



MIT SEKTORENKOPPLUNG ZUR ERFOLGREICHEN ENERGIEWENDE

Ein Projekt von Amprion und Open Grid Europe

INHALT

02 Die Energiewelt
von morgen

04 Sektorenkopplung
auf Systemebene

06 Das Grundprinzip

07 Das Modell der Zukunft

10 Die Technik

12 hybride – powered by
Amprion und OGE

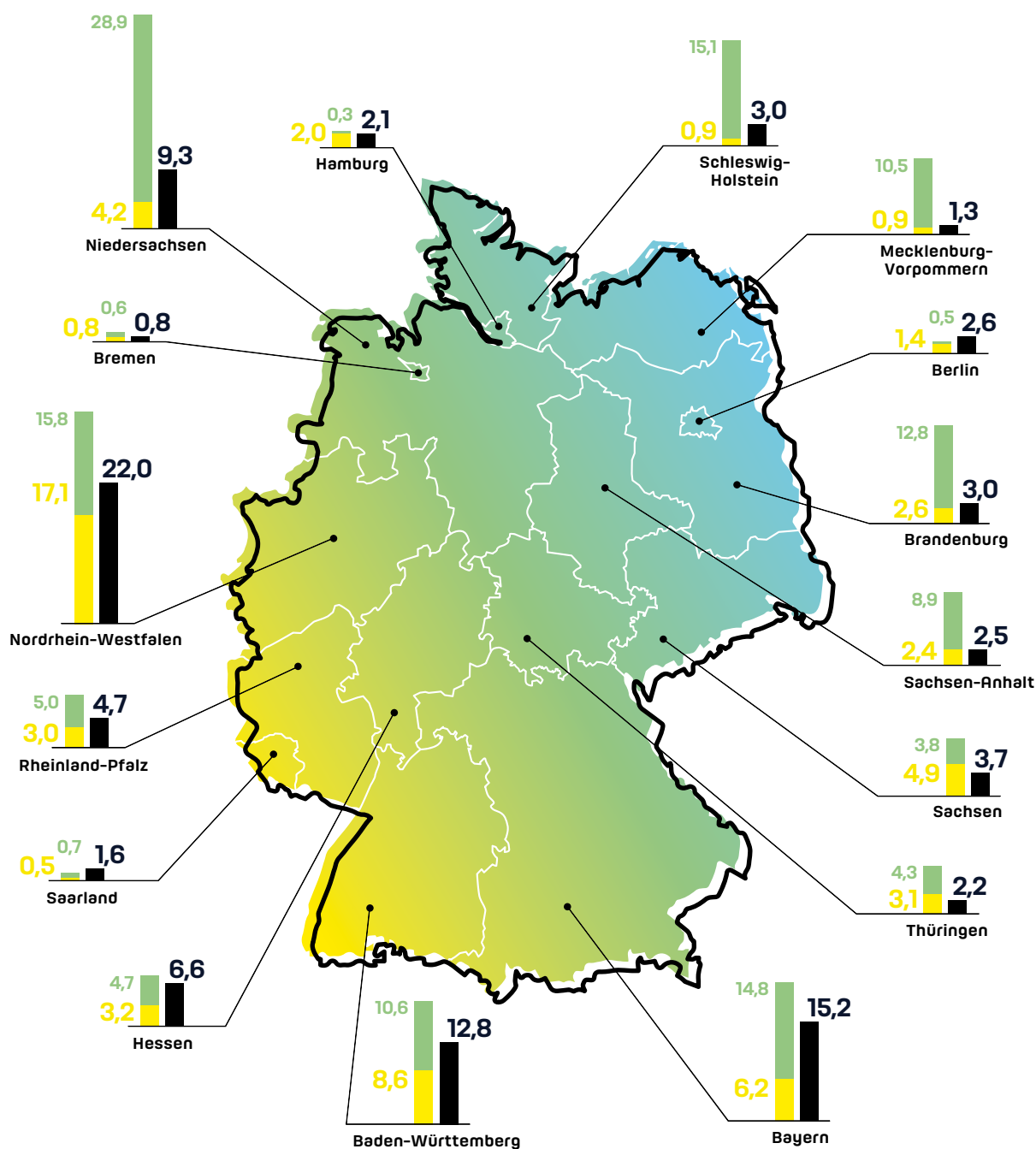
hybridge – so heißt das großtechnische Power-to-Gas-Projekt von Amprion und Open Grid Europe (OGE). Ab 2023 soll unsere Pilotanlage 100 Megawatt elektrische Leistung in Wasserstoff umwandeln. Mit diesem Projekt wollen wir eine Technologie weiterentwickeln, die eine Schlüsselrolle beim Umbau unseres Energiesystems einnehmen wird.

Die Energiewelt von morgen

Von großen Windparks in der Nord- und Ostsee bis hin zu Photovoltaikanlagen in Süddeutschland – die Art und Weise, wie Strom erzeugt wird, wandelt sich rapide. Nicht nur in Deutschland, sondern europaweit. Denn die Europäische Union hat sich das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 40 Prozent zu reduzieren. Deshalb soll in Deutschland u.a. der Anteil der Erneuerbaren Energien (EE) am Strombedarf auf 65 Prozent steigen. Zum Vergleich: Im Jahr 2017 deckte Deutschland seinen Strombedarf zu rund 36 Prozent aus erneuerbaren Quellen. Diese Entwicklung stellt unser Energiesystem vor große Herausforderungen. Denn die Erneuerbaren Energien sind nicht steuerbar und verhalten sich daher anders als die konventionellen Kraftwerke, die bisher den Großteil des benötigten Stroms bereitgestellt haben.

Die Stromproduktion von Windenergie- und Photovoltaikanlagen ist abhängig von äußeren Bedingungen. So schätzen die Übertragungsnetzbetreiber, dass deutschlandweit Windenergie- und Photovoltaikanlagen im Jahr 2030 an wind- und sonnenreichen Tagen bis zu 133 Gigawatt Leistung bereitstellen werden. Die prognostizierte Last liegt jedoch bei maximal 92 Gigawatt, in vielen Stunden des Jahres sogar erheblich darunter. Folglich wird es immer häufiger Zeiten geben, in denen das Angebot der Erneuerbaren Energien die Nachfrage teils deutlich übertrifft. Umgekehrt gibt es jedoch auch Zeiten, in denen die Witterung nicht günstig ist. Dann speisen Windenergie- und Photovoltaikanlagen kaum Energie ins Netz ein. Während dieser sogenannten „Dunkelflauten“ muss die Stromversorgung aus anderen Quellen sichergestellt werden. Eine Herausforderung, da mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien sowie dem Ausstieg aus Kernenergie und Kohle immer mehr konventionelle Kraftwerke abgeschaltet werden.

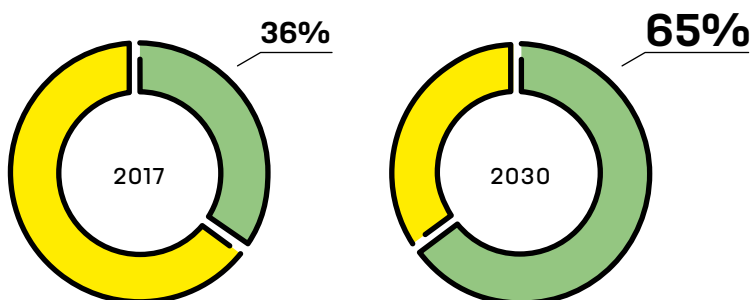
Das Übertragungsnetz muss diese „Energiewelt im Wandel“ zusammenhalten. Schon im Jahr 2018 haben Windenergie- und Photovoltaikanlagen zusammen bis zu 50 Gigawatt ins Netz eingespeist. Sie liefern grünen Strom vor allem in den sonnigen und windreichen Regionen, der oft über weite Strecken in die Verbrauchszentren transportiert werden muss. Durch diese neue Erzeugungslandschaft hat sich der durchschnittliche Weg zum Verbraucher vervierfacht und beträgt heute etwa 240 Kilometer. Da das deutsche Übertragungsnetz für diese Anforderungen ursprünglich nicht ausgelegt war, muss es an zahlreichen Stellen verstärkt und ausgebaut werden. Die notwendigen Vorhaben beschreibt der Netzentwicklungsplan. Derartige Maßnahmen reichen jedoch langfristig nicht aus. Übersteigt der EE-Anteil 60 Prozent, kommt unser Energiesystem an seine Grenzen. Dann gibt es immer häufiger Zeiten, in denen das Angebot die Nachfrage deutlich übersteigt – und umgekehrt. Um die dargebotsabhängigen Strommengen trotzdem vollumfänglich nutzen zu können, muss das Energiesystem der Zukunft ergänzt werden – um saisonale Speicher und innovative Konzepte wie die Sektorenkopplung.



— STROMLANDSCHAFT 2030

- Maximal zur Verfügung stehende Leistung aus konventionellen Kraftwerken in Gigawatt
- Maximal bereitstehende Leistung der Erneuerbaren Energien in Gigawatt
- Maximale Last in Gigawatt

— EE-ANTEIL AM STROMBEDARF



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Netzentwicklungsplans 2030 (Version 2019), Szenario B

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Sektorenkopplung auf Systemebene

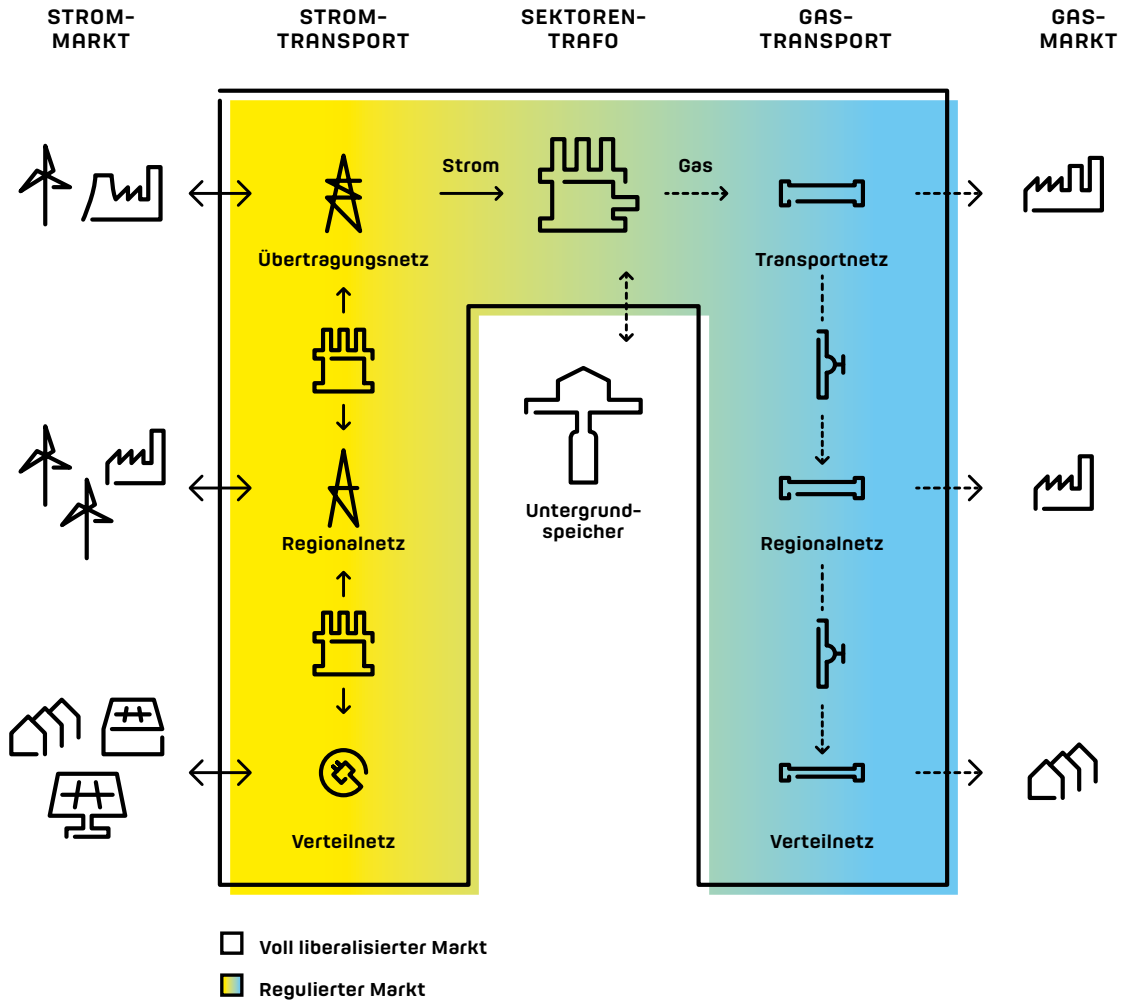
Wohin mit den immer größeren Mengen an Wind- und Solarstrom, die zeitweise keine Abnehmer finden? Diese Kernfrage gilt es zu beantworten, um die nächste Stufe der Energiewende einzuleiten. Ein zentraler Lösungsansatz ist, diesen Strom in andere Sektoren umzuleiten – dorthin, wo ebenfalls große Energiemengen nachgefragt werden. Technologisch ist das möglich, indem die bestehenden Infrastrukturen des deutschen Strom- und Gassystems miteinander gekoppelt werden. Als Brücke zwischen den einzelnen Systemen fungieren dabei Power-to-Gas-Anlagen. Sie ermöglichen die Transformation von Strom in Wasserstoff – ein wichtiger Rohstoff und umweltfreundlicher Energieträger, der in allen Sektoren eingesetzt werden kann. Ähnliches gilt für Methan, das wiederum aus dem Wasserstoff gewonnen werden kann.

Bisher fanden die Transformation und der Transport von Energie immer innerhalb eines Sektors statt. Am Beispiel des Stromtransports: Erzeugungsanlagen speisen Strom in das Netz ein. Dieser Strom wird dann über die Leitungen übertragen, über Strom-Transformatoren auf andere Spannungsebenen geleitet und dort weiter transportiert – bis er beim Endkunden angekommen ist. Beim Gastransport funktioniert vom Transport- über das Regional- bis ins Verteilnetz. Der Ansatz über Power-to-Gas eröffnet die Option, die Energie auch zwischen den Sektoren zu transportieren. Dabei wird Strom in der Power-to-Gas-Anlage – dem sogenannten Sektorentransformator – umgewandelt, in das Gassystem geleitet und zur jeweiligen Verbrauchsstelle weiter transportiert.

Damit die Sektorenkopplung einen maximalen volkswirtschaftlichen Nutzen und maximale Nachhaltigkeit bewirkt, sind diese drei Kriterien entscheidend:

- **GRÖSSE:** Die Power-to-Gas-Anlagen müssen in geeigneter Dimension und auf oberster Ebene im Strom- und Gassystem integriert werden. Nur so lassen sich die Kapazitäten der Transportnetze für Strom und Gas sowie die daran angeschlossenen Gasspeicher nutzbar machen.
- **ORT:** Die Anlagen müssen an geeigneten Berührungspunkten zwischen den Strom- und Gastransportnetzen installiert werden. Nur so lassen sich technisch sinnvolle und volkswirtschaftlich effiziente Übergänge zwischen dem Strom- und Gassystem schaffen.
- **ZEIT:** Der Betrieb der Anlagen muss zeitlich so koordiniert werden können, dass stets die tatsächliche Einspeisung der Erneuerbaren Energien, die elektrische Last, die Stromflüsse im elektrischen System, die Volumenströme beim Gastransport sowie die Füllstände der Gasspeicher als Gesamtsystem betrachtet werden. Nur so lässt sich die witterungsabhängige Einspeisung aus den Erneuerbaren Energien systemdienlich von den individuellen Bedarfsprofilen der Nutzer entkoppeln.

— KOPPLUNG VON STROM- UND GASSYSTEM IM ÜBERBLICK

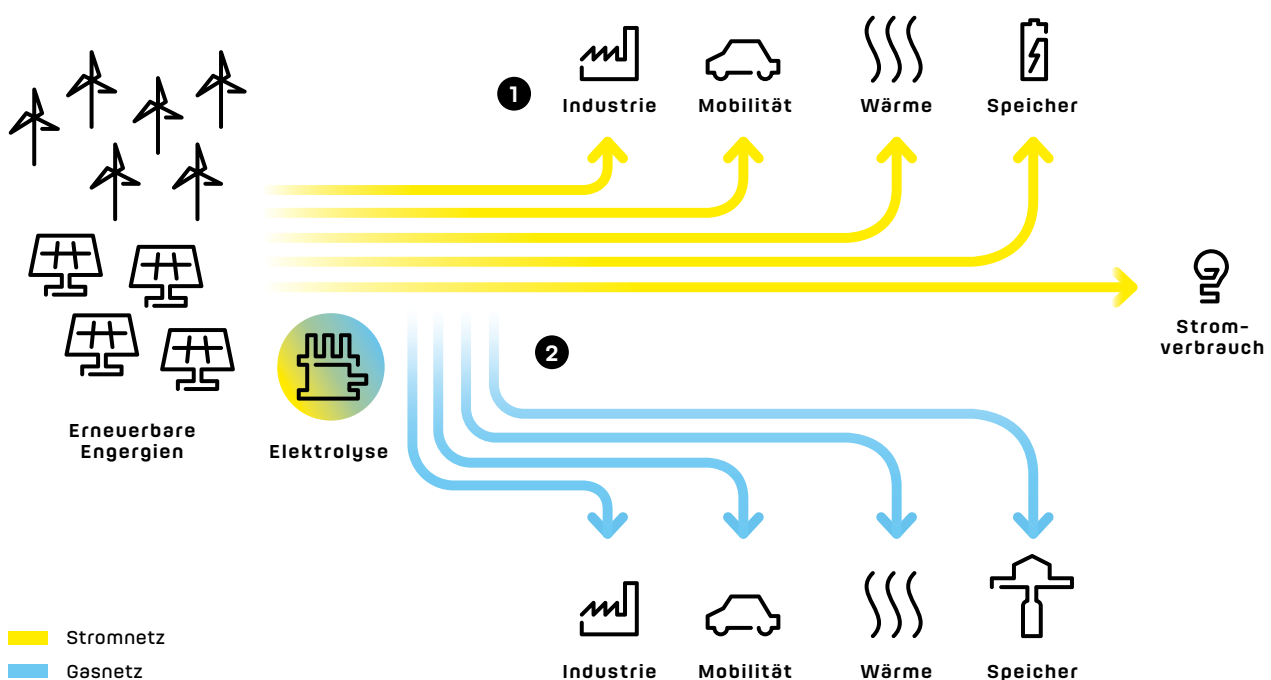


Das Grundprinzip

Wie schaffen wir es, die stark schwankende Leistung der Windenergie- und Photovoltaikanlagen wirksam in unser Energiesystem zu integrieren? Mit der Sektorenkopplung auf Systemebene lässt sich folgendes Grundprinzip umsetzen:

- 1 Soweit die Stromnachfrage vorhanden und es technisch möglich ist, wird der aus Erneuerbaren Energien gewonnene Strom über das Stromnetz transportiert und direkt genutzt.
- 2 Sind die Netze ausgelastet und fragen die Verbraucher weniger Strom nach als angeboten wird, soll die elektrische Energie mithilfe von Power-to-Gas-Anlagen transformiert, in Form von Gas weitertransportiert und in anderen Sektoren genutzt werden. So lässt sich künftig das Wachstum der Erneuerbaren Energien vom Ausbau der Stromnetze entkoppeln.
- 3 Allenfalls bei Versorgungsengpässen soll das Gas in Marktkraftwerken in Strom zurückgewandelt werden. Dies wird jedoch voraussichtlich erst in Jahrzehnten der Fall sein.

— UMLEITUNG VON STROM IN DEN GASSEKTOR



Das Modell der Zukunft

Damit Power-to-Gas-Anlagen das Gas- und das Stromsystem künftig sinnvoll verbinden können, müssen viele Faktoren berücksichtigt werden. Der Betrieb ist abhängig von der tatsächlichen Einspeisung der Erneuerbaren Energien, der elektrischen Last, den Stromflüssen im elektrischen System sowie den Gasströmen im Fernleitungsnetz und den Füllständen der Gasspeicher. Die dafür entscheidende Koordinationsaufgabe können Amprion und OGE besonders gut erfüllen – denn die Projektpartner sind bereits heute dafür verantwortlich, die Energieflüsse über ihre Leitungen zu steuern und jeweils stabile Systeme zu betreiben.

Die über die Gas- und Stromleitungen transportierte Energie ist dabei zu keiner Zeit im Eigentum der „Spediteure“, sprich der Netzbetreiber. Sie stellen ihre Infrastruktur allen anderen Marktteilnehmern diskriminierungsfrei zur Verfügung und werden für ihre Transportdienstleistung über ein reguliertes Netzentgelt entlohnt. „Third Party Access“ heißt dieses wesentliche Merkmal des liberalisierten Energiemarktes. Es kann und muss auch dann Bestand haben, wenn die Strom- und Gasinfrastrukturen auf Systemebene gekoppelt werden.

Bei der Sektorenkopplung auf Systemebene findet die Transformation zwischen zwei regulierten Bereichen statt – dem Stromübertragungsnetz und dem Gasfernleitungsnetz. Geplant ist, dass die Übertragungs- und Fernleitungsnetzbetreiber für die Projektierung, den Bau sowie den Betrieb des Sektorentransformators – also der Power-to-Gas-Anlage – verantwortlich sind. Die Finanzierung erfolgt über die Netzentgelte. Auf diese Weise ist kein staatlicher Fördermechanismus, Umlagemechanismus o.ä. für diese neuartigen Netzelemente notwendig.

Da die „Brückkapazität“ zwischen den Systemen begrenzt ist, wollen die Netzbetreiber sie in Auktionen den Händlern oder Direktabnehmern anbieten. Die Erlöse der Auktionen werden von den Netzbetreibern den Kosten gegengerechnet und wirken somit netzentgeltmindernd. Dieses Prinzip findet im Stromsystem für die grenzüberschreitenden Kuppelleitungen sowie bei grenzüberschreitenden Gastransportkapazitäten seit Jahren Anwendung.

DAS KOSTEN-NUTZEN-VERHÄLTNIS

Das von Amprion und OGE geplante Leuchtturmprojekt soll eine elektrische Leistung von 100 Megawatt erreichen und etwa 150 Millionen Euro kosten. Diese Investition ist in Relation zum volkswirtschaftlichen Nutzen, den die Sektorenkopplung im industriellen Maßstab perspektivisch bringen kann, sehr gering. Wenn es gelingt, Power-to-Gas-Anlagen systemdienlich in das Energiesystem zu integrieren, profitieren perspektivisch Endkunden davon erheblich.

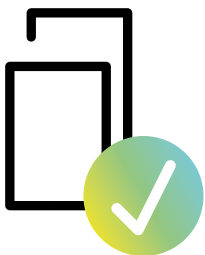
Unser Projekt

Amprion und Open Grid Europe (OGE) planen die erste großtechnische Anlage, die in Deutschland Strom aus Erneuerbaren Energien in Wasserstoff umwandelt. Ein geeigneter Standort für das Pilotprojekt hybridge liegt im südlichen Emsland: An der Grenze zwischen Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen befindet sich ein idealer Schnittpunkt zwischen dem Strom- und dem Gasnetz.

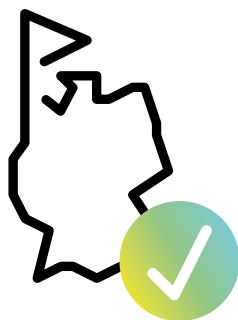
Geplant ist Folgendes: Nahe einer Umspannanlage von Amprion wird ein Elektrolyseur mit 100 Megawatt elektrischer Leistung errichtet und an das Stromnetz von Amprion angeschlossen. Davon ausgehend wollen wir im Projekt hybridge alle zukünftigen Verwendungsarten von Wasserstoff erproben: OGE will einen Teil seines bestehenden Gasnetzes für den ausschließlichen Transport von Wasserstoff umbauen. Anschließend können an der neuen Wasserstoffleitung gelegene Unternehmen den grünen Wasserstoff nutzen. Im weiteren Verlauf ist auch die Versorgung von Wasserstofftankstellen und damit der Einsatz von Wasserstoff im Mobilitätssektor angedacht, zum Beispiel in Kraftfahrzeugen oder Zügen. Zudem sollen künftig Gasspeicher umgewidmet werden, um das Angebot der Erneuerbaren Energien zeitlich von der Nachfrage nach Wasserstoff zu entkoppeln. Die Speicher können dann Wasserstoff anstelle von Erdgas aufnehmen und bei Bedarf wieder dem Wasserstoffnetz zuführen. So kann auf effiziente Art und Weise eine zuverlässige Versorgung mit Wasserstoff auf Basis Erneuerbarer Energien realisiert werden.

Eine Zumischung von Wasserstoff in Erdgasnetze stellt eine weitere Möglichkeit dar, die wir im Projekt erproben können. Dadurch kann das grüne Gas auch für andere Zwecke wie etwa im Wärmesektor eingesetzt werden. Als Teil des Netzes der OGE soll das Wasserstoffnetz sowohl an ihr Fernleitungsnetz als auch an regionale Ortsnetze für Erdgas angebunden werden. OGE stellt dabei sicher, dass gemäß gültiger Regelwerke dem Erdgas ein begrenzter Anteil Wasserstoff zugemischt werden kann. Sind diese Optionen ausgeschöpft, kann Wasserstoff ebenfalls mit CO₂ methanisiert und in das Erdgasnetz eingespeist werden.

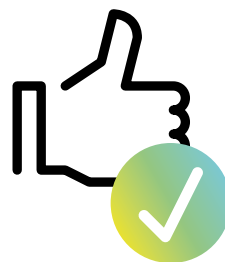
Die technologischen Voraussetzungen zur Errichtung der Anlage sind bereits heute gegeben. Stimmen Gesetzgeber und Regulierungsbehörde dem Projekt zu, können Amprion und OGE zeitnah mit Genehmigungsverfahren und Bau beginnen. Dann kann die Anlage im Jahr 2023 einsatzbereit sein.



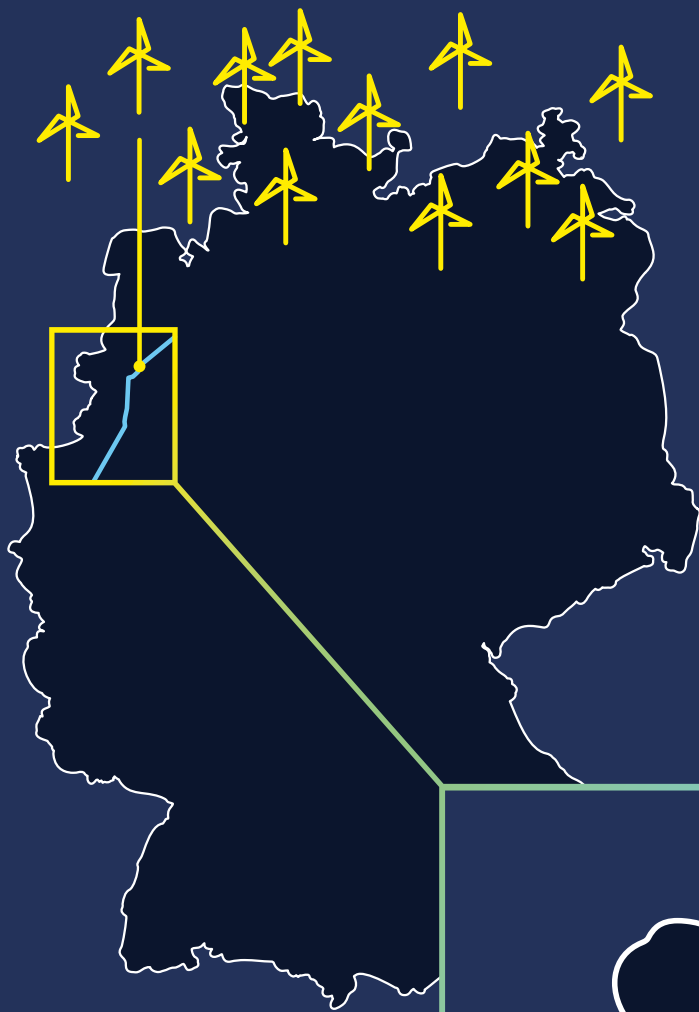
Technisches Konzept



Standort



Anwendungen



— LEGENDE

- █ Stromleitung
- █ bestehende Gasleitung

Gep plante Wasserstoffinfrastruktur

- █ umgewidmete Erdgasleitung
- - - potenzielle Erweiterung
- - - - - neu zu errichten



UMWIDMUNG EINER BESTEHENDEN GASLEITUNG FÜR DEN TRANSPORT VON WASSERSTOFF

Die Technik

1 Die Elektrolyse

Das Funktionsprinzip von Power-to-Gas basiert auf einem chemischen Prozess: der Wasserelektrolyse. Dabei wird Wasser unter Einsatz von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Der so gewonnene Wasserstoff enthält anschließend den Großteil der aufgewandten Energie. Da bei der Elektrolyse und der späteren Nutzung keine Treibhausgase freigesetzt werden, gilt der Wasserstoff als emissionsfrei („grüner Wasserstoff“), sofern der eingesetzte Strom aus Erneuerbaren Energien stammt.

Für die großtechnische Elektrolyse von Wasser stehen derzeit zwei Technologien zur Verfügung: die alkalische und die Proton Exchange Membrane-Elektrolyse. Amprion und OGE prüfen beide Technologien mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen für den Einsatz im Projekt.

2 Der Wasserstofftransport

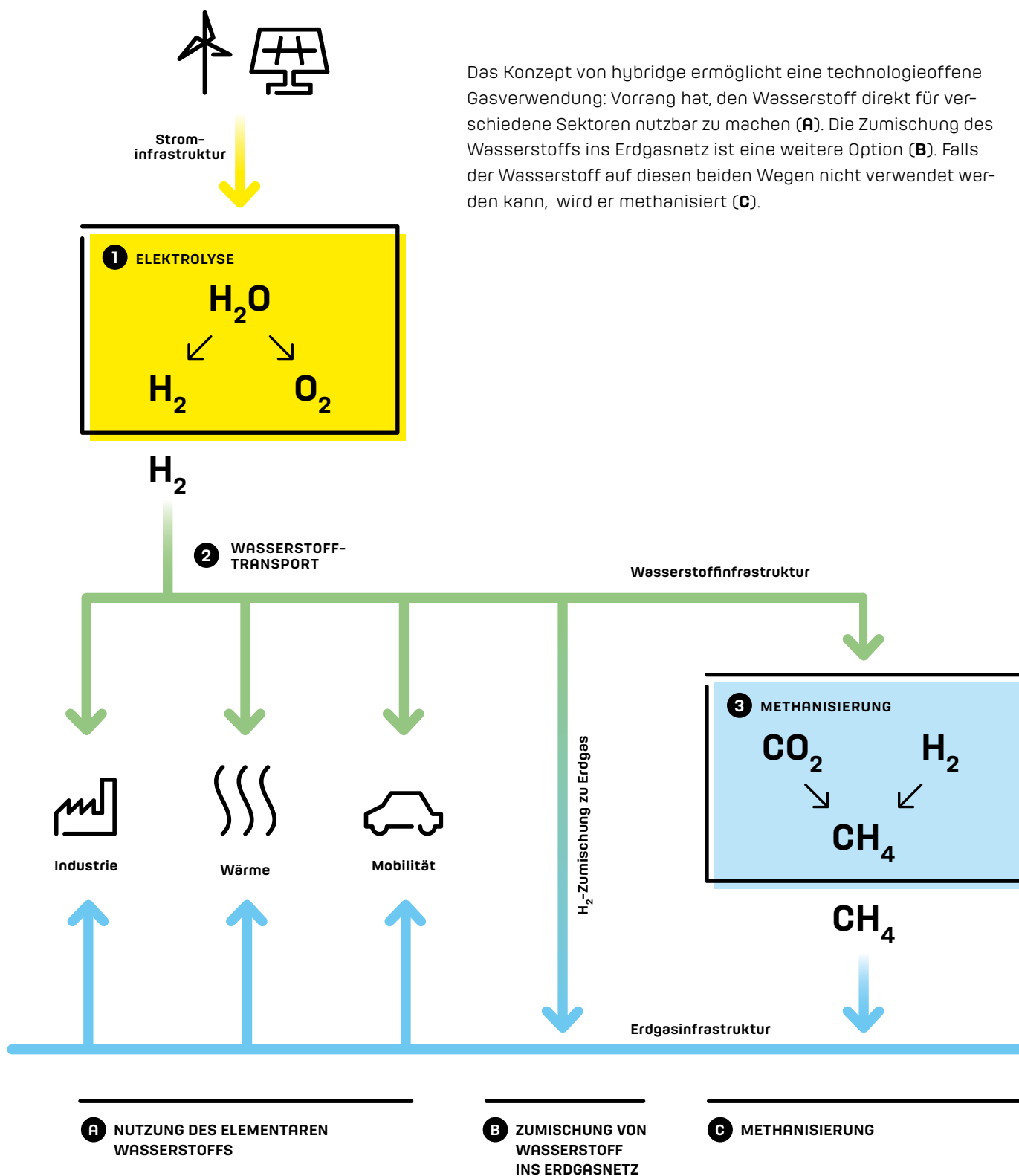
Um den grünen Wasserstoff zu den Verbrauchs- bzw. Speicherstellen zu transportieren, können bestehende Erdgasleitungen umgenutzt werden. Das ist nicht nur aus volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft. Auch die gesellschaftliche Akzeptanz für eine solche Maßnahme ist erfahrungsgemäß höher, da nur geringe Eingriffe in die Landschaft erforderlich sind.

Wasserstoff ist genauso wie Erdgas ein brennbares Gas, das sich sehr sicher handhaben lässt. Das zeigt beispielsweise ein in der Region Rhein-Ruhr bestehendes Wasserstoffpipelinesystem mit 240 Kilometern Leitungslänge, das seit Jahrzehnten sicher betrieben wird.

3 Die Methanisierung

Für die Umwandlung von Wasserstoff in Methan ist Kohlenstoffdioxid (CO₂) notwendig. Dieses wird beispielsweise aus Abgasen industrieller Prozesse oder biogen befeuerter Kraftwerke gewonnen. Kommen für die Reaktion grüner Wasserstoff und grünes Kohlenstoffdioxid zum Einsatz, entsteht im Ergebnis auch grünes Methan. Da Erdgas größtenteils aus Methan besteht, sind die Eigenschaften beider Stoffe vergleichbar. Methan kann also problemlos in das bestehende Erdgasnetz eingespeist, transportiert und in bestehenden Gasspeichern gelagert werden.

— ENERGIEUMWANDLUNG UND GASVERWENDUNG



Das Konzept von hybridge ermöglicht eine technologieoffene Gasverwendung: Vorrang hat, den Wasserstoff direkt für verschiedene Sektoren nutzbar zu machen (**A**). Die Zumischung des Wasserstoffs ins Erdgasnetz ist eine weitere Option (**B**). Falls der Wasserstoff auf diesen beiden Wegen nicht verwendet werden kann, wird er methanisiert (**C**).

hybride – powered by Amprion und OGE

Amprion

Amprion ist ein Übertragungsnetzbetreiber mit Sitz in Dortmund. Das 11.000 Kilometer lange Übertragungsnetz des Unternehmens verbindet Stromerzeuger und -abnehmer von Niedersachsen bis zu den Alpen – in einem Gebiet, in dem rund ein Drittel der deutschen Wirtschaftsleistung erzeugt wird. Über rund 1.000 Einspeise- und Entnahmestellen stellt Amprion sein Netz sowohl Kunden aus der Industrie als auch Verteilnetzbetreibern, Stromhändlern und Erzeugern zur Verfügung – diskriminierungsfrei und zu marktgerechten Preisen. Im Zuge der Energiewende bereitet sich Amprion darauf vor, steigende Strommengen aus Erneuerbaren Energien zu transportieren und investiert im kommenden Jahrzehnt mehr als neun Milliarden Euro in die Verstärkung und den Neubau von Stromleitungen. Darüber hinaus entwickelt der Netzbetreiber schon heute Innovationen für die Energiewelt von morgen. Im Fokus stehen dabei effiziente, nachhaltige und bürgerfreundliche Lösungen, die dabei helfen, die Stabilität und Zuverlässigkeit des Übertragungsnetzes auch in Zukunft zu gewährleisten.

↗ www.amprion.net

Open Grid Europe

Die Open Grid Europe mit Sitz in Essen betreibt das mit rund 12.000 Kilometer längste Gasfernleitungsnetz in Deutschland. Es entspricht in etwa der Länge des deutschen Autobahnnetzes. Das Unternehmen sorgt bundesweit für einen sicheren, umweltschonenden und kundenorientierten Gastransport und schafft in Kooperation mit den europäischen Fernleitungsnetzbetreibern die Voraussetzungen für einen grenzüberschreitenden Transport und Handel. Zum Kerngeschäft des Gasnetzbetreibers gehören die Planung, der Bau sowie der Betrieb von Leitungen. Darüber hinaus versteht es OGE als Teil seiner Verantwortung, die deutsche Energiewende aktiv zu unterstützen – indem bestehende Infrastrukturen verbessert und innovative Lösungen entwickelt werden.

↗ www.open-grid-europe.com



Ihre Ansprechpartner

Amprion GmbH

Rheinlanddamm 24
44139 Dortmund
Deutschland
Telefon: +49 231-5849 0
E-Mail: info@amprion.net

Thomas Wiede

Leiter Unternehmenskommunikation & digitale Medien
Telefon: +49 231 5849-13679
E-Mail: thomas.wiede@amprion.net

Open Grid Europe GmbH

Kallenbergstraße 5
45141 Essen
Deutschland
Telefon: +49 201 - 3642-0
E-Mail: info@open-grid-europe.com

Alexander Land

Leiter Kommunikation & Energiepolitik
Telefon: +49 201 3642 12620
E-Mail: alexander.land@open-grid-europe.com

hybridge im Internet

 www.hybridge.net

