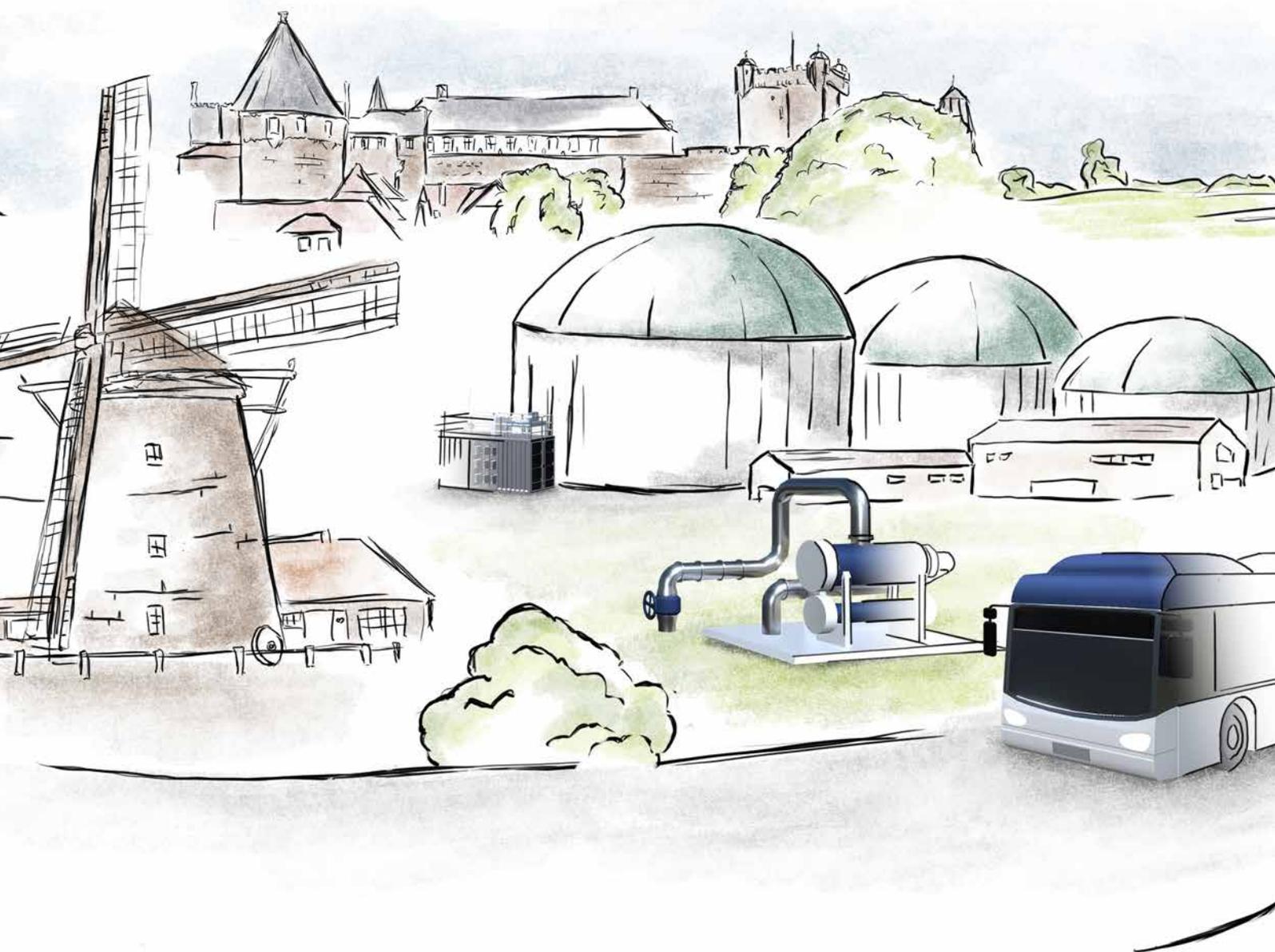


H<sub>2</sub>O

# ERGEBNISBERICHT 2023 WASSERSTOFF IN BAD BENTHEIM



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Projekträger:



**Vorwort** ..... 3

**Zusammenfassung** ..... 4

**Die HyStarter-Region Bad Bentheim** ..... 6

**H<sub>2</sub>-Potenziale der Region Bad Bentheim** ..... 8

**Vision 2030** ..... 12

**Handlungsfelder und Umsetzungsstrategien** ..... 16

Übersicht ..... 16

Wasserstoffproduktion aus Windenergie ..... 18

Grüner Wasserstoff und biologische Methanisierung ..... 19

Grüner Wasserstoff für den überregionalen Lastverkehr ..... 20

Anbindung an überregionale Wasserstoffinfrastruktur ..... 21

Regionales Technologiekonzept ..... 22

Elektrolytische Wasserstoff-Erzeugung aus Windenergie ..... 24

Wasserstoff-Erzeugung aus Biogas ..... 26

Wasserstofftransport ..... 27

Aufbau einer H<sub>2</sub>-Tankstelleninfrastruktur ..... 28

Wasserstoff-Einsatz in der Mobilität ..... 29

Wasserstoff-Einsatz in der Gebäudeenergieversorgung ..... 30

**Kooperation & Wünsche** ..... 32

**Anhang** ..... 33

**Abkürzungsverzeichnis** ..... 34

IMPRESSUM

Herausgeber



Schlossstraße 2  
48455 Bad Bentheim

Projektleitung

Energieversorgung Bad Bentheim GmbH & Co. KG  
Martin Hofschroer  
(martin.hofschroer@bentheim-energie.de)

Verantwortlich für den Inhalt

EE ENERGY ENGINEERS GmbH  
Munscheidstraße 14  
45886 Gelsenkirchen

Autoren

Patrick Krieger und Maximilian Winter  
(EE ENERGY ENGINEERS GmbH)  
Unter Mitarbeit von: Nadine Hölzinger (Spilett n/t GmbH)

Gestaltung, Layout, Satz und Illustrationen

Peppermint Werbung Berlin GmbH  
Milastr. 2 | 10437 Berlin  
www.peppermint.de

Druck

WOESTE DRUCK + VERLAG GmbH & Co KG  
Im Teelbruch 108 | 45219 Essen-Kettwig  
E-Mail: service@woeste.de | www.woeste.de

Erscheinungsjahr

2023

Die Strategiedialoge zu HyStarter wurden im Rahmen des HyLand-Programms durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragt und durch die NOW GmbH koordiniert.



VORWORT

DR. VOLKER PANNEN, BÜRGERMEISTER BAD BENTHEIM



Liebe Mitbürgerinnen und Mitbürger, sehr geehrte Damen und Herren,

das Thema ‚Energie‘ ist aktuell in aller Munde! – In Bad Bentheim ist das seit vielen Jahrzehnten der Fall. Seit die DEUTAG 1938 das erste bedeutende Erdgasfeld in Westeuropa entdeckt hat, ist die Energiegewinnung ein wichtiger Wirtschaftsfaktor der Stadt. Aber: Obwohl das vor Ort gewonnene Erdgas über Jahrzehnte verlässlich und günstig Wärme und Strom geliefert hat, möchten wir auch in Bad Bentheim nun als „Klimaschutzgemeinde“ wegen der großen Gefahren des Klimawandels schnellstmöglich andere und weniger umweltschädliche, nicht fossile Möglichkeiten der Wärme- und Stromgewinnung nutzen.

Damit wir unser Klima für uns und die nachfolgenden Generationen schützen, überarbeitet die Stadt gerade ihr Klimaschutzkonzept. Denn neben der dauerhaft sicheren und möglichst preiswerten Energieversorgung und zuvor dem Streben nach Energieeinsparungen gibt es vor allem einen weiteren Aspekt zu bedenken:

Wind, Sonne, starke Stromleitungen und Gaspipelines versetzen uns in die Lage, regenerative Energien vor Ort in großem Umfang erzeugen, nutzen und verteilen zu können.

Bezogen auf den Sektor Strom sind wir in Bad Bentheim bereits seit 2017 energieautark. Beim Verkehr und bei der Wärme möchten wir es bis 2030 werden, und zwar nicht

nur bilanziell, sondern weitgehend auch durch tatsächliche Ansprache der beiden Sektoren. Dazu möchten wir unter anderem weitere Windkraftanlagen und PV-Anlagen installieren, letztere vor allem auf Dachflächen.

Lokal gewonnener Wasserstoff ließe sich schließlich in nahegelegenen Kavernen speichern. Er ließe sich auf Dauer auch für Prozess- und Gebäudeerwärmung nutzen. Und als effizienter Brennstoff für LKWs, Busse und Bahnen dürfte er an den Fernverkehrsverbindungen in der Stadt mittelfristig sehr attraktiv sein.

Mit der Weißflächenanalyse des Bad Bentheimer Stadtgebietes zur Erkundung möglicher neuer Windkraft-Standorte und dem aktuellen Genehmigungsverfahren für die Errichtung von Windkraftanlagen hat die lokale Politik im Oktober 2022 einstimmig die Weichen gestellt. Alle Bürgerinnen und Bürger Bad Bentheims sollen daran mitarbeiten, davon profitieren – sowohl als ‚Miteigentümer\*innen‘ als auch als Abnehmende. So gestalten wir erfolgreich die Energiewende vor Ort: für die Bevölkerung, unsere Unternehmen und nicht zuletzt für die uns nachfolgenden Generationen!

Danken möchte ich dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr für die Projektfinanzierung, den beteiligten Unternehmen am HyStarter Prozess und den uns begleitenden Ingenieuren der EE ENERGY ENGINEERS GmbH aus Gelsenkirchen für die tolle Zusammenarbeit!

Viele Grüße

**Dr. Volker Pannen**  
Bürgermeister Bad Bentheim





Sehr geehrte  
Damen und Herren,

im Periodensystem der Elemente steht Wasserstoff (H<sub>2</sub>) an erster Stelle. Wie wir uns vielleicht erinnern – nicht jeder mag Chemie – ist dieser Stoff nicht ganz „ohne“: Wasserstoff hat faszinierende Eigenschaften, ein großer Vorteil ist, dass sich dieses Gas durch Einsatz von elektrischem Strom herstellen lässt. Wenn das H<sub>2</sub>-Gas dann genutzt wird, entsteht als Abgas am Auspuff einfach nur Wasser (H<sub>2</sub>O). Wasserstoff ist also ein Gas, das unsere Energie- und Energiespeicherprobleme lösen kann.

Diese Tatsache hat mich fasziniert und motiviert, den HyStarter-Prozess, der mit diesem Bericht zunächst seinen Abschluss findet, aktiv zu begleiten.

Ich habe mich sehr gefreut, so viele engagierte Mitstreiter\*innen für Wasserstoffprojekte in Bad Bentheim zu finden. Von der Produktion „grünen“ Stroms zur Wasserstoffherzeugung durch in Bad Bentheim gebaute Elektrolyseure, von der Wasserstoff-Infrastruktur per Pipeline oder Tankstelle bis hin zur Nutzung in Fahrzeugen mit einer Brennstoffzelle.

Dieser Wechsel von fossilen zu regenerativ erzeugten Energien ist für alle Beteiligten ein gewaltiger Kraftakt. Nicht zuletzt aufgrund des hohen Preisdrucks für Strom, Gas und Wärme sowie der allgegenwärtigen Diskussion

um die Abhängigkeit von russischem Öl und Gas kommt dieser Wechselprozess aber deutlich besser in Schwung, als ich zunächst angenommen hatte. Hier in Bad Bentheim ist die Ausgangslage von Erzeugung, Verteilung und Nutzung aber derart gut, dass man von einem „Reallabor“ sprechen kann – einem Vorteil, den es zu nutzen gilt, um exemplarisch Erfahrungen für eine sichere und bezahlbare Energieversorgung zu sammeln.

Ich bin davon überzeugt, dass wir beim Thema Energie nicht wieder alles „auf eine Karte“ setzen dürfen. Strom, Wasserstoff und grün erzeugtes Erdgas werden in verschiedensten Anwendungen für Industrie, Gewerbe und private Nutzung effizient eingesetzt werden. Den Aufbau der Systeme für ein post-fossiles Zeitalter hier vor Ort mitbegleiten zu dürfen, freut mich sehr. Die folgenden Texte und Grafiken zeigen das Zusammenspiel der verschiedenen Bausteine.

Lassen Sie uns die Sache gemeinsam angehen, dann wird die Energiewende gelingen!

Ich wünsche Ihnen und Euch viel Spaß beim Lesen!  
Herzliche Grüße

**Martin Hofchröer**  
Geschäftsführer Energieversorgung Bad Bentheim  
GmbH & Co. KG

Bad Bentheim ist eine der kleineren HyStarter-Regionen. Das Ziel der Region im HyStarter-Projekt war die Ausweitung der lokalen Projekt- und Akteurslandschaft. Durch die Initiierung verschiedener Wasserstoffprojekte sollte ein Beitrag zur Erreichung des Ziels der Klimaneutralität Bad Bentheims in 2035 geleistet werden. Bereits vor dem HyStarter-Projekt gab es in der Region Überlegungen zum Einsatz von grünem Wasserstoff in der biologischen Methanisierung vor allem zur Anwendung im Wärmebereich. Außerdem war klar, dass es in Bad Bentheim ein großes Flächenpotenzial für Windenergieanlagen gibt, sodass ausreichend regional erzeugte erneuerbare Energien zur Verfügung stehen. Durch Wasserstoff sollte deren Einsatz in weiteren Sektoren der Wirtschaft, auch in der Mobilität, ermöglicht werden.

Das Themenspektrum wurde bereits früh in den Strategiedialogen erweitert. Neben der biologischen Methanisierung mit ihrer eigenen Wasserstoffproduktion aus Wind wurde schnell auch die regionale Wasserstoffproduktion durch weitere Windkraftanlagenbetreiber mitgedacht. Darüber hinaus wurden konkrete Überlegungen zum Aufbau einer Wasserstofftankstelle an der A 30 weitergeführt. Außerdem wurden vorhandene und geplante Wasserstofftransportinfrastrukturen identifiziert und deren Betreiber in die Strategiedialoge eingebunden.

In der Vision bis 2030 spiegelt sich das erweiterte Themenfeld wider. Bad Bentheim möchte sich in Zukunft als Region mit einer zunächst überschüssigen Wasserstoffproduktion mit Pipelineanschluss etablieren und sich

weiter mit anderen Regionen innerhalb des HyLand-Netzwerks und darüber hinaus verbinden. Außerdem soll aktiv daran gearbeitet werden, weitere Abnehmer für grünen Wasserstoff in der Region zu aktivieren oder neu anzusiedeln.

In den nächsten 24 Monaten werden vor allem die Anlagen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms als Grundlage für den Elektrolysebetrieb realisiert. Außerdem wird der Anschluss an überregionale Pipelines vorbereitet. Die Planung der Tankstelle an der A 30 wird finalisiert und erste Ankerkunden werden gesucht, bis die Tankstelle in 2025 in Betrieb gehen kann. Für die biologische Methanisierung wird die grüne Wasserstoffproduktion aus eigenen Windkraftanlagen umgesetzt. Die biologische Methanisierung selbst wird bis 2028 stufenweise erweitert und finalisiert.

Das Technologiekonzept für Bad Bentheim betrachtet die gesamte Wasserstoffwertschöpfungskette von der Erzeugung aus Windenergie über den Transport bis zur Anwendung in der biologischen Methanisierung und direkt in der Mobilität. Bei der Betrachtung wird auch klar, dass es in Bad Bentheim voraussichtlich zunächst einen Überschuss an Wasserstoff geben wird, der mithilfe der vorgesehenen Transportleitungen exportiert werden könnte. Das wird auch bei der langfristigen Betrachtung mithilfe des Szenarienrechners klar. Die biologische Methanisierung stellt den größten Abnehmer dar und kann einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung des Wärmesektors leisten und zusätzlich synthetisches Erdgas für Verkehrsanwendungen zur Verfügung stellen.



Bad Bentheim ist eine Stadt mit knapp 16.000 Einwohnern im Landkreis Grafschaft Bentheim in Niedersachsen. Die Stadt liegt im Nordwesten Deutschlands und an der Grenze zu den Niederlanden. Im Osten grenzt die Stadt an die HyExpert-Region Emsland und im Süden an den Kreis Steinfurt in Nordrhein-Westfalen. Der Wirtschaftsstandort Bad Bentheim ist geprägt vom mehr als 160 ha großen Gewerbepark an der deutsch-niederländischen Grenze mit ca. 2.800 Beschäftigten sowie von Landwirtschaft, Handel und Tourismus. Durch die A 30, die in Ost-West-Richtung durch das Stadtgebiet verläuft und den Gewerbepark erschließt, und die A 31, welche in Nord-Süd-Richtung Bad Bentheim tangiert, gibt es ein hohes Verkehrsaufkommen,

insb. im überregionalen Lastverkehr. Durch die Stadt verlaufen außerdem zwei Ferngasleitungen.

Bad Bentheim ist landschaftlich reizvoll gelegen. Der Gesundheitstourismus konzentriert sich auf die im Bentheimer Wald gelegene Fachklinik mit Mineraltherme. Vor 15 Jahren kam als touristischer Schwerpunkt ein zentral gelegener Familien-Ferienpark mit Bade- und Tennisplatz hinzu. Dieser Bereich wird von einem im Süden der Stadt gelegenen landwirtschaftlichen Betrieb mit Strom und Wärme versorgt. Die Region ist auf der Karte in Abbildung 1 dargestellt.

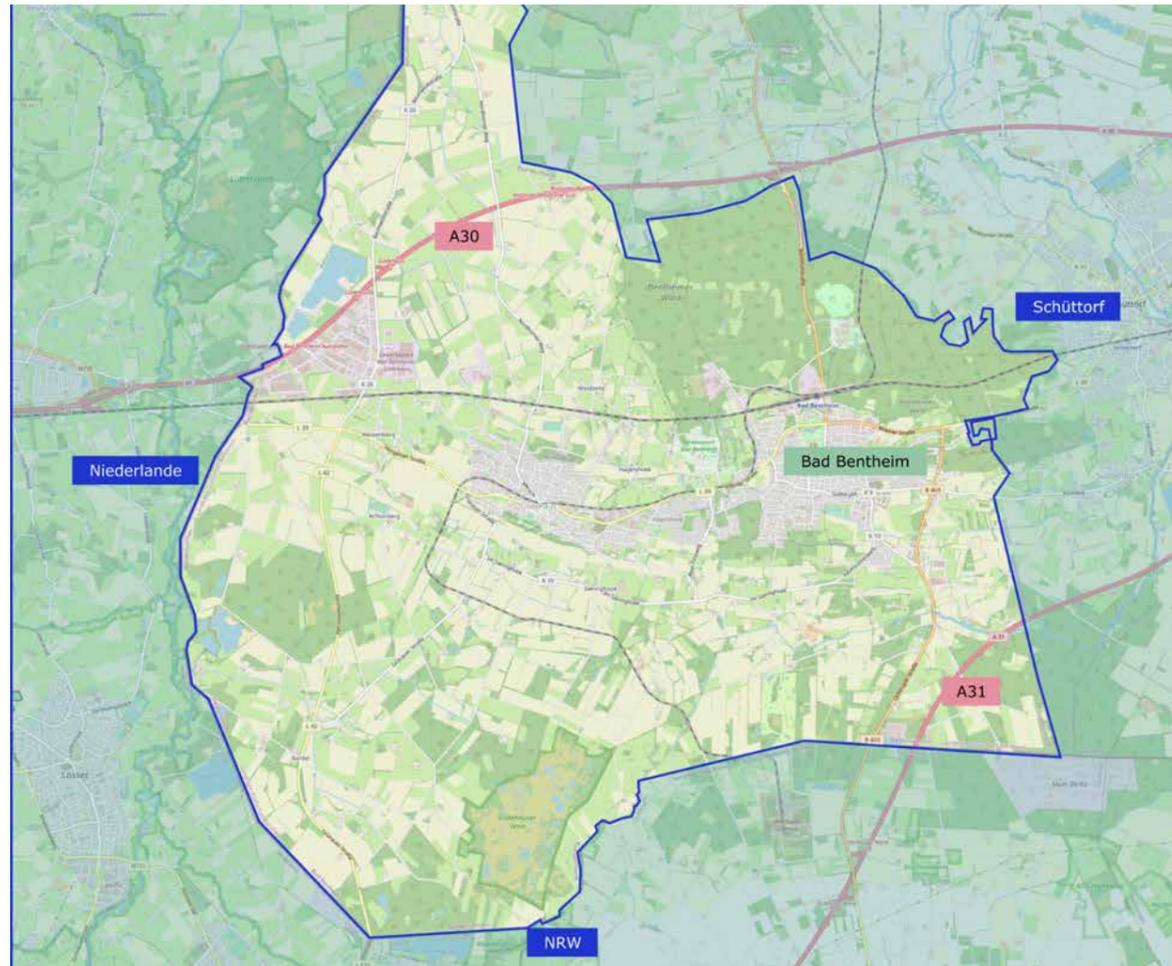


Abbildung 1: Karte der Gemeinde Bad Bentheim | Quelle: OpenStreetMap

### Statistische Daten der HyStarter-Region:

2021	Stadt Bad Bentheim
Fläche	100,16 km <sup>2</sup>
Einwohner*innen	16.259
Bevölkerungsdichte	162 EW/km <sup>2</sup>

Bereits vor dem HyStarter Projekt gab es in Bad Bentheim erste Ideen zum Einsatz von Wasserstoff und insb. die Bestrebung, die Stadt in naher Zukunft klimaneutral mit Energie zu versorgen. Seit 2017 ist das bezogen auf den Sektor Strom der Fall. Dieser Entwicklung zugrunde lagen das integrierte Klimaschutzkonzept aus dem Jahr 2012 und das Stadtentwicklungskonzept des Jahres 2008. 2014 wurden durch die Einrichtung einer unbefristeten Stelle im Klimaschutzmanagement dauerhafte personelle Kapazitäten für die Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten bei der Stadt geschaffen. Bad Bentheim ist außerdem Agenda-2030-Kommune und hat sich zu den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN bekannt, die mittlerweile der Haushaltsgliederung und -planung der Stadt zugrunde liegen. Erwähnenswert ist ferner eine Machbarkeitsstudie für ein bezogen auf alle drei Sektoren klimaneutrales Bad Bentheim bis 2035, welches durch die örtliche Wirtschaft erarbeitet wurde. Darin wurde der Einsatz von Wasserstoff im Rahmen der biologischen Methanisierung betrachtet. In der Region gibt es große Flächenpotenziale für erneuerbare Energien, die jüngst nach einer Potenzialanalyse einvernehmlich in laufende politische Verfahren zur projektbezogenen Änderung der örtlichen Flächennutzungsplanung überführt wurden. Damit einher geht ein großes Potenzial zur Produktion von grünem Wasserstoff.

Die wesentliche Motivation für die Teilnahme am HyStarter Wettbewerb war der Wille der Stadt, bis 2035 klimaneutral zu werden und sich zusammen mit benachbarten Städten und Gemeinden wie etwa Schüttorf, Lingen (Ems) und Osnabrück sowie Losser in den Niederlanden zur Vorbildregion für den Klimaschutz zu entwickeln. Dazu suchte die Stadt nach Partnerschaften und Austausch von Ideen und Erfahrungen. Als traditionell auch von der Forstwirtschaft im Bentheimer Wald geprägter Kurort ist die Nachhaltigkeit neben der Gesundheit für Bad Bentheim profilgebend. Die Stadt verfügt seit Jahrzehnten über einschlägiges Know-How, da bedeutende Unternehmen vor Ort weltweit im Bereich der Exploration von Öl und Gas tätig sind. Das Ziel ist, den Wandel von CO<sub>2</sub>-emittierenden Energien hin zu regenerativen Quellen aktiv, progressiv und wirtschaftlich erfolgreich für die Stadt und ihre Gäste zu gestalten. Wasserstoff schafft die Verbindung zwi-

schen der Erzeugung erneuerbarer Energien und bestehenden Wirtschaftssektoren. Ein besonderer Reiz ist der eingangs skizzierte Verkehrssektor.

Die Bewerbung wurde von Bürgermeister Dr. Volker Pannen eingereicht. Wesentliche Treiber des Vorhabens waren außerdem die Firma Bentec, die auch die Studie zur Klimaneutralität bis 2035 erarbeitet hat, sowie die Energieversorgung Bad Bentheim GmbH, die mit Martin Hofschroer auch den Kümmerer und Projekttreiber der Region stellte.

Die Akteure: Der Kreis der Mitwirkenden setzt sich aus verschiedenen Akteuren entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette zusammen. Den Kern bilden kommunale Unternehmen und weitere, im Kreisgebiet ansässige private Unternehmen:



Die Akteure des Kernteams sind die wesentlichen Treiber hinter den in diesem Bericht beschriebenen Projekten und Aktivitäten. Sie stellten die Teilnehmer\*innen bei den sechs Strategiedialogen und haben mit ihren Beiträgen die Ergebnisse von HyStarter Bad Bentheim erarbeitet. In den Strategiedialogen wurden viele Ideen, Ambitionen und Herausforderungen ausgetauscht. Der Austausch wird auch in Zukunft weiter aufrecht erhalten bleiben.

## Szenarienmodellierung

Begleitend zu den Strategiedialogen in HyStarter wurden unterschiedliche Methoden und Tools genutzt, um Diskussionen anzuregen und die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Eines dieser Tools war der Online-Szenarienrechner „H2Scout“, mit dem die Akteure vor Ort alternative Szenarien einer regionalen Wasserstoffwirtschaft konfigurieren, berechnen und miteinander vergleichen können. Mithilfe eines Optimierungsalgorithmus identifiziert der „H2Scout“ unter den gegebenen Rahmenbedingungen und Annahmen das kostenoptimale Infrastruktursystem zur Bereitstellung einer definierten Nachfragemenge nach Wasserstoff aus unterschiedlichen Sektoren. Dabei muss in jeder Stunde des Jahres die Nachfrage gedeckt sein, entweder aus eigener Produktion, aus vorhandenen Speichern oder durch Import von Wasserstoff (sofern zugelassen).

Der Szenarienrechner greift bei der Optimierung auf drei Datenquellen zurück:

- einen techno-ökonomischen Datensatz mit Leistungs- und anderen Kenngrößen der eingesetzten Technologien sowie Angaben zu Kosten und zu Wertschöpfungspotenzialen, der vom System für das Jahr 2030 vorgegeben ist;
- einen Datensatz zur regionalen Energiewirtschaft (Angebots- und Nachfrageseite), der mit Unterstützung der EE ENERGY ENGINEERS durch die regionalen Akteure für das Jahr 2030 abgeschätzt wurde;
- einen Datensatz zu den gewünschten oder erwarteten politisch-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen im Jahr 2030, der durch die regionalen Akteure im Rahmen der HyStarter-Strategiedialoge definiert wurde.

Die alternativen Szenarien stellen mögliche Zielsysteme für eine regionale Wasserstoffwirtschaft dar, in dem Wissen, dass es sich um eine vereinfachte Betrachtungsweise der hochkomplexen und -dynamischen Energiewirtschaft handelt.

## Basisszenario (Trend 2030)

### Quellen für verwendete Parameter und Zeitreihen

- **Bestandsanlagen und Ausbaupotenziale für erneuerbare Energien im Jahr 2030:** Die vorhandenen Erzeugungsleistungen in 2030 wurden anhand der Bestandsanlagen aus dem MaStR Stand 2022 abgeschätzt. Dabei wurde eine Lebensdauer von 25 Jahren angenommen. Die Potenziale für Windenergie wurden auf Basis einer Weißflächenanalyse der Region abgeschätzt. Für die Ermittlung der PV-Potenziale wurden konkrete Pläne für Floating PV eines Akteurs berücksichtigt.
- **Erzeugungszeitreihen erneuerbare Energien im Jahr 2030:** Vereinfachend wurden hier die aktuellen Wind- und Solarprofile der Region nach renewables.ninja für das Jahr 2030 für Neuanlagen unverändert angewandt. EEG-Anlagen (Wind) wurden altersbedingt auf 85,1 % Effizienz skaliert, Post-EEG-Anlagen (Wind) auf 69,6%. Für PV-Anlagen gilt analog eine skalierte Effizienz von 95,1 % und 89,3%.
- **Gesamtnachfrage und sektorale Nachfrage Wärme:** Die Daten wurden aus der Region gemeldet und stammen aus dem Integrierten Klimaschutzkonzept.
- **Sektorale Nachfrage Wärme:** Die Daten wurden durch die EE ENERGY ENGINEERS für die Regionen entsprechend folgender Quelle ermittelt: [www.hotmaps.eu/map](http://www.hotmaps.eu/map).

- **Gesamtnachfrage Verkehr:** Da der Bedarf nur auf Landkreisebene vorliegt, wurden Abschätzungen nach anteiliger Einwohnerzahl der Gemeinde durch EE ENERGY ENGINEERS vorgenommen.
- **Sektorale Nachfrage Verkehr:** Hierzu wurde der Energiebedarf der jeweils gemeldeten Fahrzeugarten in der Region durch den Gesamtenergiebedarf aller Fahrzeuge geteilt. Die Fahrzeugzahlen sind den Statistiken des Kraftfahrtbundesamts entnommen, die spezifischen Energiebedarfe nach dena (Integrierte Energiewende) abgeschätzt und die Fahrleistung entspricht den „Daten & Fakten“ des Bundesamts für Straßenwesen.
- **Nachfragezeitreihen:** Da diese Daten nicht aufgeschlüsselt für die Region vorlagen, wurden vereinfachend die Zeitreihen des Projekts JERICO-E-usage ([jericho-energy.de](http://jericho-energy.de)) angewendet.
- **Verfügbare Reststoffmengen:** Vereinfachend wurde hier auf Statistiken zu den Abfallaufkommen Deutschlands zurückgegriffen, die anschließend mit einem Pro-Kopf-Schlüssel auf die Region heruntergebrochen wurde. Verwendete Statistiken sind: NABU 2019, Circular Economy Initiative 2021 (Kunststoffabfälle) / UBA 2018 (Altreifen) / UBA 2018, Destatis 2019 (Klärschlämme). Die Biogasmengen wurden durch die EE ENERGY ENGINEERS auf Basis der Rückmeldung aus dem Akteurskreis abgeschätzt.

### Annahmen zur regionalen H<sub>2</sub>-Nachfrage (inkl. Nachfragezeitreihen)

	Energie-nachfrage	Deckungsanteil H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> -Nachfrage	Mehrzahlungsbereitschaft
<b>Verkehrssektor</b>	72 GWh/Jahr	Pkw (5%) Kleintransporter (4%) Lkw (6%) Abfallsammelfahrzeuge und Busse (je 32%)	<b>75,8 t/Jahr</b>	Keine Mehrzahlungsbereitschaft (Dieselpreis: 1,80 €/l ohne CO <sub>2</sub> -Preis)
<b>Wärmesektor</b>	141 GWh/Jahr	Wohngebäude (2%) Bürogebäude (2%) Prozesswärme (0%)	<b>84,6 t/Jahr</b>	Keine Mehrzahlungsbereitschaft (Erdgaspreis: 80 €/MWh ohne CO <sub>2</sub> -Preis)
<b>Mikrobielle Methanisierung</b>		100 % der regional verfügbaren Biogasmengen von 6,3 Mio m <sup>3</sup> sollen methanisiert werden	<b>1.324 t/Jahr</b>	Geringe Mehrzahlungsbereitschaft (2,50 €/kg statt 2,00 €/kg für grauen H <sub>2</sub> )
<b>Industrienachfrage</b>		H <sub>2</sub> Backbone (Export)	<b>5.000 t/Jahr</b>	Keine Mehrzahlungsbereitschaft (5,50 €/kg für grünen H <sub>2</sub> )

### Annahmen zur Energie- und H<sub>2</sub>-Bereitstellung

Verfügbare EE-Kapazitäten	Weitere regionale Ressourcen	H <sub>2</sub> -Produktionspfade
 Bestand (2030): 23 MW Ausbaupotenzial: 138 MW	 Klärschlämme: 515 t/a Kunststoffabfälle (PE/PP): 939 t/a Altreifen: 117 t/a	<input checked="" type="checkbox"/> Wasserelektrolyse <input checked="" type="checkbox"/> Reststoffthermolyse
 Bestand (2030): 20 MW Ausbaupotenzial: 20 MW	 Wasser: unbegrenzt verfügbar	

### Weitere Annahmen

H<sub>2</sub>-Importe: möglich bis 20 % der Nachfrage und 26 t/h • Stromimportkapazitäten: bis 50 MW • Stromexportkapazitäten: 100 MW • Transport- und Handlingkosten H<sub>2</sub>: 0,36 €/kg H<sub>2</sub> (Pipeline)/2,30 €/kg (Trailer, H<sub>2</sub>-Tankstelle) • Erdgasimporte: nicht möglich • CO<sub>2</sub>-Preis: 100 €/t CO<sub>2</sub>

## Alternativszenarien (Trend 2030)

### Vom Basisszenario abweichende Annahmen

Szenario „höhere Nachfrage Verkehr und Wärme“	Szenario „geringe Zahlungsbereitschaft Mikrobielle Methanisierung“	Szenario „100 % Autarkie“	Szenario „Weckruf“
In Abweichung zum Basisszenario steigt der H <sub>2</sub> -Deckungsbeitrag im Verkehrssektor bei Pkw und den leichten Nutzfahrzeugen auf je 10%, bei Lkw auf 15% und der Deckungsbeitrag im Wärmesektor auf 4% der nachgefragten Energiemengen.	In diesem Szenario liegt die Zahlungsbereitschaft der Akteure im Bereich mikrobielle Methanisierung für grünen Wasserstoff bei 1,50 € und damit deutlich niedriger als im Basisszenario und den weiteren Nachfragesektoren (Verkehr und Wärme).	Die Bereitstellung von grünem Wasserstoff erfolgt elektrolytisch unter Verwendung der regionalen Windkraft- und PV-Anlagen sowie thermolytisch unter Nutzung der in der Region verfügbaren Klärschlämme, Kunststoffabfällen und Altreifen. Im Unterschied zum Basisszenario sind keinerlei Importe (Strom, Erdgas oder Wasserstoff) zugelassen.	In diesem fiktiven Szenario wird die regionale Energienachfrage in allen Sektoren zu 50 % mit Wasserstoff aus regionalen Ressourcen gedeckt. Dazu wurden die Potenziale des Basisszenarios für die Strombereitstellung aus Windenergieanlagen und PV-Anlagen künstlich erhöht.

Jahresbilanzen des Basisszenarios Investitionskosten gesamt: 1,19 Mrd. €

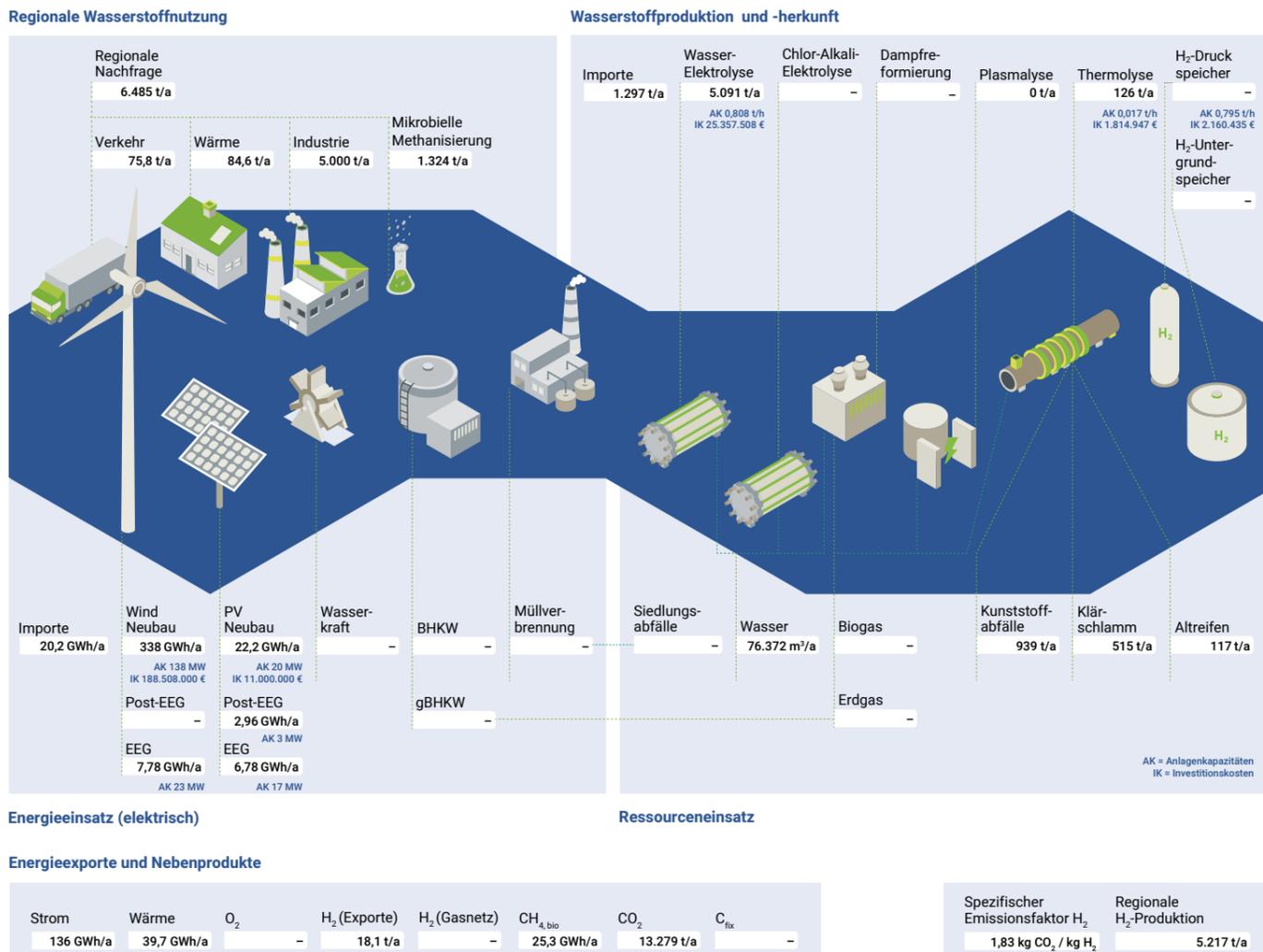


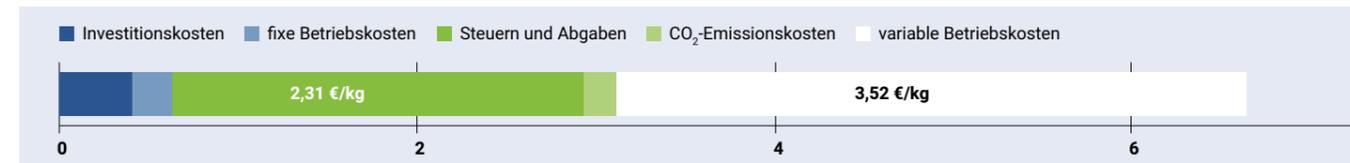
Abbildung 2: © H2Scout.eu/Spilett

(1) Netzstrombezug wird als Stromimporte gewertet, auch wenn der Strom bilanziell aus regionalen EE-Anlagen stammen könnte. (2) Abweichungen in der Zahlungsbereitschaft entstehen aufgrund unterschiedlicher Märkte bzw. abweichenden Mengen exportiertem "Überschusswasserstoffs" (3) Negative Vermeidungskosten entstehen, wenn Wasserstoff günstiger bereitgestellt werden kann als die über die Sektoren gemittelte Zahlungsbereitschaft abzüglich der CO<sub>2</sub>-Kosten für die Bereitstellung des Wasserstoffs

Basis- und Alternativszenarien im Vergleich Ergebnisse

Szenarien	H <sub>2</sub> -Nachfrage	Autarkiegrad <sup>1</sup>	H <sub>2</sub> -Bereitstellungskosten	Zahlungsbereitschaft H <sub>2</sub> <sup>3</sup>	Gewinn vor Steuern
<b>Basisszenario</b>	<b>6.485 t/a</b>	<b>75,9 %</b>	<b>3,85 €/kg</b>	<b>5,91 €/kg</b>	<b>13,44 Mio €/a</b>
höhere Nachfrage Verkehr und Wärme	6.649 t/a	75,7 %	3,90 €/kg	5,92 €/kg	13,44 Mio €/a
geringe Zahlungsbereitschaft MM	6.485 t/a	75,9 %	3,85 €/kg	5,71 €/kg	12,11 Mio €/a
100% Autarkie	6.485 t/a	100%	7,66 €/kg	5,92 €/kg	-11,28 Mio €/a
Weckruf	9.026 t/a	100%	2,50 €/kg	4,99 €/kg	29,87 Mio €/a

Zusammensetzung der regionalen H<sub>2</sub>-Gestehungskosten<sup>1</sup> Summe: 5,91 €/kg



1 Die H<sub>2</sub>-Gestehungskosten beziehen sich ausschließlich auf die H<sub>2</sub>-Produktionsanlagen. Stromkosten werden als variable Betriebskosten berücksichtigt

Abbildung 3: © H2Scout.eu/Spilett

Zusammensetzung der Umsätze Summe: 58.690.383 €/a

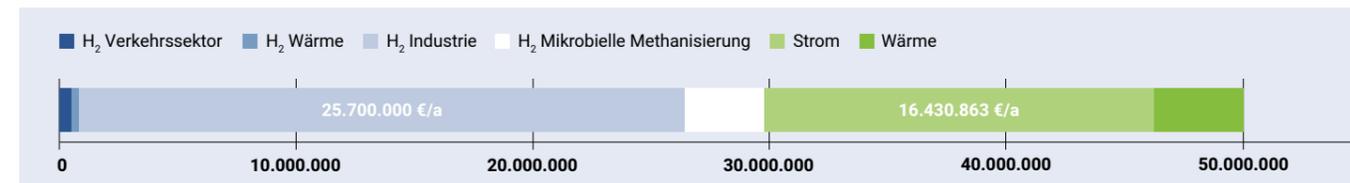


Abbildung 4: © H2Scout.eu/Spilett

Leistungskennzahlen des Systems (KPI)

<b>6,485 t/a</b> H <sub>2</sub> -Nachfrage ergibt sich aus den definierten H <sub>2</sub> -Bedarfen der Region	<b>3,85 €/kg</b> H <sub>2</sub> -Bereitstellungskosten Break-Even-Preis, der im Mittel vom Kunden gezahlt werden muss, um einen Gewinn zu erzielen	<b>13.437.141 €/a</b> Gewinn vor Steuern Maximaler Gewinn vor Steuern im Fall, dass die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft als Preis realisiert wird	<b>73.874 t/a</b> Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen Vermiedene Gesamtemissionen zuzüglich der bei der Wasserstoffproduktion entstehenden CO <sub>2</sub> -Emissionen	<b>15.158.720 €/a</b> Vermiedene externe Kosten Vermiedene gesellschaftliche Kosten des Klimawandels und der Stickoxidemissionen des Verkehrssektors
<b>75,9 %</b> Autarkiegrad Regionaler Anteil der zur Wasserstoffproduktion verwendeten Primärenergie	<b>5,91 €/kg</b> Zahlungsbereitschaft H <sub>2</sub> Durchschnittliche Zahlungsbereitschaft über alle Nachfragesektoren	<b>9,7 %</b> Kapitalrendite bei einer angenommenen Systemlaufzeit von 20 Jahren.	<b>-65,94 €/t</b> CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten Die CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten enthalten als Differenz zwischen Bereitstellungskosten und Zahlungsbereitschaft den definierten CO <sub>2</sub> -Preis.	<b>18.437.539 €/a</b> Direkte regionale Wertschöpfung Anteil der in der Region verbleibenden Wertschöpfung aus dem Betrieb der Anlagen (Näherungswert aufgrund unvollständiger Datenbasis)

Fazit

Unter den getroffenen Annahmen und erwarteten Rahmenbedingungen lassen sich vier der fünf berechneten Szenarien wirtschaftlich darstellen. Im Basisszenario dominiert die durch den Export von Wasserstoff generierte Nachfrage mit einer angenommenen Zahlungsbereitschaft von 5,50 €/kg für grünen Wasserstoff, im Szenario Weckruf wirkt die geringere Zahlungsbereitschaft des Wärmemarkts renditemindernd. Für das Weckruf-Szenario ist ein Ausbau der Windenergie in Höhe von 541 MW und der Photovoltaik in Höhe von 200 MW erforderlich. Dies entspricht einen um Faktor 4 (Wind) bzw. Faktor 10 (PV) höheren Ausbau der Erneuerbaren Energien als in den Szenarien angenommen.

	Kapitalrendite	Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen	CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten	Vermiedene externe Kosten	Direkte regionale Wertschöpfung
<b>Basisszenario</b>	<b>9,7 %</b>	<b>73.874 t/a</b>	<b>&lt; 0 €/t</b>	<b>15,16 Mio €/a</b>	<b>18,44 Mio €/a</b>
höhere Nachfrage Verkehr und Wärme	9,7 %	75.222 t/a	< 0 €/t	15,45 Mio €/a	18,46 Mio €/a
geringe Zahlungsbereitschaft MM	8,8 %	73.874 t/a	< 0 €/t	15,16 Mio €/a	17,11 Mio €/a
100% Autarkie	-3,9 %	80.783 t/a	245,78 €/t	16,58 Mio €/a	6,04 Mio €/a
Weckruf	4,8 %	102.577 t/a	< 0 €/t	21,14 Mio €/a	52,49 Mio €/a

## Einleitung

Gemeinsam mit den regionalen Akteuren wurde eine Vision für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft erarbeitet. Darin wird die zukünftige Rolle von Wasserstoff in Bad Bentheim beschrieben. Die Entwicklung der Vision zog sich durch alle sechs Strategiedialoge des Kernteams. Dabei wurde das Bild von einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft in Bad Bentheim immer mehr erweitert und gleichzeitig geschärft.

In der Ausgangssituation lag der Fokus in der Region auf einem zentralen Projekt zur biologischen Methanisierung von Biogas unter Einsatz von vor Ort produziertem grünem Wasserstoff aus Windenergie. Das Biomethan aus diesem Projekt soll in der Wärmeversorgung eingesetzt werden und Erdgas in BHKW substituieren. Darüber hinaus kann das Biomethan für den Betrieb von Bussen genutzt werden.

Bereits in den ersten Strategiedialogen konnte die Projekt- und Akteurslandschaft erweitert werden. So wurden weitere Betreiber von Windkraftanlagen eingebunden, die interessiert sind, an neuen Windparks in der Region auch Wasserstoff zu produzieren. Außerdem wurde ein Projekt zum Aufbau einer H<sub>2</sub>-Tankstelle an der A 30 für die Versorgung des überregionalen Lastverkehrs auf der Projektlandkarte ergänzt. Durch den direkten Verlauf zweier künftiger Wasserstofftransportleitungen durch die Region rückte die Möglichkeit des Wasserstoffimports/-exports in den Fokus. Die Entwicklung der Vision konnte im Laufe der Strategiedialoge somit durch neue Projektideen und Aspekte der Wasserstoffwirtschaft vorangebracht werden.

Im Folgenden werden die konkreten Inhalte der Projektlandschaft, die entwickelte Vision sowie ein möglicher Zustand der Wasserstoffwirtschaft in Bad Bentheim im Jahr 2030 und darüber hinaus beschrieben.

## Die Vision im Einzelnen

Bereits vor dem HyStarter Projekt haben sich lokale Akteure mit Dekarbonisierungsstrategien für Bad Bentheim befasst und Wasserstoff als potenzielles Schlüsselement identifiziert. Das Ergebnis war ein Projekt zur biologischen Methanisierung von Biogas mit grünem Wasserstoff zur Substitution von Erdgas in der kommunalen Wärmeversorgung und für einen möglichen Einsatz in Bussen des ÖPNV.

In 2030 gibt es ein zentrales Projekt zur biologischen Methanisierung von Biogas mit grünem Wasserstoff in Bad Bentheim, welches von der Projektgesellschaft Bioenergiepark Bad Bentheim getragen wird. Die lokalen Akteure des Bioenergieparks leisten mit dem Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in der Region. Das produzierte Biomethan wird in BHKW in der Region verbrannt. Außerdem kann die Abwärme des Elektrolyseurs und der Methanisierungsanlage in ein kommunales Nahwärmenetz eingespeist werden. Überschüssiges Biomethan wird ins Erdgasnetz eingespeist oder als Übergangslösung in zwölf Bussen des ÖPNV oder in LKW eingesetzt. Die Region nimmt eine Leuchtturmfunktion für die Nutzung von Wasserstoff in der biologischen Methanisierung ein.

Bad Bentheim hat ein großes Flächenpotenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energien aus Windkraft. Verschiedene Betreiber von Windkraftanlagen erschließen hier neue Flächen für ihre Anlagen.

In 2030 wird ein Teil der elektrischen Energie aus den Windparks der verschiedenen Betreiber zur Erzeugung von Wasserstoff genutzt. Perspektivisch werden weitere EE-Potenziale für die Erzeugung von grünem Wasserstoff durch Repowering sowie PV auf Gewässern und Gewerbedachflächen erschlossen. Zusätzlich wird ein grenzüberschreitender Windpark zwischen Bad Bentheim und den

Niederlanden realisiert, der ebenfalls für die Wasserstoff-erzeugung genutzt werden kann. Die Erzeugungspotenziale übersteigen die lokalen Bedarfe zunächst deutlich.

Durch Bad Bentheim führt mit der A 30 eine wichtige West-Ost-Achse des europäischen Güterverkehrs. Hier gibt es regionale Akteure, die eine Wasserstofftankstelle für die Versorgung des überregionalen Güterverkehrs errichten wollen.

In 2030 betreibt die Q1 an der A30 in Bad Bentheim eine Wasserstofftankstelle, die täglich fast eine Tonne Wasserstoff umsetzt und so zu einem klimaneutralen Güterverkehr beiträgt. Die Tankstelle versorgt neben überregionalem europäischen Lastverkehr auch erste lokale Anwender aus der Logistik.

Durch Bad Bentheim verlaufen zwei Pipelines des Übertragungsnetzes, die große Mengen Wasserstoff aus den Niederlanden und vom GetH2-Projekt in Lingen/Emsland in die wichtigen Verbrauchsstandorte im Westen und Südwesten Deutschlands transportieren sollen.

Im Jahr 2030 werden große Teile des regional erzeugten Wasserstoffs durch die Pipelines exportiert. Die gesicherte Abnahme durch die günstigen Transportkapazitäten und deren Speicherfunktion hat einen positiven Einfluss auf den Business Case von Erzeugungs- aber auch von Anwenderprojekten. Potenziell können die Akteure in Bad Bentheim ihren Wasserstoff regional und überregional vermarkten. Mögliche regionale Abnehmer sind die Spedition Model, die lokalen Versorger sowie die Bentheimer Eisenbahn.

Durch die biologische Methanisierung, die Tankstelle, mehrere Erzeugungsprojekte sowie mögliche Exportaktivitäten, sind die Voraussetzungen für einen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Bad Bentheim gelegt. Bis 2030 sind alle potenziellen Anwender eingebunden und weitere Unternehmen, die Wasserstoff auch für ihre Fertigungsprozesse benötigen, in Bad Bentheim ansässig.

Bis 2030 und darüber hinaus wird in Bad Bentheim weiter daran gearbeitet, den Gebrauch von Wasserstoff zu steigern und weitere Akteure, insbesondere auf der Anwenderseite, für den Einsatz zu motivieren und die guten Voraussetzungen in Bad Bentheim zu nutzen. Dabei stehen vor allem Mobilitätsanwendungen und erste Wärme- und Prozessverbraucher in der Industrie und in Gewerbebetrieben im Fokus.

Im Jahr 2030 ist Bad Bentheim als Teil des Landkreises Grafschaft Bentheim eingebunden in die überregionalen Wasserstoffaktivitäten im Emsland, in den Niederlanden und in Nordrhein-Westfalen. Als Wasserstoffquelle profitiert Bad Bentheim mit seiner vorteilhaften geografischen Lage schon von diversen Wasserstoffanwendungen und kann durch einzelne Leuchtturm-Projekte als Best-Practice-Anwendung mittel- und langfristig einen Beitrag zum Hochlauf der europäischen Wasserstoffwirtschaft leisten.



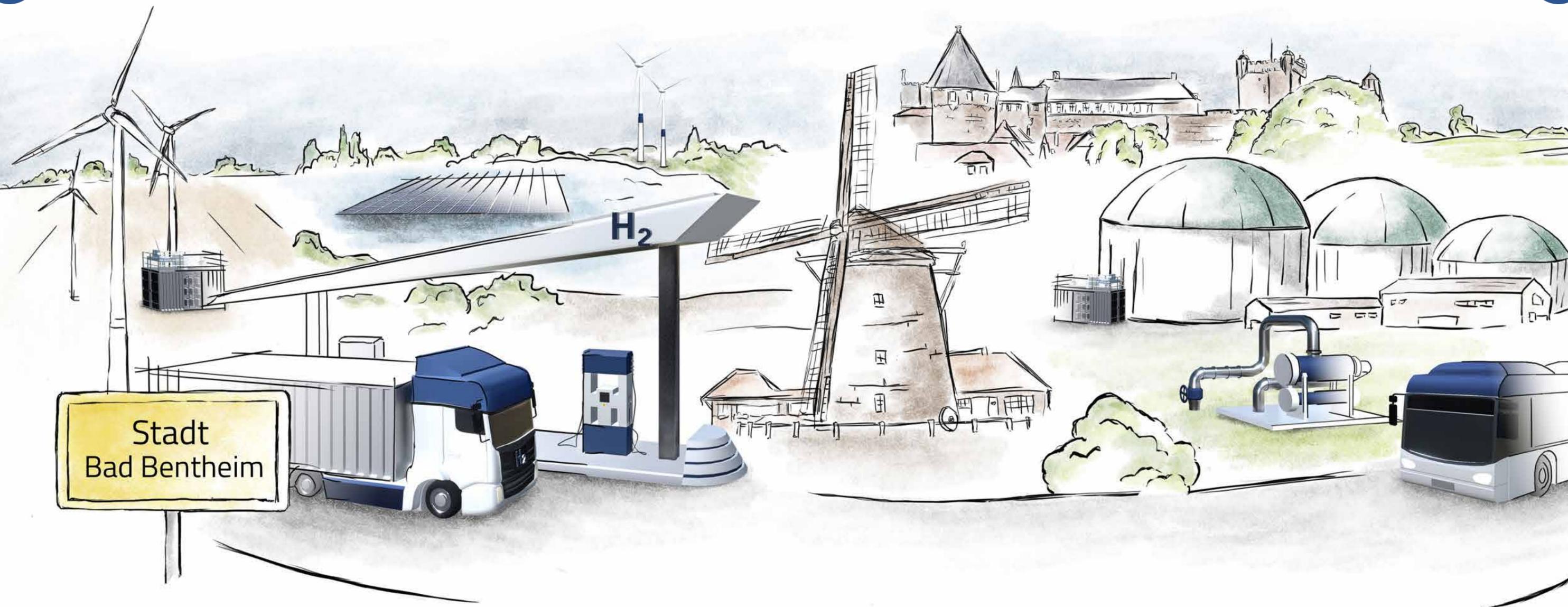


Abbildung 5: Die Vision 2030 – Optionen der Wasserstoffproduktion und der Wasserstoffanwendungen in der Region Bad Bentheim

Die Illustration fasst die wesentlichen Aktivitäten, Projektideen und Inhalte der Vision in Bad Bentheim zusammen. Vor dem Hintergrund der Bentheimer Burg ist die Biogasanlage mit biologischer Methanisierung und Elektrolyse zu sehen. Das Biomethan soll vor allem für die Wärmeversorgung, perspektivisch aber auch für den Betrieb von gasbetriebenen Bussen der Bentheimer Eisenbahn genutzt werden. Neben dem Bus ist eine Einspeisestation abgebildet. Diese repräsentiert zum einen die Aktivitäten rund um die beiden Wasserstoffpipelines in der Region

als auch die Einspeisung des Biomethans ins reguläre Erdgasnetz. Links neben der Ostmühle ist die Tankstelle zu sehen, die an der A 30 bei Gildehaus realisiert werden soll und hier für die Versorgung des regionalen und überregionalen Lastverkehrs eingesetzt werden soll. Dahinter sind die geplanten WEA sowie eine beispielhafte Elektrolyse abgebildet. Zusätzlich wurde eine Free Floating PV Anlage abgebildet, als potenzielle weitere Technologie zur erneuerbaren Stromerzeugung in Bad Bentheim.

Insgesamt ist Bad Bentheim hier als Region mit großem Potenzial an erneuerbaren Energien abgebildet. Direkte Wasserstoffbedarfe ergeben sich aus dem überregionalen Lastverkehr und aus der biologischen Methanisierung. Es besteht das Potenzial, überschüssigen Wasserstoff durch Pipelines zu exportieren und perspektivisch, bei hochlaufender Wasserstoffnachfrage in verschiedenen Bereichen, Wasserstoff aus denselben Leitungen zu beziehen.

H<sub>2</sub>O

## Übersicht

Im Rahmen der Strategiedialoge wurden, wie in der Vision 2030 bereits beschrieben, Projektideen unterschiedlichen Reifegrads generiert. Diese werden nachfolgend thematisch zusammengefasst. Zentral sind dabei die folgenden vier Schwerpunkte:

1. Wasserstoffproduktion aus Windenergie
2. Biologische Methanisierung
3. Versorgung des überregionalen Lastverkehrs
4. Wasserstoffexportpotenziale und Infrastrukturanbindung

In Abbildung 6 sind die Aktivitäten in den vier Schwerpunkten zusammenfassend auf einem Zeitstrahl dargestellt. Im ersten Schwerpunkt H<sub>2</sub>-Erzeugung bündeln sich die Aktivitäten der drei Windparkprojektorier ProWind, AboWind und BayWare. Außerdem ist hier die Beauftragung der Weißflächenanalyse für PV durch die Gemeinde abgebildet, die perspektivisch in einem ganzheitlichen PV-Konzept münden soll. Alle vorgesehenen Windkraftanlagen (WEA) müssen in Bad Bentheim zunächst genehmigt werden sodass ab 2024 der Bau der verschiedenen Anlagen beginnen kann. Die Inbetriebnahme der WEA ist dann für 2025 und 2026 geplant. Parallel dazu wird die Planung und Konzeption für die ersten Elektrolyseure in Gang gesetzt. Der erste soll bereits in 2025, ein zweiter in 2026 entstehen.

Das Projekt zur biologischen Methanisierung von Biogas durch B.E.S., Bentec und HZ Inova sieht ebenfalls den Bau von WEA und einer Elektrolyse vor. Diese sollen in 2026 bzw. 2027 fertiggestellt werden. Bis dahin wird an den erforderlichen Genehmigungen sowie nötigen Technologiepartnerschaften gearbeitet. Parallel zum Aufbau der Elektrolyse wird auch die Anlage zur biologischen Methanisierung errichtet, die bis 2028 stufenweise erweitert werden soll.

Im Schwerpunkt Mobilität wird aktuell an der Grundstücksakquise für die HRS sowie an der Sammlung von LOI möglicher Ankerkunden gearbeitet. In 2024 soll der Bau der Tankstelle beginnen. In 2025 sollen die ersten Fahrzeuge betankt werden.

Im Bereich Transportinfrastruktur werden zwei verschiedene Leitungen betrachtet. Eine Leitung verläuft im Osten von Bad Bentheim und ist Teil des Get H2 Projekts. Der entsprechende Elektrolyseur in Lingen soll in 2023 gebaut werden. Die Umwidmung der Leitung erfolgt dann in 2024 und in der zweiten Hälfte von 2024 soll dann Wasserstoff durch die Leitung fließen. Eine zweite Leitung der Thyssengas verläuft im Westen der Stadt, sie soll in 2026 in Betrieb gehen. Bereits jetzt wird in der Region geplant, wo sinnvollerweise T-Stücke in die jeweiligen Leitungen eingebaut werden können, um einen späteren Anschluss der Region zu ermöglichen.

	2023				2024				Ausblick						
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
<b>H<sub>2</sub>-Erzeugung</b>															
<b>Prowind</b>	Genehmigung WEA				Bau WEA				★						
<b>AboWind</b>					Genehmigung WEA					Bau WEA	★				
<b>BayWaRe</b>							Genehmigung WEA					Bau WEA	★		
<b>Biologische Methanisierung</b>	Genehmigungsvorbereitung WEA				Genehmigung WEA					Bau WEA	★				
	Vergabe Studien				Planung und Partnersuche Elektrolyse						Bau Elektrolyse	★			
	Aufbau Methanisierung und Erweiterung														
<b>HRS Q1</b>	Sammlung Absichtserklärung von Ankerkunden														
	Erstellung Förderantrag		Förderbescheid		Ausschreibung der Technik		Genehmigung		Bauvorbereitung		Bau der HRS		★		
<b>Transport-Infrastruktur</b>	Bau des Elektrolyseurs in Lingen				Anschluss an Get H <sub>2</sub> Leitung				Inbetriebnahme OGE/Nowega-Leitung		Baumaßnahmen Thyssengas und Einbau T-Stücke		Inbetriebnahme Leitung Thyssengas		
	Planung/Recherche T-Stücke		Umwidmung der OGE Leitung												

Abbildung 6: Übersicht Aktivitäten in den einzelnen Projekten und Handlungssträngen

## Wasserstoffproduktion aus Windenergie

Dezentrale Wasserstoffproduktion aus Erneuerbaren Energien



In Bad Bentheim stehen große Flächen für die Produktion erneuerbarer Energien insbesondere aus Windkraft zur Verfügung. Zur Erschließung dieser Kapazitäten stehen verschiedene Windkraftanlagen-Projektierer bereit. Die Aktivitäten der einzelnen Projekte werden in diesem Steckbrief zusammengefasst dargestellt. Der erneuerbare Strom aus den Wind- und PV-Anlagen soll für die Erzeugung von grünem Wasserstoff genutzt werden.

So soll die Sektorenkopplung direkt bei der Energieerzeugung mitgedacht werden und eine regionale Wertschöpfung aus den Potenzialen zur Erzeugung erneuerbarer Energien geschaffen werden. Insgesamt werden hier etwa 100 MW Erzeugungsleistung geplant. Daraus können über 1.500 tH<sub>2</sub>/a produziert werden, die den aktuell absehbaren Bedarf weit übersteigen und für einen potenziellen Export zur Verfügung stehen.

### Regionale Herausforderungen

In der Region gibt es keine zentralen Wasserstoffnachfrager, sodass der Bedarf mit dem Hochlauf in der Mobilität steigen wird. In naher Zukunft gibt es nur eine geringe Nachfrage nach grünem Wasserstoff in der Region.

### Lösungsansätze

Der überschüssige Wasserstoff könnte durch die vorhandene Infrastruktur überregional vermarktet werden. Ggf. kann hier sogar eine gemeinsame Vermarktung stattfinden, um die eigene Marktposition gegenüber großen Abnehmern zu verbessern.

### Externer Unterstützungsbedarf

Aktuell übersteigt das Produktionspotenzial die regionalen Bedarfe. Die Erzeugungsprojekte würden von einer wirtschaftlichen Möglichkeit zum Anschluss an das überregionale Wasserstoffnetz profitieren. Hier bestehen zurzeit Unsicherheiten, die die Planungssicherheit verringern. Außerdem sollte die lokale Wirtschaft bei der Umsetzung von Wasserstoffprojekten gefördert werden, um den Absatz des erzeugten Wasserstoffs unabhängig vom Netz zu sichern.

### Zeitplanung

#### Q1 2023

- Genehmigungsantrag der WEA von ProWind
- Planung der Elektrolyse von ProWind
- Genehmigungsvorbereitung der WEA von ABO Wind

#### Q1 2024

- Baubeginn der WEA von ProWind
- Genehmigungsantrag der WEA von ABO Wind

#### Q3 2024

- Genehmigungsantrag der WEA von BayWaRe
- Genehmigungsantrag der Elektrolyse von BayWaRe

#### Q1 2025

- Inbetriebnahme der WEA von ProWind
- Genehmigungsantrag der Elektrolyseure von ABO Wind

#### Q1 2026

- Baubeginn von der Elektrolyse und WEA von ABO Wind
- Inbetriebnahme der Elektrolyse von ProWind
- Erteilung Genehmigung der Elektrolyse und WEA von BayWaRe

#### Q3 2026

- Inbetriebnahme der Elektrolyseure und WEA von ABO Wind
- Baubeginn der Elektrolyse und WEA von BayWaRe

#### Q3 2027

- Inbetriebnahme der Elektrolyse und WEA von BayWaRe

## Grüner Wasserstoff und biologische Methanisierung

Biomethan aus Biogas und grünem Wasserstoff



Bereits vor dem HyStarter Projekt gab es in Bad Bentheim Überlegungen zur Nutzung grünen Wasserstoffs zur Erreichung einer klimaneutralen Region. Aktuell werden einige wichtige Wärmeabnehmer in Bad Bentheim durch Satelliten-BHKW versorgt, die per Pipeline an die Biogas-Anlage der B.E.S. angeschlossen sind. Um die Versorgungskapazität zu erhöhen, soll das Biogas mit grünem Wasserstoff biologisch methanisiert werden. Das Biomethan mit seiner höheren Energiedichte als Biogas soll einen Beitrag zur weiteren Dekarbonisierung von Bad Bentheim leisten. Ein weiterer Vorteil der biologischen Methanisierung ist,

dass im Vergleich zu reinem Wasserstoff das erzeugte Biomethan eine bis zu 4-fach höhere Energiedichte hat. Überschüssiges Methan kann in das Erdgasnetz eingespeist oder für den Betrieb von CNG/LNG-Fahrzeugen genutzt werden. Abwärme aus der Elektrolyse sowie aus der Methanisierung kann für die Speisung einer Biomasse-trocknung und eines Nahwärmenetzes genutzt werden. Für die Methanisierung werden im Endausbau rund 2.000 tH<sub>2</sub>/a benötigt, die mittels einer eigenen Elektrolyse am Standort produziert werden, die durch neue Windkraftanlagen in unmittelbarer Nähe versorgt wird.

### Regionale Herausforderungen

Das Projekt erfährt eine große Unterstützung in der lokalen Politik. Trotzdem verlangsamt sich die Umsetzung durch regulatorische Vorgaben und Prozesse.

### Lösungsansätze

Es besteht ein enger Austausch mit den lokalen Entscheidern. Die Projektpartner kommunizieren offen und informieren regelmäßig über die aktuelle Planung und den Projektstand.

### Externer Unterstützungsbedarf

Diverse Studien zu den Themen: Technologie- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der biologischen Methanisierung inkl. der Potenziale geschlossener Wertschöpfungskreisläufe im Hinblick auf die Gesamtwirtschaftlichkeit werden in 2023 vergeben und durchgeführt.

Um eine effiziente Abwärmenutzung bei der Wasserstoffproduktion und Einspeisung zu erreichen, sollten die notwendigen Elektrolyseure an einer zentralen Stelle errichtet und betrieben werden. Hierzu bedarf es weiterer Kooperation aller Windpark-Projektierer. Dieser Prozess wurde im Rahmen des Hystarter-Projektes begonnen, muss aber weiter vorangetrieben werden.

### Zeitplanung

#### Q1 2023

- Genehmigungsvorbereitung für WEA (FFH-Gutachten)
- Vergabe diverser Studien (biologische Methanisierung)
- Planung, Gespräche und Partnersuche für die Elektrolyse

#### Q1 2024

- Genehmigungsverfahren für WEA

#### Q1 2025

- Bau der WEA

#### Q1 2026

- Inbetriebnahme der WEA
- Bau der Elektrolyse (1. Ausbaustufe, 6 MW Elektrolyseleistung)
- Aufbau biologische Methanisierung (1. Ausbaustufe, Erweiterung in 2030/2031)

## Grüner Wasserstoff für den überregionalen Lastverkehr

### Wasserstofftankstelle an der A30 Gildehaus



Bad Bentheim ist insbesondere durch die A 30 als wichtige Ost-West-Achse an den europäischen Güterverkehr angebunden. Die Q1 plant die Errichtung einer Wasserstofftankstelle an der Autobahn A 30 an der Schnittstelle Gildehaus ganz im Westen der Region. An dem Standort soll eine Tankstelle mit einer Kapazität von anfänglich 800 kg Wasserstoff pro Tag aufgebaut werden. Im Fokus steht die Versorgung des Schwerlastverkehrs lokaler und international tätiger Logistikunternehmen, die unter anderem bereits im neuen Gewerbepark Gildehaus ansässig sind. Auch Gewerbe- und Privatkunden wird der Zugang

zur Wasserstofftankstelle ermöglicht, sodass jede Art von Fahrzeugen am Standort betankt werden kann.

Für die Umsetzung des Projekts ist Q1 auf Investitionskostenzuschüsse in Form von Fördermitteln angewiesen. Hierzu konnte der Wasserstofftankstellenstandort innerhalb der HyPerformer-Bewerbung „North2West Mobility“ der H<sub>2</sub> Region Emsland aus Lingen berücksichtigt werden, indem die Arbeitsergebnisse dieses HyStarter-Projekts direkt eingeflossen sind.

#### Regionale Herausforderungen

Der Hochlauf der Wasserstofftechnologie im Schwerlastverkehr kann nur durch die enge Zusammenarbeit mit den lokalen und überregional tätigen Logistikunternehmen sowie weiteren interessierten regionalen Kunden jeglicher Art funktionieren.

#### Lösungsansätze

In der Region wird aktiv daran gearbeitet, weitere Nutzer für den Einsatz von Wasserstoff zu motivieren oder anzusiedeln.

#### Externer Unterstützungsbedarf

Zur Sicherstellung des Erfolgs der Wasserstofftankstelle bedarf es sicherer Zusagen von Kunden (Logistikern) und Lieferanten von grünem Wasserstoff. Entsprechende Werbemaßnahmen in Form von Veranstaltungen durch Betreiber und der öffentlichen Hand können zur Stärkung des Standorts beitragen. Eine möglichst hohe Diversität des Kundenstamms erhöht die Absatzstabilität und die bei der Technologie notwendige gleichmäßige Auslastung der Tankstelle. Diese Diversität kann unter anderem dadurch geschaffen werden, dass zusätzlich zu den Lkws aus dem Schwerlastverkehr, Fahrzeuge des ÖPNVs (Busse), von Gewerbe- und Privatkunden (Pkw und Sonderfahrzeuge) und sonstigen Unternehmen mit allgemeinem Fahrzeugbedarf angesprochen und für die Wasserstoffthematik überzeugt werden.

#### Zeitplanung

##### Q4 2022

- Sammlung der Absichtserklärungen von Ankerkunden für die H<sub>2</sub>-Tankstelle
- Grundstücksverhandlungen
- Vorbereitung eines Förderantrags

##### Q1 2023

- Abschluss der Grundstücksverhandlungen
- Förderantragstellung

##### Q3 2023

- Bewilligung der Investitionskostenförderung
- Beginn Engineering und Genehmigungsplanung
- Ausschreibung der H<sub>2</sub>-Tankstellentechnik

##### Q1 2024

- Beginn des Genehmigungsverfahrens (inkl. Bauantrag)

##### Q3 2024

- Beginn der Bauvorbereitungen

##### Q1 2025

- Beginn des Baus der H<sub>2</sub>-Tankstelle

##### Q3 2025

- Fertigstellung des Tankstellenbaus
- Beginn der Testphase

##### Q4 2025

- Abschluss der Testphase
- Finale Inbetriebnahme der H<sub>2</sub>-Tankstelle

## Anbindung an überregionale Wasserstoffinfrastruktur

### Nutzung der vorhandenen Infrastrukturpotenziale



Durch Bad Bentheim verlaufen zwei künftige Wasserstoffpipelines, die Teil des Projekts GET H2 sind. Eine Pipeline der Thyssengas stellt eine Verbindung zum niederländischen Wasserstoffnetz dar und ist südlich der Stadt Bad Bentheim mit der anderen Leitung aus dem GET H2 Projekt verbunden. Die Thyssengas-Leitung verläuft in Nord-Süd-Richtung westlich am Stadtkern von Bad Bentheim vorbei. Im Osten der Stadt verläuft ebenfalls von Nord nach Süd eine Leitung, die Teil des GET H2 Nukleus Netzes sein wird. Die Region arbeitet nach Möglichkeit

daran, dass bereits bei der Umwidmung der Bestandsleitungen die nötige Infrastruktur für einen späteren Anschluss errichtet wird. Dadurch kann überschüssiger Wasserstoff zu den wichtigen Industriestandorten im Westen und Südwesten Deutschlands transportiert werden. Bad Bentheim kann damit als Nettowasserstoffquelle einen Beitrag zur Versorgungssicherheit in Deutschland leisten. Allein durch die oben beschriebenen Wind-Elektrolyse-Potenziale stünde ein Überschuss von über 700 tH<sub>2</sub>/a für den Export zur Verfügung.

#### Regionale Herausforderungen

In Bad Bentheim gibt es derzeit kein umfassendes Commitment der ansässigen Wirtschaft, die vorbereitende Infrastruktur für einen späteren Anschluss zu finanzieren.

#### Lösungsansätze

Durch das gebildete Netzwerk laufen die Gespräche weiter. Außerdem kann durch die Einbindung Bad Bentheims in die überregionalen Aktivitäten des Landkreises Bad Bentheim, z. B. die HyPerformer Bewerbung, ein Anschluss erreicht werden.

#### Zeitplanung

##### Q1 2023

- Bau des Elektrolyseurs in Lingen und Umwidmung der GET H2 Leitung
- Planung und Recherche für sinnvolle Standorte für T-Stücke

##### Q3 2024

- Baumaßnahmen und Umwidmung der GET H2 Leitung von Thyssengas und Einbau T-Stücke

##### Q2 2024

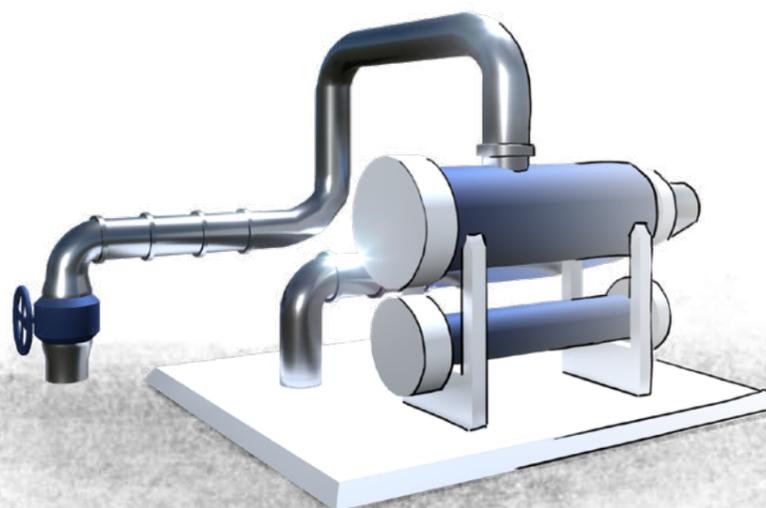
- Anschluss an GET H2 Leitung

##### Q4 2024

- Inbetriebnahme der GET H2 Leitung

##### Q1 2027

- Inbetriebnahme der Leitung von Thyssengas



### Technologiekonzept

In den HyStarter-Dialogen wurden verschiedene Wasserstoff-Handlungsfelder diskutiert und auf ihre technologische Umsetzbarkeit geprüft. Um die von den HyStarter-Akteuren eingereichten Ideen hinsichtlich der Bedeutung eines möglichen Wasserstoff-Nachfragepotenzials und der dafür notwendigen Wasserstofferzeugungskapazitäten zu prüfen, wurden diese in einer Systembetrachtung zusammengeführt und als Energieflussbild grafisch dargestellt (siehe Abbildung 7).

Die Akteure der Region Bad Bentheim besetzen mit ihren Projektideen verschiedene Stufen der Wertschöpfungskette. Daher wurde der Aufbau der in HyStarter analysierten Wasserstoffwirtschaft, sowohl von der Wasserstofferzeugerseite als auch der Anwenderseite aus, entwickelt. Diese umfasst u. a. den Betrieb von Elektrolyseuren,

welche durch Windkraft gespeist werden, die Nutzung des grünen Wasserstoffs für die Brennstoffzellen-Mobilität sowie die Methanisierung von Biogas und Wasserstoff, um mit dem gewonnenen Biomethan Erdgas zu substituieren. Anhand der errechneten Gesamtbedarfe wurde die dafür benötigte Produktionskapazität von Wasserstoff ermittelt.

Die einzelnen Projektideen, die Bedarfe sowie die jeweiligen Technologien sind entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette in dem Energieflussbild dargestellt. Das Technologiekonzept gibt, ausgehend von einer angenommenen Nachfrage nach Wasserstoff im Mobilitäts-, Gebäude- und Industriesektor, den Bedarf an Elektrolyseleistung und die notwendige Versorgung mit regenerativ erzeugten Energien an.

In der Region Bad Bentheim besteht ein großes Interesse an dem Einsatz von Wasserstoff im Mobilitätssektor. Hierfür existieren bislang jedoch noch keine konkreten Projektideen zur Anschaffung von Fahrzeugen. Die Tankstellenbetreiber Aral und Q1 gehen jedoch von einem jährlichen Bedarf von ca. 218 t Wasserstoff bis 2030 aus.

Die Region verfügt über ein großes Potenzial an Windkraft. Insgesamt werden drei Windparks mit einer kumulierten Erzeugungsleistung von 98 MW<sub>p</sub> betrachtet. In Kombination mit einem 50 MW Elektrolyse-Leistung können somit ca. 2.720 t Wasserstoff im Jahr produziert werden.

Neben der Anwendung in der Mobilität plant die Region die Erzeugung von Synthetischen Methan (SNG, Synthetic

Natural Gas). Hierfür werden ca. 1.890 t Wasserstoff im Jahr benötigt. Das SNG soll sowohl zum Betrieb der Busflotte im ÖPNV als auch zur Gebäudeenergieversorgung des Schwimmbades sowie der Fachklinik und des Hauses Gut Langen eingesetzt werden.

Der Energiebedarf (Öl und Erdgas) von Bad Bentheim beträgt 188,3 GWh im Jahr. Für die Energieversorgung bleibt nach Ausschöpfung des Methanisierungs- und Erdwärmepotenzials ein Energiedefizit an Erdgas von 19,9 GWh im Jahr. Die Region kann ausreichende Mengen an Wasserstoff produzieren, um das Erdgas zu substituieren und einen H<sub>2</sub>-Export-Überschuss von ca. 1.905 t im Jahr zu generieren.

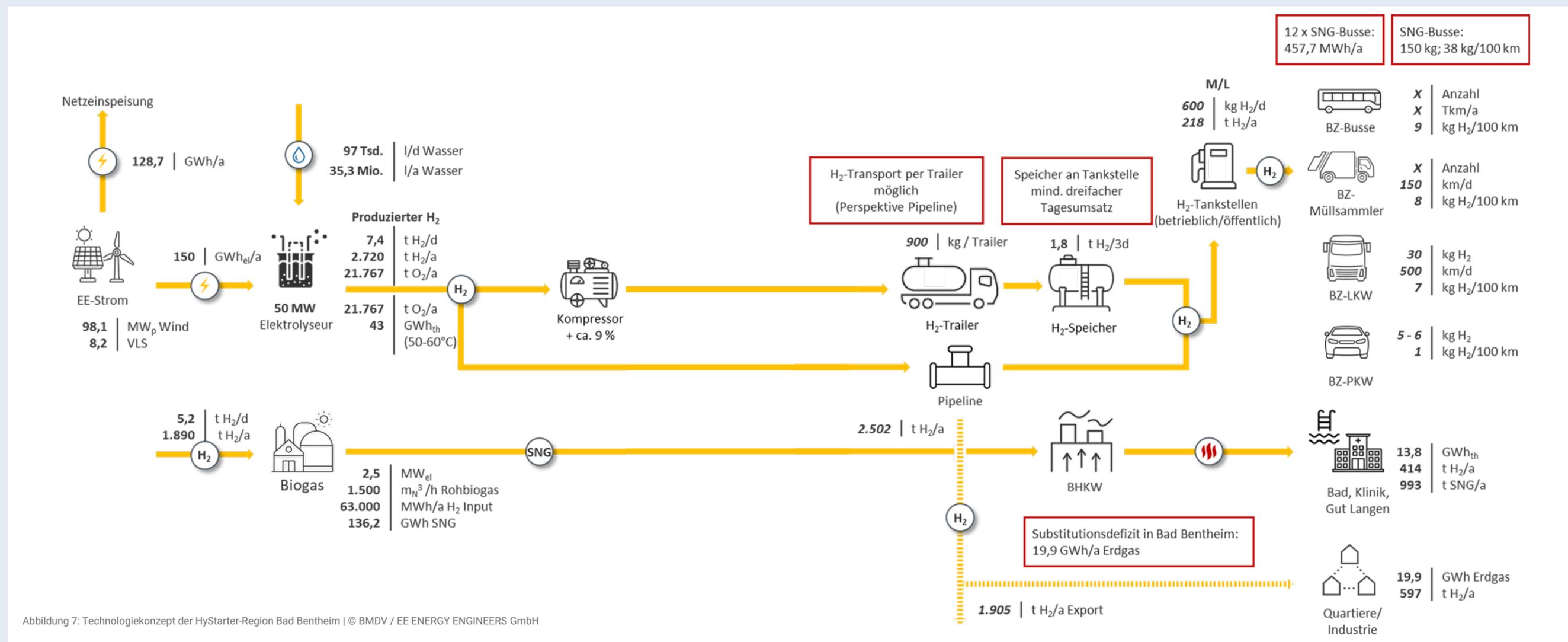


Abbildung 7: Technologiekonzept der HyStarter-Region Bad Bentheim | © BMDV / EE ENERGY ENGINEERS GmbH

## Elektrolytische Wasserstoff-Erzeugung aus Windenergie

Die Region Bad Bentheim strebt den Ausbau erneuerbarer Energien an, um die eigene Energieversorgungssicherheit zu erhöhen. Durch viele windhöfliche Standorte sowie die relativ dünne Besiedlung ist die Region für den Ausbau von Windkraft bestens geeignet.

Insgesamt werden im Technologiekonzept Windparks mit einer Gesamtleistung von ca. 98 MWp für die Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse betrachtet. Bei der Standortwahl des Elektrolyseurs muss zunächst eine strategische Entscheidung getroffen werden. Zur Vermeidung von Netzentgelten ist eine Errichtung an der Stromquelle zu empfehlen. Können die Nebenprodukte Sauerstoff und Abwärme lokal genutzt werden, so kann dies die Standortwahl in logistischer und ökonomischer Hinsicht beeinflussen.

Der grüne Wasserstoff kann dem regionalen Bus- und Lkw-Verkehr zur Verfügung gestellt werden. Durch die regionale Erzeugung von grünem Wasserstoff werden die Unternehmen in Bad Bentheim unabhängig und können überschüssigen Wasserstoff exportieren. Zudem erleichtert die Versorgungssicherheit in der Region den Technologieeinstieg für die eigenen Akteure.

Mit der Produktion von grünem Wasserstoff wird Know-how in der Region aufgebaut, regionale Wertschöpfung gefördert und eine zeitnahe Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff angestrebt.



### Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Voraussetzung zur eigenen Wasserstoffproduktion ist die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien. Schwerpunktaktivitäten liegen derzeit auf dem Ausbau von Windkraft.

Bei der Auslegung eines Elektrolyseurs für einen Windpark sollte dieser 40 % bis 60 % der installierten Windleistung aufweisen. Diese große Spannweite ergibt sich durch die individuellen Standortbedingungen. So erreichen küstenferne Offshore-Anlagen bis zu 4.500 Volllaststunden (VLS), wohingegen deutsche Binnenland-Anlagen um die 1.800 VLS erreichen. Der Energieertrag des Windparks richtet sich zudem nach der vorherrschenden Windgeschwindigkeit und Rauigkeit der Umgebung wie Bebauung oder Bewuchs. Gemessen wird dieser Einfluss anhand der Rauigkeitslänge in Metern. Für eine wirtschaftlich optimierte Anlage ist daher eine Analyse und Erstellung des lokalen Windprofils zu empfehlen.

Zur Wasserstoffproduktion aus fluktuierenden Energiequellen eignen sich aufgrund ihrer Skalier- und Modulierbarkeit insbesondere Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) sowie alkalische (AEL) Elektrolyseure. PEM-Elektrolyseure sind äußerst flexibel regelbar, wodurch Erzeugungsspitzen gut aufgefangen werden können. Technologiebedingt sind diese jedoch teurer als AEL-Systeme. Bei der Errichtung größerer Elektrolyseure, welche mit fluktuierenden Erzeugungsanlagen gespeist werden, kann daher eine Kombination beider Technologien wirtschaftlich sinnvoll sein. Die AEL deckt die Grundlast ab und die flexible PEM fängt die Erzeugungsspitzen auf.

Um die VLS des Elektrolyseurs zu erhöhen und die spezifischen Gesteungskosten pro Kilogramm Wasserstoff zu senken, können zudem Power Purchase Agreements (PPAs) abgeschlossen werden.

Elektrolyseure mit einer Leistung über 250 kW werden in der Praxis in Containerbauweise errichtet, sodass die eigentliche Installation einfach zu realisieren ist. Dabei müssen der Wasser- und Netzanschluss sowie regulatorische Rahmenbedingungen wie das Genehmigungsverfahren nach BImSchG, die Störfallverordnung, die Industrieemissionsrichtlinie (IE-Richtlinie), Netzentgelte, Stromsteuer und weitere Aspekte beachtet werden. Die EEG-Umlage wurde ab dem 1. Juli 2022 ausgesetzt und entfällt seit dem 1. Januar 2023 dauerhaft.

Die Wasserstoffqualität beträgt nach der Elektrolyse 99,9 % (3.0) und kann in Anwendungen mit geringen Qualitätsanforderungen direkt verwendet werden. Dies sind bspw. Wasserstoffverbrennungsmotoren für Bau- und Landwirtschaftsfahrzeuge oder in verbrennungsmotorischen BHKWs (nicht zu verwechseln mit Brennstoffzellen (BZ) BHKWs). Für Brennstoffzellenanwendungen, wie bspw. in der Mobilität, wird eine Reinheit von 99,999 % (5.0) benötigt. Um diese Qualität zu erreichen, wird eine Trocknungsanlage am Elektrolyseur benötigt, die meist direkt in den Containern verbaut ist.

Aufgrund der örtlichen Verteilung der einzelnen Projekte, den noch zu erschließenden Wasserstoffproduktionsstandorten sowie den anfänglich geringen Wasserstoffmengen, sollte der Wasserstofftransport zunächst über Trailer erfolgen. Da Wasserstoff im Trailer mit 350-500 bar transportiert wird, bedarf es nach der Elektrolyse eines Kompressors zur Gasverdichtung. Darüber hinaus sind je nach Projekt am Standort der Wasserstoffproduktion und / oder -anwendung Speicher zu errichten. Hier können je nach Platzbedarf und Rahmenbedingungen Hochtanks, Röhrenspeicher oder Wechselbrücken zum Einsatz kommen. Der Speicher sollte mindestens auf die dreifache Tagesmenge ausgelegt werden.



## Wasserstoff-Erzeugung aus Biogas

Neben Windkraft ist die Region auch reich an Biogas. Insgesamt 1.500 Nm<sup>3</sup>/h Rohbiogas wurden für die Produktion von synthetischem Methan berücksichtigt, um es für die Gebäudeenergieversorgung des Badeparks, der Fachklinik und des Gut Langen zu nutzen sowie in das

Erdgasnetz einzuspeisen. Zur Herstellung von synthetischem Methan wird ebenfalls Wasserstoff benötigt, der in Bad Bentheim mittels Windkraft grün produziert werden soll, sodass der gesamte Energiebedarf regional gedeckt werden kann.

### Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Um synthetisches Methan produzieren zu können wird Wasserstoff benötigt, dessen Produktion über Elektrolyse im vorherigen Kapitel dargestellt wurde. Der erzeugte Wasserstoff kann dann unmittelbar oder wie nachfolgend (Pfade 2 und 3) beschrieben, in einer Biogasanlage verwendet werden.

Bei dem Prozess sind verschiedene Pfade möglich, die die folgende Technologieauswahl erfordern.

- **Schritt 1:** Biomasse wird in der der Biogasanlage vergoren, anschließend zu Biomethan (CH<sub>4</sub>) aufbereitet. Das dabei abgetrennte Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wird für den weiteren Prozess benötigt.  
Info: Das Biomethan kann bereits jetzt in das Gasnetz eingespeist werden.
- **Schritt 2:** Wind-Strom wird durch Elektrolyse als Wasserstoff gespeichert.

Info: Der Wasserstoff könnte bereits mit Biogas als Biogas-Wasserstoff-Gemisch in einem BHKW zur Verbrennung genutzt werden.

- **Schritt 3:** Wasserstoff wird mit CO<sub>2</sub> aus der Biogas-Aufbereitung oder direkt mit Biogas in einer thermochemischen Synthese oder mikrobieller Methanisierung (ein Konversionsverfahren zur Erzeugung von Methan mit Hilfe von hochspezialisierten Mikroorganismen) zu synthetischem Methan (CH<sub>4</sub>) umgewandelt, um es in das Gasnetz einzuspeisen oder es in einem BHKW zu verbrennen.

Aufgrund der CO<sub>2</sub>-Nutzung ist der Methanertrag höher, der Energiegehalt ist um den Faktor zwei bis dreieinhalb höher als bei Biogas und das Gas (nun reines Methan) kann direkt in das lokale Pipelinenetz eingespeist werden. Es wird daher empfohlen, alle drei Prozessschritte durchzuführen.



Abbildung 8: © Helmut\_Kalverkamp

## Wasserstofftransport

Bad Bentheim ist bereits heute Großproduzent und Exportregion für erneuerbare Energien, insb. aus Windenergie und verfügt darüber hinaus über Rohbiogas. Aufgrund des hohen H<sub>2</sub>-Produktionspotenzials wird die Region zukünftig hohe H<sub>2</sub>-Mengen per Pipeline exportieren können. Für den H<sub>2</sub>-Export wird Bad Bentheim an verschiedene Wasserstoffpipelines angebunden. Ebenfalls empfiehlt sich die Pipelineanbindung für Quartiere, die auf Wasserstoff umgestellt werden sollen. Zum einen aufgrund der benötigten

Mengen und zum anderen aufgrund der durchgehenden Verfügbarkeit.

Für den Wasserstofftransport zu den regionalen H<sub>2</sub>-Anwendern wie der Wasserstofftankstelle (HRS) eignet sich der Transport per Trailer. Bei der analysierten H<sub>2</sub>-Tagesmenge von 600 kg würde eine Trailer-Belieferung alle zwei Tage ausreichen.

### Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Für den Anschluss an das Pipelinenetz wird eine Gas-Einspeisestation benötigt. Je nach Hersteller und Elektrolyseurausgangsdruk kann auf einen Kompressor verzichtet werden, da H<sub>2</sub>-Pipelines in der Regel mit 30 bar betrieben wird. Darüber hinaus muss der Elektrolyseur mit der Gas-Einspeisestation per Pipeline verbunden werden. Bei der Umsetzungsdauer einer neu zu errichtenden Pipeline entfällt der dominierende Anteil auf die verschiedenen Genehmigungsverfahren. Hier sind im Durchschnitt ca. acht bis zehn Jahre einzukalkulieren, je nach Verlegungsstrecke und örtlicher Genehmigungsbehörde kann die Errichtung deutlich schneller gelingen. Für die Umwidmung bestehender Erdgas-Pipelines auf Wasserstoff ist mit ca. drei Jahren zu planen. Für die Verlegung der Pipeline können Stahl- oder Polyethylen-Leitungen verwendet werden, die jeweils Vor- und Nachteile aufweisen. Polyethylen-Leitungen sind Kunststoffleitungen, die schneller und kostengünstiger verlegt werden können. Aufgrund der geringeren Materialdichte im Vergleich zu Stahlleitungen können sie jedoch nur bis max. 5 bar betrieben werden. Dadurch lassen sich geringere Mengen transportieren, der Wasserstoff muss für die Einspeisung jedoch ggf. nicht verdichtet werden. Eine Polyethylen-Leitung würde sich bspw. für die Anbindung von Wohnquartieren, nicht aber für den Transport großer Mengen eignen. Bei Stahlleitungen hingegen ist ein Transportdruck von bis zu 70 bar möglich. Bei einer Stahl-Pipeline ist der höhere Kostenaufwand, u. a. aufgrund der Materialkosten und der zusätzlichen Schweißarbeiten, zu berücksichtigen. Die Kosten pro Kilometer Pipeline liegen je nach örtlichen Gegebenheiten (Bebauungsgrad, Tiefbau, Genehmigungsaufwand etc.)

zwischen 150 TEUR und 1.000 TEUR. Laut einer Auswertung des Forschungszentrums Jülich betragen die durchschnittlichen Errichtungskosten einer Pipeline 352 TEUR pro Kilometer, ohne Verdichter-, Einspeise- oder Entnahmestation. Nutzungs- und Abschreibungsdauer werden im Durchschnitt mit 40 Jahren angenommen.

Wasserstoff kann bis zu einer Beimischung von 20 % in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. Bei der Gasentnahme ist jedoch nur eine sehr aufwendige H<sub>2</sub>-Abtrennung möglich. Die H<sub>2</sub>-Einspeisung in das Erdgasnetz wird aus wirtschaftlichen Gründen und der aktuell noch geringen H<sub>2</sub>-Verfügbarkeit nicht empfohlen. Sie kann jedoch für eine Übergangsphase genutzt werden, z. B. wenn die H<sub>2</sub>-Abnehmer in der Region noch Fahrzeuge beschaffen oder die Methanisierungsanlage noch errichtet wird. Die Einspeisung muss jedoch bei dem Gasnetzversorger angemeldet und abgestimmt werden.

Da Wasserstoff im Trailer mit einem Druck von 350 bis 500 bar transportiert wird, bedarf es nach der Elektrolyse eines Kompressors zur Gasverdichtung. Für die Verdichtung sind zusätzlich ca. 9 % Energiebedarf zu berücksichtigen, die bei den hier durchgeführten Berechnungen bereits inkludiert sind.

Zusätzlich sind je nach Projekt am Standort der Wasserstoffproduktion und / oder -anwendung Speicher zu errichten. Hier können nach Platzbedarf und Rahmenbedingungen Hochtanks, Röhrenspeicher oder Wechselbrücken zum Einsatz kommen.

## Aufbau einer H<sub>2</sub>-Tankstelleninfrastruktur

Bad Bentheim ist insb. durch die A 30 als wichtige Ost-West-Achse an den europäischen Güterverkehr angebunden. Die Q1 plant die Errichtung einer Wasserstoff-tankstelle (HRS, engl. Hydrogen Refueling Station) an der Autobahn A 30 an der Schnittstelle Gildehaus im Westen der Region. An dem Standort soll eine Tankstelle mit einer

Kapazität von bis zu 1 t Wasserstoff pro Tag errichtet werden. Die Tankstelle soll vor allem durchgehende Lastverkehre auf der Autobahn bedienen, kann aber auch durch ansässige Speditionen in der Region, besonders aus dem Gewerbegebiet am selben Standort genutzt werden.

### Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Beim betrieblichen Einsatz von BZ-Fahrzeugen ist eine nahegelegene Tankstelle Voraussetzung, um Anfahrtswege und damit Arbeitsaufwände gering zu halten. Eine Zusammenarbeit von mehreren Beteiligten zur Erhöhung der Auslastung der Tankstelle wird empfohlen, um die Wasserstofftechnologie in der Region voranzutreiben. Für die Identifikation weiterer Standorte müssen die folgenden Punkte in angegebener Reihenfolge berücksichtigt werden:

- Vernetzung und Bündelung von Akteuren an einem Standort, Nachfrage sichern
- Grundstück bzgl. Flächenbedarf, Baugenehmigungen und Sicherheitsabständen prüfen
- Zugang bzgl. Zufahrtsmöglichkeit der jeweiligen Fahrzeugklassen und ggf. öffentlicher Zugang prüfen
- Wasserstoffverfügbarkeit (Onsite-Produktion, Nähe zu Produktionsstandorten, Pipelineanbindung, Redundanz der Anlieferung) abwägen

Eine parallele Planung der beteiligten Akteure u. a. zu den folgenden Aspekten ist dabei erforderlich: Beschaffungsfenster für ÖPNV-Unternehmen und ÖPNV-Ausschreibung, Beschaffungsfenster der Logistiker, die Lieferzeiten der Fahrzeuge und der Tankstellengenehmigung/-aufbau/-inbetriebnahme.

Die Dimensionierung der Tankstelle erfolgt auf Basis angenommener Fahrzeugeinsätze pro Jahr und Standort. HRS können nachträglich erweitert werden, nicht alle Komponenten sind jedoch modular ausbaufähig.

Hochdruckspeichertanks (400/900 bar), Kompressoren sowie Kühlaggregate müssen ggf. ersetzt werden. Den zusätzlichen Platzbedarf für diesen Ausbau gilt es von Anfang an einzuplanen. Der Wasserstoffvorratsspeicher (200/300 bar) sowie die Zapfsäule (350/700 bar) können i. d. R. modular erweitert werden. Darüber hinaus müssen bei einer Vergrößerung die Betriebssicherheitsverordnungen oder bei einer Ergänzung mit Onsite Elektrolyse und Überschreitung der Lagermengen auch gewisse Genehmigungsverfahren u. a. die Bundes-Immissionsschutzverordnung, neu beantragt werden. Aus diesen Gründen empfiehlt sich die direkte Errichtung der final geplanten H<sub>2</sub>-Tankstellengröße.

Um weitere Wasserstofftankstellen in der Region Bad Bentheim zu dimensionieren, sollten auch zukünftig zu erwartende Verkehre bei der Berechnung der Tagesumsätze eingebunden werden. Eine 350 bar Druckstufe sollte in der Region etabliert werden, eine 700 bar Druckstufe für Pkw sollte nur realisiert werden, wenn eine zukünftige hohe Nachfrage von Privatpersonen oder Taxi- und betrieblich genutzte Flotten erwartet wird (Detailanalysen erforderlich). Für Fördermittelzuschüsse ist außerdem der Nachweis von Nachfragemengen über Bereitschaftserklärungen (engl.: Letter of Intent) erforderlich. Dieser gibt auch dem Betreiber der Tankstelle Planungssicherheit bei der Erstdimensionierung sowie bei zukünftigen Ausbaustufen und sind bei gewissen Förderprogrammen zur Antragsstellung Grundvoraussetzung.

## Wasserstoff-Einsatz in der Mobilität

Die Verkehrsemissionen zu senken ist erklärtes Ziel von Bad Bentheim. Im Rahmen der Clean Vehicles Directive (CVD) prüft die Region den Einsatz verschiedener Antriebskonzepte, darunter auch Wasserstoff. Der direkte Einsatz von Wasserstoff ist kurzfristig nicht geplant. Stattdessen kann zunächst synthetisches Erdgas in Gas-Bussen genutzt werden.

Der ÖPNV kann ein erster verlässlicher Abnehmer von Wasserstoff in der Region sein und den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft anschieben. Der ÖPNV ermöglicht

es zudem den Bewohner\*innen eigene Berührungspunkte mit der Technologie zu erhalten. Der Bus kann als Multiplikator der Technologie und in der Kommunikation ebenfalls positiv auf die Akzeptanz gegenüber erneuerbaren Energien und Wasserstoff einzahlen.

Weitere Anwendungen in der Mobilität sind die Umrüstung von Abfallsammelfahrzeugen sowie der von Lkws und Flurförderfahrzeugen. Akteure für die Anschaffung von BZ-Fahrzeugen sind in der Region noch zu identifizieren.

### Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

**ÖPNV:** In der Region ist der Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff interessant. In Abhängigkeit von der Streckenlänge und des Streckenprofils eignen sich ggf. H<sub>2</sub>-Fahrzeuge gegenüber der batterieelektrischen Alternative. Erfahrungsgemäß sinkt der (Kosten-) Aufwand für die Infrastruktur bei BZ-Bussen mit zunehmender Flottengröße, wohingegen dieser bei der batterieelektrischen Alternative ansteigt. Dies ist u. a. auf die erforderliche Ladeinfrastruktur und dementsprechende Ausbaumaßnahmen, wie u. a. einer Trafo-Station, zurückzuführen. Als Break-even-Point wird eine Flottengröße von 50 Fahrzeugen publiziert, wobei derartige Kostenberechnungen zur Ermittlung des Break-even-Point auf einer Vielzahl von Parametern (H<sub>2</sub>-Bereitstellung an der HRS, Speichergröße, Kompressor, etc.) basieren.

**Lkw:** BZ-Lkw sind in der Serienreife nur von einzelnen Herstellern verfügbar, sodass mit langen Lieferzeiten gerechnet werden muss. Eine Erweiterung der Modellauswahl wurde bereits von einigen Herstellern angekündigt bzw. vorgestellt. Deutsche Lkw-Hersteller entwickeln auch Wasserstoffverbrennungsmotoren. Der Wasserstoff wird aktuell an Bord gasförmig und langfristig ggf. auch als Flüssigwasserstoff (LH<sub>2</sub>) gespeichert. Letztere erfordern spezielle LH<sub>2</sub>-Tankstellen von denen die Ersten bereits errichtet werden.

Eine weitere Speicherform stellt synthetisches Erdgas (SNG) aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> dar, welches beispielsweise durch die biologische Methanisierung erzeugt wird.

In dieser Form könnte der Wasserstoff über den Träger SNG zum Betrieb von CNG-/LNG-Lkw eingesetzt werden. Entsprechende Fahrzeugmodelle sind ausreichend am Markt verfügbar.

Öffentliche HRS sind bislang fast ausschließlich auf den Pkw-Verkehr ausgelegt und verfügen daher nur über eine 700 bar Druckstufe sowie meist eingeschränkte Zufahrtsmöglichkeiten für Busse und Schwerlastfahrzeuge. Für dies Fahrzeugklassen werden größere Schleppkurven bzw. Wendehammer am Standort benötigt. Viele der öffentlichen HRS in Deutschland sollen langfristig um eine 350 bar Druckstufe erweitert werden, sofern es die örtlichen Gegebenheiten (Flächenverfügbarkeit) erlauben.

**Müllsampler:** Die Hersteller setzen meist auf BZ-REX (Range Extender), womit das Fahrzeug über eine entsprechende Wasserstofftank- und Batteriekapazität verfügt. Durch das ständige Anfahren und Bremsen lassen sich bis zu 40 % der benötigten Energie rekuperieren. Die Fahrzeuge sind je nach Hersteller mit einem 700 bar Tank ausgestattet, sodass sie auch an öffentlichen HRS, wenn die Zufahrtsbedingungen es ermöglichen, getankt werden können. Aber auch die 350 bar Druckstufe und das Tanken an einer Betriebshoftankstelle mit Lkw und Bussen ist auf dem Markt verfügbar. Bei der Auslegung der Infrastruktur muss aufgrund der REX-Variante ebenfalls eine Ladeinfrastruktur mitberücksichtigt werden.

## Wasserstoff-Einsatz in der Gebäudeenergieversorgung

Beim Einsatz von Wasserstoff in Standortkonzepten für die Gebäudeenergieversorgung der Quartiere in Bad Bentheim, dem Hallenbad, der Fachklinik sowie Gut Langen sind verschiedene Technologielösungen möglich. Hervorzuheben ist die angedachte Geothermie mit zwei Bohrungen im Bentheimer Wald, die mit einer Leistung von bis zu 6 MW ca. 52,56 GWh des Wärmebedarfs bedienen.

In Bad Bentheim ist zunächst der Einsatz des synthetischen Erdgases in BHKW vorgesehen. Perspektivisch soll auch die Abwärme von Elektrolyseuren in der Region genutzt werden. Eine direkte Nutzung von Wasserstoff ist zunächst nicht vorgesehen. Grundsätzlich stehen hier verschiedene Varianten zur Verfügung.

### Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Die Wärmebereitstellung kann sowohl verbrennungsmotorisch im  $H_2$ -BHKW, in einer Brennstoffzelle oder über die Abwärmenutzung des Elektrolyseurs erfolgen. Bei der Produktion von 1 kg  $H_2$  entstehen 16 kWh Abwärme mit einem Temperaturniveau von 50-60 °C. Das erzeugte Abwärmeniveau des Elektrolyseurs oder auch der Brennstoffzelle eignet sich besonders für die Wärmeversorgung von energieeffizienten Gebäudetypen (Aktiv-/Energieplus, Passivhäusern etc.). Bei diesem Temperaturniveau muss der Elektrolyseur in der Nähe der Anwendungsstätte errichtet werden. Für die unmittelbare Einspeisung ins Fernwärmenetz eignet sich die Wärmeauskopplung aufgrund des Wärmeniveaus nicht. Das Wärmeniveau könnte mit Wärmepumpen erhöht werden, um es in den Vorlauf des Wärmenetzes einzuspeisen, hierfür wird jedoch Strom benötigt. Alternativ kann die Abwärme des Elektrolyseurs auch direkt zur Vorwärmung des Rücklaufes des Wärmenetzes eingesetzt werden.

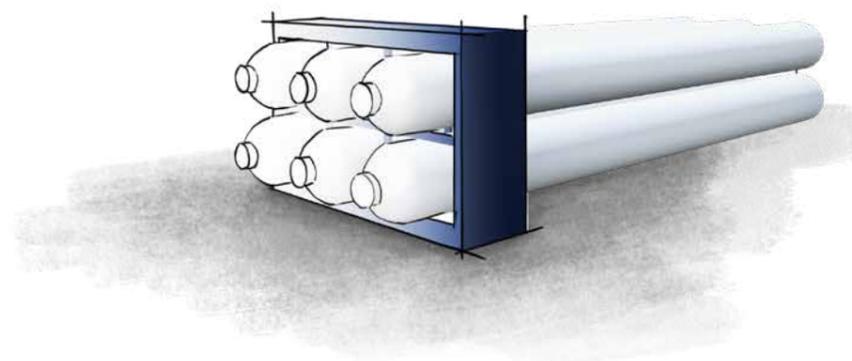
Über die Abwärmenutzung hinaus kann  $H_2$  in einem verbrennungsmotorischen oder BZ-BHKW genutzt werden. Ein Vorteil der verbrennungsmotorischen Nutzung ist, dass eine Wasserstoffqualität von 3.0 ausreichend und ein Mischgasbetrieb mit Erd- oder Biogas möglich ist, sodass die Versorgungsart sukzessive von Erd- oder Biogas auf Wasserstoff umgestellt werden kann. Brennstoffzellen hingegen sind effizienter sowie in der Regel auf ein bestimmtes Brenngas, wie etwa Wasserstoff ausgelegt und erfordern eine Qualität von 5.0.  $H_2$ -BHKW eignen sich insbesondere für große Wärmebedarfe wie u. a. bei Quartieren oder Gewerbegebieten.



Nach der SNG-Versorgung der Busse, des Energiebedarfes für den Badepark, die Fachklinik sowie dem Gut Langen, bleibt ein übriges SNG-Potenzial von 121,9 GWh im Jahr wovon 115,8 GWh an der Gastherme genutzt werden können. Insgesamt bleibt folglich ein Substitutionsdefizit von 72,6 GWh im Jahr. Über die Tiefengeothermie im Bentheimer Wald können zusätzliche 52,6 GWh im Jahr bereitgestellt werden, sodass ein Defizit von 19,9 GWh verbleibt. Für die Wärmemenge der Quartiere und der Industrie würden folglich 597 t Wasserstoff zur 100%igen Erdgassubstitution benötigt werden.

Zur Realisierung von autarken bzw. Inselsystemen wird die  $H_2$ -Erzeugung und -Speicherung vor Ort benötigt. Für die Energieversorgung ist ein stationäres Brennstoffzellensystem zu errichten. Vollautarke Systeme sollten nur wenn unbedingt erforderlich realisiert werden, ein Netzanschluss ist zur Sicherstellung der Energieversorgung immer sinnvoll. Je nach Anwendungsgebiet eignen sich verschiedene Brennstoffzellenarten. Die PEM-Brennstoffzelle bietet zwar hohe Stromkennzahlen und einen hohen elektrischen Wirkungsgrad, hat aber nur eine vergleichs-

weise geringe Abwärme bei Temperaturen um 50 °C. Niedertemperatur-Brennstoffzellen wie die PEM sind bei schwankenden Leistungsanforderungen aufgrund ihrer Kaltstartfähigkeit und ihres hohen Wirkungsgrads sowohl im Voll- als auch (je nach Anwendung) Teillastbetrieb anwendbar. Sofern die Wärmeversorgung über die PEM-BZ nicht ausreicht, kann der Wärmebedarf über eine Wärmepumpe mittels Stroms bereitgestellt werden. Für Gebäudearten mit einem konstanten Energie- und Wärmebedarf eignen sich Hochtemperatur-Brennstoffzellen (solide oxide fuel cell, SOFC), die eine Arbeitstemperatur von bis zu 1.000 °C und ein Abwärmeniveau von 400-700 °C erreichen. Diese führt den reversen Modus des Hochtemperatur-Elektrolyseurs (solide oxide electrolyzer cell, SOEC) durch und sollte nicht mit ihm verwechselt werden, da die SOEC auf die Wärmezufuhr in Form von Wasserdampf, anstatt flüssigem Wasser, angewiesen ist und keine Wärme abgibt. Aufgrund der hohen Enthalpie des Dampfes wird bei der Wasserstofferzeugung mit einer SOEC gegenüber einem PEM-Elektrolyseur lediglich ein Fünftel der elektrischen Energie benötigt, sofern eine Wasserdampfquelle vorhanden ist.



## Kooperationsangebote der Region und Wünsche an Politik und Industrie

Eine wichtige Voraussetzung für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Bad Bentheim und ähnlichen Regionen ist der flächendeckende Hochlauf sinnvoller Wasserstoffanwendungen. In Bad Bentheim gibt es keine potenziellen Großabnehmer, die als Early Adopter das wirtschaftliche Risiko von Pilotprojekten tragen können. Das heißt, dass die aktuelle Unterstützung des Hochlaufs von Wasserstoffanwendungen durch einzelne Förderprogramme für Fahrzeuge oder Infrastruktur nur einen begrenzten Einfluss auf die Entwicklungen in Bad Bentheim hat. Viel wichtiger wäre es, einen geeigneten politischen Rahmen und eine Anreizsystematik klimaneutraler Anwendungen flächendeckend anzuregen. Dazu zählt die Abschaffung von Subventionen auf fossile Kraftstoffe wie Diesel, ein steigender CO<sub>2</sub>-Preis sowie allgemeine und planbare Vergünstigungen für den Betrieb klimaneutraler Fahrzeuge. Diese Internalisierung externer Kosten würde zu mehr wirtschaftlicher Effizienz und schließlich, durch einen flächendeckenden Hochlauf der Technologie auch zu sinkenden Investitionskosten bspw. bei Brennstoffzellenfahrzeugen führen.

Aktuell ist das Erzeugungspotenzial für Wasserstoff in der Region größer als die identifizierten Bedarfe. Dank der guten Erschließung der Region durch Pipelines ist hier ein Wasserstoffexport denkbar. Um dies zu realisieren ist Bad Bentheim offen, sich innerhalb und über das HyLand Netzwerk hinaus, auch grenzüberschreitend, mit anderen Regionen zu vernetzen. Als isolierte Region wäre die frühe Wasserstoffproduktion ohne direkte Nachfrage hier nicht zu realisieren. Von Seiten der Politik muss daran gearbeitet werden, ein System zu schaffen, was es Nettoüberschuss Regionen erlaubt, den eigenen Wasserstoff zu exportieren, ohne dabei langfristig gegen günstig produzierten Wasserstoff aus sonnen- und windreichen Regionen in der Welt zu konkurrieren. Die lokale Wasserstoffproduktion ist trotz zu erwartender, günstiger Importe und eines immer mehr an Form gewinnenden

Wasserstoffnetzes wichtig, um zum einen Deutschland als Technologiestandort zu etablieren und zum anderen, um als Speicherlösung einen stabilisierenden Effekt auf das vermehrt aus Erneuerbaren Energien-Anlagen gespeiste Stromnetz zu haben. Diese beiden positiven Effekte der regionalen Erzeugung müssen sich beim Vertrieb des grünen Wasserstoffes gegenüber importierten Wasserstoff auch monetär niederschlagen, um eine langfristige Perspektive für lokale Wasserstoffproduzenten unabhängig von einer direkten Abnahme zu schaffen.

Der Fokus im Bereich Wasserstoff liegt derzeit auf dem direkten Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor. Die Technologie ist hier an einigen Stellen bereits weit vorgeschritten und einige Pilotprojekte sind entstanden. Aus Sicht der Akteure in Bad Bentheim ist es wichtig, den Blick auf das Thema Wasserstoff breit zu halten. So sollten in der Diskussion, in der Regulierung und bei Förderthemen auch mittelbare aber klimaneutrale Anwendungen von Wasserstoff über bspw. synthetisches Erdgas mitgedacht werden. Dabei sollten auch alle Wirtschaftsbereiche und nicht nur die Mobilität betrachtet werden.

Weitere Informationen zu den aktuellen Wasserstofftechnologien (Verfügbarkeit, Reifegrad, Funktionsweise, Hersteller u. v. m.), eine Übersicht zu den rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowie Informationen zu aktuellen Förderprogrammen finden Sie unter den nachfolgenden QR-Codes.

### Aktuelle Förderprogramme



- Förderprogramme auf EU-Ebene
- Förderprogramme auf Bundes-Ebene

### Gesetze und Regulatorik



- Gesetzeslandkarte zu nationalen Gesetzen und Verordnungen

### Wasserstoffanwendungen



- Straßenfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb
- Weitere mobile Anwendungen
- Gebäude- und Standortenergieversorgung
- Wasserstoffproduktion
- Wasserstofftransport und -abgabe

<b>a</b>	Jahr
<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>BImSchG</b>	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz)
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>BMDV</b>	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
<b>BZ</b>	Brennstoffzelle
<b>BZ-BHKW</b>	Blockheizkraftwerk auf Basis der Brennstoffzellentechnologie
<b>CAPEX</b>	eng. für capital expenditure = Investitionskosten
<b>CVD</b>	Clean Vehicle Directive, EU-Richtlinie über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>DVGW e. V.</b>	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>h</b>	Stunde
<b>H<sub>2</sub></b>	Wasserstoff
<b>HRS</b>	Hydrogen Refuelling Station, Wasserstofftankstelle
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunde
<b>kWp</b>	Kilowatt peak
<b>LK</b>	Landkreis
<b>Lkw</b>	Lastkraftwagen
<b>m<sup>3</sup></b>	Kubikmeter
<b>MW</b>	Megawatt
<b>MWel</b>	Megawatt elektrisch
<b>MWh</b>	Megawattstunde
<b>MW<sub>p</sub></b>	Megawatt peak – Bezeichnung für die maximale Leistung, insb. bei PV-Anlagen
<b>NOW GmbH</b>	Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie
<b>OPEX</b>	eng. für operational expenditure = Betriebskosten
<b>PEM</b>	eng. für polymer electrolyt fuel cell = Polymerelektrolytbrennstoffzelle
<b>Pkw</b>	Personenkraftwagen
<b>ÖPNV</b>	Öffentlicher Personennahverkehr
<b>SOFC</b>	eng. für solid oxide fuel cell = Festoxidbrennstoffzelle
<b>t</b>	Tonne
<b>THG</b>	Treibhausgase



Stadt  
Bad Bentheim

H<sub>2</sub>

H<sub>2</sub>