

Kurzfassung

Masterplan Wasserstoff Stadt Cuxhaven



Agentur für Wirtschaftsförderung



STADT
Cuxhaven

Landkreis Cuxhaven

Aktiv für die Wirtschaft!

C/H₂ CUXHAVEN
HYDROGEN

C/O CUXHAVEN
OFFSHORE

Scan mich!



Hier geht es zum ausführlichen
Masterplan Wasserstoff Cuxhaven

Kurzfassung des Masterplans Wasserstoff



Eines der wichtigsten Ziele und die größte Herausforderung in den kommenden Jahren ist die Transformation der Wirtschaft - vom Einsatz fossiler Energie und Energieträger, hin zu einer grünen und nachhaltigen Wirtschaft. Dies kann nur gelingen, wenn ambitionierte Ziele gesetzt werden, die diese notwendige Veränderung herbeiführen. Genau dieser Veränderung und Transformation nimmt sich die Stadt Cuxhaven an und unterstreicht diesen Prozess mit dem Anspruch „Klima- und Energiewende-Stadt Cuxhaven“.

Um diese Ziele zu definieren und Chancen sowie Möglichkeiten zu bestimmen, bedarf es eines Planes, einer Vision und nicht zuletzt eines Leitfadens, der eine Agenda vorgibt, die jeden Tag das Heft des Handelns bestimmt. Dieses Heft ist der nun verfügbare „Masterplan Wasserstoff – Stadt Cuxhaven“, der diese Aufgaben beschreibt und zugleich Chancen aufzeigt. Nicht alles ist unmittelbar erreichbar und umsetzbar, jedoch identisch mit dem täglichen Gedanken, die Wirtschaft und speziell die Cuxhavener Wirtschaft, anzupassen, Hin zur einer „grünen Wirtschaft“ und dem Anspruch des nachhaltigen Wirtschaftens.

Dies kann und wird uns gelingen. Ganz sicher wird Wasserstoff einen entscheidenden Teil dazu beitragen. Deshalb war es uns ein Anliegen, diesen „Masterplan Wasserstoff – Stadt Cuxhaven“ konzeptionell erstellen zu lassen und als Leitfaden und Arbeitspapier an die Wirtschaft zu übergeben.

Konkrete Handlungsempfehlungen aus diesem Papier versetzen die Wirtschaftspartner unmittelbar in die Lage, nötige Schlussfolgerungen zu ziehen und in das tägliche Handeln zu überführen. Ich freue mich, mit diesem Bericht der Stadt Cuxhaven und der Wirtschaft der Stadt Cuxhaven, das Thema Wasserstoff näher zu bringen und Wasserstoff als Chance der Veränderung zu begreifen. Diese vorliegende Broschüre ist eine Kurzfassung des Masterplan Wasserstoff Cuxhaven.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Itgen'.

Marc Itgen
Dipl.-Wirtsch.Ing. (FH)
Leiter der Agentur für Wirtschaftsförderung

Wasserstoff und dessen Derivate – Bedeutung für die Energiewende

Warum Wasserstoff?

Wasserstoff (H_2) ist das häufigste, kleinste und leichteste Element in unserem Universum. Auf der Erde kommt das farb- und geruchslose Gas fast ausschließlich in gebundener Form vor und ist in vielen Verbindungen vorhanden z. B. in Wasser (H_2O). Unter Einsatz von Energie kann dieser Wasserstoff aus wasserstoffhaltigen Verbindungen gewonnen und wiederum in den unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt werden.

- Wird Wasserstoff verbrannt, entsteht nur Wasserdampf und allenfalls ein geringer Teil Stickoxid.
- Wasserstoff verfügt über die höchste volumetrische Energiedichte pro Kilogramm.
- Wasserstoff lässt sich vielfältig speichern und transportieren.

In unserem künftigen Energiesystem, das auf erneuerbare Energien setzt, wird Wasserstoff demzufolge eine Schlüsselrolle spielen. Als wichtiges Bindeglied ermöglicht Wasserstoff die bedarfsgerechte Nutzung volatiler erneuerbarer Wind- und Solarenergie: Durch Umwandlung und Speicherung des ungleichmäßig erzeugten grünen Stroms in Form von Wasserstoff kann ein bedarfsgerechter Einsatz im Nachgang erfolgen.

Damit können über den Einsatz von grünem Wasserstoff künftig auch solche Bereiche dekarbonisiert werden, die heute noch auf fossile Brennstoffe angewiesen sind und sich nicht direkt elektrifizieren lassen. Dazu zählen vor allem die Stahl- und Chemieindustrie sowie Teile des Verkehrs- und Wärmesektors. Wichtig ist zu beachten, dass es nicht darum geht, mit Wasserstoff überall fossile Energieträger zu ersetzen, sondern eben genau dort, wo fossile Energieträger nicht durch direkten Stromeinsatz ersetzt werden können oder wo das Molekül Wasserstoff als Grundstoff dient.

Wie wird Wasserstoff erzeugt?

Um Wasserstoff zu erzeugen, ist Energie notwendig. Wasserstoff wird heute hauptsächlich noch mittels Dampfreformierung aus Erdgas gewonnen. Hierbei wird das klimaschädliche Kohlendioxid freigesetzt. Die klimaneutrale Alternative ist die Herstellung mittels Elektrolyse, das heißt die Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff mithilfe elektrischen Stroms. Hier haben sich unterschiedliche Elektrolyseverfahren etabliert, die sich hauptsächlich durch den verwendeten Elektrolyten, der Betriebstemperatur und durch den Aufbau der Elektrolysezelle unterscheiden und je nach Einsatzgebiet Anwendung finden.

Was bedeuten die Farben des Wasserstoffs?

Wasserstoff ist an sich ein farbloses Gas, wird aber dennoch nach Farben klassifiziert. Die Farbe des Wasserstoffs gibt Aufschluss über die Produktionsart: Welche Energiequelle wurde verwendet? Entstehen im Erzeugungspfad Treibhausgase und wenn dies der Fall ist, wie wird mit diesen umgegangen?

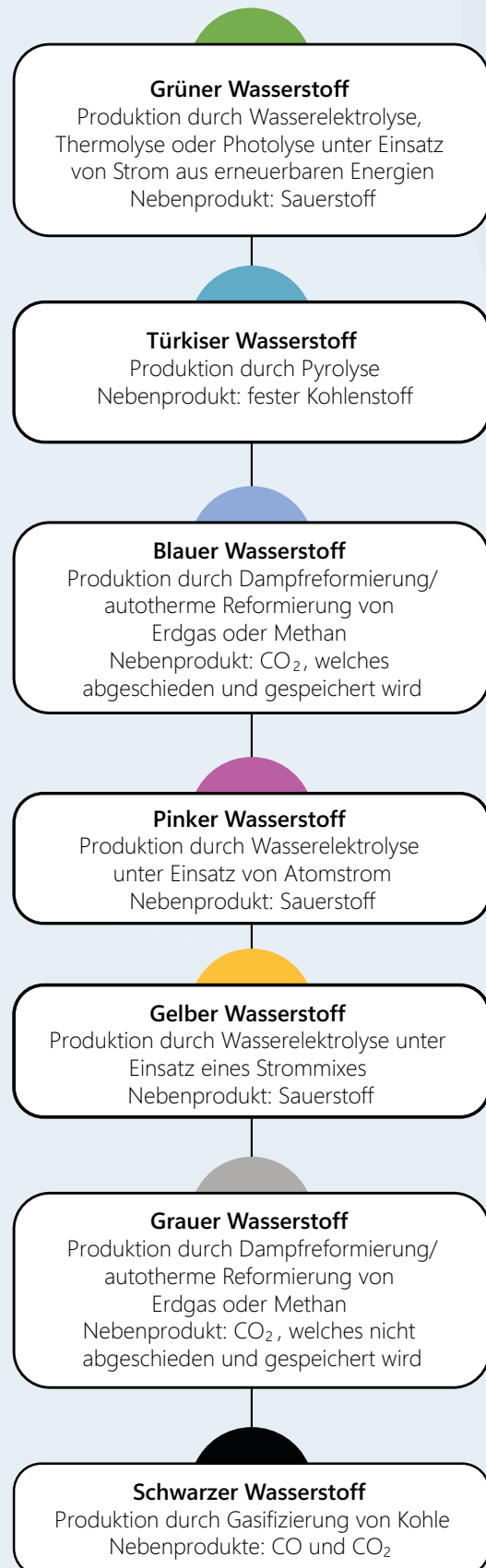


Abbildung 1: Herstellung von Wasserstoff und Farbkennzeichnung; CO entspricht Kohlenstoffmonoxid, CO_2 entspricht Kohlenstoffdioxid

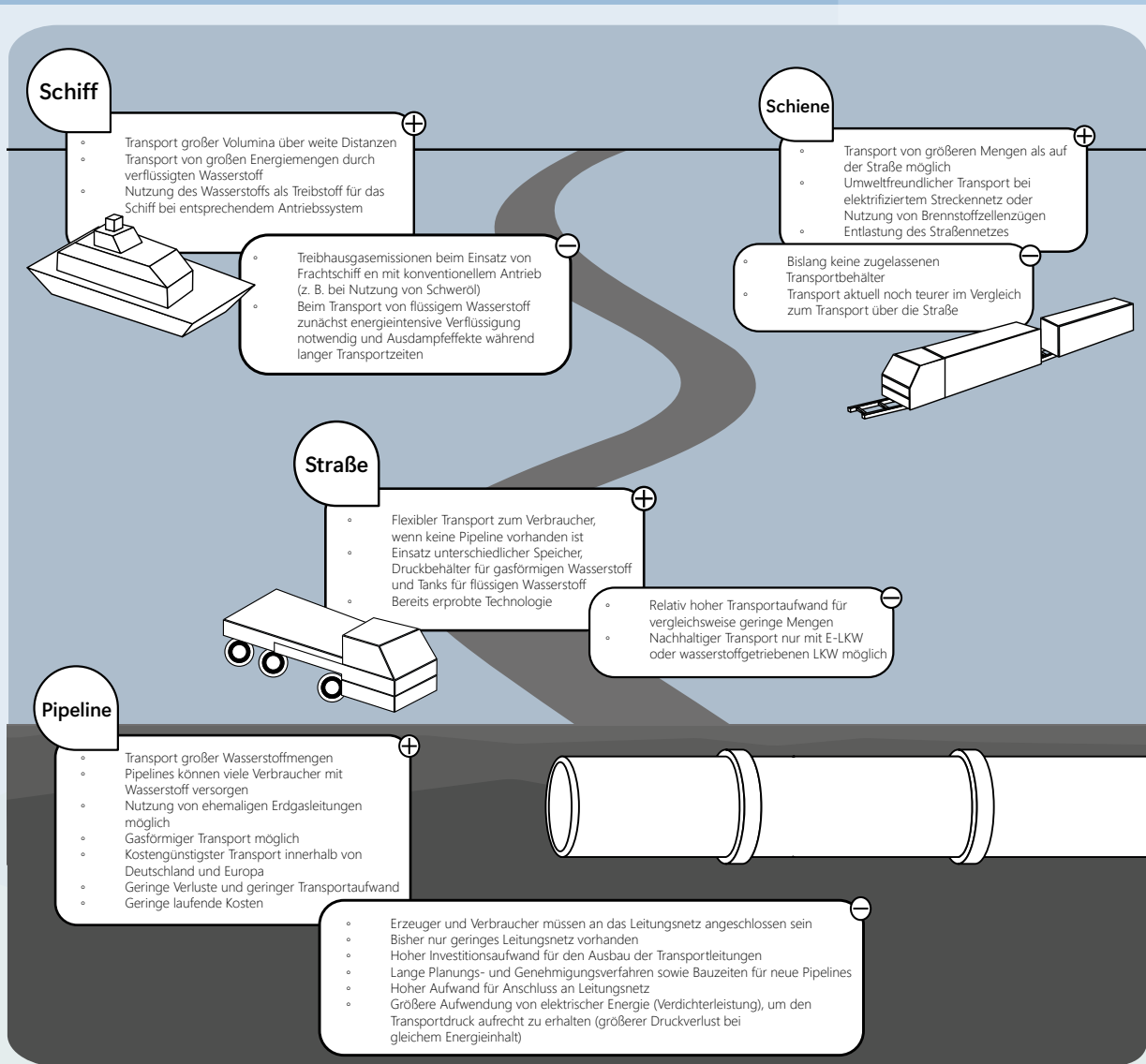


Abbildung 2: Vor- und Nachteile der Transportmittel

Wie wird Wasserstoff gespeichert und transportiert?

Da Wasserstoff nicht immer direkt am Ort der Produktion bzw. zeitlich direkt nach der Produktion genutzt wird, bedarf es an Technologien zur Speicherung und Transport. Bei der Speicherung von Wasserstoff unterscheidet man zwischen physikalischer und der materialbasierten.

Physikalisch kann Wasserstoff durch Veränderung des Drucks und/oder der Temperatur druckförmig, flüssig oder transkritisch (kryokomprimiert) gespeichert werden. Dafür kommen Drucktanks, Gasflaschen und Kryotanks zum Einsatz. Für große Wasserstoffmengen können darüber hinaus unterirdische Speicher wie Salzkavernen verwendet werden, in denen Wasserstoff unter Druck gespeichert wird. Die aktuell wichtigste kommerzielle Speichermethode, vor allem für Endnutzer, ist die Speicherung von Wasserstoff als Druckgas.

Materialbasierte Speicherformen nutzen die physikalische oder chemische Bindung an einen anderen Stoff. Die relevanteste Methode ist die chemische Bindung. Hier wird der Wasserstoff durch eine chemische Reaktion in anderen Stoffe

Wo wird Wasserstoff eingesetzt?

Der Einsatzbereich von Wasserstoff erstreckt sich über die Sektoren Industrie, Verkehr, Gebäude und Strom. Aktuell wird Wasserstoff bereits in großen Mengen in Raffinerien und in der chemischen Industrie verwendet – allerdings wird hier überwiegend grauer Wasserstoff eingesetzt. Das soll sich in Zukunft zunehmend ändern. Grüner Wasserstoff kann in allen Sektoren eine wichtige Rolle für die Defossilisierung und zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen spielen.

überführt, der z. B. drucklos bei Raumtemperatur gelagert und transportiert werden kann. Dies können u. a. Ammoniak oder Methanol sein - sehr gebräuchliche Chemikalien, die als Grundstoff zu unterschiedlichen Produkten weiterverarbeitet werden. Weiterhin können flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC- Liquid Organic Hydrogen Carrier) eingesetzt werden, die den Wasserstoff durch chemische Reaktion aufnehmen und wieder abgeben können.

Die unterschiedlichen Speichermethoden von Wasserstoff bieten verschiedene Möglichkeiten für den Transport zum Endverbraucher. Mögliche Optionen sind per Straße, Schiene, Schiff oder Pipeline. Der Transport von Wasserstoff erfolgt aktuell noch fast ausschließlich in Druckbehältern über die Straße. Ein Blick auf die Kosten zeigt, dass es keine universelle Lösung für den Wasserstofftransport gibt. Entscheidende Faktoren bei der Wahl einer Transportlösung sind die Form der Endnutzung des Wasserstoffs sowie die Entfernung zwischen Erzeuger und Verbraucher. Die Abbildung 2 verdeutlicht die Vor- und Nachteile der Transportoptionen.

Was kostet Wasserstoff?

Die drei wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gesteuerungskosten von grünem Wasserstoff sind

- die Kosten des Stroms aus erneuerbaren Energien (Strombezugskosten),
- die Kapitalkosten der Elektrolyseure, welche Investitions- und Finanzierungskosten enthalten
- sowie die erreichte Kapazitätsauslastung.

Der größte Kostenfaktor sind die Strombezugskosten. In einigen Fällen kann grüner Wasserstoff aber bereits heute, an idealen Standorten mit den niedrigsten Kosten für Strom aus erneuerbaren Energiequellen, die Kostenwettbewerbsfähigkeit mit fossilem Wasserstoff erreichen. Für den Strombezug zur Herstellung von grünem Wasserstoff werden aktuell die Kriterien im Entwurf des Delegated Act Red II diskutiert. Zur Orientierung für mögliche Einkaufspreise für grauen, blauen

und grünem Wasserstoff steht der Preisindex „Hydex“ der E-Bridge Consulting GmbH zur Verfügung. Der Hydex ist ein kostenbasierter Preisindex. Dieser spiegelt den durchschnittlichen Preis für Wasserstoff ab Dampfreformer (mit und ohne CO₂-Speicherung) oder Elektrolyseur in Deutschland wider. Der Hydex berücksichtigt die kurzfristigen Gesteuerungskosten von Wasserstoff. Kapitalkosten sind nicht enthalten.

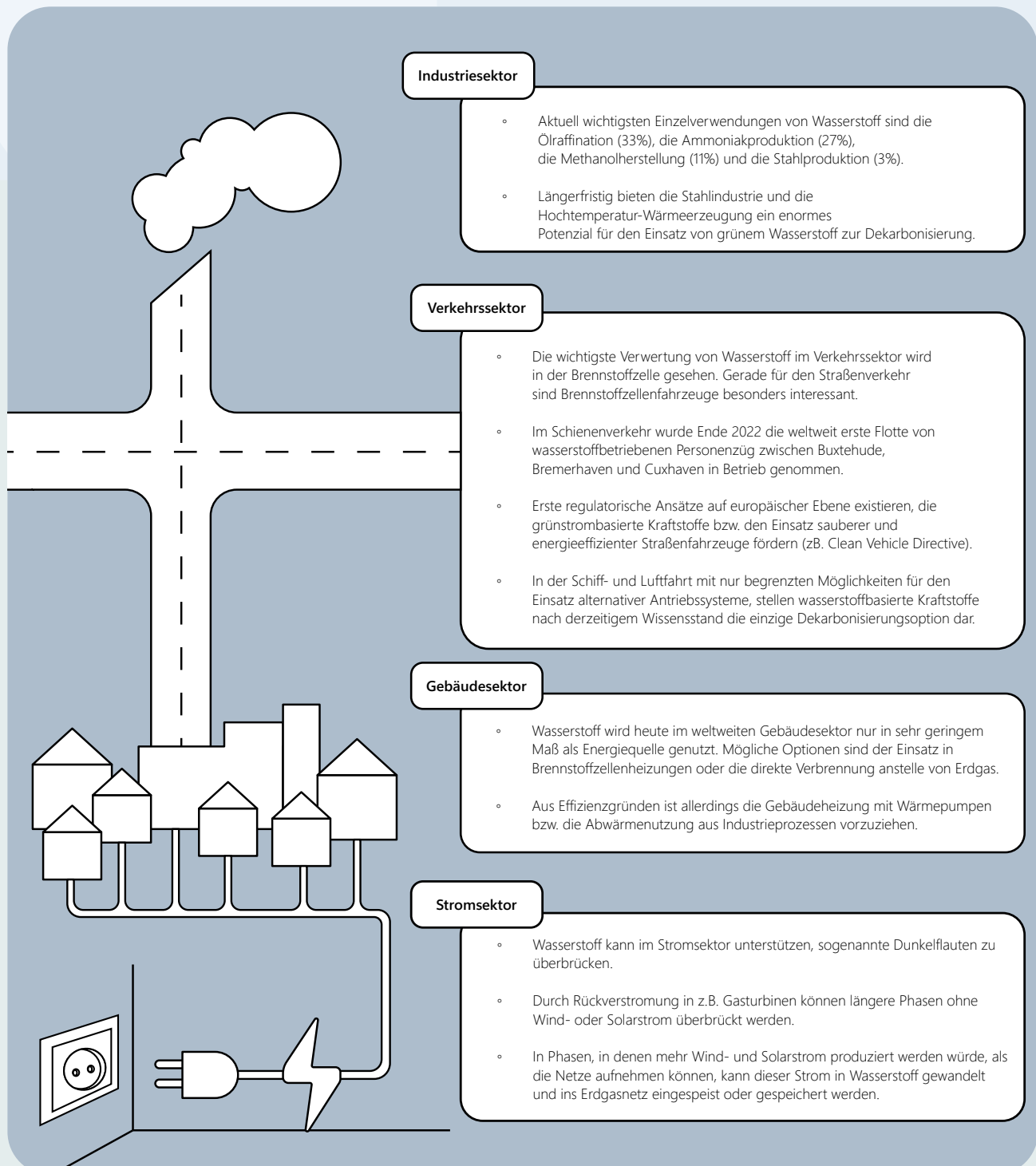


Abbildung 3: Sektorübergreifender Einsatz von Wasserstoff

Wasserstoffbedarf in Deutschland und weltweit

In Deutschland wird der zukünftige Wasserstoffbedarf mit 90-110 TWh im Jahr 2030 im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie beziffert, wobei der Verbrauch von Wasserstoff im Jahr 2020 zwischen 55-60 TWh lag. Verschiedene Studien gehen von einer Wasserstoffnachfrage von etwa 270 TWh im Jahr 2050 aus. Davon werden 31 % in Deutschland hergestellt. Der restliche Wasserstoff wird importiert. Um den steigenden Bedarf zu decken, sollen laut Koalitionsvertrag bis 2030 Erzeugungsanlagen mit einer Leistung von 10 GW für die Wasserelektrolyse errichtet werden, wobei der Fokus auf der heimischen Produktion liegen soll (SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, FDP 2021). Der bisherige Verbrauch an grauem Wasserstoff soll langfristig durch CO₂-neutralen Wasserstoff ersetzt werden.

Die europäischen Ausbauziele sehen eine zu installierende Gesamtleistung von 40 GW bis 2030 vor. Weltweit haben einige Länder ebenfalls ambitionierte Ausbauziele für die Wasserelektrolyse ausgerufen. Chile beabsichtigt, bis 2030 eine Gesamtleistung an Erzeugungsanlagen von 25 GW zu errichten (siehe Tabelle 1). In Australien wurden bereits mehrere Projekte mit Wasserelektrolyse und teilweise einer Weiterverarbeitung zu Ammoniak angekündigt, um den weltweiten Bedarf zu decken. Um die globale Erderwärmung auf unter 2 °C zu begrenzen, müssten laut der IRENA Studie bereits 2035 weltweit 270 GW Gesamtleistung für die Wasserelektrolyse installiert werden. Bis 2050 wird laut der Studie „The Global Hydrogen Flows Perspective“ von McKinsey weltweit ein Bedarf von 660 Mio. Tonnen Wasserstoff erwartet, um Kohlenstoffneutralität zu erreichen.

Allgemeine Bedeutung des Imports von Wasserstoff

Dieser skizzierte große Bedarf an wasserstoffbasierten Energieträgern in Deutschland, aber auch insgesamt in Europa sowie Japan und Südkorea, als weitere wichtige Nachfrageregionen, werden nicht allein durch inländische Produktion abgedeckt werden können. Laut der McKinsey-Studie werden sie nicht in der Lage sein, ihren gesamten Bedarf zu wettbewerbsfähigen Kosten zu decken. Neben dem Aufbau einer starken inländischen Produktionslandschaft werden Importe, sowohl aus Europa als auch aus dem nicht-europäischen Ausland, eine wichtige Rolle spielen.

Es könnten sich unterschiedliche Handelsströme für Wasserstoff herausbilden. Denn reiner Wasserstoff ist einerseits ein „nachbarschaftliches“ Geschäft. Das heißt Wasserstoff kann überwiegend im Inland oder über Pipelines aus nahe gelegenen Regionen bezogen und dann verschifft werden. Wenn diese Optionen nicht zur Verfügung stehen, könnten andererseits Wasserstoffderivate weltweit verschifft werden; die Transportkosten sind gering, und die Produktionskosten hängen in erster Linie von der Verfügbarkeit von Ressourcen wie CO₂ und Eisenerz ab.

Durch den globalen Handel mit Wasserstoff und Derivaten, einschließlich Wasserstoffträgern, Ammoniak, Methanol, synthetischem Kerosin und grünem Stahl (bei dessen Herstellung grüner Wasserstoff verwendet wird), können die erforderlichen Gesamtinvestitionen und Systemkosten erheblich gesenkt werden. Investitionen in den Fernverkehr und den Handel machen weniger als 20 % der Gesamtinvestitionen aus, sind aber der Schlüssel zur Erzielung erheblicher Einsparungen.



Deutschland
10,00 GW



Frankreich
6,50 GW



Italien
5,00 GW



Spanien
4,00 GW



Niederlande
3,50 GW



Portugal
2,25 GW



Polen
2,00 GW



übrige EU-Strategie
11,75 GW



Chile
25,00 GW

Abbildung 4: Explizite Ausbauzielen in Gigawatt (GW) für die Wasserelektrolyse bis 2030

Cuxhaven: Welche Voraussetzungen für eine Wasserstoffwirtschaft gibt es?

Um abschätzen zu können, welche Potentiale für die Stadt und die umliegende Region Cuxhaven in Bezug auf Wasserstoff bestehen, ist eine Standortanalyse unbedingt notwendig. Von Interesse sind vor allem die Anbindung an das Gas- und Stromnetz sowie die Verkehrsanbindung – sowohl an Land als auch über den Wasserweg.

Strominfrastruktur

Vor Ort in Cuxhaven erzeugter Strom weist einen sehr hohen Anteil an Erneuerbaren Energien auf – 97,6 % (ca. 80 MW) des vor Ort erzeugten Stroms wird aus erneuerbaren Quellen gewonnen. Lediglich 2,4 % (ca. 2 MW) stammen aus fossilen Energieträgern. Innerhalb des deutschen Stromnetzes ist Cuxhaven mit einer Hochspannungsleitung (110 kV) verbunden, welche Möglichkeiten zur Sektorkopplung bietet. Kann das Stromnetz bei hoher Einspeisung von Wind- oder Photovoltaikanlagen keine Energie mehr aufnehmen, stellen Betreiber ihre Anlagen aktuell ab. Dieser „überschüssige“ Strom könnte zukünftig vermehrt zur Erzeugung von Wasserstoff verwertet werden. Das würde helfen, mehr grünen Strom im Energiesystem zu nutzen und die Abschaltung von Erneuerbaren-Energien-Anlagen erheblich zu verringern.

Energieträger	installierte Leistung	Anlagen	in Planung/ in Bau
Biomasse	695 kW	3	17 MW (Holzheizkraftwerk)
andere Gase	1.058 kW	3	20 kW (1 Anlage)
Erdgas	895 kW	49	-
Solare Strahlungsenergie	11.773 kW	766	151 kW (23 Einzelgänger)
Wind	67.160 kW	25	-
Summe	81.581 kW		17.171 kW

Tabelle 1: Installierte Anlagen (ohne Speicher) laut Marktstammdatenregister gerundet auf kW (Stand 01.12.2022)

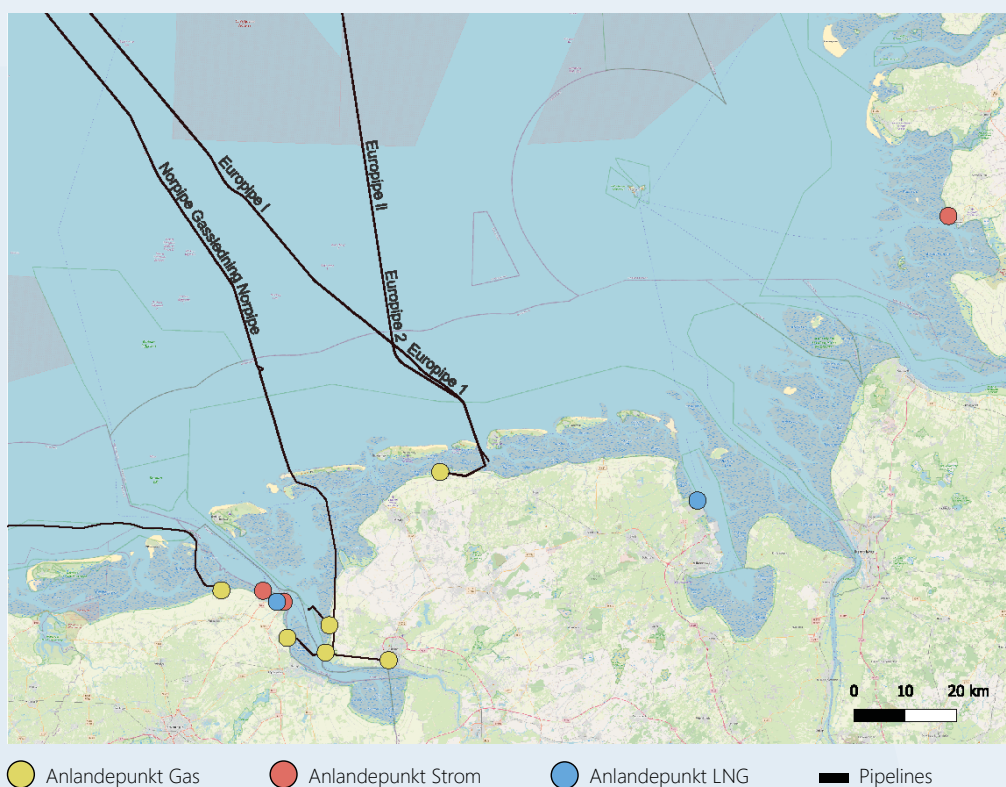


Abbildung 5: Pipelines in der Nordsee

Gasinfrastruktur und Gasspeicherung

Die EWE Netz GmbH ist aktuell Betreiber des lokalen Erdgasversorgungsnetzes. Gespeist wird das Netzwerk durch eine Ferngasleitung (ETL-69), welche von Gasunie Deutschland Transport Services GmbH betrieben wird. Fernab von diesem Status Quo ist die Frage interessant, inwieweit Cuxhaven und die Region bei zukünftigen Netzplanungen berücksichtigt werden: Wird ein Blick auf die zukünftige landseitige Anbindung geworfen, wird schnell klar, dass aktuell keine Anbindung an das „European Hydrogen Backbone“-Netz vorgesehen ist. Laut der Vision des europäischen Wasserstoff-Backbones könnten bis 2030 fünf Wasserstoffversorgungs- und -Import-Korridore entstehen, die europaweit Industriecluster, Häfen und Wasserstofftäler mit Wasserstoffversorgungsregionen verbinden. Die Wasserstoffinfrastruktur könnte dann bis zum Jahr 2040 zu einem europaweiten Netz mit einer Länge von fast 53.000 km ausgebaut werden, das weitgehend auf der wiederverwendeten bestehenden Erdgasinfrastruktur basiert.

Wie in Abbildung 5 zu sehen, gibt es in und um Cuxhaven keine Erdgas-Seeleitung. Die nächsten Pipelines landen in Dornum (Europipe I/II) und Emden (Nordpipe) an. Bis 2035 ist der Aufbau einer reinen Wasserstoff-Seeleitung namens AquaDuctus geplant. Diese gehört der Projektfamilie AquaVentus an und soll für den Wasserstofftransport von einer Millionen Tonnen pro Jahr dimensioniert sein. Laut Planung soll der produzierte Wasserstoff von den Offshore-Windparks im Entenschnabel die Insel Helgoland passieren und dann am nördlichen Ufer der Elbmündung anlanden.

Falls Wasserstoff zukünftig in Cuxhaven angelandet bzw. importiert wird, bieten Kavernenspeicher eine Option für die Speicherung von gasförmigem Wasserstoff. Insgesamt wurden in der Region sechs unterirdisch verlaufende Salz- und Tongesteinschichten identifiziert, die in der Vergangenheit u. a. bereits für die Entlagerung von Atommüll in Erwägung gezogen und analysiert wurden. Eine konkrete Einschätzung hinsichtlich der Eignung für die Speicherung von Wasserstoff wäre hier erforderlich.

Verkehrsinfrastruktur

Die Verkehrsinfrastruktur ist ein wesentlicher Bestandteil für die Entwicklung der Stadt Cuxhaven und der umliegenden Region. Durch den Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellenautos kann die Mobilität zunehmend dekarbonisiert werden. Zudem stellen die Akteure der Verkehrsinfrastruktur relevante Abnehmer für Wasserstoff dar. Insbesondere der Schwerlastverkehr, der ÖPNV, die Fährverbindungen sowie die noch in Betrieb fahrenden Dieselloks aber auch die Hafeninfrastuktur könnten auf die Brennstoffzellentechnologie umgestellt werden.

Cuxhaven ist überregional sowohl über die A27 an Bremerhaven und Bremen als auch über die B73 an Stade und Hamburg angebunden. Im Stadt- und Umlandlinienverkehr werden von Hamburg bis Stade und Bremerhaven viele Städte angefahren. Seit einigen Jahren werden im ÖPNV die jüngsten Modelle der Bushersteller mit verschiedensten alternativen Antriebsformen (Hybrid, Wasserstoff, Brennstoffzelle, Akkubus) an den unterschiedlichen Standorten getestet. Eine sukzessive Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben sei in den nächsten Jahren bei der KVG Stade GmbH & Co KG vorgesehen. Im bestehenden Schienennetz zwischen Buxtehude,

Bremerhaven und Cuxhaven werden seit Ende 2022 bereits 14 wasserstoffbetriebene Personenzüge eingesetzt. Weitere nicht elektrifizierte Strecken könnten weiteres Potential für den Einsatz bieten. Im Rahmen des Förderprojektes Hyways for Future hat die Agentur für Wirtschaftsförderung Cuxhaven mit rund 18 Partnern Absichtserklärungen zur Anschaffung von 60 Brennstoffzellenfahrzeugen zur Aktivierung der Wasserstoffwertschöpfungskette im Mobilitätssektor abgeschlossen. So werden die Technischen Dienste Cuxhaven in Zukunft ein herkömmliches Müllsammelfahrzeug durch ein Brennstoffzellenfahrzeug ersetzen. Auch die Feuerwehr plant den Umstieg auf Brennstoffzellenfahrzeuge. Im Bereich der Hafenlogistik sind in Cuxhaven derzeit keine Projekte geplant. Allerdings ist die Cuxport GmbH als Tochter der Hamburger Hafen und Logistik AG Teil des geförderten Clean Ports & Logistics-Netzwerkes, in dem die technische Analyse der Umrüstung von Hafenflurförderzeugen vorangetrieben wird.

Hafeninfrastuktur

Häfen sind wichtige Bausteine einer Wasserstoffwirtschaft – sowohl für den potenziellen Import als auch für den Transport und Umschlag des Moleküls von Offshore-Produktionsanlagen von der See ans Land. Der Hafen von Cuxhaven ist einer der größten Mehrzweckhäfen Deutschlands und liegt am südlichen Ufer der Elbflusmündung.

Wichtiger Bestandteil des Hafens und der Logistikkette von Windenergieanlagen ist das Deutsches Offshore-Industrie-Zentrum Cuxhaven (DOIZ). Dieses dient dem Bau und dem Verschiffen aller erforderlicher Komponenten für Offshore-Windkraftanlagen. Als strategisch günstig gelegener Tiefwasserhafen ist er für das Verladen von Offshore-Windenergieanlagen ausgerüstet. In einer zukünftigen Offshore-Wasserstoffwirtschaft könnte Cuxhaven deshalb als Drehscheibe für den Aufbau einer möglichen Offshore-Wasserstoffwertschöpfungskette fungieren. Ein Öl- oder Gasterminal ist bis dato nicht vorhanden oder geplant, welches man perspektivisch umbauen könnte, weshalb ein Import von Wasserstoff derzeit nur über Container möglich wäre.

Derzeit wird der Hafen ausgebaut und soll nach Fertigstellung künftig eine durchgängige Kai-Länge von knapp vier Kilometern und neun Liegeplätze vorweisen. Kürzlich hat das Land Niedersachsen eine erste Fördersumme in Höhe von 100 Millionen Euro für den Hafenausbau zugesagt. Damit erhöht Cuxhaven sein Potential als möglicher Offshore-Wind-Wasserstoff-Standort. Die Stärkung des Standortes und der Ausbau der Infrastruktur vor Ort ist ein Grundbaustein für die Ansiedlung von weiteren Firmen z. B. im Bereich der Komponentenfertigung von Offshore-Wind sowie für die Themen Betrieb und Wartung. Für die Ansiedlung neuer Firmen stehen noch freie Industrieflächen östlich des Hafens zur Verfügung.

Wasserstoffprojekte

Cuxhaven und ihre Akteure sind bereits seit einigen Jahren in verschiedenen Wasserstoffprojekten aktiv. Diese Projekte umfassen die Offshore-Produktion von Wasserstoff, den Einsatz von wasserstoffbasierten Zügen und Bussen sowie Themen der Qualifizierung und Ausbildung. Die wichtigsten Projekte werden hier in Abbildung 6 kurz beschrieben.

2016

2035

Wasserstoffzüge im Personen-Nahverkehr (Coradia iLint)

Einsatz von wasserstoffbetriebenen Zügen auf der Strecke zwischen Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde und Buxtehude und Errichtung einer Wasserstofftankstelle zur Versorgung der Züge in Bremervörde

2016 – 2022

OffsH2ore

Konzeptstudie für die Offshore-Wasserstoffherzeugung mittels Offshore-Windenergie als Insellösung

2020 – 2022

Wasserstoff-Mobilität durch Bioabfall-Vergärung (WaMoBa)

Einsammlung von Bioabfällen durch Brennstoffzellenfahrzeuge und Biogaserzeugung sowie Reformierung des Biogases zu Wasserstoff und Versorgung von Sammel- und Logistikfahrzeugen durch eine H₂-Tankstelle

2020 – 2023

Hyways for Future

Aktivierung der Wasserstoff-Wertschöpfungskette im Mobilitätssektor im Nordwesten Deutschlands

2020 – 2024

AquaVentus

10 Gigawatt Erzeugungsleistung für grünen Wasserstoff aus Offshore-Windenergie und Produktion von 1 Million Tonnen grünen Wasserstoff mittels Elektrolyse-Technologie bis zum Jahr 2035 plus Transport an Land

2020 – 2035

H2Skills

Identifizierung der Weiterbildungsbedarfe in der Wasserstoffwirtschaft

2021 – 2023

H2Move

Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur in Cuxhaven:

- Errichtung eines 2 MW-Elektrolyseurs (Ausbau auf 20 MW)
- Umrüstung der Mittelplate-Versorgerflotte auf Wasserstoff-Hybrid-Antrieb
- Errichtung einer Tankstelle zur landseitigen Nutzung

2022 – 2024

Energieinsel

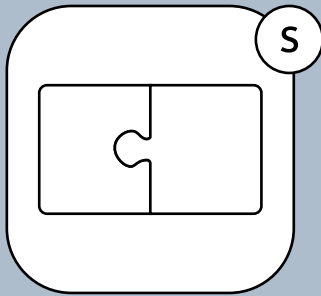
Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Energieinsel in der Elbmündung

Keine Angaben

Abbildung 6: Wasserstoffprojekte in und um Cuxhaven

Cuxhaven: Erste Schritte in Richtung Wasserstoffwirtschaft

Im Anschluss an die detaillierte Standortanalyse und Wasserstoffmarktanalyse der Stadt Cuxhaven sowie der Region wurden die Ergebnisse in einer Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Analyse (englisch: SWOT) zusammengeführt (siehe Abbildung 7). In dieser wurden die Stärken und Schwächen der Stadt Cuxhaven bezogen auf eine regionale Wasserstoffwirtschaft herausgestellt und im Rahmen einer externen Analyse Chancen und Risiken gegenübergestellt.

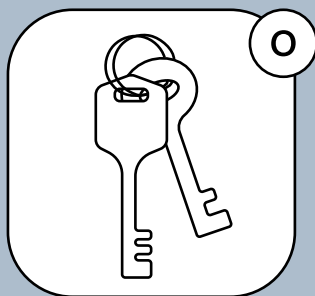
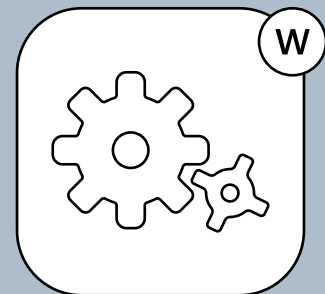


Stärken

- Mit ca. 97 % großer Anteil an vor Ort installierter Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
- gute Verkehrsanbindung von Cuxhaven sowie ausgeprägter ÖPNV und Anbindung ans Schienenverkehrsnetz
- Natürliche Vorkommen von Salz- und Tongesteinsschichten in der Region
- Tiefwasserhafen mit ausgebauter Hafeninfrastuktur sowie ein hafennahes, entwickeltes Industrieareal mit weiteren Freiflächen
- Deutsches Offshore-Industrie Zentrum (DOIZ)
- Stärkung der Wasserstoff-Mobilität und der gesamten Wertschöpfungskette im Nordwesten durch Hyways for future (BMDV-Förderprogramm)
- Errichtung einer landseitigen Wasserstofftankstelle für den Schwerlastverkehr (H2Move-Projekt)
- Viele interessierte und teilweise bereits aktive lokale Akteure im Bereich Wasserstoff

Schwächen

- Keine Anbindung an das Höchstspannungsnetz und keine Anlandung eines Offshore-Seekabels, um an Land Strom in Wasserstoff und Folgeprodukte umzuwandeln
- Keine Anbindung von Cuxhaven an das Wasserstoffnetz („European Backbone“) im aktuellen Netzentwicklungsplan bis 2050 vorgesehen
- Keine Anlandung von per Schiff transportiertem Erdgas über Terminals vorgesehen, die später auf Wasserstoff umgerüstet werden könnten
- Nur ein kleines Wärmenetz in Cuxhaven vorhanden, durch das die Abwärme aus der Wasserstoffproduktion genutzt werden könnte



Chancen

- Nutzung der natürlichen Gesteinsschichten zum Bau von Kavernenspeichern für eine großvolumige Wasserstoffspeicherung
- Umstellung von Bussen und Zügen auf Wasserstoffantrieb
- Ansiedlung von Firmen in der Wertschöpfungskette der Offshore-Wasserstoff-Wirtschaft
- Motivation weitere Marktteilnehmer zur Umstellung ihrer Logistik oder Produktion auf Wasserstoff durch Nachahmungseffekte
- Mittelfristig: Wasserstofferzeugung auf hoher See und Anlandung in Cuxhaven
- Schiffsimporte von grünem Wasserstoff
- Etablierung einer Bunkerstation für grüne Schiffstreibstoffe und somit eines grünen Schiffsverkehrs
- Weiterverarbeitung von Wasserstoff in andere Energieträger wie Ammoniak oder Methanol

Risiken

- Keine Anlandung von Wasserstoff durch Pipelines bzw. durch Importe
- Hochseeschifffahrt favorisiert einen anderen Hafen als Cuxhaven zum Bunkern von alternativen Energieträgern

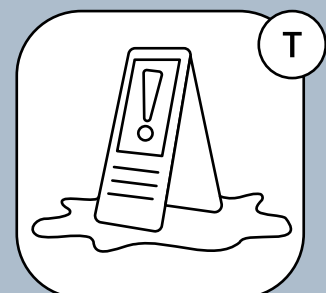


Abbildung 7: SWOT-Analyse

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der SWOT-Analyse wurden fünf Handlungsempfehlungen für die Stadt Cuxhaven und die Region aufgezeigt und erste Maßnahmen für den Umgang mit Wasserstoff formuliert.

1. Politische Rückendeckung in der Region sicherstellen

Am 01. Januar 2023 trat das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz in Kraft. Insbesondere die Offshore-Windenergie soll bis 2030 auf 30 GW und bis 2045 auf mindestens 70 GW ausgebaut werden. Weiterhin fördert der Bund innovative Konzepte zur Kombination von regenerativer Energieerzeugung und lokaler wasserstoffbasierter Stromspeicherung. Vor diesem Hintergrund ist insbesondere der Zubau von Offshore-Windenergie und lokaler Wasserstoffherzeugung eine große Chance für Cuxhaven, da sich hier die Stärken der Region mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien und dem Tiefwasserhafen mit dem Umschlag von Offshore-Wind-Projektfracht entfalten. Auch die niedersächsische Landesregierung bekennt sich zur „Norddeutschen Wasserstoffstrategie“ und stellt zusammen mit dem Bund derzeit 2,3 Milliarden Euro für Wasserstoffprojekte zur Verfügung. Die Weichen für eine zukünftige grüne Wasserstoffwirtschaft sind damit gestellt. Für weitere Schritte ist die Unterstützung der Politik „vor Ort“ ein wichtiger Erfolgsfaktor. Denn Vorhaben und Projekte, bei denen alle beteiligten Akteure an einem Strang ziehen und die gleichen Ziele verfolgen, sind sehr viel einfacher und ressourcenschonender umzusetzen.

Erste Maßnahmen:

- Etablierung eines gemeinsamen Zielbildes mit lokalen Stakeholdern und der Politik
- Bereitstellung von personellen Ressourcen, z. B. in Form eines Standortmanagers für Wasserstoff
- Prüfung der Möglichkeit von politischen Anreizoptionen für Unternehmen in der Region

2. Das Deutsche Offshore-Industrie Zentrum und den Hafen als Grundbaustein weiter festigen und ausbauen

Der Hafen von Cuxhaven und das damit verbundene DOIZ bieten mit der bereits bestehenden Infrastruktur und Unternehmensansiedlung im Bereich der Offshore-Industrie eine optimale Ausgangsbasis: Als einer der größten Mehrzweckhäfen Deutschlands, am südlichen Ufer der Elbflusmündung, verfügt dieser über eine strategisch günstige Lage für den Im- und Export der benötigten Komponenten. Der Tiefwasserhafen verfügt über infrastrukturelle Vorteile eines trimodalen Mehrzweckterminals unter anderem für Container und RoRo Umschlag mit Anschluss an den Schienen- und Straßenverkehr. Weitere Terminals sind für Schüttgut und Stückgut sowie für den Umschlag und die Lagerung von Offshore-Wind-Projektfracht und Schwerlastfracht vorhanden. Cuxhaven verfügt somit über eine gut ausgebaute Hafeninfrastruktur mit Liegeplätzen für Schiffe mit ausgeprägtem Tiefgang. Die angekün-

digte Unterstützung der niedersächsischen Landesregierung über 100 Millionen Euro zum Hafenausbau verdeutlicht die Wichtigkeit des Standortes. Die Erweiterung der Fläche bietet ansässigen Unternehmen Planungssicherheit für zukünftige Projekte und ist ein positives Signal für (industrielle) Neuan-siedlungen. Durch die Ansiedlung weiterer Unternehmen in diesem Bereich, können Synergien gehoben (bspw. kurze Produktionswege) und gemeinsame Ressourcen aufgebaut werden (z. B. gemeinsame Logistikinfrastruktur). Eine Erweiterung der Unternehmensvielfalt hinsichtlich Hersteller von Elektrolyseuren zur Kopplung mit Offshore-Windkraftanlagen für die Produktion von grünem Wasserstoff offshore ist z. B. denkbar. Daher gilt es den Standorte weiter zu stärken und der Ausbau der Infrastruktur als Grundbaustein für die Ansiedlung von weiteren Firmen voranzutreiben.

Erste Maßnahmen:

- Ausbau der Infrastruktur vor Ort – Erschließung und Anbindung der Grundstücke
- Kontaktaufnahme zu Unternehmen vor Ort, um weitere Bedarfe zu identifizieren
- Etablierung eines Runden Tisches zwischen Stromerzeugern, Netzbetreibern und Großabnehmern bzw. perspektivischen Wasserstoffproduzenten
- Fortsetzung der aktiven Ansprache inkl. Werbemaßnahmen von weiteren Zuliefererfirmen im Offshore-Bereich
- Prüfung und Schaffung von politischen Anreizen zur Ansiedlung
- Stärkung der Fachkräfteausbildung vor Ort und Etablierung eines Wissenszentrums gemeinsam mit der Berufsbildenden Schule Cuxhaven, der Fachhochschule Elsfleth, dem Fraunhofer IFAM sowie der IHK

3. Mit der Mobilität die regionale Wasserstoffwirtschaft in Cuxhaven vorantreiben

Entscheidend für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Cuxhaven ist neben dem Angebot von Wasserstoff vor Ort die Sicherstellung der Abnahme. Insbesondere der öffentliche Verkehrs- bzw. Mobilitätssektor kann hier eine erste Planungssicherheit schaffen und gleichzeitig einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen liefern. Dazu zählen die Umstellung des ÖPNV auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge, der Einsatz weiterer Wasserstoffzüge auf nicht-elektrifizierten Streckenabschnitten, sowie die Versorgung erster Fährschiffe mit Druckwasserstoff, um auch wasserseitig die Dekarbonisierung voranzutreiben. Zur landseitigen Versorgung des DOIZ mit Materialien, Teilen und Modulen für die Produktion könnte eine erste Umstellung der Logistik auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge und eine CO₂-neutrale Logistik erfolgen.

Für einen ersten Markthochlauf sorgt der Bau eines 2 MW-Elektrolyseurs mit angeschlossener Tankstelle für den Schwerlastverkehr. Durch den Bau der benötigten Wasserstoffinfrastruktur besteht der Anreiz, weitere Teile des Mobilitätssektors umzustellen. Bei guter Marktlage ist mittelfristig eine Skalierung auf 20 MW-Wasserstoffherzeugungsleistung angedacht. Gleichzeitig wird mit der Umrüstung der Mittelplate-Versorgerflotte auf Wasserstoff-Hybrid-Antrieb ein weiteres Pilotprojekt im maritimen Sektor geschaffen, das als Vorbild weitere Marktteilnehmer zur Umrüstung ihrer Schiffsflotte motivieren könnte.

Erste Maßnahmen

- Durchführung einer Wasserstoffbedarfsanalyse bzw. -Prognose im Bereich der Mobilität, sowohl land- als auch wasserseitig
 - Status quo-Analyse: Analyse der jeweiligen Flottengröße sowie Fahrtstrecken, um daraus in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Flotte (Fahrzeug-/Schiffstypen) und der Strecke die Verbräuche und Laufleistung zu berechnen
 - Fahrzeug/Schiffslebens- und -austauschzyklen: Festlegung mit Stakeholdern, ab wann und welcher Anteil neu anzuschaffender Fahrzeuge/Schiffe durch wasserstoffbetriebene Fahrzeuge/Schiffe erfolgen soll, Prüfung von Umrüstmöglichkeiten im Schiffsverkehr
 - Wasserstoffbedarfs-/Mengenrüst: Berechnung des Mengengerüsts in Abhängigkeit des Hochlaufs der wasserstoffbetriebenen Fahrzeuge/Schiffe
- Ausbau der Wasserstofferzeugungsleistung
- Erweiterung Tankstelleninfrastruktur und Umstellung der Flotten auf wasserstoffbetriebene Fährverbindungen

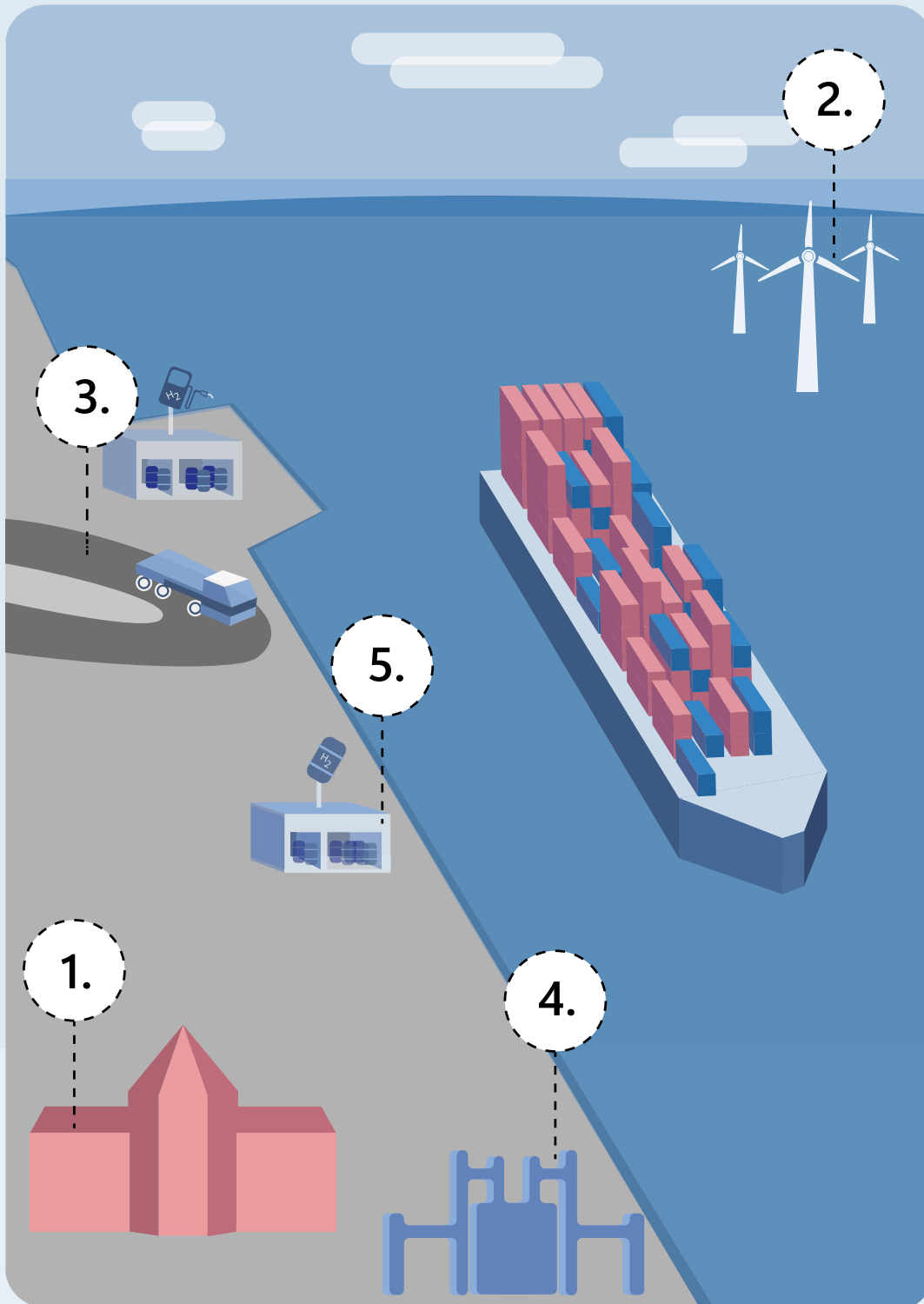


Abbildung 8: Visualisierung der Maßnahmen 1-5

4. Ansiedlung von Industrie, die Wasserstoff weiterverarbeitet, und Bereitstellung von wasserstoffbasierten Syntheseprodukten – insbesondere als maritimer Kraftstoff

Die Synthetisierung von Ammoniak und Methanol bietet die Möglichkeit, Wasserstoff weiter zu verarbeiten und die Anwendungsoptionen zu vergrößern. Insbesondere für alternative Schiffsantriebe könnten Kraftstoffe in Form von Ammoniak und Methanol anstelle des in derzeitigen Antriebssystemen oft genutzten Schweröls zur Verfügung gestellt werden. Auch die Weiterverarbeitung zu eben genannten Syntheseprodukten und der maritime Weitertransport sind denkbar.

Der Standort Cuxhaven verfügt diesbezüglich wasserseitig über den Vorteil der Nähe zur deutschen Bucht, der Schifffahrtslinien des Nord-Ostseekanals (NOK) und des Elbfahrtwassers. Das bedeutet sämtliche Schiffe, die von oder in Richtung NOK oder Hamburg manövrieren, passieren Cuxhaven. Die günstige Lage des Hafens weist Vorteile im Hinblick auf kurze Revierfahrten für eine Wasserstoff-, Methanol- oder Ammoniakaufnahme von Schiffen an einer Bunkerstation auf. Durch den ausgeprägten Tiefgang ist eine

Nutzung des Hafens zur Betankung jeglicher Schiffsklasse möglich. Das freie Bauland direkt in Hafennähe und der hohe Anteil an erneuerbaren Energien könnte für den zeitlich vorgelegerten Aufbau einer Vor-Ort-Wasserstoffproduktion genutzt werden, mit der Möglichkeit die Synthese, Speicherung und Betankung ebenfalls dort verortet vornehmen zu können. Bei einer späteren wasserseitigen Anlandung von Wasserstoff per Schiff oder Pipeline könnten die vorhandenen Synthesekapazitäten weiter ausgebaut werden.

Weiterhin könnte die Abwärme, die bei der Wasserstoffproduktion entsteht, für eine Nahwärmeversorgung von Quartieren genutzt werden. Inwieweit man die Abwärme der nachgelagerten exothermen Ammoniaksynthese nutzen kann, sollte überprüft werden. Aktuell gibt es in Cuxhaven nur ein kleines Nahwärmenetz. Das im Aufbau befindliche Holzheizkraftwerks könnte hier den ersten Grundstein legen, ein Nahwärmenetz auszubauen.

Erste Maßnahmen:

- Identifikation und Analyse der Stakeholder im Bereich Methanol und Ammoniak (sowohl Hersteller als auch Abnehmer)
- Kontaktaufnahme zu diesen Akteuren und Diskussion der Vision einer Wasserstoff- und wasserstoffweiterverarbeitenden Industrie in Cuxhaven
- Herausstellung erster Bedarfe der Akteure
- Genehmigungsrechtliche Untersuchung der Freiflächen für den Aufbau einer Ammoniak- bzw. Methanol-Produktion

5. Aufbau großer Speicher für Wasserstoff bzw. Bau einer Bunkerstation für Wasserstoff und dessen Syntheseprodukte

Der Gasnetzentwicklungsplan sieht bis 2050 keinen landseitigen Pipelineanschluss von Cuxhaven an das deutsche bzw. europäische Wasserstoffnetz (European Hydrogen Backbone) vor. Cuxhaven weist allerdings eine günstige Lage mit Nähe zu der geplanten Offshore-Wasserstoff-Leitung AquaDuctus in der deutschen Bucht auf und hat das Potenzial für einen möglichen Anschluss an diese z. B. über eine Stichleitung. Auch ein Anschluss an die geplante „Energieinsel“ wäre denkbar.

Um die Wasserstoffmengen dann im großen Maßstab bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen bzw. ggf. weiterzuverarbeiten und im Anschluss zur Verfügung zu stellen, besteht der Bedarf

an Speichern. Insbesondere für große Speichervolumina bietet sich die Nutzung von Kavernen an. Cuxhaven und das Umland weisen mehrere, unterirdisch verlaufende Salz- und Tongesteinsschichten auf, die nach Aussolung großvolumige Speicher ergeben könnten.

Wie bereits beschrieben liegt großes Potential in der maritimen Verwendung von Wasserstoff und landseitigen Mobilitätsanwendungen. Insbesondere die Betankung von Schiffen z. B. für den Offshore-Betrieb und für kleinere Schiffe wie z. B. CTVs (engl. Crew Transfer Vessel) kann ein deutlicher Wachstumsmarkt werden.

Erste Maßnahmen

- Geologische Begutachtung der Salz- und Tonsteinschichten als perspektivische Kavernenspeicher für Wasserstoff
- Kontaktaufnahme zu den Stakeholdern der Offshore-Wasserstoffpipeline für die Berücksichtigung einer Stichleitung
- Planung einer Bunkerstation, wobei die Art und Weise der Bebungung vom Energieträger abhängig ist, der als Kraftstoff in zukünftigen Schiffsantrieben verwendet wird (z. B. GH₂, LH₂, Ammoniak, LOHC oder Methanol). Für die Umsetzung von Wasserstoff bzw. Derivatbetankungen auf Schiffen gibt es mehrere Optionen:

- Ship-to-Ship: Eine gängige Option der Betankung ist die wasserseitige Treibstoffübergabe von einer Bunkerbarge zum Empfängerschiff. Hierbei wird die Bunkerbarge am Empfängerschiff längsseitig vertäut, um die Wasserstoffübergabe zu realisieren.

- Truck-to-Ship: Eine landseitige Betankungsoption, ist die trailerbasierte Betankung. Treibstoffbeladende Trailer werden an der Kaikante positioniert und mittels Bunkerschläuchen mit dem Schiff verbunden.

- Ebenfalls örtlich flexibel gestaltet sich die Wasserstoffübergabe bei austauschbaren Tankcontainern. Hierbei werden leere mobile Tankcontainer von den Schiffen gelöscht und durch volle ersetzt.

- Port-to-Ship: Bei einer fest installierte Wasserstoff-Bunkerstation werden Schiffe an einem speziellen Liegeplatz bebunkert.

Impressum

Agentur für Wirtschaftsförderung Cuxhaven
Kapitän-Alexander-Straße 1
27472 Cuxhaven

Telefon: +49 (0) 4721 / 599-60
Fax: +49 (0) 4721 / 599-629
E-Mail: info@afw-cuxhaven.de

Erscheinungsjahr: 01/2023
Redaktion: **cruh21** GmbH
Gestaltung: Aïcha Hübscher, **cruh21** GmbH

Verfasserin Masterplan Wasserstoff Stadt Cuxhaven
cruh21 GmbH
Erste Brunnenstraße 1
22459 Hamburg

Dr. Stefan Wahlefeld, Senior Consultant
Tel.: +49 40 3346553-63
wahlefeld@cruh21.com

Dr. Christine Partmann, Meryem Maghrebi, Hanna Naoumis, Sven Stephan

Scan mich!



Hier geht es zum ausführlichen
Masterplan Wasserstoff Cuxhaven