

**Energietransformation des Chemiedreiecks Bayern:
Trans4In 2.0 - Eine Aktualisierung der Kurzstudie Trans4In**
Philipp Hench, Hannes Kracht, Andreas Fill, Serafin von Roon



In Kooperation mit:
H₂reallabor
burghausen

Impressum



Herausgeber:

Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
Am Blütenanger 71
80995 München
+49 (0)89 158121-0
info@ffe.de
www.ffe.de



Bericht zum Projekt:

Trans4In 2.0: Energietransformation im Chemiedreieck Bayern
– Eine Aktualisierung der Studie Trans4In

Veröffentlicht am:

17.07.2025

Projektleitung:

Philipp Hench, Hannes Kracht

Bearbeitende:

Andreas Fill, Hannes Kracht, Philipp Hench

Stellv. wissenschaftlicher Leiter:

Dr.-Ing. Serafin von Roon

Geschäftsleitung:

Dr.-Ing. Serafin von Roon
Dr.-Ing. Anna Gruber
Dr.-Ing. Andrej Guminski

Projektpartner:

Initiative „ChemDelta Bavaria“ c/o CSB Bayerische Chemie Service und Beratungs GmbH,
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie,
bayernets GmbH,
Bayernwerk AG,
TenneT TSO GmbH

Industriepartner:

AlzChem Trostberg GmbH,
Borealis Polymere GmbH,
Clariant Produkte (Deutschland) GmbH,
InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG,
OMV Deutschland GmbH,
RWE Generation SE,
Westlake Vinnolit GmbH & Co. KG,
WACKER Chemie AG

Kooperationspartner:

H₂-Reallabor Burghausen – ChemDelta Bavaria

Bitte zitieren als:

FfE (2025): Trans4In 2.0: Energietransformation im Chemiedreieck Bayern – Eine Aktualisierung der Studie Trans4In

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Vorwort

„Das Energiesystem wandelt sich rasant. Klimapolitische Zielsetzungen, globale Turbulenzen und Marktdynamiken erfordern stetige, teilweise disruptive Anpassungen. Eine zentrale Herausforderung bleibt, alle Akteure im Gleichschritt zu halten – **nur gemeinsam lassen sich nachhaltige Lösungen gestalten.**“

Die Aktualisierung der Studie Trans4In ist essenziell, um Diskussionen und Entscheidungsgrundlagen mit aktuellen Erkenntnissen zu unterlegen. **Gerade in den vergangenen drei Jahren haben sich entscheidende Rahmenparameter geändert.**

Neben den inhaltlichen Ergebnissen bietet die Studie einen zusätzlichen Mehrwert: die Vernetzung der Beteiligten. Der Austausch fördert Vertrauen und neue Impulse.“

DR.-ING. SERAFIN VON ROON
(GESCHÄFTSFÜHRER, FFE)



Unser Dank gilt den beteiligten Projekt-, Industrie- und Kooperationspartnern, die die Studie ermöglicht haben

Projektpartner



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Kooperationspartner



Industriepartner



Executive Summary



Die wichtigsten gemeinsamen Grundannahmen der Szenarien für den Strom- und Wasserstoffpfad



Strompfad:

Elektrifizierung ist in diesem Szenario das Mittel der Wahl für die Transformation.
Eine Anbindung an ein überregionales Wasserstoffnetz ist nicht vorgesehen.

Akteursperspektive:

- Die Transformationspläne der Industriepartner dienen in den Szenarien als Datengrundlage.

Energiepreise:

- Strom- und Wasserstoffpreise sind gegenüber fossilen Alternativen konkurrenzfähig & die internationale Wettbewerbsfähigkeit ist gesichert.

Infrastrukturestrukturrestriktionen:

- Strom-Übertragungsnetz: ab 2035 ausreichend für geplante Lasten
- CO₂-Netz: ab 2040 regionales CO₂-Cluster (für CCU), ab 2050 Anschluss an ein überregionales CO₂-Netz
- Erdgas-Fernleitungsnetz: Lasterhöhungen möglich
- Wasserstoff-Kernnetz: ab 2026 zw. Gendorf und Burghausen ab 2030 ausreichend für geplante Lasten, ab 2032 überregionales H₂-Kernnetz

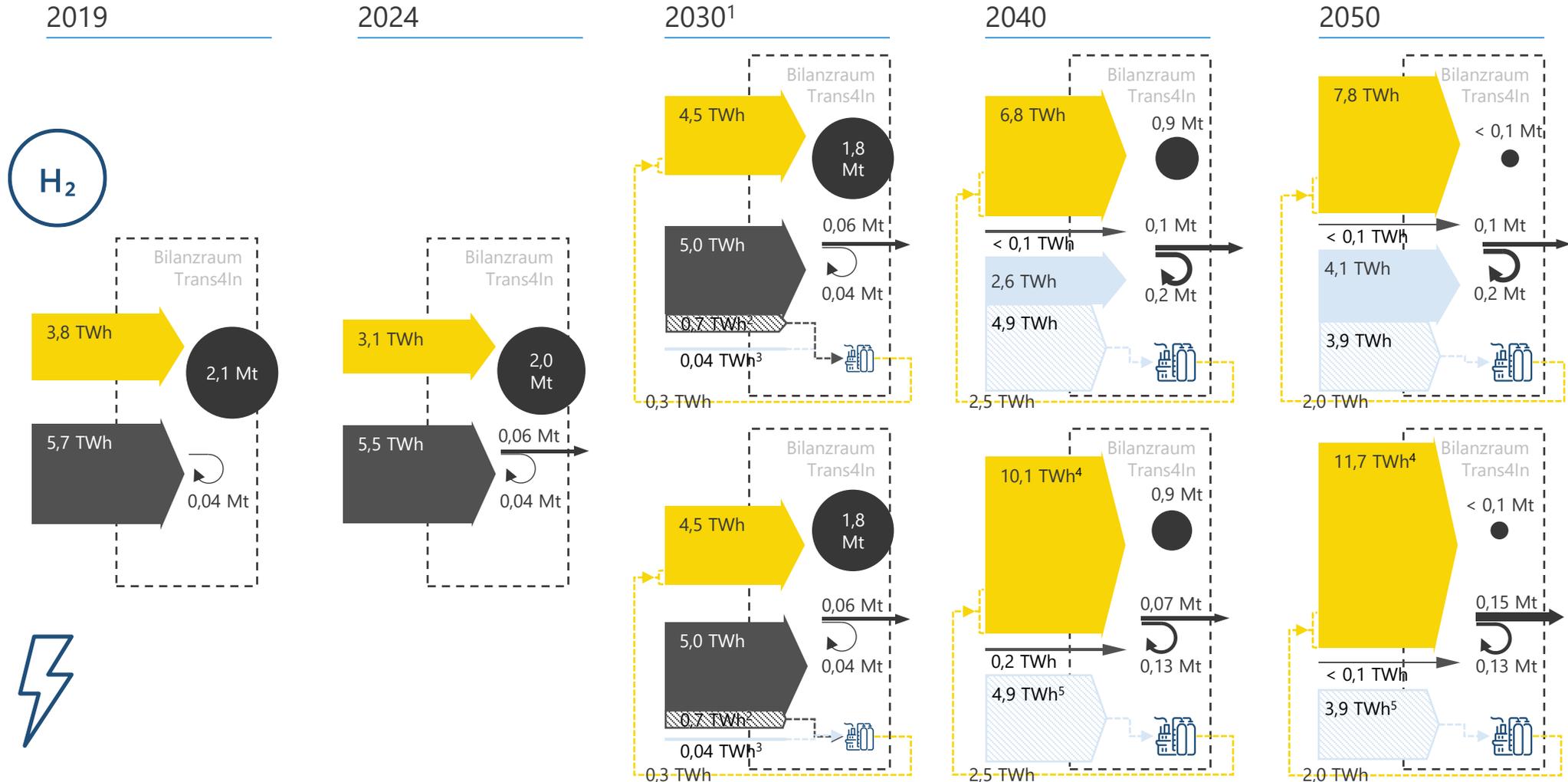


Wasserstoffpfad:

Das Chemiedreieck verfügt in diesem Szenario über eine überregionale Wasserstoffversorgung.
Dadurch werden zusätzliche Transformationsmaßnahmen ermöglicht.

Entwicklung der Energiebedarfe in Trans4In 2.0

Wasserstoffpfad



▶ Strom
 ▶ Erdgas (H₂)
 ▶ Wasserstoff (H₂)
 (H₂-)Kraftwerk
 ➔ Stromproduktion
 Energieträgerbedarf Kraftwerk
 ● CO₂-Emissionen
 ➔ Abgeschiedenes CO₂ (Export)
 ↻ Abgeschiedenes CO₂ (CCU)

¹Nennenswerter Hochlauf der H₂-Bedarfe zu Beginn der 2030 Jahre, begünstigt durch H₂-Kernnetz spätestens ab 2032.

²Kraftwerksbedarfe potenziell bereits ab 2030 mit Wasserstoff abdeckbar.

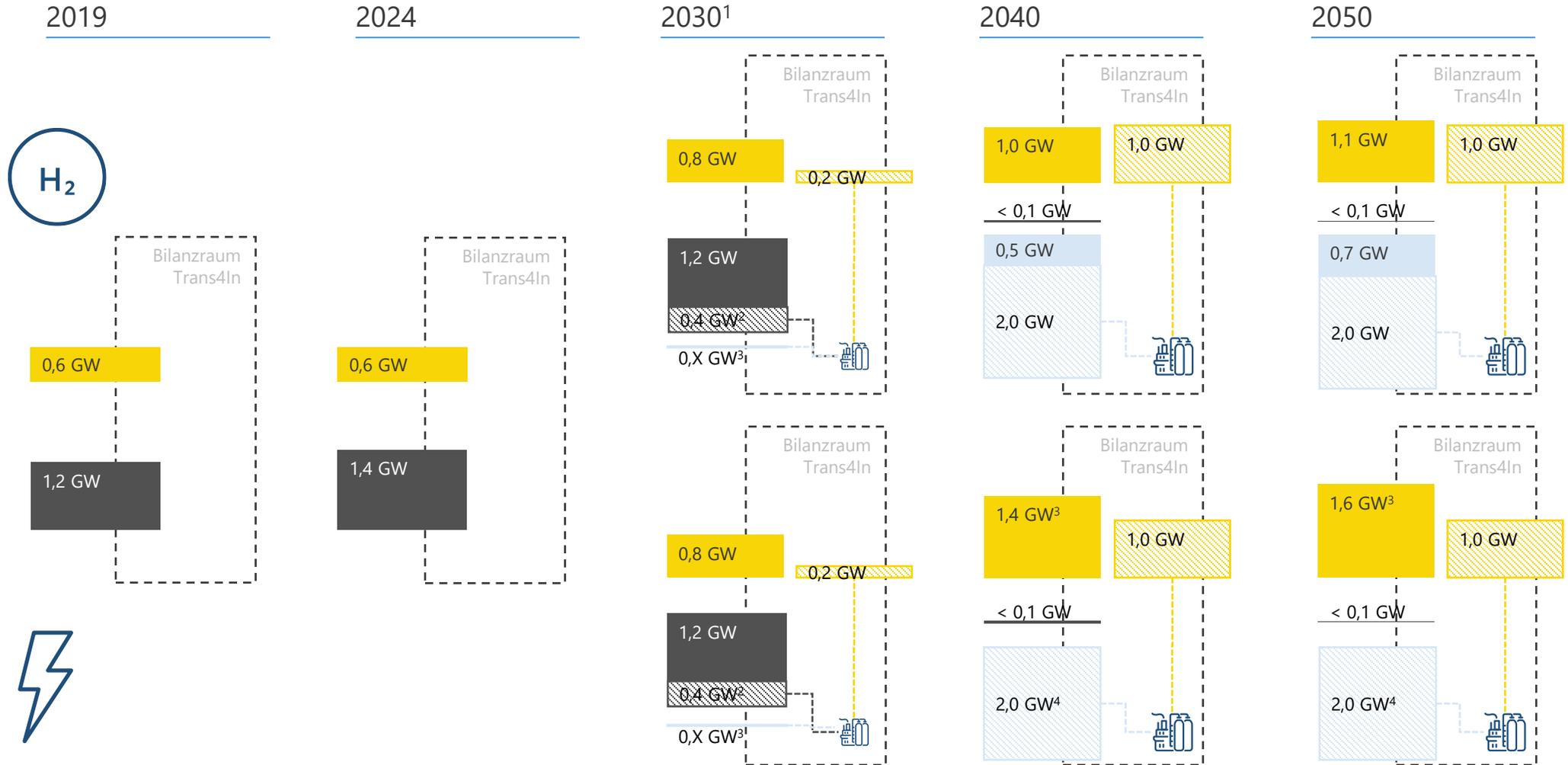
³H₂-Bedarf zu Testzwecken und zur Genehmigung der H₂-Readiness

⁴H₂-Bedarfe der Unternehmen werden durch Produktion innerhalb des Bilanzraumes gedeckt.

⁵Annahme: Regionale H₂-Produktion in Oberösterreich (inkl. zugehörigem Importkorridor) deckt den H₂-Bedarf des Kraftwerks.

Entwicklung der Anschlussleistungen in Trans4In 2.0

Wasserstoffpfad



■ Strom
 ■ Erdgas (H₂)
 ■ Wasserstoff (H₂)
 (H₂-)Kraftwerk
 Anschlussleistungen Kraftwerk

¹Nennenswerter Hochlauf der H₂-Bedarfe zu Beginn der 2030 Jahre, begünstigt durch H₂-Kernnetz spätestens ab 2032.

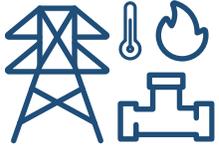
²Kraftwerksbedarfe potenziell bereits ab 2030 mit Wasserstoff abdeckbar.

³Anschlussleistungen für Testverfahren nicht hinreichend quantifizierbar

⁴H₂-Bedarfe der Unternehmen werden durch Produktion innerhalb des Bilanzraumes gedeckt.

⁵Annahme: Regionale H₂-Produktion in Oberösterreich (inkl. zugehörigem Importkorridor) deckt den H₂-Bedarf des Kraftwerks.

Energieinfrastrukturausbau und bezahlbare Energie sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Transformation



Ausbau der Energieinfrastruktur als Rückgrat der Transformation im Chemiedreieck:

Im Zuge der Transformation erwarten die Akteure einen steigenden Energiebezug, insbesondere durch steigende Strom- und Wasserstoffbedarfe. Eine vorausschauende Strom- und H₂-Energieinfrastruktur-entwicklung bildet daher eine Voraussetzung für eine erfolgreiche wirtschaftliche Transformation der Region. Die Industriepartner unterstützen und setzen auf die infrastrukturellen Rahmenbedingungen des Wasserstoffpfads, um die Wasserstoffbedarfe zu Beginn der 2030er Jahre durch überregionale Importrouten decken zu können.



Unsicherheiten verzögern kurzfristige Transformationsinitiativen:

Die Unternehmen stehen in einem globalen Wettbewerb. Unsicherheiten insbesondere bezüglich der Entwicklung der Energiepreise und der internationalen politischen Lage bremsen den Optimismus und die Umsetzung der Transformationsmaßnahmen im Chemiedreieck.

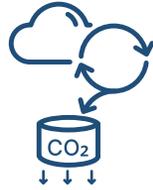


Transformationsmaßnahmen unter dem Vorbehalt wirtschaftlicher Rahmenbedingungen:

Die in der Studie betrachteten Szenarien setzen wirtschaftliche Energieträgerpreise als eine gegebene Annahme voraus. Die tatsächliche Umsetzung der Transformationsmaßnahmen hängt jedoch maßgeblich von ihrer Wirtschaftlichkeit und somit den Energieträgerpreisen zusammen.

Kernaussagen der Studienerweiterung und -exkurse

Carbon Management, H₂-Speicher und H₂-Kraftwerk



Carbon Management

Für sich betrachtet bilden die Unternehmen im Chemie-Dreieck in den derzeitigen Szenarien **eine CO₂-Quelle.**

Überlegungen für eine **CO₂-Infrastruktur** müssen weitere regionale CO₂-Quellen sowie potenzielle Transitmengen berücksichtigen.

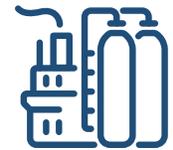
Eine von den Szenarien abweichende **Erschließung von (neuen) CCU-Potenzialen** in der Region ist u.a. abhängig von der noch zu klärenden regulatorischen Ausgestaltung sowie möglicher unternehmensübergreifender CO₂-Abnehmer.



H₂-Speicher

Der industrielle Wasserstoffbezug weist eine gemäßigte Saisonalität auf, die sich durch zeitvariablen überregionalen Bezug oder durch einen **regionalen H₂-Speicher** mit einem Arbeitsgasvolumen von 90 – 275 GWh decken ließe.

Ein H₂-Kraftwerk würde das nötige Arbeitsgasvolumen eines Speichers deutlich erhöhen.



H₂-Kraftwerk

Ein Gas-Kraftwerk könnte in einem zweistufigen Ausbau entstehen. Perspektivisch wird auf den Betrieb mit Wasserstoff gesetzt.

Dies würde zusätzlich zu einem jährlichen Bedarf von 4,9 TWh_{H₂}/a im Jahr 2040 führen.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Motivation & Zielsetzung
- 2 Partner, Methodik & Bilanzraum
- 3 Szenariendefinition
- 4 Energiebedarfe und Anschlussleistungen
- 5 Exkurse:
Wasserstoffspeicher, -kraftwerk, Carbon Management
- 6 Ergebnisdiskussion
- 7 Einordnung der Studie durch die Projektpartner
- 8 Ausblick





1 Motivation & Zielsetzung

Die Transformation des Chemiedreiecks ist von zentraler Bedeutung für die Region & Bayern.

Ausgangssituation



Das Chemiedreieck ist ein wichtiger **Wirtschaftsstandort** für den Freistaat Bayern.



Rund **30 Unternehmen** der chemischen Industrie sind in der Region ansässig.



Diese Unternehmen beschäftigen **über 20.000 Menschen**.



Rund **50 % aller bayerischen Chemiebeschäftigten** in Bayern arbeiten im Chemiedreieck Bayern.



Gemeinsam erwirtschaften die Unternehmen ein **jährliches Gesamtumsatzvolumen von ca. 10 Mrd. €**. Dies entspricht über 6 % des deutschen Chemieumsatzes.



Unternehmen hatten 2024 einen leitungsgebundenen **Strom & Erdgasbedarf von über 8 TWh**.



Kernfragen für eine erfolgreiche Transformation



Welche Energiebedarfe resultieren aus den Transformationsplänen der Unternehmen?



Welche Anschlussleistungen sind für die Bereitstellung der Energiebedarfe nötig?



Welche Rolle spielt Carbon Management in der Transformation der Unternehmen?

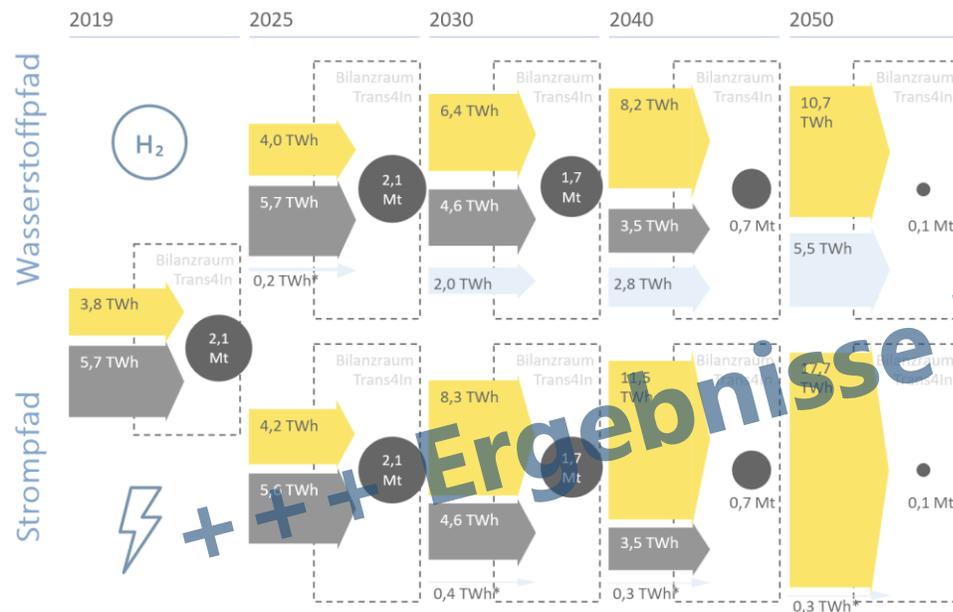


Entsteht durch den Wasserstoffbedarf der Unternehmen zusätzlicher Speicherbedarf?

Trans4In 1.0 zeigte erstmals die perspektivischen Energiebedarfe aus Sicht der Industrie in der Region auf.

Rückblick auf Trans4In 1.0 aus dem Jahr 2022

Energiebedarfe

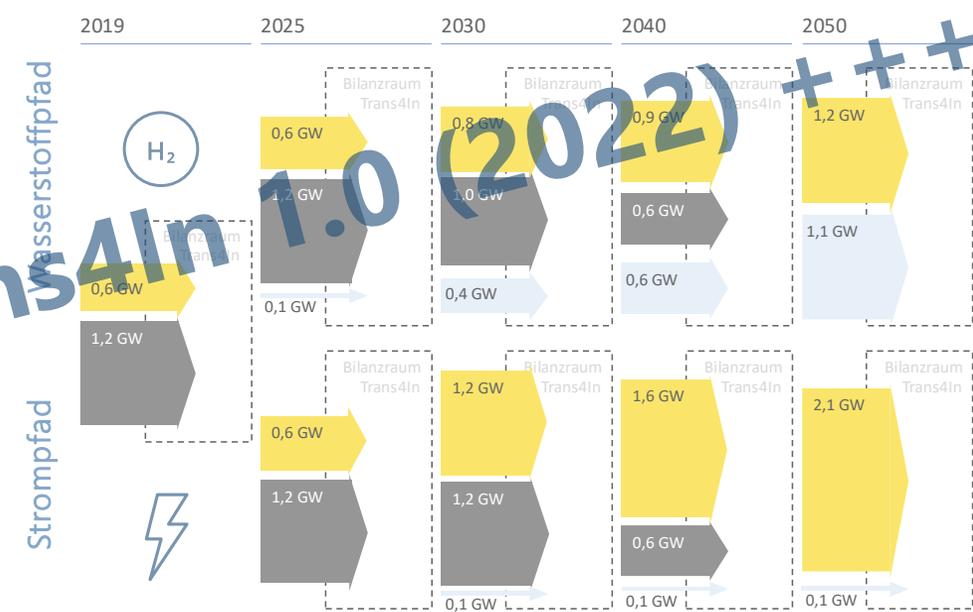


Legende

- Stromverbrauch in TWh
- Wasserstoffverbrauch in TWh (H₂)
- Erdgasverbrauch in TWh (H₂)
- THG-Emissionen in Mt_{CO₂-eq.}

* Kann durch Transfer zwischen den Unternehmen gedeckt werden

Anschlussleistungen



Legende

- Stromfluss in GW
- Wasserstofffluss in GW (H₂)
- Erdgasfluss in GW (H₂)

Ziel der Studie Trans4In 2.0 ist eine Aktualisierung und Überprüfung der Transformationsszenarien.



Die Kurzstudie Trans4In hat 2022 die perspektivischen Energiebedarfe des Chemiedreiecks aufgezeigt, die sich aus den Transformationsplänen der Industrieunternehmen ergeben.



Mehrere relevante Rahmenparameter haben sich in den vergangenen Jahren geändert. Unter anderem...

- ... ist das Niveau der Energiepreise gestiegen.
- ... hat sich die Erwartung an die konjunkturelle Entwicklung in Deutschland gedämpft.
- ... wurden regulatorische Vorgaben angepasst.
- ... haben sich die Planungsszenarien für die Energieinfrastruktur angepasst.

Wie haben sich die Planungen der Akteure infolgedessen geändert?



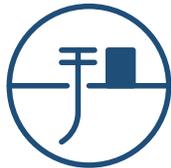
Dieses Projekt aktualisiert in Anbetracht der geänderten Rahmenparameter die Entwicklung der Energiebedarfe und die Transformationsszenarien.

Trans4In 2.0 betrachtet zusätzlich CCUS, ein potenzielles H₂-Kraftwerk sowie die Integration eines H₂-Speichers.



Die Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (vbw) hat im November 2024 eine „Analyse zum CO₂-Infrastrukturbedarf in Bayern“ veröffentlicht. Eines der darin betrachteten Szenarien weist das Chemiedreieck als potenzielle Kohlenstoffsенке aus.

Trans4In 2.0 betrachtet daher das Potenzial künftiger CO₂-Stoffströme.



Gasspeicher in Oberösterreich bieten gute Voraussetzungen für die Wasserstoffspeicherung. Der Betreiber RAG Austria setzt im Projekt EUH2STARS bereits die Inbetriebnahme erster Wasserstoffspeicher mit ergänzender Wasserstoffproduktion in der Region um.

Trans4In 2.0 beleuchtet daher in einem Exkurs den Einfluss der industriellen Bedarfe auf die H₂-Speicherung.



Zur Deckung von Spitzenlasten im Strombedarf bietet sich ein H₂-Kraftwerk im ChemieDreieck an, welches an die überregionale H₂-Infrastruktur und den Grenzübergangspunkt nach Österreich angeschlossen ist.

Trans4In 2.0 zeigt die zusätzlichen Bedarfe eines potenziellen H₂-Kraftwerks im ChemieDreieck auf.



2 Partner, Methodik & Bilanzraum

14 Projekt-, Industrie- und Kooperationspartner unterstützten die Erstellung von Trans4In 2.0.

Projektpartner

Inhaltliche Zusammenarbeit und Finanzierung der Studie:



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



Kooperationspartner

Projektübergreifende Kooperation für gemeinsame Synergien:



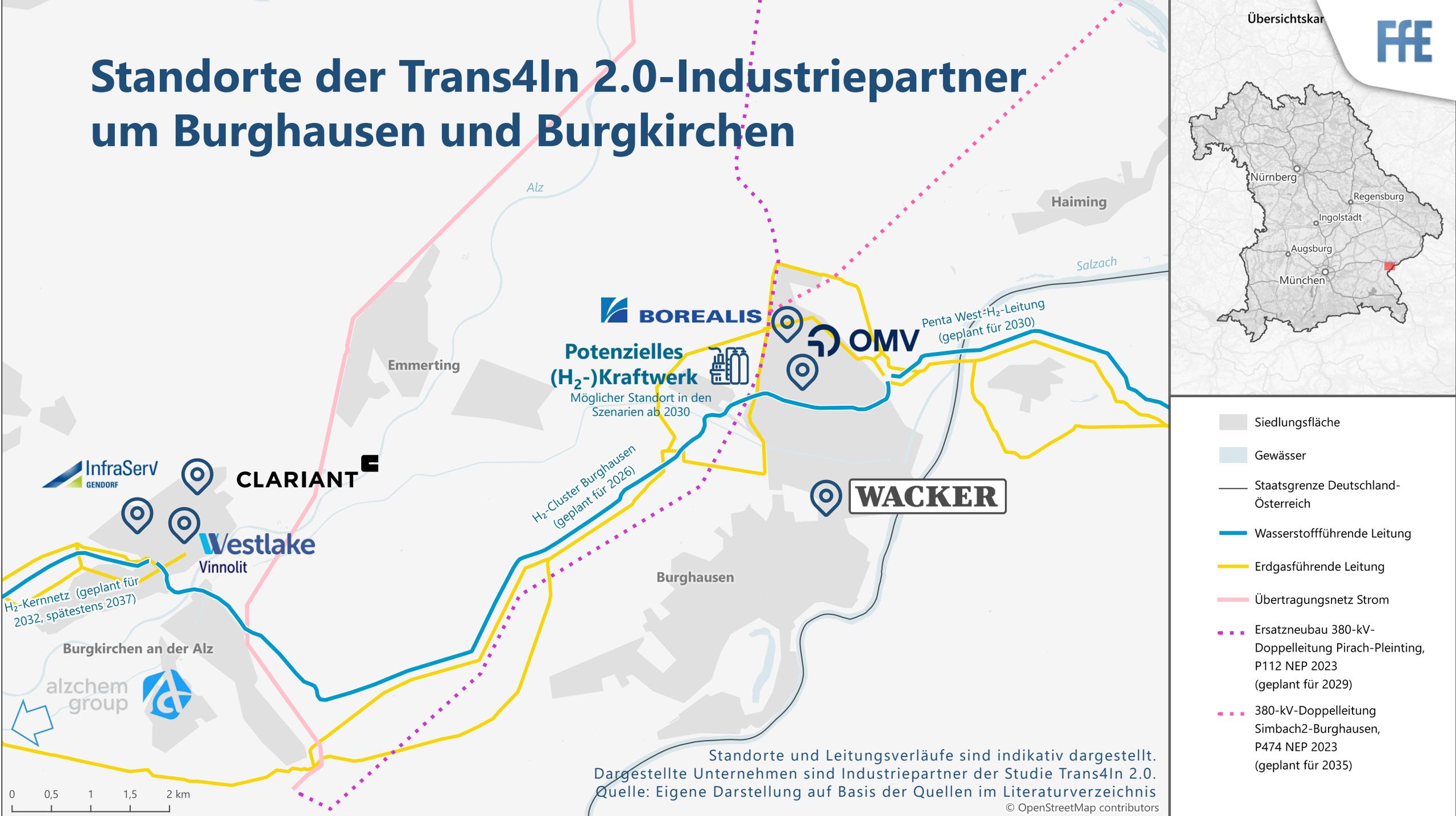
Industriepartner

Inhaltliche Unterstützung der Studie durch
Expert:innen-Interviews zu den unternehmensspezifischen
Transformationspfaden:



Standorte der Trans4In 2.0-Industriepartner um Burghausen und Burgkirchen

Übersichtskar



- Siedlungsfläche
- Gewässer
- Staatsgrenze Deutschland-Österreich
- Wasserstoffführende Leitung
- Erdgasführende Leitung
- Übertragungsnetz Strom
- Ersatzneubau 380-kV-Doppelleitung Pirach-Pleinting, P112 NEP 2023 (geplant für 2029)
- 380-kV-Doppelleitung Simbach2-Burghausen, P474 NEP 2023 (geplant für 2035)

Standorte und Leitungsverläufe sind indikativ dargestellt. Dargestellte Unternehmen sind Industriepartner der Studie Trans4In 2.0. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Quellen im Literaturverzeichnis

© OpenStreetMap contributors



Der übergreifende regionale Transformationspfad basiert auf den Transformationsplänen der Industriepartner.

Scope- & Szenariendefinition



Daten- und Wissensaustausch mit dem H₂-Reallabor zur Vermeidung von Doppelaufwand in den Unternehmen.



Definition der Szenarien für die Trans4In 2.0-Studie.

Transformationspläne der Industriepartner



1. Datenabfrage bei den Industriepartnern per Fragebogen.



2. Fachgespräch(e) der FfE mit den Industriepartner zu ihren Transformationspfaden.



3. Aufbereitung und Validierung der Transformationspläne durch die FfE.



4. Prüfung und Freigabe durch die jeweiligen Industriepartner.

Regionaler Transformationspfad



Aggregation der unternehmensspezifischen Transformationspläne.



Exkurs: Integration Wasserstoffspeicher.

Der Bilanzraum der Studie setzt sich aus vier lokalen Clustern zusammen

Der Bilanzraum setzt sich aus lokalen Clustern im Chemiedreieck Bayern zusammen: Chemiepark Gendorf, Werk Burghausen, AlzChem und OMV inkl. Borealis. Jeder Industriepartner kann einem Cluster zugeordnet werden.

Chemiepark Gendorf

InfraServ Gendorf betreibt den Chemiepark Gendorf und erbringt umfassende Dienstleistungen für zentrale Aufgabenbereiche der Chemieindustrie, wie zum Beispiel die Medienversorgung. Der Chemiepark beherbergt zehn Produktionsunternehmen. Die Transformationspläne der energetisch relevanten Unternehmen Westlake Vinnolit und Clariant sowie von der InfraServ Gendorf wurden im Rahmen der Studie aufgenommen. Die Energiebedarfsentwicklung der weiteren Unternehmen wurde aus einer Differenzbetrachtung mitbilanziert und fortgeschrieben.

AlzChem

AlzChem produziert im Produktionsverbund Trostberg, Schalchen, Hart und Waldkraiburg ein breites Spektrum an Spezialchemikalien. Einzelne Prozessschritte, wie bspw. die Calciumcarbidproduktion, gelten als energieintensiv. Das Unternehmen ist Industriepartner der Studie.

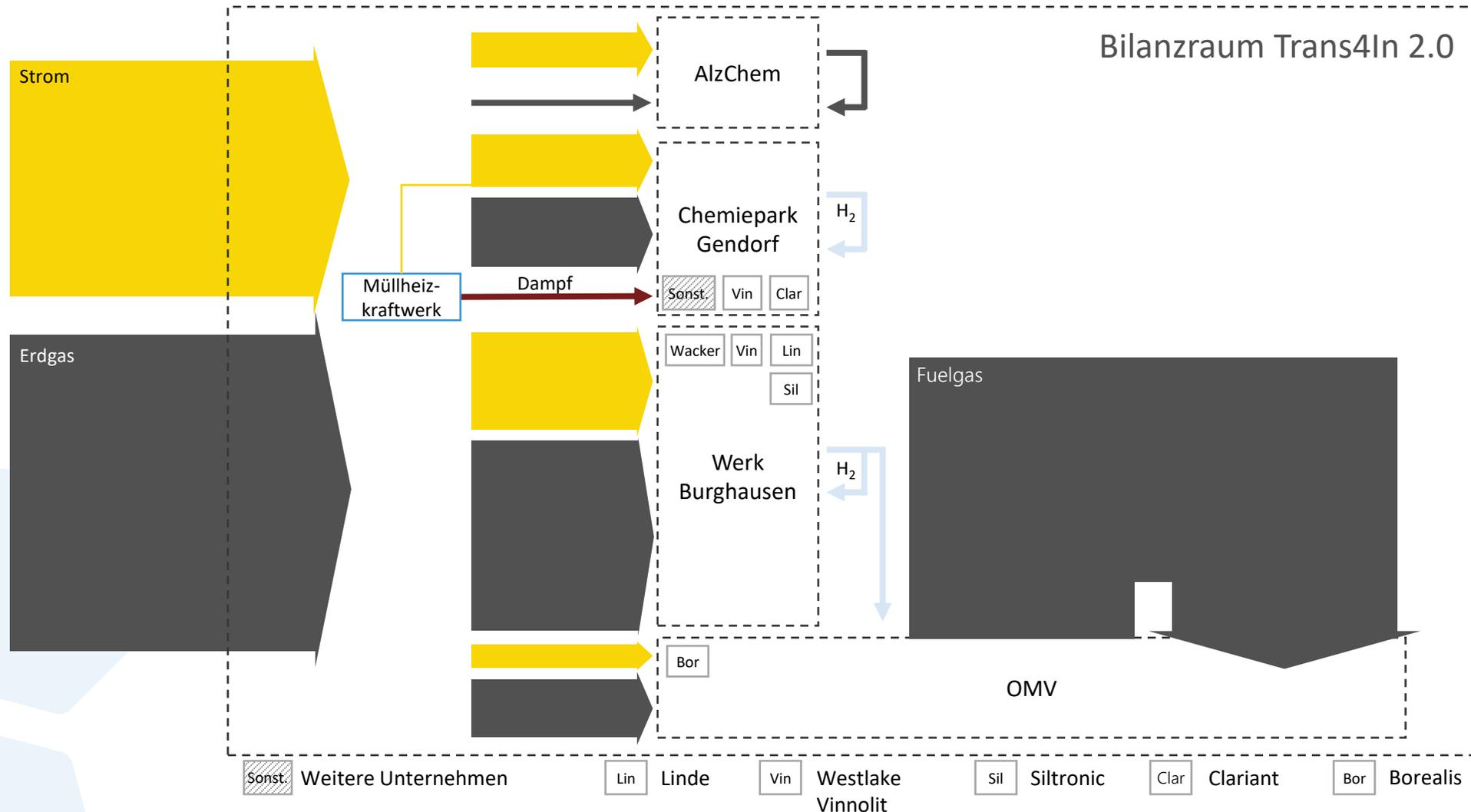
Werk Burghausen

Den Energiebedarf des Clusters Werk Burghausen wird hauptsächlich durch die Wacker Chemie geprägt. Wacker ist ein global tätiges Chemieunternehmen mit siliziumbasierten Spezialprodukten. Der Transformationsplan von Wacker wurde im Rahmen der Studie aufgenommen. Neben der Wacker Chemie produzieren die Unternehmen Siltronic, Westlake Vinnolit und Linde innerhalb dieses Clusters. Die Energiebedarfe dieser Unternehmen wurde bilanziell abgeschätzt und nach FfE-Expertenwissen fortgeschrieben.

OMV inkl. Borealis

Die OMV und Borealis betreiben im Burghausen einen Industriekomplex im Bereich der Raffinerie- und Petrochemieproduktion. Beide Unternehmen nahmen am Stakeholderprozess der Studie teil.

Die Energiebedarfe der einzelnen Cluster ergeben den akkumulierten Energiebezug des Bilanzraumes





3 Szenariendefinition

Die Studie betrachtet zwei Szenarien: „Strompfad“ und „Wasserstoffpfad“

Szenario 1: „Strompfad“

- Ab 2035 ist eine ausreichende Stromversorgungskapazität für jegliche Planungen der einzelnen Akteure vorhanden.
- Bei Unsicherheit bzgl. mehrerer denkbarer Transformationspfade wird die Stromoption (Elektrifizierung) bevorzugt gewählt.
- Möglicherweise dennoch notwendiger Wasserstoff wird im Bilanzraum hergestellt.



Szenario 2: „Wasserstoffpfad“

- Ab 2026 ist zwischen Gendorf und Burghausen eine Lasterhöhung des Wasserstoffbezugs möglich.
- Ab 2030 ist eine ausreichende Wasserstoffversorgungskapazität für jegliche Planungen der einzelnen Akteure vorhanden (Grenzübergangspunkt), ab 2032 durch das H₂-Kernnetz.
- Bei Unsicherheit bzgl. mehrerer denkbarer Transformationspfade wird die Wasserstoffoption bevorzugt gewählt.

Szenarioübergreifende Annahmen in Trans4In 2.0

Kurzfassung

 Ziel der Klimaneutralität ohne explizite Jahreszahl

 Wettbewerbsfähige Energiepreise

 Transformationspläne der Unternehmen

 Erhalt des Standorts und der Arbeitsplätze in der Region

 Stützjahre: 2024, 2030, 2040, 2050

 Fokus auf tiefe THG-Verminderungsmaßnahmen

 Regionale Kooperation



Infrastrukturrestriktionen:

- Strom: Ab 2035 geplante Lasterhöhung möglich
- Wasserstoff: Ab 2030 geplante Lasterhöhung für Wasserstoffpfad möglich 
- CO₂: Ab 2040 CO₂-Cluster und ab 2050 Anschluss an überregionales CO₂-Netz
- Erdgas: Lasterhöhungen möglich

 Keine exogenen Schocks

Die Szenarienergebnisse der Studie sind stark durch die o.g. Annahmen geprägt – insbesondere durch die Annahme der wettbewerbsfähigen Energiepreise. Ob die Transformationsmaßnahmen tatsächlich umgesetzt werden, hängt maßgeblich von den in der Realität eintretenden Rahmenbedingungen ab.

Szenarioübergreifende Annahmen in Trans4In 2.0

Langfassung



Ziel der Klimaneutralität ohne explizite Jahreszahl

Da die Zielsetzungen auf Landes-, Bundes- und europäischer Ebene unterschiedlich sind, wird keine Jahreszahl vorgegeben, sondern die jeweilige unternehmensinterne Zielsetzung festgelegt. Es werden Scope 1-Emissionen berücksichtigt. Der H₂-Emissionsfaktor wird als 0 angesetzt.



Transformationspläne der Unternehmen

Die Szenarien stützen sich auf die Akteursperspektive. Die Transformationspläne der Industriepartner dienen als Datengrundlage.



Erhalt des Standorts und der Arbeitsplätze in der Region

Die betrachteten Standorte mit zugehörigen Arbeitsplätzen werden in den Szenarien erhalten. Wachstumsperspektiven werden berücksichtigt.



Stützjahre: (2019,) 2024, 2030, 2040, 2050

In den Szenarien werden der Status quo (2024) sowie die Stützjahre 2030, 2040 und 2050 abgebildet. Das Jahr 2019 wird im Sinne der Vergleichbarkeit zu Trans4In in den Grafiken dargestellt.



Fokus auf tiefe THG-Verminderungsmaßnahmen

Effizienzsteigerungen werden berücksichtigt, doch der Fokus liegt auf tiefen THG-Verminderungsmaßnahmen, wie bspw. Verfahrensroutenwechsel und Energieträgerwechsel.



Regionale Kooperation

Bei einigen Prozessen entstehen Koppelprodukte oder Dampf, die von anderen Unternehmen im Chemiedreieck benötigt werden. Die Unternehmen tauschen diese marktkonform untereinander aus, bevor es zu einem externen Bezug kommt.



Wettbewerbsfähige Energiepreise

Energiepreise sind in der energieintensiven chemischen Industrie entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Die Szenarien setzen daher wettbewerbsfähige Energiepreise als Grundannahme voraus. Einschätzungen und Preisprognosen sind kein Teil der Studie.



Infrastrukture restriktionen

Die Restriktionen werden aus Akteursicht der einzelnen Unternehmen beschrieben. Die Studie zeigt in der anschließenden Aggregation auf, ob die vorhandenen bzw. geplanten Infrastrukturvorhaben ausreichen.

Strom: Ab 2035 ermöglicht das 380 kV-Leitungssystem Simbach2-Burghausen die geplanten Lasterhöhungen der Unternehmen.

Wasserstoff: Ab 2026 ist zwischen Gendorf und Burghausen eine Lasterhöhung des Wasserstoffbezugs möglich. Ab 2030 ist eine ausreichende Wasserstoffversorgungskapazität für jegliche Planungen der einzelnen Akteure vorhanden. 2032 ist der Anschluss an das H₂-Kernnetz erfolgt.

CO₂: Ab 2040 ist das Chemiedreieck Teil eines regionalen CO₂-Clusters. D. h., es gibt eine regionale Erzeugung und Nachfrage von abgeschiedenem CO₂ sowie eine regionale Transportinfrastruktur.

Zwischen 2040 und 2050 wird das Chemiedreieck in Orientierung an die deutschlandweiten CO₂-Transportnetzpläne der OGE an ein überregionales CO₂-Netz angeschlossen und u. a.(offshore) CCS ermöglicht.

Erdgas: Lasterhöhungen sind aktuell bereits möglich und die Versorgung ist zeitlich nicht begrenzt.



Keine exogenen Schocks

Die Szenarien berücksichtigen keine unvorhersehbaren, exogenen Schocks (z. B. Pandemien, Wirtschaftskrisen, ...).

Disclaimer: Szenarioübergreifende Annahmen in Trans4In 2.0

Die Szenarienergebnisse der Studie sind stark durch die Annahmen geprägt – insbesondere durch die Annahme der wettbewerbsfähigen Energiepreise.

Ob die Transformationsmaßnahmen tatsächlich umgesetzt werden, hängt maßgeblich von den in der Realität eintretenden Rahmenbedingungen ab.

Anmerkung: Die in der Studie getroffenen Annahmen für die Ausgestaltung der Szenarien sind nicht gleichbedeutend mit einer Prognose der Rahmenbedingungen. Die Annahmen wurden so getroffen, dass die aus Akteursperspektive technisch sinnvollen Transformationspfade umgesetzt werden können. Die daraus resultierenden Implikationen für die Infrastrukturentwicklung stehen unter dem Vorbehalt, wie nah die getroffenen Annahmen der tatsächlichen Entwicklung entsprechen.



4 Energiebedarfe & Anschlussleistungen

Unternehmen streben in den Transformationsszenarien Klimaneutralität & Wachstum an



Substitution fossiler Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung soll im ersten Schritt reduziert werden. Niedertemperatur-Wärmebedarf soll mittels Wärmerückgewinnung und Wärmepumpen weitestgehend gedeckt werden, während Hochtemperatur-Wärmebedarfe im Strompfad in der Tendenz durch HT-Wärmepumpen und E-Kessel und im Wasserstoffpfad durch Wasserstoffkessel gedeckt werden.



Wechsel von fossilem auf grünen Feedstock

Zu Beginn vieler chemischer Prozessketten steht ein fossiler Feedstock (in der Regel Erdöl). Grundsätzlich ist die Substitution durch Biomasse, recycelte Rohstoffe & CCU-Anwendungen möglich. In den Szenarien ist vorgesehen, den Kohlenstoffkreislauf zu schließen und fossilen Feedstock aus dem Sortiment zu verdrängen.



Perspektivische Neuansiedlungen weiterer Unternehmen

Das bayerische Chemiedreieck ist laut Aussage der Industriepartner ein attraktiver Standort für Neuansiedlungen weiterer Unternehmen. So verkündete InfraServ Gendorf die Aufnahme des weiteren Unternehmens Pruvia im Chemiepark Gendorf. Der Zuzug weiterer Unternehmen ist in den Szenarien berücksichtigt.



CCUS für unvermeidbares CO₂

CCUS-Maßnahmen werden durch unvermeidbare CO₂-Emissionen motiviert. Prozessbedingte Emissionen, Emissionen aus der Reststoffverwertung oder z. B. aus Sicherheitsfackeln werden in den Szenarien abgeschieden und über die Methanolisierung als Rohstoff verwertbar gemacht.



Produktionswachstum sowie Wandel der Produktpalette

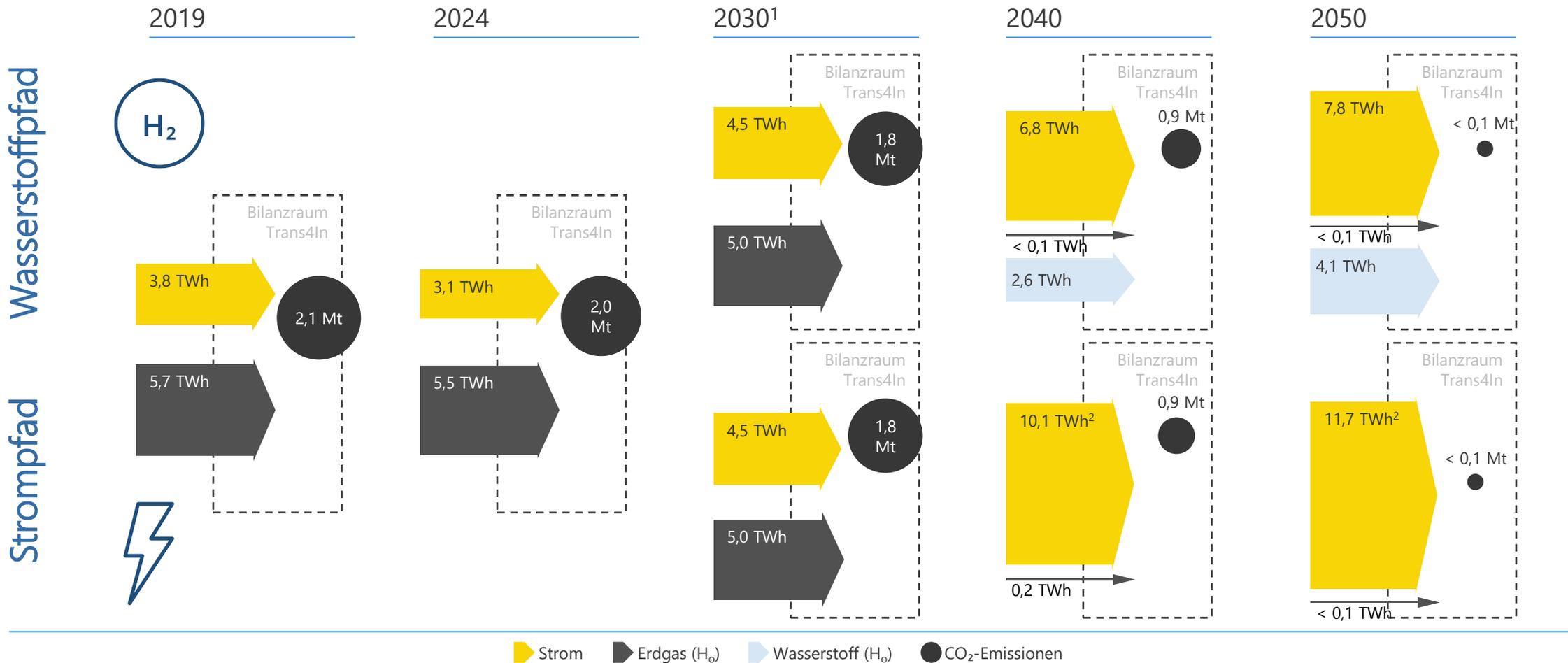
Die Unternehmen streben nicht nur einen Standorterhalt, sondern wirtschaftliches und teilweise Produktionswachstum in der Region an. Die Wachstumsrate ist in den Szenarien auf Unternehmensebene hinterlegt.



Versorgungssicherheit, auch im Störbetrieb

Szenarien bilden den Regelbetrieb der Unternehmen ab. Im Störbetrieb ist es im Interesse der Unternehmen, auf redundante Anlagen mit anderem Energieträger zurückzugreifen. Dieser durch Betriebsstörungen ausgelöste Mehrbedarf ist in den Szenarien nicht enthalten.

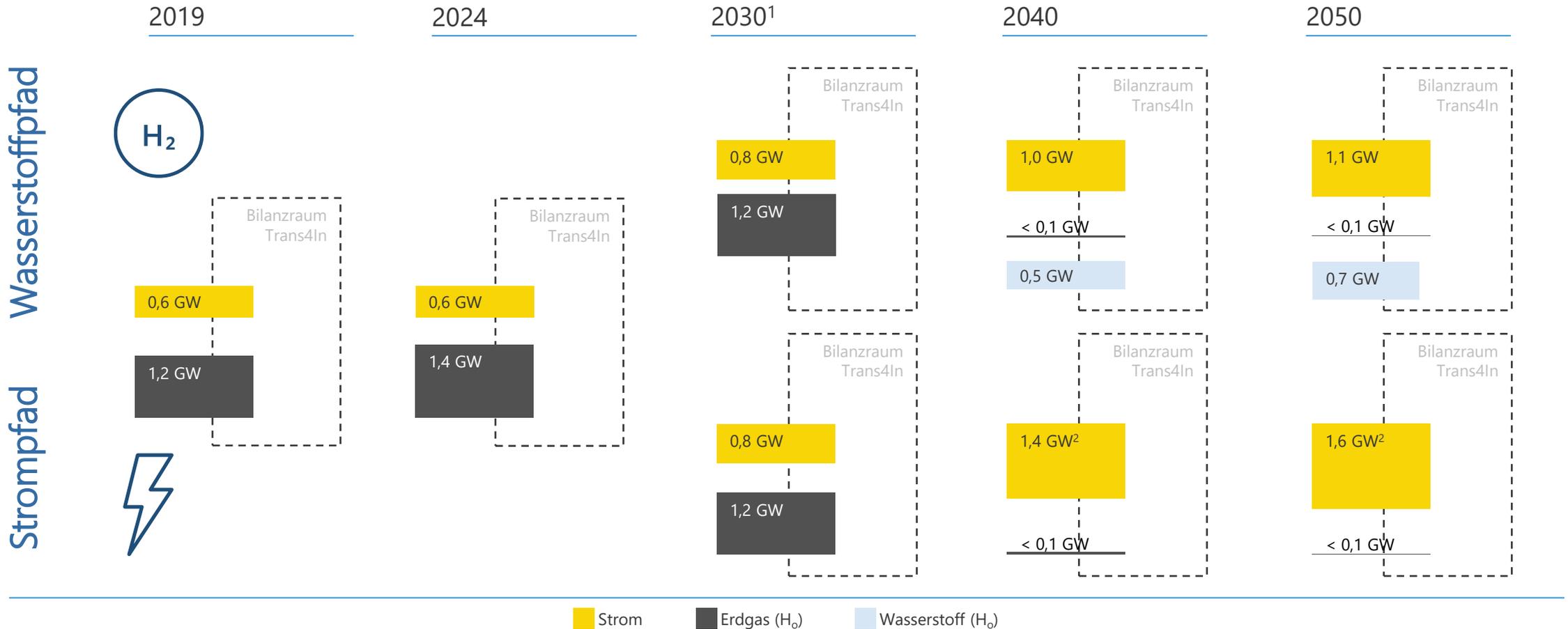
Szenarien Energiebedarfe des industriellen Verbrauchs



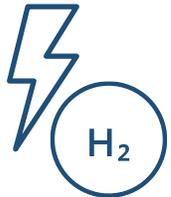
¹Nennenswerter Hochlauf der H₂-Bedarfe zu Beginn der 2030 Jahre, begünstigt durch H₂-Kernnetz spätestens ab 2032.

²H₂-Bedarfe der Unternehmen werden durch Produktion innerhalb des Bilanzraumes gedeckt.

Szenarien Anschlussleistungen des industriellen Verbrauchs



Die Energiebedarfe steigen weiterhin im Zuge der Transformation



Akteure sehen bei Strom und Wasserstoff weiterhin steigenden Energiebedarf im Zuge der Transformation.



Transformationsmaßnahmen sowie Produktionswachstumsprognose verzögern sich im Vergleich zu Trans4In1.0 zeitlich.



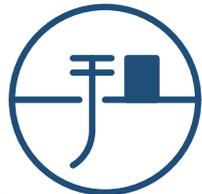
Perspektivischer Import von energieintensivem Feedstock reduziert zukünftige Energiebedarfe vor Ort im Vergleich zu Trans4In1.0.



5 Exkurse

Wasserstoffspeicher, Wasserstoffkraftwerk, Carbon Management

Ein günstig gelegener Wasserstoffspeicher kann die Saisonalität der industriellen Verbraucher ausgleichen.



Ausgangslage:

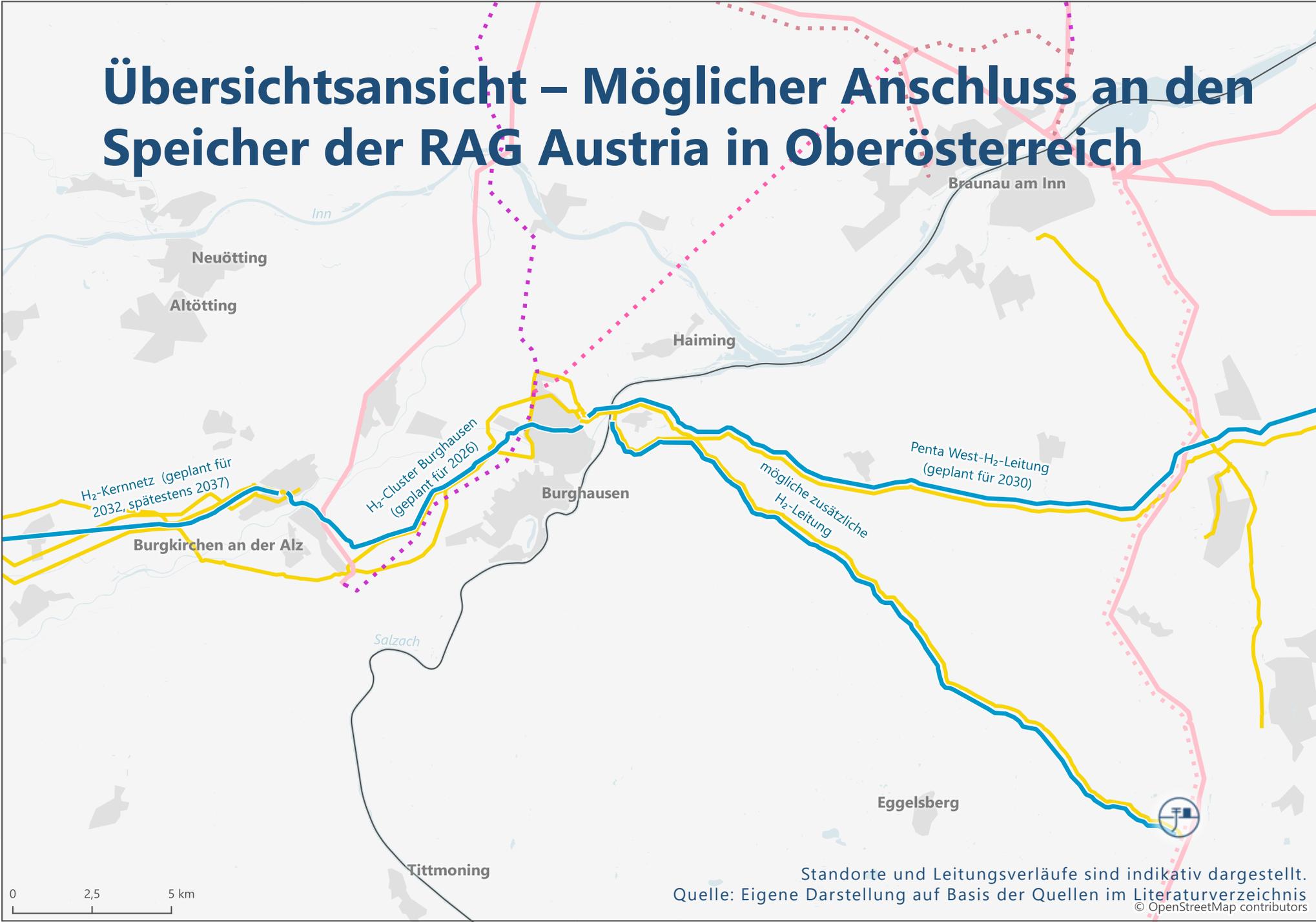
Geeignete Speichersysteme, wie beispielsweise Porenspeicher, können Wasserstoff in erheblichen Mengen effizient speichern. Damit können sie die Saisonalität des Wasserstoffverbrauchs ausgleichen und durch die Bereitstellung von Flexibilität die Versorgungssicherheit gewährleisten, beispielsweise bei Instandhaltungsarbeiten oder Störungen.



Fragestellung:

Entsteht durch den steigenden H₂-Verbrauch der Unternehmen im **Wasserstoffpfad** und unter Berücksichtigung vorhandener Saisonalitäten ein zusätzlicher Speicherbedarf in der Region?

Übersichtsansicht – Möglicher Anschluss an den Speicher der RAG Austria in Oberösterreich



- Möglicher H₂-Speicher
- Siedlungsfläche
- Gewässer
- Staatsgrenze Deutschland-Österreich
- Wasserstoffführende Leitung
- Erdgasführende Leitung
- Übertragungsnetz Strom (teilweise Modernisierung durch Ersatzneubau)
- Ersatzneubau 380-kV-Doppelleitung St. Peter-Tauern, PN: 11-10 APG NEP 2023 (geplant für 2025)
- Ersatzneubau 380-kV-Doppelleitung Altheim-St. Peter, P112 NEP 2023 (geplant für 2027)
- Ersatzneubau 380-kV-Doppelleitung Pirach-Pleinting, P112 NEP 2023 (geplant für 2029)
- 380-kV-Doppelleitung Simbach2-Burghausen, P474 NEP 2023 (geplant für 2035)



Standorte und Leitungsverläufe sind indikativ dargestellt.
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Quellen im Literaturverzeichnis
© OpenStreetMap contributors

Ein H₂-Speicher zur Deckung industrieller Saisonalitäten benötigt ein Arbeitsgasvolumen von 90 bis 275 GWh_{H₀}

Saisonalität der Produktionsöfen:

Produktionsöfen haben in der Regel sehr hohe Volllaststunden, um die kostenintensiven Assets ausschöpfend zu nutzen. Der Regelbetrieb wird durch seltene Wartungspausen von wenigen Wochen unterbrochen.

Saisonalität der stofflichen Nutzung von Wasserstoff:

Unvermeidbares CO₂ kann unter Zugabe von Wasserstoff wieder dem Kohlenstoffkreislauf zugeführt werden. Es wird angenommen, dass diese Prozessanlagen nur einer geringen Saisonalität unterliegen.

Saisonalität der Dampfproduktion:

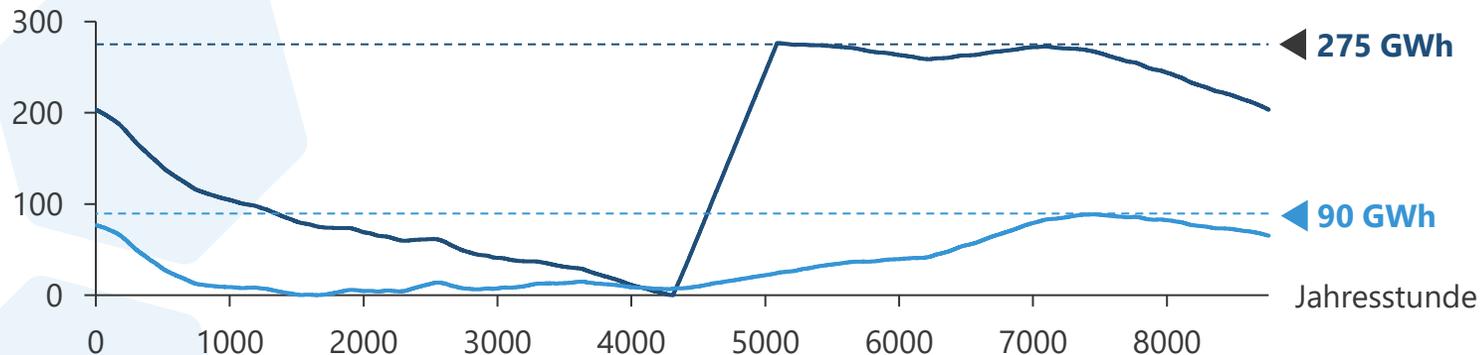
Die Dampfproduktion unterliegt einem durch die Außentemperaturen saisonal schwankenden Lastprofil. Zusätzlich dient die Dampfproduktion aus Wasserstoff als Reservekapazität, beispielsweise in Zeiten, in denen primäre Dampferzeuger in Revisionspausen sind. Dies führt zu einzelnen monatlichen Mehrbedarfen.

Weitere Annahmen:

- Bandlastimport über überregionale Importrouten
- Ein- bzw. Ausspeicherverluste: 2,5 %
- Keine regionale H₂-Erzeugung per Elektrolyse
- Keine Berücksichtigung eines Wasserstoffkraftwerks
- Keine Berücksichtigung weiterer Beträge zur Versorgungssicherheit durch Speicher

H₂-Speicherfüllstand

in GWh



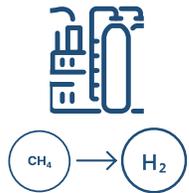
Max.-Abschätzung:

Unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Wartungspause aller Produktionsöfen im Juli.

Min.-Abschätzung:

Unter Berücksichtigung der Saisonalität der Dampferzeugung.

Entwürfe der Kraftwerksstrategie reizen Neubau von Gaskraftwerken an



Kraftwerksstrategie der Ampelregierung

- Wurde nicht verabschiedet.
- Kurzfristige Ausschreibung von 13 GW gesicherter Leistung – davon 5 GW H₂-ready Gaskraftwerke, 1 GW H₂-ready Modernisierung & 5 GW Gaskraftwerke)
- Umstellung der Kraftwerke auf Wasserstoff zwischen 2035 und 2040.
- Verortung an systemdienlichen Standorten.

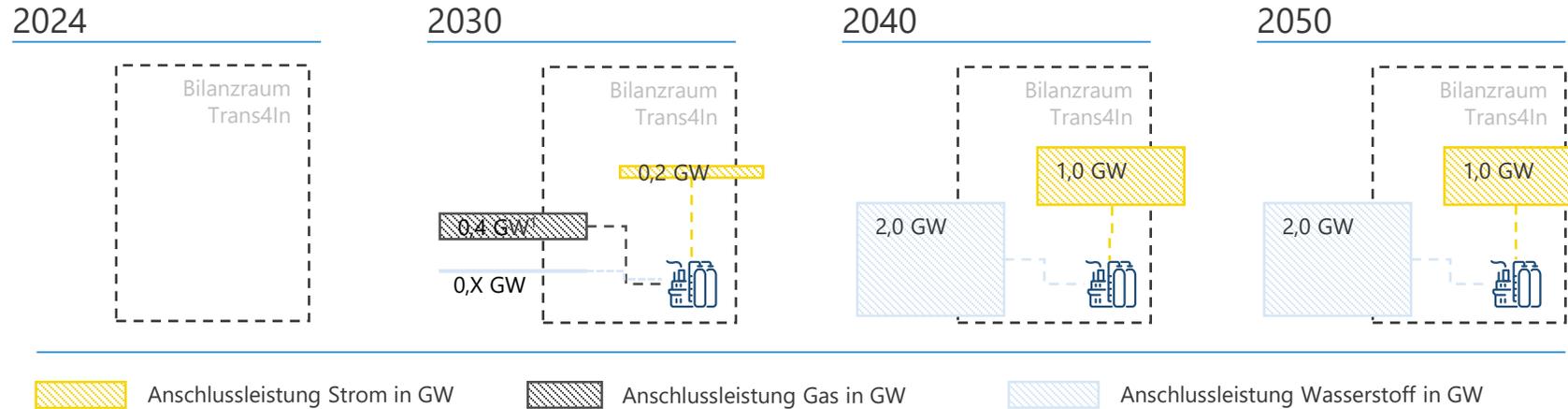


Kraftwerksstrategie Union & SPD

- Wurde noch nicht verabschiedet.
- Bis zu 20 GW an Gaskraftwerksleistung bis 2030.
- Schnellstmögliche technologieoffene Ausschreibungen.
- Neue Gaskraftwerke vorrangig an bestehenden Kraftwerksstandorten und regional nach Bedarfen gesteuert.
- Reservekraftwerke auch zur Stabilisierung des Strompreises.

Zusätzliche Anschlussleistungen im Bilanzraum unter Berücksichtigung eines potenziellen H₂-Kraftwerks

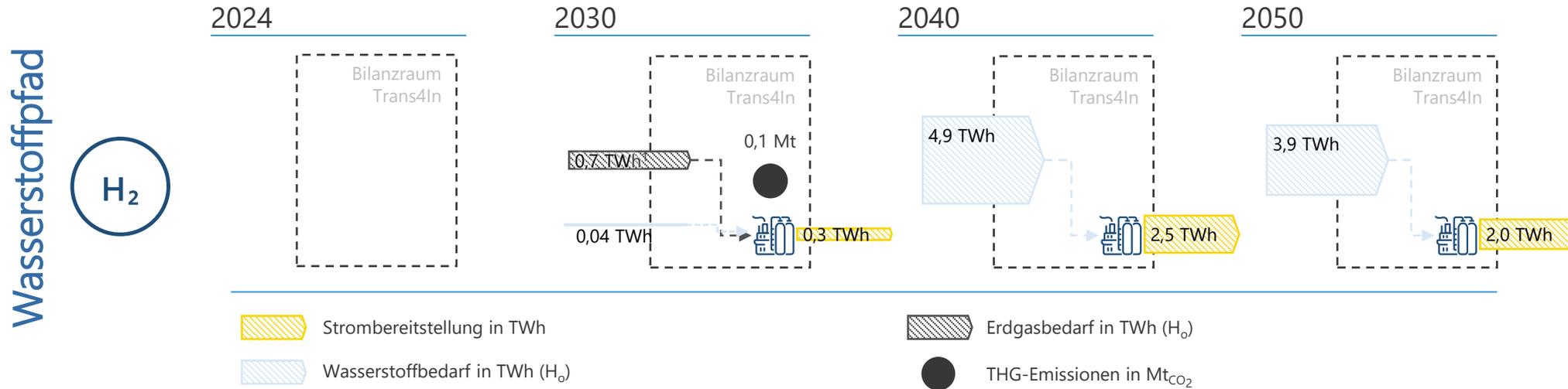
Wasserstoffpfad



Einordnung:

- Im Stützjahr 2030 wird eine 200 MW-Peaker-Anlage (max. 1.500 VLS) angenommen. Ab 2040 wird ein 800 MW-GuD-Kraftwerk ergänzt.
- Perspektivisch ist ein Betrieb mit Wasserstoff vorgesehen, sofern die technische Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit des Brennstoffs gegeben sind. Ein Betrieb mit Gas und Carbon-Capture Anlagen ist aufgrund hoher Anfangsinvestitionen nicht attraktiv. Deshalb entsprechen die Pläne vor allem den Szenario-Annahmen des Wasserstoffpfades. Im Strompfad wird ebenfalls Wasserstoff als Brennstoff eingesetzt. Dieser Wasserstoff wird regional in Oberösterreich produziert und über einen zugehörigen Importkorridor in den Bilanzraum transportiert.
- Sollte Wasserstoff zu konkurrenzfähigen Preisen verfügbar sein, wäre ein Wasserstoffeinsatz bereits im Jahr 2030 möglich.
- Schon im Rahmen der Inbetriebnahme sind erste Wasserstoffmengen erforderlich – einerseits für Testläufe, andererseits zur behördlichen Bestätigung der H₂-Readiness. Eine Quantifizierung der daraus notwendigen Anschlussleistung ist im Rahmen der Studie nicht möglich.
- Die bereitgestellten Strommengen resultieren aus den Leistungen und Volllaststunden der Peaker-Anlage und des GuD-Kraftwerks. Um die dafür notwendigen Energiebedarfe (brennwertbezogen) abzuschätzen, wurde für die Peaker-Anlage ein brennwertbezogener Wirkungsgrad von 50 % und für das GuD-Kraftwerk ein brennwertbezogener Wirkungsgrad von 62 % angenommen. Ein möglicher Anstieg der Wirkungsgrade wird nicht berücksichtigt.

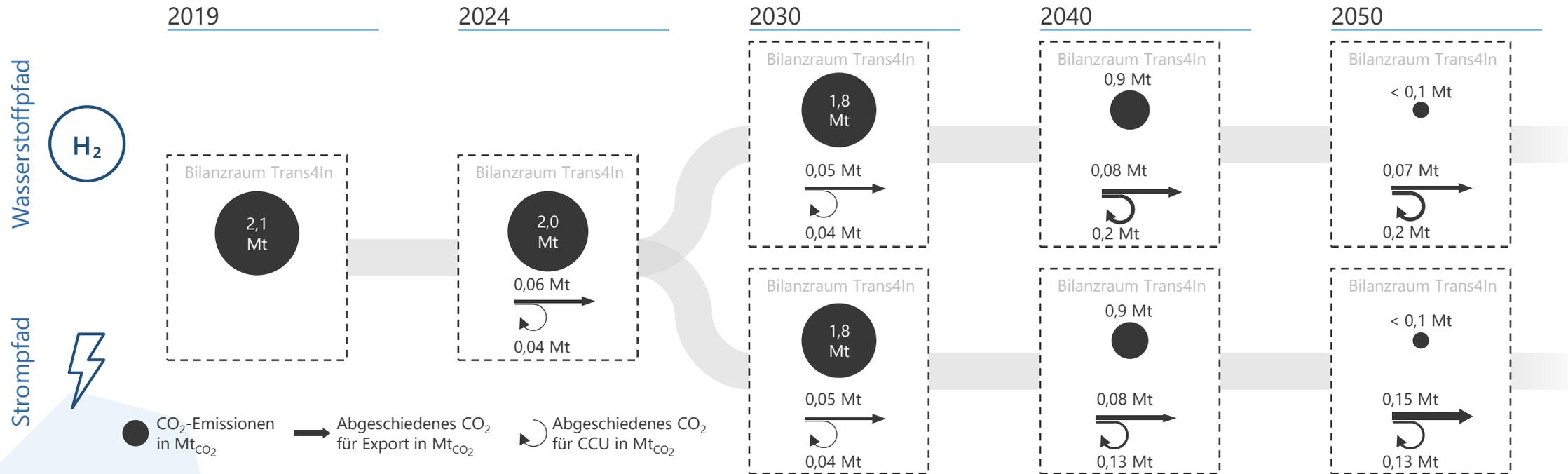
Zusätzliche Energiebedarfe im Bilanzraum unter Berücksichtigung potenziellen H₂-Kraftwerks



Einordnung:

- Begründet durch die Teilnahme am Spotmarkt, durch unterstützende Rahmenbedingungen eines angenommenen Kraftwerksicherheitsgesetzes und ergänzende Fahrweisen im Sinne der Netzdienlichkeit im Zuge des Redispatch wird für den 200 MW-Peaker in 2030 eine Betriebszeit von 1500 h/a angenommen. Durch das GuD-Kraftwerk steigen die Volllaststunden zunächst an. In den folgenden Stützjahren sinken die Volllaststunden durch systemische Effizienzgewinne, den fortschreitenden Ausbau der erneuerbaren Energiequellen und der zunehmenden Vermaschung des europäischen Stromnetzes.
- Die Emissionen im Jahr 2030 ergeben sich aus der Erdgasverbrennung. Aus der Verbrennung des Wasserstoffs resultieren unabhängig davon, welcher Wasserstoff (z. B. grüner, blauer oder grauer) eingesetzt wird, im Bilanzraum keine Scope-1-Emissionen.
- Ein erfolgreicher Betrieb eines H₂-Kraftwerks erfordert zusätzlich Flexibilitäten in der Netzinfrastruktur. Das Lastprofil eines Gaskraftwerks unterliegt saisonalen Schwankungen, die durch einen H₂-Speicher ausgeglichen werden könnten (Kraftwerk ist im H₂-Speicher-Exkurs nicht berücksichtigt). Darüber hinaus sind dynamische Anfahrereffekte im Gas-, bzw. Wasserstoffnetz zu berücksichtigen.

Lediglich 4 bis 8 % der heutigen CO₂-Emissionen sollen abgeschieden und abtransportiert werden.



Beide Transformationspfade setzen vorrangig auf sonstige **CO₂-Verminderungsmaßnahmen**, so dass CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS) bzw. Nutzung (CCU) in den **bisherigen Plänen** nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die geringen, bereits heute abgeschiedenen Mengen werden bereits als Industriegas weiterverkauft bzw. in etablierten Produktionsprozessen als notwendiger Rohstoff eingesetzt. Der Aufbau großskaliger CCU-Anlagen zur Herstellung synthetischer Kohlenwasserstoffe ist nicht vorgesehen.

Die abgeschiedenen CO₂-Mengen erfordern einen Abtransport per Zug oder Pipeline.

	Transportkapazität	Transportkosten ¹	Was bedeutet das für den Transport von ...	
			... 0,07 Mt _{CO₂} pro Jahr? (Wasserstoffpfad)	... 0,15 Mt _{CO₂} pro Jahr? (Strompfad)
Lkw	~ 25 t _{CO₂} pro Fahrt	~ 40 - 50 €/t _{CO₂}	~ 54 Lkw pro Woche	~ 115 Lkw pro Woche
Zug	~ 62 - 82 t _{CO₂} pro Wagon, ~ 80 Wagons pro Zug	~ 20 - 40 €/t _{CO₂}	~ 12 Züge pro Jahr	~ 26 Züge pro Jahr
Pipeline (dichte Phase)	bis zu 10 Mt _{CO₂} pro Jahr	~ 15 - 40 €/t _{CO₂}	i.d.R. erst wirtschaftlich ab 0,5 Mt _{CO₂} pro Jahr ²	
Pipeline (gasförmige Phase)	bis zu 0,5 Mt _{CO₂} pro Jahr	~ 20 - 25 €/t _{CO₂}	-	-

¹ Literatur- und Erfahrungswerte für den Transport über typische Transportdistanzen ohne Berücksichtigung von Zwischenspeichern bzw. Be-/Um-/Entladeinfrastruktur.

Die aus Akteurssicht anfallenden CO₂-Transportkosten sind außerdem abhängig von den jeweiligen Finanzierungsmodellen, Ausgestaltung der Netzentgelte und entsprechender Kostenumlagen.

² Bei der Entscheidung für oder gegen eine CO₂-Pipeline sind überregionale Transitmengen sowie abgeschiedene CO₂-Mengen weiterer Akteure in der Region (bspw. von Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung) zu berücksichtigen.

Die zukünftige Rolle von CCU ist derzeit noch nicht abschließend bewertbar.

Nach den aktuellen Transformationsplänen stellt das Chemiedreieck zukünftig **keine CO₂-Senke** dar.

Die Gespräche zeigten jedoch, dass das Thema CCU häufig noch nicht abschließend bewertet ist. Insbesondere drei Aspekte sind für die weitere Ausgestaltung relevant:

Regionale Kooperation

In beiden Transformationspfaden erfordern verbleibende, schwer vermeidbare Restemissionen einzelner Prozesse eine CO₂-Abscheidung. Die dabei anfallenden CO₂-Mengen je Unternehmen sind i. d. R. zu gering, um eigene CCU-Anlagen wirtschaftlich zu betreiben.

Ein zentraler Betreiber einer CCU-Anlage als Abnehmer des gesamten CO₂ im Chemiedreieck könnte ggf. wirtschaftlich(er) operieren und damit CCU im Chemiedreieck attraktiver machen.

Verlagerung von Teilen der Wertschöpfungskette

Die chemische Wertschöpfung basiert auf importierten fossilen Kohlenwasserstoffen. Neben der Umstellung der Rohstoffbasis auf Sekundärrohstoffe (Recycling) oder Biomasse, können diese auch synthetisch aus H₂ und CO₂ (CCU) produziert werden.

Derzeit ist noch nicht final absehbar, welchen Umfang CCU-basierte Rohstoffe einnehmen werden. Weiterhin ist offen, ob diese importiert oder am Standort hergestellt werden bzw. ob künftig erst an einer späteren Stelle in die chemische Wertschöpfungskette eingestiegen wird.

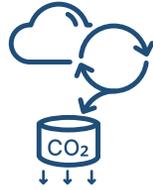
Unsichere Rahmenbedingungen

Carbon Management als Baustein der Klimaneutralität gewinnt zunehmend an Bedeutung. Kohärente regulatorische Rahmenbedingungen befinden sich jedoch größtenteils noch in der Ausarbeitung, so dass keine Planungssicherheit gegeben ist.

Aufgrund fehlender infrastruktureller Voraussetzungen (z. B. CO₂-Pipeline-netze, CO₂-Speicher) sowie politisch-regulatorische Rahmenbedingungen (z. B. Anrechnung von CCU-Produkten im EU-ETS) ist CCUS aktuell keine verlässliche Transformationsoption.

Kernaussagen der Studienerweiterung und -exkurse

Carbon Management, H₂-Speicher und H₂-Kraftwerk



Carbon Management

Für sich betrachtet bilden die Unternehmen im Chemie-Dreieck in den derzeitigen Szenarien **eine CO₂-Quelle.**

Überlegungen für eine **CO₂-Infrastruktur** müssen weitere regionale CO₂-Quellen sowie potenzielle Transitmengen berücksichtigen.

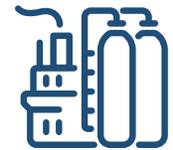
Eine von den Szenarien abweichende **Erschließung von (neuen) CCU-Potenzialen** in der Region ist u. a. abhängig von der noch zu klärenden regulatorischen Ausgestaltung sowie möglicher unternehmensübergreifender CO₂-Abnehmer.



H₂-Speicher

Der industrielle Wasserstoffbezug weist eine gemäßigte Saisonalität auf, die sich durch zeitvariablen überregionalen Bezug oder durch einen **regionalen H₂-Speicher** mit einem Arbeitsgasvolumen von 90 – 275 GWh decken ließe.

Ein H₂-Kraftwerk würde das nötige Arbeitsgasvolumen eines Speichers deutlich erhöhen.



H₂-Kraftwerk

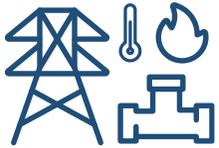
Ein Gas-Kraftwerk könnte in einem zweistufigen Ausbau entstehen. Perspektivisch wird auf den Betrieb mit Wasserstoff gesetzt.

Dies würde zusätzlich zu einem jährlichen Bedarf von 4,9 TWh_{H₂}/a im Jahr 2040 führen.



6 Ergebnisdiskussion

Energieinfrastrukturausbau und bezahlbare Energie sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Transformation.



Ausbau der Energieinfrastruktur als Rückgrat der Transformation im Chemiedreieck:

Im Zuge der Transformation erwarten die Akteure einen steigenden Energiebezug, insbesondere durch steigende Strom- und Wasserstoffbedarfe. Eine vorausschauende Strom- und H₂-Energieinfrastruktur-entwicklung ist daher Voraussetzung für eine erfolgreiche wirtschaftliche Transformation der Region. Die Industriepartner unterstützen und setzen auf die infrastrukturellen Rahmenbedingungen des Wasserstoffpfads, um die Wasserstoffbedarfe zu Beginn der 2030er Jahre durch überregionale Importrouten decken zu können.



Unsicherheiten verzögern kurzfristige Transformationsinitiativen:

Die Unternehmen stehen in einem globalen Wettbewerb. Unsicherheiten insbesondere bezüglich der Entwicklung der Energiepreise und der internationalen politischen Lage bremsen den Optimismus und die Umsetzung der Transformationsmaßnahmen im Chemiedreieck.



Transformationsmaßnahmen unter dem Vorbehalt wirtschaftlicher Rahmenbedingungen:

Die in der Studie betrachteten Szenarien setzen wirtschaftliche Energieträgerpreise als eine gegebene Annahme voraus. Die tatsächliche Umsetzung der Transformationsmaßnahmen hängt jedoch maßgeblich von ihrer Wirtschaftlichkeit und somit den Energieträgerpreisen ab.

Stimmungslage im Chemiedreieck

Weitere Erkenntnisse aus der Studienbearbeitung und den Interviews

1

Gedämpfte Prognose im Vergleich zur Stimmung im Jahr 2022

Die unternehmensinternen Wachstumsprognosen und Zeitpläne zur Umsetzung der Transformationsmaßnahmen sind im Vergleich zur Studie „Trans4In 1.0“ (2022) gedämpft bzw. zeitlich verzögert und teilweise ausgesetzt.

2

Perspektivischer Import von energieintensivem Feedstock

Im Vergleich zur Studie „Trans4In 1.0“ gehen die Unternehmen perspektivisch von verstärktem Import energieintensiver Feedstocks aus. Trotz weiterhin steigendem Energiebedarf im Chemiedreieck liegt der Gesamtbedarf damit unter den Erwartungen aus „Trans4In 1.0“.

3

Potenzielles H₂-Kraftwerk im Chemiedreieck

Die mit einem Wasserstoffkraftwerk einhergehenden Wasserstoffbedarfe gleichen die im Vergleich zu „Trans4In 1.0“ geringeren Bedarfe aus und unterstützen die Notwendigkeit des Anschlusses an ein überregionales Wasserstoffnetz.

4

Standortvorteil: Zweite 380 kV-Leitung (380-kV-Doppelleitung Simbach2-Burghausen, P474, NEP 2023)

Die Unternehmen unterstützen die zusätzliche 380kV-Leitung und bewerten diese als essenziellen und notwendigen Baustein für die Zukunftsfähigkeit der Region.

5

Attraktivität des Chemiedreiecks für Neuansiedlungen

Aus vorhandenen Anfragen für Neuansiedlungen im Chemiedreieck können zusätzliche Energiebedarfe resultieren. Eine zuverlässige Energieversorgung mit vorhandenen Anschlusskapazitäten ist ein entscheidender Faktor für Neuinvestitionen in der Region. Die derzeit zu geringe Leitungskapazität erlaubt keine Neuansiedlungen, daher hat das Thema Infrastrukturentwicklung für die Initiative ChemDelta die höchste Dringlichkeit.

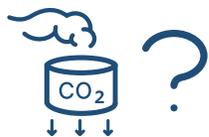
Zurückhaltung der Unternehmen bei CCUS-Maßnahmen

Carbon Management Erkenntnisse



CO₂-Vermeidung hat Vorrang vor der CO₂-Abscheidung

Für die Unternehmen haben sonstige CO₂-Vermeidungsmaßnahmen in den Transformationsplänen Vorrang vor der CO₂-Abscheidung. CCUS-Maßnahmen spielen damit derzeit eine untergeordnete Rolle in der kurz- bis mittelfristigen Betrachtung. Die noch auszugestaltenden regulatorischen Rahmenbedingungen könnten zu einer Neubewertung führen.



CCU: Absehbar keine CO₂-Senke

Für sich betrachtet bilden die Unternehmen im Chemiedreieck in den Szenarien keine CO₂-Senke. Die Erschließung eines von den derzeitigen Szenarien abweichenden CCU-Potenzials durch den Aufbau von Anlagen zur Nutzung von CO₂ in der Region ist abhängig von der zukünftigen regulatorischen Ausgestaltung, den Energiepreisen, sowie möglicher unternehmensübergreifender Synergien und politischer Vorgaben.

Der Wandel im Chemiedreieck geht mit Neuansiedlungen und Kooperation in der Region einher.



Neuansiedlungen

Die Industriepartner von Trans4In 2.0 stellen nur einen Teil der Unternehmen des Chemiedreiecks dar. Dieses befindet sich derzeit im Wandel: Während vereinzelt Standortschließungen angekündigt wurden, siedeln sich neue Unternehmen an. Zudem haben laut Aussage des Geschäftsführers von InfraServ Gendorf bereits weitere Unternehmen Interesse an einer Ansiedlung im Chemiedreieck angedeutet. Die zuverlässige Energieversorgung und –verfügbarkeit, v. a. von Strom, ist für interessierte Unternehmen von großer Bedeutung und ein zentrales Standortkriterium.

Die ansässigen Unternehmen, jetzt und in Zukunft, haben somit wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung des Chemiedreiecks und seiner Energiebedarfe.



Kooperation im Chemiedreieck

Der effiziente Austausch von Feedstocks ist eine wesentliche Voraussetzung für die kosteneffiziente Umsetzung der Transformation. Damit dies möglich ist, ist die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen wichtig. Dabei müssen jedoch u. a. kartellrechtliche Vorgaben eingehalten werden, was in diesem Fall die Transformation erschweren kann. Mögliche Folgen können verlangsamte Entscheidungsprozesse, zusätzliche Kosten und vermeidbare CO₂-Emissionen sein.

Die Transformationsmaßnahmen beeinflussen vorhandene Prozesse und die bisherige Energiebereitstellung.



Prozessroutenumstellung

Die Industriepartner wollen in ihren Produktionsprozessen langfristig auf grünen Feedstock setzen. Wann und wie diese Umstellung genau erfolgen kann, hängt insbesondere von der Verfügbarkeit und den Preisen der grünen Feedstocks sowie der Nachfrage nach grünen Produkten ab. Diese haben somit Einfluss auf den zeitlichen Ablauf der Transformation, die Produktionsmengen und somit auch die Energiebedarfe. Teure und schlecht verfügbare grüne Feedstocks hemmen die Transformation des Chemiedreiecks, preiswerte und gut verfügbare Feedstocks hingegen begünstigen die Transformation.



Dampferzeugung

Eine zentrale Herausforderung der Transformation ist die Umstellung der Dampferzeugung. Erdgasbefeuerte KWK-Anlagen sowie Dampfkessel sind bisher ein zentraler Bestandteil der Dampferzeugung im Chemiedreieck. Dampf wird für die Produktionsprozesse, welche im Hochtemperaturbereich zu verorten sind, weiterhin eine wichtige Rolle spielen. Dies gilt unabhängig davon, welcher Feedstock zum Einsatz kommt.

Die Umstellung der notwendigen Dampferzeugung erhöht somit nicht nur den Strom- bzw. Wasserstoffbedarf, sondern reduziert gleichzeitig den Erdgasbedarf.

Rahmenbedingungen und Technologieverfügbarkeiten sind entscheidend für die Umsetzung der Transformation.



CO₂-Abscheidung & CCU

CCU-Anwendungen sind energieintensiv und im industriellen Maßstab bisher nicht marktreif. Für die Unternehmen ist es daher derzeit noch schwierig zu bewerten, ob und wann CCU für sie eine Option könnte. CO₂-Abscheidung ist im Allgemeinen vor allem für Unternehmen interessant, die eigene C(O₂)-Bedarfe haben und diese bisher durch externen Bezug decken. Mit der Nutzung von eigens verursachtem CO₂ könnten hier Teile der Wertschöpfung internalisiert und perspektivisch Kosten vermieden werden. Sicherheitsfackeln, die die meisten Unternehmen im Chemiedreieck aufgrund gesetzlicher Vorgaben benötigen, stellen eine Möglichkeit für die Installation einer CO₂-Abscheidung dar.



Vertragslaufzeiten

Unternehmen, die (externe) Feedstocks zur stofflichen oder energetischen Nutzung beziehen, verfügen meist über langfristige Verträge mit den Lieferanten. Die Umsetzung von Transformationsmaßnahmen im Bereich der Feedstocks hängt in solchen Fällen auch damit zusammen, ob er jeweilige Ersatz-Feedstock zum Ende dieser Verträge verfügbar ist bzw. die Technologien für dessen Bereitstellung ausgereift sind und am Standort installiert werden können. Ist dies nicht der Fall, so müssen Verträge ggf. langfristig verlängert werden. Dies kann in der Folge zu Hemmnissen bei Investitionen führen und die Transformation dadurch verlangsamen.



7 Einordnung der Studie

durch die Projektpartner



Hubert Aiwanger

Bayerischer Staatsminister für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

„Die Studie 'Energietransformation des Chemiedreiecks Bayern, Trans4In 2.0' leistet einen wichtigen Beitrag für die Gestaltung der Energiezukunft des Chemiedreiecks.

Anhand der Befragung von Unternehmen wurden konkrete Strom- und Wasserstoffpfade herausgearbeitet, die uns zeigen, welche Infrastruktur notwendig ist, um die Klimaziele im Chemiedreieck zu erreichen.“

Dr. Bernhard Langhammer
ChemDelta Bavaria

„Die aktualisierte Studie Trans4In 2.0 prognostiziert erneut einen stark steigenden Bedarf an klimaneutraler Energie der Firmen von ChemDelta. Der Ausbau der Energieinfrastruktur für Strom und Wasserstoff hat daher oberste Priorität für die Energietransformation des bayerischen Chemiedreiecks.“

Dr. Matthias Jenn
Bayernets GmbH

„Die Transformationspläne der Industriepartner im Chemiedreieck Burghausen zeigen bereits ab 2032 steigende Wasserstoffbedarfe. Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur unter Einbindung von H₂-Speichern sowie der Ausbau der Stromnetzanbindung und zusätzlicher Stromerzeugungsanlagen wird die zukünftige Energieversorgung für den Chemiestandort sicherzustellen.“

Mit Umsetzung des Wasserstoff-Kernnetzes, beginnend in Burghausen, schaffen wir die Voraussetzungen für eine erfolgreiche wirtschaftliche Transformation der größten Industrieregionen Bayerns.“

Dr. Roland Hofer
Bayernwerk AG

„Trans4In 2.0 zeigt auf, dass die Energiebedarfe im Zuge der Transformation weiterhin steigen werden. Die aktualisierten Energiebedarfe und Transformationsszenarien sind wesentliche Parameter für eine vorausschauende Weiterentwicklung der Energieinfrastruktur im bayerischen Chemiedreieck.

Bayernwerk ist ein starker Partner einer starken bayerischen Industrie.

Unser Ziel ist es, unsere Kunden auf dem Weg der Dekarbonisierung und in ihrem Bestreben nach Wachstum bestmöglich zu begleiten.“

Thomas Ehrhardt-Unglaub TenneT Germany

„Für die Energietransformation des Chemiedreiecks ist die Energiewende-Leitung ChemDelta ein zentraler Baustein, um sicherstellen zu können, dass einerseits die enormen Energiebedarfe und Anschlussleistungen im Zuge der Dekarbonisierung auch in der Zukunft zuverlässig mit höchster Versorgungsqualität gedeckt werden können, andererseits aber auch Neuansiedelungen in der Region ermöglicht werden können.

Seitens TenneT treiben wir dieses wichtige Projekt im engen und sehr frühzeitigen Austausch mit Kommunen, Anwohnern, Genehmigungsbehörden, den zuständigen Staatsministerien und weiteren Beteiligten in der Region mit allerhöchster Priorität voran, um unserer Verantwortung für eine auch zukünftig zuverlässige und nachhaltige Stromversorgung des Chemiedreiecks gerecht zu werden. Derzeit befinden wir uns auf der Suche nach geeigneten Standorten für die neu zu errichtenden Umspannwerke und die Schaltanlage und führen erste Trassenvoruntersuchungen durch. Unser Anspruch ist es, gemeinsam mit den Akteuren vor Ort zügig die bestmöglichen Umspannwerksstandorte und Leitungsverläufe zu finden “



8 Ausblick

Das H₂-Reallabor Burghausen vertieft die Analysen zur Transformation des Chemiedreiecks.



Akteursperspektive der Unternehmen

- Stakeholderbasierter Szenarienprozess: Transformationspläne der Unternehmen bilden Grundlage
- Fokus auf leitungsgebundene Strom-, Erdgas-, & H₂-Bedarfe
- Exkurse zu den Themen Carbon Management, H₂-Speicher & H₂-Kraftwerk
- Erste Version (Trans4In): 2022 (Basisjahr: 2019), Aktualisierung (Trans4In2.0): 2025 (Basisjahr 2024)



Systemperspektive

- Szenarien-basierte Optimierung der Energie- und Stoffströme
- Neuartige Technologien und deren Einsatzmöglichkeiten
- Evaluation der Importmöglichkeiten
- Potenzialstudien
- Berücksichtigung globaler Einflussfaktoren
- Projektabschluss: 2027

Die Roadmap 2027 des H₂-Reallabors Burghausen bettet die Erkenntnisse der Trans4In 2.0 Studie ein



Executive Summary für u. a. Politik und
andere Stakeholder



szenarienbasierte Systemstudien



Erkenntnisse der technologiefokussierten
Arbeitspakete



zielgruppenorientierte Kommunikation



Einbettung der Trans4In-Akteurssicht



Abkürzungsverzeichnis

CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CCUS	Carbon Capture, Utilization or Storage
E-Kessel	Elektrodenkessel
ETS	Emissions Trading System (Emissionshandel)
GuD	Gas und Dampf
H ₂	Wasserstoff
H _o	Brennwert
HT-Wärmepumpe	Hochtemperatur-Wärmepumpe
THG	Treibhausgas

Literaturverzeichnis

Crawford, Reece: Decarbonisation Readiness - Technical Studies: Hydrogen Readiness. In:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1141549/hydrogen_readiness_report.pdf. (Abruf am 24.06.2025), London: Department for Business, Energy and Industrial Strategy, prepared by AECOM Limited

Das Projekt H₂-Reallabor. In: <https://www.reallabor-burghausen.de/h2-reallabor/>. (Abruf am 07.11.2024), Burghausen: H2-Reallabor, c/o Reallabor Burghausen - ChemDelta Bavaria gGmbH

dena-Leitstudie Integrierte Energiewende - Zwischenfazit Impulse und Erkenntnisse aus dem Studienprozess. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2017

Trans4In – Energietransformation im Chemiedreieck Bayern. In: <https://www.ffe.de/projekte/trans4in-energietransformation-im-chemiedreieck-bayern/>. (Abruf am 24.06.2025), München: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2022

Gesetz über den Bundesbedarfsplan (Bundesbedarfsplangesetz - BBPlG). In: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbplg/BJNR254310013.html>. (Abruf am 07.11.2024), Berlin: Bundesamt für Justiz

H2 Backbone WAG+PW. In: <https://h2backbone-wag-pw.at/projektbeschreibung/>. (Abruf: 18.11.2024) Wien: Gas Connect Austria GmbH

H2-Reallabor - Reallabor Burghausen. In: <https://www.reallabor-burghausen.de/h2-reallabor/>. (Abruf am 16.02.2024), Burghausen: Reallabor Burghausen - ChemDelta Bavaria gGmbH, 2024.

Kraftwerksstrategie. In: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/02/20240205-einigung-zur-kraftwerksstrategie.html>. (Abruf am 07.11.2024), Ausgefertigt am 2024-02-05; Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2024.

Netzentwicklungsplan 2023. In: <https://www.apg.at/stromnetz/netzausbau/netzentwicklungsplan-2023/>. (Abruf am 07.11.2024), Wien: Austrian Power Grid AG

Netzentwicklungsplan 2037/2045 (2023). In: <https://www.netzentwicklungsplan.de/nep-aktuell/netzentwicklungsplan-20372045-2023>. (Abruf am 07.11.2024), Berlin: 50Hertz Transmission GmbH

OpenStreetMap, In: <https://www.openstreetmap.org/>. (Abruf am 16.02.2024), OpenStreetMap Foundation contributors, 2024.

Projektpartner. In: <https://www.reallabor-burghausen.de/h2-reallabor/projektpartner/>. (Abruf am 16.02.2024), Burghausen: Reallabor Burghausen - ChemDelta Bavaria gGmbH, 2024.

EUH2Stars. In: <https://www.euh2stars.eu/en/>. (Abruf am 07.07.2025), Wien: RAG Austria, 2025.

Standortunternehmen. In: <https://gendorf.de/de-DE/Standort/Ueber%20den%20Chemiepark/Standortunternehmen>. (Abruf am 24.06.2025), Burghausen: InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG, 2025

Verantwortung für Deutschland - Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD - 21. Legislaturperiode. In <https://www.koalitionsvertrag2025.de/sites/www.koalitionsvertrag2025.de/files/koalitionsvertrag.pdf>. (Abruf am 2025-4-25); Berlin: Christlich Demokratische Union Deutschlands (CDU), Christlich-Soziale Union in Bayern e.V. (CSU), Sozialdemokratische Partei Deutschlands (SPD), 2025.

Wasserstoff-Kernnetz. In: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>. (Abruf am 07.11.2024), Berlin: Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V.

Wasserstoffprojekte. In: <https://www.bayernets.de/infrastruktur/wasserstoff/h2-projekte>. (Abruf am 24.06.2025), München: bayernets GmbH, 2024.

QUO VADIS WASSERSTOFF-KRAFTWERKE? In: <https://www.tennet.eu/de/news/aktuelle-studie-zeigt-wasserstoffkraftwerke-sichern-kuenftig-stromversorgung-sueddeutschland>. (Abruf am 07.11.2024), Bayreuth: TenneT TSO GmbH

Zahlreiche Expertengespräche mit den Projekt- und Industriepartnern der Studie (siehe Impressum).

Projektbearbeitung



DR. SERAFIN VON ROON
Managing Director
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
SROON@FFE.DE



PHILIPP HENCH
Senior Research Consultant / Senior Project Engineer
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
PHENCH@FFE.DE



HANNES KRACHT
Senior Research Consultant / Senior Project Engineer
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
HKRACHT@FFE.DE



ANDREAS FILL
Project Engineer
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
AFILL@FFE.DE



Ffe
Am Blütenanger 71
80995 München
+49(0)89 15 81 21-0



ffe.de