



# HYSTARTER-REGION RÜGEN-STRALSUND

**DIE ROLLE VON WASSERSTOFF  
IN DER REGIONALEN  
ENERGIE- UND VERKEHRSWENDE**



# HYSTARTER-REGION RÜGEN-STRALSUND

**DIE ROLLE VON WASSERSTOFF  
IN DER REGIONALEN  
ENERGIE- UND VERKEHRSWENDE**

# Herausgeber

EnergieWerk Rügen e.G.,  
Hansestadt Stralsund,  
IRES Institut für Regenerative EnergieSysteme an der Hochschule Stralsund,  
Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH,  
Landkreis Vorpommern-Rügen,  
Mukran Port,  
Nachhaltigkeitszentrum Rügen e.V.,  
SWS Energie GmbH,  
SWS Seehafen Stralsund GmbH,  
UmWeltSchule Rügen e.V.,  
Weiße Flotte GmbH,  
Windenergiecluster Mecklenburg-Vorpommern,  
Wirtschaftsfördergesellschaft Vorpommern mbH,  
Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen mbH,  
Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen



# Gestaltung

Dipl. Des. (FH) Jens Eggebrecht  
(Eggebrechts feine Gestaltung – [www.efg-hst.de](http://www.efg-hst.de), im Auftrag der LEKA GmbH)

# Autoren

## Verantwortlich:

Julia Epp, Viktoria Scheidler, Anke Schmidt, Patrick Steiger (Nuts One GmbH)

## Unter Mitarbeit von:

Frederik Budschun und Dr. Frank Koch (EE ENERGY ENGINEERS GmbH)

Ciara Dunks, Tim Röpcke und Laura Wienpahl (Reiner Lemoine Institut)

Nikolas Beneke, Dr. Hanno Butsch, Fabian Rottmann und David Siegler  
(Becker Büttner Held Consulting AG)

Stand: März 2021

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



Beauftragt durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

Vergabe und Projektbegleitung durch:



# Inhalt

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	8
<b>Vorwort Landrat</b> .....	10
<b>Vorwort Oberbürgermeister Stralsund</b> .....	11
<b>Zusammenfassung</b> .....	12
<b>1. HyStarter: Strategiedialoge in der Region</b> .....	17
<b>2. Die Ausgangslage in der Region</b> .....	19
2.1 Energie- und klimapolitische Ziele .....	20
2.2 Wirtschaftspolitische Ziele .....	23
2.3 Handlungs- und Innovationswunsch .....	24
2.3.1 Klimawandel .....	24
2.3.2 Energiewende .....	24
2.3.3 Verkehrswende: Tourismusverkehr und innovativer ÖPNV .....	28
2.3.4 Wärmewende: Ölheizungsverbot und CO <sub>2</sub> -Steuer .....	29
2.3.5 Wirtschaftliche Zukunftsaussichten .....	30
<b>3. Die Wasserstoffvision der Region Rügen-Stralsund</b> .....	32
<b>4. Regionale Wasserstofferzeugung und -nutzung</b> .....	35
4.1 Windparks im Landkreis Vorpommern-Rügen .....	38
4.2 Potentielle Abnehmer von Wasserstoff im Landkreis .....	40
<b>5. Vorstellung des Zielsystems 2030</b> .....	42
5.1 Zielsetzung .....	43
5.2 Cluster: Wasserstofferzeugung .....	44
5.2.1 Idee der Region: Wasserstofferzeugung aus Windenergieanlagen .....	44
5.2.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	46
5.2.3 Idee der Region: Wasserstoffplasmalyse am Klärwerk Bergen .....	56
5.2.4 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	57
5.2.5 Idee der Region: Reaktivierung der Hybridanlage Barth .....	60
5.2.6 Transport und Verteilung .....	61
5.2.7 Aufbau von H <sub>2</sub> -Tankstellen .....	62
5.3 Cluster: Wasserstoffnutzung in der Mobilität .....	64
5.3.1 Idee der Region: Anschaffung von Brennstoffzellenbussen .....	64
5.3.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	65
5.3.3 Idee der Region: Nutzung von Brennstoffzellen-PKWs .....	68
5.3.4 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	69
5.3.5 Idee der Region: Nutzung von Wasserstoff in landwirtschaftlichen Fahrzeugen .....	72

5.3.6 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	73
5.3.7 Idee der Region: Alternative Antriebe im Schienenverkehr .....	75
5.3.8 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	76
5.4 Cluster: Wasserstoffeinsatz in der Gebäudeenergieversorgung .....	79
5.4.1 Idee der Region: H <sub>2</sub> -Ready Blockheizkraftwerke .....	79
5.4.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	79
5.4.3 Idee der Region: Quartierskonzepte und Insellösungen .....	81
5.4.4 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	82
5.4.5 Idee der Region: Stationäre Brennstoffzellen-Heizungen .....	83
5.4.6 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	84
5.5 Cluster: Wasserstoffstandortkonzepte .....	85
5.5.1 Idee der Region: Transformation der Häfen (maritime Anwendung) .....	85
5.5.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	87
5.5.3 Idee der Region: Gewerbestandorte mit Wasserstoff .....	90
5.5.4 Idee der Region: Tourismusstandorte mit Wasserstoff .....	91
5.5.5 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit .....	92
5.6 Modellierung der Projektideen .....	94
5.7 Vernetzung .....	96
5.8 Schlussfolgerungen .....	97
<b>6. Fahrplan zur Umsetzung des Zielsystems .....</b>	<b>99</b>
6.1 Schwerpunkt und Zielsetzung .....	100
6.2 Demonstrationsphase bis 2030: Leuchtturmprojekte umsetzen .....	104
6.3 Regionale Wasserstoffwirtschaft auf Basis von erneuerbaren Energien 2030 + Schwerpunkt und Zielsetzung .....	105
<b>7. Presse- und Öffentlichkeitsarbeit .....</b>	<b>105</b>
<b>8. Reflexion und Ausblick .....</b>	<b>107</b>
<b>9. Anhang .....</b>	<b>108</b>
9.1 Steckbriefe des Hystarter-Kernteams .....	108
9.2 Maßnahmenkatalog zur Umsetzung der Wasserstoffideen .....	113
9.2.1 Handlungsfeld: Steuerung, Koordination und Gesellschaft .....	113
9.2.2 Handlungsfeld: Wasserstofferzeugung .....	119
9.2.3 Handlungsfeld: Mobilität .....	124
9.2.4 Handlungsfeld: Wärme .....	134
9.2.5 Handlungsfeld: Wirtschaft .....	136
<b>Impressum .....</b>	<b>138</b>

# Abkürzungsverzeichnis

A	Anno (Jahr)
AEM	Anion Exchange Membrane (Anionen-Austausch-Membran)
BauGB	Baugesetzbuch
BBHC	Becker-Büttner-Held Consulting
BEV	Battery Electric Vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchV	Bundes-Immissionsschutz-Verordnung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Bspw.	Beispielsweise
BZ	Brennstoffzelle
CAPEX	Capital Expenditures (Investitionsausgaben)
Ct	Cent
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
F&E	Forschung und Entwicklung
Ft	Feet (= 0,30 Meter)
Ggf.	Gegebenenfalls
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
HOST (IRES)	Hochschule Stralsund (Institut für Regenerative EnergieSysteme)
ICE	Internal Combustion Engine (Verbrennungsmotor)
IHK	Industrie- und Handelskammer
IMO	International Maritime Organization (Internationale Seeschiffahrtsorganisation)
ISO	Internationale Organisation für Normung (International Organization for Standardization)

KFZ	Kraftfahrzeug
kW	Kilowatt
LK	Landkreis
LEKA	Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern
MARPOL	Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe (International Convention for the Prevention of Marine Pollution)
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell (Schmelzkarbonatbrennstoffzelle)
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Megawatt
NIP	Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NOW	Nationale Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
OPEX	Operational Expenditures (Betriebsausgaben)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell (Phosphorsäurebrennstoffzelle)
PEM	Polymer-Elektrolyt-Membran (Polymerelektrolytbrennstoffzelle)
PtG	Power-to-Gas
PTJ	Projekträger Jülich
PtX	Power-to-X
PV	Photovoltaik
RLI	Reiner Lemoine Institut
StromStG	Stromsteuergesetz
U.a.	Unter anderem
VVR	Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen
WEA	Windenergieanlage
Z. B.	Zum Beispiel

# Vorwort Landrat

## Landkreis Vorpommern-Rügen

**Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe interessierte Leserinnen  
und Leser des HyStarter-Abschlussberichtes,**



© Landkreis Vorpommern-Rügen

die Projektregion Rügen-Stralsund ist eine der neun deutschen HyStartern und nur eine von drei Regionen in den neuen Bundesländern, in denen seit Oktober 2019 bis in dieses Frühjahr hinein durch die Förderung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) Kompetenzen und Expertise für die Weiterentwicklung und Nutzbarmachung der Wasserstofftechnologie zusammengeführt werden konnten.

Im fünftgrößten (und schönsten) Landkreis Deutschlands finden wir hierfür ideale Bedingungen. Als windreicher „Strandkreis“ mit etlichen hundert Küstenkilometern haben wir hohe Erzeugungskapazitäten für Windstrom. Unsere Seehäfen können eine wesentliche Rolle bei Import und Verteilung und auch bei der Nutzung von grünem Wasserstoff spielen und kommen natürlich auch beim Export von Technologien und Komponenten ins Spiel. In unserem Landkreis liegen außerdem zwei der beliebtesten deutschen Urlaubsdestinationen. Auf Rügen und dem Fischland-Darß-Zingst werden wir unserem und dem Anspruch unserer Gäste gerecht, indem wir eine nachhaltige Tourismus-Entwicklung im Fokus haben. Und wie kaum eine andere Region verknüpfen wir Mobilität auf der Straße, der Schiene und auf dem Wasser. Fachlich gestärkt durch die an der Stralsunder Hochschule institutionalisierte Forschungsexpertise, ist es an uns, all diese Voraussetzungen zu nutzen.

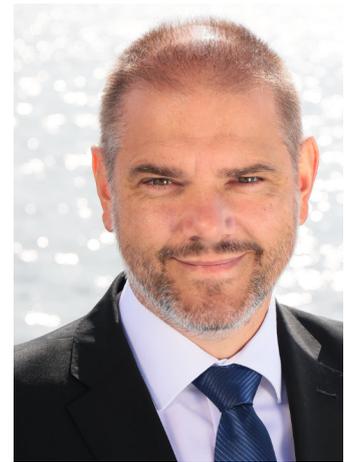
Wo etwas Neues entstehen soll, braucht es immer Freiraum. Kreative Ideen brauchen Mut in der Entstehung und fruchtbaren Austausch in der Entwicklung. Das Projekt HyStarter schaffte hierfür die Rahmenbedingungen. Die hier vorliegende Studie zeigt uns, dass es sich in vielfältiger Weise lohnt, gemeinsam mit unseren Partnern die Potentiale unserer Region rund um das Thema erneuerbare Energien und Wasserstoff zu entwickeln und zu nutzen. Zentral wird sein, dass wir weiterhin koordiniert und in enger Abstimmung arbeiten, dass die geknüpften Bande halten. Ich bin überzeugt, dass es dann keine Utopie ist, für unsere Wirtschaft, unsere Gäste und vor allem für die Menschen, die in Vorpommern-Rügen leben, schon sehr bald verlässliche und attraktive Anwendungen von Wasserstofftechnologie zu realisieren.

Dr. Stefan Kerth

# Vorwort Oberbürgermeister Hansestadt Stralsund

**Liebe Leserinnen und Leser,**

im Norden fühlen sich die Menschen dem Wasser verbunden. Deshalb sehen wir insbesondere an der Küste das volle Potenzial einer Energiewirtschaft auf Wasserstoffbasis. Hoffnungsvoll blicken wir auf den klimaneutralen Energieträger der Zukunft. Und die Hansestadt Stralsund als zentraler Logistikstandort bietet realistische Perspektiven für eine ganze Region. Wir wollen uns auf eine gesunde Kreislaufwirtschaft mit grünem Wasserstoff konzentrieren. Naheliegende Anwendungsgebiete wollen zusammengeführt und die Chancen der Sektorenkopplung genutzt werden.



© Hansestadt Stralsund/Pressestelle

Seit über 20 Jahren verfügen wir mit der Hochschule Stralsund als Wissenschaftsstandort über Erfahrung und Expertise. Jetzt geht es an die Umsetzung. Die Wasserstoffbetankung von Bussen und Darßbahn, die maritime Nutzung mit dem Stralsunder Seehafen oder auch die Entwicklung von Energieversorgungskonzepten für Wohnquartiere sind gleichermaßen realistische wie vielversprechende Ansätze.

Unser Ziel ist es, die Lebensqualität der Menschen zu verbessern. Wir wollen wirtschaftliche Projekte entwickeln und dabei auch Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff in den Blick nehmen.

Die Bewerbung der Hansestadt Stralsund als Standort für das Technologie- und Innovationszentrum Wasserstofftechnologie ist dabei ein weiterer konsequenter Schritt in diesem kontinuierlichen Entwicklungsprozess.

Mit den Ansätzen aus dem HyStarter-Projekt und unseren Partnern in der Region möchten wir unseren Teil zur industriepolitischen Entwicklung mit grünem Wasserstoff beitragen. Lassen Sie uns Wertschöpfung weiter und auf neuen Ebenen denken!

Dr.-Ing. Alexander Badrow

# HyStarter-Region Rügen-Stralsund



Klima- und Naturschutz



Nachhaltiger Tourismus und innovative Häfen



Regionale Wertschöpfung



378 MW (onshore)



352 MW



49 Biogasanlagen

10 % der installierten WEA würden jährlich **1.134 t H<sub>2</sub> produzieren**. Der modellierte Preis kann bei 5,94 €/kg H<sub>2</sub> liegen.



Die Region plant die H<sub>2</sub>-Verteilung nach dem Milchkannenprinzip und mindestens zwei Tankstellen.



122.794  
PKWs



256  
Busse



12.639  
LKWs



Darßbahn

Würden 5 % der PKWs auf BZ umgestellt werden, brauchen diese 833 t H<sub>2</sub>/a. Würden 30 % der Busflotte auf BZ umgestellt werden, brauchen diese 394 t H<sub>2</sub>/a . Würden 22 % der LKWs im Landkreis auf BZ umgestellt werden, brauchen diese 4.650 t H<sub>2</sub>/a . Das ergibt mind. einen Gesamtbedarf von 5.877 t H<sub>2</sub>/a.

## Weitere Verbraucher



Hafen Stralsund,  
Sassnitz & Industrie  
wie Ostseestaal



Ersatz für Öl- &  
Gasheizungen



Regionale  
Flughäfen: Barth-  
Stralsund & Rügen

Abbildung 1: HyStarter-Region Rügen-Stralsund (© BMVI/Nuts One)

## Zusammenfassung

Aufgrund der geographischen Lage ist die HyStarter-Region Rügen-Stralsund ein wichtiger Erzeugungsstandort erneuerbarer Energien. Die wunderschöne Landschaft an der Ostseeküste begeistert jeden, der hier lebt oder als Tourist\*in die Region besucht. Die einzigartige Natur mit mehreren Großschutzgebieten spielt eine wichtige Rolle, auch für die Nachhaltigkeit. Die Küstenregion ist geprägt durch Hafenwirtschaft, Schiffs- und Bootsbau, Tourismus und Landwirtschaft. Es sind große Potenziale vorhanden, eine emissionsfreie Mobilität auf dem Wasser und landseitig zu forcieren. Vorhandene Kapazitäten installierter Windkraftleistung bieten ideale Voraussetzungen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff (H<sub>2</sub>).

### Die Region hat im Rahmen von HyStarter untersucht:

- Welche Rolle kann Wasserstoff für die Wärmeversorgung, Stromspeicherung, Mobilität, Landwirtschaft und regionale Wertschöpfung spielen?
- Welche Erzeugungspfade von Wasserstoff sind in der Region sinnvoll und welche Rahmenbedingungen müssen dafür erfüllt werden?
- Unter welchen Bedingungen ist ein Einsatz des Energieträgers in der Region denkbar?
- Wo gibt es potenzielle Erzeuger und Abnehmer von Wasserstoff?

Mit der Teilnahme am HyStarter-Projekt sollten geeignete Hubs für die Erzeugung von Wasserstoff sowie für die Infrastruktur zur Betankung und Transport von regional erzeugtem Wasserstoff gefunden und konkrete Anwendungen entwickelt werden. Dazu gehören der Einsatz von Power-to-X-Produkten in der Schifffahrt, der Aufbau einer wasserstoffbetriebenen Fahrzeugflotte bei der Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen und die Nutzung von Wasserstoff in landwirtschaftlichen Betrieben sowie in der Gebäudeenergieversorgung.

## Insgesamt entwickelte die Region 15 Ideen in vier Handlungsfeldern:

1. Erzeugung, Speicherung und Transport
2. Wasserstoffnutzung in der Mobilität
3. Wasserstoffnutzung im Wärmesektor und
4. Standortkonzepte mit Wasserstoff in der Wirtschaft

Im Rahmen der HyStarter-Strategiedialoge wurde die technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit der Ideen geprüft. Es wurde eine Marktübersicht der aktuell verfügbaren Wasserstofftechnologien und den korrespondierenden Herstellern erstellt. Da sich die Region auf die Umsetzbarkeit ihrer Ideen konzentrieren möchte, wurden für die Wirtschaftlichkeitsprüfung Ideen ausgewählt, die zeitnah realisiert werden können.

Der Fokus lag folglich auf der Prüfung der Voraussetzungen der Erzeugung von Wasserstoff aus Windenergie, der Anschaffung von Brennstoffzellenbussen sowie dem Betrieb von H<sub>2</sub>-ready Blockheizkraftwerken. Der regionale Wasserstoffbedarf und die potenzielle Wasserstofferzeugung wurde im Rahmen einer Modellierung durch das Reiner-Lemoine-Institut simuliert.

Zur Umsetzung der Projekte wurden zudem Maßnahmen in verschiedenen Handlungsfeldern definiert sowie ein Fahrplan zu ihrer Umsetzung aufgestellt. Um eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft aufzubauen, wurde ein regionales Wasserstofferzeugerkonsortium gegründet, das die Aktivitäten der Region fortführt. Die Region verfolgt das Ziel einer regenerativen Energieversorgung mit Wasserstoff und will ihre guten Voraussetzungen für die Realisierung dieses Zieles nutzen.



# UNSERE 9 HYSTARTER



Abbildung 2: Unsere neun HyStarter Regionen (© NOW GmbH)

# 1. HyStarter: Strategiedialoge in der Region

Das Projekt „HyStarter“ ist Teil des Programmes „HyLand“ und wurde mit Mitteln des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) beauftragt. Die Nationale Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) ist als Bundesgesellschaft Koordinatorin des Programms. Das HyStarter-Projekt wird durch die NOW und den Projektträger Jülich (PTJ) verantwortet.

Das Ziel von HyStarter ist es, neun Regionen in Deutschland jeweils 12 Monate lang bei der Entwicklung ihrer regionalen Energie- und Verkehrswendekonzepte zu begleiten. Im Rahmen der Konzeptentwicklung werden die Potentiale, Chancen und Grenzen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zur Beschleunigung einer auf erneuerbaren Energien (EE) basierenden, sektorengestützten Energiewirtschaft identifiziert und quantifiziert sowie geeignete Systemlösungen zur Umsetzung entwickelt. Unter der Leitung der Spillett new technologies GmbH hat sich für die Betreuung und Begleitung der ausgewählten HyStarter-Regionen die Nuts One GmbH (Tochter der Choice GmbH), die Becker Büttner Held Consulting AG (BBHC), die EE Energy Engineers GmbH und die Reiner Lemoine Institut gGmbH (RLI) als Projektkonsortium zusammengeschlossen.

Die Konzeptentwicklung fand gemeinsam mit den regionalen Akteuren und Projektpartnern in insgesamt sechs ganztägigen Stakeholderdialogen unter der Federführung von Nuts One statt, die im Abstand von etwa 6-8 Wochen in der Region bzw. aufgrund der Corona-Pandemie online organisiert wurden.

## **Die thematischen Schwerpunkte der Dialoge waren:**

1. Identifizierung der regionalen Rahmenbedingungen und Erwartungen
2. Entwicklung und Validierung eines Grobkonzepts (Konzeptideen, Vision)
3. Entwicklung und Evaluierung eines geeigneten Technologiekonzepts
4. Analyse und Evaluierung der Wirtschaftlichkeit und möglicher Kooperationsmodelle
5. Entwicklung geeigneter Finanzierungsstrategien inkl. Risikobetrachtung
6. Entwicklung eines Fahrplans und Zuordnung von Verantwortlichkeiten

Neben den Strategiedialogen fand ein Kick-off-Treffen mit den HyStarter-Bewerber\*innen statt, dessen Ziel es war, die Teilnehmer\*innen für die Dialoge zu identifizieren und erste Hintergrundinformationen zum regionalen Kontext und den Erwartungen an das Projekt zu formulieren. Die Region Rügen-Stralsund zeichnet sich durch eine hohe Anzahl an eingereichten HyStarter-Bewerbungen aus und damit einer großen Motivation am Projekt teilzunehmen.

Ausgehend vom dem Kick-off-Treffen wurde das HyStarter-Kernteam mit Akteuren aus der Region gegründet, welches an allen Workshops teilnahm und die Umsetzung von Projektideen vorantrieb. Der Fokus der Projektideen lag auf der Insel Rügen und der Hansestadt Stralsund, obgleich auch weitere Entwicklungen im Landkreis immer wieder mitdiskutiert wurden. Begleitend zum Dialogprozess fanden bedarfsweise bilaterale Abstimmungen und zusätzliche Formate mit einzelnen Akteuren statt. Dazu gehörten Austauschgespräche mit dem Tourismusverband Fischland-Darß-Zingst, eine Besichtigung möglicher Standorte für eine Wasserstofftankstelle sowie Arbeitstreffen für die Entwicklung einer Blaupause der Wasserstoffherzeugung aus Windenergie. Im Rahmen dieser Konzeptstudie werden die Vision der zukünftigen Energieversorgung, die Konzeptideen der regionalen Wasserstoffwirtschaft sowie ein Maßnahmenkatalog und Fahrplan zu dessen Realisierung aufgezeigt. Der Öffentlichkeit wurden die Konzeptideen bereits auf der HyStarter-Informationsveranstaltung im März 2020 vorgestellt. Die im Rahmen von HyStarter begonnenen Aktivitäten enden nicht mit dem Projekt, sondern bilden vielmehr den Startschuss für die weitere Entwicklung der Wasserstoffregion Stralsund-Rügen. Die Region bemüht sich derzeit darum, ein eigenes Wasserstoffnetzwerk aufzubauen. Eine aktive Mitarbeit im Netzwerk ist möglich. Dazu kann man sich an Herrn Latzko von der Hansestadt Stralsund wenden.

Die regionalen Teilnehmer\*innen erhielten keine Vergütung durch das HyStarter-Projekt, sondern brachten sich aus eigenem Engagement ein.

**Dem HyStarter-Kernteam in der Region Vorpommern-Rügen gehörten folgende Akteure an:**

EnergieWerk Rügen e. G. · Hansestadt Stralsund · IRES Institut für Regenerative EnergieSysteme an der Hochschule Stralsund · Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern (LEKA MV) · Landkreis Vorpommern-Rügen · Mukran Port (Fährhafen Sassnitz GmbH) · Nachhaltigkeitszentrum Rügen e.V. · SWS Energie GmbH · SWS Seehafen Stralsund GmbH · Tourismusverband Rügen e.V. · UmWeltSchule Rügen e.V. · Weiße Flotte GmbH · Windenergiecluster Mecklenburg-Vorpommern · Wirtschaftsfördergesellschaft Vorpommern GmbH · Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen mbH (VVR) · Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen (ZWAR).

Zudem wurden die Akteure begleitet durch das Energieministerium Mecklenburg-Vorpommern sowie das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technology e.V. (INP).

## 2. Die Ausgangslage in der Region

Der Landkreis Vorpommern-Rügen liegt im Norden der Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern (MV) und somit direkt an der Ostsee. Aufgrund der Kreisgebietsreform vom 4. September 2011 ist der zuvor eigenständige Landkreis Rügen mit dem Landkreis Nordvorpommern und der kreisangehörigen Hansestadt Stralsund zum Landkreis Vorpommern-Rügen umstrukturiert worden. Der neue Landkreis ist nunmehr der nach Fläche fünftgrößte Landkreis Deutschlands<sup>1</sup>. Hier leben 225.889 Einwohnerinnen und Einwohner. Der Landkreis ist durch seine maritime Lage an der Ostsee gekennzeichnet und bei Tourist\*innen aufgrund der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst und der Insel Rügen bekannt. Die Insel Rügen ist durch die Rügenbrücke und den Rügendamm mit Stralsund und dem Festland verbunden. Vor allem die Siedlungsstruktur der Insel Rügen charakterisiert sich durch eine Vielzahl kleiner Gemeinden mit vielen Ortsteilen.

Die Themen Natur und Umwelt spielen in der Region eine große Rolle. Fast zwei Drittel der Fläche des Landkreises sind unter Schutzstatus gestellt. Insgesamt gibt es zwei Nationalparks (Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft und Nationalpark Jasmund), 51 Naturschutzgebiete und 17 Landschaftsschutzgebiete<sup>2</sup>. Durch seine attraktive Landschaft und einzigartige Natur sind der Landkreis und vor allem die Insel Rügen eine beliebte Touristendestination. Dies schlägt sich bei den Menschen vor Ort in einer großen Naturverbundenheit und einem starken Bewusstsein für das Thema Nachhaltigkeit nieder, um die Schönheit der Umgebung langfristig zu erhalten. Der Tourismus ist für die Region essenziell, da daraus wesentliche wirtschaftliche Einnahmen generiert werden. Zusammen mit der Landwirtschaft – insbesondere die Küstenfischerei sowie Fischverarbeitung – und der maritimen Wirtschaft stellt der Tourismus das wichtigste wirtschaftliche Standbein der Region dar<sup>3</sup>. Auf der Insel Rügen sind die westlichen und nördlichen Regionen stärker von der Landwirtschaft geprägte Räume und insgesamt weniger dicht besiedelt. Im Zentralbereich der Insel überlagern sich landwirtschaftliche, touristische und gewerbliche Nutzungen, während der nordöstliche bis südöstliche Teilraum eine vorrangig touristische Prägung erfährt. Dies äußert sich auch in der Vielzahl der anerkannten Kurorte und Seebäder, die die Region kennzeichnen. Auch die als UNESCO-Welterbe anerkannte Hansestadt Stralsund ist mit ihrer wechselvollen Geschichte, der einmaligen Lage am Wasser und den imposanten Bauten der Backsteingotik ein Anziehungspunkt. Die Unternehmensstruktur des Landkreises zeichnet sich im Allgemeinen durch eine große Bandbreite an kleinen und mittleren Unternehmen aus, weniger durch die Präsenz von Großunternehmen.

---

1 Landkreis Vorpommern-Rügen: Zahlen und Fakten. Abrufbar unter: <https://www.lk-vr.de/Kreisportrait/Zahlen-und-Fakten/>

2 Landkreis Vorpommern-Rügen: Natur und Klima. Abrufbar unter: <https://www.lk-vr.de/Kreisportrait/Natur-und-Klima/>

3 Landkreis Vorpommern-Rügen: Wirtschaft. Abrufbar unter: <https://www.lk-vr.de/Kreisportrait/Wirtschaft/>

## 2.1 Energie- und klimapolitische Ziele

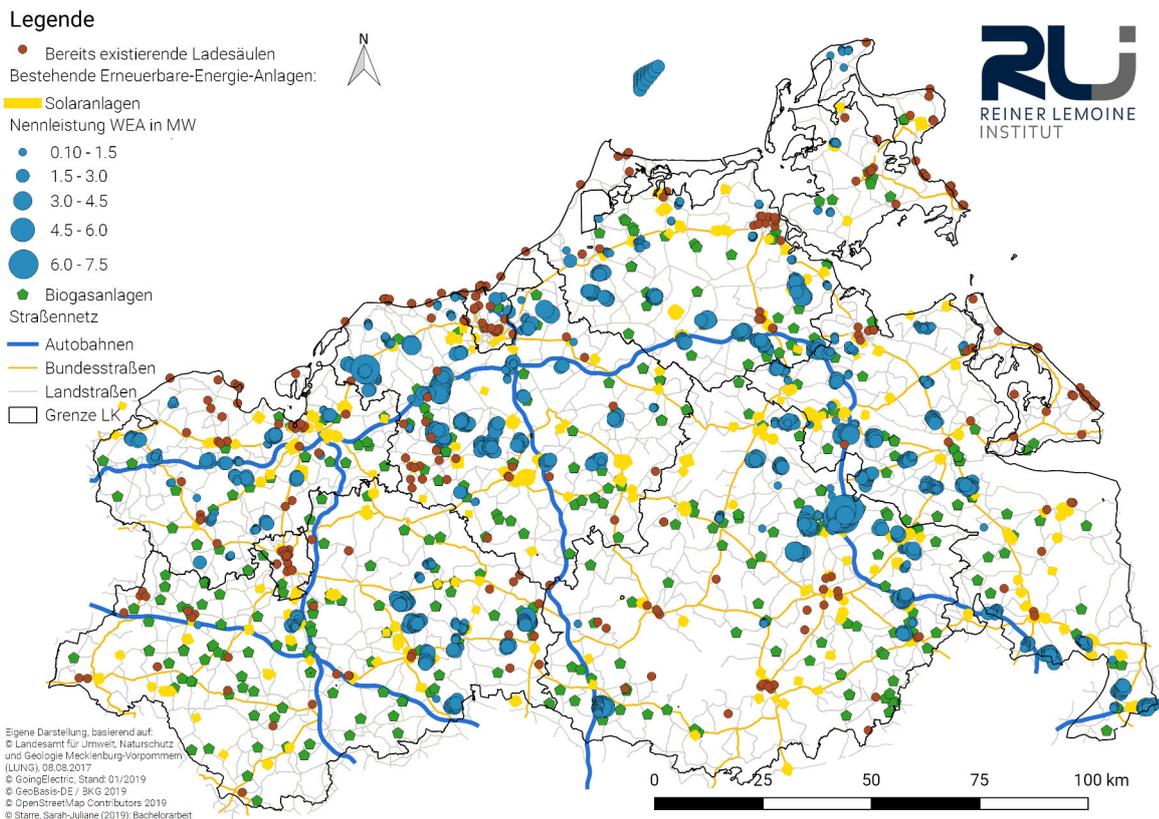


Abbildung 3: Die Verteilung von erneuerbaren Erzeugungsanlagen in Mecklenburg-Vorpommern (Quelle: Starre 2020<sup>4</sup>)

Die HyStarter-Region Rügen-Stralsund möchte ihrer Verantwortung im Klimaschutz gerecht werden. So ist sie im Oktober 2009 dem globalen Klima-Bündnis „Climate Alliance“ beigetreten und verpflichtet sich hierdurch freiwillig zu einer kontinuierlichen Verminderung der Treibhausgasemissionen. Ziel ist es, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß alle fünf Jahre um 10 % zu reduzieren. Dabei soll der wichtige Meilenstein – die Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen (Basisjahr 1990) – bis spätestens 2030 erreicht werden<sup>5</sup>. Die Insel Rügen hat sich langfristig zum Ziel gesetzt, eine Null-Emissionen-Insel zu werden. Zur Verwirklichung des Ziels ist eine Vielzahl von gesellschaftlichen, technologischen und strukturellen Veränderungsprozessen erforderlich. Die lokale und regionale Kreislaufwirtschaft muss zu einer bedeutenden Wirtschaftsform werden. Darüber hinaus ist es notwendig, dass der Energieverbrauch durch Effizienzmaßnahmen verringert und aus regional verfügbaren, erneuerbaren Energien gedeckt wird<sup>6</sup>. Um die europäischen und nationalen Klimaziele einzuhalten, muss der Landkreis bis spätestens 2050 klimaneutral sein.

4 Starre, Sarah (2020): Ländliche Räume und Mobilität mit Erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern - Eine Bestands- und Potenzialanalyse zur Identifizierung von Gemeinden für Elektromobilität am Beispiel des Landkreises Vorpommern-Rügen. Bachelorarbeit am Reiner Lemoine Institut

5 Hansestadt Stralsund (2010): Klimaschutzkonzept der Hansestadt Stralsund. Abrufbar unter: <https://klimaschutz.stralsund.de/export/sites/klimamanagement/Klimaschutz/Klimaschutzkonzept.pdf>

6 IfaS (2012): Integriertes Klimaschutzkonzept mit den drei Teilkonzepten „Erschließung Erneuerbare-Energie-Potenziale“, „Integrierte Wärmenutzung in Kommunen“ und „Klimafreundlicher Verkehr“ für die Inseln Rügen/ Hiddensee. Abrufbar unter: [https://www.lk-vr.de/media/custom/2152\\_799\\_1.PDF?1370311975](https://www.lk-vr.de/media/custom/2152_799_1.PDF?1370311975)

Der Ausbau der erneuerbaren Energien spielt für die Umsetzung der Klimaziele eine entscheidende Rolle, da im Energiesektor ein Großteil der Treibhausgasemissionen entstehen. Derzeit befinden sich im Landkreis 230 Windenergieanlagen (WEA) in 67 Windparks mit einer installierten Leistung von 378,4 Megawatt (MW)<sup>7</sup>.

Darüber hinaus gibt es 49 Biomasse-Anlagen, die insbesondere für die Wärmeversorgung genutzt werden. Diese befinden sich unter anderem in Süderholz, Saal, Stralsund, Bergen auf Rügen und Ahrenshagen. Zudem wurden bislang 2.187 Photovoltaik (PV)-Anlagen mit einer Leistung von 352 MW im Landkreis installiert<sup>7</sup>. Zwar kann die Stromerzeugung zunehmend aus erneuerbaren Energien erfolgen, jedoch sind mit der Sektorenkopplung große Herausforderungen zu bewältigen. Auch der Verkehrs- und Wärmesektor müssen dekarbonisiert werden. Der Energieverbrauch des Landkreises ist noch stark von fossilen Energieträgern geprägt. So dominieren hier die Energieträger Erdgas, Kohle und Heizöl<sup>8</sup>.

Die Ausgangslage im Verkehrssektor zeigt, dass Handlungsbedarf besteht: Charakteristisch für den ländlichen Raum dominiert das Auto die persönliche Verkehrsmittelwahl. Im Landkreis Vorpommern-Rügen beträgt die PKW-Dichte 547 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner, wobei man trotz der ländlichen Struktur unter dem Bundesdurchschnitt von 569 PKW pro 1.000 Einwohner liegt<sup>9</sup>. Es sind insgesamt 122.794 PKWs, 256 Busse und 12.639 LKWs im Landkreis zugelassen. Die Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen (VVR) hat neben dem Hauptsitz in Grimmen weitere Betriebshöfe in Bergen auf Rügen, in der Hansestadt Stralsund und in Ribnitz-Damgarten. Sie betreibt 64 Buslinien mit 172 Fahrzeugen, die im Jahr 2017 insgesamt 11,3 Mio. Fahrgäste beförderten<sup>10</sup>. Eine Besonderheit stellt der Tourismus dar, der im Sommer zu einer hohen Nachfrage des Busverkehrs führt und somit saisonale Schwankungen verursacht. Er führt auch zu einem erhöhten PKW-Aufkommen in den Urlaubsmonaten.

Der Landkreis Vorpommern-Rügen wird im Schienenpersonenverkehr durch die in Ost-West Richtung verlaufende Eisenbahnstrecke Sassnitz/Binz – Bergen auf Rügen – Stralsund – Ribnitz-Damgarten – Rostock sowie die in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Eisenbahnstrecken Stralsund – Greifswald – Berlin sowie Stralsund – Grimmen – Neubrandenburg – Berlin bedient. Die Stichstrecken Velgast – Barth sowie Bergen auf Rügen – Lauterbach ergänzen das Angebot. Zwischen Putbus und Göhren verkehrt mit der Rügenschens Bäderbahn (Rasender Roland) eine Schmalspurbahn, die sowohl touristische als auch Beförderungen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)

---

7 Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (Stand 26.11.2020)

8 Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Energieverbrauch im Landkreis Vorpommern-Rügen 2020. (Stand: 26.11.2020)

9 KraftfahrBundesamt (Stand 01.09.2020)

10 PWC (2017): Bericht der Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen.

Abrufbar unter: [https://www.lk-vr.de/media/custom/2152\\_4424\\_1.PDF?1529546441](https://www.lk-vr.de/media/custom/2152_4424_1.PDF?1529546441)

übernimmt.<sup>11</sup> Der Landkreis hat sich zum Ziel gesetzt, alternative Antriebe im Schienenpersonennahverkehr einzuführen und insgesamt den Verkehrssektor nachhaltiger zu gestalten.

Die Wärmeversorgung ist durch fossile Energieträger gekennzeichnet. Auf der Insel Rügen wird sie zu einem Großteil über Erdgas bereitgestellt. Weiterhin existieren in mehreren Ortschaften Nahwärmenetze, die mit Biogas oder Erdgas betrieben werden. Nahezu alle Siedlungen auf Rügen haben Zugang zu diesem Gasnetz. Lediglich die Region um Putgarten im nördlichsten Teil der Insel ist nicht angeschlossen<sup>6</sup>. Darüber hinaus sind ca. 8.000 Gaskessel und 3.000 Ölkessel als Primärheizungen eingebaut, für die langfristig alternative Lösungen auf Basis erneuerbarer Energien gefunden werden müssen. Auch in der Hansestadt Stralsund sind noch 3.928 Gaskessel und 410 Ölkessel in Nutzung<sup>5</sup>. Es sind zwei Energieversorgungsunternehmen ansässig, die Stadtwerke Stralsund (SWS Energie GmbH) und die E.ON Hanse Wärme GmbH. Beide Unternehmen realisieren die Wärmeversorgung über Fernwärme. Sie erzeugen Wärme in den jeweils eigenen Heizwerken und speisen diese dann in ein Verbundnetz ein. Das größte Fernwärmenetz erstreckt sich über die Wohngebiete Knieper (Nord und West) sowie Grünhufe. In dieses Wärmeverbundnetz speisen ganzjährig vier Heizwerke, ein großes mit Erdgas betriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW) mit einer thermischen Leistung von über 6 MW, drei mit Biomethan betriebene BHKW mit einer thermischen Leistung von je 1 MW sowie ein BHKW mit einer Leistung von 0,5 MW Wärme ein. Die Erzeugung des Biomethans erfolgt in einer landwirtschaftlichen Biogasanlage, die von der SWS Natur GmbH betrieben wird<sup>12</sup>. Auch in der Wärmeversorgung ist es Ziel des Landkreises, Alternativen zu fossilen Heizungssystemen zu realisieren und die Wärmeversorgung klimafreundlich zu gestalten.

Die Umstellung des Verkehrs auf emissionsarme Antriebe kombiniert mit innovativen Mobilitätskonzepten sowie die stufenweise Umstellung der Gebäude auf klimafreundliche Wärmetechnologien im Landkreis orientiert sich an den bundespolitischen Klimazielen sowie an denen von Mecklenburg-Vorpommern. Das Bundesland strebte an, bis 2020 seinen CO<sub>2</sub>-Ausstoß um mindestens 40 % im Vergleich zu 1990 zu verringern. So stammt die Stromerzeugung im Bundesland zu mehr als 70 % aus regenerativen Energiequellen<sup>13</sup>.

---

11 Planungsbüro für Verkehr (2013): Nahverkehrsplan für den Landkreis Vorpommern-Rügen 2014-2019.  
Abrufbar unter: [https://www.lk-vr.de/media/custom/2152\\_1864\\_1.PDF?1389884785](https://www.lk-vr.de/media/custom/2152_1864_1.PDF?1389884785)

12 Stadtwerke Stralsund: Fernwärme.  
Abrufbar unter: <https://www.stadtwerke-stralsund.de/produkte/waerme/fernwaerme/>

13 Agentur für erneuerbare Energien: Mecklenburg-Vorpommern.  
Abrufbar unter: [https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/MV/kategorie/strom/auswahl/510-anteil\\_erneuerbarer\\_/#goto\\_510](https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/MV/kategorie/strom/auswahl/510-anteil_erneuerbarer_/#goto_510)

## 2.2 Wirtschaftspolitische Ziele

Die Unternehmenslandschaft von Mecklenburg-Vorpommern ist durch eine äußerst kleinbetriebliche Strukturierung gekennzeichnet. 22 % der beschäftigten Männer und Frauen arbeiten in Kleinstbetrieben mit weniger als 10 Beschäftigten und 81 % in kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten. Zum Vergleich: In Deutschland betragen diese Werte 18 % und 68 %. Großunternehmen sind in Mecklenburg-Vorpommern so gut wie gar nicht vertreten, nur etwas mehr als 50 Betriebe haben mehr als 500 Beschäftigte<sup>14</sup>. Im Landkreis Vorpommern-Rügen sind 69 Betriebe (ab 20 Beschäftigten) angesiedelt mit insgesamt 4.474 Beschäftigten<sup>15</sup>. Der Landkreis weist mit einer Industriedichte<sup>16</sup> von 20 den geringsten Wert aller Landkreise in Mecklenburg-Vorpommern auf. Auch wenn die kleinen Unternehmen eine stabile und entwicklungsfähige Basis für die Wirtschaft des Landes darstellen, sind sie in besonderem Maße mit spezifischen Entwicklungshemmnissen (insbesondere Finanzierungshemmnissen und Informationsdefiziten) konfrontiert.

Ziel der Industriepolitik der Landesregierung ist es deshalb, die Rahmenbedingungen bereitzustellen, die die Unternehmen brauchen, um zukunftsfähig zu sein und in marktwirtschaftlichen Prozessen bestehen und wachsen zu können. Dazu gehören die Erschließung und Bereitstellung von attraktiven Industrie- und Gewerbegebieten als eine Grundvoraussetzung für Unternehmenserweiterungen und -ansiedlungen. Ein Schwerpunkt ist die gezielte Entwicklung und Erschließung von hafennahen Flächen, z. B. an den Standorten Rostock, Stralsund, Wismar und Sassnitz/Mukran. Diese Flächen und die Großgewerbestandorte Schwerin, Rostock-Laage, Pasewalk und das Pommerndreieck bei Grimmen werden im Rahmen der Standortoffensive vermarktet. Zu den bedeutendsten industriellen Branchen zählen die Ernährungsindustrie, die maritime Industrie, der Maschinen- und Anlagenbau, die Metallerzeugung und -bearbeitung, die Herstellung von Metallerzeugnissen, die Holzindustrie, die Luft- und Raumfahrtzulieferindustrie und die Automobilzulieferindustrie<sup>17</sup>.

Im Landkreis Vorpommern-Rügen ist zusätzlich die Landwirtschaft von großer Bedeutung, sie ist neben dem Tourismus der prägende Wirtschaftszweig. Die Landwirtschaftsbetriebe nutzen, pflegen und erhalten in Nordvorpommern 214.228 ha Landwirtschaftsflächen.

14 Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus Regionale Innovationsstrategie 2020 für das Land Mecklenburg-Vorpommern. Abrufbar unter [https://www.tbi-mv.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Strategiedokument\\_RIS\\_MV-WM.pdf](https://www.tbi-mv.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Strategiedokument_RIS_MV-WM.pdf)

15 Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern: Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern 2020. Abrufbar unter: <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistik/Dateien/Publikationen/Statistisches%20Jahrbuch/Z011%202020%2000.pdf>

16 Sozialversicherungspflichtige Industrie-Beschäftigte im Verarbeitenden Gewerbe je 1.000 Einwohner am 30.09.2017 bezogen auf die Bevölkerung am 31.12.2015

17 Wirtschaftsbericht Mecklenburg-Vorpommern 2018. Abrufbar unter: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/wm/Wirtschaft/Wirtschafts-und-Investitionsf%C3%B6rderung/?id=17667&processor=veroeff>

Das beläuft sich auf 63 % der Fläche des Landkreises. Wirtschaftlich gesehen hat die Landwirtschaft im Landkreis eine nicht zu unterschätzende Funktion als Nachfrager von Leistungen: Landwirte benötigen viele Betriebsmittel und Investitionsgüter. Es sind vor allem kleinere und mittlere Betriebe aus Handel, Handwerk und Gewerbe, die wirtschaftlich stark mit der Landwirtschaft verbunden sind. Die Nachfrage nach Dienstleistungen reichen von der Beratung in betriebswirtschaftlichen, rechtlichen und produktionstechnischen Fragen über Wartungsarbeiten bis hin zur Tiergesundheit und Qualitätsüberwachung der Produktion<sup>18</sup>.

## 2.3 Handlungs- und Innovationswunsch

### 2.3.1 Klimawandel

Abgeleitet von den zuvor beschriebenen energie-, klima- und wirtschaftspolitischen Zielen herrscht in der Region ein expliziter Handlungs- und Innovationswunsch. Die Umsetzung der Klimaziele wird als übergeordnete Aufgabe gesehen. Die Region ist selbst von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen: Neben dem Temperaturanstieg und veränderten Niederschlagsverhältnissen wird insbesondere ein erhöhtes Auftreten von Extremwetterereignissen wie Starkregen erwartet. Diese Veränderungen stellen die Landwirtschaft vor große Herausforderungen. Die zu erwartende Zunahme von Hitze und Dürren belasten Mensch und Natur. Flächen am Wasser müssen zusätzlich zum prognostizierten Anstieg des Meeresspiegels mit mehr Überschwemmungen rechnen. Die Beschreibung möglicher zukünftiger Klimaänderungen in der Region um Stralsund basiert hauptsächlich auf Ergebnissen des regionalen Klimamodells WettReg3 und des Szenarios A1B<sup>5</sup>.

### 2.3.2 Energiewende

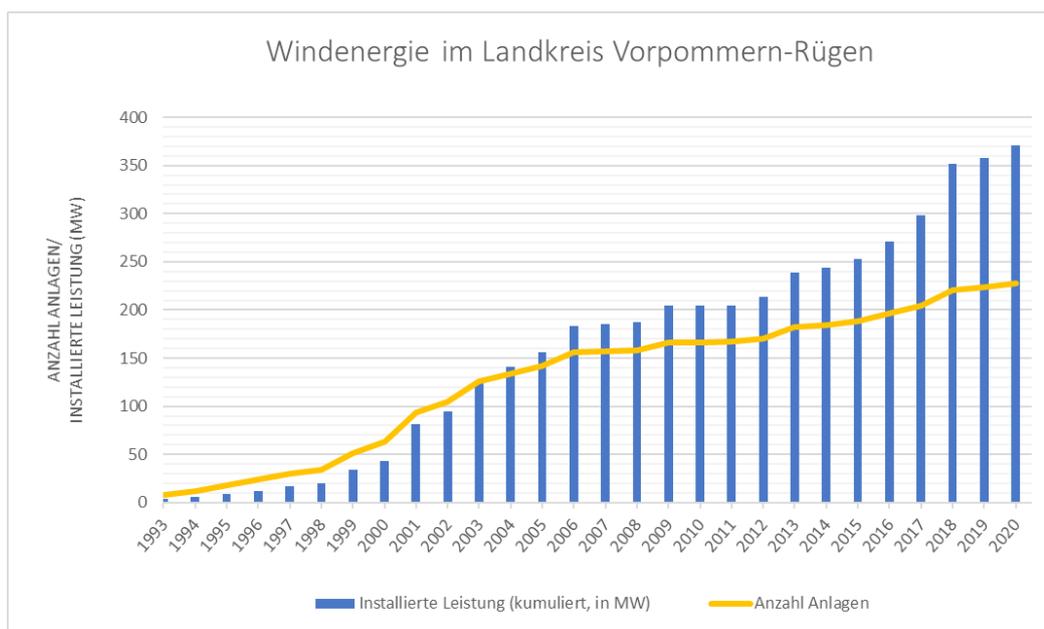


Abbildung 4: Anzahl der Windenergieanlagen nach Jahren der Inbetriebnahme (© BMVI/Nuts One, basierend auf Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur, Stand 26.11.2020)

<sup>18</sup> Bauernverband Nordvorpommern: Landwirtschaft im Landkreis Vorpommern-Rügen. Abrufbar unter: <https://www.die-bauern-von-nordvorpommern.de/informationen>

Die Windenergie spielt im Landkreis eine bedeutende Rolle. Man will aber nicht nur Installationsraum von EE-Anlagen sein. Es sollen Möglichkeiten der sozialen und ökonomischen Teilhabe eröffnet und die Energiewende in Einklang mit der schützenswerten Natur der Region gebracht werden. Durch das Auslaufen der Einspeisevergütung gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für ältere Anlagen ergeben sich viele Fragen hinsichtlich deren Nachnutzung. In Mecklenburg-Vorpommern stellen die Anlagenhersteller Enercon, Vestas und NEG Micon den Großteil des Altanlagenbestands, die bis Ende 2025 aus der EEG-Förderung fallen. Die meisten Hersteller sind im Altanlagenbestand mit mehreren Anlagentypen vertreten. Je häufiger ein Anlagentyp ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass nach wie vor die Versorgung mit Ersatzteilen erfolgen kann. Rückschlüsse darauf, welche Leistungsklassen oder Hersteller häufiger oder seltener in den Weiterbetrieb übernommen wurden, lassen sich jedoch nicht treffen.

### **Grundsätzlich hat der WEA-Betreiber nach Auslaufen der EEG-Förderung vier Optionen (siehe Infobox I):**

1. Repowering
2. Weiterbetrieb
3. Verkauf
4. Stilllegung/Rückbau

Mit dem EEG 2021 wurde der Rechtsrahmen für ausgeförderte Windenergieanlagen an Land angepasst<sup>19</sup>. Diese können in den Genuss einer neu geschaffenen Übergangsregelung kommen: Bis Ende 2021 wurde ein degressiver Zuschlag zum Marktwert und die Abnahmepflicht durch den Netzbetreiber beschlossen. Anlagen, für die ein Repowering nicht möglich ist, können zudem an speziellen Ausschreibungen teilnehmen, um sich einen Vergütungsanspruch bis Ende 2022 zu sichern. Im Rahmen des HyStarter-Projekts wurde untersucht, inwieweit ein Weiterbetrieb von WEA-Anlagen und die Nutzung des Stroms für die Produktion von Wasserstoff sinnvoll gestaltet werden kann. Es wurden auch die allgemeinen Voraussetzungen der Wasserstofferzeugung aus Windenergie geprüft.

---

<sup>19</sup> Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz: Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien. Abruflbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/)

## **Infobox I: Optionen für WEA nach der EEG-Förderung<sup>20</sup>**

### **1. Repowering**

Mit dem Begriff „Repowering“ ist der vollständige Austausch älterer Windenergieanlagen (inkl. Fundament) gegen moderne, leistungsfähigere Modelle gemeint. Der Unterschied zu Neuerrichtungen ist relativ gering, denn beim Repowering gelten nahezu dieselben Anforderungen – von genehmigungrechtlichen Auflagen über die Voraussetzungen bei der Planung bis hin zur Finanzierung und Durchführung. Die zu ersetzenden Anlagen müssen vollständig und inklusive Fundament zurückgebaut und anschließend ordnungsgemäß entsorgt werden oder aber sie finden auf dem Gebrauchtmrkt einen Abnehmer. Erstmals angereizt wurde der Ersatz von Altanlagen durch das EEG 2004. Eine signifikante Steigerung des Repowering war allerdings erst nach dessen Neuregelung im EEG 2009 festzustellen, da mit den neuen Windturbinen, die Altanlagen ersetzen, eine erhöhte Anfangsvergütung von 0,5 ct/kWh festgelegt wurde. Nach Maßgabe des aktuellen EEG werden Repowering-Projekte hinsichtlich der Vergütung mit neuen Windparks gleichgestellt. Folglich müssen sie auch an den regulären EEG-Ausschreibungen teilnehmen. Ein Repowering verringert in der Regel die Anlagenzahl deutlich, während sich der Ertrag aufgrund moderner Anlagentechnologie vervielfacht. Das Interesse, etablierte und weithin akzeptierte Standorte mit bestehender Infrastruktur im Rahmen des Repowering weiter zu nutzen, besteht oftmals nicht nur bei den jeweiligen Anlagenbetreibern, sondern auch den Anwohner\*innen, Grundstückseigentümer\*innen, Netzbetreibern und Kommunen. So werden Flächen hocheffizient weitergenutzt. Studien zufolge können nur 30 % der Windenergieanlagen, die bis 2025 aus dem EEG fallen, nach geltendem Recht repowert werden.

### **2. Weiterbetrieb**

Windenergieanlagen im Weiterbetrieb weisen auch nach Ablauf ihrer Vergütungsdauer einen beträchtlichen Nutzen für das Gesamtsystem auf. Sie genießen überwiegend eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung, leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und schonen durch die weitere Nutzung bestehender Infrastruktur Ressourcen. Ein Weiterbetrieb ist jedoch nur dann möglich, wenn die Betreiber zumindest ihre Betriebskosten am Markt erwirtschaften können. Die Anlagenbetreiber sind häufig Pioniere gepaart mit einem hohen ökologischen Bewusstsein, sodass die Rendite für sie nicht das einzige Kriterium ist. Gleichzeitig konnten sie die letzten 20 Jahre eine hohe EEG-Förderung genießen und haben ggf. hohe Erwartungen. Im Weiterbetrieb führt ein Großkomponentenschaden in der Regel zur Außerbetriebnahme, da dieser

unabhängig von dem spezifischen Weiterbetriebskonzept nicht mehr wirtschaftlich abgedeckt werden kann. Die Deutsche Windguard schätzt die Renditeerwartungen grob auf 0,5 bis 1 ct/kWh. Möchte man die Anlage weiterbetreiben, ist der Betreiber dafür verantwortlich, nach Ablauf der Entwurfsnutzungsdauer die nötigen Schritte einzuleiten, um die Bedingungen des Weiterbetriebs zu erfüllen. Es muss eine technische Eignung der WEA für den Weiterbetrieb durch einen Nachweis der Standsicherheit nach DIBT inklusive DNVGL SE 0263 erfolgen. Der Standsicherheitsnachweis anhand der Typenprüfung läuft in der Regel nach 20 oder 30 Jahren ab. Im Falle eines Weiterbetriebs muss der standortspezifische Standsicherheitsnachweis erneuert werden. Es muss eine Gutachtenerstellung durch einen unabhängigen akkreditierten Gutachter erfolgen. Zuständig für die Kontrolle ist die Behörde, die die Baugenehmigung ausgestellt hat. Weitere Auflagen, wie einzuhaltende Schallpegel, Schattenwurf-Regelungen oder naturschutzrechtliche Belange müssen ebenfalls nachgewiesen werden. Um die Gültigkeit eines erteilten Weiterbetriebsgutachtens zu erhalten, ist üblicherweise alle zwei Jahre (in Sonderfällen jährlich) eine Überprüfung zur Bestätigung des Gutachtens notwendig.

### **3. Verkauf**

Der Verkauf sollte vor dem Auslaufen der EEG-Förderung stattfinden, sodass mögliche Risiken frühzeitig ausgeschlossen werden können. Aktuell existiert ein aktiver Markt mit verschiedenen Unternehmen, die die Anlagen aufgrund strategischer Überlegungen kaufen.

### **4. Rückbau**

Die Rückbauverpflichtung für WEA fußt auf dem Baugesetzbuch (BauGB) § 35 Abs. 5. Um eine Baugenehmigung zu erhalten, muss sich der Betreiber zum vollständigen Rückbau der Windenergieanlagen inklusive Fundament verpflichten. Mit der Rückbauverpflichtung ist zudem eine Sicherheitsleistung zu hinterlegen. Damit wird verhindert, dass im Falle einer Zahlungsunfähigkeit oder bei einem Betreiberwechsel die Kosten von der Allgemeinheit bzw. dem Grundstücksbesitzer getragen werden müssen und das Windrad nach der Außerbetriebnahme bestehen bleibt.

### **2.3.3 Verkehrswende: Tourismusverkehr und innovativer öffentlicher Personennahverkehr**

Der Landkreis Vorpommern-Rügen ist eine sehr beliebte Tourismusregion. Die Insel Rügen gehört zu den absoluten Touristenhochburgen in Deutschland und verzeichnet pro Jahr 5 bis 6 Mio. Übernachtungen. Rund 75 % der Tourist\*innen reisen, nicht zuletzt aufgrund fehlender verkehrlicher Infrastruktur und dem Wunsch nach hoher Flexibilität, mit dem eigenen PKW auf der Insel an und erzeugen gerade während der Sommermonate enorme verkehrliche Probleme<sup>6/20</sup>. Insbesondere die Einheimischen fühlen sich von den Massen an Autos überfordert, die den Landkreis jährlich regelrecht überrollen. Es wird als problematisch erachtet, dass die verkehrliche Situation nicht in Einklang mit dem Naturschutz gebracht werden kann, der die Region auszeichnet. In der Region sollen deshalb attraktive Mobilitätsangebote geschaffen werden, die den Verkehr entlasten und durch den Einsatz von emissionsarmen Antriebstechnologien zum Klimaschutz beitragen. Außerdem ist der Verkehr seit Januar 2021 Teil des deutschen Emissionshandels. Zugrunde liegt ein CO<sub>2</sub>-Preis pro Tonne, der aktuell 25 € beträgt. Dies schafft Anreize zur Einführung von emissionsarmen Fahrzeugen, idealerweise sollten sie mit innovativen Mobilitätskonzepten kombiniert werden, z.B. Ridepooling- und Carsharing-Systeme (mehr dazu in Kapitel 5.3.3)<sup>21</sup>.

Die Verkehrsbetriebe sind an der Umstellung ihrer Dieselbusse auf alternative Antriebe interessiert, um die Einwohner\*innen und Tourist\*innen nachhaltig befördern zu können. Der VVR muss sich wegen rückläufiger Bevölkerungszahlen im ländlichen Raum, einem steigendem Altersdurchschnitt der Einheimischen und einer hohen PKW-Quote weiterentwickeln. Die sich stark entwickelnde Touristikbranche auf der Insel Rügen, der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst und in Stralsund bringt zusätzliche Herausforderungen mit sich. Der VVR empfindet auch aufgrund der Clean Vehicle Directive Handlungsdruck (Richtlinie EU 2019/1161): Sie schreibt den Anteil an sauberen und emissionsfreien Fahrzeugen bei der Fahrzeugbeschaffung im öffentlichen Bereich und bei der Vergabe von Aufträgen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) vor<sup>22</sup>. Wasserstoff wird wie die batterieelektrische Antriebstechnologie als zukunftssträchtige Option gesehen. Um einen Betrieb von Wasserstoffbussen zu ermöglichen, muss im Landkreis eine Wasserstofftankstelle errichtet werden.

---

20 Werner, Nils (2020): Elektromobilität für Tourismusorte. Handlungsempfehlung für Kommunen zur Förderung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen und der Verbindung von Verkehrs- und Energiewende.

Abrufbar unter: [https://www.metropolregion.de/wp-content/uploads/2020/10/WEB-ETO\\_Endkonzept\\_Final\\_mitAnhang.pdf](https://www.metropolregion.de/wp-content/uploads/2020/10/WEB-ETO_Endkonzept_Final_mitAnhang.pdf)

21 Das Ridepooling ist ein Hybrid zwischen Taxi und ÖPNV: Fahrten finden unabhängig von einem Fahrplan oder einem Linienweg statt (wie beim Taxi), unterwegs dürfen Fahrgäste ein- und aussteigen (wie im Bus). Es erinnert an das Anruf-Sammeltaxi, ist jedoch digitalisiert, effizienter und flexibler.

22 Richtlinie (EU) 2019/1161 des europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge.

Abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1161&from=EN>

### 2.3.4 Wärmewende: Ölheizungsverbot und CO<sub>2</sub>-Steuer

Ab 2026 dürfen in Deutschland Ölheizungen nur noch als Hybridsysteme eingebaut werden, die eine Einbindung von erneuerbaren Energien vorsehen, zum Beispiel mit einer Solaranlage oder Wärmepumpe. Da ein Heizkessel in der Regel nach 30 Jahren Betriebsdauer ersetzt werden muss, ist es wichtig, jetzt schon Ersatzlösungen für Ölheizungen aufzuzeigen. Auf der Insel Rügen und in ländlichen Teilen des Landkreises könnten durch die Wasserstofftechnologie moderne Konzepte der Gebäudeenergieversorgung realisiert werden. Strebt man eine weitreichende Dekarbonisierung des Wärmesektors im Sinne des Pariser Klimaabkommens an, müssen perspektivisch Alternativen für Gaskessel sowie Wege zur Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes gefunden werden.

Die Bundesregierung hat im Klimaschutz-Programm die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises auf Benzin, Diesel, Heizöl und Gas beschlossen. Die CO<sub>2</sub>-Steuer ist Anfang 2021 in Deutschland eingeführt worden, um Anreize für klimafreundliche Technologien wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge zu schaffen. Zunächst ist der Preis für eine Tonne Kohlendioxid mit 25 € angesetzt worden. Der CO<sub>2</sub>-Preis wird jährlich angehoben und 2025 bei 55 € liegen. Ein Rechenbeispiel der Verbraucherzentrale zeigt, wie sich die CO<sub>2</sub>-Steuer auf die Heizkosten auswirken kann<sup>23</sup>. Stößt eine Gasheizung pro Kilowattstunde durchschnittlich 202 Gramm Kohlendioxid aus, liegen die Emissionen bei einem Verbrauch von 20.000 Kilowattstunden im Jahr bei rund 4 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Im Jahr 2021 fallen dafür Mehrkosten von rund 120 € an (25 € + 19 % Mehrwertsteuer/t für 4,04 t), 2025 sind es dann rund 264 € (55 € + 19 % Mehrwertsteuer /t für 4,04 t). Wer mit Öl heizt, muss von höheren Mehrkosten ausgehen, denn dabei entstehen pro Kilowattstunde 266 g CO<sub>2</sub>. Folglich müssten man im Jahr 2021 rund 158 € mehr bezahlen, 2025 wären es knapp 348 €.

---

<sup>23</sup> Verbraucherzentrale: Klimapakete: Was bedeutet es für Mieter und Hausbesitzer?  
Abrufbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/heizen-und-warmwasser/klimapakete-was-bedeutet-es-fuer-mieter-und-hausbesitzer-43806>

### 2.3.5 Wirtschaftliche Zukunftsaussichten

Der Landkreis-Vorpommern Rügen möchte die Chance der wirtschaftlichen Weiterentwicklung nutzen und dazu beitragen, dass das industriepolitische Nord-Süd-Gefälle sukzessive abgebaut wird. Deswegen liegt es im Interesse der Region, ein eigenes Wasserstoff-Netzwerk aufzusetzen und interessierten Akteuren sowie Unternehmen die Möglichkeiten der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie näher zu bringen. Durch die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff können neue Industriezweige entwickelt und Unternehmen angesiedelt werden. Wasserstoff und daraus synthetisierte Produkte wie Ammoniak können in den regionalen Betrieben genutzt werden. Insbesondere die Transformation der ansässigen Häfen zu Energie- und Wasserstoffhäfen wird als übergeordnetes Ziel gefasst. An den Häfen kann nicht nur die gesamte Wertschöpfungskette der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie abgebildet werden, sondern es können auch Ausbildungsberufe im Schiffsbau und der Energiebranche geschaffen werden.

Im Küstenraum und in den Hafenstädten belasten Schiffsabgase die Luft. Schiffe emittieren vor allem Spurengase wie Stickoxide, Kohlendioxid, Schwefeldioxid, aber auch Ruß und Feinstaub. Dies hat Auswirkungen auf die Gesundheit, die Umwelt und das Klima. Auf internationaler Ebene wurden unter dem Dach der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation (IMO) Regelungen zum Schutz vor Verschmutzungen der Meeresumwelt durch die Schifffahrt vereinbart (MARPOL)<sup>24</sup>. Seit 2005 regelt die Anlage VI des MARPOL-Übereinkommens den Schutz vor Luftverschmutzungen durch Schiffsabgase. Nord- und Ostsee wurden in den Jahren 2005 und 2006 als besondere Schwefel-Emissionen-Überwachungsgebiete ausgewiesen. Konkretere Emissions-einsparungsziele für die maritime Wirtschaft sollen auch Bestandteil des europäischen Green Deal sein. Bisher kommt es in der Schifffahrt eher vereinzelt zur Verwendung von alternativen Treibstoffen wie Methanol, Ethan oder Wasserstoff. Zwar bieten einige Motorenhersteller bereits sogenannte Dual-Fuel-Technologien an, bei denen sowohl herkömmliche als auch alternative erneuerbare Kraftstoffe verwendet werden können. Doch besteht für die konkrete Verwendung dieser alternativen Kraftstoffe das Problem der Verfügbarkeit von Bunkern und des Mangels an Verteilernetzen<sup>25</sup>. Die Weiße Flotte im Hafen Stralsund interessiert sich grundsätzlich für die Umstellung ihrer Schiffe auf alternative Antriebe, unter anderem für das Schiff Altefähr wird eine wasserstoffbasierte Lösung gesucht (siehe Tabelle 1).

---

24 Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie: Schiffsemissionen.

Abrufbar unter: [https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Schifffahrt/Umwelt\\_und\\_Schifffahrt/Schiffsemissionen/schiffsemissionen\\_node.html](https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Schifffahrt/Umwelt_und_Schifffahrt/Schiffsemissionen/schiffsemissionen_node.html)

25 Deutscher Bundestag (2018): Maßnahmen zur Minderung von Emissionen in der Schifffahrt. Alternative Kraftstoffe und Antriebe.

Abrufbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/559626/b136948e9897d506d321fb4fca5ca00c/wd-8-032-18-pdf-data.pdf>

26 Weiße Flotte: Unsere Schiffe.

Abrufbar unter: <https://www.weisse-flotte.de/informationen/schiffe>

Die Neuausrichtung der Häfen als "Green Ports" deckt sich zudem mit dem Ziel eines nachhaltigen Tourismus, der die Bewahrung der einzigartigen Landschaft sicherstellen und deswegen möglichst klimaschonend gestaltet werden soll. Die Akteure der Region finden, dass gerade klimafreundliche Antriebe im ÖPNV und in der Schifffahrt zu einer größeren Authentizität des Nachhaltigkeitsverständnisses beitragen können. Wird dies glaubhaft realisiert, könnte so eine steigende Akzeptanz für den Ausbau der erneuerbaren Energien bei den Bürger\*innen geschaffen werden.

Reederei	Name	Schiff	Leistung	Baujahr	Passagiere
Weißer Flotte	Altefähr	Motorschiff	367 kW	1996	225
Weißer Flotte	Sundevit	Motorschiff	250 kW	1992	300
Weißer Flotte	Sellin	Motorschiff	257 kW	2001	161
Weißer Flotte	Glewitz	Motorfähre	3 x 187 kW	1965	250
Weißer Flotte	Stahlbrode	Motorfähre	3x 245 kW	1966	300
Weißer Flotte	Wittow	Motorfähre	3x 245 kW	1996	150
Weißer Flotte	Swanti	Eisbrecher	2x 257 kW	1967	0
Reederei Hiddensee	Stralsund	Motorfähre	2x 144 kW	1963	50
Reederei Hiddensee	Schaprode	Motorschiff	2x 367 kW	1993	366
Reederei Hiddensee	Vitte	Motorfähre	2x 367 kW	1968	400
Reederei Hiddensee	Hansestadt Stralsund	Motorschiff	2x 367 kW	1996	400
Reederei Hiddensee	Insel Hiddensee	Motorschiff	2x 367 kW	1995	400
Reederei Hiddensee	Gellen	Motorschiff	2x 367 kW	1993	400
Reederei Hiddensee	Pirat	Wassertaxi	2x 198 kW	1993	20
Reederei Hiddensee	Störtebeker	Wassertaxi	2x 198 kW	1992	20
Reederei Kipp	Kleine Freiheit	Motorschiff	331 kW	1992	240
Reederei Kipp	Wappen von Breege	Motorschiff	662 kW	2005	400

Tabelle 1: Schiffe im Einsatz der Weißen Flotte im Landkreis (Quelle: Weiße Flotte)<sup>26</sup>

### 3. Die Wasserstoffvision der Region Rügen-Stralsund



Abbildung 5: Visualisierung der Wasserstoffvision (© BMVI/David Borgwardt)

Gemeinsam mit den regionalen Akteuren wurde eine Vision entworfen, um eine klare und übergreifende Vorstellung zur zukünftigen Rolle von Wasserstoff in der Region zu skizzieren. Entwickelt wurde die Vision innerhalb der Stakeholderdialoge sowie aufgrund des Feedbacks auf der HyStarter-Infoveranstaltung. Diese Vision wurde von einem Zeichner in eine Grafik zur Darstellung der regionalen Wasserstoffwirtschaft überführt (siehe Abbildung 5). Auf der Zeichnung ist zu erkennen, dass es viele Erzeuger sowie Anwender von Wasserstoff gibt und deren Einführung im Einklang mit dem existierenden Stadt- und Landschaftsbild steht. Die Technologiekomponenten mussten zum Teil aus Platzgründen an bestimmten Standorten auf dem Bild platziert werden und sollen dort nicht in der Realität aufgebaut werden, z.B. das H<sub>2</sub>-ready BHKW. Es konnten auch nicht alle Wasserstoffprojekte des Landkreises abgebildet werden, z.B. der Hafen Sassnitz.

#### Zu den Bildelementen gehören:



**H<sub>2</sub>-ready BHKW:** Ein H<sub>2</sub>-ready BHKW kann erst einmal durch Gas betrieben und regionale Wärme für Gebäude und Wärmenetze produzieren. Durch den Gasmischbetrieb kann der Anteil des Erdgases zur Erzeugung von Wärme zukünftig reduziert und der Anteil an grünem Wasserstoff erhöht werden.



**BZ-Busse:** BZ-Bussen ermöglichen einen emissionsfreien und leisen ÖPNV für Bürger\*innen und Tourist\*innen. Durch die Umstellung auf BZ-Busse kann grüner Wasserstoff eingesetzt werden, dies zählt auch auf die regionale Wertschöpfung ein.



**Fähre:** Die Umstellung der maritimen Wirtschaft auf nachhaltige PtX-Antriebe basierend auf Wasserstoff bietet für die Region sowohl große wirtschaftliche als auch klimapolitische Potenziale. Die Nord- und Ostsee gehören zu den am häufigsten befahrenen Meeren der Welt, dort sollen langfristig emissionsarme Schiffe dominieren.



**Multimodale Tankstelle:** Eine multimodale Tankstelle kann die parallele Betankung von LKWs, Bussen, Müllsammelfahrzeugen und Schienenfahrzeugen mit BZ-Antrieb ermöglichen. Die Tankstelle könnte notfalls mit grauem Wasserstoff aus der Industrie versorgt werden, bis regionaler grüner Wasserstoff zur Verfügung steht.



**Klärschlammverwertungsanlage + Plasmalyse:** Eine Klärschlammverwertungsanlage des Zweckverbands Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen befindet sich in Bergen auf Rügen. Dort könnte das Plasmalyse-Verfahrens der Firma Graforce implementiert werden. Es wäre ein komplementärer Wasserstofferzeugungspfad zur Elektrolyse (türkiser H<sub>2</sub>).



**Erneuerbare Energien:** Wind- und Solarstrom können für die Erzeugung von Wasserstoff über die Elektrolyse genutzt werden und zu regionalen Wasserstoffanwender transportiert werden.

Neben der Vision hat sich die Region Kernbotschaften gesetzt, die zusammenfassen, welche Aspekte ihr in der Erreichung dieser Vision besonders wichtig sind:

**Keimzellenansatz:** Die Region macht sich für einen zellularen Ansatz stark, sodass man verschiedene Keimzellen für die Wasserstofferzeugung und -nutzung in der Region schafft. Die Erzeugung und Nutzung sollen innerhalb einer Keimzelle spezifisch ausgearbeitet werden. Entsteht bspw. in einer Keimzelle ein Überschuss an regional erzeugtem Wasserstoff, können weitere regionale Keimzellen, die den Wasserstoff nutzen, aktiviert werden. Durch den Keimzellenansatz sollen parallele Aktivitäten angestoßen, mehrere Nutzer und Erzeuger zusammengebracht werden. Man möchte das Risiko minieren vor einer Sackgasse zu stehen, sollte sich eine einzelne Projektidee als nicht umsetzbar erweisen.

**Nachhaltig:** Die Potentiale an erneuerbaren Energien sollen ausgeschöpft und für die Erzeugung von grünem Wasserstoff genutzt werden. Dies soll im Einklang mit der schönen Natur der Region stehen. Wasserstoff soll sich dabei in die regionalen Aktivitäten zur Energie- und Verkehrswende einbetten, man sieht keine Konkurrenz zwischen der batterieelektrischen und brennstoffzellenbasierten Mobilität, sondern ein Zusammenspiel.

**Regionale Wirtschaftlichkeit:** Die Energiebranche wird als wichtiger Hebel für die regionale Wirtschaft gesehen. Getreu dem Motto „Von der Region für die Region“ sollen innovative und nachhaltige Wertschöpfungszeige etabliert werden, die neue Arbeitsplätze generieren, die Attraktivität der Landschaft erhalten und für die Menschen vor Ort einen Nutzen aus der Energiewende generieren. Man will Synergien zwischen Wasserstoff und den bereits existierenden Wirtschaftszweigen wie dem Tourismus und der maritimen Nutzung erwirken.

**Umsetzbarkeit:** Im Vordergrund steht die Umsetzbarkeit von Projekten. Man will die existierenden Hürden der Wasserstofftechnologien abbauen. Dazu sollen ein stärkerer Wissensaustausch und eine Vernetzung von „Machern“ der Region ermöglicht werden. Aber auch Bürger\*innen sollen die Möglichkeit erhalten, mehr über das Thema zu erfahren und Beteiligungsmöglichkeiten aufgezeigt bekommen.

Der Keimzellenansatz deckt sich mit der Grundidee der Norddeutschen Wasserstoffstrategie, die auf die Entwicklung von Wasserstoff-Hubs abzielt (die räumliche Bündelung von Erzeugung, Verteilung und Nutzung, z.B. in Mobilität und Industrie). Die Wasserstoff-Hubs sind in diesem Sinne strategische Standorte, vorzugsweise Hafenstandorte gemäß der Wasserstoffstrategie der Küstenländer, die über eine kritische Masse an Wasserstoffnachfrage in räumlicher Nähe zu Wasserstoffproduktion und Wasserstoffinfrastruktur (Speicherung, Transport) verfügen und erforderliche Logistikfunktionen übernehmen können. Aus den regionalen Keimzellen, die insbesondere parallele Aktivitäten vor Ort darstellen, können dann übergeordnete Wasserstoff-Hubs werden.

## 4. Regionale Wasserstoffherzeugung und -nutzung

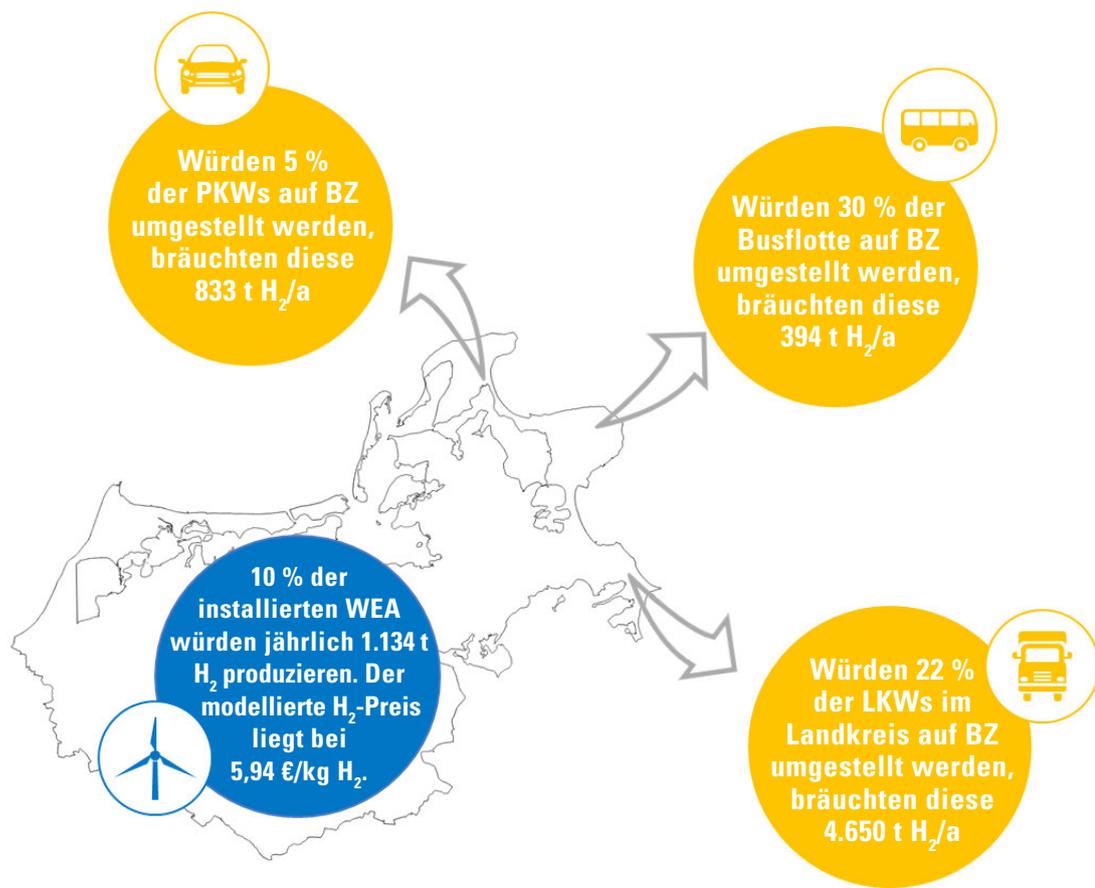


Abbildung 6: Wasserstoffpotenziale im Landkreis (© BMVI/Nuts One)

Im Rahmen des HyStarter-Prozesses erfolgte eine erste grobe Abschätzung der angebots- und nachfrageseitigen Wasserstoffpotenziale im Landkreis, um eine Diskussionsbasis herzustellen und die vorhandenen Ideen zu evaluieren:

- Würden 10 % der existierenden WEA für die elektrolytische Wasserstoffherzeugung genutzt werden, so könnte man 1.134 t H<sub>2</sub> pro Jahr herstellen. Die Voraussetzungen für die regionale Wasserstoffherzeugung sind aussichtsreich und dies stößt daher auch auf großes Interesse bei den Windparkbetreibern. Für die Vielzahl an interessierten Wasserstoffproduzenten müssen nun konkrete Abnehmer gefunden werden.
- Die Verwendung von 10 % der installierten WEA zur plasmalytischen Produktion von Wasserstoff könnte eine Hebelwirkung von ca. Faktor 5 entfalten (Elektrolyse 54 kWh/kg H<sub>2</sub> und Plasmalyse 10 kWh/kg H<sub>2</sub>), wenn ausreichend Ausgangsstoffe verfügbar sind, aus denen Wasserstoff plasmalytisch gewonnen werden kann (Gülle, Abwässer, Biogas etc.).

Der modellierte Wasserstoffpreis entstand im Rahmen der Simulation durch das RLI (siehe Kapitel 5.6) und berücksichtigt nicht die ausstehende Verordnung zur Umlagenbefreiung durch die EEG-Novelle 2021.

Ein Rechenbeispiel aus dem Verkehrssektor zeigt, wie sich die Entwicklung der Wasserstoffnachfrage ändern könnte: Legt man die Basisannahmen für die PKW-Zulassungen der Shell Wasserstoffstudie zugrunde, so würden in Deutschland bis 2030 5 % des Fahrzeugbestandes mit Wasserstoff betrieben werden<sup>27</sup>. Das wären für den Landkreis 6.140 PKWs, die bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von ca. 13.568 km im Jahr und einem durchschnittlichen Verbrauch von 1 kg H<sub>2</sub>/100km, eine jährliche Nachfrage von 833 t H<sub>2</sub> generieren. Zusätzliches Abnahmepotential ergibt sich aus der Umrüstung des ÖPNVs und des Schwerlastverkehrs im Landkreis. Busse verbrauchen durchschnittlich 10 kg H<sub>2</sub>/100km (LKW: 7 kg H<sub>2</sub>/100 km) und legen jährlich durchschnittlich 51.309 km pro Fahrzeug zurück (LKW: 23.891 km)<sup>28</sup>.

Nimmt man an, dass sich der Anteil der BZ-Bussen im Landkreis bis 2030 auf 30 % (LKW: 22 %<sup>29</sup>) erhöht, so erhält man hier einen Wasserstoffbedarf von 394 t H<sub>2</sub>/a (LKW: 4.650 t H<sub>2</sub>/a) (siehe Abbildung 6). Der Wasserstoffbedarf der Busflotte könnte beispielsweise alleine durch den Windpark Mannhagen gedeckt werden (siehe Abbildung 7). Für die Versorgung einer großen Anzahl an BZ-LKWs müssten mehrere Windparks Wasserstoff erzeugen. Diese Musterrechnungen zeigen die langfristigen Potentiale für die Wasserstoffnachfrage.

Abbildung 8 gibt einen allgemeinen Überblick über potenzielle Wasserstoffabnehmer im Landkreis. Berücksichtigt wurden Unternehmen oder Organisationen, die entweder einen direkten Bezug zum Thema Wasserstoff und Energie haben wie die maritime Schifffahrt oder Hotels oder Abnehmer, die einen indirekten Bezug zu Wasserstoff haben wie Kliniken, da dort der in der Elektrolyse anfallende Sauerstoff abgenommen werden könnte. Aber auch die Polizei wurde aufgelistet, da wie in Berlin der Einsatz von BZ-PKWs ein Erprobungsfall sein könnte<sup>30</sup>. Bei den Abnehmern im Landkreis kann kein Anspruch auf Vollständigkeit garantiert werden.

---

27 Shell (2017): Wasserstoffstudie.

Abrufbar unter: [https://www.shell.de/medien/shell-publikationen/shell-hydrogen-study/\\_jcr\\_content/par/toptasks\\_e705.stream/1497968981764/1086fe80e1b5960848a92310091498ed5c3d8424/shell-wasserstoff-studie-2017.pdf](https://www.shell.de/medien/shell-publikationen/shell-hydrogen-study/_jcr_content/par/toptasks_e705.stream/1497968981764/1086fe80e1b5960848a92310091498ed5c3d8424/shell-wasserstoff-studie-2017.pdf)

28 Bundesanstalt für Straßenwesen (2014): Fahrleistungserhebung 2014.

Abrufbar unter: [https://www.bast.de/BASSt\\_2017/DE/Publikationen/DaFa/2018-2017/2017-04.html](https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Publikationen/DaFa/2018-2017/2017-04.html)

29 Fraunhofer ISI (2020): Wie könnte ein Tankstellenaufbau für Brennstoffzellen-LKW in Deutschland aussehen?

Abrufbar unter: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2020/WP-09-2020\\_Wasserstoff-Tankstellen\\_Wi-Gnt-rose.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2020/WP-09-2020_Wasserstoff-Tankstellen_Wi-Gnt-rose.pdf)

30 Heise (2020): Brennstoffzellen: Auch Berliner Polizei testet Wasserstoff-Auto.

Abrufbar unter: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Brennstoffzellen-Auch-Berliner-Polizei-testet-Wasserstoff-Auto-4651829.html>

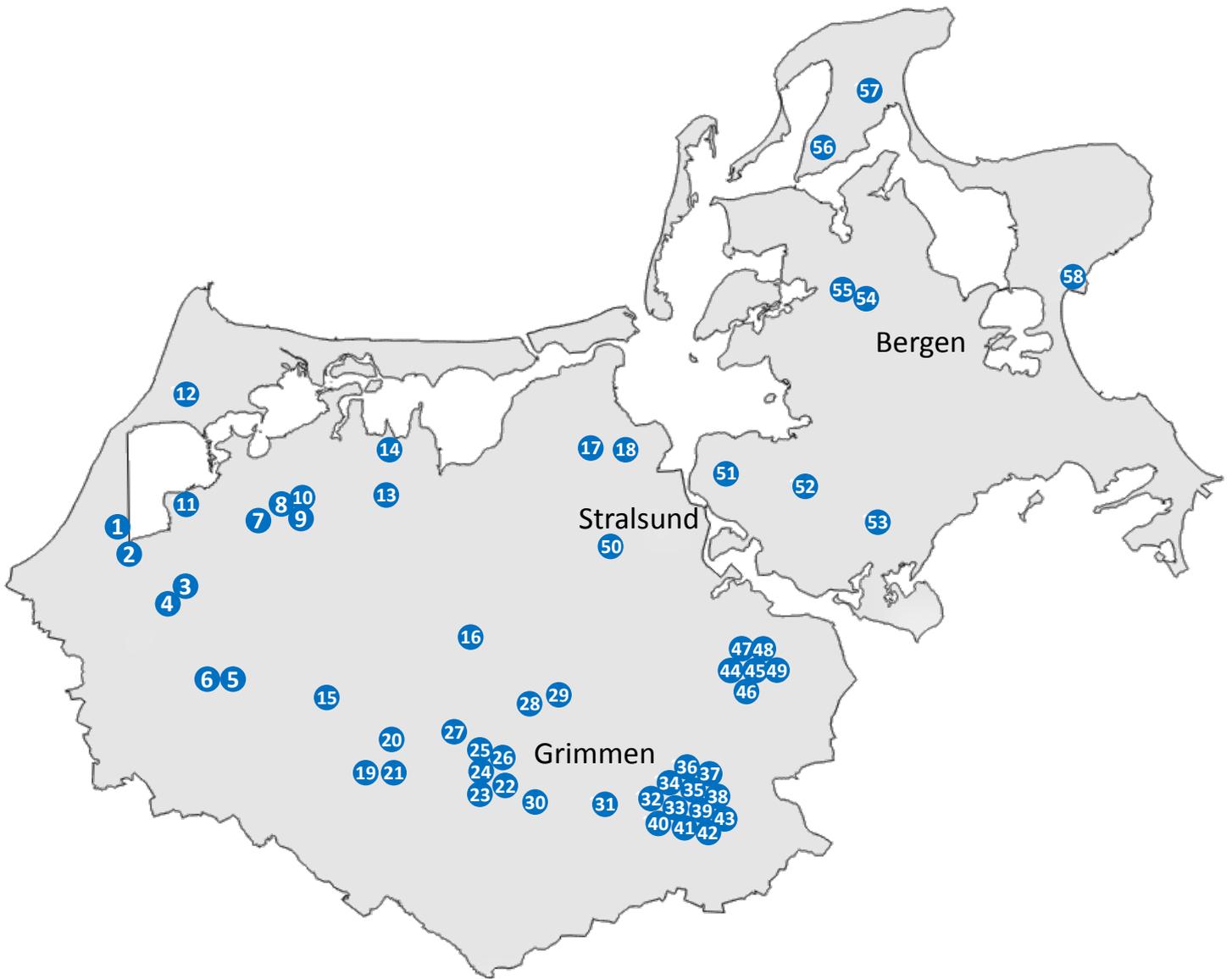


Abbildung 7: Potenzielle Wasserstoffherzeugung aus Windenergie im LK (basierend auf Fußnote 7)  
 (© BMVI/Nuts One)

## 4.1 Windparks im Landkreis Vorpommern-Rügen

Windpark	Installierte Leistung in kW	Inbetriebnahme	H <sub>2</sub> -Erzeugungspotential in t/a
1 Körkwitz	800	2015	24
2 Borg	2.000	2007	60
3 Marlow			
Teil 1:	20.000	2001	600
Teil 2:	3.300	2018	99
4 Marlow-Kuhlrade			
Teil 1:	600	1994	48
Teil 2:	1.500	2003	45
5 Marlow-Neu Guthendorf	19.800	2018	594,1
6 Kloster Wulfshagen			
Teil 1:	16.000	2005	480
Teil 2:	4.600	2009	138
7 Ribnitz-Damgarten-Daskow	5.000	2000	150
8 Trinwillershagen	25.200	2003	765
9 Windkraftanlage TWH	2.300	2016	69
10 Windmüllerei TWH	4.800	2017	144
11 Saal	500	1993	15
12 Born	600.000	1993	18
13 Kenz-Küstrow	1.000	1994	30
14 Barth	550	1996	16,5
15 WP Eixen-Semlow			
Teil 1:	1.500	2000/2001	45
Teil 2:	18.000	2006	540
Teil 3:	6.900	2013	207
16 Richtenberg	1.500	1996	45
17 Preetz	1.700	1994/1995	51
18 Kramerhof	1.500	1995	45
19 Lindholz	500	1995	15
20 Tribsees-WA Thomashof	300	2002	9
21 WP Tribsees			
Teil 1:	6.100	2015	183
Teil 2:	4.200	2015	126
22 WP Grimmen	7.800	1999	234
23 WP Wendisch Baggendorf	9.200	2006	276
24 Windenergie Leyerhof	2.000	2016	60
25 Heiko und Jörg Greiser GbR	1.200	1998	36
26 WP Gremersdorf-Rekentin			
Teil 1:	7.500	2002	225
Teil 2:	4.500	2003	135
Teil 3:	8.500	2004	255
Teil 4:	3.075	2014	92,3
Teil 5:	2.300	2015	69
Teil 6:	6.900	2016	207

Windpark	Installierte Leistung in kW	Inbetriebnahme	H <sub>2</sub> -Erzeugungspotential in t/a
<b>27</b> Grimmen WP Grelenberg			
Teil 1:	10.000	2009	300
Teil 2:	2.300	2013	69
<b>28</b> WP Papenhagen	8.700	2018	261
<b>29</b> Grimmen-WIND-projekt	9.600	2020	288,2
<b>30</b> Investment 22	6.000	2012	180
<b>31</b> WP Rakow	12.600	2000/2001	60
<b>32</b> Pommern-Wind	2.000	2004	60
<b>33</b> Baltic Wind	4.000	2004	120
<b>34</b> Süderholz-Stadtwald	12.600	2017	378
<b>35</b> Süderholz-Plötzer Wind	3.050	2017	91,5
<b>36</b> Süderholz-HZ1 Hust	3.300	2017	99
<b>37</b> Windgesellschaft Kandelin	6.000	2018	180
<b>38</b> Süderholz - 1151025/7	6.000	2018	180
<b>39</b> Süderholzer Wind	3.000	2018	90
<b>40</b> Müllerberg Wind	3.000	2018	90
<b>41</b> Candy Wind	3.000	2018	90
<b>42</b> EE Groß Bisdorf 50	3.300	2019	99
<b>43</b> Groß Bisdorf GBZ1	3.450	2019	103,5
<b>44</b> WP-Manhagen			
Teil 1:	4.000	2001	120
Teil 2:	4.000	2002	120
Teil 3:	2.000	2008	60
Teil 4:	9.225	2012/2013	276,8
Teil 5:	6.600	2016	198
<b>45</b> WP Milzow	2.000	1993	60
Teil 1:	10.000	2013	300
Teil 2:	3.450	2020	104
<b>46</b> Sundhagen-Impalex	2.000	1993	60
<b>47</b> Windpark Brandshagen	2.000	1997	60
<b>48</b> Sundhagen-Lafrentz Windkraft	1.000	2002	30
<b>49</b> Sundhagen-CP Wind			
Zweiundvierzigste	2.000	2014	60
<b>50</b> Windpark Lüssow	4.500	1995	135
<b>51</b> Windpark Poopelwitz	2.900	1993/1995	87
<b>52</b> Ramin	800	1996	24
<b>53</b> Garz-Krüger	600	2002	18
<b>54</b> Windpark Kluis	6.000	1999	180
<b>55</b> Windenergieanlage Gagern	300	1999	9
<b>56</b> Windpark Bohlendorf	4650	1997/1998	139,5
<b>57</b> Altenkirchen	500	1993	15
<b>58</b> Sassnitz	300	1998	9

Tabelle 2: Windparks im Landkreis Vorpommern-Rügen

## 4.2 Potentielle Abnehmer von Wasserstoff im Landkreis

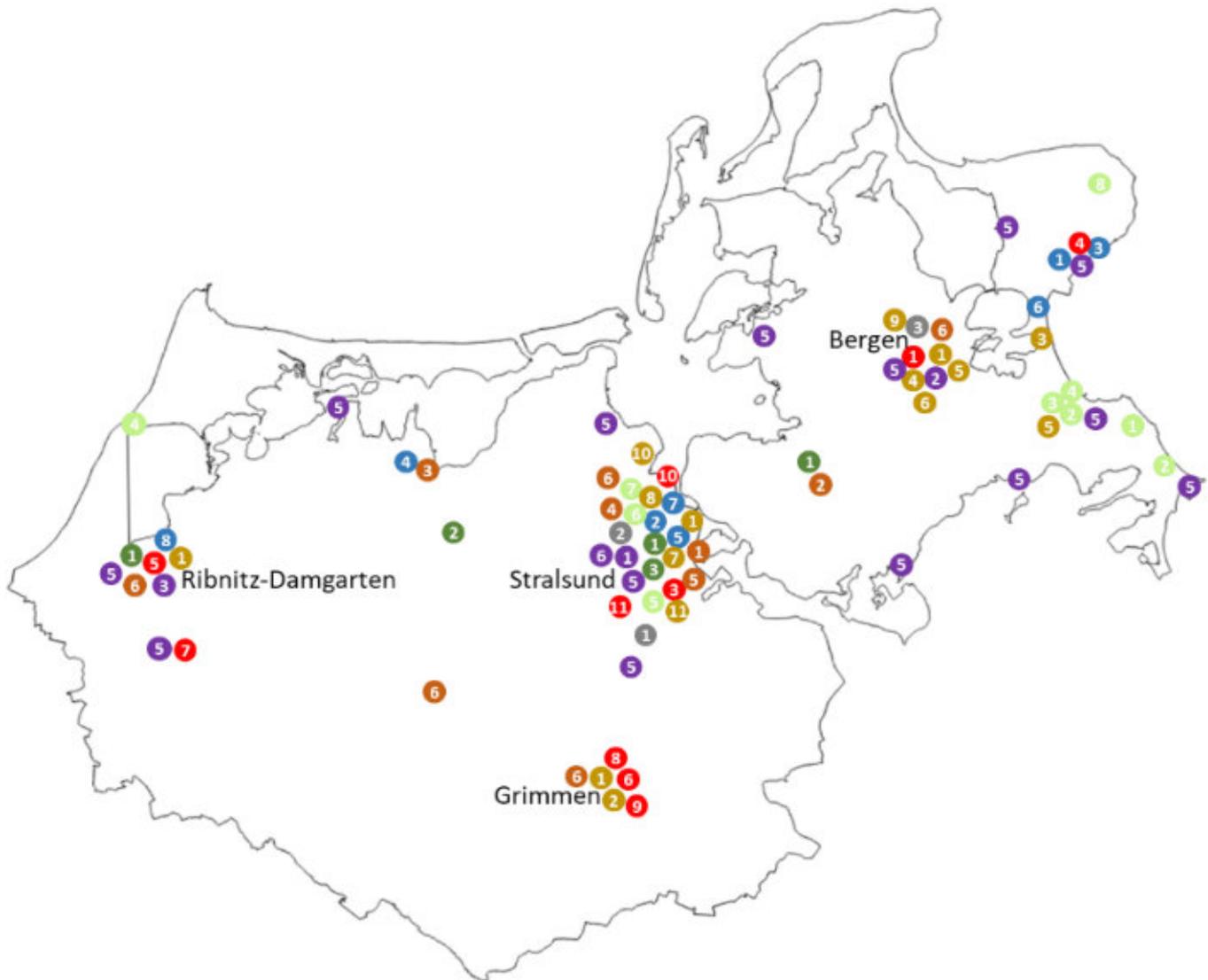


Abbildung 8: Potenzielle Abnehmer von Wasserstoff im Landkreis (© BMVI/Nuts One)



### Maritime Anwendung

- 1 Reederei Lojewski
- 2 Weiße Flotte GmbH
- 3 Adler Reederei
- 4 Schiffswerft Barth GmbH
- 5 Ampereship GmbH
- 6 Mukran Port
- 7 Seehafen Stralsund GmbH
- 8 Hafen Ribnitz-Damgarten



### Industrie

- 1 Ostseestahl GmbH
- 2 Metallbau Rügen Samtens
- 3 TAB Maschinen- u. Stahlbau GmbH
- 4 Stralsunder Möbelwerke GmbH
- 5 MV Werften Stralsund GmbH
- 6 Happy Beton GmbH



### Kritische Infrastruktur

- 1 Helios Klinikum Stralsund
- 2 Sana Klinikum Bergen
- 3 Bodden Kliniken Ribnitz-Damgarten
- 4 Technisches Hilfswerk
- 5 Feuerwehr Vorpommern-Rügen
- 6 Polizei Vorpommern-Rügen



### Verkehr

- |   |   |
|---|---|
| 1 Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen (VVR)             | 8 Taxi Bohun                            |
| 2 Star-Tankstelle Pommerndreieck                          | 9 Rügen Taxi                            |
| 3 Sightseeing Trains Rügen GmbH                           | 10 Hansafunk Taxi                       |
| 4 SIXT Autovermietung                                     | 11 YourCar GmbH -Carsharing             |
| 5 Europcar  | 12 Ostseeflughafen Stralsund-Barth GmbH |
| 6 Opel Rent   | 13 Ostseeflug Rügen GmbH                |
| 7 AVIS Autovermietung Wucherpennig & Krohn GmbH Stralsund |   |



### Logistik

- 1 Bartels-Langness
- 2 Borbe Transport KG
- 3 Rügen C&C Warenhandels GmbH



### Abfall

- 1 Nehlsen MV GmbH & Co. KG
- 2 Alba Nord GmbH & Co. KG
- 3 Veolia Umwelt-Service Nord GmbH



### Unternehmen mit Energiebedarf

- 1 Getränke Nordmann GmbH
- 2 Rügen Fisch AG
- 3 Eisbär Eis Produktions GmbH
- 4 Biosanika Manufaktur GmbH
- 5 Boreus Rechenzentrum GmbH
- 6 Frische- und Tiefkühlgroßhandel GmbH
- 7 Stadtbäckerei Kühl GmbH & Co. KG
- 8 AkkuSyS-Batterietechnik GmbH
- 9 REAN Service GmbH
- 10 Tiefkühlcenter GmbH (Hafen Stralsund)
- 11 Ceravis AG



### Tourismus

- 1 Cliff Hotel Bergen
- 2 Travel Charme Hotel & Resorts
- 3 Hotel Arkona Dr. Hutter e.G.
- 4 Dorint Hotels
- 5 Deutsches Meeresmuseum (Ozeaneum)
- 6 Stralsund Museum
- 7 Nationalpark Königsstuhl
- 8 Center Parcs

# 5. Vorstellung des Zielsystems 2030

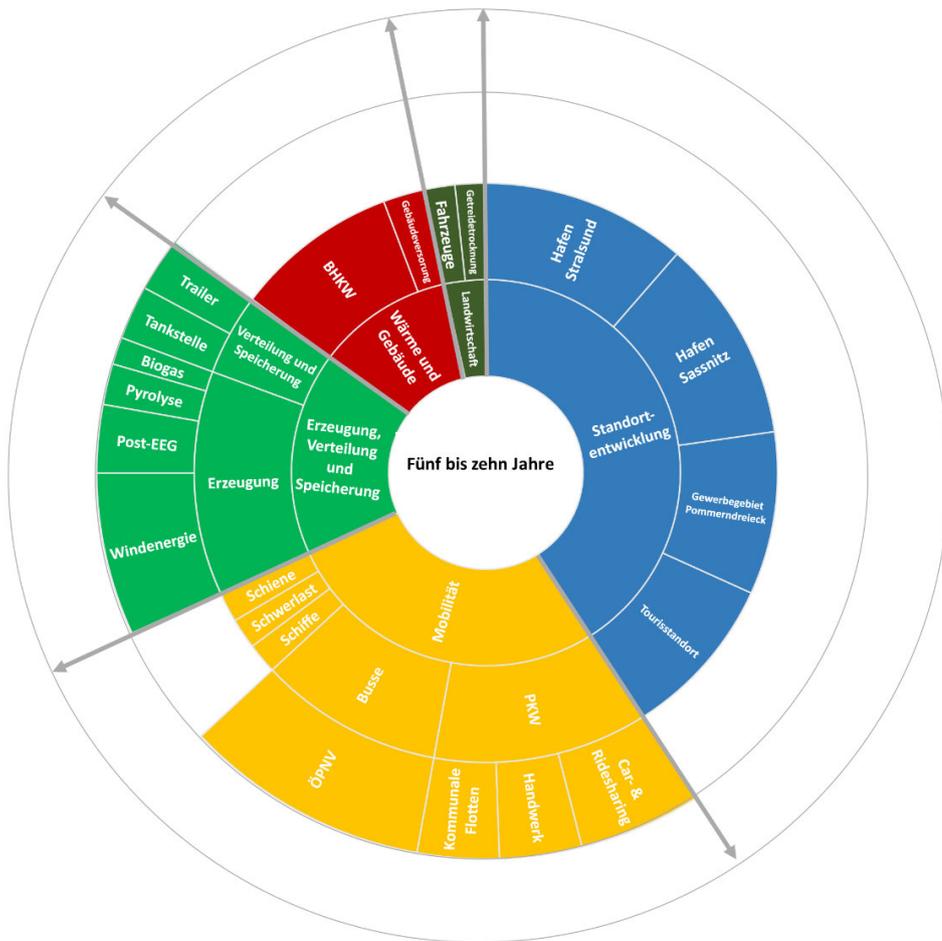


Abbildung 9: Handlungsfelder für die Wasserstoffaktivitäten in der Region bis 2030 (© BMVI/Nuts One)

### H2-Erzeugung

- 1 Wasserstoffproduktion aus WEA
- 2 Wasserstoffproduktion aus Post-EEG WEA (Fallbeispiel Kluis)
- 3 Wasserstoff-Plasmalyse am Klärwerk Bergen
- 4 Hybridanlage in Barth

### H2-Anwendung in der Mobilität

- 5 Anschaffung von BZ-Bussen im ÖPNV
- 6 Einführung von BZ-PKWs (Ridepooling, Carsharing, kommunale Flotten)
- 7 Einsatz in landwirtschaftlichen Fahrzeugen
- 8 Alternative Antriebe im Schienenverkehr

### H2-Anwendung in der Gebäudeenergieversorgung

- 9 H2-ready BHKW
- 10 Quartierskonzepte und Insellösungen
- 11 Stationäre BZ-Heizungen

### H2-Standortkonzepte

- 12 Hafen Sassnitz (Mukran Port)
- 13 Hafen Stralsund
- 14 Gewerbebestandort Pommerndreieck
- 15 Bernstein Resort Pütznitz- Hydrogen Island

### H2-Infrastruktur

- ☒ Mögliche Tankstellenorte

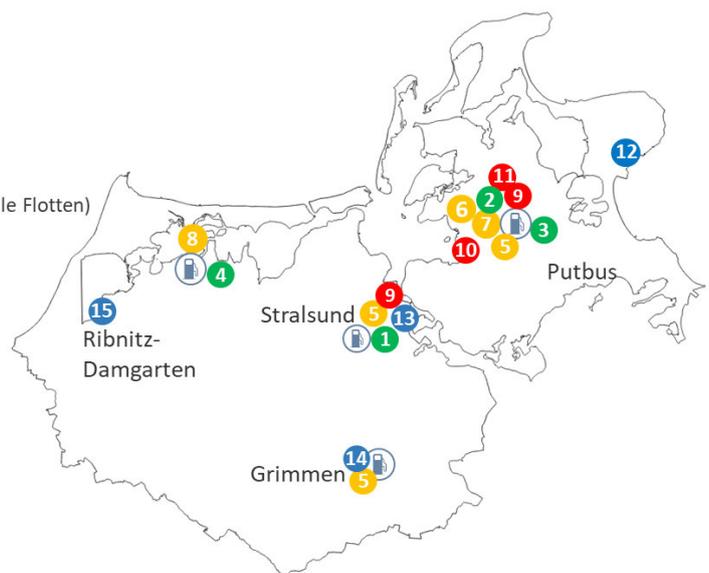


Abbildung 10: H<sub>2</sub>-Ideenlandkarte der HyStarter-Region HyStarter Rügen-Stralsund (© BMVI/Nuts One)

## 5.1 Zielsetzung

Die Region entwickelte in den HyStarter-Strategiedialogen eine Vielzahl an möglichen Ideen zur Wasserstoffherzeugung und -nutzung (siehe Abbildung 9). Im Rahmen des nun folgenden Technologiekonzepts wird auf die Wasserstoffideen der Region eingegangen. Diese wurden in Clustern zusammengefasst: Das Cluster Wasserstoffherzeugung beinhaltet Projektideen zur Wasserstoffherzeugung aus WEA und Post-EEG-WEA sowie zur Wasserstoffherzeugung über das Plasmalyse-Verfahren und an der Hybridanlage Barth. Der Transport von Wasserstoff sowie der Aufbau einer H<sub>2</sub>-Tankstelle werden ebenso thematisiert. Das Cluster Wasserstoffnutzung in der Mobilität beschäftigt sich mit BZ-Busse, BZ-PKWs, landwirtschaftlichen Fahrzeugen und dem Schienenverkehr. Im Cluster Gebäudeenergieversorgung werden die Ideen H<sub>2</sub>-ready BHKW, Quartierskonzepte und Insellösungen sowie stationäre BZ-Heizungssysteme behandelt. Einen Überblick über alle entwickelten Ideen gibt die H<sub>2</sub>-Ideenlandkarte (siehe Abbildung 10). Unter den Ideen gibt es keine direkte Priorisierung, da alle Ansätze als zielführend erachtet werden.

Die verschiedenen Ideen wurden in einem nächsten Schritt hinsichtlich ihrer technischen, rechtlichen und ökonomischen Umsetzbarkeit geprüft. Die Region sollten befähigt werden, vom „Wollen“ zum „Machen“ zu gelangen. Dazu stellten die Energy Engineers eine Marktübersicht verschiedener Wasserstofftechnologien vor. Durch BBHC wurden die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Einsatz der Technologie geprüft. Rechtliche Fragen zu den Projektideen wurden mit den Anwälten von BBH eruiert. Das Reiner Lemoine Institut stellte konkrete Projektansätze in einem Modell für die bedarfsabhängige Wasserstoffherzeugung im Landkreis Vorpommern-Rügen dar. Die daraus resultierenden Erkenntnisse wurden in einen Fahrplan mit Maßnahmenkatalog überführt, um die Anschlussaktivitäten an das HyStarter-Projekt zu erleichtern.

## 5.2 Cluster: Wasserstoffherzeugung

### 5.2.1 Ideen der Region: Wasserstoffherzeugung aus Windenergieanlagen



#### PROJEKTIDEE 1

**Idee:** Aufgrund der großen Potentiale an erneuerbaren Energien wurde die Wasserstoffherzeugung aus Windenergie als Schwerpunkt gesetzt. Die Kombination mit Solarenergie kann sinnvoll sein, da sich Solar- und Windenergie hinsichtlich der fluktuierenden Stromerzeugung ergänzen.

**Verfahren:** In Elektrolyseuren erfolgt die Zerlegung des Wassermoleküls in Wasserstoff und Sauerstoff durch elektrischen Gleichstrom oder pulsierenden Gleichstrom. Zur Erzeugung eines Normkubikmeters Wasserstoff muss eine Energie von theoretisch 3,54 kWh aufgewendet werden<sup>31</sup>. Der Erzeugungspreis von grünem H<sub>2</sub> variiert laut einer Studie der internationalen Energieagentur zwischen 2,8 und 6,2 € pro Kilogramm Wasserstoff<sup>32</sup>.

**Potential:** Der Wasserstoff kann zu weiteren Produkten wie Methan, Ammoniak oder Methanol synthetisiert werden (Power-to-X) und trägt so zur Dekarbonisierung von schwer elektrifizierbaren Verbrauchern (z.B. Schiffe) und die Flexibilisierung des Strommarkts bei.

**Herausforderung:** Für die Wasserstoffherzeugung müssen unter den aktuellen regulatorischen Bedingungen Modelle gefunden werden, um Abgaben, Umlagen, etc. – und damit den Strompreis – zu reduzieren. Das EEG 2021 sieht eine Umlagebefreiung für die Nutzung von Ökostrom für die Wasserstoffherzeugung vor<sup>33</sup>. Darüber hinaus sind kurze Transportwege des H<sub>2</sub> bzw. geringe Umwege für H<sub>2</sub>-Verbraucher zur Tankstelle wichtig, um Transportkosten gering zu halten.

31 Wuppertal Institut, Fraunhofer ISI, IZES (Hrsg.) (2018): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken

32 IRENA (2019): Hydrogen: A renewable energy perspective. Abrufbar unter: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_Hydrogen\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf)

33 Bundesamt der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021) § 93 Verordnungsermächtigung zu Anforderungen an Grünen Wasserstoff.



## PROJEKTIDEE 2

**Idee:** Diese Idee thematisiert die Nutzung von WEA für die Wasserstofferzeugung, die zum 01.01.2020 (nach EEG-Novelle Übergangsregelung bis zum 01.01.2021) aus der EEG-Vergütung gefallen wären. Anlagenbesitzer\*innen suchen aktuell nach Nachnutzungsoptionen für die WEA. Zum 01.01.2021 wären im Landkreis 63 Anlagen mit einer installierten Leistung von 43,1 MW aus der EEG-Förderung gefallen<sup>7</sup>.

**Verfahren:** Das Verfahren ist identisch mit Projektidee (1).

**Potential:** Sofern die Anlagen nicht repowert werden können, können sie durch den Weiterbetrieb weiterhin einen Beitrag zur Energiewende leisten. Zudem wäre voraussichtlich der Strompreis günstiger als bei Neuanlagen (Konkurrenz zur EEG-Vergütung von derzeit ca. 6,18 ct/kWh).

**Herausforderung:** Die Rest-Lebensdauer der Alt-Anlagen ist ungewiss und wird derzeit auf ca. 7 Jahre geschätzt. Dagegen wird die Lebensdauer eines alkalischen und PEM-Elektrolyseurs auf ca. 10.000 Zyklen (15 Jahre) geschätzt. Bei Ausfall der WEA muss der Elektrolyseur rückgebaut werden, was zu hohen Kosten führt. Ältere WEA sind insgesamt anfälliger für Schäden. Durch die hohe Unsicherheit bezüglich der Lebensdauer einer Alt-Anlage kann einem H<sub>2</sub>-Abnehmer keine sichere H<sub>2</sub>-Bereitstellung garantiert werden.

## 5.2.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

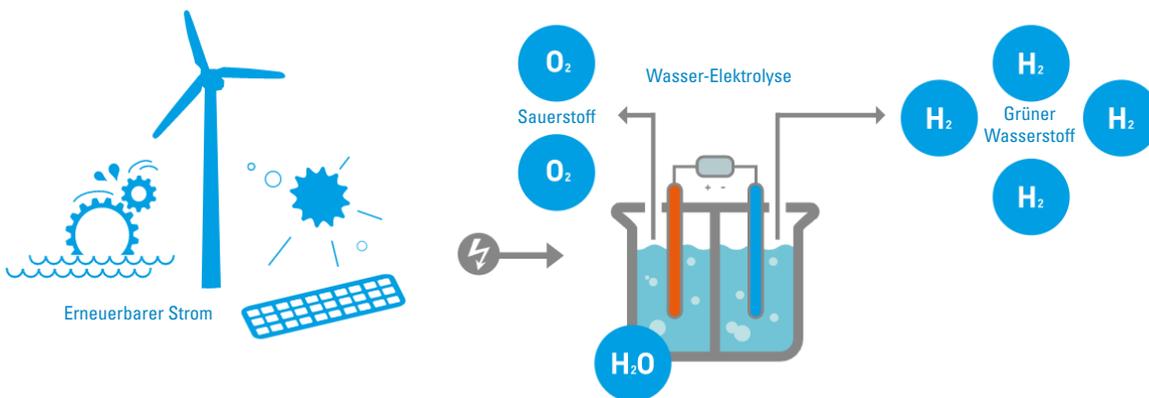


Abbildung 11: Elektrolyse (© Stadtwerke Esslingen)

Die Region fokussiert sich vor allem auf die Wasserstofferzeugung aus Wind- in Kombination mit Solarenergie (grüner Wasserstoff) sowie die Gewinnung von Wasserstoff aus Abwasser durch das Plasmalyse-Verfahren (türkiser Wasserstoff). Geeignet für die  $H_2$ -Produktion aus Windenergie sind vor allem Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) – sowie alkalische Elektrolyseure, u.a. aufgrund ihrer Modularität. Technisch ist die Kopplung eines Elektrolyseurs an einzelne oder mehrere Windkraftträder möglich. Da der Elektrolyseur als Containerlösung installiert wird, kann er auch nachträglich an einen anderen Standort verlegt werden. Hierbei sind jedoch regulatorische Rahmenbedingungen wie die EEG-Umlage und Netzentgelte zu beachten.

Es bedarf einer Wasserversorgung mit mindestens Leitungswasserqualität, die in den Windparks oftmals nicht vorhanden ist. Bei unzureichender Wasserqualität wird eine separate Wasseraufbereitungsanlage benötigt. Ein Verdichter ist für die Speicherung des  $H_2$  notwendig. Die hierfür benötigten Komponenten, mit Ausnahme des Verdichters, werden ebenfalls in dem Container installiert. Je nach Elektrolyseurgröße braucht man ca. eine Aufstellfläche für zwei 20 ft Container. Die Nutzung der Beiprodukte Sauerstoff und der Abwärme kann die Gesamtsystemeffizienz der EE-Nutzung zur  $H_2$ -Herstellung erhöhen. An dieser Stelle soll Bezug auf verschiedene Fälle der Wasserstofferzeugung und deren Implikationen genommen werden:

### Fall 1:

Die Wasserstofferzeugung kann für die bedarfsorientierte Nutzung von Wasserstoff erfolgen, z.B. für den ÖPNV. Der  $H_2$ -Abnehmer wird für den eigenen Verbrauch mit planbaren  $H_2$ -Mengen rechnen wollen. Er wird eine kontinuierliche Versorgung durch sichere Erzeugungsquellen bevorzugen, um den Betrieb von Brennstoffzellenbussen garantieren zu können. Für den

Abnehmer ist es in der Regel nicht möglich, H<sub>2</sub> flexibel (bspw. nur an windreichen Tagen) zu beziehen.

### Fall 2:

WEA können an besonders windreichen Tagen so viel Strom produzieren, dass es zu Netzengpässen und Abregelungen der Anlagen kommen kann. Statt einer Spitzenkappung könnte der Strom als Wasserstoff über längere Zeiten zwischengespeichert werden. Eine Studie der Agora Verkehrswende und Agora Energiewende kommt zu dem Schluss, dass PtX-Anlagen mit „Überschussstrom“ nicht wirtschaftlich betrieben werden können<sup>34</sup>. Geringe Volllaststunden des Elektrolyseurs an ausschließlich windreichen Tagen mit „Überschussstrom“ führen nicht zu einer Amortisierung der Investitionskosten und würden eher einen netzdienlichen Beitrag leisten. In der Energieszene wird der Begriff „Überschussstrom“ gemieden bzw. in Anführungszeichen gesetzt, da mit zunehmender Umsetzung der Sektorenkopplung, dem Netzausbau und der Implementierung von Flexibilitätsoptionen eine Spitzenglättung erreicht werden soll und damit unter Umständen kein „Überschussstrom“ für die Wasserstofferzeugung zur Verfügung stehen wird.

### Fall 3:

Die sogenannte Dunkelflaute, also das gleichzeitige Auftreten von Dunkelheit und Windflaute, wird häufig als größtes Hindernis der Energiewende genannt. In diesem Fall ist mit geringen Erträgen aus Solar- und Windenergie zu rechnen, vor allem im Winter. Die Rückverstromung von Wasserstoff im Winter kann neben der Nutzung von Bioenergie, Wasserkraft, dem Import von Strom aus dem europäischen Ausland und Pumpspeicherkraftwerken zur Überbrückung der Dunkelflaute beitragen. Power-to-Gas (PtG) bietet als einzige der Flexibilisierungsoptionen den Vorteil, Energie über einen langen Zeitraum und in großen Mengen zu speichern. Bei Bedarf kann das Speichergas zum Beispiel in Gaskraftwerken oder Blockheizkraftwerken rückverstromt werden. PtG kann somit dazu beitragen, die vorzuhaltenden fossilen Must-Run-Kraftwerkskapazitäten signifikant zu verringern. Es existiert jedoch keine abschließende Analyse dazu, in welchem Ausmaß der Einsatz von PtG-Anlagen für die Überbrückung der Dunkelflaute sinnvoll ist.

Die Distribution des produzierten Wasserstoffs kann durch Trailer-Abfüllungen oder per Einspeisung in ein ggf. zu errichtendes Pipelinennetz vorgenommen werden. Aufgrund der verschiedenen Standorte der Windparks sowie der ggf. höheren Anzahl von Elektrolyseuren je Windpark empfiehlt sich für die Regionen eine Trailer-Abfüllung, um den Wasserstoff dann nach dem sogenannten „Milchkannen-Prinzip“ einzusammeln und an den Ort der Nutzung zu transportieren (siehe Kapitel 5.2.6).

<sup>34</sup> Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Abrufbar unter: [https://static.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Die\\_Kosten\\_synthetischer\\_Brenn-\\_und\\_Kraftstoffe\\_bis\\_2050/Agora\\_SynCost-Studie\\_WEB.pdf](https://static.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Die_Kosten_synthetischer_Brenn-_und_Kraftstoffe_bis_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf)

## Referenzen

Geeignete Elektrolyseure sind in einem großen Leistungsspektrum (0,1 – 10 MW) auf dem Markt erhältlich und weitläufig im Einsatz. Sie werden von verschiedenen Herstellern angeboten wie Areva, iGas, ITM Power, NEL, H-TEC SYSTEMS GmbH, Siemens, etc. Gleiches gilt für Trailer, Pipelines und Speichersysteme, welche u.a. von Linde (Röhrenspeicher), VAKO (Hochtank), Pipeline Mannesmann Line Pipes, Wystrach (Trailer) etc. angeboten werden. Ein ähnliches Vorhaben wie es die Region plant wird von GP-Joule im eFarm-Projekt in Nordfriesland umgesetzt. Die Preise der genannten Komponenten sind stark von den Leistungs- und Kapazitätskennzahlen abhängig, weshalb keine konkreten Zahlen genannt werden können.

## Wirtschaftlichkeit

Für den Anlagenbetreiber ergeben sich verschiedene Variablen zur Beeinflussung der Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffelektrolyse. Hinsichtlich der Investitionskosten (CAPEX) spielt wie erwähnt der Auslastungsgrad des Elektrolyseurs eine große Rolle. Die Wasserstoffgestehungskosten sinken erheblich mit zunehmenden Volllaststunden des Elektrolyseurs. Im Sinne einer möglichst kostengünstigen Wasserstoffproduktion sollte als Faustformel mindestens ein Volllaststundenbereich von 2.000 bis 3.000 h – und nach Möglichkeit mehr – angestrebt werden. Bei den Überlegungen zur Steigerung der Auslastungsgrade ist zu berücksichtigen, dass der nicht genutzte Strom der EE-Anlage anderweitig vermarktet werden muss. Hierbei sind die regulatorischen Vorgaben – insbesondere aus dem EEG – zu berücksichtigen. Inwiefern die Faustformel realisiert werden kann, hängt maßgeblich von dem Erzeugungsprofil der Strombezugsquelle und dem Verhältnis der installierten Leistung von EE-Anlage zu Elektrolyseur ab. Ein weiterer Parameter, der die Wirtschaftlichkeit beeinflusst, ist die Nutzungsdauer des Elektrolyseurs. Grundsätzlich beträgt diese 20 Jahre, worauf Anlagenbetreiber keinen wesentlichen Einfluss nehmen können. Die viel diskutierten ausgeförderten Windkraftanlagen bergen bezüglich der Nutzungsdauer aufgrund ihrer unsicheren Restlaufzeit Risiken. Investitionskosten können über Fördermöglichkeiten gesenkt werden (siehe Abbildung 14). Aber auch die Dauer und Komplexität des Genehmigungsprozesses können Kostentreiber sein.

Die Betriebskosten (OPEX) werden vorrangig durch die Regulatorik beeinflusst, aber auch der Strombezugspreis und die Stromnebenkosten wirken sich auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrolyse aus. Der Strombezugspreis ist vor allem von der gewählten Stromquelle abhängig. Hierbei sind weniger die Stromgestehungskosten der Orientierungswert, sondern der Preis, den der Elektrolyseurbetreiber dem Stromanlagenbetreiber bezahlen muss. Die Stromnebenkosten setzen sich aus den Netzentgelten, der EEG-Umlage, der Stromsteuer sowie den netzentgeltgekoppelten Abgaben zusammen und müssen auf den Strombezugspreis addiert werden.

Elektrolyseure gelten als Letztverbraucher und müssen grundsätzlich alle Abgaben und Umlagen entrichten. Eine Ausnahme sind die Netzentgelte, von denen Elektrolyseure für 20 Jahre ab Inbetriebnahme befreit sind. Für die Wartung und den Verschleiß der Komponenten müssen ebenso Kosten durch den Betreiber eingeplant werden.

Zur Ermittlung der Betriebskosten muss der Standort des Elektrolyseurs hinsichtlich Umlagen und Abgaben analysiert werden. Bislang machte der regulatorische Rahmen die Wasserstofferzeugung wirtschaftlich unattraktiv: Abhängig von der Bezugsquelle des erneuerbaren Stroms, der juristischen Identitäten der Anlagenbetreiber und des Netzbezugs können unterschiedliche Abgaben und Umlagen anfallen<sup>35</sup>. Bei Netzbezug mit Herkunftsnachweisen können zwar Netzentgelte bei den Elektrolyseuren eingespart werden, jedoch verliert der Strom seine Eigenschaft als „Grüner H<sub>2</sub>“. Die EEG-Umlage muss grundsätzlich in voller Höhe entrichtet werden.

Abbildung 12 gibt einen Überblick über die aktuellen, rechtlichen Konstellationen, die die Wirtschaftlichkeit der Wasserstofferzeugung beeinflussen. Beim EE-Strombezug per Direktleitung fallen weder Netzentgelte noch netzentgeltgekoppelte Abgaben an. Strom aus „grünen“ Netzen oder Leitungen ist darüber hinaus nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 StromStG von der Stromsteuer befreit. Die EEG-Umlage ist jedoch in voller Höhe zu entrichten. Beim EE-Strombezug per Direktleitung fallen weder Netzentgelte noch netzentgeltgekoppelte Abgaben oder Stromsteuer an. Bei Eigenversorgung kommt darüber hinaus eine teilweise oder vollständige Befreiung von der EEG-Umlage nach §§ 61-61e EEG 2017 in Betracht. Allerdings gelten die Eigenversorgungsregelungen für Betreiber von EE-Erzeugungsanlagen im Ausschreibungssystem grundsätzlich nicht (vergleiche § 27a EEG 2017). Die PtX-Anlage kann verschiedene Strombezugsoptionen kombinieren (z.B. Direktleitung und Netzstrom).

---

<sup>35</sup> dena (2018): Power to X: Strombezug.

Abrufbar unter: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/607/9264\\_Power\\_to\\_X\\_Strombezug.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/607/9264_Power_to_X_Strombezug.pdf)

<sup>36</sup> § 118 Abs. 6 S. 1 und 7 EnWG

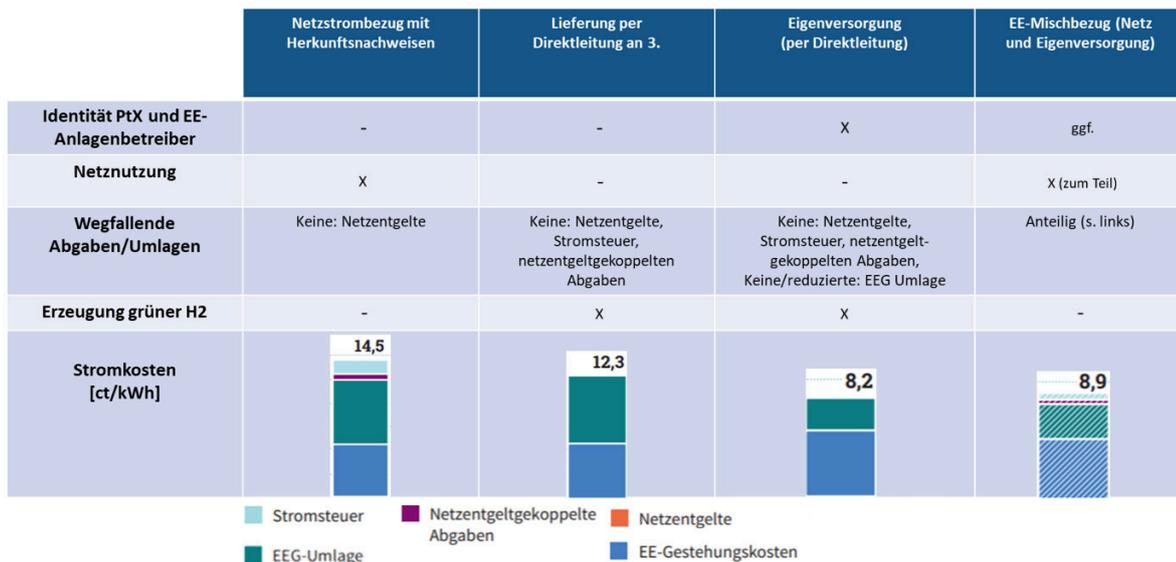


Abbildung 12: Das Abgaben- und Umlagesystem (Quelle: dena 2016)<sup>35</sup>

Die wirtschaftliche Betrachtung der Technologiekonzepte und Auslegungsvarianten wurde im September des Jahres 2020 vorgenommen. Die Analysen wurden unter Berücksichtigung des zu diesem Zeitpunkt geltenden regulatorischen Rahmens (EEG 2017) durchgeführt. Änderungen, die sich durch die EEG-Novelle für das Jahr 2021 ergeben, konnten noch nicht berücksichtigt werden, da zu diesem Zeitpunkt keine rechtskräftigen Beschlüsse vorlagen. Eine wesentliche Änderung im EEG 2021 betrifft die EEG-Umlageprivilegierung, durch die die Kosten für Strom zur Erzeugung von Wasserstoff stark gesenkt werden können (siehe Infobox II). Die Befreiung soll sowohl für den Strombezug als auch für die Eigenversorgung gelten und ist unabhängig vom späteren Verwendungszweck des Wasserstoffs. Welche Anforderungen dieser erfüllen muss, um als „grün“ zu gelten, wird die Bundesregierung per Verordnung Mitte 2021 festlegen. Erst dann ist die Umlagebefreiung anwendbar. Diese soll bis zum Jahr 2030 befristet sein.

### Infobox II: EEG-Novelle (Umlagenbefreiung von Wasserstoff)

Das EEG hält bereits seit 2017 die Möglichkeit einer Befreiung von bzw. eine Reduktion der EEG-Umlage bereit (Optionen 1a und 1b, Abbildung 13). Im Falle der Eigenversorgung<sup>37</sup> unter ausschließlicher EE-Stromnutzung kann von einer EEG-Umlagereduktion auf 40 % Gebrauch gemacht werden (Option 1b, § 61b EEG 2017). Sofern, neben der Eigenversorgung, die Elektrolyse ausschließlich mit Strom aus der im Eigenversorgungsmodell stehenden EE-Stromerzeugungsanlage betrieben wird und für den in der EE-Stromerzeugungsanlage erzeugten Überschussstrom keine EEG-Vergütung in Anspruch genommen wird, entfällt die EEG-Umlage sogar vollständig (Option 1a). Eine Komplettbefreiung von der

EEG-Umlage ist auch gegeben, wenn die im Eigenversorgungsmodell stehenden Anlagen ein Inselnetz ohne Netzanbindung bilden (§ 61a EEG 2017).

EEG 2017 & EEG 2021		EEG 2021	
<sup>a</sup> §61aEEG2017	↓ auf 0 %	<sup>b</sup> §69bEEG-E2021 (+§93EEG-E2021)	↓ auf 0 - 7%
<sup>b</sup> §61bEEG2017	↓ auf 40 %	<sup>c</sup> §64aEEG-E2021	↓ auf 15%

Abbildung 13: Optionen der Verringerung oder Vermeidung der EEG-Umlage auf den Strombezug eines Elektrolyseurs (© BMVI/BBHC)

Die Privilegierungstatbestände der EEG-Umlage werden im Rahmen des EEG 2021 um zwei Optionen erweitert (Option 2 und Option 3, siehe Abbildung 13). Option 2 ermöglicht grundsätzlich eine EEG-Umlagebefreiung für grünen Wasserstoff um bis zu 100 %. Die Anforderungen an grünen Wasserstoff, die über den § 93 definiert werden, sind jedoch noch nicht definiert und werden vermutlich erst nach Umsetzung der „Renewable Energy Directive II“ in nationales Recht Mitte bis Ende des Jahres 2021 erfolgen. Bis dahin greift die neue Regelung zur Befreiung noch nicht. Fest steht, dass die Anforderungen an „inhaltliche, räumliche oder zeitliche“ Bedingungen gekoppelt werden. So wird neben der ausschließlichen Nutzung von erneuerbarem Strom, der keine EEG-Förderung in Anspruch genommen hat, beispielsweise von der Notwendigkeit einer „systemdienlichen Integration“ des Elektrolyseurs gesprochen. Der Gesetzgeber hält sich zudem vor, die Anforderungen mit fortschreitender Zeit und zunehmender Marktreife („Phase-in“-Ansatz) zu verschärfen und neben der Komplettbefreiung auch eine Teilbefreiung von der EEG-Umlage für geringere Anforderungserfüllungen zu implementieren.

Folglich ist derzeit noch nicht abzusehen, wie einfach oder schwer es sein wird, die EEG-Umlagereduzierung auf bis zu 0 % zu drücken. Zusätzlich ermöglicht das EEG 2021 die EEG-Umlagereduzierung auf 15 % für stromkostenintensive Unternehmen, die nach dem EEG der Herstellung von Industriegasen zuzuordnen sind (Option 3, Anlage 4 zu den §§ 64, 103). Insgesamt lässt sich festhalten, dass es eine breite Palette an Wegen zur EEG-Umlagebefreiung/-reduktion gibt. Welcher Weg der sinnvollste ist, muss projektspezifisch geklärt werden. Zudem muss abgewartet werden, ob die EEG 2021 Novelle den erhofften „großen Wurf“ für eine niedrigschwellige 100-prozentige EEG-Umlagebefreiung bringt.

37 Voraussetzungen für die Eigenversorgung:

- (i) räumlicher Zusammenhang zwischen der Elektrolyse und der Stromerzeugungsanlage,
- (ii) Personenidentität zwischen dem Betreiber der Stromerzeugungsanlage und der Elektrolyse,
- (iii) keine Netzdurchleitung des Stroms (stattdessen Direktleitung zwischen Stromerzeugungsanlage und Elektrolyse)

## Fördermöglichkeiten

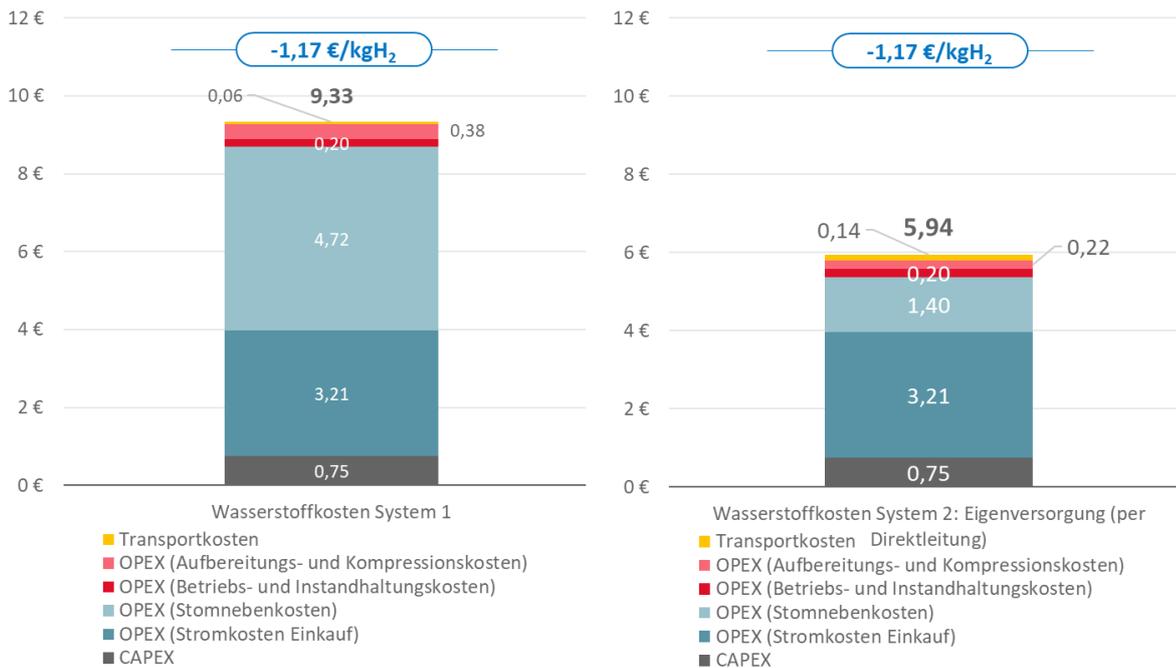


Abbildung 14: Wasserstoffkosten in Auslegungsvariante 1 (links) und in Auslegungsvariante 2 (rechts) unter Berücksichtigung der Förderung von Elektrolyseanlagen [in kg/H<sub>2</sub>] berechnet für einen 2MW-Windpark der Stadtwerke Stralsund (© BMVI/BBHC)

Um für die Wirtschaftlichkeit der Wasserstofftechnologien Konkurrenzfähigkeit herzustellen und dadurch den Markthochlauf zu beschleunigen, sind insbesondere Fördermaßnahmen ein probates Mittel (Senkung der Investitionskosten). In Abbildung 14 sind die Wasserstoffkosten der beiden Auslegungsvarianten (Netzbezug vs. Direktleitung) unter Anwendung einer Förderung der Elektrolyseanlage abgebildet. Die angenommene Förderung orientiert sich dabei an der Förderung von Elektrolyseanlagen zur Wasserstoffherstellung aus der Förderrichtlinie für Maßnahmen der Marktaktivierung im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP II). Zuwendungsfähig waren dabei die mit der Errichtung der Elektrolyseanlage verbundenen Ausgaben in materielle (bspw. Kompressoren, Speicher) und immaterielle (bspw. Genehmigungen) Vermögenswerte. Die Förderquote lag bei 45 %, konnte jedoch auf 55 bzw. 65 % angehoben werden<sup>38</sup>. Für diese Betrachtung wurde eine Förderquote von 55 % angenommen.

Durch die Förderung ist eine Senkung der Wasserstoffkosten um 1,17 €/kg H<sub>2</sub> möglich. Insbesondere für die Wasserstoffherzeugung im Eigenversorgungsmodell (siehe Abbildung 14, rechts) ergeben sich dadurch Wasserstoffkosten (5,94 €/kg H<sub>2</sub>), die in der Größenordnung einer Kostenparität mit den Referenzkosten im Verkehr liegen (5,37 €/kg H<sub>2</sub>). Die Kostenparität zur Substitution von Erdgas zur Wärmeversorgung ist auch mit einer Förderung der Elektrolyseanlagen nicht zu erreichen (< 1 €/kg H<sub>2</sub>).

## **Anschlussförderung für ausgeförderte Anlagen (Stand Ende November 2020)**

Am 31.12.2020 sollte erstmalig der EEG-Zahlungsanspruch für EE-Anlagen enden, deren Inbetriebnahme vor dem 01.01.2001 erfolgte. In den folgenden Jahren endet dann sukzessive der Zahlungsanspruch für weitere EE-Anlagen. Mit Stand November 2020 sieht die angekündigte Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ab dem 01.01.2021 eine „Auffangvergütung“ für ausgeförderte EE-Anlagen vor. Der Zahlungsanspruch durch die neue Förderung wird voraussichtlich in Abhängigkeit von der Anlagenleistung unterschiedliche Zeithorizonte umfassen. Anlagen bis 100 kWp Leistung können eine Anschlussförderung bis Ende des Jahres 2027 in Anspruch nehmen, EE-Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kWp nur bis Ende des Jahres 2021. Die Höhe der Vergütung des von den EE-Anlagen eingespeisten Stroms soll sich dabei an folgender Berechnungsgrundlage orientieren:

$$\text{Vergütung} = \text{Jahresmarktwert} - \text{Direktvermarktungskosten}$$

In Abhängigkeit des jeweiligen Jahresmarktwertes bietet die neue Förderung nicht notwendigerweise ein wirtschaftliches Weiterbetriebsmodell für aus der Förderung fallende EE-Anlagen. Das geschilderte Anschlussförderkonzept ist auf Basis von Diskussionspapieren und Expertengesprächen mit Stand November 2020 entwickelt worden und ist noch nicht Gegenstand des aktuellen Bundesgesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien.

Für den Weiterbetrieb von Post-EEG Anlagen nach der Anschlussförderung und deren Nutzung für die Wasserstofferzeugung sind der technische Zustand der WEA, Kosten-Aufwendungen, OPEX und CAPEX für ein wirtschaftliches Betreiben des Elektrolyseurs ausschlaggebend. Von der Planung bis zur Errichtung eines Elektrolyseurs wird ein Zeithorizont von über einem Jahr angegeben. Dieser kann durch regionale Komplikationen, wie z. B. andauernde Genehmigungsprozesse, verzögert werden. Daher muss sich der Anlagenbesitzer frühzeitig mit den Voraussetzungen des Weiterbetriebs und dem Planungsvorhaben für die Elektrolyse beschäftigen. Technisch ist die Kopplung mit EEG-Anlagen und mit Post-EEG-Anlagen möglich, zumal auch ein Standortwechsel des Elektrolyseurs möglich ist, sollte die WEA ihre Betriebszeit überschreiten. Dies ist allerdings mit hohen Kosten verbunden. Clean Logistics bietet ein Plug and Play System für die Wasserstofferzeugung an, das für solche Fälle interessant sein könnte.

## **Wasserstofferzeugung aus Post-EEG-Windenergieanlagen**

Es gibt einige Faktoren, die für und gegen eine Nutzung von Post-EEG-WEA zur Wasserstofferzeugung sprechen: Dafür spricht, dass die Anlagen weiterhin einen Beitrag zur Energiewende leisten und ansonsten rückgebaut werden würden (sofern kein Repowering geplant ist). Gegen die Wasserstofferzeugung aus Post-EEG-WEA

---

38 Für kleine und mittlere Unternehmen, sofern das Vorhaben anderenfalls nicht durchgeführt werden kann

spricht deren kurze Rest-Lebensdauer (basierend auf Expertengesprächen mit BBHC und TÜV liegen diese schätzungsweise im Durchschnitt bei 7 weiteren Jahren). Dies führt zu hohen Unsicherheiten, wie lange das System genutzt werden kann. Die Lebensdauer eines Elektrolyseurs beträgt 15 bis 20 Jahre. Sollte die WEA einen teuren Schaden erleiden, muss der Elektrolyseur zurückgebaut werden. Daher kann auch ein möglicher H<sub>2</sub>-Abnehmer nicht mit einer sicheren Wasserstoffversorgung planen, wenn zum Beispiel Mindestmengen für den ÖPNV bereitgestellt werden sollen. Werden Kredite von Banken benötigt, muss dargestellt werden, wie mit diesen Risiken umgegangen wird, bzw. es ist mit Risikoaufschlägen zu rechnen. Es könnten jedoch mehrere Post-EEG-Anlagen zusammengeschossen oder mit sichereren Wasserstoffherstellungsquellen kombiniert werden. Kurze Transportwege zwischen dem Standort der Wasserstoffherzeugung und dem Standort der Zwischenspeicherung oder Nutzung können dazu beitragen, dass Kosten reduziert werden.

Da es für die Restlaufzeiten von ausgeführten Anlagen kaum Erfahrungswerte gibt, sind in Abbildung 15 die Wasserstoffgestehungskosten für ein Kilogramm Wasserstoff einmal für eine Restlaufzeit von 10 Jahren (links) und einmal für eine Restlaufzeit von 20 Jahren (rechts) dargestellt. Die Wasserstoffgestehungskosten liegen bei 10,56 € pro Kilogramm Wasserstoff (Restlaufzeit 10 Jahre) und 8,25 € pro Kilogramm Wasserstoff (Restlaufzeit 20 Jahre). Der Einfluss der Restlaufzeit ist somit mit einem Kostenunterschied von ca. 25 % zu bemessen.

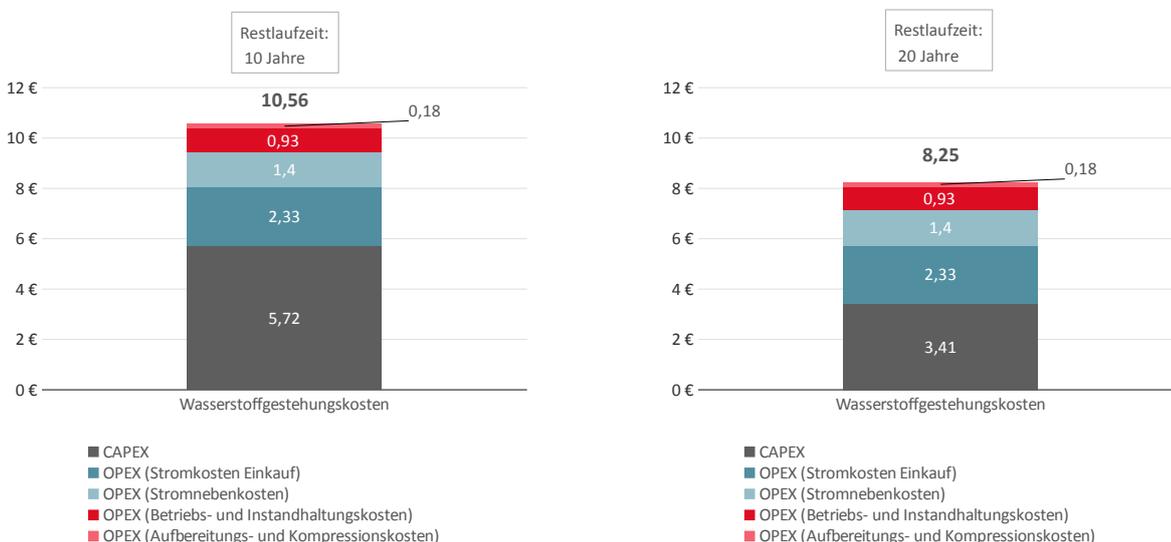


Abbildung 15: Wasserstoffgestehungskosten für ein Kilogramm Wasserstoff bei Strombezug aus den WEA am Windpark Kluis in Abhängigkeit verschiedener Restlaufzeiten (Inklusive Kosten für Kompressor, Speicher, Fläche und Genehmigung) (© BMVI/BBHC)

## Herausforderungen

Zu den allgemeinen Herausforderungen der Wasserstoffherzeugung aus Windenergie gehörten bislang die Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle, die aufgrund der aktuellen Regulatorik und den damit verbundenen hohen Kosten für den Strombezug kaum zu realisieren waren. Diese Problematik wird jedoch durch die Verordnung zur Umlagenbefreiung bei der Wasserstoffherzeugung aus erneuerbaren Quellen adressiert. Darüber hinaus ergeben sich durch die Kopplung eines Elektrolyseurs mit volatilen EE-Erzeugern ggf. wirtschaftliche Nachteile, da es sich um eine fluktuierende Strombezugsquelle handelt. Anlagen mit einer zeitlich gleichmäßigeren Stromproduktion wie Müllheizkraftwerke und Biogasanlagen können dieses Problem lösen. WEA sind meisten nicht verbrauchsnahe, daher müssen Kosten für den H<sub>2</sub>-Transport berücksichtigt werden. Die Umwandlung von Strom in Wasserstoff ist leider grundsätzlich mit erheblichen Umwandlungsverlusten verbunden, weswegen große Strommengen für die Produktion benötigt werden. Wird der erneuerbare Strom direkt genutzt, zum Beispiel für die batterieelektrische Mobilität und für Wärmepumpen, kann erneuerbarer Strom effizienter eingesetzt werden. Für manche Anwender wie Busse, Schiffe oder Flugzeuge sind PtX-Produkte aber eine zentrale Dekarbonisierungsstrategie.

## Nächste Schritte

Die Region erfüllt gute Voraussetzungen für die Erzeugung von Wasserstoff aus Windenergie und die in der ausstehenden Verordnung zur EEG-Umlagenbefreiung zu erwartende Verordnung kann Geschäftsmodelle zur Wasserstoffherzeugung aus Windenergie begünstigen. Die Region plant Workshops mit Windparkbetreibern zur Klärung der Realisierbarkeit von Projekten an mehreren Standorten. Außerdem hat sich ein regionales H<sub>2</sub>-Erzeugerkonsortium zur Projektierung von Wasserstoffprojekten gegründet, dem andere unternehmerische Akteure beitreten können (siehe Kapitel 5.7). Sobald die technischen Voraussetzungen für die Wasserstoffelektrolyse an den Standorten geklärt sind, kann über Machbarkeitsstudien das wirtschaftliche Potential der Wasserstoffherzeugung ermittelt werden. Es müssen dann Abnehmer des Wasserstoffs gefunden werden. Für Investitionsmaßnahmen z.B. die Beschaffung des Elektrolyseurs können Förderprogramme und -calls nicht zuletzt von der NOW wahrgenommen werden.

---

39 Technologiespezifischer Jahresmarktwert: Mengengewichteter durchschnittlicher Spotmarktpreis eines Energieträgers innerhalb eines Jahres (PV [2019] = 3,776 ct/kWh, PV [2020] aktuell bei ca. 2,5 ct/kWh, Wind [2019] = 3,413, Wind [2020] aktuell bei ca. 2,4 ct/kWh)

40 Direktvermarktungskosten: 0,4 ct/kWh bei fluktuierenden Anlagen, 0,2 ct/kWh bei steuerbaren Anlagen, Reduktion der Direktvermarktungskosten um 0,2 ct/kWh bei intelligentem Messsystem

41 Clean Logistics: Infrastructure: Generating hydrogen from wind power.  
Abrufbar unter: <https://cleanlogistics.de/en/h2-from-wind-power.html>

42 Annahme zur Vereinfachung: Kein Restmarktwert des Elektrolyseurs

### 5.2.3 Idee der Region: Wasserstoffplasmalyse am Klärwerk Bergen auf Rügen



#### PROJEKTIDEE 3

**Idee:** Organische und anorganische Verbindungen in industriellem Abwasser, Gülle, Kunststoff oder Gasen bergen ein riesiges Energiepotenzial. In Schmutzwasser, z.B. im Schlammwasser von Kläranlagen oder in der Gülle der Biogasanlagen, sind große Mengen Stickstoff und Kohlenwasserstoffe enthalten. Diese müssen bislang aufwendig gereinigt werden.

**Verfahren:** Im Plasmalyse-Verfahren des Unternehmens Graforce wird aus Solar- oder Windenergie ein hochfrequentes Spannungsfeld über dem Schmutzwasser erzeugt. Dieses spaltet die im Wasser enthaltenen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen (wie Harnstoff, Aminosäuren, Nitrate und Ammonium) in einzelne C-, N-, H- und O-Atome auf. Anschließend verbinden sich diese neu und es entstehen Wasserstoff, Methan oder auch Stickstoff. Mit Hilfe der Membran-Technologie werden die Gase separiert und in Gasbehältern zur weiteren Verwendung aufgefangen<sup>43</sup>.

**Potential:** Graforce erzeugt aus Schadstoffen (z.B. Ammonium) Wasserstoff und Stickstoff. Es reichen etwa 20 kWh Leistung aus, um mit dem Plasmalyse-Verfahren 1 kg Wasserstoff und 4 kg Stickstoffgas zu produzieren<sup>44</sup>. Zurück bleibt sauberes Wasser, das eingeleitet oder weiter genutzt werden kann.

**Herausforderung:** Es handelt sich um eine neuartige Technologie, bei der Erfahrungswerte fehlen. Die Durchführung erster Demonstrationsprojekte z.B. bei den Berliner Wasserbetrieben oder am Standort Werlte wurden umgesetzt.

<sup>43</sup> Graforce: Schmutzwasser-Plasmalyse.  
Abrufbar unter: <https://www.graforce.com/technologien/schmutzwasser-plasmalyse>

<sup>44</sup> Graforce: Wasserstoffproduktion.  
Abrufbar unter: <https://www.graforce.com/leistungen/wasserstoff-produktion>

## 5.2.4 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

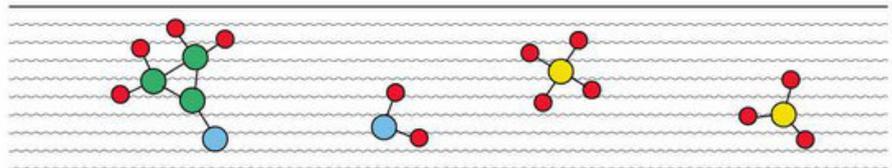
### SO FUNKTIONIERT DIE PLASMALYSE

Der Plasmaprozess gewinnt aus Abwässern mit hohem Anteil an Stickstoff- oder Kohlenstoffverbindungen Wasserstoff und weitere Gase.

● Wasserstoff ● Sauerstoff ● Kohlenstoff ● Stickstoff

#### DRECKWASSER

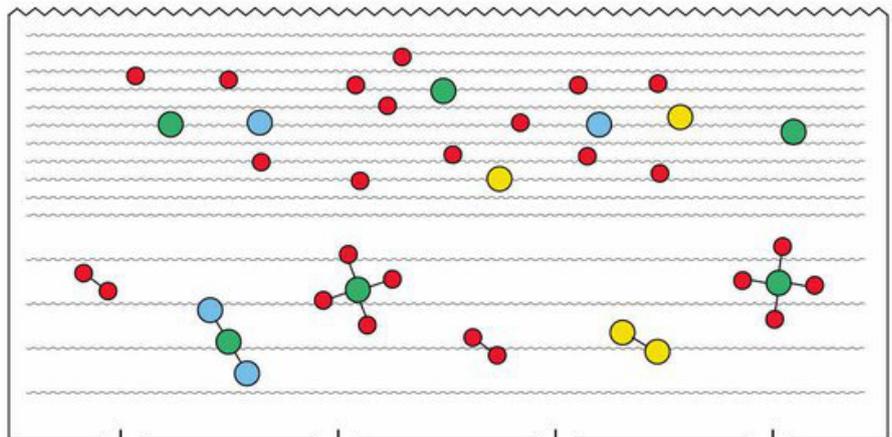
Das Verfahren nutzt belastetes Abwasser aus Klär-, Biogas- oder Müllverbrennungsanlagen.



Mit Ökostrom wird ein hochfrequentes Plasmafeld erzeugt

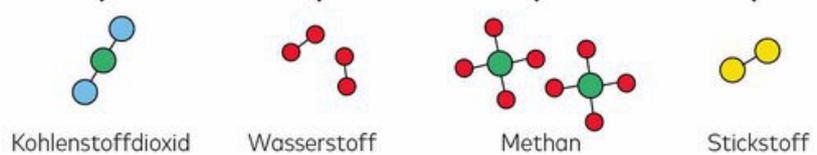
#### PLASMALYSE

Der Plasmaprozess spaltet das Wasser ( $H_2O$ ) und die darin enthaltenen Stickstoffverbindungen in einzelne N-, H- und O-Atome auf, die sich dann neu verbinden.



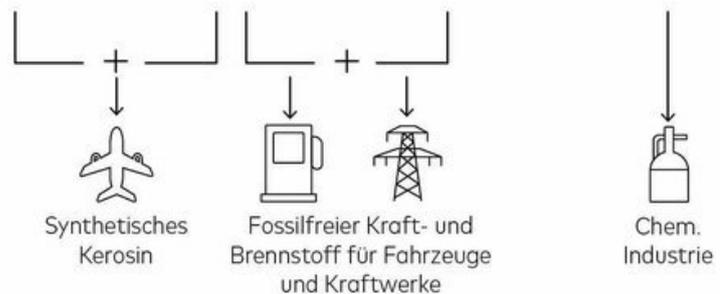
#### SORTIERUNG

Eine Gasmembran sortiert die Gase: Sauerstoff entweicht in die Luft, die übrigen Gase werden in Tanks gespeichert. Das Wasser ist danach gereinigt.



#### WEITER-VERARBEITUNG

Die Gase können rein oder gemischt als Roh-, Kraft- und Treibstoffe verwendet werden.



[ Quelle: Graforce ]

Abbildung 16: Schematische Darstellung des Plasmalyse-Verfahrens (© Graforce GmbH)

Als zusätzliche (regionale) Wasserstoffquelle auf Basis nichtfluktuierender Energie bietet sich die Erzeugung aus Sekundärrohstoffen an. Für diesen Pfad kann z. B. das Verfahren der Plasmalyse<sup>45</sup> genutzt werden. Dies meint das thermische Spalten von biogenen Abfällen und Sonderabfällen sowie Flüssigkeiten mittels eines Plasmas (ionisiertes Gas), das durch elektrische Felder erzeugt wird (z. B. Lichtbogen) und je nach Verfahren bis zu 3.000°C heiß sein kann.

## Referenzen

Plasmalyse-Anlagen werden von Graforce angeboten, die eine Technikumsanlage in Berlin betreiben. In einem weiteren Projekt von Graforce wird aus Biogas Wasserstoff erzeugt (Methan-Plasmalyzer) und in einem modifizierten Gas-Brennwertkessel zur Wärmeabgewinnung in einem Berliner Hotel genutzt. Der im Verfahren anfallende feste Kohlenstoff kann zur Asphaltherstellung eingesetzt werden.

Neben dem Plasmalyse-Verfahren bieten auch andere pyrolytische Verfahren Potentiale zur Wasserstofferzeugung für die Region. Zum Beispiel bietet die Firma Plagazi ein Verfahren an, das sich vor allem für feste Einsatzstoffe eignet. Das Plasmaverfahren spaltet die zugeführten Abfälle bei über 3.000 Grad bis auf die molekulare Ebene. Der Vorteil am Plagazi-Verfahren ist, dass nicht allein gebrauchte Kunststoffe eingesetzt werden können, sondern auch Hausmüll, Biomasse, Klärschlamm, Krankenhausabfälle oder schwer zu entsorgende Abfälle aus der Chemie, Industrie und der Entsorgung von Altfahrzeugen. Durch die Annahme von Problemabfällen, wie z. B. Reifen und Medikamente, könnten Einnahmen erzielt werden, die die H<sub>2</sub>-Erzeugung aus diesen Stoffen wirtschaftlich machen kann. Laut Herstellerangaben können aus einer Tonne Abfall 140 Kilogramm Wasserstoff gewonnen werden<sup>46</sup>. Die Region könnte zusammen mit den Abfallbetrieben den Einsatz solcher Verfahren prüfen.

## Wirtschaftlichkeit

Die Herstellung von Wasserstoff durch Plasmalyse benötigt laut Herstellerangaben im Vergleich zum klassischen Elektrolyse-Verfahren wesentlich weniger Energie und ist damit deutlich günstiger. Während die Kosten in herkömmlichen Elektrolyseverfahren bei 6 bis 8 € pro Kilogramm Wasserstoff liegen, sind es bei der Plasmalyse lediglich 1,5 bis 3 €<sup>44</sup>.

---

45 Plasmalyse“ ist ein Kunstwort, gebildet aus Plasma und Lyse (altgriechisch λύσις oder lysis für „[Auf-]Lösung“) und beschreibt das patentierte Verfahren des Unternehmens Graforce

46 Energate Messenger (2020): Bock: "Aus einer Tonne Abfall lassen sich 140 Kilogramm Wasserstoff gewinnen".  
Abrufbar unter: <https://www.energate-messenger.de/news/202600/bock-aus-einer-tonne-abfall-lassen-sich-140-kilogramm-wasserstoff-gewinnen-#:~:text=Der%20Vorteil%20am%20Plagazi%20Verfahren,und%20der%20Entsorgung%20von%20Altfahrzeugen.>

## Herausforderungen

Das Verfahren der Plasmalyse ist neuartig und es existieren wenig einschlägige Referenzen. Der erzeugte  $H_2$  wird wegen der notwendigen  $CO_2$ -Abtrennung bislang nicht als grün anerkannt. Die (noch) fehlende Anerkennung als grüner  $H_2$ , die Genehmigungspflicht nach Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (BImSchV) sowie die ungeklärte Entsorgung von Reststoffen erschweren die Umsetzung eines solchen Projekts. Bei der Plasmalyse von Biogas entsteht fester Kohlenstoff (Carbon Black), der als Bodenhilfsmittel, aber auch als Zuschlagstoff in der Reifenindustrie verwendet werden kann. Bei der Anwendung des so erzeugten  $H_2$  muss berücksichtigt werden, dass die Wasserstoffqualität für PEM-Brennstoffzellen nicht ausreicht ( $< 5.0 = 99,999\%$  Reinheit), weshalb eine aufwändige Nachreinigung z. B. durch eine Druckwechseladsorption (PSA = Pressure Swing Adsorption) benötigt wird. Ohne weitere Aufreinigung könnte der Wasserstoff nur in einem  $H_2$ -Verbrennungsmotor eingesetzt werden.

## Nächste Schritte

Graforce setzt mehrere Projekte mit ihrem Plasmalyse-Verfahren um. Zur Evaluierung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit am Klärwerken Bergen sollte eine Studie durchgeführt. Eine Finanzierungsmöglichkeit der Studie kann die Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sein. Der Förderaufruf für Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte richtet sich auch an das Handlungsfeld Abwasserbeseitigung und unterstützt kommunale Akteure dabei, Klimaschutzmaßnahmen zu aktivieren und hierdurch dem Klimaschutz auf regionaler und lokaler Ebene mehr Gewicht zu verleihen.

## 5.2.5 Idee der Region: Reaktivierung der Hybridanlage Barth



### PROJEKTIDEE 4

**Idee:** Es wurden mehrfach Gespräche mit den Stadtwerken Barth geführt, inwieweit eine Wiederinbetriebnahme der Hybridanlage Barth möglich sei. Nach einem Defekt stand dem Projekt seit Ende 2010 keine Brennstoffzelle mehr zur Verfügung. Deshalb konnte die Phase des Betriebs, Monitoring und Optimierung der Hybridanlage nicht realisiert werden.

**Verfahren:** Die Aktivitäten der Danpower Energie Service GmbH im Rahmen dieses Projekts sahen vor, auf der Abfallvergärungs-Biogasanlage Barth ein innovatives, kompaktes Hybridmodul bestehend aus einer stationären MCFC-Brennstoffzelle (Hotmodul – 350 kWel) und einem Gasmotor (192 kWel) zu installieren und mit einer speziell entwickelten Anlagensteuerung und -regelung zu testen und zu optimieren. Dabei sollte die Brennstoffzelle in Grundlast betrieben werden, während die unregelmäßigen Spitzen der Biogasproduktion vom Gasmotor genutzt werden. Der produzierte Strom und die Wärme sollten an die Stadtwerke Barth geliefert werden<sup>47</sup>.

**Potential:** Die kompletten Projektphasen der Planung, der genehmigungsrelevanten Arbeiten, der Bau- und Errichtungsarbeiten, der Installationen, Gutachten und Abnahmen wurden abgeschlossen. Eine Wiederaufnahme des Projekts würde auf einer großen Projekterfahrung und weitreichenden Vorarbeiten fußen.

**Herausforderung:** Es bestehen Unklarheiten, ob eine Reaktivierung erfolgen kann.

Im Rahmen der HyStarter-Projektlaufzeit konnten keine signifikanten Fortschritte in Bezug auf die Wiederinbetriebnahme der Hybrid-Anlage in Barth erzielt werden. Es wurden kontinuierlich Gespräche mit den Stadtwerken und der Gemeinde Barth geführt, die grundsätzliches Interesse an einer Nachnutzung der vorhandenen Technologiekomponenten haben. Da die Projektidee weiterhin in den regionalen Wasserstoffaktivitäten berücksichtigt werden soll, wurde die Idee auf Wunsch der Region an dieser Stelle beibehalten.

<sup>47</sup> NOW: Lieferung, Inbetriebnahme und Steuerung einer Hybridanlage (Brennstoffzellenanlage HotModule HM320 und BHKW MB3066).  
Abrufbar unter: <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/hybridanlage-hotmodule/>

## 5.2.6 Transport und Verteilung

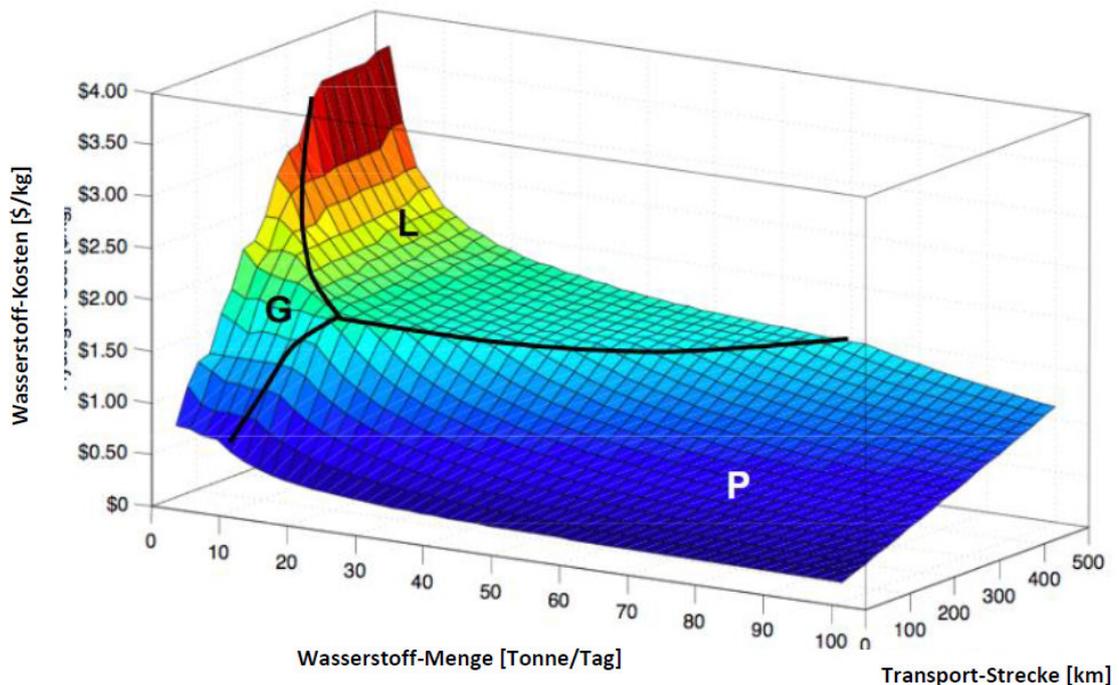


Abbildung 17: Übersicht über die Transportkosten von Wasserstoff; G = Gasförmiger Trailertransport, L = Flüssiger Trailertransport, P = Pipelinetransport (Quelle: Yang & Ogden 2008)<sup>48</sup>

Der Wasserstofftransport kann per LKW (flüssig und gasförmig) sowie per Pipeline (gasförmig) erfolgen, abhängig von den Wasserstoffmengen und Transportstrecken (siehe Abbildung 17). Im Diagrammbereich „P“ ist das der Transport von gasförmigem  $H_2$  mittels Pipeline, in „G“ der LKW mit gasförmigem  $H_2$  und in „L“ der LKW mit flüssigem  $H_2$  abgebildet. Der Transport von Wasserstoff per Wasserstoffpipeline ist im Vergleich zum Transport per LKW dann besonders wirtschaftlich, wenn große Mengen Wasserstoff transportiert werden sollen. Bei kürzeren Distanzen hat der LKW-Transport Kostenvorteile. Auf der x-Achse ist der Wasserstoffdurchsatz (von 0 bis 100 Tonnen Wasserstoff pro Tag) dargestellt. Die y-Achse zeigt die Transportkosten (in US\$ pro Kilogramm Wasserstoff). Die z-Achse bildet die Transportdistanz in Kilometern ab. Man erkennt, wie sich die Transportkosten bei unterschiedlichen Distanzen und Durchsätzen ändern. Zu beachten ist, dass die Grafik jeweils die Variante favorisiert, welche die niedrigsten Transportkosten für das Beispiel darstellt.

<sup>48</sup> Yang, Christopher and Ogden, Joan (2008): Determining the Lowest-Cost Hydrogen Delivery Mode. Abrufbar unter: <https://escholarship.org/content/qt0st9s56s/qt0st9s56s.pdf?t=l3gmly>

Ein LKW für den Transport von gasförmigem Wasserstoff besitzt heute eine Kapazität von bis zu 1.100 kg bei bis zu 500 bar Nenndruck. LKWs, die flüssigen Wasserstoff im tiefkalten Zustand bei unter  $-253^{\circ}\text{C}$  transportieren, haben eine Zuladung von ca. 4.000 kg Wasserstoff. Wasserstoffpipelines bieten – ähnlich wie beim Erdgasnetz – eine kontinuierliche Versorgung der Verbraucher. Allerdings ist der erhöhte planerische und bauliche Aufwand gegenüber einem Wasserstofftransport per LKW zu berücksichtigen.

Im Beispieldiagramm zeigt sich, dass die Wasserstoffpipeline einen Kostenvorteil ab einem Durchsatz von ca. 10 Tonnen Wasserstoff pro Tag und unter ca. 200 km Transportdistanz bietet. Bei kleineren Durchsatzmengen oder größeren Distanzen ist hingegen der Transport per LKW am kostengünstigsten. Außerdem zeigt die Grafik, dass die Kosten für per Pipeline transportierten Wasserstoff ab einem Durchsatz von ca. 70 Tonnen pro Tag am niedrigsten sind. Die Transportkosten von flüssigem Wasserstoff sind hingegen bei niedrigem Durchsatz und großen Distanzen von über 200 km am geringsten. In Kostenberechnungen dieser Art können neben der Transportdistanz und dem Wasserstoffdurchsatz weitere Aspekte berücksichtigt werden. So kann für die individuelle Betrachtung eines bestimmten Projektes auch der Nenndruck oder die Anzahl der Wasserstoff-Entnahmepunkte variiert werden<sup>49</sup>. Da wie erwähnt in absehbarer Zeit keine großen Mengen an Wasserstoff produziert werden, wird der Region empfohlen, eine Wasserstoffverteilung mit Trailern umzusetzen („Milchkannen“-Prinzip). Der Wasserstoff kann zwischengespeichert werden oder direkt zum Nutzer bzw. zur  $\text{H}_2$ -Tankstelle gebracht werden.

### 5.2.7 Aufbau von $\text{H}_2$ -Tankstellen

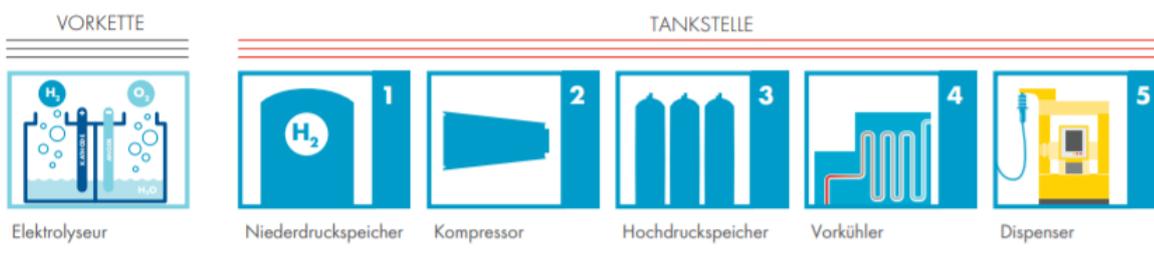


Abbildung 18: Komponenten und Größenkategorien einer Wasserstofftankstelle (Quelle: Shell 2017)<sup>27</sup>

Für die Nutzung von Wasserstoff in Fahrzeugen und auf Schiffen muss mindestens eine multimodale Tankstelle errichtet werden. Diese könnte sich auf dem Hafengelände in Stralsund oder am Hafen Sassnitz befinden. Da sich der VVR für die Nutzung von Wasserstoff in seiner Flotte interessiert, wird von diesem die Errichtung einer Tankstelle auf dem eigenen Betriebsgelände oder in unmittelbarer Nähe favorisiert werden. Eine öffentliche Tankstelle könnte zudem in Stralsund, auf Rügen, in Grimmen oder Barth gebaut werden, abhängig von Gesprächen mit Abnehmern.

H<sub>2</sub>-Mobility koordiniert in Deutschland den Aufbau von Wasserstofftankstellen für PKWs. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Anbietern, die ihre Wasserstofftankstellensysteme anbieten.

H<sub>2</sub>-Tankstellen benötigen einen Niederdruck-H<sub>2</sub>-Speicher, der durch Trailer oder durch Elektrolyse bzw. Gasreformierung vor Ort erzeugten Wasserstoff befüllt werden kann. Im zweiten Schritt wird ein Verdichter benötigt, der den Wasserstoff auf bis zu 900 bar verdichtet. Für den Tankvorgang wird bei Nutzfahrzeugen eine 350 bar und für PKW eine 700 bar-Zapsäule benötigt. Beide können an einer öffentlichen H<sub>2</sub>-Tankstelle errichtet werden, jedoch müssen die Tanks über ein ausreichendes Speichervolumen verfügen. Um das Gas tanken zu können muss es bei dem 700 bar-Tankvorgang auf -40°C heruntergekühlt werden. Befinden sich im betankten Fahrzeug Typ III Tanks (metallisches Liner), braucht bei 350 bar Tankdruck nicht vorgekühlt zu werden. Bei Typ IV Tanks (Kunststoffliner) muss der Wasserstoff jedoch auch bei 350 bar vorgekühlt werden. An dem Standard (Kühltemperatur, Volumenstrom) wird derzeit gearbeitet. Gegenwärtig ist es jedoch nicht erlaubt, mit 350 bar Typ IV Tanks an Tankstellen der H<sub>2</sub>Mobility zu tanken.

Für den sicheren Betrieb ist beim Bau sowie beim Betrieb von H<sub>2</sub>-Tankstellen eine Vielzahl von technischen Standards und Normen einzuhalten. Der wichtigste technische Standard ist ISO 19880 (Gaseous Hydrogen Fuelling Stations). Für die Errichtung und auch den Betrieb sind weitere ISO Standards einschlägig<sup>50</sup>.

Eine mobile H<sub>2</sub>-Tankstelle bietet Wystrach für ca. 1.2 Mio € inkl. Speichercontainer an. Die Tankgeschwindigkeit ist an dieser Tankstellenart gedrosselt, sodass keine Kühlung benötigt wird. Die Kosten einer H<sub>2</sub>-Tankstelle liegen bei einer Tagesdurchlaufmenge von 200 kg zwischen 1 und 1,5 Mio. €, bei Anlieferung des Wasserstoffs. Wird der H<sub>2</sub> vor Ort per Elektrolyse erzeugt, ergeben sich bei einem Tagesbedarf von 400 kg (entspricht 1 MW Elektrolyseurleistung) durchschnittliche Investitionskosten von 5 Mio. €. Die Dauer von der Planung bis zur Abnahme beträgt zwischen 12 und 19 Monate. Der Platzbedarf richtet sich nach Speichergröße und H<sub>2</sub>-Bezug, sodass zwischen 350 und 700 m<sup>2</sup> benötigt werden. Bei Standorten sollten H<sub>2</sub>-Erzeugung und -Anwendungen zusammen betrachtet werden, um Transportkosten zu minimieren. Es sollten möglichst viele verschiedene Fahrzeugarten an einer H<sub>2</sub>-Tankstelle tanken können, um einen Mindestabsatz von Wasserstoff zu garantieren.

---

49 Ingenieurbüro für Brennstoffzelle, Wasserstofftechnologie und Elektromobilität: Wann lohnt sich der Transport von Wasserstoff per Wasserstoffpipeline? Abrufbar unter: <https://emcel.com/de/wann-lohnt-sich-der-transport-von-h2-per-h2pipeline/>

50 NOW: Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV. Abrufbar unter: [https://www.starterset-elektromobilität.de/content/2-Bausteine/5-OEPNV/now\\_leitfaden\\_einfuehrung-wasserstoffbusse.pdf](https://www.starterset-elektromobilität.de/content/2-Bausteine/5-OEPNV/now_leitfaden_einfuehrung-wasserstoffbusse.pdf)

## 5.3 Cluster: Wasserstoffnutzung in der Mobilität

### 5.3.1 Idee der Region: Anschaffung von Brennstoffzellenbussen



#### PROJEKTIDEE 5

**Idee:** Im ÖPNV wird seit Anfang der 2000er-Jahre Wasserstoff in Bussen genutzt. Der Einsatz von Brennstoffzellenbussen wäre für die Verkehrsbetriebe ein Mittel zur Umsetzung der Clean Vehicle Directive.

**Verfahren:** Busse, die mit Wasserstoff betrieben werden, verfügen in der Regel über einen elektrischen Antriebsstrang. In einer Brennstoffzelle werden Wasserstoff und Sauerstoff chemisch bei Temperaturen  $< 70^{\circ}\text{C}$  zu Wasser umgewandelt. Mit dem dabei erzeugten Strom werden über eine zwischengeschaltete Batterie die Motoren angetrieben<sup>50</sup>.

**Potential:** Es wird weder  $\text{CO}_2$  freigesetzt noch entstehen Stickoxid- oder Partikelemissionen. Man spricht von einem lokal emissionsfreien Fahrzeug. Auch der Fahrkomfort ist im Vergleich zu Dieselbussen höher, da der elektrische Antriebsstrang für eine vibrationsarme Fahrt bei geringen Lärmemissionen sorgt. Es ergeben sich langfristige Potentiale in der Ausbildung von regionalen Fachkräften.

**Herausforderung:** BZ-Busse sind für die allermeisten Busbetriebe Neuland, die entsprechende Infrastruktur existiert somit nicht und muss aufgebaut werden. Generell müssen Anpassungen bei der Wartung der Busse und Schulung des Personals durchgeführt werden. Zudem sind die Anschaffungskosten für dieselbetriebene Busse geringer im Vergleich zum BZ-Bus<sup>51</sup>.

<sup>51</sup> Roland Berger Factsheets. Development of Business Cases for Fuel Cells and Hydrogen Applications for Regions and Cities. 2017.

### 5.3.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

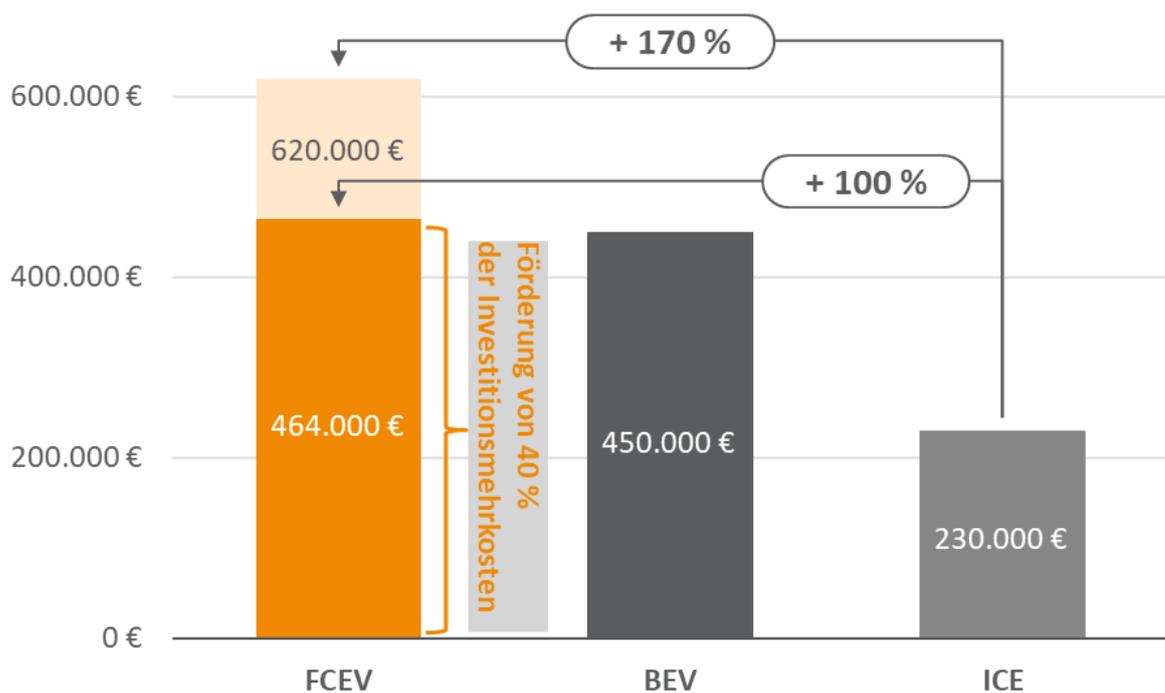


Abbildung 19: Vergleich der Anschaffungskosten von Diesel (ICE), Batterie (BEV)- und Brennstoffzellenbussen (FCEV)<sup>51</sup>  
(© BMVI/BBHC)

Der H<sub>2</sub>-Einsatz im Verkehrssektor ist bei Bussen weltweit am weitesten fortgeschritten (Fahrzeugzahlen weit im dreistelligen Bereich). Üblicherweise werden 30 kg Wasserstoff bei 350 bar in einem Typ 3 oder Typ 4 Tank gespeichert, womit Reichweiten von bis zu 350 km ohne Nachtanken erreicht werden. Aufgrund der flachen Topografie im Landkreis könnten die Reichweiten auch höher sein. Die Tankdauer beträgt zwischen 5 und 15 Minuten.

#### Referenzen

Verschiedene Hersteller bieten BZ-Busse an, die etabliertesten sind Van Hool, Caetano und Solaris. Auch der Fahrzeugbezug bei kleineren Herstellern ist möglich, jedoch können aus Erfahrung Liefertermine oft nicht eingehalten werden und die langfristige Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Serviceleistung ist nicht immer gegeben. In Köln sind 20 und in Wuppertal 10 Busse von Van Hool im Einsatz, die über das Projekt JIVE gefördert wurden (in Kombination mit Landes- und Bundesförderungen). Ebenfalls werden BZ-Busse in Hamburg, Frankfurt und Stuttgart eingesetzt. Im Zuge der Inbetriebnahme der Busse (oder gewisse Zeit vorher) müssen die Fahrer für die Bedienung der Fahrzeuge geschult werden, was üblicherweise durch den Fahrzeughersteller erfolgt. Außerdem muss das Werkstattpersonal für Arbeiten an Hochvoltanlagen geschult sein, sofern die Wartungsarbeiten nicht ohnehin an externe Serviceunternehmen vergeben wird.

## Wirtschaftlichkeit

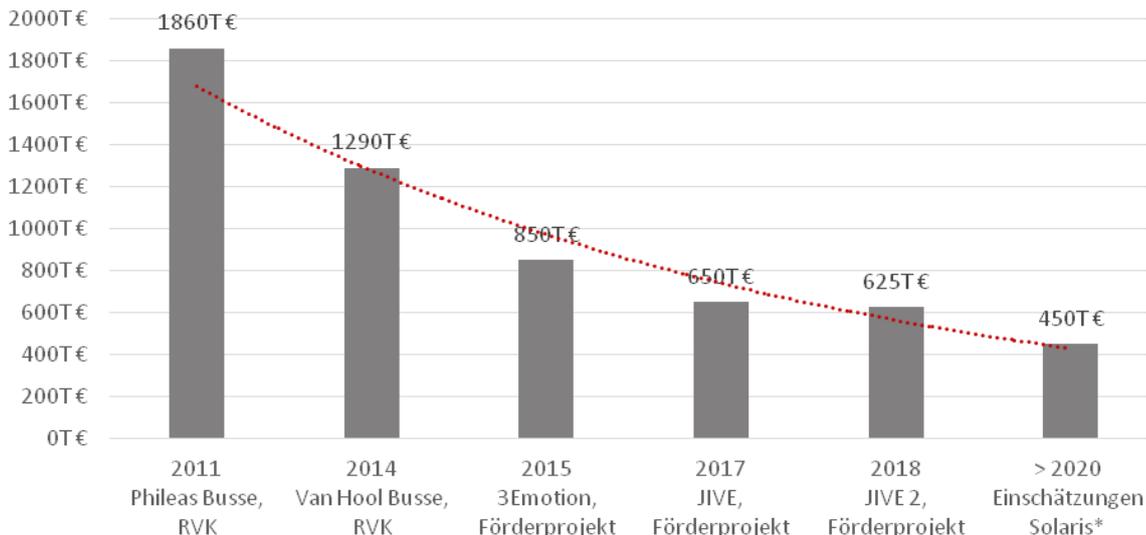


Abbildung 20: Kostendegression bei den Anschaffungskosten von BZ-Bussen  
(© BMVI/EE Energy Engineers)

Stand heute sind die Anschaffungskosten für Brennstoffzellenbusse noch bedeutend höher als die Anschaffungskosten für dieselbetriebene Busse und auch höher als die von batteriebetriebenen Bussen (siehe Abbildung 19). Während die Anschaffungskosten für dieselbetriebene Busse bei ca. 210.000 bis 230.000 € pro Fahrzeug liegen, kosten Brennstoffzellenbusse ca. 620.000 bis 650.000 €. Das hängt mit der wenig automatisierten Produktion und deutlich geringeren Stückzahlen zusammen. Durch Skaleneffekte können die Kosten perspektivisch auf 450.000 € sinken (siehe Abbildung 20). Um die Anschaffungskosten heute schon zu senken, bestehen Fördermöglichkeiten über europäische und nationale Fördertöpfe. In Abbildung 19 ist eine Förderung in Höhe von 40 % der Investitionsmehrkosten für die Anschaffung des Brennstoffzellenbuses angenommen worden. Die Annahme basiert auf einer abgelaufenen Förderung durch das NIP II. Durch die Förderung würden die Anschaffungskosten um ca. 160.000 € sinken und lägen auf dem Niveau batteriebetriebener Busse. Würde die Förderung auf 80 % der Investitionsmehrkosten steigen (entspricht der Förderquote, die im Rahmen kommender Förderaufrufe diskutiert wird), lägen die Anschaffungskosten bei ca. 300.000 €.

## Herausforderungen

Stolpersteine technischer Art gibt es bei den Fahrzeugen nicht mehr: Die Kaltstartfähigkeit ist kein Problem mehr, die Busse können bei bis zu  $-30^{\circ}\text{C}$  starten. Die Lebensdauer der Brennstoffzellen liegt bei über 30.000 h. Wegen der noch geringen Auswahl an Herstellern und der kontinuierlich steigenden Nachfrage ist bei der Fahrzeugbestellung mit Lieferzeiten von 1 bis 1,5 Jahren zu rechnen. Da die Nachfrage u. a. durch Förderprogramme steigen wird, werden sich auch die Lieferzeiten verlängern. Auf Ausschreibungen für einzelne Busse antworten die Hersteller häufig nicht, erst Bestellungen mehrerer Fahrzeuge (> 5, besser > 10 Fahrzeuge) werden berücksichtigt.

## Nächste Schritte

Öffentliche H<sub>2</sub>-Tankstellen mit 350 bar wurden noch nicht flächendeckend errichtet, die Region muss daher beim Erwerb von Bussen den Bau einer H<sub>2</sub>-Tankstelle mit einplanen. Zudem sind Werkstätten und Abstellhallen wasserstoffsicher auszurüsten (H<sub>2</sub>-Sensoren, Dachluken) und Dacharbeitsplätze einzurichten, was Kosten im fünfstelligen Bereich erzeugt. Um dieses Vorhaben zu realisieren muss zuerst geprüft werden, ob und welche Linienumläufe aufgrund ihrer Längen überhaupt für Brennstoffzellenbusse in Betracht kommen können. Dann ist die Frage nach dem geeigneten Standort der H<sub>2</sub>-Tankstelle zu klären und ob eine öffentliche Tankstelle mitgenutzt werden kann oder ob eine Tankstelle auf dem Betriebshof vonnöten ist. Bei einer öffentlichen Tankstelle mit 350 und 700 bar können der regionale ÖPNV sowie PKWs von Einheimischen und Tourist\*innen betankt werden, was aber aus betrieblichen Gründen seitens des Nahverkehrsunternehmens und aus räumlichen Gründen an der Tankstelle nur für kleinere Flotten eine Option sein kann.

Die H<sub>2</sub>-Versorgung ist per Trailer, Pipeline oder vor-Ort-Erzeugung mittels Elektrolyseurs möglich, die Versorgung ist für den jeweiligen Standort individuell zu prüfen. Aufgrund des reichhaltigen Angebots an erneuerbaren Energien ist ein regionaler H<sub>2</sub>-Bezug zu empfehlen, zunächst kann jedoch Wasserstoff auch aus anderen Regionen bezogen werden. Wenn sich eine oder mehrere Routen für den Einsatz von BZ-Bussen eignen, sollte mit der Planung und Umsetzung aufgrund der langen Lieferzeiten von Fahrzeugen und Tankstelleninfrastruktur zeitnah begonnen werden. In diesem Zuge gilt es Fördermittel zu prüfen und zu beantragen. Die Region Rügen-Stralsund ist aufgrund der genannten Faktoren für den Einsatz von BZ-Bussen prädestiniert, weshalb eine Umstrukturierung des ÖPNV empfohlen wird. Eine Mitarbeit im deutschen Brennstoffzellenbus-Cluster (Kontakt über Energy Engineers) wurde begonnen. Eine Richtlinie zur Förderung von alternativen Antrieben von Bussen im Personenverkehr liegt momentan zur Notifizierung bei der Europäischen Kommission. Sie ist Teil des NIP. Über die Richtlinie können Fahrzeuge und Infrastruktur sowie Machbarkeitsstudien gefördert werden. Zudem beinhaltet sie eine geplante Förderquote von bis zu 80 % der Investitionsmehrkosten für BZ-Fahrzeuge und 40 % für Infrastruktur.

### 5.3.3 Idee der Region: Nutzung von Brennstoffzellen-PKWs



#### PROJEKTIDEE 6

**Idee:** Eine Reihe an BZ-PKWs sind erhältlich. Deren Einsatz ist für die Region in bestimmten Segmenten interessant, dazu gehören kommunale Flotten und das Handwerk. Der Einsatz einer größeren Anzahl an Fahrzeugen wäre denkbar, zum Beispiel in innovativen Mobilitätskonzepten wie dem Ridepooling und Carsharing.

**Verfahren:** In der Brennstoffzelle wird elektrischer Strom aus Wasserstoff gewonnen. Das geschieht durch die Umkehrung der Elektrolyse. Wasserstoff und Luftsauerstoff reagieren zu Wasser, dabei entstehen Wärme und elektrische Energie. Letztere treibt den Elektromotor an.

**Potential:** Wie BZ-Busse sind BZ-PKWs lokal emissionsfreie Fahrzeuge und aufgrund ihres elektrischen Antriebs leise. Die Einführung dieser Fahrzeuge könnte entweder von der kommunalen Hand als Vorbild erwogen werden oder von regionalen PKW-Nutzer\*innen mit täglich großen Fahrreichweiten, z. B. im Handwerk. BZ-PKWs verfügen über hohe Reichweiten und kurze Tankzeiten. Durch die Einführung von Ridepooling und Carsharing-Konzepten könnte die Region Tourist\*innen ein interessantes Angebot für die Fortbewegung während des Aufenthalts machen.

**Herausforderung:** BZ-PKWs sind teurer im Vergleich zu batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen. Außerdem muss eine entsprechende Tankinfrastruktur geschaffen werden.

### 5.3.4 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

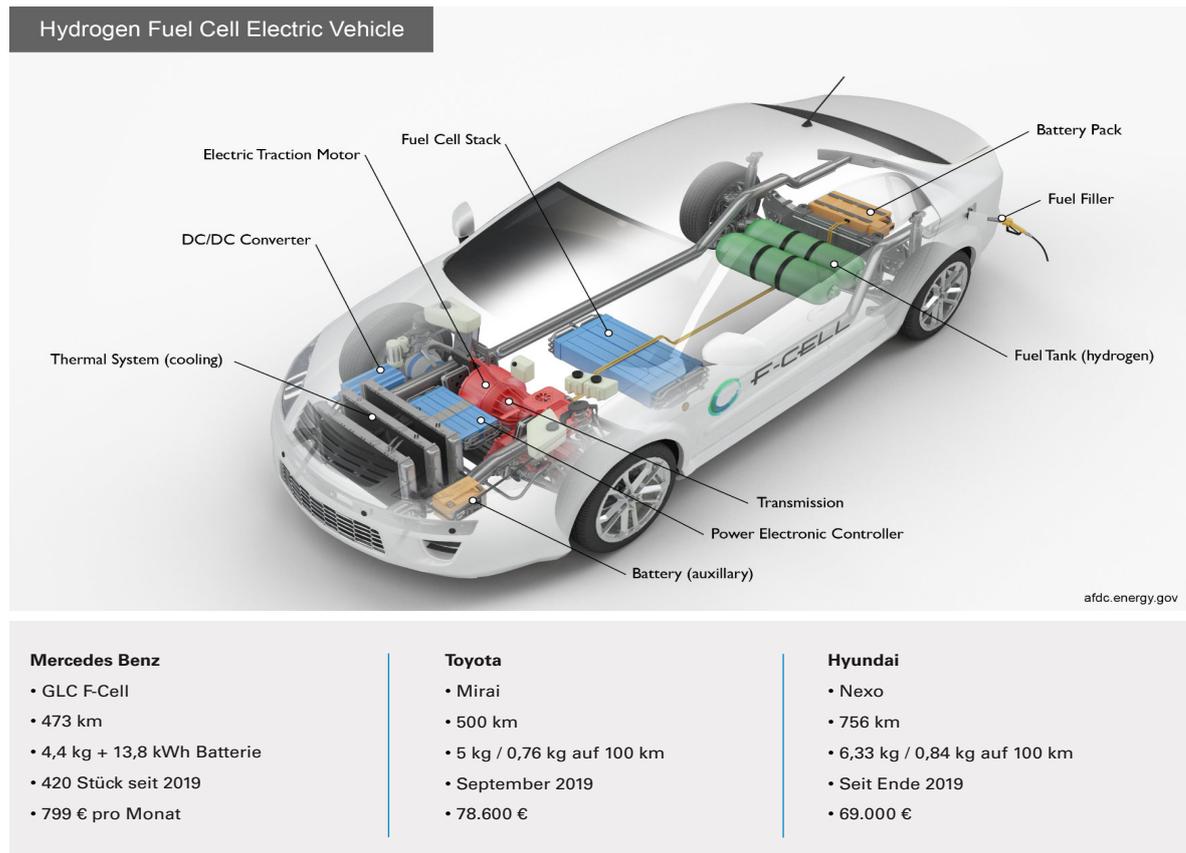


Abbildung 21: BZ-PKWs auf dem Markt  
 (© Alternative Fuels Data Center/Informationen zu den BZ-Fahrzeugen: EE Energy Engineers)

Derzeit beläuft sich die Zahl an BZ-PKWs in Deutschland auf 1.016 Fahrzeuge (Stand: 11/2020 Kraftfahrtbundesamt). Das öffentliche Tankstellennetz für BZ-PKWs beläuft sich derzeit auf ca. 100. Das Stralsunder Autohaus Schütt & Ahrens hat seit einiger Zeit einen Toyota Mirai als Ausstellungsstück im Portfolio.

#### Referenzen

Das Fahrzeugangebot beschränkt sich auf vier Modelle (Toyota Mirai, Hyundai NEXO, Hyundai ix35 und Mercedes-Benz GLC) (siehe Abbildung 21). Mehrere neue Fahrzeugmodelle, u. a. auch von Audi und BMW, sind für 2021+ angekündigt und der Tankstellenausbau schreitet voran mit dem Ziel von 400 deutschen Wasserstoff-Tankstellen bis 2023 bzw. 1.000 bis 2030. Die Integration von BZ-PKWs in Mobilitätskonzepten wie dem Ridepooling und Carsharing können Lösungsansätze für den Tourismusverkehrs bilden. Diese Konzepte sehen vor, dass entweder die Fahrzeuge oder die Fahrten mit anderen Personen geteilt werden. Durch die Einführung eines Sharing-Systems würden für Tourist\*innen attraktive Voraussetzung geschaffen werden, mit der Bahn anzureisen und sich vor Ort flexibel mit dem geteilten Auto fortzubewegen.

Es gibt eine Vielzahl an unterschiedlichen Sharing-Modellen, Firmen wie MOIA und CleverShuttle bieten solche Dienste in Großstädten an (siehe Abbildung 22). Eine Übertragung auf den ländlichen Raum wäre sinnvoll, da hier wahrlich kein Überangebot an Alternativen des öffentlichen Verkehrs oder anderen Sharingangeboten herrscht. Brennstoffzellenfahrzeuge von Toyota waren Bestandteil der CleverShuttle-Flotte und trugen dadurch zu einer emissionsarmen Fortbewegung bei. Auch door2door könnte sich als Kooperationspartner für die Region erweisen. Ziel des Unternehmens ist es, Rufbusse einzusetzen, um Lücken im ÖPNV, vor allem in Randzeiten oder in weniger dicht besiedelten Gebieten, zu schließen. Die Region sollte prüfen, ob die Kooperation oder eigenständige Ausarbeitung dieser Idee im Rahmen der Verkehrswende umgesetzt werden kann. Eine Zusammenarbeit mit Hotels könnte sich anbieten, die als Mitinvestoren die Anschaffung der Fahrzeuge kofinanzieren und ihren Gästen im Sharing zur Verfügung stellen. Gäste aus Metropolen wie Hamburg und Berlin sind mit Produkten von CleverShuttle und MOIA vertraut, weswegen eine geeignete Vermarktungsstrategie auf Anklang stoßen könnte. Zur Steigerung der Mindestnutzerzahlen könnte auch eine Zusammenarbeit mit der Diakonie erwogen werden, die die Fahrzeuge in gewissen Zeitfenstern für ihre Krankenfahrten nutzen könnten.

### **Wirtschaftlichkeit**

Der Toyota Mirai ist seit 2021 in der zweiten Generation erhältlich und kann für ca. 78.600 € direkt beim Hersteller bezogen werden. Ebenfalls beim Hersteller erhältlich, ist der Hyundai Nexo für ca. 69.000 €. Der Hyundai ix35 wird nicht mehr produziert, kann jedoch auf dem Gebrauchtwagenmarkt erworben werden. Weitere Modelle wie der Honda Clarity FC sind in Deutschland nicht erhältlich, der Mercedes-Benz GLC F-CELL wurde in reduzierter Stückzahl (ca. 420 Stück) über Leasing angeboten, sodass hiervon zukünftig keine Fahrzeuge auf dem Gebrauchtwagenmarkt erworben werden können. Profitable Sharingdienste erfordern gewisse Mindestnutzerzahlen kombiniert mit einer hohen Nutzerdichte, die bereits in vielen Randgebieten deutscher Großstädte nicht mehr gegeben ist. Eine höhere Auslastung der Fahrzeuge kann erzielt werden, wenn die Sharing-Dienste besser in den öffentlichen Nahverkehr integriert bzw. mit diesem kombiniert werden. Bislang wird Carsharing in Deutschland aber oft eher als Konkurrenz denn als Ergänzung zu Bus und Bahn betrachtet. Das Ridepooling kann ein attraktiver Baustein des örtlichen Nahverkehrs sein: Wenig befahrene Busstrecken müssen nicht mehr mit fast leeren Fahrzeugen zu unattraktiven Zeiten bedient werden, sondern können durch kundenorientierte und bedarfsgerechte Angebote mit kleinen Fahrzeugen ersetzt werden. Vom Ridepooling kann auch die ältere Generation im ländlichen Raum profitieren, da sie so auch nach der Abgabe des Führerscheins weiterhin mobil bleiben kann.

---

52 Feuerwehrmagazin (2020): Feuerwehr stellt Wasserstoff-Brennstoffzellen-KdoW in Dienst. Abrufbar unter: <https://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/news/feuerwehr-stellt-wasserstoff-brennstoffzellen-kdow-in-dienst-104180?fbclid=IwAR2n4clvp7vF1FrwMjtAOMHFAhfl3DsLWa07lqBWzLS-2UKhf-Glk8mOxk>

Neben den Sharing-Angeboten könnten die BZ-PKW's auch von der öffentlichen Hand in ihrer Vorbildfunktion angeschafft und genutzt werden. In Berlin erprobt die Polizei den Einsatz von BZ-PKW's<sup>44</sup> und im Kreis Düren die Feuerwehr<sup>52</sup>. Durch die Einführung dieser Fahrzeuge kann die Alltagsauglichkeit der Fahrzeuge getestet und die Sichtbarkeit der Brennstoffzellenmobilität erhöht werden. Da die BZ-PKW's in wenigen Minuten getankt werden können und über eine hohe Reichweite verfügen, bieten sie sich für Nutzer\*innen mit diesen Fahrprofilen an (z.B. Handwerker\*innen).

## Herausforderungen

Herausforderungen ergeben sich in der Verfügbarkeit und den hohen Kosten der BZ-Fahrzeuge. Es gibt Anbieter, die vereinzelt Fahrzeuge zum Leasing anbieten, wie das Autohaus Keller in Siegen oder das Autohaus Glückauf in Haltern am See. Einzelne Fahrzeuge könnten in die kommunale Flotte integriert werden. Allerdings gibt es derzeit noch keine Wasserstofftankstelle in der Region. Diese müsste erst noch errichtet werden. Für die Einführung einer regionalen Sharingdienstleistung müsste ein passender Betreiber gefunden werden, zum Beispiel der VVR. Es gibt eine Vielzahl an Unternehmen, die White Label-Lösungen für regionale Sharingmodelle anbieten, unter anderem stadtmobil<sup>53</sup>. Die Wirtschaftlichkeit von Carsharing- und Ridepooling-Diensten ist häufig nicht gegeben, es sei denn sie werden mit Kooperationspartner durchgeführt, die für eine gewisse Grundauslastung der Fahrzeuge sorgen.

Damit innovative Sharing-Konzepte zukünftig zu mehr Effizienz und Nachhaltigkeit im Verkehr beitragen können, müssen regulatorische Hürden abgebaut und der Rechtsrahmen – insbesondere das Personenbeförderungsgesetz – angepasst werden. Zum Beispiel sollten entgegen den gegenwärtigen Bestimmungen des Gesetzes die Kund\*innen Ausgangs- und Endpunkt ihrer Fahrt selbst bestimmen dürfen und nicht an feste bauliche Haltepunkte gebunden sein (Einführung von virtuellen Haltestellen für eine orts- und zeitbezogene Steuerung).

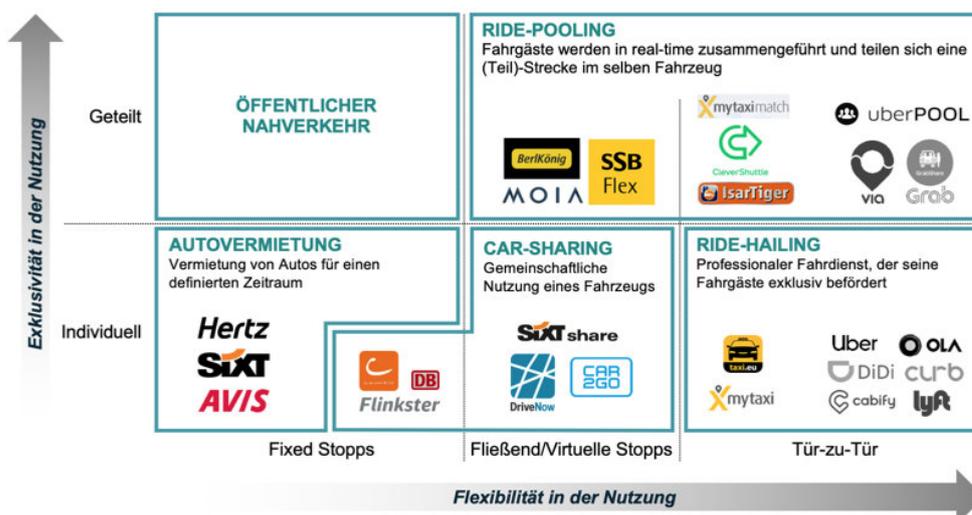


Abbildung 22: Übersicht Ride-Selling Angebote (© LSP Analyse)

<sup>53</sup> Stadtmobil Carsharing: White Label CarSharing.  
 Abrufbar unter: <https://rhein-ruhr.stadtmobil.de/business-loesungen/white-label-carsharing/>

Der Region wird empfohlen, die Brennstoffzellenmobilität in ihrem regionalen Mobilitätskonzept zu berücksichtigen und die genannten Projektansätze voranzutreiben, da darin große Potentiale für eine Verbesserung des Tourismusverkehrs gesehen werden. Unter anderem können beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Förderbereich Energieeffizienz & Erneuerbare Energien Mittel für Forschung & Innovation Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu IKT-basierten Elektromobilitätslösungen im Anwendungsbereich Mobilität, Verkehr, Logistik und Energienetze beantragt werden. Das BMWi fördert anwendungsorientierte Verbundprojekte, die auf Informations- und Kommunikationstechnologien basierende Elektromobilitätslösungen erarbeiten, unter anderem zu dem Thema verkehrsträgerübergreifende Sharing-Systeme, die den Umstieg vom Individualverkehr hin zum ÖPNV vereinfachen.

### 5.3.5 Idee der Region: Nutzung von Wasserstoff in landwirtschaftlichen Fahrzeugen



#### PROJEKTIDEE 7

**Idee:** Im Landkreis sind 3.616 land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen zugelassen<sup>9</sup>. Diese werden vor allem mit Diesel betrieben. Gleichzeitig verfügen viele Landwirte über EE-Anlagen. Die Nutzung des Stroms zur Wasserstoffherzeugung und dessen Einsatz in H<sub>2</sub>-Traktoren wurde erörtert.

**Verfahren:** Technisch ist die Umrüstung möglich, ein Problem ist jedoch der Platzbedarf für die H<sub>2</sub>-Tanks, der auf einem Traktor nicht immer gegeben ist. Wasserstoffantriebe sollen auch für andere Landmaschinen entwickelt werden. Der H<sub>2</sub>-Verbrauch ist niedrig, sodass kleine H<sub>2</sub>-Tanks ausreichen.

**Potential:** New Holland hat kürzlich einen Wasserstofftraktor vorgestellt: Hierbei handelt es sich aber um einen Dieselmotor mit H<sub>2</sub>-Eindüsung, wodurch die Schadstoffemissionen gesenkt werden können, und nicht um einen H<sub>2</sub>-Verbrennungsmotor oder einen Brennstoffzellenantrieb<sup>54</sup>.

**Herausforderung:** Im Bereich der H<sub>2</sub>-betriebenen landwirtschaftlichen Nutzfahrzeuge sind lediglich nationale und internationale Prototypen und Pilotprojekte bekannt.

<sup>54</sup> Argarheute: Neuer Wasserstoff-Traktor von New Holland?

Abrufbar unter: <https://www.agrarheute.com/technik/traktoren/neuer-wasserstoff-traktor-new-holland-573449>

### 5.3.6 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

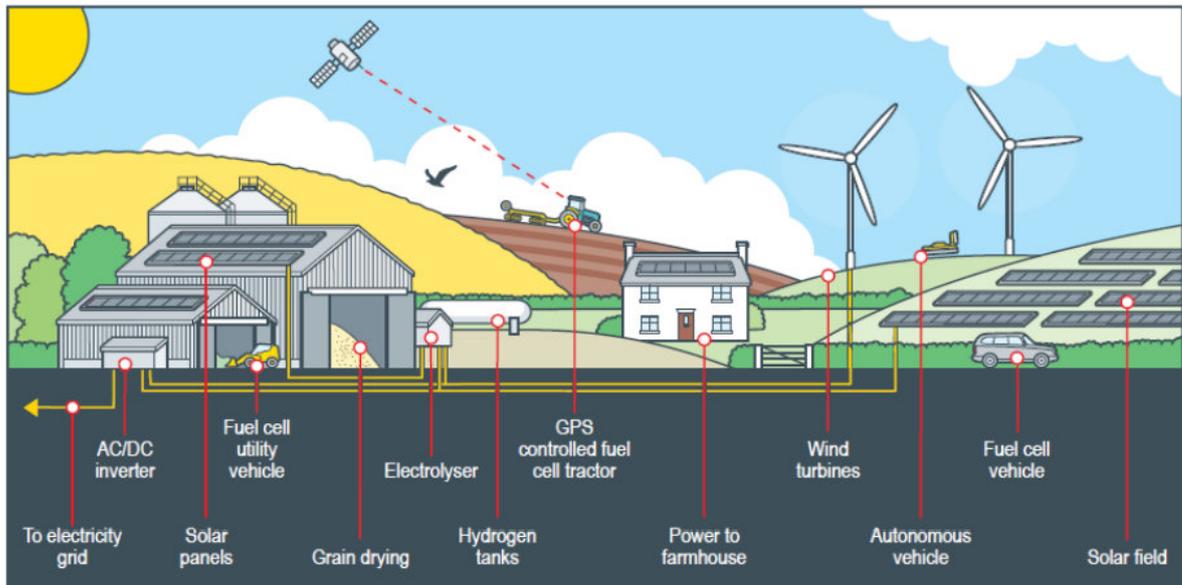


Abbildung 23: Zukünftige Wasserstofflandwirtschaft (Quelle: Royal Agricultural Society of England 2014)<sup>55</sup>

Erstmals 2009 hatte New Holland auf der SIMA-Ausstellung den mit Wasserstoff betriebenen Traktor NH<sup>2</sup> präsentiert. Das Konzept des energieunabhängigen Betriebs hatte New Holland im selben Jahr vorgestellt. Es beruht auf dem Grundgedanken, ohne große Umweltbelastung elektrischen Strom aus regenerativen Quellen zu erzeugen, in Form von Wasserstoff zu speichern und diesen bei Bedarf nutzen zu können<sup>56</sup>. Neben Umweltvorteilen würde ein derartiges System den Landwirten die Möglichkeit bieten, unabhängig von externen Energielieferanten zu agieren und ihre finanzielle Situation zu verbessern, da die Kraftstoffkosten einen beträchtlichen Teil der Gesamtbetriebskosten ausmachen.

Das von New Holland entwickelte Konzept des energieunabhängigen Betriebs sieht eine Selbstversorgung der Kund\*innen mit komprimiertem Wasserstoff vor, wobei der Wasserstoff entweder aus Wasser (durch Elektrolyse) oder direkt aus Methan (durch Verbrennung von Abfall oder Biomasse) hergestellt wird. Der Wasserstoff würde auf dem Betrieb in unterirdischen Tanks gespeichert werden. Ein Vorteil wären dabei die (im Vergleich zu Personen- und Lastkraftwagen) kurzen Entfernungen, die von Traktoren und Mähdreschern zwischen H<sub>2</sub>-Quelle und Einsatzort zurückzulegen sind<sup>57</sup>. Der erste Pilotbetrieb des Konzeptes wurde in La Bellotta in der Nähe von Turin umgesetzt.

<sup>55</sup> Royal Agricultural Society of England (2014): Refuelling the Countryside.  
Abrufbar unter: <http://www.greenwatt.co.uk/wp-content/uploads/2015/01/RASERefuellingtheCountrysideFINALREPORT28.07.14.pdf>

<sup>56</sup> New Holland: Hydrogen & energy independent farm.  
Abrufbar unter: <https://agriculture.newholland.com/apac/en-in/about-us/new-holland/clean-energy-leader/growing-energy/hydrogen-energy-independent-farm>

<sup>57</sup> Hünefeld, Roman (2009): New Holland: NH<sub>2</sub>-Traktor. Magazin für professionelle Agrartechnik.  
Abrufbar unter: <https://www.profi.de/aktuell/neuheiten/new-holland-nh2-traktor-11751272.html>



Claas oder John Deere durchzuführen. Fördermittel könnten bei der NOW für den Bereich der F&E-Vorhaben aus dem NIP angefragt werden. Auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat mehrere Förderprogramme wie „Innovation & Strukturwandel“ und „Technologieoffensive Wasserstoff“ angeboten, über die Gelder akquiriert werden könnten.

### 5.3.7 Idee der Region: Alternative Antriebe im Schienenverkehr



#### PROJEKTIDEE 8

**Idee:** Eine Machbarkeitsstudie des Energieministeriums MV hat den Einsatz von alternativen Antrieben im Schienenverkehr untersucht<sup>60</sup>. Für den Landkreis Vorpommern-Rügen spielt insbesondere die Reaktivierung der Darßbahn eine wichtige Rolle.

**Verfahren:** In Deutschland wird bereits der BZ-Zug Alstom Coradia iLint genutzt, der mit einer Tankfüllung bis zu 1.000 km Reichweite erreicht. Der gasförmige Wasserstoff ist in Tanks auf dem Dach gespeichert. Eine Brennstoffzelle lässt den Wasserstoff mit der Umgebungsluft reagieren. Dabei entsteht Strom, der Akkus im Fahrzeugboden auflädt<sup>61</sup>. In den nächsten zwei bis drei Jahren soll auch ein Wasserstoffzug der Firma Siemens im Raum Tübingen zum Einsatz kommen.

**Potential:** Der Wasserstoffzug erlaubt einen CO<sub>2</sub>-freien und leisen Fahrzeugbetrieb im Vergleich zu dieselbetriebenen Zügen. Auf den untersuchten Strecken hat sich zwar gezeigt, dass Oberleitungs-/Batterie-Hybridfahrzeuge mit 600 kWh-Speicher die wirtschaftlichste Technologie darstellen. Da man den Wasserstoffantrieb für die Darßbahn für eine spannende Option hält, wurden hier weitere Recherchen unternommen. Vorstellbar wäre der Einsatz von 3-4 Fahrzeugen und die Errichtung einer gleisnahen Tankstelle für Wasserstoffschienefahrzeuge in Stralsund<sup>60</sup>.

**Herausforderung:** Ein technischer Umbau der Darßbahn auf einen H<sub>2</sub>-Antriebsstrang ist theoretisch möglich. Es wäre die Errichtung einer H<sub>2</sub>-Tankstelle im Zug-Depot notwendig. Eine zentrale Herausforderung stellen bislang die hohen Kosten für den Wasserstoffbezug im Vergleich zum günstigen Diesel dar.

<sup>60</sup> TU Dresden und Institut für Bahntechnik (2020): Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für den Einsatz alternativer Antriebe im Schienenpersonennahverkehr in Mecklenburg-Vorpommern.

<sup>61</sup> dena: Nicht elektrifizierter Schienenverkehr.  
Abrufbar unter: [www.powertogas.info/fileadmin/Power\\_To\\_Gas/Dokumente/Factsheets/DENA-Factsheet5\\_Nicht\\_elektrifizierter\\_Schieneverkehr.pdf](http://www.powertogas.info/fileadmin/Power_To_Gas/Dokumente/Factsheets/DENA-Factsheet5_Nicht_elektrifizierter_Schieneverkehr.pdf)

### 5.3.8 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

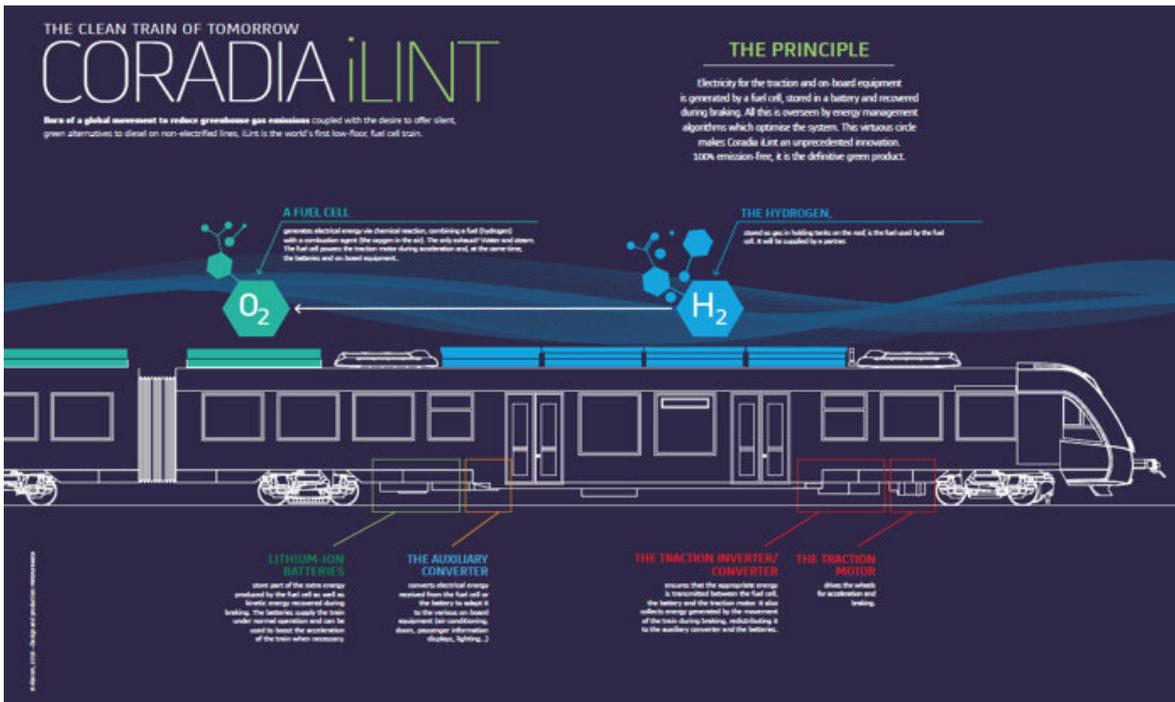


Abbildung 24: Wasserstoff Coradia iLint (© Alstom)

BZ-Züge können dort eingesetzt werden, wo keine Oberleitung vorhanden bzw. umsetzbar ist. Der Tank des BZ-Zuges Coradia iLint umfasst 170 kg, womit Strecken von bis zu 1.000 km mit einer Tankfüllung zurückgelegt werden können (siehe Abbildung 24). Wasserstoff-/Batterie-Hybridfahrzeuge wandeln in einer Brennstoffzelle die im Wasserstoff gespeicherte Energie in Kombination mit Luftsauerstoff im Prozess der sogenannten kalten Verbrennung in elektrische Energie um. Diese wiederum wird dann in einem Elektromotor in mechanische Energie umgewandelt. Als Abgas entsteht Wasserdampf oder kondensiertes Wasser. Für die Betankung wird in dem Zug-Depot eine H<sub>2</sub>-Zapfstelle benötigt.

Die Darßbahn soll wieder zwischen den Orten Barth und Prerow verkehren, mit Anschluss an die bestehende Strecke Barth-Velgast-Stralsund. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie des Energieministeriums MV wurde vereinfachend angenommen, dass in Stralsund eine gleisnahe Tankstelle für Wasserstoffschienerfahrzeuge geschaffen wird. Dafür hat die Studie folgende H<sub>2</sub>-Verbrauchsmengen errechnet: ca. 1.170 kg H<sub>2</sub>/Woche ohne Durchbindung nach Stralsund und ca. 1.843 kg H<sub>2</sub>/Woche mit Durchbindung nach Stralsund. Das Land MV will in diesem Jahr eine Ausschreibung mit alternativen Antrieben für das Netz Westmecklenburg II und die Darßbahn veröffentlichen, die sich auf Oberleitungs-Batterie-Hybride konzentriert. Jedoch soll eine Strecke ausgewählt werden, die die Wasserstofftechnologie fokussiert<sup>60</sup>.

## Referenzen

Es sind mehrere Brennstoffzellen-Triebwagen Modelle von verschiedenen Herstellern verfügbar. BZ-Züge wurden in Deutschland auf der Strecke Bremervörde – Buxtehude erfolgreich erprobt. Es handelt sich um Fahrzeuge des Typs Alstom Coradia iLint. Interessenten können das Modell ausleihen, um den regionalen Einsatz vor Ort zu testen. Im Landkreis Tübingen soll ab 2024 der Mireo Plus H in Betrieb genommen werden, der von Siemens Mobility in Kooperation mit der Deutschen Bahn AG entwickelt wird. Die Zillertalbahn in Österreich wird Brennstoffzellenzüge des Herstellers Stadler einsetzen. In Spanien wird derzeit ein Brennstoffzellenzug durch Talgo entwickelt, der 2023 in Serie gehen soll<sup>60</sup>. Belastbare Aussagen bezüglich der Übertragbarkeit, Lieferzeit und Preise können nicht getroffen werden, sondern müssten bei den Herstellern angefragt werden.

## Wirtschaftlichkeit

Bereich	Investition	Kosten [€]	Bezugsebene
a) Fahrzeug	H <sub>2</sub> BZ-Triebwagen	5.000.000	Stück
	Umrüstung Werkstatt	450.000	pauschal
b) Off-Site-Elektrolyse	Elektrolyse (100 bar) mit Peripherie	3.000	kW installierte Leistung
	Verdichtung (auf Speicherdruck 300 bar)	500.000	pauschal
c) Transportlogistik	Speichertrailer mit 300 bar Stahlflaschen	135.000	Stück
	H <sub>2</sub> BZ-Zugmaschine	385.000	Stück
	Diesel-Zugmaschine (Alternativlösung)	110.000	Stück
d) H <sub>2</sub> -Tankstelle	Tankstelleninfrastruktur	1.000.000	pauschal pro Tankstelle
	Verdichtung (Hochdruckspeicher, Betankung)	600.000	pauschal

Abbildung 25: Annahmen im Rahmen der Machbarkeitsstudie für die grundlegenden Netto-Investitionskosten eines H<sub>2</sub>BZ-Triebwagen-Pilotprojekts in Thüringen basierend auf Gesprächen mit Unternehmen und Branchenvertreter (Quelle: Bauhaus-Universität Weimar 2019)<sup>62</sup>

Die Machbarkeitsstudie „Pilotprojekt Einsatz von H<sub>2</sub>BZ-Triebwagen in Thüringen“ gibt Referenzwerte für die mit dem Wasserstoffbetrieb verbundenen Kosten im Schienenverkehr. Berücksichtigt werden müssen Kosten für die Fahrzeuge und deren Wartung, für die Elektrolyse, die Transportlogistik und die H<sub>2</sub>-Tankstelle (siehe Abbildung 25). Der Wasserstoffverbrauch für den BZ-Triebwagen Alstom Coradia iLint wird bei einer Reichweite von bis zu 1.000 km und dem gegebenen Tankvolumen mit 0,18-0,25 kg/km angenommen, während der Verbrauch für einen von der Größe und Gewicht her vergleichbaren Dieseltriebwagen mit 1,0-1,8 l/km angenommen wird. Mit einem durchschnittlichen Dieselpreis von 1,05 €/l netto sowie den Durchschnittswerten von 0,22 kg/km und 1,4 l/km ergibt sich hieraus ein H<sub>2</sub>-Zielpreis von 6,70 €/kg netto, den es von den H<sub>2</sub>-Gestehungskosten her einzuhalten gilt. Hieraus ergeben sich paritätische Energiekosten von 1,47 €/km Zug.

<sup>62</sup> Bauhaus-Universität Weimar (2019): Schlussbericht Machbarkeitsstudie Pilotprojekt Einsatz von H<sub>2</sub>BZ-Triebwagen in Thüringen. Abrufbar unter: [https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren\\_institute/Urban\\_Energy\\_Systems/Dokumente/Schlussbericht\\_Machbarkeitsstudie\\_Pilotprojekt\\_H2BZ-Triebwagen.pdf](https://www.uni-weimar.de/fileadmin/user/fak/bauing/professuren_institute/Urban_Energy_Systems/Dokumente/Schlussbericht_Machbarkeitsstudie_Pilotprojekt_H2BZ-Triebwagen.pdf)

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass entsprechend den Dieselpreisen der vergangenen 10 Jahre H<sub>2</sub>-Vergleichspreise zwischen 5,60 €/kg und 7,75 €/kg netto denkbar sind. Da es sich beim Einsatz von BZ-Zügen im Schienenverkehr um ein Pilotprojekt zur Umsetzung einer neuen Technologie handelt, sind die Investitionskosten nur schwer abzuschätzen. Eine genaue Abschätzung der Wartungs- und Betriebskosten stellt sich ebenfalls als schwierig dar, da auch hier Erfahrungswerte fehlen.

### **Herausforderung**

Herausforderungen ergeben sich vor allem durch die fehlende Kostenparität zum Diesel, aber auch in der Verfügbarkeit der BZ-Triebwagen. Der Aufbau einer Tankstelle muss erfolgen.

### **Nächste Schritte**

Das BMVI verfolgt eine technologieoffene Förderung und hat in den vergangenen Jahren mehrere Entwicklungsprojekte für alternative Antriebe bei Triebwagen aus den einschlägigen Förderrichtlinien für die Elektromobilität mit Batterie- bzw. Wasserstoff-/Brennstofftechnologie gefördert. Diese umfassen wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge, Batterie-/Oberleitungs-Hybride und Diesel-/Batterie-Hybride. Zudem unterstützt das BMVI die Beschaffung dieser Fahrzeuge. Dieses Jahr wird eine Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe im Schienenverkehr durch das BMVI im NIP veröffentlicht. Durch die Richtlinie können Fahrzeuge, Infrastruktur und Machbarkeitsstudien gefördert werden. Zudem ist eine Förderquote von 40-60 % der Investitionsmehrkosten für Fahrzeuge und Infrastruktur geplant.

## 5.4 Cluster: Wasserstoffeinsatz in der Gebäudeenergieversorgung

### 5.4.1 Idee der Region: H<sub>2</sub>-ready Blockheizkraftwerke



#### PROJEKTIDEE 9

**Idee:** In der Region sind bereits mehrere BHKWs im Betrieb und tragen so insbesondere zur effizienten Wärmeversorgung bei. Im Rahmen des HyStarter-Projekts wurden mehrere Standorte für den Bau von H<sub>2</sub>-ready BHKWs eruiert, darunter die Tribseer Vorstadt und ein Rügener Dorf.

**Verfahren:** Strom und Wärme werden über eine stationäre Brennstoffzelle oder über ein gasmotorisches H<sub>2</sub>-BHKW zur Verfügung gestellt. Diverse Hersteller bieten diese Technologien mit einem Gas-Mischbetrieb an. Dies ermöglicht einen wechselweisen Betrieb mit Erd-, Biogas oder Wasserstoff, je nach Verfügbarkeit. Zur Gebäudeenergieversorgung wird Wasserstoff per Brennstoffzelle rückverstromt, um Strom- und Wärmebedarf der Gebäude zu decken.

**Potential:** Durch den Mischbetrieb von Wasserstoff und Erdgas kann eine nachhaltige Wärmeversorgung ermöglicht werden. Ein H<sub>2</sub>-ready BHKW könnte neben dem ÖPNV einen sicheren Abnehmer darstellen. Die Technologie ist bereits am Markt verfügbar und wurde zum Beispiel in Haßfurt erprobt.

**Herausforderung:** Der Erdgaspreis ist derzeit sehr günstig und konkurrenziert damit die Nutzung von Wasserstoff, der aktuell zu noch relativ hohen Kosten hergestellt wird.

### 5.4.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

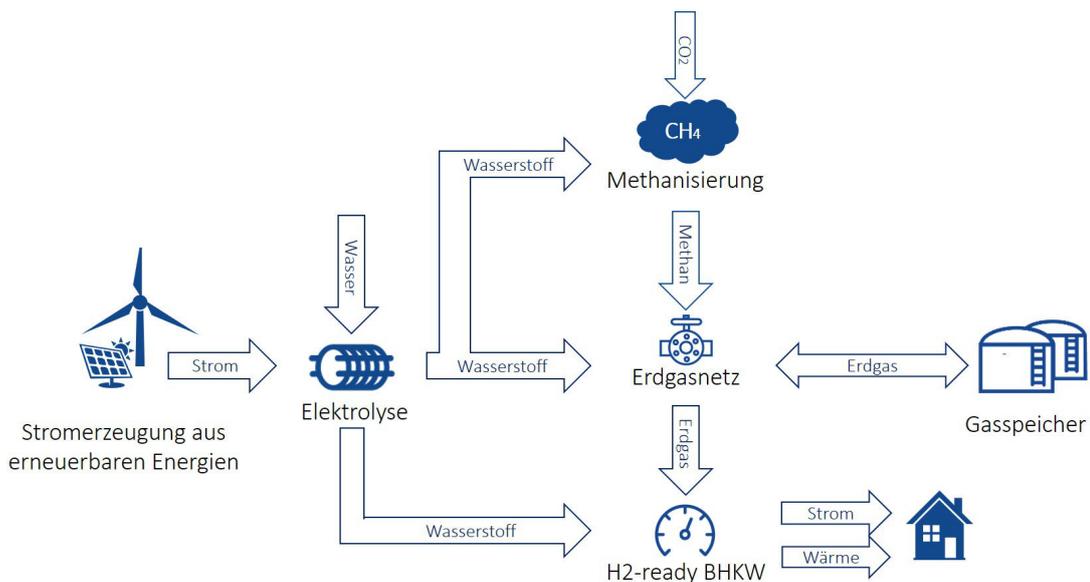


Abbildung 26: Funktionsweise eines H<sub>2</sub>-BHKW (© BMVI/Nuts One)

Wasserstoff kann in der Gebäudeenergieversorgung eingesetzt werden. Strom und Wärme werden über eine stationäre Brennstoffzelle oder über ein gasmotorisches H<sub>2</sub>-BHKW zur Verfügung gestellt. Aufgrund der verschiedenen Leistungsklassen sind diese Technologien für verschiedenste Gebäudearten oder Quartiere einsetzbar. Die PEM-Brennstoffzelle bietet zwar hohe Stromkennzahlen und einen hohen elektrischen Wirkungsgrad, hat aber nur eine vergleichsweise geringe Abwärme bei Temperaturen um 50°C. Gebäude, die weit vom Niedrigenergie- oder Passivhausstandard abweichen und hohen Wärmebedarf haben, sollten daher diese H<sub>2</sub>-Anwendung nicht verfolgen. Niedertemperatur-Brennstoffzellen wie die PEM sind bei schwankenden Leistungsanforderungen aufgrund ihrer Kaltstartfähigkeit und ihrem hohen Wirkungsgrad sowohl im Voll- als auch (je nach Anwendung) Teillastbetrieb anwendbar.

## Referenzen

Stationäre Brennstoffzellensysteme und H<sub>2</sub>-BHKW sind in verschiedenen Leistungsklassen marktreif und verfügbar. Hersteller wie 2G (Verbrennungsmotor) oder Fuji N2telligence (PAFC) bieten H<sub>2</sub>-BHKW mit einem Gas-Mischbetrieb an. Das Gebäude oder Quartier kann zunächst mit Erdgas versorgt werden. Nach Etablierung einer ausreichenden H<sub>2</sub>-Produktion in Rügen-Stralsund kann das System auf Wasserstoff umgestellt werden. Die Fuji N2telligence wird bereits von Wolf ButterBack KG oder von Nordfrost in Herne in Tiefkühlslagern genutzt sowie das 2G BHKW in Haßfurt. Bosch hatte mit seinem Partner Cerers Power im Dezember 2020 die geplante Serienproduktion ihrer Festoxidbrennstoffzellen für kleine, dezentrale Kraftwerke angekündigt. Brennstoffzellen mit höherer Leistung, ab 1,5 MW elektrisch, 1 MW thermisch, bietet Fuel Cell Energy an<sup>63</sup>.

## Wirtschaftlichkeit

Grauer Wasserstoff kann heutzutage noch für weniger als 2 €/kg bezogen werden. Bei einer Gasnetzeinspeisung müsste grüner Wasserstoff zu weniger als 1 €/kg angeboten werden, um pro kWh Energiegehalt wirtschaftlich konkurrenzfähig mit Erdgas zu sein. Im Abgleich mit den Analysen der Auslegungsvarianten ist zu konstatieren, dass die Substitution von Erdgas weit von einer Wirtschaftlichkeit entfernt ist. Auch der Emissionsreduktionsnutzen pro eingesetztem Kilogramm Wasserstoff ist im Verkehrssektor größer als im Erdgasnetz (siehe Kapitel 5.8).

## Herausforderungen

Für den reinen oder priorisierten Wärmebedarf eignen sich die brennstoffzellenbasierten Systeme nicht, da sie auf hohe Stromkennzahlen und einen hohen elektrischen Wirkungsgrad ausgelegt sind (H<sub>2</sub>-Motor-BHKW sind hier sinnvoller). Wärmebedarf, der über die Abwärme der Brennstoffzelle hinausgeht, sollte über Wärmepumpe oder über Strom bereitgestellt werden. Bei einer leitungsgebundenen

---

<sup>63</sup> Enapter: Ditching the Diesel. Abrufbar unter: <https://www.enapter.com/hydrogen-microgrids>

Gebäudeversorgung muss eine kontinuierliche, ganzjährige Gasversorgung sichergestellt werden. Zudem ist die Verlegung von Pipelines vor allem im Siedlungsbereichen kostspielig (Tiefbauarbeiten, Genehmigungen).

### Nächste Schritte

In Stralsund und auf Rügen ist der Bau eines H<sub>2</sub>-ready-BHKWs denkbar. Es sollte ggf. ein BHKW mit Gas-Mischbetrieb eingesetzt werden, um den regionalen Erdgasbetrieb zu Beginn zu ermöglichen, und bei ausreichend regionaler H<sub>2</sub>-Erzeugung kann das BHKW auf H<sub>2</sub>-Betrieb umgeschaltet werden. Die Einführung des CO<sub>2</sub>-Preises könnte neue Anreize schaffen, diese Projektideen voranzutreiben. Der Bau eines solchen BHKWs sollte konzeptionell eingebettet werden (siehe nächstes Kapitel).

#### 5.4.3 Idee der Region: Quartierskonzepte und Insellösungen



##### PROJEKTIDEE 10

**Idee:** Es handelt sich hierbei um einen konzeptionellen Ansatz: Ist es möglich, energieautarke, dezentrale Energienetze und Quartiere zu schaffen und welche Rolle kann Wasserstoff dabei spielen?

**Verfahren:** In Hoogeveen (Niederlande) und Kaisersesch (Rheinland-Pfalz) werden Quartierskonzepte mit Wasserstoff entwickelt. In Hoogeveen wird lokaler Strom für die Erzeugung von grünem Wasserstoff genutzt und in 80 Häusern Wasserstoff in der Wärmeversorgung eingesetzt. In der Wohnsiedlung soll erst einmal 20 % Wasserstoff in das Erdgasnetz eingespeist werden und den Anteil möchte man dann sukzessiv erhöhen. Das SmartQuart-Projekt in Kaisersesch setzt auf sogenannte SmartQuart-Hubs: Ein Energiemanagementsystem vernetzt alle Verbraucher und Erzeuger der Quartiere systemisch und steuert den Energiefluss. So kann Energie möglichst effizient im Quartier genutzt oder anderen Quartieren bilanziell zur Verfügung gestellt werden<sup>64</sup>.

**Potential:** Durch eine intelligente Kopplung möglichst vieler Erzeuger und Nutzer auf der dezentralen Ebene wird ein sektorenübergreifendes Konzept zur Umsetzung der Energiewende etabliert. Dabei technologieoffen batterieelektrische und brennstoffzellenbasierte Ansätze zu prüfen schafft Synergien zwischen dezentralen Verbrauchern.

**Herausforderung:** Es müssen Maßnahmen zur Digitalisierung und Steuerung vieler Einheiten umgesetzt werden. Ein hoher Abstimmungsaufwand ist bei sektorenübergreifenden Projekten zu beachten.

<sup>64</sup> SmartQuart (2021): Lokal optimieren, intelligent vernetzen. Abrufbar unter: <https://smartquart.energy/about/>

#### **5.4.4 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit**

Es gibt bundesweit einige Ansätze zur (autarken) Energieversorgung mit regenerativen Energien und Wasserstoff im Quartier. Beispielsweise bildet die Verbandsgemeinde Kaisersesch das Reallabor „SmartQuart“ des BMWI. SmartQuart repräsentiert typische Quartiere von niedrig verdichteten ländlichen bis hin zu sehr hoch verdichteten städtischen Räumen. Im Rahmen des SmartQuart-Konzepts soll in dem Wasserstoffquartier Hy-Zell Strom, der per Windkraft und Solarzellen erzeugt wird, zur Produktion von Wasserstoff genutzt werden. Der grüne Wasserstoff soll von Unternehmen und unter anderem in einem Wasserstoffbus genutzt werden. Im niederländischen Hoogeveen soll ein Wasserstoffquartier aufgebaut werden, in dem 80 Bestandsgebäude mit Strom und Wärme aus Wasserstoff versorgt werden sollen.

#### **Referenzen**

In den drei Stadtquartieren von SmartQuart beteiligen sich Bewohner\*innen, Energieversorger sowie lokale Technologieanbieter an der Umsetzung. In Kaisersesch, Essen und Bedburg werden dafür einzelne Stadtquartiere jeweils in sich und miteinander vernetzt. So sollen sich die unterschiedlich strukturierten Quartiere im systemischen Verbund nachhaltig und wirtschaftlich ergänzen und Energie untereinander austauschen. Im anderen Best-Practice Beispiel Hoogeveen wird lokaler PV-Strom für die Erzeugung von grünem Wasserstoff genutzt und in der Wärmeversorgung eingesetzt. Durch die Nutzung der Abwärme des Elektrolyseurs kann der Gesamtwirkungsgrad erhöht werden. In der niederländischen Wohnsiedlung soll der Anteil von Wasserstoff im lokalen Ergasnetz sukzessiv erhöht werden, um langfristig Erdgas zu ersetzen. Weitere Referenzprojekte zum Wasserstoffeinsatz in Quartierskonzepten sind die Heinrich-Pesch-Siedlung (Ludwigshafen), das Wasserstoffquartier der Esslinger Weststadt oder das klimafreundliche Wohnen in Augsburg mit Exytron.

#### **Herausforderungen**

Für die Steuerung der Projekte müssen Maßnahmen der Digitalisierung umgesetzt werden, zum Beispiel der Einbau von intelligenten Stromzählern oder Leitzentralen. Diese müssen auch gegen Hacker-Angriffe geschützt werden und den Datenschutzbestimmungen entsprechen. Bestandsgebäude haben häufig einen höheren Energieverbrauch im Vergleich zu Neubauten, ggf. müssen die Gebäude saniert werden. Die Erreichung von Kostenparität mit Erdgas, das bei einem Börsenpreis von etwas mehr als 2 ct/kWh Erdgas liegt, erscheint mittelfristig unwahrscheinlich. Durch Einführung eines Wasserstofftarifs oder eines Förderbeitrags können Kund\*innen ähnlich wie beim Ökostrom regionale Wasserstoffprojekte unterstützen. Zum Beispiel fördern proWindgas-Kund\*innen bei Greenpeace Energy mit einem Beitrag von 0,4 ct/kWh den Wasserstofftarif.

## Nächste Schritte

In der Region gibt es einige Akteure wie die Stadtwerke Stralsund und das Energiewerk Rügen, die großes Interesse an der Umsetzung solcher Konzepte haben. Dafür sollte ähnlich wie im Reallabor SmartQuart ein entsprechendes Konsortium gebildet, Standorte für die Umsetzung dieser Ideen identifiziert und die Bewerbung um Fördergelder angegangen werden. Mögliche Fördermitteloption ist das 7. Energieforschungsprogramm des BMWI.

### 5.4.5 Idee der Region: Stationäre Brennstoffzellen-Heizungen



#### PROJEKTIDEE 11

**Idee:** Es werden Alternativen für Öl- und Gaskessel gesucht, um langfristig zu einer nachhaltigen Wärmeversorgung zu kommen.

**Verfahren:** Während des Prozesses in der Brennstoffzelle wird nicht nur Strom erzeugt, sondern es entsteht auch Wärme, wenn der Wasserstoff mit dem Sauerstoff reagiert. Diese Wärme wird zum Heizen genutzt, also zur Erhitzung von Wasser, was dann entweder in die Heizungsrohre geht oder der Warmwasserversorgung dient. Durch diese doppelte Funktion – Strom und Wärme – erhöht sich der Wirkungsgrad einer Brennstoffzellenheizung auf über 90 %<sup>65</sup>.

**Potential:** BZ-Heizsysteme sind aktuell noch teurer als ihre fossile Konkurrenz. Aufgrund der Einführung der CO<sub>2</sub>-Steuer könnten sie sich aber langfristig rentieren.

**Herausforderung:** Viele Systeme werden für Neubauten angeboten. Inwieweit diese Lösungen im Bestand genutzt werden können, muss im Einzelfall geprüft werden. Autarke Systeme sollten nur wenn erforderlich umgesetzt werden, ein Netzanschluss ist aus Redundanzgründen (Störungen am Brennstoffzellensystem) zur Sicherstellung der Energieversorgung notwendig.

<sup>65</sup> Erdgas Südwest: Wie funktioniert eine Brennstoffzellenheizung?

Abrufbar unter: <https://www.erdgas-suedwest.de/natuerlichzukunft/wie-funktioniert-eine-brennstoffzellenheizung/>

#### 5.4.6 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

Im Landkreis sind Öl- und Gaskessel noch weit verbreitete Systeme zur Gebäudeenergieversorgung. In Betracht des Ölheizungsverbots und den Unsicherheiten bezüglich eines künftigen Gasheizungsverbots wurden mit der Region stationäre BZ-Heizungen diskutiert.

#### Referenzen

Für Einfamilienhäuser gibt es diverse Brennstoffzellenheizgeräte, die allesamt auf Erdgas basieren (eine Umstellung auf H<sub>2</sub> wäre aber möglich). Vaillant und Viessmann entwickeln im Zuge von Projekten auch Brennwertthermen, die mit H<sub>2</sub> betrieben werden können. Es muss in jedem Fall sichergestellt werden, dass die Gebäude dann mit H<sub>2</sub> oder Erdgas versorgt werden können, entweder mit Tanks an den Gebäuden oder leitungsgebunden. Picea Home Power Solutions hat ein System entwickelt, bei dem Komponenten wie Batterie, Elektrolyseur und Brennstoffzelle in effizienter Weise zusammenarbeiten. Es werden bereits Projekte realisiert, in denen das System von Home Power Solutions erfolgreich im Einsatz ist: Home Power Solutions System im Lahn-Dill-Kreis<sup>66</sup> und in Zusmarshausen<sup>67</sup>.

#### Herausforderungen

Die Technologieauswahl ist abhängig von der Gebäudeart. Ein System mit PEM-Elektrolyseur und Niedertemperatur-Brennstoffzelle empfiehlt sich bei Niedrigenergiestandard- oder Passivhäuser mit niedrigem Wärmebedarf. Zusätzliche Wärmeerzeugung ist z.B. durch Wärmepumpen sicherzustellen. Hierbei handelt es sich meist um Neubauten von Ein- oder Mehrfamilienhäusern. Eine Umrüstung eines Gebäudes wird nicht empfohlen. Bürogebäude sind individuell zu prüfen, auch hier ist je nach Energiebedarf und Grundlast der H<sub>2</sub>-Einsatz möglich. Die Umsetzung eines Komplettsystems wird von Home Power Solutions, EMcel (aus Köln), HyCon (aus Herten) und diversen versierten Ingenieurbüros angeboten.

#### Nächste Schritte

Über den Aufbau eines Wärmekatasters im Landkreis kann ermittelt werden, welche Potentiale sich für die langfristige Umrüstung der fossilen Heizgeräte ergeben. In Zusammenarbeit mit der IHK und dem lokalen Handwerk können Weiterbildungen zum Einbau von BZ-Heizungsgeräten umgesetzt werden. Finanzielle Förderung der Geräte können über das Anreizprogramm Energieeffizienz zur Förderung von Brennstoffzellen-Heizgeräten in Wohn und Nichtwohngebäuden abgerufen werden.

---

66 Home Power Solutions: Pilotprojekt zur autarken Energieversorgung eines Einfamilienhauses zwischen WeberHaus und HPS Home Power Solutions Energieautarke Versorgung dank HPS-System. Abrufbar unter: <https://www.homepowersolutions.de/blog/pilotprojekt-zur-autarken-energieversorgung-eines-einfamilienhauses-zwischen-weberhaus-und-hps>

67 Youtube: Autarkes Wohnen mit Wasserstoff und Stromspeicher. Abrufbar unter: [https://www.youtube.com/watch?v=4ZgiXdgoliE&feature=youtu.be&ab\\_channel=AndreasHaehnel](https://www.youtube.com/watch?v=4ZgiXdgoliE&feature=youtu.be&ab_channel=AndreasHaehnel)

## 5.5 Cluster: Wasserstoffstandortkonzepte

### 5.5.1 Idee der Region: Transformation der Häfen (maritime Anwendung)



#### **PROJEKTIDEE 12: Mukran Port/Hafen Sassnitz**

**Idee:** Die Fährhafen Sassnitz GmbH mit der Dachmarke Mukran Port befindet sich in der Transformation vom Fährhafen hin zu einen zukunftsfähigen, grünen und hafenaffinen Großgewerbestandort. Derzeit ist geplant, in Mukran einen Power-to-X-Pilotstandort aufzubauen, der sich sowohl mit der Produktion und Verteilung des Wasserstoffes beschäftigt, aber auch die weiteren Anwendungsmöglichkeiten in der Industrie und Mobilität unter den Aspekten der Wirtschaftlichkeit und Effizienz betrachtet.

**Verfahren:** Der Hafen weist eine optimale Lage an den europäischen Hauptverkehrsachsen der Ostsee auf, sodass sowohl Liniendienst und Kreuzfahrtschiffe passieren und ohne Revierfahrt erreichen können. Weiterhin besteht ein direkter Anschluss an das Schienen- und Straßennetz. Somit ist Mukran Port als trimodaler Knotenpunkt für H<sub>2</sub> und dessen weitere Syntheseprodukte hervorragend geeignet, er bietet sich als Tankstellenstandort für alle Verkehrsträger an. Ziel ist es dabei, für jeden Verkehrsträger die zukunftsweisende Kraftstoffvariante anzubieten.

**Potential:** Der Hafen zeichnet sich durch exzellente Voraussetzungen für eine Umsetzung multimodaler Logistikkonzepte für den Handel mit Skandinavien, Baltikum und Russland sowie die Gestaltung eines nachhaltigen Tourismus in der Region aus. Durch das Projekt kann ein positives Image für die Region realisiert werden. Am Hafen soll ein Show Case umgesetzt werden, der zeigt, dass erneuerbare Energien und Wasserstoff für maritime Standorte funktionieren können. Der Hafen bietet sich auch als spannender Industriestandort für die Neuansiedlung von Unternehmen an.

**Herausforderung:** Ähnlich wie am Hafen Stralsund werden die lange Nutzungsdauer der Schiffe und die komplexen Zertifizierungsfragen als Herausforderung gesehen.



### **PROJEKTIDEE 13: Hafen Stralsund**

**Idee:** Der Hafen Stralsund soll zu einem Wasserstoffhafen entwickelt werden, in dem die gesamte Wertschöpfungskette von Wasserstoff realisiert werden kann. Am Hafen befinden sich Solaranlagen, die für eine erneuerbare Energieversorgung genutzt werden können. Dazu sind am Standort viele Nutzer von Wasserstoff verortet, allen voran die maritime Anwendung und die angesiedelte hafenauffine Industrie und Gewerbe. Im Einklang mit der Norddeutschen Wasserstoffstrategie der Küstenländer kann der Hafen mit seiner zentralen und exponierten Lage im Landkreis sowie mit seiner Multimodalität und Universalität als Wasserstoff-Logistik-Hub fungieren und eine große Bedarfsbandbreite aus den Bereichen Transport, Logistik und Industrie abdecken.

**Verfahren:** Die Fährverbindung zwischen Stralsund und Altefähr könnte für den Einsatz eines Schiffes mit alternativem Antrieb als geeigneter Anknüpfungspunkt fungieren. Die HOST untersucht im Rahmen eines Projektes, welche Antriebsarten in Frage kommen und bewertet deren Einsatz anhand einer Entscheidungsmatrix: Das Errichten einer multimodalen Tankstelle am Hafen und die nachhaltige Gestaltung innerbetrieblicher Logistik (Umschlagequipment, Lademaschinen, Rangierfahrzeuge, Flurfördergeräte) könnte ebenso mit Wasserstoff erfolgen. Auch für Kühllösungen gibt es wasserstoffbasierte Lösungen, zum Beispiel von N2elligence. Der Individualverkehr wird durch neue Konzepte der Mobilitätswende, z.B. der Nutzung von Sammeltaxis oder BZ-Fahrzeugen im Carsharing, ergänzt. Von Interesse wäre zudem der Einsatz kleinteiliger Mobilitätslösungen mit Wasserstoff (Wasserstoff-Kleinbusse, Wasserstoff-E-Bikes etc.).

**Potential:** Durch die Ausbildung von Fachkräften würde sich eine große Chance für die Region ergeben. Stralsund würde als Umschlagplatz der Region auftreten und es könnten Erzeugung, Verteilung und Verbrauch von Wasserstoff mit nachhaltigem Fährverkehr an einem Standort realisiert werden. Ein Green Port würde auf die touristische Perspektive einzahlen (Produktwahrheit und Produktklarheit).

**Herausforderung:** Eine große Herausforderung stellt die lange Nutzungsdauer von Schiffen dar. Probleme werden zudem bei den Genehmigungsverfahren, der Finanzierung und Wirtschaftlichkeit von maritimen Anwendungen gesehen. Neben der Versorgungsinfrastruktur (Aufbau von Schiffsbunkerstationen) sind die Kosten für die Nutzung von Wasserstoff im Vergleich zu Diesel und Schweröl hoch.

## 5.5.2 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

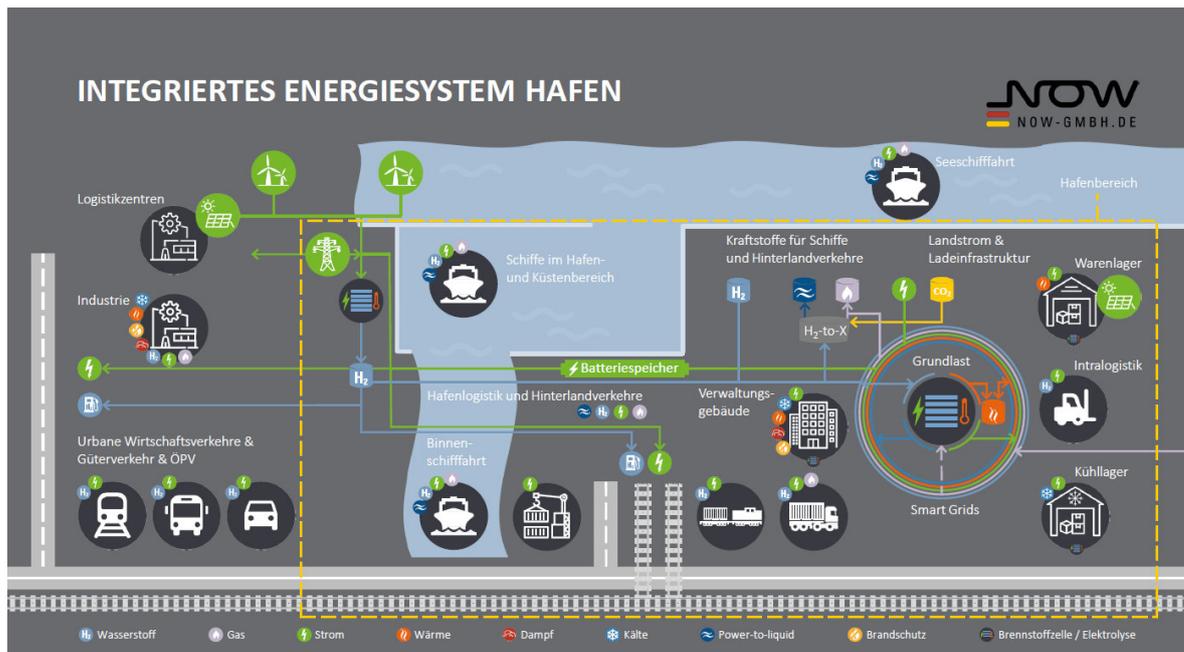


Abbildung 27: Integriertes Energiesystem Hafen (© NOW GmbH)

Immer mehr Häfen streben die Entwicklung einer möglichst CO<sub>2</sub>-neutralen Hafenökonomie an (z.B. Stralsund, Mukran Port Sassnitz, Rotterdam, Bremerhaven, Hamburg). Die Bemühungen zielen darauf ab, die Zukunftsfähigkeit der Häfen als innovative Unternehmensstandorte zu sichern, an dem verschiedene Prozessketten der Wasserstofftechnologie abgebildet werden können (siehe Abbildung 27). Häufig befinden sich EE-Anlagen in unmittelbarer Nähe der Hafenstandorte, sie sind Anlandepunkte von erneuerbaren Energien oder es existieren Flächen, auf denen zusätzliche Anlagen errichtet werden können. Der Strom kann entweder direkt für die Elektrolyse vor Ort genutzt werden oder Wasserstoff wird aus einer anderen Bezugsquelle angeliefert.

Der Hafen selbst bildet eine Vielzahl von Anwendungsfällen ab: Die angesiedelte Industrie kann den Wasserstoff direkt nutzen, z.B. für industrielle Prozesse der Stahl- oder der Ammoniakherstellung. Es können dadurch auch Anreize für Neuan-siedlungen von Unternehmen aus der Wasserstoffbranche geschaffen werden. Darüber hinaus können zahlreiche Mobilitätsanwendungen im Hafengebiet und zur Hinterlandanbindung mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien umgesetzt werden. Einen Schwerpunkt bilden dabei Anwendungen in der Logistik. Besonders der Einsatz von Wasserstoff und seinen Produkten in der Schifffahrt wird als wichtiger Hebel zur Dekarbonisierung der maritimen Anwendung gesehen.

## Referenzen

Über den reinen Schiffsverkehr und die Hafenlogistik hinaus ist eine Umstellung der Hafenanbindung, Zugverkehr, Busse, Flottenfahrzeuge auf Wasserstoffantriebe möglich. BZ-Gabelstapler werden von LINDE MH<sup>68</sup> STILL angeboten und in Demonstrationsprojekten wie im BMW-Werk in Leipzig und dem Daimler Sprinterwerk in Düsseldorf eingesetzt. BZ-Gabelstapler können in unter 1 Minute für 33 Stunden Betriebszeit betankt werden. Eine H<sub>2</sub>-Zapfsäule kann in der Betriebshalle betrieben werden. Zum Vergleich: Bei der batterieelektrischen Gabelstaplervariante dauert der Batteriewechsel ca. 15 Minuten oder mehrere Stunden Ladezeit. Neben dem Zeitaufwand ist dafür auch ein höherer Personalaufwand notwendig. 2020 wurden die ersten BZ-LKWs von Hyundai an Coop in die Schweiz geliefert<sup>69</sup>. Im Rahmen des EU-Projektes H2Haul<sup>70</sup> soll der Einsatz von 16 BZ-LKW, u.a. in Deutschland, getestet werden. Touristische Verkehre wie Hafenzubringer in Form von Ridesharingdiensten, Reisebussen, ÖPNV etc. können wie bereits beschrieben (zukünftig) auf BZ-Systeme umgerüstet werden.

Kühlhäuser können mit dem Brennstoffzellensystem HyCogeneration von N2intelligence ausgerüstet werden. Ein externer Absorptions-/Adsorptionskühler ermöglicht dabei die Umwandlung der Brennstoffzellenwärme in Klimakälte. So können Kühlhäuser ebenfalls mit einer eigenen unterbrechungsfreien Notstromversorgung mittels Brennstoffzelle bei einem Stromausfall versorgt werden.

Schiffe mit PtX-Antrieb werden aktuell in F&E-Projekten erprobt. Vergleichbare Projekte sind HYSEAS ENERGY, MS-innogy, ELEKTRA und das Bundesprojekt e4ships. Die MS-innogy ist mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen ausgestattet, Methanol dient als Kraftstoff (onboard Reformierung zu H<sub>2</sub>). Das Schiff wird derzeit nicht mehr genutzt. Da es sich bei der Elektra um ein Binnenschubschiff handelt, sind die Erkenntnisse nur begrenzt auf die Seeschifffahrt anwendbar. Jedoch wird hier die H<sub>2</sub>-Speicherung in Flaschenbündeln getestet. In dem Projekt RH2INE, bei dem es um BZ-Containerschiffe auf dem Rhein geht, wird zusätzlich die Errichtung einer H<sub>2</sub>-Infrastruktur in Häfen untersucht und dies könnte auch für Seehäfen von Interesse sein. Der Einsatz grünen Ammoniaks soll in einem Binnenschiff der Weißen Flotte getestet werden.

---

68 Produktion (2020): Warum Staplerflotten künftig mit Wasserstoff fahren.

Abrufbar unter: <https://www.produktion.de/technik/warum-staplerflotten-kuenftig-mit-wasserstoff-fahren-106.html>

69 Hyundai (2020): Erste Brennstoffzellen-LKW Hyundai Xcient Fuel Cell kommen nach Europa.

Abrufbar unter: <https://www.hyundai.news/de/unternehmen/erste-brennstoffzellen-lkw-hyundai-xcient-fuel-cell-kommen-nach-europa/>

70 H2 Haul: About the H2Haul project.

Abrufbar unter: <https://www.h2haul.eu/about>

Aufgrund der Verfügbarkeit von regionalem Biogas sollte die Anwendung einer Methanol-Brennstoffzelle mitberücksichtigt werden (katalytische Reaktion von Methan zu Methanol mit und ohne vorherige Reformierung). Beide Antriebsstränge, Wasserstoff oder Methanol, werden unter anderem im Verkehrssektor erprobt. Sowohl für den Wasserstoff- als auch den Methanol-Betrieb bedarf es einer Betankungseinrichtung am Hafen. Alternativ können H<sub>2</sub>-Flaschenbündelcontainer direkt an Bord verladen werden, die Zapfsäule wäre dann nicht notwendig (dabei muss geklärt werden, ob die Flaschenbündel am Hafen oder an der H<sub>2</sub>-Erzeugungsanlage gefüllt werden). Wasserstoff wird auf dem Schiff gasförmig mit 250 bis 500 bar und Methanol flüssig gespeichert mit 330 l Tankgröße. Als Reserve bzw. Ausweichsystem sind Akkumulatoren zu empfehlen. Die Nutzung grünen Ammoniaks im Schiffsverkehr wird in MV im Campfire Bündnis vorangetrieben und zeigt einen weiteren Pfad zur Dekarbonisierung des Schiffsverkehrs auf.

### **Herausforderungen**

Die Planung eines auf Wasserstoff basierenden Hafenkonzepts ist für die Standorte Stralsund und Mukran Port komplex und benötigt erheblichen Abstimmungsbedarf unter den beteiligten Akteuren. Neben der Entwicklung als grüner Gewerbe- oder Industriestandort müssen die Voraussetzungen für eine bedarfsgerechte Erzeugung von Wasserstoff am Standort sowie die Speicherung und Verteilung mitgeplant werden. Für den Einsatz im Mobilitätsbereich muss parallel eine trimodale Tankinfrastruktur (Schiff, Schiene, LKW) geplant und realisiert werden.

Es liegen bislang wenig Erfahrungen mit BZ-LKW vor, und deren Verfügbarkeit begrenzt sich derzeit auf Demonstrationsvorhaben. Auch Schiffe mit PtX-Antrieben wurden bislang nur in F&E-Projekten erprobt. Die Nutzungsdauer von Schiffen ist sehr lang und fordert eine ebenfalls lange Lebensdauer der technischen Komponenten. Die Speicherung von H<sub>2</sub> auf dem Schiff muss genehmigt werden, die entsprechenden Richtlinien werden derzeit von der IMO erarbeitet. Für den Umbau der MS Altefähr müssen geeignete, unternehmerische Zusammenschlüsse erfolgen. Für das Schiff muss eine aufwändige Einzelgenehmigung beantragt werden. Aufgrund der hohen Investitionskosten sowie der aktuell höheren Kosten für PtX-Produkte als für Diesel und Schweröl ist ein wirtschaftliches Betreiben der Flotte erst perspektivisch möglich.

### **Nächste Schritte**

Mukran Port treibt die Umwandlung in einen nachhaltigen Gewerbebestandort eigenständig weiter voran. Für die Transformation des Hafens Stralsund wurden mehrfach Arbeitstreffen organisiert, in welchem die Akteure ihre Ziele für die Entwicklung eines umfassenden Hafenkonzepts untereinander abstimmen. Wenn die passenden Kooperationspartner wie Werften, Reedereien, H<sub>2</sub>-Versorger (am Hafen) und H<sub>2</sub>-Lieferant gefunden werden können, ist ein Projekt zur maritimen Anwendung

von PtX-Produkten (Fähre, Ausflugsschiff, Schiff des Wasser- und Schifffahrtsamtes Ostsee) zu empfehlen. Das Projekt unterstreicht die regionalen Ambitionen eines ganzheitlichen Wasserstoffkonzepts und zahlt positiv auf den nachhaltigen Tourismus in Rügen-Stralsund ein. Das Projekt sollte insbesondere die PtX-Bedarfe am Hafen ermitteln. Ferner sollten die Technologien zur Umrüstung der Anwendungen aufgezeigt werden. Aufgrund der vorhandenen regionalen Biogasanlagen und der derzeit nicht genutzten MS-innogy wird empfohlen, ihren Einsatz auf einem Boddengewässer (z.B. im Strelasund) zu prüfen. Weiterhin sollte die Erprobung von Anwendungen im Logistikbereich (Gabelstapler, LKW) und in Kühlhäusern verfolgt werden. Es gibt zahlreiche Fördermittel, über die die Erarbeitung eines solches Konzept finanziert werden kann, z.B. das 7. Energieforschungsprogramm, die Nationale Klimaschutzinitiative oder die Projektförderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

### 5.5.3 Idee der Region: Gewerbestandorte mit Wasserstoff



#### **PROJEKTIDEE 14: Gewerbestandort Pommerndreieck**

**Idee:** Im Gemeindegebiet von Grimmen befinden sich Standorte von Windkraftanlagen und verschieden große Solarfelder. Denkbar ist, die Betreiber derartiger Anlagen zusammenzuführen und über die Errichtung eines „Wasserstoffkraftwerkes“ zu verhandeln. Ein möglicher Standort kann in Grimmen in unmittelbarer Nähe zu einem Solarfeld zur Verfügung gestellt werden. Parallel dazu können auch in Grimmen Gespräche mit Speditionen als Verbraucher geführt werden.

**Verfahren:** Es soll ein Standortkonzept für das Gewerbegebiet mit dem Baustein Wasserstoff entwickelt werden.

**Potential:** Die Stadt Grimmen erhofft sich eine Wertschöpfung daraus, möchte für innovative Lösungen bekannt werden. Sicherlich leistet das Projekt ein Beitrag zum Klimaschutz.

**Herausforderung:** Man befindet sich noch in einer konzeptionellen Phase und wird in nächsten Schritten eine Machbarkeitsstudie für den Standort aufsetzen sowie Stakeholder zusammenbringen.

Zu den wirtschaftspolitischen Zielen MV gehört die Planung und Weiterentwicklung von Gewerbestandorten, um attraktive Ökosysteme für die regionale Wirtschaft zu schaffen. Am Standort Pommerndreieck sind Unternehmen der Ernährungsbranche, der maritimen Wirtschaft sowie aus dem Maschinen- und Metallbau angesiedelt. Die Konzeptionierung des Gewerbestandorts Pommerndreieck wurde nicht im Rahmen von HyStarter, sondern parallel von einigen regionalen Akteuren insbesondere der HOST und der Wirtschaftsfördergesellschaft Vorpommern vorangetrieben. Für den

Standort soll ein attraktives Energiekonzept erarbeitet werden, welches die Potentiale der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie berücksichtigt. Vorstellbar sei die Elektrolyse vor Ort und Nutzung für die Logistik. Weiter Projektschritte sind von der Region geplant.

#### 5.5.4 Idee der Region: Tourismusstandorte mit Wasserstoff



##### **PROJEKTIDEE 15: Bernsteinresort Pütznitz – Hydrogen Island**

**Idee:** Mit dem Bernsteinresort Pütznitz wird es in den kommenden vier bis fünf Jahren zu der Umsetzung des größten Tourismusprojektes des Landes Mecklenburg-Vorpommern kommen. Das Investitionsvolumen beläuft sich auf über 300 Mio €.

**Verfahren:** Zur Produktion von Wasserstoff wird ein Elektrolyseur benötigt, dabei können sowohl alkalische als auch die PEM Technologie zum Einsatz kommen. Zur Speicherung des Wasserstoffs wird ein Kompressor genutzt. Die anschließende chemische Speicherung in Form von Methanol oder Ammoniak erhöht die Speicherdichte und ermöglicht eine Anwendung in der Mobilität. Durch den Einsatz einer Brennstoffzelle kann der Wasserstoff sehr effizient wieder in Strom und Wärme umgewandelt werden.

**Potential:** Das Potential der Idee besteht vor allem in der Verbindung von Klimaschutz, Innovation, nachhaltigem Tourismus und regionaler Wertschöpfung vor dem Hintergrund eines Tourismuslandes, dass in der Pflicht steht, das Wachstum der Branche verträglich und zukunftsfähig zu gestalten. Dies geschieht darüber hinaus unter Beteiligung großer internationaler Marken auf der Verbraucherseite, der regionalen Versorgungsträger und die praxisnahe Beteiligung von F&E. Weiterer dringend benötigter Effekt ist die Schaffung von Technik- und Ingenieurarbeitsstellen in der Region Vorpommern zu Gunsten einer ausgewogenen Bevölkerungsstruktur. Großer Vorteil der Idee ist, dass die Stadt Ribnitz-Damgarten als Initiator keine eigenen wirtschaftlichen Zwecke mit der Realisierung der Idee verbindet und daher sehr offen mit der Beteiligung der „Fähigen und Interessierten“ umgehen kann. So ist es Ziel, Teile der Idee auch unter der Leitung der Forschungsfabrik zu betreiben und so Forschungstätigkeit als Teil der Produktion zu ermöglichen (z.B. die Weiterverarbeitung des Wasserstoffs zu ggf. Ammoniak oder zu Methanol).

**Herausforderung:** Das Projekt hat die Anforderung, für die Verbraucher ökonomisch konkurrenzfähige Energiepreise zu liefern. Dies erfordert Förderung bei den Investitionen.

### 5.5.5 Technische, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit

Der größte Verbraucher des Resorts wird das Unternehmen Center Parcs mit einem jährlichen Energiebedarf von ca. 9.000 MWh elektrisch und 15.000 MWh thermisch sein. Auf der Halbinsel Pütnitz befindet sich eine Photovoltaikanlage mit einer Nennleistung von 21 MW und in der Nähe befinden sich 6 WEA mit einer Leistung von 6 MW. Eine Teilversorgung des Resorts mit regional erzeugter regenerativer Energie ist daher möglich. Für die Überbrückung der Dunkelflauten ist ein Elektrolyseur zur Erzeugung von Wasserstoff geplant. Der anfallende Sauerstoff wird einer Kläranlage zur Optimierung der ablaufenden Biologie zugeführt. Die Abwärme wird zur Beheizung des Spaßbades genutzt. Über die Energieversorgung hinaus ist die zusätzliche Verkehrserschließung der Halbinsel über das Wasser zu realisieren. Es gilt die Steigerung der Verkehrsbelastungen auf den Straßen der Region so gering wie möglich zu halten. Hierbei sollen keine fossilen Brennstoffe zum Einsatz kommen. Die zu überbrückenden Entfernungen für die Fähren betragen 1,5 km, 6,5 km und 11 km (one way). Dabei sind auf den längeren Strecken Geschwindigkeiten von 12 Knoten nötig. Der für die längeren Strecken benötigte „grüne Kraftstoff“ soll auf der Halbinsel produziert werden.

### Referenzen

Es gibt mehrere Regionen, die das Zusammenspiel zwischen Tourismus und Energiekonzepten mit Wasserstoff suchen, zum Beispiel die kroatischen Inseln<sup>71</sup> oder die Alpen<sup>72</sup>. Ungefähr 5 Mio. t CO<sub>2</sub> werden jährlich von der Hotelindustrie ausgestoßen<sup>73</sup>. Die hohen Energiekosten können zwischen 5 und 10 % der Gesamtbetriebskosten ausmachen. Gleichzeitig wird es für immer mehr Gäste wichtiger, dass sie ihren Urlaub nachhaltig gestalten können. Gefördert durch die NOW setzen E.ON und Radisson Blu in Frankfurt ein Wasserstoffprojekt um. Das Radisson Blu hat vor Ort über 400 Zimmer und Suiten mit einem enormen Energiebedarf, der bislang ausschließlich vom Stromnetz bedient wurde. Dort wurde im Jahr 2017 ein Brennstoffzellensystem aufgebaut, das 3 GWh Strom und 2 GWh Wärme für das Hotel bereitstellt. Dadurch konnte das Hotel 600 t CO<sub>2</sub> pro Jahr einsparen, was mit CO<sub>2</sub>-Emissionen von 50.000 Autos, die eine Strecke von 100 Kilometern fahren, gleich zu setzen ist. Ein anderes Best-Practice-Beispiel ist das Projekt „MOA-H2eat“ in Berlin<sup>74</sup>. Graforce hat für das Berliner Mercure Hotel „MOA Berlin“ eine Wärmeversorgung mit negativer CO<sub>2</sub>-Bilanz entwickelt. Dazu wird mittels des Verfahrens der Methan-Plasmalyse Biomethan in Wasserstoff und Kohlenstoff zerlegt.

71 Vujčić R., Josipović Ž., Matejčić F. (1998) Application of Hydrogen Energy in the Tourism Development Strategy of the Croatian Islands. In: Saetre T.O. (eds) Hydrogen Power: Theoretical and Engineering Solutions. Springer, Dordrecht.

72 PV-Magazin (2020): Green hydrogen can power green Alpine tourism. Abrufbar unter: <https://www.pv-magazine.com/2020/03/26/green-hydrogen-can-power-green-alpine-tourism/>

73 E.ON (2017): Radisson Blu and E.ON form partnership for a low-emission hotel in Frankfurt. Abrufbar unter: <https://www.eon.com/en/about-us/media/press-release/2017/radisson-blu-and-eon-form-partnership-for-a-low-emission-hotel-in-frankfurt.html>

74 Energie-Experten (2020): Methan-Plasmalyse: Hotel heizt mit negativer CO<sub>2</sub>-Bilanz. Abrufbar unter: <https://www.energie-experten.org/news/methan-plasmalyse-hotel-heizt-mit-negativer-co2-bilanz>

Aus dem Wasserstoff produziert das Hotel mit modifizierten Brennwertkesseln und einem Blockheizkraftwerk emissionsfrei Wärme und Strom. Der anfallende feste Kohlenstoff dient als Industrierohstoff und kann im Rahmen einer zukünftigen Kreislaufwirtschaft zum Beispiel zur Kunststoffherstellung genutzt werden.

### **Herausforderungen**

Die Hotelindustrie befindet sich stets in großer Konkurrenz und Gäste reagieren häufig äußerst preissensibel. Zur Umsetzung von Klimaschutzprojekten in der Hotelindustrie müssen die entsprechenden, finanziellen Ressourcen zur Verfügung stehen. Aktuell wird es aufgrund der COVID-19-Pandemie schwierig sein, Investitionen in EE- oder H<sub>2</sub>-Projekte zu tätigen. Vor allem zur Rehabilitation nach dem Lockdown sollten der Hotelindustrie Fördergelder für die Implementation von Energieprojekten bereitgestellt werden. Der Einsatz der Wasserstofftechnologie in der Branche kann vielfältig sein, von der Energieversorgung bis zur Anwendung in den hotelinternen Flotten.

### **Nächste Schritte**

Das Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz fördert über die Nationale Klimaschutzinitiative innovative Klimaschutzprojekte. Gesucht werden nicht-investive Projekte, die substanzielle Beiträge zu den Klimaszutzzielen der Bundesregierung leisten und eine bundesweite Sichtbarkeit aufweisen. Über das Förderprogramm könnte eine Konzepterstellung für die Hydrogen Island am Bernstein Resort Pütnitz erfolgen.

## 5.6 Modellierung der Projektideen

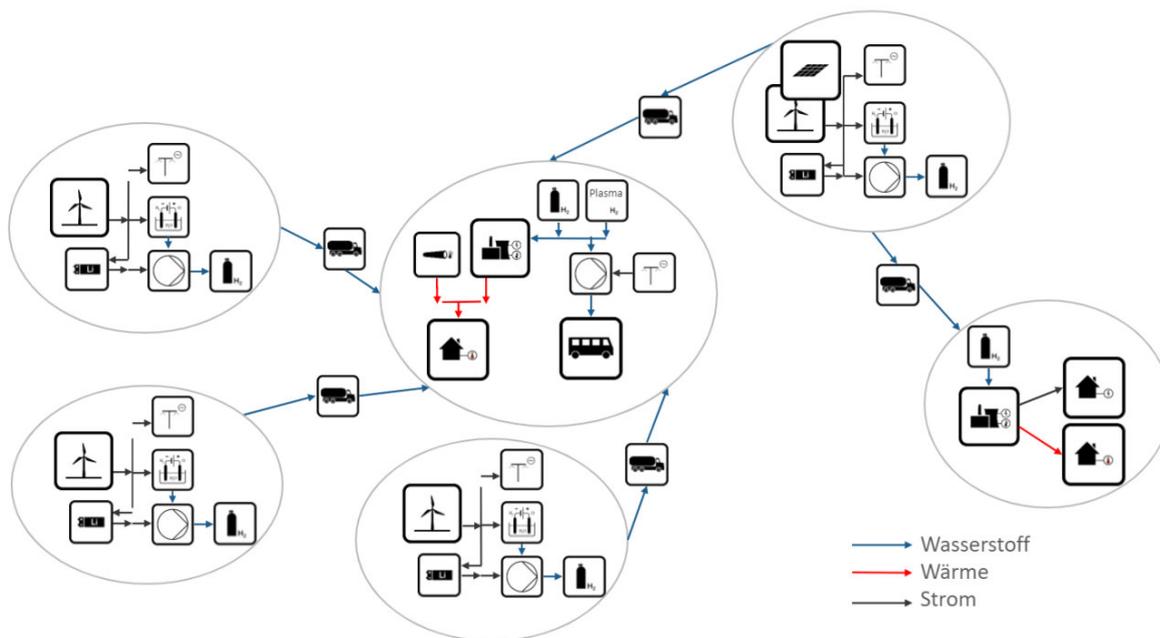


Abbildung 28: Detaillierte Darstellung des modellierten Technologiekonzepts (© BMVI/Reiner-Lemoine Institut)

In Kooperation mit dem RLI konnte das regionale HyStarter-Kernteam seine Projektideen modellieren und optimieren lassen, um eine Vorstellung zu den Energiemengen, Preisen und Treibhausbilanzen zu erhalten. Das regionale Wasserstoffsystem der Region wurde unter Berücksichtigung der Vorgaben der Region vom RLI in eine valide Topologie überführt und mit dem Simulationsframework SMOOTH<sup>75</sup> simuliert und optimiert.

Das Tool ermöglicht die Modellierung eines Energiesystems auf Komponentenbasis. Einzelne Komponenten (Speicher, Elektrolyseur etc.) sind mit physikalischen Grundgleichungen als Modelle zur Benutzung verfügbar. Diese Komponenten werden in verschiedenen Bilanzkreisen (Strom, Wasserstoff etc.) verschaltet, um das Gesamtsystem darzustellen. Die Simulation des Gesamtsystems erfolgt in stündlichen Zeitschritten. Zur Optimierung des Systems werden Optimierungsziele festgelegt und Bereiche angegeben, in denen die Auslegung einzelner Komponenten variiert wird (Peakleistung der PV-Anlage, Leistung des Elektrolyseurs etc.).

<sup>75</sup> <https://github.com/rl-institut/smooth>

Ziel war es, ein Konzept für die bedarfsabhängige Wasserstoffherzeugung im Landkreis Vorpommern-Rügen zu entwickeln. Dies schließt die Ausgestaltung des Energiesystems mit optimal zusammenspielenden Komponenten ein. Das Konzept der Energieversorgung soll mit Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen als Erzeuger den Strom-, Wärme- und Wasserstoffbedarf unterschiedlicher Verbraucher decken. Zu den Erzeugern im modellierten System gehörten vier Windparks verschiedener Betreiber, die mögliche Plasmalyse-Anlage in Bergen und eine PV-Anlage auf Rügen in der Nähe eines existierenden Windparks. Als Wasserstoffnutzer wurden zwei Quartiere definiert, in denen Wasserstoff zur Gebäudeenergieversorgung eingesetzt werden sollte. Außerdem wurde die Umrüstung mehrerer Buslinien auf Wasserstoff simuliert.

Die Ergebnisse der Simulation werden von der Region vertraulich behandelt, da teilweise sensible Daten genutzt wurden. Allgemein hat die Simulation gezeigt, dass selbst im aktuellen Rechtsrahmen des EEG 2017 eine wirtschaftliche Erzeugung von Wasserstoff an den verschiedenen Windparks möglich ist, wenn auch in der Konstellation der Eigenversorgung. Außerdem zeigte die Modellierung, dass durch den Einsatz von Wasserstoff erhebliche Einsparpotentiale von Treibhausgasen im Verkehr realisiert werden können. Schließlich müssen in der Region weitere Abnehmer von Wasserstoff identifiziert werden, da es ein großes Angebot an möglichen Wasserstoffherzeugungsstandorten gibt, jedoch nicht an jedem Standort geeignete Abnehmer identifiziert werden konnten. Dies wird sich sicherlich perspektivisch mit der weiteren Marktverfügbarkeit von BZ-Fahrzeugen und der Transformation der Häfen, wo Wasserstoff zum Einsatz kommen wird, ändern.

## 5.7 Vernetzung

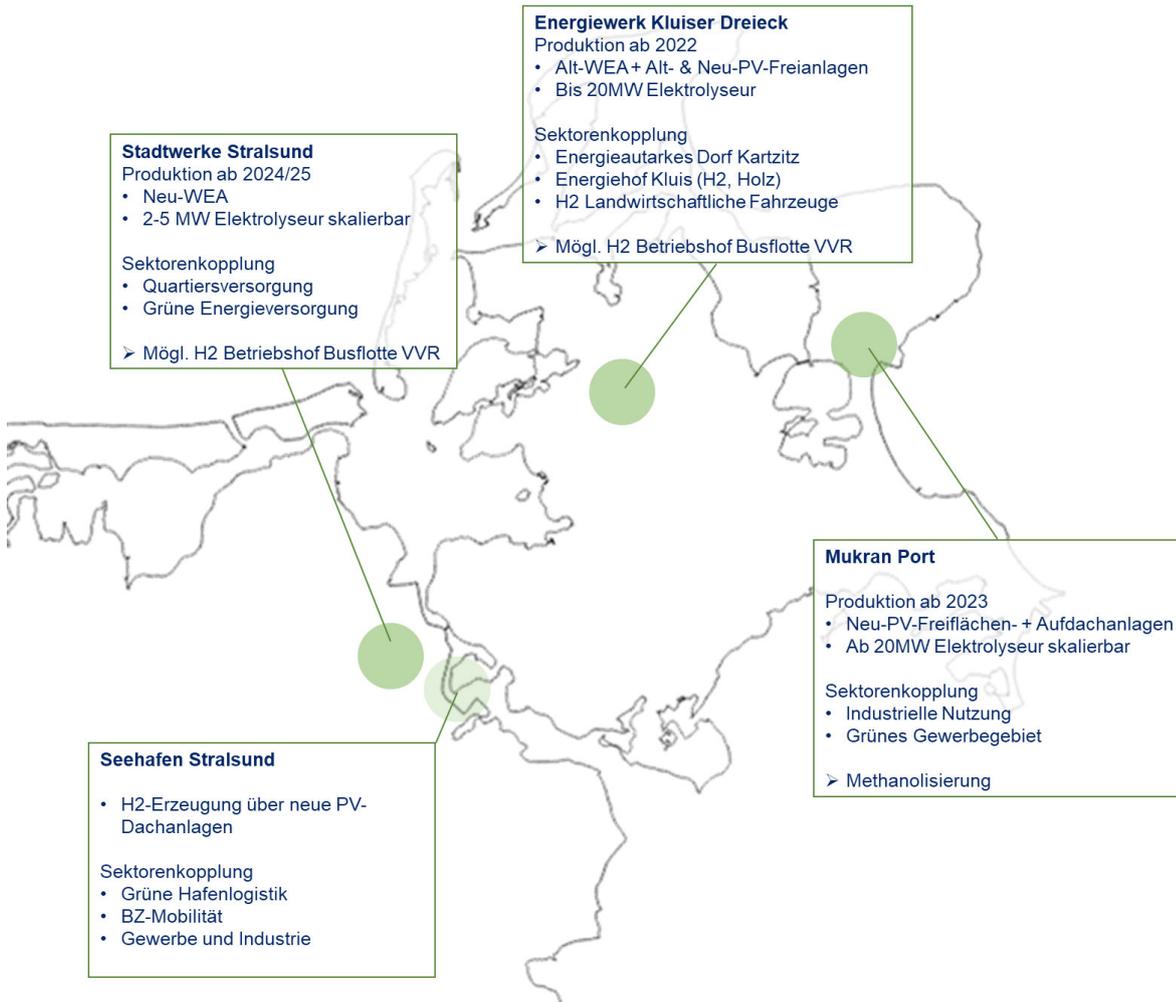


Abbildung 29: Regionales Erzeugerkonsortium zur Umsetzung von Projekten  
(© BMVI/Stadwerke Stralsund, Mukran Port und Energiewerk Rügen)

Die regionalen Akteure des HyStarter-Kernteam haben sich in einer eigenständigen Arbeitsgruppe zusammengefunden. Aus der Gruppe hat sich ein Erzeugerkonsortium gegründet, das konkrete Ziele für die Wasserstoffherzeugung an mehreren Standorten im Landkreis verfolgen möchte. Das Erzeugerkonsortium möchte dabei Konzepte der regionalen Energiewirtschaft umsetzen, indem grüne Stromtarife und zukünftig auch Wasserstofftarife angeboten werden. Dadurch soll eine Kooperationsgrundlage für unternehmerische Akteure in der Region geschaffen werden, die sich insbesondere um die konkrete Projektumsetzung bemühen. Wichtige Bausteine der Zusammenarbeit ist die Aufstellung und Steuerung von Projekten, sodass diese aufeinander einzahlen. Außerdem sollen weitere unternehmerische Partner gewonnen werden.

Es sollten insbesondere Projekte zur Produktion von grünem und türkisen Wasserstoff umgesetzt werden, die dann in der Mobilität, in der Industrie und in der Quartiersversorgung Anwendung finden. Die beteiligten Akteure haben eigene Ziele

definiert und sich Schwerpunkte ihrer Arbeit gesetzt (siehe Abbildung 29). Das regionale Erzeugerkonsortium möchte so einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten, die Wirtschaftlichkeit der regionalen Wasserstoffwirtschaft demonstrieren und Bürger\*innen für das Thema begeistern. Zur Umsetzung der regionalen Wasserstoffaktivitäten sollen in der Region hauptamtliche Kapazitäten geschaffen werden.

Neben dem Aufbau eines regionalen Netzwerks bemüht sich die Region auch darum, sich in die landespolitischen sowie HyLand-spezifischen Austauschformate einzubringen. Unter anderem ist die HOST an der Erarbeitung und Umsetzung der Norddeutschen Wasserstoffstrategie beteiligt. Die Region hat auf den HyLand-Status-Konferenzen vorgetragen und sie steht im Austausch mit dem neuen Wasserstoffkoordinator aus Greifswald, der die MV-weiten Wasserstoffaktivitäten managt.

## 5.8 Schlussfolgerungen

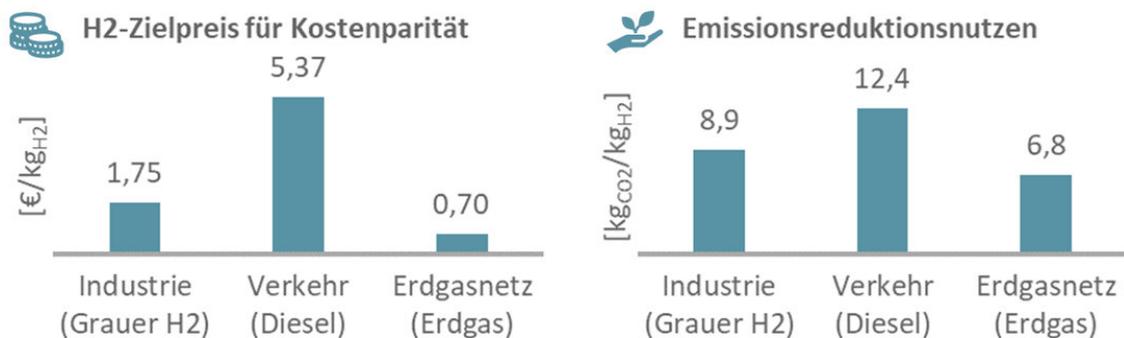


Abbildung 30: Wasserstoff-Zielpreise für eine Kostenparität (links) und Emissionsreduktionsnutzen von grünem Wasserstoff gegenüber Konkurrenz-Energieträgern (rechts) in unterschiedlichen Sektoren<sup>76</sup>  
(© BMVI/BBHC)

Durch die Prüfung der Machbarkeit der Ideen auf verschiedenen Ebenen hat die Region ein besseres Gefühl dafür bekommen, mit welchen Mitteln und welcher Priorität sie diese nun umsetzen kann. Die Prüfung der Machbarkeit hat auch gezeigt, auf welchen unterschiedlichen Ebenen die Projektideen adressiert werden müssen. Während für die Erzeugung von Wasserstoff aus Windenergie und dessen Nutzung in der Gebäudeenergieversorgung sowie in der Busflotte des VVR einige Vorarbeiten geleistet werden konnten, müssen nun konkrete Schritte des Planungs- und Bauvorhabens angegangen werden. Gleichzeitig befinden sich Ideen wie die Transformation des Hafens Stralsund zu einem Wasserstoffhafen immer noch in einem Anfangsstadium. Hier müssen weitere vorbereitende Schritte für eine Konzepterstellung gemacht werden, sodass ausgearbeitet werden kann, welche Potentiale sich durch die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ergeben.

<sup>76</sup> Die Berechnungen vergleichen ausschließlich die Kraftstoffkosten. Es wurden weder die Gesamtkosten des Betriebs (Total Cost of Ownership), noch die Lebenszykluskosten (Life-Cycle-Costs) betrachtet.

Da auf Seiten der Erzeugung von Wasserstoff in der Region viele Anknüpfungspunkte existieren, muss nun eruiert werden, welche weiteren Bedarfe in der Region zeitnah mit Wasserstoff abdeckt werden können. Trotz bestehender Mehrkosten für die Bereitstellung von Wasserstoff erscheint der Einsatz im Verkehrssektor kurz- bis mittelfristig die wirtschaftlichste Option und bringt den höchsten Emissionsreduktionsnutzen mit sich. Der VVR hat signalisiert, dass die Anschaffung von Brennstoffzellenbussen vorangetrieben werden soll. Auch der Bau von H<sub>2</sub>-ready BHKWs wird weiterverfolgt. Im Vergleich zum Verkehrssektor erschwert das Erreichen von Kostenparität mit Erdgas jedoch den Einsatz von Wasserstoff im BHKW (siehe Abbildung 30).

Ein wichtiges Handlungsfeld, die Dekarbonisierung der Landwirtschaft durch den Einsatz von regional erzeugtem, grünem Wasserstoff als Kraftstoff für Landmaschinen konnte aufgrund des fehlenden Angebots an wasserstoffbetriebenen Landmaschinen im Rahmen des HyStarter-Dialogs nicht weiter vertieft werden. Die regionalen Akteure sind sich jedoch einig, gemeinsam dieses Handlungsfeld in der Zukunft aktiv zu erschließen und entsprechende Initiativen seitens der Industrie zu unterstützen. In einem nächsten Schritt wurde mit der Region ein Fahrplan erarbeitet, der für die verschiedenen Handlungsfelder Maßnahmen zur Umsetzung der Projektideen definiert sowie weitere Handlungsmöglichkeiten aufzeigt.

# 6. Fahrplan zur Umsetzung des Zielsystems

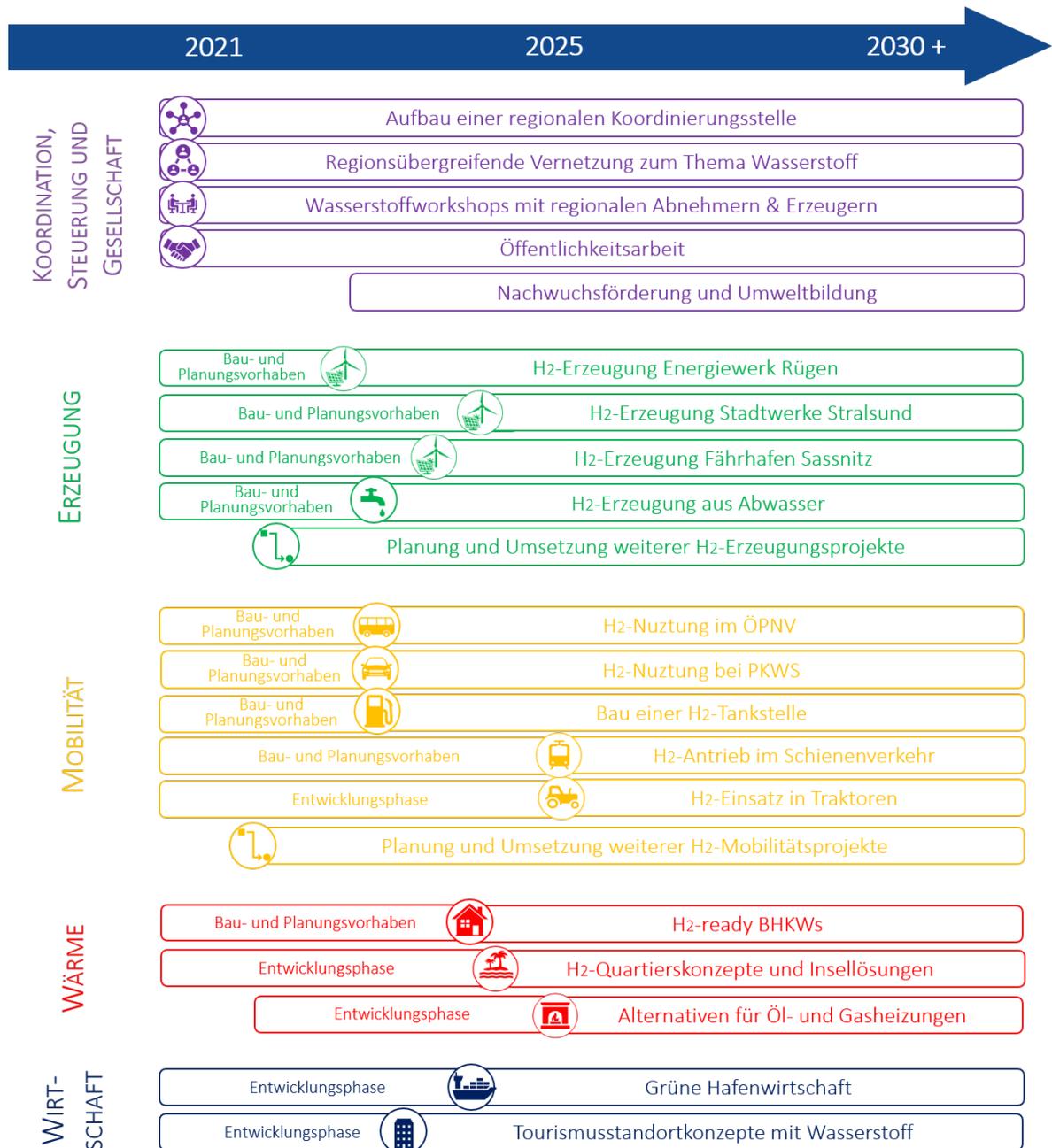


Abbildung 31: Handlungsfelder und Fahrplan zur Umsetzung der Wasserstoffideen (© BMVI/Nuts One)

Das Ziel des Fahrplans ist es, die weiterführenden Schritte nach HyStarter zu skizzieren. Dazu wurden für die Region drei Phasen definiert: Initiationsphase, Demonstrationsphase und Phase der regionalen Wasserstoffwirtschaft. In jeder Phase werden unterschiedliche Handlungsfelder mit Maßnahmen festgelegt. Eine Übersicht aller Maßnahmen liefert Anhang 9.2. Jede der genannten Maßnahmen ist grundsätzlich früher umzusetzen, dabei bedarf es eines „Kümmerers“, der sie vorantreibt. Dieser wurde für manche Maßnahmen wie die Wasserstofferzeugung auf Biogasanlagen noch nicht gefunden. Zu den Handlungsfeldern gehören die Themen Koordination-Steuerung-Gesellschaft, Wasserstofferzeugung, Wasserstoffnutzung in der Mobilität, Wasserstoffnutzung in der Wärme, Wasserstoffwirtschaft. Mit Fokus auf die Initiationsphase werden die Maßnahmen der Wasserstoffwirtschaft vorgestellt. Dabei verfolgt Region die übergeordneten Ziele:

- Ökonomisch: Aufbau einer regionalen grünen Wasserstoffwirtschaft im Landkreis Vorpommern-Rügen, einhergehend mit neuen Wertschöpfungseffekten, Neuan-siedlungen von Industrieunternehmen in grünen Gewerbegebieten und der Schaffung von Arbeitsplätzen; Speicherung von Überschussstrom und regionale Nutzung
- Ökologisch: Mitgestaltung der Energiewende vor Ort zum Erreichen der Klima-schutzziele und Reduktion der Treibhausgasemissionen, Luftreinhaltung, Schutz der Meeresumwelt der Ostsee und Boddengewässer

## 6.1 Initiationsphase: Handlungsplan der nächsten 24 Monate

### Schwerpunkt und Zielsetzung

Das Ziel der Initiationsphase ist, die Wasserstoffaktivitäten der Region zu verstetigen, die im Rahmen von HyStarter entwickelten Ideen weiter zu schärfen und erste Projekte in die Umsetzung zu bringen. Die Region möchte vor allem in die Umsetzung erster Wasserstoffprojekte gehen. Deswegen werden in den nächsten Monaten vor allem Schritte der Projektierung und Vorbereitung des Baubeginns notwendig. Um die regionale Wasserstoffwirtschaft weiter zu entwickeln und H<sub>2</sub>-Erzeugung und Nutzung im ÖPNV zu etablieren, muss eine Koordinierungsstelle eingerichtet werden: Eine Koordinationsstelle, die das regionale Netzwerkmanagement übernimmt und perspektivisch um einen Projektierer ergänzt wird.

Damit sind die Meilensteine spätestens zum Ende der Initiationsphase:

**M1:** Schaffung einer hauptamtlichen Stelle für das regionale Wasserstoffnetzwerk und zur Koordination von Projekten

**M2:** Die Umsetzung mindestens eines Projekts zur Erzeugung von Wasserstoff

**M3:** Die Anschaffung von BZ-Bussen durch den VVR und der Bau einer Wasserstofftankstelle

Die Initiationsphase endet mit der Bewerbung um Fördergelder für die zu tätigen Investitionen für das Verbundprojekt aus Wasserstoffherzeugung und Wasserstoffnutzung beim VVR.

## **Aufgaben und Aktivitäten**

### **Handlungsfeld Koordination, Steuerung und Gesellschaft**

Ziel ist es eine eigene Stelle im Landkreis zu schaffen, die die Koordination von Wasserstoffaktivitäten vor Ort koordiniert (Maßnahme 1). Sie könnte auch die überregionale Vernetzung zu Wasserstoffprojekten im ganzen Bundesland bzw. in Deutschland übernehmen (Maßnahme 2). Zu den Aufgaben gehören bspw. Gespräche mit Windparkbetreibern und Biogasanlagenbesitzern, um das Interesse und Potentiale der Wasserstoffherzeugung im Landkreis voranzutreiben (Maßnahme 3). Auch mit möglichen Wasserstoffabnehmern sollen Gespräche geführt werden, um eine kritische H<sub>2</sub>-Absatzmenge zu generieren. Die Beratung und Betreuung von regionalen Wasserstoffkonzepten wären weitere Tätigkeiten, die von der Stelle übernommen werden sollten. Um neben einer besseren Vernetzung die Wasserstoffprojektideen umzusetzen, sollte in der Koordinationsstelle der Wasserstoffnetzwerkmanager langfristig durch einen Projektierer ergänzt werden. Die Region verfügt über so viele Potentiale der Wasserstoffökonomie, dass diese nur durch eine strategische Begleitung umgesetzt und zusammengeführt werden können. Durch eine geeignete Presse- und Öffentlichkeitsarbeit könnte die Region ihre Sichtbarkeit in der Wasserstoffbranche erhöhen (Maßnahme 4). Alle Akteure der Region tragen diese Entscheidung mit und sehen dafür eine große Notwendigkeit.

### **Handlungsfeld Wasserstoffherzeugung**

Die Stadtwerke Stralsund, der Hafen Sassnitz und das Energiewerk Rügen haben sich dazu bekannt, dass sie Projekte zur Wasserstoffherzeugung aus Wind- und Solarenergie umsetzen werden, und bereits einen Zeitplan vorgelegt: Das Energiewerk Rügen kann am Standort Kluis ab 2022 Wasserstoff erzeugen, am Hafen Sassnitz plant man ab 2023 und bei den Stadtwerken Stralsund ab 2025 die Produktion (Maßnahme 6 und 7). Da am Standort Kluis die Vorarbeiten hinsichtlich der Wasserstoffherzeugung sehr konkret geworden sind, geht es für die Akteure insbesondere um die Planung der Absatzmengen am BHKW Kartzitz und mit dem VVR. Der genehmigungsrechtliche Leitfaden für PtG-Anlagen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches skizziert

die notwendigen Handlungsschritte für das Planungsvorhaben und die Genehmigungsprozesse<sup>77</sup>. Des Weiteren wird die Region Gespräche mit Elektrolyseurherstellern führen, um sich über Lieferzeiten, Standortbedingungen und Kosten zu informieren. Der Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen wird ebenso weitere Schritte unternehmen, um die Potentiale der Wasserstoffgewinnung aus Abwasser voranzutreiben (Maßnahme 9).

### **Handlungsfeld Mobilität**

Im Rahmen des Handlungsfelds Mobilität sind sowohl der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur als auch die Anschaffung von Wasserstofffahrzeugen geplant. Der VVR hat sich im Rahmen der HyStarter-Dialoge noch einmal zur Anschaffung von BZ-Bussen bekannt (Maßnahme 13). Der Leitfaden der NOW zur Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV gibt den Verkehrsbetrieben eine Übersicht über die notwendigen Schritte zur Durchführung des Vorhabens<sup>78</sup>. Mit einer kontinuierlichen Wasserstoffabnahme können die regionalen Wasserstoffherzeuger ihre Produktion planen, müssen sich jedoch untereinander koordinieren, um die Abnahmemengen des VVR nicht mehrfach zu verplanen<sup>79</sup>. Parallel muss der Aufbau einer Wasserstofftankstelle vorangetrieben werden, hier laufen bereits erste Planungsaktivitäten beim VVR und der Stadt Stralsund (Maßnahme 11). Diese Arbeiten sollen in einem Verbundprojekt zusammengeführt werden.

Im Energieministerium MV laufen vorbereitende Arbeiten zum Einsatz von Wasserstoff auf einer Strecke des Schienenverkehrs (Maßnahme 18). Da es sich allerdings um ein langfristiges Projekt handelt, wird nach aktuellen Rahmenbedingungen erst nach 2025 mit dem Einsatz eines Brennstoffzellenzuges gerechnet. Für die Entwicklung eines Ride- und Carsharingsystems mit Brennstoffzellenfahrzeugen müssen strategische Partnerschaften geschlossen werden, sowohl das Energiewerk Rügen als auch der VVR und Landkreis haben grundsätzlich daran Interesse, die Idee zu unterstützen (Maßnahme 15).

---

77 Fricke, B., et al. (2020): Portal Green. Power-to-Gas-Leitfaden zur Integration Erneuerbarer Energien. Abrufbar unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g201735-portalgreen-vorlaeufiger-genehmigungsleitfaden.pdf>

78 NOW: Einführung von Wasserstoffbussen im ÖPNV. Abrufbar unter: [https://www.xn--starterset-elektromobilitt-4hc.de/content/1-Bausteine/5-OEPNV/now\\_leitfaden\\_einfuehrung-wasserstoffbussse.pdf](https://www.xn--starterset-elektromobilitt-4hc.de/content/1-Bausteine/5-OEPNV/now_leitfaden_einfuehrung-wasserstoffbussse.pdf)

79 Häufig kann beim gleichzeitigen Aufbau von Wasserstoffherzeugungsanlagen, einer H<sub>2</sub>-Tankstelle und der Anschaffung von Bussen ein zeitliches Koordinationsproblem entstehen, da alle Schritte gut aufeinander abgestimmt sein müssen und die entsprechenden Fördermöglichkeiten für die Investitionen in Calls (zumindest bei der NOW) veröffentlicht werden. Eine Projektierergesellschaft kann die Koordination dieser Aufgaben übernehmen.

### **Handlungsfeld Wärme**

Im Sektor Wärme sollen in den nächsten zwei Jahren vor allem Quartierskonzepte entwickelt werden, wie bspw. die Erprobung eines H<sub>2</sub>-ready BHKW in der Tribseer Vorstadt und in Kartitz (Maßnahme 22). Da der günstige Gaspreis bislang den Einsatz von grünem Wasserstoff im Wärmesektor behindert, müssen hier noch weitere Arbeiten zur Entwicklung eines wirtschaftlichen Geschäftsmodells unternommen werden.

### **Handlungsfeld Wirtschaft**

Im Handlungsfeld Wirtschaft liegt ein Schwerpunkt auf dem Aufbau einer grünen Hafenvirtschaft, dazu laufen bereits konzeptionelle Arbeiten durch Mukran Port und den Seehafen Stralsund (Maßnahme 23). Der Transformationsprozess am Hafen Stralsund soll durch eine Konzeptstudie skizziert werden, indem Treibhausgasbilanzen, Energieströme und Anknüpfungspunkte für den Wasserstoffeinsatz identifiziert werden. Dazu sollen weitere Fördergelder akquiriert werden. Am Hafen Sassnitz wird der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft größtenteils eigenständig vorangetrieben. Die Hochschule Stralsund führt Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu alternativen Schiffsantrieben durch. Für den Tourismusstandort Bernstein Resort Pütnitz soll eine Studie zur Umsetzung der Hydrogen Island verfasst werden, die die Energieversorgung und Potentiale des Wasserstoffeinsatzes darstellt (Maßnahme 24). Konzepte für weitere Tourismusstandorte sollen folgen.

## 6.2 Demonstrationsphase bis 2030: Leuchtturmprojekte umsetzen

### Schwerpunkt und Zielsetzung

Der Schwerpunkt der Demonstrationsphase ist es, die Leuchtturmprojekte umzusetzen, um die wirtschaftliche und technische Machbarkeit der Projekte darzulegen. Nachdem erste Erzeuger und Abnehmer von Wasserstoff in der Region vorhanden sind, können nun weitere Keimzellen der regionalen Wasserstoffwirtschaft realisiert werden.

### Aufgaben und Aktivitäten

Die Aufgaben der Demonstrationsphase umfassen vor allem die Durchführung der Leuchtturmprojekte sowie die Sammlung von Erfahrung im operativen Betrieb. Die Koordinationsstelle ist dann bereits etabliert und betreut sowie vernetzt die Akteure vor Ort. Weitere Projekte zur Erzeugung von Wasserstoff z.B. an Biogasanlagen können initiiert und betreut werden, da hierfür nun wieder Kapazitäten zur Verfügung stehen (Maßnahme 8). Neben den Brennstoffzellenbussen des VVR können noch weitere Wasserstoffabnehmer aktiviert werden, zum Beispiel Logistikbetriebe (Maßnahme 14). Ab 2023 plant Iveco die Produktion von BZ-LKWs, erste Prototypen des BZ-LKWs Hyundai Xcient Fuel Cell wurden Ende 2020 ausgeliefert<sup>80</sup>. Zudem sind Abfallsammelfahrzeuge der Firma Faun auf dem Markt erhältlich, die über Brennstoffzellen als Range-Extender verfügen (Maßnahme 20)<sup>81</sup>. Im Bereich der grünen Hafenvirtschaft wird man nach Durchführung von Machbarkeitsstudie zum zukünftigen Energiesystem am Hafen Stralsund sowie den Planungsvorhaben am Hafen Sassnitz mit ersten umsetzungsorientierten Maßnahmen zur Transformation der Häfen beginnen können. Die Kooperation zwischen der Hochschule Stralsund und der ansässigen Industrie wie Ampereship soll in dem Bau von emissionsfreien Fähren münden. Ob diese mit Wasserstoff, Ammoniak oder anderen PtX-Stoffen angetrieben werden, soll sich im Rahmen der Zusammenarbeit konkretisieren.

---

80 Buchenau, M. (2020): Iveco baut Elektro- und Brennstoffzellen-LKW Nikola TRE in Ulm.

Abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/nutzfahrzeughersteller-iveco-baut-elektro-und-brennstoffzellen-lkw-nikola-tre-in-ulm/25519686.html?ticket=ST-3994393-iv9vJFspa9ggBiBae1Zo-ap2>

81 Faun: Blue Power. Abrufbar unter: [https://www.faun.com/produkte/alternative\\_antriebe/bluepower/](https://www.faun.com/produkte/alternative_antriebe/bluepower/)

## 6.3 Regionale Wasserstoffwirtschaft auf Basis von erneuerbaren Energien 2030 + Schwerpunkt und Zielsetzung

In der Phase der regionalen Wasserstoffwirtschaft ab 2030 wird es insbesondere um die serienhafte Umsetzung von Wasserstoffprojekten und großflächige Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff gehen.

### Aufgaben und Aktivitäten

Die Akteure des HyStarter-Strategiedialogs sind sich einig: Die Wirtschaftlichkeit von regionalen Wasserstoffprojekten kann durch viele Effekte beeinflusst werden. Gleichzeitig bietet die Wasserstofftechnologie für Norddeutsche Regionen ein unglaubliches Entwicklungspotential. Es sind klare gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen erforderlich, die einen fairen und nachhaltigen Wettbewerb im Energiebereich ermöglichen. Regionen, die sich zur Umsetzung der Wasserstofftechnologie bekennen, müssen befähigt werden, dieses Ziel bis spätestens 2030 realisiert zu haben.

## 7. Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen des Projekts fand eine fortlaufende Presse- und Öffentlichkeitsarbeit statt. Dazu gehörten die HyStarter-Informationsveranstaltung am 12.03.2020 sowie mehrere Beiträge im Norddeutschen Rundfunk. Zum Beispiel wurde im Nordmagazin ein Interview mit dem Energiewerk eG aus Rügen zu den Möglichkeiten der Wasserstofferzeugung aus Windenergie geführt<sup>82</sup>.

An der HyStarter-Informationsveranstaltung nahmen über 100 Interessierte aus Industrie und Forschung im Stralsunder Rathaus teil, um sich über die Chancen und Herausforderungen der Anwendung von Wasserstoff in der Region zu informieren und in mehreren Workshops zu diskutieren<sup>83</sup>.

Die Ergebnisse sind in die weitere Ausarbeitung der Projektideen miteingeflossen. Außerdem eröffnete die öffentliche Informationsveranstaltung die Möglichkeit für Bürger\*innen und Interessierte, mehr über die regionalen Wasserstoffaktivitäten zu erfahren. Zusätzlich brachte das HyStarter Kernteam ihre Wasserstoffvision bei der

---

82 NDR Nordmagazin | 01.05.2020 | 19:30 Uhr: (Verfügbar bis 01.05.2021)

83 Öffentlichkeitsveranstaltung in der Region Rügen-Stralsund: Wasserstoff als alternativer Energieträger in Vorpommern? Stralsund, 13.03.2020

Scheuentour (Projekt „Vorpommern besser machen: Die Vorpommern-Strategie“) ein. Im Rahmen der Scheuentour wurden vom 20. August bis zum 26. Oktober 2020 Ideenwerkstätten durchgeführt, um visionäre Ideen für Vorpommern zu sammeln. Die regionalen Akteure entschlossen sich kurzfristig am 15. Oktober, das Thema Wasserstoff als wichtigen Baustein für die nachhaltige Vision von Vorpommern zu platzieren, und konnten immerhin Platz 6 auf der Ideenlandkarte erreichen. Auf der Abschlussveranstaltung der Scheuentour am 26. Oktober 2020 wurde die Wasserstoffvision vorgestellt und diese soll Eingang in die Vorpommern-Strategie des Vorpommern-Rates als Handlungsplan für die politischen Verantwortlichen finden.

Zusätzlich hat die Region eine eigene, regionale Wasserstoffkonferenz mit Minister Pegel und Landrat Kerth im Februar 2021 organisiert, um auch mit der Landesebene stärker in den Austausch zu treten. Die Region hat am 27. Januar 2021 auf der Deutschen Wasserstoffvollversammlung die Ergebnisse aus dem HyStarter-Projekt vorgestellt und damit eine hohe Sichtbarkeit für ihre HyStarter-Aktivitäten erlangen können. Das Institut für Regenerative EnergieSysteme der Hochschule Stralsund organisiert zudem jährlich einen Technologieabend, bei dem die Öffentlichkeit die Möglichkeit hat, das Komplexlabor „Alternative Energien“ und die Werkstatt des H<sub>2</sub>-Thai-Ger Racing Teams zu besichtigen. Der Hochschule ist ein transdisziplinärer Forschungsansatz wichtig, jeder soll sich ein Bild zur Forschung und Entwicklung konkreter Anwendungen von Wasserstofftechnologie und regenerativer Energiesysteme machen können.

Zusammenfassend zeichnet die Region eine strategische Presse- und Öffentlichkeitsarbeit aus, deren Ziel es war, erstens die Wissensvermittlung hinsichtlich der möglichen Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff zu schaffen. Durch Veranstaltungen wie dem Technologieabend an der Hochschule haben Bürger\*innen die Möglichkeit, in das Thema einzusteigen und praktische Erkenntnisse zur Technologie zu sammeln. Zweitens wollte man sich durch öffentliche Veranstaltungen stärker in der Region und mit externen Partnern zu vernetzen. Außerdem nutzte man Veranstaltungen wie die Scheuentour dazu, politischen Rückenwind für die Wasserstoffaktivitäten der Region zu sammeln.

## 8. Reflexion und Ausblick

Das Jahr 2020 zeichnete sich durch eine einzigartige Aufbruchsstimmung für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie aus: Nationale Wasserstoffstrategie, European Green Deal, die EEG-Novelle, das HyLand-Programm, um nur einige Aspekte zu nennen. Wasserstoff ist in der Politik, Industrie und Gesellschaft angekommen und Projekte gehen zunehmend in die Realisierung. Wasserstoff ermöglicht es, das industriepolitische Nord-Süd-Gefälle in Deutschland zu durchbrechen und die Norddeutschen Ländern nicht nur zu Vorreitern der Stromwende, sondern auch der Sektorenkopplung zu machen.

Die Arbeiten in der Wasserstoffregion Rügen-Stralsund zeigen, wie wichtig es ist, Regionen mit guten Voraussetzungen zur Wasserstofferzeugung und -nutzung zu befähigen, die Akteure vor Ort miteinander zu vernetzen und Projektideen zur Realisierung zu begleiten. Dazu müssen in den Kommunen und Unternehmen Kapazitäten geschaffen werden, sodass Projektideen strategisch ausgerichtet und Synergien entfaltet werden können. Um die initiierten Projekte umzusetzen, bedarf es einer weiteren professionellen Begleitung und Betreuung, sodass die regionalen Ziele erreicht werden können: Regionales Engagement braucht Förderung.

Projektideen leben von den Personen, die sie umsetzen wollen: Das HyStarter-Akteurskreis hat aus eigenem Interesse kontinuierlich an den HyStarter-Ideen gearbeitet. Auch die herausfordernde Situation für Privatpersonen und Unternehmen in Zeiten der Corona-Pandemie und die Überführung der Strategiedialoge in digitale Prozesse haben die Kreativität, den Innovationswunsch und Tatendrang der regionalen Akteure nicht geschmälert.

Die sechs Strategiedialoge sowie zahlreiche ergänzende Vernetzungstreffen haben die Grundlagen für die Wasserstoffaktivitäten der Region geschaffen. Nun müssen die übrigen Hürden zur Umsetzung der Projektideen in Angriff genommen werden, seien sie finanzieller, technischer, rechtlicher und gesellschaftlicher Natur. Dazu gehört auch eine faire Bepreisung von externen Kosten und Treibhausemissionen, sodass die Vorteile der Wasserstofftechnologie zum Tragen kommen können. Das EEG 2021 kann für eine Entfesselung des Wasserstoffs sorgen, indem der für die Wasserstoff genutzte Strom von der Belastung der EEG-Umlage befreit wird. Die regionalen Projektansätze sind Keimzellen mit großem Potenzial zu wachsen und weitere regionale Projekte anzustoßen. Gerade die Transformation der maritimen Wirtschaft sowie die Gestaltung eines nachhaltigen Tourismus bietet auf der Verbraucherseite eine regelrechte Katapultwirkung für die Wasserstofftechnologie. Die Region Rügen-Stralsund war schon vor HyStarter eine Wasserstoffregion und hat durch die angestoßenen Aktivitäten nun auch die entsprechende Sichtbarkeit bekommen.

## 9. Anhang

### 9.1 Steckbriefe des HyStarter-Kernteams

#### EnergieWerk Rügen e. G.



EnergieWerk Rügen

EnergieWerk Rügen eG ist ein Unternehmen der Bürger der Insel Rügen. Wir wollen gemeinsam an unseren dezentralen Standorten dazu beitragen, uns und andere mit CO<sub>2</sub>-neutral erzeugter Energie zu versorgen. Unser Handeln transparent zu gestalten, liegt uns besonders am Herzen. Dieses Handeln bezieht sich, im Bewusstsein eines weltweit fortschreitenden Klimawandels, auf die Region. Ein sensibler Umgang mit Natur und Landschaft, unter Beachtung der saisonalen Besonderheiten der Insel, und die schonende Nutzung der vorhandenen Ressourcen sollen die ethische Grundlage für unser Handeln sein. Durch die Energieversorgung in Bürgerhand soll die Wertschöpfung in größerem Umfang auf der Insel bleiben und ihren Bewohnern zugutekommen. Wir wollen die Genossenschaft unabhängig und ökonomisch tragfähig gestalten, Projekte initiieren und umsetzen. Dies sind die Vermarktung von Inselstrom aus EE, Planung eines Wasserstoffstandortes und die Umsetzung eines neuen, natur- und menschenfreundlichen Mobilitätskonzepts.

#### Hansestadt Stralsund

Hansestadt  Stralsund

Die Hansestadt Stralsund ist Oberzentrum und Kreisstadt des Landkreises Vorpommern-Rügen mit 59.418 Einwohnern (Stand 2019). Seit 2009 ist Stralsund Mitglied im Klima-Bündnis, hat seit 2011 ein Klimaschutzkonzept und seit 2012 die Personalstelle des Klimaschutzbeauftragten in der Stadtverwaltung verankert.

#### IRES Institut für Regenerative EnergieSysteme an der Hochschule Stralsund



Die Hochschule Stralsund mit dem IRES Institut für Regenerative EnergieSysteme ist ein anerkanntes Kompetenzzentrum im thematischen Kontext der intelligenten Vernetzung von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch von erneuerbaren Energien. Das Komplexlabor Alternative Energien bietet mit der vorhandenen Anlagentechnik in kommerzieller Leistungsgröße die Möglichkeit, interdisziplinär ausgerichtete angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien und der Wasserstofftechnologie im Systembereich zu betreiben. Mit dem Aufbau und Betrieb einer Wind-PV-Wasserstoffkette mit netzgekoppelter Rückverstromung ist eine Wasserstoffinfrastruktur vorhanden. Sie dient als Forschungs- und Erfahrungsplattform für hybride Energie- und Speicherlösungen.

### **Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH**

Die Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH (LEKA MV) wurde

im Sommer 2016 gegründet. Ziel der LEKA MV ist es, den Klimaschutz in den Kommunen, die Energieeffizienz in Unternehmen und das Umweltbewusstsein jedes Einzelnen zu fördern. Die Agentur zeigt Wege, wie öffentliche Einrichtungen aber auch Privatpersonen achtsam mit unseren Ressourcen umgehen können und damit langfristig die Energiewende in Mecklenburg-Vorpommern vorantreiben.



### **Landkreis Vorpommern-Rügen**

Mit einer Fläche, die größer ist als Berlin und das Saarland zusammen, ist Vorpommern-Rügen der fünftgrößte Landkreis Deutschlands. 225.000 Menschen sind hier zuhause und in jeder Saison verdreifacht sich

diese Zahl beinahe, wenn tausende Gäste aus Deutschland auf der Insel Rügen, der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst oder im malerischen Küstenvorland ihren Urlaub verbringen. Schiffsbau und -technik, der sich stark entwickelnde medizinische Sektor und eine vernetzte Hochschullandschaft machen die Region nicht nur zum Leben, sondern auch zum Arbeiten und Lernen attraktiv, dabei spielt auch Nachhaltigkeit eine entscheidende Rolle. UNESCO-Weltkulturerbe-Städte, kilometerlange Ostseestrände und beeindruckende Naturschutzgebiete zeichnen Vorpommern-Rügen nicht allein als besonderen, sondern als schönsten Landkreis Deutschlands aus.



### **Mukran Port (Fährhafen Sassnitz GmbH)**

Die Fährhafen Sassnitz GmbH als maritimer Infrastrukturgeber vermarktet Ihren Standort seit 2016 unter der Marke „Mukran Port“. Mit den Standortvorteilen wie dem vorhandenen Flächenangebot für nachhaltige

Industrie, die hervorragende multimodale (Hinterland-)Anbindung sowie die Nähe zu mehreren Offshore-Windparks finden nicht nur Produzenten und Nutzer von Wasserstoff bei uns ein besonders spannendes Umfeld. Darüber hinaus kann der Mukran Port als „One-Stop-Agency“ von der Standortentscheidung bis zum Betriebsstart den gesamten Ansiedlungsprozess begleiten.



## **Bauraum MV e. V./ Nachhaltigkeitszentrum Vorpommern e.V.**

Der bauraum MV lädt interessierte Firmen, Planungsbüros, Organisationen, öffentliche Einrichtungen und Verbraucherorganisationen ein, Mitglied des Netzwerkes zu werden und den bauraum MV mitzunutzen und mitzugestalten. Wir wollen Aufklärung schaffen und informieren zu den Themen Hausmodernisierung, Energieeinsparung, Energieeffizienz, Klima- und Umweltschutz.



## **SWS Energie GmbH**

Die SWS Energie GmbH ist Energiedienstleister für die Hansestadt Stralsund und die angrenzende Region und versorgt die Region sicher, preiswert und umweltschonend mit den Energiemedien Strom, Gas, Wärme und Kälte. Dabei sind sie darauf bedacht, ressourcenschonend zu erzeugen sowie zuverlässig und in einer hohen Qualität zu liefern. Sie ist eine Tochtergesellschaft der SWS Stadtwerke Stralsund GmbH.



## **SWS Seehafen Stralsund GmbH**

Die SWS Seehafen Stralsund GmbH ist zu 100 % eine Tochter der SWS Stadtwerke Stralsund GmbH (daher auch das SWS vorab in unserem Namen) und damit in kommunaler Hand. Das Unternehmen ist Betreiber der Anlagen des Seehafens Stralsund des traditionsreichen Logistikzentrums und führenden Universalhafens in Vorpommern. Zu den Kernaufgaben gehören die Unterhaltung und Entwicklung der gesamten Hafeninfrastuktur mit ihren wasserbaulichen Anlagen, den Schiffsliegeplätzen sowie den hafeninternen Gleisanlagen und Straßen. Zugleich ist das Unternehmen mit der Vorhaltung sämtlicher Verladetechnik klassischer Dienstleister für den Umschlag von Gütern in den verschiedenen Relationen zwischen See- und Landtransportmitteln sowie für die Abbildung von Lagerprozessen in Freilagern und Lagerhäusern beauftragt.



## **Tourismusverband Rügen e.V.**

Der Tourismusverband Rügen e.V. versteht sich als Schnittstelle und Bindeglied zwischen den touristischen Leistungsträgern, den Kommunen und der Politik. Er setzt sich zudem eine behutsame touristischen Entwicklung der Insel, sowie den Erhalt, die Entwicklung und die Pflege der Natur- und Kulturlandschaft zum Ziel.



## UmWeltSchule Rügen e.V.

Der UmWeltSchule Rügen e.V. ist der Trägerverein der Freien (Umwelt-)Schule Rügen. In der Freien Schule werden verschiedene reformpädagogische Ansätze zu einer neuen Einheit verflochten, die nachdrücklich die Bildung für eine nachhaltige Entwicklung als Ziel formuliert. Kinder und Jugendliche, die an der Freien Schule Rügen in ihrer Persönlichkeit gestärkt werden und zu eigenverantwortlichen, aktiven Menschen heranwachsen, erwerben hier langfristig die notwendige Gestaltungskompetenz für die Zukunft.



## Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen mbH (VVR)



Verkehrsgesellschaft  
Vorpommern-Rügen

Die Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen (VVR) ist eine Verkehrsgesellschaft im Nordosten Mecklenburg-Vorpommerns. Die VVR hat ihren Hauptsitz in Grimmen sowie zusätzliche Betriebshöfe in Bergen auf Rügen, in der Hansestadt Stralsund und in der Bernsteinstadt Ribnitz-Damgarten. Sie gilt als Erlebnispartner für Urlauber und Gäste und als selbstverständlicher Teil des Lebens der Einheimischen.

## Weißer Flotte GmbH

Die Weiße Flotte GmbH ist ein Reedereiunternehmen mit Sitz in Stralsund. Seit über 60 Jahren betreibt sie zusammen mit ihrem Tochterunternehmen Reederei Hiddensee GmbH Linien-, Ausflugs- und Fährverkehre in Mecklenburg-Vorpommern. Weitere Tochterunternehmen sind die Reederei Zingst und die Reederei Kipp.



## Windenergiecluster Mecklenburg-Vorpommern



Windenergiecluster  
Mecklenburg-Vorpommern

Das Windenergiecluster Mecklenburg-Vorpommern entstand aus einer Beauftragung der Landesregierung. Übergeordnetes strategisches Ziel ist es, die gute Position Mecklenburg-Vorpommerns auf dem Gebiet der Windenergie und in anderen Sparten der erneuerbaren Energien sowie der Sektorenkopplung zielgerichtet zu stärken und auszubauen. Das Windenergieclusters dient als Plattform für die Markterschließung und Ansiedlung weiterer Unternehmen, insbesondere auch Zulieferfirmen.

## **Wirtschaftsfördergesellschaft Vorpommern mbH**



Wirtschaftsförderung  
**Vorpommern**

Die Wirtschaftsfördergesellschaft (WFG) Vorpommern mbH ist wichtiger Impulsgeber für die regionale Wirtschaft. Sie widmet sich der Investorenakquise und Ansiedlungsbegleitung. Sie betreut Bestandsunternehmen, Gründer und Startups. Dabei arbeitet sie mit Unternehmen, Wirtschaftsförderinstitutionen auf Landes- und lokaler Ebene, Städten und Kommunen sowie Kammern und Verbänden zusammen. Die Kernkompetenzen der WFG liegen in der Fördermittel- und Finanzierungsberatung, der Standort-, Flächen- und Immobiliensuche, der Netzwerkeinbindung und Kontaktvermittlung, dem Fachkräfteservice, der Marketing- und PR-Unterstützung, der Investitionsumsetzung, der Projektentwicklung und dem Projektmanagement auf nationaler und internationaler Ebene.

## **Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen**



Der Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen (ZWAR) ist ein kommunales Unternehmen mit der Aufgabe der Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung. Der ZWAR betreibt zu diesem Zweck zahlreiche Wasserwerke und Kläranlagen, sowie die thermische Klärschlammverwertung in Bergen auf Rügen.

## 9.2 Maßnahmenkatalog zur Umsetzung der Wasserstoffideen

### 9.2.1: Handlungsfeld: Steuerung, Koordination und Gesellschaft

#### Maßnahme 1: Schaffung einer Koordinierungsstelle, die in der Region verankert ist



#### REGIONALE KOORDINATIONSSTELLE

##### Beschreibung

Die Region benötigt eine Koordinationsstelle der Wasserstoffaktivitäten vor Ort. Die Koordinationsstelle kümmert sich einerseits um die Vernetzung von Akteuren und andererseits um die Projektierung von Ideen. So kann das regionale Wasserstoffnetzwerk erweitert, Projekte vor Ort initiiert und betreut werden. Abgerundet wird dies durch eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit.

##### Verweise

In einigen Bundesländern gibt es bereits auf landespolitischer Ebene Wasserstoffkoordinationsstellen wie das Projekt HyCore am INP oder das H2.B (Wasserstoffzentrum Bayern). So wie Klimaschutzmanager lokale Projekte übernehmen, müssen explizit für das Thema Wasserstoff in der Verwaltung und bei den regionalen Unternehmen Stellen geschaffen werden

##### Potential

Die Region hat ideale Voraussetzungen für die Wasserstoffherzeugung und -nutzung. Durch die Schaffung hauptamtlicher Kapazitäten an einer zentralen Stelle können diese Potentiale realisiert werden. Die Vernetzung mit bestehenden Netzwerken auf überregionale Ebene ist zwar wichtig. Die Projekte vor Ort können jedoch auf eine regionale Wasserstoffstrategie einzahlen, wenn dahinter eine Koordinationsstelle oder Projektierergesellschaft steht. Diese kümmert sich um die fachliche Beratung von Umsetzungsvorhaben: Entwicklung von wirtschaftlich tragfähigen Geschäftsmodellen, Erstellung von Machbarkeitsstudien und Business-Konzepten für konkrete Projekte, die aufeinander abgestimmt sind. Die Koordinationsstelle sollte sich auch die Entwicklung eines erfahrbaren mobilen Show-Rooms zur Visualisierung einer künftigen regionalen Wasserstoffwirtschaft bemühen.

##### Herausforderungen

Es müssen finanzielle Ressourcen dafür bereitgestellt werden.

### **Handlungsplan**

- Prüfung von Fördermöglichkeiten für die Einstellung eines Netzwerkmanagers (z.B. über die Kommunalrichtlinie)
- Schaffung einer Stelle in der Kommune (Haushaltsplanung)
- Erweiterung der Koordinationsstelle um Mitarbeitende, die sich schwerpunktmäßig um die Themen Lobbyarbeit, Öffentlichkeitsarbeit und Projektierung kümmern

### **Zeithorizont**

Kurzfristig

## Maßnahme 2: Regionsübergreifende Kooperation/Erfahrungsaustausch und Vernetzung mit weiteren Wasserstoffregionen und –initiativen in MV



### REGIONSÜBERGREIFENDE VERNETZUNG

#### Beschreibung

Die Vernetzung mit anderen Wasserstoffregionen in MV schafft wichtige Synergien und Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch.

#### Verweise

Die NOW führt in regelmäßigen HyLand-Videokonferenzen die Wasserstoffregionen in Deutschland zusammen. Auch das Zentrum Wasserstoff Bayern (H2.B) hat letztes Jahr ein bundeslandweites Vernetzungstreffen organisiert.

#### Potential

Es ist wichtig, dass die Akteure in MV voneinander und den Aktivitäten wissen, um sich gegenseitig zu unterstützen und untereinander abzustimmen. Die Vernetzungstreffen könnten in einem regelmäßigen Turnus stattfinden (ein bis vierteljährlich) und kurzgehalten werden, um nicht zu sehr die Kapazitäten der Teilnehmenden zu beanspruchen.

#### Herausforderungen

Dies müsste von einer Stelle koordiniert werden, z.B. HyCore, der LEKA MV oder dem Energieministerium MV.

#### Handlungsplan

- Konzeption und Durchführung einer Vernetzungsveranstaltung

#### Zeithorizont

Kurzfristig



### REGIONALE WASSERSTOFF-WORKSHOPS

#### Beschreibung

Notwendig ist die Durchführung von Workshops und Einzelgesprächen mit potenziellen Abnehmern und Gespräche mit weiteren Erzeugern (inkl. Grimmen und Ribnitz-Damgarten/Barth) zur Sensibilisierung für das Thema Wasserstoff und Eruiierung der Potenziale für weitere Wasserstoffanwendungen in der gesamten Region.

#### Verweise

Erweiterung der HyStarter-Stakeholderdialoge

#### Potential

Es können weitere Erzeuger und Abnehmer von Wasserstoff gefunden und das regionale Netzwerk erweitert werden. Es können weitere Projektideen angestoßen werden sowie konkrete Bedarfe für Wasserstoff identifiziert werden.

#### Herausforderungen

Diese Aktivitäten sollten koordiniert von einer Person/Stelle übernommen werden, z.B. einem Netzwerkmanager, der aber zurzeit nicht existiert.

#### Handlungsplan

- Ansprache möglicher Erzeuger (ggf. in Zusammenarbeit mit dem Windenergiecluster M-V)
- Ansprache möglicher Abnehmer (ggf. in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsfördergesellschaft Vorpommern)
- Workshopinhalte: Potentiale der Wasserstofferzeugung und -bedarfe, Voraussetzungen, Herausforderungen und Umsetzungsstrategien

#### Zeithorizont

Kurzfristig

## Maßnahme 4: Strategische Öffentlichkeitsarbeit



### ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

#### Beschreibung

Zur Gewinnung von Unternehmen vor Ort sowie zur Ansprache von Investor\*innen für Wasserstoffprojekte in der Region wird eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit angestrebt. Zudem soll dadurch die Unterstützung von politischen Entscheidungsträgern hinsichtlich entstehender Wasserstoffprojekte (insbesondere Land und kommunale Entscheidungsträger) gesichert werden. Schließlich soll durch die Öffentlichkeitsarbeit Transparenz und Wissensvermittlung zu den Wasserstoffaktivitäten gegenüber der Bevölkerung geschaffen werden.

#### Verweise

Es gibt einige Wasserstoffregionen wie Nordfriesland, die über eine gute Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Wasserstoff verfügen.

#### Potential

Durch eine strategische Öffentlichkeitsarbeit wird eine hohe Sichtbarkeit der Region überregional und eine hohe Akzeptanz für Wasserstoff in der Bevölkerung geschaffen.

#### Herausforderungen

Diese Arbeiten müssen von einem Akteur übernommen werden. Die Aufgabe könnte auch einer regionalen Koordinationsstelle Wasserstoff übertragen werden.

#### Handlungsplan

- Schwerpunktsetzung der Öffentlichkeitsarbeit
- Umsetzung verschiedener Formate wie z.B. einer Bürgerversammlung und eines Industrieabends

#### Zeithorizont

Laufend



## Maßnahme 5: Nachwuchsförderung und Umweltbildung

### NACHWUCHSFÖRDERUNG UND UMWELTBILDUNG

#### Beschreibung

Das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie soll auch in der Schule mehr Aufmerksamkeit erhalten, um junge Menschen frühzeitig damit vertraut zu machen. Durch die Entwicklung von Schulprojekten zum Thema Wasserstoff (Projektwochen, Exkursionen, Lehrmaterialien etc.) und die Entwicklung eines Hydrogen-Labs für Schüler am IRES der Hochschule Stralsund kann schon frühzeitig das Interesse an dem Thema geweckt werden.

#### Verweise

HyTrustPlus, 2° Campus (WWF)

#### Potential

Die Zusammenarbeit mit Schüler\*innen wurden bereits in anderen Projekten, zum Beispiel gab es am EUREF-Campus in Berlin eine Wasserstoff-Ausstellung, die Schüler\*innen besichtigen konnten. Auch der 2°Grad Campus des WWF hat sich mehrfach mit dem Thema Power-to-X beschäftigt. Schüler\*innen zeigen ein großes Interesse an der Energiewende und den dazugehörigen Entwicklungen. Bildungsmaterial zum Thema Wasserstoff wird online angeboten. Durch die frühzeitige Auseinandersetzung mit den Potentialen von Wasserstoff können Unsicherheiten abgebaut werden und das Interesse an der Technologie geweckt werden, dies kann sich auch positiv auf die Eltern übertragen.

#### Herausforderungen

In Lehrplänen sind häufig wenig Spielräume für eigene Themen, jedoch können Exkursionen an die HOST für die Schüler\*innen sehr spannend sein. Es muss Zeit und Raum für Lernmöglichkeiten geschaffen werden.

#### Handlungsplan

- Konzeptionelle Ausgestaltung der Exkursionen an die HOST, ggf. Anschaffung von Bildungsmaterialien
- Austausch mit Lehrer\*innen und Schulen zu möglichen Projekttagen

#### Zeithorizont

Kurz- bis mittelfristig

## 9.2.2: Handlungsfeld: Wasserstofferzeugung

### Maßnahme 6: Wasserstofferzeugung aus Windenergieanlagen



#### WASSERSTOFFERZEUGUNG AUS WINDENERGIEANLAGEN

##### Beschreibung

Die Region weist große Potentiale hinsichtlich der Wasserstofferzeugung aus Windenergie aus und möchte in die Realisierung von Pilotanlagen gehen.

##### Verweise

Es existieren einige Hersteller wie Areva H2Gen, Nel Hydrogen, Hydrogenics, McPhy, GP Joule, Enapter, usw. sowie Referenzprojekte: [Power-to-Gas-Anlage Falkenhagen](#), [eFarm](#)

##### Potential

Die Erzeugung von Wasserstoff bietet weitere Verwertungspfade für erneuerbare Energien an. Durch die Nutzung der erneuerbaren Energien vor Ort werden die lokalen Energieverbraucher dekarbonisiert und neue Wertschöpfungswege geschaffen. Dies kann sich positiv auf die Akzeptanz der Energiewende auswirken. Die EEG-Novelle schafft aufgrund der Umlagenbefreiung neue Anreize für den Bau von Anlagen.

##### Herausforderungen

Der Wasserstoff konkurriert in der Nutzung mit fossilen Produkten wie Diesel und Gas, die immer noch günstiger sind.

##### Handlungsplan

- Planung des Vorhabens (Voraussetzungen, technische und wirtschaftliche Prüfung, Gespräche mit Elektrolyseurherstellern)
- Beratung mit der zuständigen Behörde, welche Genehmigung für die geplante Anlage benötigt werden
- Erstellung des Antrags inkl. aller notwendigen Antragsunterlagen
- Behördliche Prüfung der Antragsunterlagen auf Vollständigkeit
- Genehmigungsentscheidung
- Baubeginn

##### Zeithorizont

Kurzfristig (Dauer bis zum Baubeginn ca. 2 Jahre)

##### Verweise

Im Rahmen des Projekts Portal Green wird ein [genehmigungsrechtlicher Leitfaden für Power-to-Gas-Anlagen](#) entwickelt. Das Dokument dient als Anleitung, Hilfestellung, Orientierung und Handreichung, welche Verfahren und Gesetze für die Errichtung und den Betrieb von PtG-Anlagen zu beachten sind.



## Maßnahme 7: Wasserstofferzeugung aus Solarenergie

### WASSERSTOFFERZEUGUNG AUS SOLARENERGIE

#### Beschreibung

Die Wasserstofferzeugung aus Solarenergie wird auch in einigen anderen Regionen untersucht, die nicht über dieselben Potentiale an Windenergie verfügen. Solarenergie in Kombination mit Windenergie kann zu einer Stabilisierung der erneuerbaren Stromzufuhr für den Elektrolyseur führen.

#### Verweise

Die Firma Fronius Solhub bietet dezentrale Systemlösung zur Herstellung und Nutzung von grünem Wasserstoff an. Auch die Projekte [HyCon](#) und [MehrSi](#) haben sich mit der Wasserstofferzeugung aus Solarenergie beschäftigt.

#### Potential

Auch mit Solarenergie kann grüner Wasserstoff erzeugt werden. Dies könnte vor allem bei großen Freiflächenanlagen, die aus dem EEG fallen, interessant sein.

#### Herausforderungen

Die geringe Leistung der Solaranlage führt zu einer geringen Absatzmenge von Wasserstoff bei hohen Investitionskosten für den Elektrolyseur.

#### Handlungsplan

- Gespräche mit den Projektverantwortlichen sowie Marktakteuren
- Prüfung von potenziellen Solarenergieanlagen für die Wasserstofferzeugung
- Aufsetzen eines Planungsvorhaben

#### Zeithorizont

Kurz- bis mittelfristig



## Maßnahme 8: Wasserstoffherzeugung aus Biogasanlagen

### WASSERSTOFFERZEUGUNG AUS BIOGASANLAGEN

#### Beschreibung

Die Region verfügt über einige Biogasanlagen. Anstatt das Biogas zu verstromen oder zu Biomethan aufzureinigen, kann es auch direkt zur Herstellung von grünem Wasserstoff verwendet werden. In dieser Umwandlungsrouten wird das Biogas, welches zu einem hohen Anteil Methan enthält, über Dampfreformierung mit anschließender Wasserstoffabtrennung katalytisch veredelt.

#### Verweise

Das Projekt **SYPOX** beschäftigt sich mit der dezentralen Umwandlung von Rohbiogas in Wasserstoff. Das Projekt **HyPerFerment** untersucht die mikrobiologische Verfahrensentwicklung zur Wasserstoffherzeugung und -bereitstellung.

#### Potential

Biogas-H<sub>2</sub> ist eine attraktive Alternative zu Elektrolyse-H<sub>2</sub>. Die Dampfreformierung ist ein ausgereifter kontinuierlich laufender Prozess. Zudem ist man unabhängig von Sonne und Wind. Der Wasserstoff könnte langfristig in H<sub>2</sub>-Traktoren eingesetzt werden.

#### Herausforderungen

Die Anerkennung des Wasserstoffs aus Biogasreformierung als „grüner“ Wasserstoff ist nicht gegeben. Außerdem ist eine Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz notwendig.

#### Handlungsplan

- Analyse der vorhandenen Biogasanlagen und EEG-Restlaufzeiten
- Workshop mit den Anlagenbetreibern: Potentiale der Wasserstoffherzeugung, Voraussetzungen, Herausforderungen und Umsetzungsstrategien (Identifikation von attraktiven Erzeugungsstandorten)
- Erfahrungsaustausch mit anderen Projekten und technischen Partnern
- Identifikation von möglichen Abnehmern in der Nähe
- Aufsetzen eines Projektes/Einreichen bei einem passenden Fördermittelgeber

#### Zeithorizont

Kurz- bis mittelfristig



## Maßnahme 9: Wasserstoffherzeugung aus pyrolytischen Verfahren

### WASSERSTOFFERZEUGUNG AUS PYROLYTISCHEN VERFAHREN

#### Beschreibung

Es gibt verschiedene Pyrolyse-Verfahren, durch die die Gewinnung von Wasserstoff möglich ist (türkiser Wasserstoff). Dazu gehören bspw. die Methanpyrolyse (Methan wird in Wasserstoff und festen Kohlenstoff umgewandelt) und die Müllpyrolyse.

#### Verweise

HyStarter Schaumburg, [MPA Burgau](#), [Plagazi](#), [Methanpyrolyse \(Me<sub>2</sub>H<sub>2</sub>\)](#)

#### Potential

Die Pyrolyse eröffnet ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff.

#### Herausforderungen

Die Verfahren sind noch relativ neu und befinden sich hauptsächlich in der Pilot- und Demonstrationsphase. Allgemein gültige Erfahrungswerte gibt es wenige.

#### Handlungsplan

- Identifikation von den Potentialen des türkisenen Wasserstoffes
- Bildung eines Projektkonsortiums und Auswahl eines Anwendungsfall
- Entwicklung und Einreichung eines Förderantrags

#### Zeithorizont

Mittelfristig

## Maßnahme 10: Nutzung von grünem Wasserstoff als netzdienliche Speichertechnologie – dezentral sowie an Netzknotenpunkten



### NETZDIENLICHE SPEICHERUNG

#### Beschreibung

Durch den netzdienlichen Betrieb geeignet dimensionierter PtG-Anlagen wird eine Überlastung der vorhandenen Leitungen verhindert und somit Netzausbaumaßnahmen substituiert.

#### Verweise

Projekt Stromlückenfüller

#### Potential

In netzkritischen Situationen kann „überschüssige“ Windenergie zur Wasserstoff-erzeugung genutzt werden, statt abgeregelt zu werden. Gegenüber dem konventionellen Netzausbau kann der Einsatz von PtG-Anlagen zur Spitzenkappung wirtschaftlich sein, insbesondere wenn neben der netzdienlichen Nutzung auch weitere Anwendungsfälle für die Anlage bestehen.

#### Herausforderungen

Da wahrscheinlich die netzdienliche Erzeugung von Wasserstoff nicht mit dem Bedarfsort übereinstimmt, muss der Wasserstoff transportiert werden. Eine Wasserstoffabnehmer wie der ÖPNV benötigt zudem eine kontinuierliche Versorgung mit planbaren Mengen an Wasserstoff. Eine netzdienliche Fahrweise führt zu einer geringen Betriebsstundenzahl des Elektrolyseurs und somit können sich die hohen Investitionskosten nur langfristig refinanzieren.

#### Handlungsplan

- Gespräche mit den regionalen Netzbetreibern zur Problematik der Abregelung von erneuerbaren Energien
- Austausch zu Speicher- und Flexibilitätsoptionen

#### Zeithorizont

Kurz- bis mittelfristig

## 9.2.3: Handlungsfeld: Mobilität

### Maßnahme 11: Aufbau einer Wasserstofftankstelle

H<sub>2</sub>

#### AUFBAU EINER WASSERSTOFFTANKSTELLE

##### Beschreibung

Es soll eine Multifunktionswasserstofftankstelle für größere Flottenanbieter, Logistikunternehmen & ÖPNV-Unternehmen in Stralsund errichtet werden. Darüber hinaus ist eine Tankstelle auf Rügen geplant, und es wird der Ausbau der Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur an weiteren Standorten (z.B. Grimmen, Ribnitz usw.) angedacht.

##### Verweise

[H2Mobility](#) (Aufbau von H<sub>2</sub>-Tankstellen für PKWs), [WyRefueler](#)-Plug&Play Wasserstofftankstelle

##### Potential

Der Aufbau einer Wasserstofftankstelle ist ein wichtiger, infrastruktureller Baustein für die regionale Wasserstoffwirtschaft und ermöglicht den Einsatz von Wasserstoff im Mobilitätssektor.

##### Herausforderungen

Der Aufbau einer Wasserstofftankstelle ist kostenintensiv. Zudem muss entschieden werden, ob es sich um eine öffentliche Tankstelle oder eine Tankstelle auf dem Betriebsgelände der VVR handeln soll.

##### Handlungsplan

- Berechnung der Wasserstoffbedarfsmengen durch den VVR, ggf. Ansprache weiterer Mobilitätsanwender hinsichtlich der Anschaffung von BZ-Fahrzeugen
- Gespräche mit Tankstellenbetreibern/-herstellern zum Bau und Auslegung einer regionalen Wasserstofftankstelle
- Prüfen von Fördermöglichkeiten für die Finanzierung der Tankstelle

##### Zeithorizont

Kurz- bis mittelfristig

## Maßnahme 12: Aufbau einer trimodalen Wasserstofftankstelle für die Schifffahrt

H<sub>2</sub>

### TRIMODALE TANKSTELLE

#### Beschreibung

Zudem sollte die Errichtung einer Wasserstoffinfrastruktur für die Schifffahrt an den trimodalen Knotenpunkten Mukran Port und Seehafen Stralsund in Erwägung gezogen werden. Die Wasserstoff-Verteilung mit trimodaler Tankstelle soll für Anwendungen Schiff, Bahn und LKW erfolgen.

#### Verweise

EU-Vorhaben [RH2ine-Projekt](#), Projekt [Blue-Line](#), Industriepark [Höchst](#)

#### Potential

Die trimodale Tankstelle bietet verschiedene Druckstufen für hohe Flexibilität, z.B. 350 bar (LKW, Zug und Bus), 500 bar (LKW, Zug, Bus und Schiff) und 700 bar (PKW) und kann Tankbedarfe von mehr als 100 kg pro Tag decken.

#### Herausforderungen

Der Bau solcher Tankstellen muss noch weiter erprobt werden.

#### Handlungsplan

- Erfahrungsaustausch mit Projekten, die an trimodalen Tankstellen arbeiten
- Konzeption einer trimodalen Tankstelle für die Häfen Sassnitz und Stralsund

#### Zeithorizont

Langfristig

## Maßnahme 13: Anschaffung von Brennstoffzellenbussen des VVR



### BRENNSTOFFZELLENBUSSE

#### Beschreibung

Die Anschaffung von Brennstoffzellenbusse durch den VVR zur Dekarbonisierung der Fahrzeugflotte.

#### Verweise

Brennstoffzellenbus-Cluster, RVK, Van Hool

#### Potential

Der Einsatz von Brennstoffzellenbussen ist bereits in mehreren deutschen Regionen erprobt worden, die Fahrzeuge sind marktreif. Durch die Anschaffung der Busse wird ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet, und eine kontinuierliche Abnahme von Wasserstoff kann gewährleistet werden.

#### Herausforderungen

Die Busse sind im Vergleich zu Dieselnbussen teuer.

#### Handlungsplan

- Aufbau eines Dienstleistungsangebotes für Wartung und Reparatur von Brennstoffzellenfahrzeugen in der Region durch Aus- und Weiterbildungsprogramme von Fahrzeugbauern, Berufskraftfahrern, Busfahrern, KFZ-Mechanikern

#### Zeithorizont

Kurzfristig



### LOGISTIK

#### Beschreibung

Die Anwendung von BZ-Fahrzeugen in der Logistik ist eine spannende Option, da aufgrund des großen Gewichts der Fahrzeuge eine hohe Energiedichte aufgebracht werden muss.

#### Verweise

Brennstoffzellen-Lkw Hyundai Xcient Fuel Cell, EU-Projekt H2Haul

#### Potential

Die Vorteile von BZ-LKWs zeigen sich in ihrer CO<sub>2</sub>-Bilanz und in ihrer Leistungsfähigkeit, welche mit Diesel-LKWs vergleichbar ist. Das Thema Feinstaub und Luftqualität tangiert viele Städte und Zulieferer, weswegen langfristig mit einer Verschärfung der Regulierung zu rechnen sei. Obgleich BZ-LKWs und BEV keine Emissionen ausstoßen, verfügen BEV häufig über kürzere Reichweiten und müssen längere Ladezyklen einlegen.

#### Herausforderungen

Aktuell entsprechen die Umrüstkosten mit 400.000 € den zu erwartenden Neupreisen für BZ-LKW. Die hohen Anschaffungs- bzw. Umrüstkosten in Verbindung mit den Wasserstoffkosten stellen den FC-LKW gegenüber dem Dieselfahrzeug wirtschaftlich deutlich schlechter. Eine Kostenparität zwischen beiden Antrieben ist trotz geringerer Instandhaltungskosten und ggf. längerer Lebensdauer des BZ-LKW auch mit Investitionsförderung mittelfristig nicht zu erreichen.

#### Handlungsplan

- Aufsetzen eines Projekts zum Thema Wasserstoff und Logistik, Prüfung der Fördermöglichkeiten
- Ermittlung der Workshop mit Flottenbetreibern zur Identifikation der Potentiale für BZ-LKWs und möglicher Investitionsfenster
- Gespräche mit Herstellern von BZ-LKWs

#### Zeithorizont

Mittelfristig



## Maßnahme 15: Einführung eines Ride- oder Carsharing-Systems mit BZ-Fahrzeugen

### BZ-PKWS IM RIDE- ODER CARSHARING

#### Beschreibung

Die Einführung eines Ride- oder Carsharing könnte wesentlich zur Entlastung des Tourismusverkehrs beitragen und Anreize schaffen, nicht länger mit dem eigenen PKW in die Region anzureisen. Ein Ridesharing könnte zudem als innovativer, bedarfsgerechter Bürgerbus fungieren.

#### Verweise

Projekt [Carla](#) (Das Auto als Bus), [CleverShuttle](#)

#### Potential

Der Einsatz von Fahrzeugen mit emissionsfreien Antrieben trägt zum Bild des nachhaltigen Tourismus bei. Der VVR kann Leerfahrten der Busse durch ein kundenfreundliches Angebot ersetzen. Durch die Einführung von BZ-PKWs wird eine Sichtbarkeit für die Anwendung geschaffen und Nutzererfahrung kann gesammelt werden.

#### Herausforderungen

Die Corona-Krise hat die Ride- und Carsharing-Branche schwer getroffen. Aufgrund von Hygiene-Vorschriften sind die Angebote aktuell unattraktiv. Nach der Corona-Krise sollten die Konzepte aufgegriffen und ausgearbeitet werden.

#### Handlungsplan

- Konzepterstellung für Ride- und Carsharing-Systeme für die Region
- Strategische Partnersuche zur Umsetzung der Konzepte

#### Zeithorizont

Kurzfristig



## Maßnahme 16: Einführung BZ-Fahrzeugen bei der öffentlichen Hand

### BZ-PKWS IN DER ÖFFENTLICHEN HAND

#### Beschreibung

Die öffentliche Hand übernimmt in vielen Städten eine Vorbildfunktion. Die Umstellung der dienst eigenen Flotte auf klimafreundliche Antriebe ist dabei ein wichtiger Schritt.

#### Verweise

Berliner Polizei und Feuerwehr

#### Potential

Kommunale Einrichtungen können durch den Einsatz von BZ-PKWs zum Klimaschutz beitragen und Sichtbarkeit für die Anwendung schaffen. Die Fahrzeuge haben eine hohe Reichweite und können schnell getankt werden.

#### Herausforderungen

Die Fahrzeuge sind in der Regel teuer: Ein Toyota Mirai kostet bspw. 78.600 €. Hinzu kommen die Umrüstungskosten auf ein Polizei-, Feuerwehr- oder ähnliches Auto.

#### Handlungsplan

- Prüfung des Fuhrparks der öffentlichen Hand hinsichtlich des Ausstoßes von Emissionen und möglichen Investitionsfenstern
- Prüfung von Möglichkeiten der Investitionsförderung für die Anschaffung der Fahrzeuge
- Aufbau einer entsprechenden Tankinfrastruktur

#### Zeithorizont

Kurzfristig

## Maßnahme 17: Einführung BZ-Fahrzeugen im Handwerk



### BZ-PKWS IM HANDWERK

#### Beschreibung

Das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien ist bereits fest im Handwerk verankert. Schon heute warten und reparieren KFZ-Werkstätten die ca. 500 Brennstoffzellen-PKWs, wie den Hyundai Nexa und den Toyota Mirai, die auf Deutschlands Straßen unterwegs sind. Handwerker\*innen legen täglich viele und teilweise lange Fahrten zurück, dafür eignen sich BZ-Fahrzeuge besonders.

#### Verweise

Zentralverband des Deutschen Handwerks, IHK Nord

#### Potential

Die großen Reichweiten und kurzen Betankungszeiten von BZ-PKWs passen gut zum täglichen Fahrprofil des Handwerkes. Weitere Synergien mit dem Handwerk können erschlossen werden, da einige Betriebe schon heute den Einbau von Brennstoffzellensystemen für die Strom- und Wärmeversorgung in Eigenheimen anbieten. Handwerker\*innen könnten wichtige Multiplikatoren sein.

#### Herausforderungen

Die Fahrzeuge sind teuer, dies stellt eine große Hürde für Handwerker\*innen oder den Betrieb dar.

#### Handlungsplan

- Gemeinsam mit der IHK: Workshop mit interessierten Handwerker\*innen zum Thema Handwerk und Wasserstoff

#### Zeithorizont

Mittelfristig



## Maßnahme 18: Nutzung von grünem Wasserstoff auf der Schiene

### BZ-PKWS IN DER ÖFFENTLICHEN HAND

#### Beschreibung

Der Einsatz von BZ-Zügen kann auf nicht elektrifizierbaren Strecken eine interessante Alternative darstellen. Das Energieministerium hat die Potentiale für alternative Antriebe inkl. Wasserstoff im Schienenverkehr untersucht.

#### Verweise

[Wasserstoffzug in Niedersachsen](#), [Wasserstoff im Brandenburger Zugverkehr](#)

#### Potential

Auch wenn sich die Oberleitungs-/Batterie-Hybridfahrzeuge in der Gesamtnetz-betrachtung im Vergleich der Antriebssysteme langfristig am wirtschaftlichsten erwiesen haben, wurden dennoch verschiedene Varianten für den Einsatz von BZ-Zügen berechnet, da große Potentiale in der Sektorenkopplung gesehen werden. Der Einsatz eines BZ-Zuges auf der Darßbahn könnte für die Region ein wichtiger Schritt in Richtung Wasserstoffwirtschaft sein.

#### Herausforderungen

Der Einsatz von Wasserstoff ist mit höheren Kosten verbunden – im Vergleich zum Dieselfahrzeug aber auch zu Oberleitungs-/Batterie-Hybridfahrzeugen. Hinter dem Einsatz muss eine verlässliche Wasserstoffversorgung und -infrastruktur stehen. Diese gilt es noch zu errichten.

#### Handlungsplan

- Das Energieministerium koordiniert die weiteren Aktivitäten zum Einsatz eines BZ-Zuges in der Region

#### Zeithorizont

Einsatz des Zuges wird erst mittel- bis langfristig erfolgen (frühestens 2024/2025).

## Maßnahme 19: Nutzung von grünem Wasserstoff in Traktoren



### BZ-TRAKTOREN

#### Beschreibung

Der Einsatz von Brennstoffzellentraktoren in der Landwirtschaft trägt dazu bei, dass die Fahrzeuge emissionsfrei fahren.

#### Verweise

New Holland's [NH2™ tractor](#), New Holland's [Energy Independent Farm Concept](#), New Holland's [Wasserstofftraktor T5.140](#)

#### Potential

Der Traktor von New Holland und Blue Fuel Solutions in den Niederlanden hat einen Kombiantrieb aus Diesel und Wasserstoff, wodurch 50 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können. Da Landwirte häufig über (Flächen für) Erneuerbare-Energien-Anlagen verfügen und Energiebedarfe für das Heizen von Ställen oder das Trocknen von Getreide haben, könnten hier ganzheitliche Wasserstoffkonzepte entwickelt werden.

#### Herausforderungen

Die Nachrüstungskosten für den New Holland Traktor mit Blue Fuel Solutions belaufen sich auf 70.000 €. Ansonsten halten sich die Unternehmen eher bedeckt bezüglich ihrer Aktivitäten.

#### Handlungsplan

- Konzepterstellung für die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff in der Landwirtschaft mit einem strategischen Marktpartner wie New Holland oder John Deere

#### Zeithorizont

Mittel- bis langfristig



### ABFALLSAMMELFAHRZEUGE

#### Beschreibung

Ab 2021 wird der Nutzfahrzeug-Hersteller Faun aus Osterholz-Scharmbeck die ersten Müllfahrzeuge und Kehrmaschinen mit Wasserstoffantrieb in Serie produzieren. In den sogenannten „Bluepower-Fahrgestellen“ werden sowohl Brennstoffzellen als auch Batterien verbaut. Die Batterie kommt auf einen Energiegehalt von 85 kWh und kann in 30 Minuten schnell geladen werden. Die Brennstoffzelle fungiert als Range Extender. Mit einer Zwischenladung soll der Truck zwei Touren mit je zehn Tonnen Abfall pro Tag schaffen.

#### Verweise

Faun [Blue Power](#), AWG [Wuppertal](#), HyStarter Schaumburg

#### Potential

Bislang besteht kein Handlungsdruck bei der Umstellung von Müllsammelfahrzeugen auf alternative Antriebe, bei Fahrzeugen in kommunaler Hand greift allerdings auch die Clean Vehicle Directive. BZ-Müllsammelfahrzeuge zahlen auf die klimapolitischen Ziele der Region ein. Weitere Potentiale ergeben sich, wenn der bei der thermischen Behandlung des Restmülls im modernen Müllheizkraftwerk erzeugte Strom für die Produktion von Wasserstoff verwendet werden kann. Ebenso ist es wie beim HyStarter Schaumburg vorstellbar, dass der Wasserstoff über die Pyrolyse erzeugt wird.

#### Herausforderungen

Neben der Fahrzeugverfügbarkeit stellt die Finanzierung der Müllsammelfahrzeuge und deren wirtschaftlicher Betrieb die größten Herausforderungen. Der H<sub>2</sub>-Tank sowie die BZ-Leistung müssen auf die spezifischen Fahrprofile der bisherigen Müllsammelfahrzeuge ausgelegt werden und können stark variieren. Weiterhin bedarf es einer 350-bar-Tankstelle am Betriebshof oder in unmittelbarer Nähe, die in den Betriebsablauf integriert werden kann.

#### Handlungsplan

- Gespräche mit den regionalen Abfallbetrieben hinsichtlich der Potentiale des Einsatzes von BZ-Müllsammelfahrzeugen
- Konzepterstellung für die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff an Müllheizkraftwerken

#### Zeithorizont

Mittelfristig

## 9.2.4: Handlungsfeld: Wärme

### Maßnahme 21: Ersatz von Öl- und Gasheizungen durch Brennstoffzellenheizgeräte

#### AUFBAU EINER WASSERSTOFFTANKSTELLE

##### Beschreibung

Öl- und Gasheizungen dürfen langfristig nicht mehr installiert werden, da dies nicht im Einklang mit den bundespolitischen Klimazielen ist. Ein Ölheizungsverbot wurde bereits ausgesprochen, eines für Gasheizungen steht noch aus. Als Ersatz können Brennstoffzellenheizsysteme dienen, die bspw. mittels Solarenergie Wärme erzeugen.

##### Verweise

[Home Power Solutions](#)

##### Potential

Der Einbau von fossilen Heizträgern wird auch aufgrund des steigenden CO<sub>2</sub>-Preises zunehmend unattraktiver werden. Durch den Einbau eines nachhaltigen Wärmesystem mit Brennstoffzellenheizsystem wird ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

##### Herausforderungen

Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von H<sub>2</sub> zur Wärmeversorgung muss geprüft werden, könnte aber bei spezifischen Gebäudearten die einzige emissionsarme Alternative stellen. Derzeit angebotene Insellösungen sind teuer und nur für energetische sanierte Gebäude empfehlenswert. Daher sollten Wärmepumpen als Alternative in Betracht gezogen werden. Weiterhin sind beim Gebäudebestand die Investitionsfenster für neue Anlagen zu prüfen.

##### Handlungsplan

- Wärmekataster im Landkreis aufbauen
- Bürger\*innen Informationen zu alternativen Heizungssystemen bereitstellen
- Gespräche mit dem Handwerk zum Einbau von BZ-Heizungssystemen

##### Zeithorizont

Mittelfristig



## Maßnahme 22: Quartierslösungen mit Wasserstoff zur Energieversorgung

### AUFBAU EINER WASSERSTOFFTANKSTELLE

#### Beschreibung

Quartierslösungen vernetzen Energieversorgung und Eigenenergieerzeugung mit den energetischen Anforderungen der Bewohner\*innen, mit der im gesamten Quartier benötigten Infrastruktur und mit Mobilitätskonzepten wie der Elektro- und Brennstoffzellenmobilität.

#### Verweise

Heinrich-Pesch-Siedlung (Ludwigshafen), Esslinger Weststadt, Exytron Klimafreundliches Wohnen Augsburg

#### Potential

Die Konzepte zielen auf die möglichst effiziente Nutzung aller Energieströme ab, so wird bspw. in Esslingen die Abwärme des Elektrolyseurs in das Nahwärmenetz eingespeist. Der erzeugte Wasserstoff wird teilweise zuerst ins Erdgasnetz oder H<sub>2</sub>-ready BHKW eingespeist, kann jedoch auch nachdem eine Tankstelle errichtet wurde für die Mobilitätsanwendungen genutzt werden.

#### Herausforderungen

Es handelt sich um ein komplexes, sektorenübergreifendes Energiesystem, das mit den günstigen Preisen der fossilen Energieversorgung konkurrieren muss.

#### Handlungsplan

- Identifikation von Quartieren zur Umsetzung der Projektidee
- Entwicklung von Konzeptstudien, die die Energieerzeugung und -bedarfe sowie ein erneuerbares Technologiekonzept darstellen
- Akquise von Fördergeldern zur Entwicklung und Umsetzung der Konzepte

#### Zeithorizont

Mittelfristig

## 9.2.5: Handlungsfeld: Wirtschaft

### Maßnahme 23: Aufbau einer grünen Hafenwirtschaft und emissionsfreien Hafenlogistik



#### AUFBAU EINER WASSERSTOFFTANKSTELLE

##### **Beschreibung**

Die Hafenwirtschaft bildet eine wichtige Säule der regionalen Wirtschaft, und die Häfen sollen sich als künftige Umschlagplätze für grünen Wasserstoff etablieren. Alle Prozessschritte der Wasserstoffwirtschaft können an Häfen abgebildet werden, von der Erzeugung, über die Verteilung bis zum vielseitigen Einsatz in der Mobilität, maritimen Anwendung, Wärmeversorgung und in Kühllagern. Darüber hinaus kann hierdurch die Qualifizierung von regionalen Fachkräften in der Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie vorangetrieben und attraktive Arbeitsplätze geschaffen werden.

##### **Verweise**

Hafen Hamburg, Rostock Port, Erzeugerkonsortium HyStarter Rügen-Stralsund

##### **Potential**

Der Aufbau einer grünen Hafenwirtschaft birgt große Potentiale in sich, da die maritime Wirtschaft als sicherer Abnehmer von Wasserstoff und seinen Produkten gilt. Die Umrüstung von Schiffen auf alternative Antriebe, die Wasserstoff, Ammoniak oder Methanol verwenden, bietet sowohl für die Hochschule Stralsund als auch für die ansässige Industrie ein aussichtreiches Zukunftsfeld. An einem Ort – dem Hafen – sind zahlreiche mögliche Abnehmer von Wasserstoff gebündelt. Durch die vielen Flächen können Erneuerbare-Energien-Anlagen sowie die notwendige Infrastruktur errichtet werden.

##### **Herausforderungen**

Die Transformation der Häfen ist ein langwieriger Prozess. Der Einsatz von alternativen Antrieben in der Schifffahrt wird in Forschungs- und Entwicklungsprojekten untersucht, trifft aber noch auf viele technische, genehmigungsrechtliche und wirtschaftliche Hürden.

##### **Handlungsplan**

- Aufsetzen einer Konzeptstudie, die sich auf die Energiebedarfe und Treibhausgasbilanzen am Hafen konzentriert sowie technische und wirtschaftliche Transformationspotentiale analysiert.

##### **Zeithorizont**

Langfristig

## Maßnahme 24: Nutzung von grünem Wasserstoff in Tourismusresorts, großen Hotelanlagen und Freizeiteinrichtungen



### AUFBAU EINER WASSERSTOFFTANKSTELLE

#### Beschreibung

Der Tourismus ist ein wichtiges, wirtschaftliches Standbein der Region. Hotelanlagen, Ferienresorts und Freizeiteinrichtungen sind große Energieverbraucher und sollen auf das Zielbild des nachhaltigen Tourismus einzahlen. Deswegen sollen alternative Energiekonzepte für die Einrichtungen entwickelt werden.

#### Verweise

Hotel „MOA Berlin“, Radisson Blu (Frankfurt)

#### Potential

Schätzungen zufolge entfallen in Deutschland circa fünf Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen jährlich auf die Hotelindustrie. Gleichzeitig gewinnt das Thema Nachhaltigkeit immer mehr an Relevanz für Hotelgäste. Es gibt bereits verschiedene Hotels, die Konzepte zur nachhaltigen Energieversorgung mit Wasserstoff testen. Aufgrund der hohen Energiemengen könnten alternative Energiekonzepte mit Wasserstoff ein spannender Anknüpfungspunkt sein. Hotelbesitzer können ihren Kunden zudem nachhaltige Mobilitätsangebote wie E-Fahrzeuge im Sharing machen und somit zur Verkehrswende und Sektorenkopplung beitragen.

#### Herausforderungen

Die Hotelindustrie ist stark von der Corona-Krise getroffen worden, für neue Projektideen muss die entsprechende Finanzierung stehen. Alternative Energiekonzepte sind derzeit mit höheren Kosten verbunden.

#### Handlungsplan

- Workshop mit dem Tourismusverband und der Hotelindustrie zum Thema alternative Energieversorgung mit Wasserstoff
- Konzeptstudien für Tourismusstandort (Ermittlung des Energiebedarfs, Potentiale zur Umstellung auf alternative Energiesysteme etc.)

#### Zeithorizont

Mittel- bis langfristig

# Impressum

## Herausgeber

EnergieWerk Rügen e.G.,  
Hansestadt Stralsund,  
IRES Institut für Regenerative EnergieSysteme an der Hochschule Stralsund,  
Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH,  
Landkreis Vorpommern-Rügen,  
Mukran Port,  
Nachhaltigkeitszentrum Rügen e.V.,  
SWS Energie GmbH,  
SWS Seehafen Stralsund GmbH,  
UmWeltSchule Rügen e.V.,  
Weiße Flotte GmbH,  
Windenergiecluster Mecklenburg-Vorpommern,  
Wirtschaftsfördergesellschaft Vorpommern mbH,  
Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen mbH,  
Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen

## V. i. S. d. P.

Stephan Latzko, Klimaschutzbeauftragter,  
Hansestadt Stralsund, Alter Markt, 18439 Stralsund  
E-Mail: SLatzko@stralsund.de

## Verantwortlich für den Inhalt

Nuts One GmbH  
Dessauer Straße 28-29, 10963 Berlin  
<https://www.nuts.one>

## Titelbild

© LEKA GmbH  
Urheber: Christian Rödel/Arguseye  
Grafische Gestaltung: Dipl. Des. (FH) Jens Eggebrecht  
(Eggebrechts feine Gestaltung – [www.efg-hst.de](http://www.efg-hst.de), im Auftrag der LEKA GmbH)

## Layout

Dipl. Des. (FH) Jens Eggebrecht  
(Eggebrechts feine Gestaltung – [www.efg-hst.de](http://www.efg-hst.de), im Auftrag der LEKA GmbH)