

Wasserstoffstrategie für Österreich



Wasserstoffstrategie für Österreich

Wien, 2022

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
bmk.gv.at

Fotonachweis: stock.adobe.com - Markus Gann/Montage (Cover), stock.adobe.com - Thomas (S. 4), stock.adobe.com - Robert Kneschke/Montage (S. 11), stock.adobe.com - Stefan_E (S. 20), stock.adobe.com - malp (S. 41)

Layout: COPE Content Performance Group
Wien, 2022

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an hydrogen@bmk.gv.at.

Inhalt

1 Wasserstoff – Ein wichtiger Baustein der Energiewende	4
1.1 Der Schlüssel zur Klimaneutralität	5
1.2 Europäische und internationale Rahmenbedingungen	8
1.3 Auftrag und Strategieprozess	10
2 Leitbild und Ziele	11
2.1 Leitbild	12
2.2 Strategisches Konzept für Wasserstoff in Österreich	13
2.3 Zielsetzungen	17
3 Der Beitrag von Wasserstoff zu einem klimaneutralen Österreich	20
3.1 Bedarf an klimaneutralen Gasen in Österreich 2040	21
3.2 Wasserstoff in der Industrie	23
3.3 Wasserstoff in der Mobilität	27
3.4 Mit Wasserstoff zur Sektorkopplung	30
3.5 Infrastruktur für Wasserstoff in einem klimaneutralen Energiesystem	31
3.6 Marktentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit von klimaneutralen Gasen	34
3.7 Einbettung in den globalen Markt	35
3.8 Forschung, Technologieentwicklung und Innovation	36
3.9 Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft	39
3.10 Ökonomische Effekte in Österreich	39
4 Umsetzung der Wasserstoffstrategie	41
4.1 Aktionsfelder	42
4.2 Governance und Monitoring zur Umsetzung der Strategie	49



1

Wasserstoff – Ein wichtiger Baustein der Energiewende

Der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen für unsere moderne Gesellschaft dar, und nur ein rasches und zielstrebiges Handeln kann die folgenschweren Auswirkungen der Klimakrise rechtzeitig abwenden. Aus diesem Grund hat sich die österreichische Bundesregierung das Ziel gesetzt, in Österreich bis 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Eine Energiewende mit einer deutlichen Reduktion des Energieverbrauchs und einer nachhaltigen, auf erneuerbaren Energieträgern basierenden Versorgung spielt dabei quer über alle Sektoren eine zentrale Rolle – von der Strom- und Wärmeversorgung, bis hin zur Industrie und Mobilität. Klimaneutraler Wasserstoff ist für diese große Herausforderung ein wichtiger Wegbereiter, welcher durch verschiedene Technologien und Einsatzmöglichkeiten die Klimaneutralität in schwer zu dekarbonisierenden Sektoren sicherstellen und den Weg zu einem erneuerbaren Energiesystem maßgebend unterstützen kann.

Erneuerbarer Wasserstoff

Wasserstoff, der ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt wird. Dieser wird in Herstellungsverfahren auf Basis von erneuerbarem Strom oder Biomasse nachhaltigen Ursprungs produziert.

Klimaneutraler Wasserstoff

Dieser umfasst neben erneuerbarem Wasserstoff auch Wasserstoff, der, sobald die Technologiereife gegeben ist, aus Erdgas mittels vollständiger CO₂-Abscheidung („blauer Wasserstoff“) oder mittels Pyrolyse („türkiser Wasserstoff“) erzeugt wird. Um ein nutzbarer Baustein am Weg zur Klimaneutralität zu sein und um seine Wertigkeit für die Nutzung in klimaneutralen Prozessen, beispielsweise in der Industrie, nicht zu verlieren, ist im Fall von Wasserstoff aus Erdgas sicherzustellen, dass die CO₂-Abscheidung ohne Freisetzung von Treibhausgasen erfolgt und sämtliche CO₂-Emissionen entlang der Förder-, Transport- und Verarbeitungsketten ausgeschlossen sind. Festzuhalten ist, dass „pinker Wasserstoff“ aus Nuklearenergie und „blauer Wasserstoff“ bei dem die CO₂-Abscheidung mittels Nuklearenergie erfolgt, nicht nachhaltig sind und daher nicht in diese Kategorie fallen.

1.1 Der Schlüssel zur Klimaneutralität

Als Grundstein für den Aufbau einer innovativen und fokussierten Wasserstoffwirtschaft soll die vorliegende Strategie einen wichtigen Eckpfeiler für die Erreichung der Klimaneutralität in Österreich darstellen und damit einen wesentlichen Beitrag zur Erfüllung

der europäischen Energie- und Klimaziele sowie des Pariser Klimaschutzübereinkommens leisten. Darüber hinaus trägt die Strategie zur Umsetzung der von den Vereinten Nationen vereinbarten Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals), insbesondere des Ziels 7 „Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern“ sowie des Ziels 13 „Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen“, bei.

Klimaneutraler Wasserstoff ist ein hochwertiger Energieträger, der einerseits ein breites technisches Anwendungspotential bietet, andererseits jedoch begrenzt verfügbar ist. Um einen volkswirtschaftlich sinnvollen und energetisch effizienten Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff zu gewährleisten, soll dieser fokussiert erfolgen. Der Beitrag von klimaneutralem Wasserstoff soll primär in jenen Sektoren priorisiert werden, die besonders schwer zu dekarbonisieren sind und keine alternativen Dekarbonisierungspfade – beispielsweise durch Elektrifizierung – zulassen. Das sind vor allem stoffliche und energetische Anwendungen in der energieintensiven Industrie sowie in speziellen, schwer elektrifizierbaren Bereichen in der Mobilität.

Bereits jetzt kommt Wasserstoff als ein unverzichtbarer chemischer Ausgangsstoff in der Industrie zum Einsatz, jedoch wird dieser aktuell nahezu ausschließlich aus fossilen Quellen gewonnen. Die Umstellung dieses fossil produzierten Wasserstoffs auf erneuerbar erzeugten kann große Dekarbonisierungspotentiale heben. In anderen energie- und emissionsintensiven Industriesektoren - wie beispielsweise der Stahlproduktion - können prozessbedingte Treibhausgasemissionen durch einen Umstieg auf wasserstoffbasierte Herstellungsprozesse wesentlich reduziert werden. Der Einsatz von Wasserstoff in Anwendungen, für die effizientere und effektivere und damit oft auch günstigere Dekarbonisierungsmöglichkeiten bestehen, wird nicht verfolgt.

In einem erneuerbaren Energiesystem kann Wasserstoff durch Power-to-Gas Technologien eine wichtige Rolle als koppelndes Element zwischen dem Strom- und dem in Zukunft fossilfreien Gassektor einnehmen. Power-to-Gas-Technologien ermöglichen es, anhand von erneuerbarem Strom erneuerbaren Wasserstoff herzustellen, der eine langfristige und damit auch saisonale Speicherung der Energie bzw. eine Dekarbonisierung nicht elektrifizierbarer Anwendungen ermöglicht.

Ebenso kann Wasserstoff in Zukunft für Österreich eine wichtige, nachhaltige Option zur sicheren Energieversorgung darstellen. Er kann dazu beitragen, die Abkehr von fossilem Gas sicherzustellen und damit zu einer Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieimporten.

Mit der vorliegenden Strategie sollen konkrete Aktionsfelder für einen gezielten und effizient im Gesamtsystem eingebetteten Einsatz von Wasserstoff in strategischen Verbrauchssektoren definiert werden. Damit sollen Investitionen in eine erneuerbare Wasserstoffproduktion angetrieben und gleichzeitig zukunftsfähige Geschäftsmodelle für eine systemdienliche Einbettung von Wasserstoff gefördert werden. Um die Energiewende umzusetzen und Klimaneutralität 2040 zu erreichen, muss der Einsatz von Wasserstoff im Kontext einer gesamtheitlichen Energiepolitik gesehen werden - gemeinsam mit Maßnahmen zur Flexibilisierung des Energiesystems, einer fortschreiten-

den Digitalisierung und dem Ausbau erneuerbarer Energien sowie der Steigerung der Energieeffizienz. Kosteneffiziente Lösungen sind dabei von zentraler Bedeutung, um die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Energiewende gering zu halten.

Vorkommen & Produktion

Als eines der häufigsten Elemente der Erde kommt Wasserstoff (H₂) in seiner elementaren Form fast ausschließlich als Spurenelement in der Erdatmosphäre vor – chemisch gebunden hingegen ist Wasserstoff in unzähligen organischen und anorganischen Verbindungen allgegenwärtig. Wasserstoff kann daher in verschiedenen Verfahren auf Basis von reinem Wasser bis hin zu biogenen oder fossilen Rohstoffen hergestellt werden. Gegenwärtig ist die mit Abstand häufigste Methode der Wasserstoffsynthese die Methan-Dampf-reformierung, bei der Erdgas unter Ausstoß von CO₂ zu Wasserstoff verarbeitet wird. Demgegenüber steht die Elektrolyse, bei welcher unter Einwirkung von Strom Wasser in seine Bestandteile H₂ und O₂ gespalten wird und damit gasförmige Energieträger mit Hilfe von Strom produziert werden können. Dieser Vorgang wird als Power-to-Gas (PtG) bezeichnet und bildet die Basis für die Sektorkopplung, die Verknüpfung der Strom- und Gassysteme. Die Weiterführung dieses Konzepts stellen Power-to-X (PtX)-Verfahren dar, welche verschiedene Energieumwandlungsprozesse von Strom zu gasförmigen und flüssigen Energieträgern oder auch zu Wärme umfassen.

Anwendung

Als reaktives, brennbares Gas ist Wasserstoff ein vielseitiger Energieträger, der, beispielsweise in einer Brennstoffzelle eingesetzt, Strom produzieren oder in Verbrennungsprozessen hohe Temperaturen generieren kann. Als chemischer Ausgangsstoff ist molekularer Wasserstoff in der Industrie – sowohl im chemischen und petrochemischen Sektor als auch als Reduktionsmittel im Stahlbereich – zudem ein unerlässliches und weit verbreitetes Zwischenprodukt.

Energiedichte

Wasserstoff weist einerseits eine ausgeprägt hohe gewichtsspezifische Energiedichte auf, andererseits ist die Massendichte von Wasserstoff unter atmosphärischen Bedingungen äußerst gering, wodurch ohne Kompression unter hohen Drücken oder Verflüssigung (bei -253° C) eine sehr geringe volumetrische Energiedichte vorliegt.

120 MJ/kg 0,01 MJ/l (1 atm, 25°C)

Sicherheit

Wasserstoff ist unter atmosphärischen Bedingungen ein farb- und geruchloses, nicht-toxisches brennbares Gas mit einer extrem hohen Verflüchtigungsgeschwindigkeit von ca. 20 m/s, wodurch die Entzündungsgefahr bei einem Gasaustritt rasch sinkt. Ein entscheidender Vorteil von Wasserstoff ist, dass dieser kein Treibhausgas darstellt, und auch sein Reaktionsprodukt (Wasserdampf) nicht zum anthropogenen Treibhauseffekt beiträgt.

1.2 Europäische und internationale Rahmenbedingungen

Wasserstoff spielt auch auf europäischer Ebene als Wegbereiter für die Dekarbonisierung und für die Erreichung der Energie- und Klimaziele eine wichtige Rolle, insbesondere für das von Staats- und Regierungschefs im Dezember 2020 beschlossene Ziel von mindestens 55 % Treibhausgasreduktion netto bis 2030 und dem Ziel der EU-Klimaneutralität 2050.

Um die Voraussetzungen für einen koordinierten Aufbau einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft zu schaffen, braucht es einen kohärenten europäischen Rahmen. Denn für viele Herausforderungen im Bereich Erzeugung, Infrastruktur und Markt werden zukünftig europäische Lösungen als Grundlage notwendig sein. Dies zeigt auch die „Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa“ der Europäischen Kommission deutlich auf. Aufbauend auf dem „European Green Deal“ und „NextGenerationEU“ legt die Strategie ambitionierte Ziele für die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff fest und schlägt Maßnahmen für Investitionen, Regulierung und Aufbau eines Binnenmarkts vor. So sollen bis 2030 10 Mio. Tonnen erneuerbarer Wasserstoff produziert werden bzw. 40 GW Elektrolysekapazität zur Verfügung stehen. Damit stellt die Europäische Wasserstoffstrategie die Basis für weitere Arbeiten dar, vor allem im Rahmen des Legislativpakets „Fit for 55“¹ und der Überarbeitung der geltenden EU-Regeln für den Gasmarkt. Ebenso haben die europäischen Energieminister:innen im Dezember 2020 in ihren Schlussfolgerungen zu einem europäischen Wasserstoffmarkt die wichtige Rolle von erneuerbarem Wasserstoff für die Dekarbonisierungsanstrengungen der EU deutlich gemacht. Der Rat gibt darin politische Handlungsempfehlungen für den nachhaltigen und zielgerichteten Aufbau einer europäischen Wasserstoffwirtschaft. Die europäischen Zielvorgaben für erneuerbaren Wasserstoff wurden im Rahmen der REPowerEU Mitteilung der Europäischen Kommission im März 2022 noch verstärkt, vor allem um die Abhängigkeit der EU von Erdgas aus Russland zu verringern. Bis 2030 sollen zusätzlich zu den Zielmengen der Europäischen Wasserstoffstrategie weitere 15 Mio. Tonnen erneuerbarer Wasserstoff in der EU eingesetzt werden, davon 5 Mio. Tonnen in Europa produziert und 10 Mio. Tonnen aus Drittstaaten importiert.

Auf europäischer Ebene hat Österreich bereits während seiner Ratspräsidentschaft im Rahmen des informellen Treffens der Energieminister:innen im September 2018 das Thema Wasserstoff in den Fokus gestellt und dazu eine politische Deklaration vorbereitet. Die „Hydrogen Initiative“ verfolgt das Ziel, EU-weit Rahmenbedingungen und Maßnahmen zur Unterstützung von nachhaltigem Wasserstoff zu forcieren und wurde von allen 27 EU-Mitgliedstaaten, der Europäischen Kommission, den EFTA-Staaten Schweiz und Island sowie rund 100 Unternehmen, Organisationen und Institutionen unterstützt.

Ebenso hat Österreich – gemeinsam mit den Niederlanden – seit Anfang 2019 den Vorsitz der „Wasserstoff Arbeitsgruppe“ im Rahmen des Pentilateralen Energieforums

1 Ziel ist es, den heute zu fast 100 % fossilen Wasserstoffbedarf in der Industrie bis 2030 zu 50 % aus grünem Wasserstoff zu decken

inne. Dahingehend erarbeiteten die Energieminister:innen aus Österreich, den Niederlanden, Deutschland, Frankreich, Belgien, Luxemburg und der Schweiz im Mai 2020 eine gemeinsame Wasserstoffdeklaration. Diese zielt neben einer verstärkten Zusammenarbeit im Bereich Wasserstoff vor allem auf die Gestaltung geeigneter europäischer Rahmenbedingungen für Wasserstoff ab. Aufbauend auf die Deklaration beschlossen die Energieminister:innen im Juli 2021 eine gemeinsame Vision und Positionierung zur Entwicklung eines flexiblen, zeitnahen Regulierungsrahmens für Wasserstoff, in Hinsicht auf die Überarbeitung der geltenden EU-Regeln für den Gasmarkt.

Im Rahmen des Aufbaus einer EU-weiten Wasserstoffwertschöpfungskette nimmt Österreich an den ersten *Important Projects of Common European Interest (IPCEI)* für die Wertschöpfungskette Wasserstoff mit einem Budget von 125 Millionen Euro bis 2026 teil. Zusätzlich engagiert sich Österreich in der Ausarbeitung von europäischen Wasserstoffgroßprojekten in der dafür von der Europäischen Kommission geschaffenen „European Clean Hydrogen Alliance“ und ist im „Clean Hydrogen Partnership“, einer institutionalisierten Partnerschaft des Forschungsrahmenprogramms Horizon Europe, vertreten.

Auch im internationalen Kontext ist Österreich aktiv um Wasserstoffbelange bemüht: So ist Österreich Mitglied des von Japan initiierten Hydrogen Energy Ministerial sowie Mitglied in der „Hydrogen Initiative“ des Clean Energy Ministerial und setzt sich im Rahmen des IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy) für Regulierungen, Standards, Sicherheitsrichtlinien und Informationsaustausch ein. Des Weiteren werden im Rahmen der Forschungsk Kooperation der Internationalen Energieagentur (IEA) im „Hydrogen Technology Collaboration Programme“ (Hydrogen TCP) gemeinsame Aktivitäten im Bereich Analysen, angewandte Forschung und Ergebnisverbreitung unter Teilnahme Österreichs koordiniert.

Zusätzlich trat Österreich 2018 der Mission Innovation bei und unterstützt Wasserstoff in Forschungsbelangen im Rahmen der Innovations-Challenge „Renewable and Clean Hydrogen“. Durch diese Initiative soll die Beseitigung von technologischen Hürden und die Entwicklung eines globalen Wasserstoffmarktes beschleunigt werden. Zudem engagiert sich Österreich auf UN-Ebene für erneuerbaren Wasserstoff in der UNECE Hydrogen-Task-Force sowie der Expertengruppe für erneuerbare Gase. Auch innerhalb der IRENA ist Österreich im Rahmen des „Collaborative Framework on Green Hydrogen“ aktiv.

1.3 Auftrag und Strategieprozess

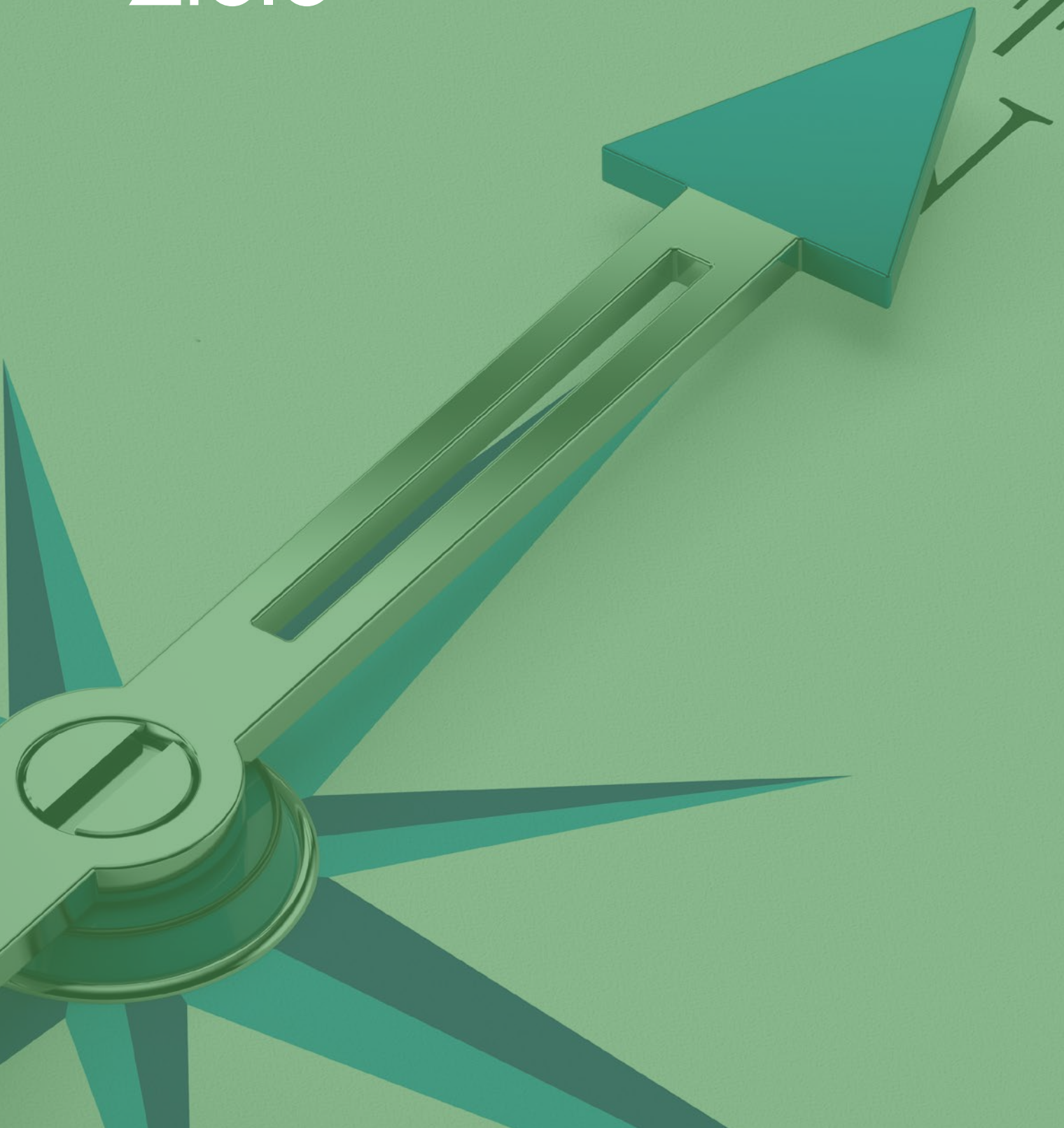
Die Entwicklung der vorliegenden Wasserstoffstrategie für Österreich wurde im Regierungsprogramm 2020-2024 verankert. Die Erarbeitung der strategischen Grundlagen erfolgte in vier Arbeitsgruppen, bestehend aus Vertreter:innen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden, NGOs, Ministerien und Bundesländern. Die Gesamtsteuerung des Prozesses wurde durch eine Steuerungsgruppe der betroffenen Ressorts unter Leitung des zuständigen Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie durchgeführt. Die Arbeitsgruppen behandelten dabei die folgenden wesentlichen Themenbereiche unter dem Vorsitz von ausgewählten Unternehmen:

- Arbeitsgruppe 1: Erzeugung, Infrastruktur und Speicher / Vorsitz: RAG und Verbund
- Arbeitsgruppe 2: Greening the Gas (Wasserstoff und Biomethan) /Vorsitz: Siemens
- Arbeitsgruppe 3: Wasserstoff in industriellen Prozessen / Vorsitz: voestalpine
- Arbeitsgruppe 4: Brennstoffzellen und Wasserstoffnutzung im Endverbrauch – Teilbereich Mobilität und Gebäude / Vorsitz: OMV und Fronius International

Regelmäßige Sitzungen mit den Arbeitsgruppen-Vorsitzenden wurden dabei zur inhaltlichen Abstimmung des Strategieprozesses durchgeführt. Zudem wurde ein Visionsworkshop abgehalten, um auf Basis der Potenzialabschätzungen in den Arbeitsgruppen ein gemeinsames Gesamtbild hinsichtlich der Ziele und nationalen Wasserstoffproduktion bis 2030 und darüber hinaus zu schaffen.

2

Leitbild und Ziele



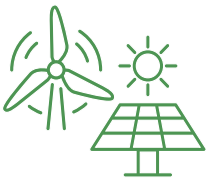
2.1 Leitbild

Als wichtiger Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität 2040 trägt eine fokussierte Wasserstoffwirtschaft dazu bei, die Gasversorgung und energieintensive Sektoren vollständig zu dekarbonisieren. Sie orientiert sich dabei an den folgenden Prinzipien:



Ziel: Klimaneutralität 2040

Der Einsatz von Wasserstoff schließt wichtige Dekarbonisierungslücken und leistet damit einen Beitrag zur Erreichung des Ziels Klimaneutralität 2040.



Klimaneutraler Wasserstoff

Die Kompatibilität mit dem Ziel der Klimaneutralität ist nur durch klimaneutralen Wasserstoff gewährleistet. Um die systemischen Vorteile der Sektorkopplung Strom-Gas bestmöglich auszuschöpfen, wird ein strategischer Fokus auf die erneuerbare Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse gelegt. Weitere Verfahren müssen durch F&E mittelfristig auf den notwendigen Technologiereifegrad gehoben werden.



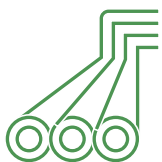
Fokussierung auf prioritäre Verbrauchssektoren

Es wird ein strategisch fokussierter Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff als hochwertiger Energieträger oder Grundstoff in der Industrie zur Prozessdekarbonisierung sowie in speziellen Mobilitätsanwendungen verfolgt. Wasserstoff kommt dort zum Einsatz, wo effiziente Alternativen zur Dekarbonisierung, wie beispielsweise die Elektrifizierung, an technische und wirtschaftliche Grenzen stoßen sowie in Prozessen mit einem aktuellen oder zukünftigen stofflichen Bedarf an Wasserstoff.



Effizienz und Kosteneffektivität

Energieeffizienz und Kosteneffektivität werden als wesentliche Leitlinien der Transformation des Energiesystems stets berücksichtigt. Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft geschieht komplementär und unterstützt den Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsystem.



Wasserstoffinfrastruktur

Ein kosteneffizienter Einsatz von Wasserstoff bedarf einer gezielten, anwendungsbezogenen Verbindung der Wasserstoffproduktion mit dem Verbraucher. Die Wasserstoffinfrastruktur gewährleistet primär eine Versorgung der strategisch prioritären Anwendungssektoren mit reinem Wasserstoff. Dazu wird der dafür notwendige Teil der Gasinfrastruktur schrittweise in eine Wasserstoffinfrastruktur umgestaltet.

2.2 Strategisches Konzept für Wasserstoff in Österreich

Das Konzept der vorliegenden Strategie basiert einerseits auf der Produktion von erneuerbarem Wasserstoff und andererseits auf einer gezielten Anwendung in ausgewählten, schwer zu dekarbonisierenden Sektoren.

Wasserstoffaufbringung

Die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff soll primär durch die Elektrolyse von Wasser anhand von erneuerbarem Strom erfolgen, wobei der Betrieb der Elektrolyseanlagen, wenn möglich, durch eine angebotsorientierte Steuerung einen netzdienlichen Beitrag leisten soll. Die emissionsfreie Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse ermöglicht dabei, Berechnungen des Umweltbundesamts zufolge, bis zum Jahr 2030 Treibhausgas-einsparungen von rund 1 Million Tonnen CO₂ pro 1 GW installierter Elektrolysekapazität in Österreich.²

Einen weiteren Produktionsansatz für erneuerbaren Wasserstoff aber auch anderen erneuerbare Gase stellen Verfahren auf Basis biogener Rohstoffe dar. Neben den etablierten Vergärungsverfahren zur Produktion von Biomethan bieten verschiedene Verfahren zur Gasification von Biomasse ein großes Potential zur Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff oder Biomethan.

Die Methanpyrolyse ist ein weiteres Verfahren zur Herstellung von klimaneutralem Wasserstoff, dessen Entwicklung sich aktuell jedoch noch in einem frühen technologischen Stadium befindet. Unter der Voraussetzung, dass die extern notwendige Energie für den Pyrolyse-Prozess (Prozessenergie) in Form erneuerbarer Energie bereitgestellt wird, und Emissionen in den Prozesslieferketten verhindert werden, kann dieser Prozess treibhausgasneutral sein. Bei Anwendung dieses Verfahrens entsteht – im Gegensatz zur Dampfreformation von Methan – kein CO₂ als Nebenprodukt, sondern fester Kohlenstoff, der als Rohstoff in diversen industriellen Anwendungen eingesetzt werden kann, abhängig von der Menge allerdings auch Abfall werden könnte. Als weitere Bedingung zur CO₂-Neutralität dieses Verfahrens ist auf eine dauerhafte Bindung des anfallenden Kohlenstoffs zu achten. Neben dem derzeit niedrigen Technologiereifegrad von Methanpyrolyseverfahren sind darüber hinaus bei einer Anwendung von Erdgas die politischen und ökonomischen Implikationen von Erdgasimporten zu berücksichtigen. Dies gilt auch für die konventionelle Methan-Dampfreformierung, bei der CO₂ durch Abscheidung und Speicherung bzw. Verwendung (Carbon capture, utilisation and storage, CCUS) nicht in die Atmosphäre gelangt. Flüchtige Methanemissionen entlang der gesamten Lieferkette sowie bei der Förderung müssen ebenso bewältigt werden.

2 Berechnung des österreichischen Umweltbundesamts (2020)

Wasserstoffeinsatz

Als hochwertiger und speicherbarer Energieträger soll Wasserstoff besonders in jenen Bereichen eingesetzt werden, die einen hohen Bedarf an thermischer Energie aufweisen, sowie in Anwendungen, bei denen die Möglichkeiten der Elektrifizierung begrenzt sind. Die nachstehende Grafik stellt die verfolgte Anwendungshierarchie im Sinne der Leitprinzipien dar:

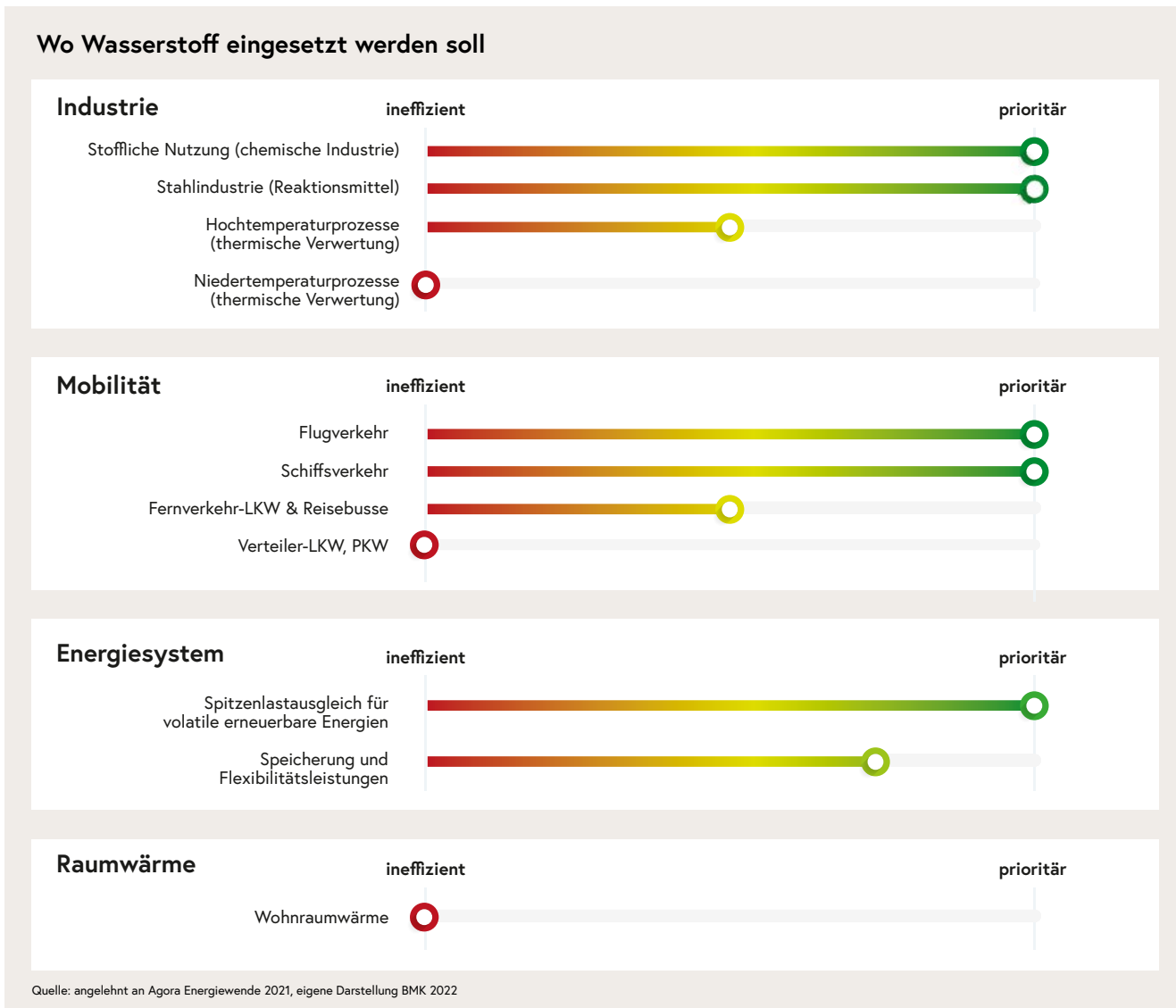


Abbildung 1: Wo Wasserstoff eingesetzt werden soll

Dies sind vorrangig bestimmte Hochtemperaturprozesse in der Industrie sowie Mobilitätsanwendungen, die über die absehbaren wirtschaftlich und technisch erreichbaren Kapazitäten von Batteriesystemen und Möglichkeiten einer direkten Elektrifizierung hinausgehen. Mittelfristig stellt die Weiterverarbeitung von klimaneutralem Wasserstoff (Power-to-X-Verfahren) zu synthetischen flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffen (e-Fuels bzw. synthetisches Methan) einen weiteren Pfad zur Dekarbonisierung energieintensiver, nicht zu elektrifizierender Anwendungen, wie beispielsweise dem Flug- oder Schiffsver-

kehr, dar. Neben der energetischen Nutzung in Brennstoffzellen und der thermischen Verwertung ist die nichtenergetische Nutzung von Wasserstoff, beispielsweise als chemischer Grundstoff oder als Reduktionsmittel, von großer Bedeutung. Durch eine progressive Umstellung von diesen fossilen industriellen Lieferketten und Prozessen auf klimaneutralen Wasserstoff soll die Dekarbonisierung der Industrie nachhaltig vorangetrieben werden.

Für den Einsatz von Wasserstoff werden aus rein technischer Perspektive zahlreiche weitere Anwendungsfelder diskutiert, wie zum Beispiel in der Gebäudekonditionierung und Warmwasserbereitung, jedoch konkurriert Wasserstoff in diesen Bereichen mit weitaus effizienteren, bereits heute kostengünstig verfügbaren und nachhaltigen Technologien, wie zum Beispiel Wärmepumpen. In Regionen, in denen diese Alternativen aufgrund mangelnder Netzinfrastruktur nicht zur Verfügung stehen, könnte erneuerbarer Wasserstoff durch dezentrale Komplettlösungen eingesetzt werden. Diese Lösungen führen Batterie, Elektrolyseur und Brennstoffzelle so zusammen, dass ein selbstversorgendes Energiesystem entsteht (bspw. im Inselbetrieb wie auf Almhütten oder exponierten Lagen). Darüber hinaus können solche Systeme die Versorgungssicherheit und Resilienz bei strategisch kritischer Infrastruktur sichern.

Wasserstofftransport

Entscheidend für einen wirtschaftlichen Einsatz von Wasserstoff ist eine gezielte, dem jeweiligen Anwendungszweck entsprechende Verbindung von Wasserstoffproduzenten und Verbrauchern. Da Wasserstoff vornehmlich in seiner reinen, unvermischten Form effizient genutzt wird, muss dieser prioritär in dieser Form dem Anwender zur Verfügung gestellt werden. Dies soll durch gesonderte Transporte oder durch eine Vor-Ort-Erzeugung von klimaneutralem Wasserstoff sichergestellt werden. Damit spielt die Einspeisung und Beimengung von Wasserstoff in das Gasnetz (Blending) eine untergeordnete Rolle. Diese würde erst durch eine deutlich gesteigerte Wasserstoffproduktion an Bedeutung gewinnen. Eine progressive Anhebung der Wasserstoffverträglichkeit der Gasinfrastruktur stellt im Hinblick auf eine zukünftige gezielte Umwidmung ausgewählter Gasnetze in eine Wasserstoffinfrastruktur eine wichtige Anforderung an das klimaneutrale Energiesystem 2040 dar. Der Bedarf einer dezidierten Wasserstoffinfrastruktur und die zukünftige Rolle der Gasinfrastruktur sollen dabei insbesondere im Kontext der internationalen Wettbewerbsfähigkeit von industriellen Clustern (Versorgungssicherheit und Herstellkosten im europäischen und internationalen Vergleich) rasch erhoben, definiert und in nationalen und EU-weiten Initiativen vorangetrieben werden.

Exkurs: Mobilisierung von erneuerbaren Gasen

Analog zu Wasserstoff soll Biomethan – vor allem in der Industrie – sowohl stofflich als auch energetisch verwertet werden und damit die aktuelle fossile Versorgung dekarbonisieren. Zusätzlich kann die Verstromung von erneuerbarem Gas in hocheffizienten KWK-Anlagen einen wesentlichen Beitrag zur Flexibilität und Stabilität im Stromnetz leisten. Weitere an das Gasnetz angeschlossene Anwender, wie beispielsweise im Gewerbe, werden durch Biomethan ebenfalls CO₂-neutral versorgt. Im Zusammenhang mit Biomethan kann zusätzlich ein erheblicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden, wenn CO₂-Abscheidungstechnologien (Carbon Capture and Utilization) unter der Voraussetzung dauerhaft gebundenen Kohlenstoffs zur Anwendung kommen und dadurch zu negativen Emissionen führen. Im Gegensatz zu Wasserstoff kann gereinigtes Biomethan uneingeschränkt in der bestehenden Gasinfrastruktur transportiert und gespeichert werden, da es sich chemisch nicht von Erdgas unterscheidet.

Um den Anteil erneuerbarer Gase im nationalen Gasnetz rasch zu erhöhen, liegt der Hauptfokus bis 2030 primär auf der Hebung vorhandener Biomethanpotentiale. Dazu sollen bestehende Biogasanlagen, die Biogas zur Stromerzeugung thermisch verwerten, durch Abscheidung von unerwünschten Begleitgasen und -stoffen in Biomethananlagen umgewandelt werden, die über einen Netzzugang reines Biomethan in das Gasnetz einspeisen sollen. Für die Realisierung des bestehenden Biomethanpotentials ist es zudem entscheidend, vorhandene Reststoff- und Abfallmengen zu mobilisieren und nachhaltig zu nutzen. Dadurch können jene Mengen an Biomethan, welche derzeit noch lokal und teilweise mit relativ niedrigem Wirkungsgrad in Biogasanlagen Strom erzeugen, dem gesamten Gasmarkt in Österreich zur Verfügung gestellt werden und einen Beitrag zur Dekarbonisierung der Sektoren mit einem Bedarf an gasförmigen Energieträgern leisten.

Zur vollen Realisierung des bestehenden Potentials an erneuerbaren Gasen ist die Gasification von Biomasse ein zusätzlicher Produktionspfad. Gleiches gilt für die Produktion von synthetischem Gas durch die Methanisierung von Wasserstoff, welches ohne Adaptionen der bestehenden Infrastruktur ins Gasnetz eingespeist werden kann.

Für eine effiziente Integration neuer Biomethananlagen in das Energiesystem sollen detaillierte Analysen der Standortgegebenheiten durchgeführt werden. Dafür werden effiziente und günstige Standorte, unter Berücksichtigung von infrastrukturellen Standortfaktoren (Gasnetz und -speicher, Rohstoffversorgung, lokale Abnehmer:innen etc.), für die vermehrte Produktion und Einspeisung von Biomethan und synthetischen Gasen ermittelt.

Erneuerbares Gas

Erneuerbares Gas bezeichnet erneuerbaren Wasserstoff oder Gas aus biologischer oder thermochemischer Umwandlung, das ausschließlich aus Energie aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt wird, oder synthetisches Gas, das auf Basis von erneuerbarem Wasserstoff hergestellt wird.

2.3 Zielsetzungen

Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff:

Weitestgehende Substitution von fossilem mit klimaneutralem Wasserstoff in der energieintensiven Industrie bis 2030

Um den Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff in der energieintensiven Industrie zu erhöhen, sollen bis 2030 80 % des Verbrauchs von fossil erzeugtem Wasserstoff in der energieintensiven Industrie (energetische und nicht-energetische Nutzung) durch klimaneutralen Wasserstoff ersetzt werden können. Dabei ist die Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit maßgeblicher Investitionen in Produktionsanlagen für erneuerbaren Wasserstoff essentiell. Dahingehend werden neue Instrumente zur Betriebskostenunterstützung, wie etwa CO₂-Differenzverträge (Carbon Contracts for Difference, bzw. „Klimaschutzverträge“), weiterentwickelt und umgesetzt.



Kapazitätsaufbau:

Aufbau von 1 GW Elektrolysekapazität bis 2030

Durch den Aufbau von Elektrolysekapazität soll die erneuerbare Wasserstoffproduktion nachhaltig in Österreich verankert werden. Diese ist im Zusammenhang mit dem Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion und der daraus resultierenden Erfordernisse an das Energiesystem zu betrachten. Unter Annahme eines Betriebs von rund 5.000 Volllaststunden im Jahr kann mit 1 GW Elektrolyseleistung weitgehend der aktuelle industrielle Bedarf an Wasserstoff in Österreich gedeckt werden.



Marktentwicklung:

Schaffung eines Unterstützungsrahmens für die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff

Für die Dekarbonisierung bestehender Wasserstoffanwendungen sowie neuer Anwendungssektoren muss die Wettbewerbsfähigkeit von erneuerbarem Wasserstoff mit Wasserstoff aus fossilen Quellen hergestellt werden. Dazu wurden Investitionsförderungen für Elektrolyseanlagen sowie Begünstigungen bei der Netztarifierung, den Ökostromförderumlagen und bei den Anschlusskosten im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes implementiert. Weiters wird eine Quote für den Absatz erneuerbarer Gase am österreichischen Gasmarkt eingeführt. Das Energiesystem wird darauf ausgerichtet, Versorgungssicherheit und Klimaneutralität international wettbewerbsfähig und rechtssicher zu gewährleisten.



Aufbau eines 100 % erneuerbaren Energiesystems:

Etablierung der Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse als integralen Bestandteil des Energiesystems

Ein systemdienlicher Betrieb von Elektrolyseanlagen zur Bereitstellung von Flexibilitäts- und Speicherleistungen wird durch Anreize gefördert. Dadurch wird die Wasserstoffwirtschaft einen Beitrag zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit im österreichi-



schen Stromnetz leisten. Um das systemische Potential der Wasserstoffwirtschaft zur Unterstützung des Ausbaus von erneuerbarer Energie bestmöglich zu nutzen, werden zielführende Anwendungskonzepte und Geschäftsmodelle ermöglicht und gefördert.

Infrastrukturentwicklung: Technische und regulatorische Adaptierungen für Wasserstoff im Gasnetz und in Endanwendungen



Für den leitungsgelassenen Transport von Wasserstoff soll primär die derzeit für den Erdgastransport verwendete Gasinfrastruktur durch Umwandlung zu Wasserstoffleitungen genutzt werden. Eine Errichtung neuer Wasserstoffleitungen wird dort geprüft, wo es an entsprechender Infrastruktur mangelt und eine Wasserstoffinfrastruktur für die Dekarbonisierung notwendig ist. Dabei ist vor allem die Einbettung in eine gesamteuropäische Infrastrukturentwicklung zu beachten. Eine progressive Anhebung der Wasserstofftoleranzen in der Gasinfrastruktur und in Endanwendungen kann in einem ersten Schritt, wo erforderlich, Sinn machen. Das Potential für die Umwidmung der vorhandenen Gasinfrastruktur wird im Rahmen einer Roadmap für Wasserstoffinfrastruktur sowie im integrierten österreichischen Netzinfrasturkturplan (NIP) beleuchtet. Anhand dieser Maßnahmen werden das Gasnetz, die Speicherinfrastruktur und bestehende industrielle Anlagen in einer klimaneutralen Zukunft möglichst kosteneffizient und optimal eingesetzt.

Internationale Kooperation und Wasserstoffpartnerschaften: Aufbau von internationalen Partnerschaften im Bereich klimaneutralen Wasserstoffs



Die Zusammenarbeit und strategische Kooperation mit potentiellen Handelspartnern für klimaneutralen Wasserstoff und seiner Derivate wird intensiviert. Dabei wird sowohl auf die Kompatibilität mit den internationalen Klimazielen und die Dekarbonisierungsanstrengungen der jeweiligen Partnerländer als auch auf die langfristige, nachhaltige Versorgungssicherheit, sowie auf Importkosten und mögliche kosteneffiziente Transportkorridore geachtet. Ebenso wird der Austausch mit europäischen und internationalen Partnern bezüglich einheitlicher internationaler Standards und gemeinsamer Definitionen gestärkt und der Abbau von Marktbarrieren vorangetrieben. Ferner soll auf EU-Ebene die Möglichkeit transnationaler Wasserstoffnetze sowie die Energieimportdiversifizierung durch einen internationalen Wasserstoffmarkt realisiert werden. Mittelfristiges Ziel ist es, Importe zu Verbrauchszentren in Österreich zu ermöglichen, um die Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit für die heimische Wirtschaft sicherstellen zu können. Diesbezüglich werden auch Exportchancen für österreichische Unternehmen identifiziert und generiert. Damit einhergehend soll auf EU-Ebene der Einsatz von transparenten und sicheren Herkunftszertifikaten etabliert werden.

**Forschung & Entwicklung:
Stärkung des Wirtschafts- und Technologiestandorts Österreich
durch Wasserstofftechnologien**

Eine Intensivierung der Forschungsanstrengungen soll Österreich bei Produktions-, Speicher-, Transport- und Anwendungstechnologien in eine führende Position im Bereich Wasserstoff bringen. Die erheblichen Exportpotentiale dieser Zukunftstechnologien sollen dabei den österreichischen Wirtschaftsstandort nachhaltig stärken. In diesem Zusammenhang können spezielle unerschlossene Technologien und Nischenanwendungen eine besondere Rolle zur Etablierung eines First-Mover-Vorteils am internationalen Markt spielen.





3

Der Beitrag von
Wasserstoff
zu einem
klimaneutralen
Österreich

Aktuell kommt Wasserstoff in zahlreichen industriellen Anwendungen, insbesondere als chemischer Grundstoff, in signifikanten Mengen zum Einsatz. Diese werden derzeit jedoch nahezu ausschließlich in CO₂-intensiven Verfahren aus fossilen Quellen (Erdgas) gewonnen. Mit der fortschreitenden Transformation der Industrie und der Dekarbonisierung der Mobilität werden künftig zahlreiche neue energieintensive Anwendungen für erneuerbaren Wasserstoff einen erheblichen Anstieg des Wasserstoffbedarfs bewirken.

3.1 Bedarf an klimaneutralen Gasen in Österreich 2040

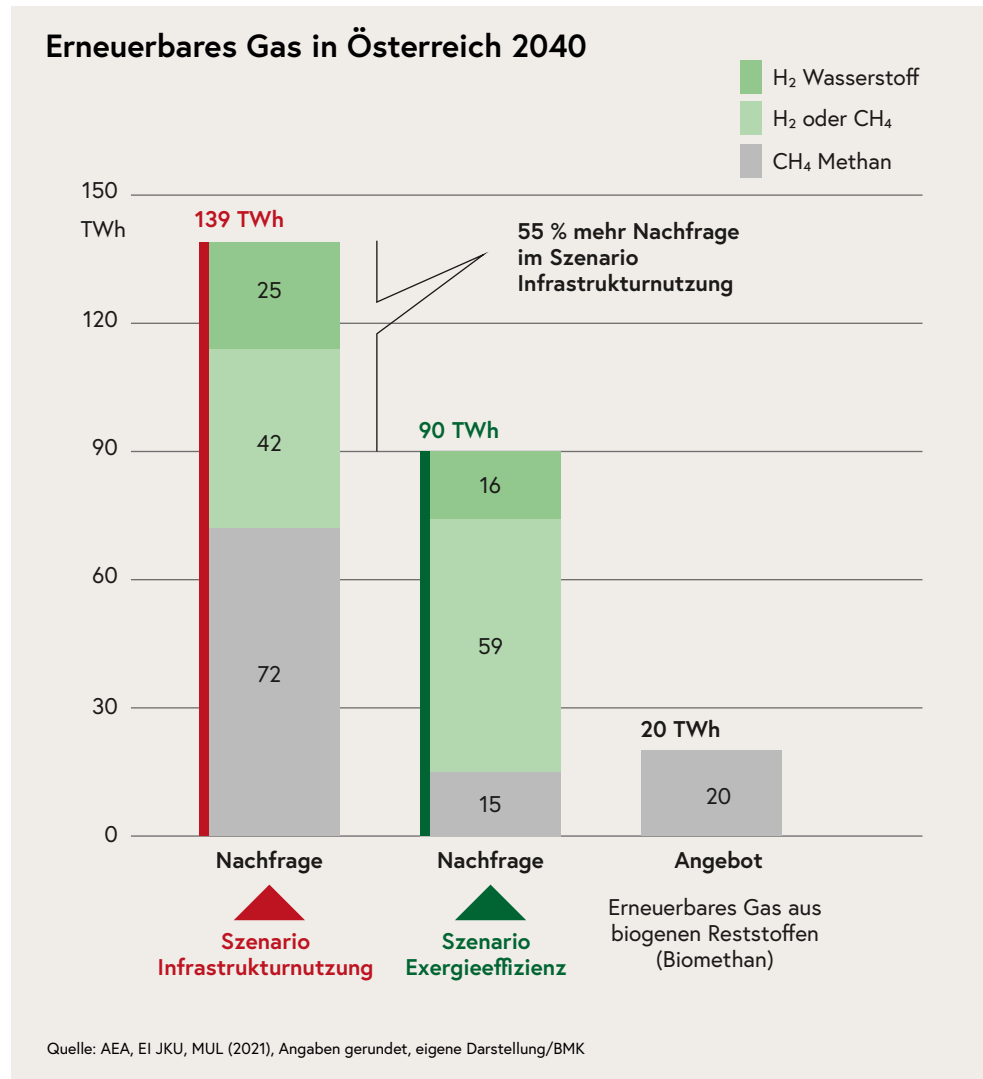
Erneuerbare biogene Gase kommen aktuell in Österreich bereits in größeren Mengen zum Einsatz, hauptsächlich in lokalen Biogasanlagen, welche Biogas, produziert aus nachwachsenden Rohstoffen, Wirtschaftsdünger und organischen Reststoffen, direkt zur Stromerzeugung verwerten. Die Produktion und Einspeisung von Biomethan in Erdgasqualität nimmt aktuell allerdings mit einer Produktionsmenge von rund 12,7 Mio. m³ (124 GWh) (2021) in der Gasversorgung nur eine vernachlässigbare Rolle ein – der aktuelle Inlandgasverbrauch in Österreich beläuft sich auf 100 TWh (2021, E-Control) bzw. rund 8,9 Mrd. m³. Gemäß aktuellen Abschätzungen können bis 2040 jährlich rund 2 Mrd. m³ (20 TWh) erneuerbares Methan aus biogenen Reststoffen national nachhaltig produziert werden.³

Die Nachfrage nach klimaneutralem Wasserstoff und gasförmigen Energieträgern allgemein wird einer Studie der Österreichischen Energieagentur und weiterer wissenschaftlicher Institute⁴ zufolge für gewisse Anwendungen in der Industrie auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen, insbesondere dort, wo der stoffliche Prozessbedarf oder ein sehr hoher Bedarf an hohen Temperaturen einen alternativen Zugang nicht zulässt. Der Bedarf an gasförmigen Energieträgern (Methan und Wasserstoff) in den relevanten Bereichen in Österreich im Jahr 2040 liegt den Berechnungen zufolge zwischen 89 TWh und 138 TWh. Die Bandbreite ergibt sich aus einer Szenarienbetrachtung, welche einerseits unter Annahme von anwendungsspezifischer Effizienzmaximierung und weitgehender Elektrifizierung den unteren Bedarfswert von 89 TWh ergibt (Exergieeffizienz), andererseits unter Annahme einer im Vergleich höheren aber ineffizienteren Nutzung bestehender technologischer Infrastruktur und Prozesse den oberen Bedarfswert von 138 TWh ergibt (Infrastrukturnutzung).

3 AEA, EI JKU, MUL (2021), Erneuerbares Gas in Österreich 2040

4 ebenda

Abbildung 2: Erneuerbares Gas in Österreich 2040



Mit inländischem Biomethan aus Reststoffen (20 TWh) alleine kann der Bedarf an erneuerbarem Gas (89 bis 138 TWh) nicht gedeckt werden, weshalb jedenfalls der Einsatz von wasserstoffbasierten Energieträgern notwendig sein wird. Je nach Szenario und industriellen Prozessrouten beträgt der erwartbare jährliche Bedarf an Wasserstoff 67-75 TWh. Davon beträgt der Bedarf, der ausschließlich mit Wasserstoff gedeckt werden kann, 16 bis 25 TWh, während jene Anwendungsbereiche, in denen sowohl Wasserstoff als auch Methan genutzt werden können, einen jährlichen Bedarf von 42 bis 59 TWh aufweisen. Der jährliche Bedarf, der dezidiert durch Methan gedeckt werden muss, beläuft sich auf 15 bis 72 TWh. Jene Mengen an Methan, die nicht durch heimisches Biomethan gedeckt werden können, müssen importiert oder auf Basis von Wasserstoff synthetisiert werden, was – bei inländischer Produktion – einen zusätzlichen Bedarf an Wasserstoff auslöst.

Unabhängig von der Art des einsetzbaren, erneuerbaren Gases ist festzustellen, dass die aufzubringende Menge im Szenario Infrastrukturnutzung um 55 % höher ist als im Szenario Exergieeffizienz. Damit wird die Bedeutung von frühzeitigen und um-

fassenden technologischen Weichenstellungen für Versorgungssicherheit, Effizienz und Standort sichtbar. Im Folgenden dient deshalb das Szenario „Exergieeffizienz“ als Referenz für die Abschätzung des Bedarfs an klimaneutralen Gasen in den einzelnen Anwendungsgebieten.

3.2 Wasserstoff in der Industrie

Die Erreichung der Klimaneutralität in der Industrie setzt eine weitgehende Umstellung der Energie- und Rohstoffbewirtschaftung auf eine erneuerbare Basis voraus. Für die Dekarbonisierung von bedeutenden energieintensiven industriellen Sektoren kommt dabei klimaneutralem Wasserstoff eine besondere Rolle zu – als Grundstoff sowie als gasförmigem Energieträger. Das Dekarbonisierungspotential von klimaneutralem Wasserstoff liegt einerseits in der Substitution von fossilem Wasserstoff in bestehenden Anwendungen, andererseits in neuen Wasserstoffanwendungen durch grundlegende Prozessumstellungen. Aktuell liegt der jährliche Wasserstoffbedarf der Industrie (vornehmlich in der chemischen und petrochemischen Industrie) bei rund 140.000 Tonnen⁵, welche aus fossilen Quellen (Erdgas) produziert werden. Die Nachfrage nach klimaneutralem Wasserstoff und anderen klimaneutralen Gasen ist in einer klimaneutralen Industrie vor allem aus ökonomischen und technischen Gründen folgenden Sektoren zuzuordnen:

Chemische Industrie

In der chemischen Industrie kommt Wasserstoff aktuell in zahlreichen Prozessen zum Teil in großen Mengen zur Anwendung. Der eingesetzte Wasserstoff wird zurzeit jedoch nahezu ausschließlich auf fossiler Basis durch die Dampfreformierung von Erdgas produziert und soll sukzessive durch klimaneutralen Wasserstoff ersetzt werden.

Die Gasnachfrage in der chemischen Industrie ergibt sich künftig zum größten Teil aus dem Prozessbedarf für die Herstellung des Grundstoffs Ammoniak (bzw. Harnstoff) sowie für die Herstellung von Methanol. Für das Jahr 2040 wird für die Herstellung von Ammoniak mit einem jährlichen stofflichen und energetischen Wasserstoffbedarf von rund 3,1 TWh gerechnet (2,7 TWh/a davon dezidiertes Wasserstoffbedarf). Zusätzlich gibt es in diesem Prozess einen dezidierten Methanbedarf von 1,2 TWh. Für die Methanolproduktion wird, ausgehend von der auf Wasserstoff basierenden Produktionsroute, der Wasserstoffbedarf im Jahr 2040 mit rund 24,8 TWh angegeben⁶. Bei diesem Prozess bedarf es zusätzlich einer externen CO₂-Quelle zur Methanolsynthese.

5 Berechnungen BMK auf Basis Statistik Austria und Input der Arbeitsgruppen zur Wasserstoffstrategie.

6 AEA, EI JKU, MUL (2021), Erneuerbares Gas in Österreich 2040

Eisen- und Stahlerzeugung

In der Eisen- und Stahlindustrie besteht ein signifikantes Potential, durch industrielle Prozessumstellungen auf klimaneutralen Wasserstoff eine erhebliche Reduktion der sektoralen Treibhausgasemissionen zu erzielen. Durch eine Umstellung der derzeit angewendeten, auf fossilen Rohstoffen (Koks) basierenden Prozessroute Hochofen/LD-Konverter auf eine Produktion durch Direktreduktion/Elektrolichtbogenofen („DRI-EAF“) kann klimaneutraler Wasserstoff als Reduktionsmittel und Energieträger eingesetzt werden, wodurch die Treibhausgasemissionen um über 90 % gesenkt werden können.⁷ Für diese Transformation werden beträchtliche Mengen an klimaneutralem Wasserstoff benötigt. Für den DRI-Prozess (Wasserstoff-Route) muss ein Energiebedarf von insgesamt 19,0 TWh/a gedeckt werden. Wird Wasserstoff als Reduktionsmittel gewählt, entsteht ein dezidiertes Wasserstoffbedarfe von 10,8 TWh/a. Darüber hinaus werden 3,3 TWh/a Methan für die Bereitstellung des benötigten Kohlenstoffgehalts und zusätzlicher Prozessenergie benötigt. Bis zu 4,9 TWh können nach Verfügbarkeit sowohl durch Wasserstoff als auch durch Methan bereitgestellt werden. Für weitere Verbrauchsbereiche der Eisen- und Stahlerzeugung (Industrieöfen) muss ein Gasbedarf von 7,2 TWh gedeckt werden (Wasserstoff und Methan möglich). Gesamt ergibt sich in diesem Sektor ein gasförmiger Energiebedarf von 26,13 TWh/a⁸.

Sonstige Industrie

Geht man von einer weitgehenden Elektrifizierung im Sinne einer Effizienzmaximierung im Energiesystem und in der Industrie aus, kann der derzeitige Gasbedarf in vielen industriellen Sektoren deutlich reduziert werden oder sogar gänzlich entfallen. In einigen wichtigen industriellen Anwendungen wird jedoch auch in Zukunft ein signifikanter Bedarf an gasförmigen Energieträgern bestehen bleiben, welcher aufgrund von Temperaturerfordernissen, Prozessführungen, Strahlungserfordernissen und Qualitätsansprüchen nicht durch Alternativen (bspw. Wärmepumpen) substituiert werden kann. Diese Anwendungen sind vornehmlich Industrieöfen für Hochtemperaturprozesse, welche aktuell Erdgas als Energieträger einsetzen. Dieses kann in den meisten Fällen ohne größere Eingriffe in die Prozessführung durch klimaneutralen Wasserstoff oder erneuerbares Methan ersetzt werden, wodurch eine Dekarbonisierung von bestehenden Anlagen und Prozessen ermöglicht wird. Für einen sukzessiven Ersatz von Erdgas kann in diesem Zusammenhang eine steigende Beimischung von klimaneutralem Wasserstoff, durch synthetisches Gas oder Biomethan, in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Zu den wichtigsten gasverbrauchenden Sektoren, welche auch in Zukunft einen Gasbedarf aufweisen werden, zählen die Zement-, Feuerfest- und Glasindustrien, für die ein Gasbedarf von rund 3,7 TWh im Jahr 2040 geschätzt wird. In weiteren Industriesektoren wird darüber hinaus für das Jahr 2040 von einem jährlichen Gasbedarf

7 Patisson F, Mirgaux O. Hydrogen Ironmaking: How It Works. *Metals*. 2020; 10(7):922. doi.org/10.3390/met10070922

8 AEA, EI JKU, MUL (2021), Erneuerbares Gas in Österreich 2040

von rund 5,0 TWh ausgegangen, welcher durch Wasserstoff gedeckt werden kann. Die größte Nachfrage stammt hierbei aus dem Sektor der Nicht-Eisen-Metalle, gefolgt von der Papier- und Zellstoffindustrie und der Herstellung von Metallerzeugnissen. Ein wesentlicher Anteil davon (1,2 TWh/a) wird zudem dem Betrieb von Brennstoffzellen für schwere Arbeitsmaschinen und der Off-Road-Traktion in der Bauindustrie zugeordnet.⁹

Auch die Möglichkeiten von CO₂-Abscheidung und Verwendung (CCU) können ein zukünftiges Anwendungsfeld für erneuerbaren Wasserstoff darstellen. Dabei wird CO₂ aus industriellen Prozessen durch unterschiedliche Abscheidungstechnologien eingefangen und kombiniert mit Wasserstoff zur Herstellung von Zwischenprodukten für die chemische Industrie sowie ggf. für synthetische Kraftstoffe genutzt. Dadurch können vor allem schwer bzw. nicht vermeidbare Emissionen in weiteren Anwendungen wiedereingesetzt und gegebenenfalls langfristig gebunden werden. Mit einem skalierten Einsatz dieser Prozesse ist aufgrund des aktuellen Technologiereifegrades erst ab 2030 zu rechnen.

Tabelle 1: Bedarf an klimaneutralem Gas in der Industrie 2040, Quelle: AEA, EI JKU, MUL (2021)

Bedarf an klimaneutralem Gas in der Industrie 2040 (Szenario Exergieeffizienz)	mit Wasserstoff abdeckbar	+ dezidierter Methan-Bedarf
Chemische Industrie	27,9 TWh	
– Ammoniakproduktion (kombinierte Route)	3,1 TWh	1,2 TWh
– Methanolproduktion (Wasserstoff-Route)	24,8 TWh	
Eisen- und Stahlerzeugung (Wasserstoff-Route)	22,9 TWh	3,3 TWh
Zement-, Feuerfest- und Glasindustrien	3,7 TWh	
Sonstige Industrien	5,0 TWh	
Gesamt	59,5 TWh	4,5 TWh

Rahmenbedingungen für die industrielle Transformation

Die industrielle Transformation hin zu klimaneutralem Wasserstoff in den angeführten Sektoren stellt eine erhebliche infrastrukturelle, technische und ökonomische Herausforderung dar. Die Versorgung mit klimaneutralem Wasserstoff ist im Vergleich zu fossil erzeugtem Wasserstoff mit einem erhöhten Energieaufwand und mit deutlich höheren Produktionskosten verbunden. Ein wesentlicher Kostenfaktor in der Produktion von klimaneutralem Wasserstoff ist der Strompreis, welcher aufgrund regionaler Unterschiede die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes maßgebend beeinflussen kann. Zusätzlich zu einer Erhöhung der Betriebskosten, erfordern die Prozessumstellungen signifikante Kapitalinvestitionen, sowohl im Bereich der Produktionsanlagen als auch der Infrastruk-

⁹ AEA, EI JKU, MUL (2021), Erneuerbares Gas in Österreich 2040

tur. Mit steigenden technologischen Lernkurven und fallenden Gesteungskosten für erneuerbaren Strom sind langfristig signifikante Kostenreduktionen zu erwarten. Jedoch stellt kurz- und mittelfristig die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Energieträgern eine wesentliche Herausforderung für den Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff in der Industrie dar.

Um die technischen Herausforderungen der Transformationsprozesse frühzeitig in Angriff zu nehmen und technologische Lernkurven zu beschleunigen, ist es wichtig, in einem ersten Schritt Pilot- und Demonstrationsprojekte zu unterstützen. Solche Projekte sind entscheidend, um ein Scale-Up bei Produktionsanlagen zu schaffen, sowohl auf österreichischer als auch europäischer Ebene. Umfassende Prozessumstellungen auf industrieller Skala setzen die Verfügbarkeit von ausreichend klimaneutralem Wasserstoff, und damit auch von erneuerbarem Strom, zu wettbewerbsfähigen Preisen voraus. Dafür bedarf es vor allem eines liquiden Energiebinnenmarkts und eines bedarfsorientierten Ausbaus erneuerbarer Energien sowie entsprechender Infrastruktur.

Um den Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff in energieintensiven Prozessen schon frühzeitig zu wettbewerbsfähigen Rahmenbedingungen zu ermöglichen, wird in Zukunft die Weiterentwicklung und Umsetzung neuer Instrumente zur Betriebskostenunterstützung, wie etwa CO₂-Differenzverträge (Carbon Contracts for Difference bzw. „Klimaschutzverträge“) eine zentrale Rolle spielen. Bei diesem Modell werden projektbasierte Mehrkosten (insbesondere Betriebskosten) der klimafreundlichen Prozesstechnik gefördert. Im Zuge der projektbasierten Förderungsverträge werden Mechanismen eingebaut, die die Mehrkosten für die Förderungsgeber innerhalb der Vertragslaufzeit (zwischen 10 und 25 Jahren) reduzieren können. Bei negativen Differenzkosten (z. B. durch steigende CO₂-Preise) könnte sich die Zahlungsverpflichtung auch umdrehen. Diese „Klimaschutzverträge“ können die Finanzierungsrisiken der energieintensiven Industrie für den Umstieg auf erneuerbaren Wasserstoff mindern und Investitionsanreize schaffen, um eine frühzeitige Markteinführung zu erleichtern. Ebenso kann dadurch die Kostenlücke im Vergleich zur fossilen Wasserstoffherzeugung gemindert bzw. geschlossen werden. Um ein solches Instrument in Österreich einzuführen, müssen die Verhältnismäßigkeit, die Marktauswirkungen sowie der Einklang mit dem EU-Beihilfenrecht sorgfältig geprüft werden.

Auch bei einem gezielten und effizienten Einsatz von Wasserstoff werden mittel- und langfristig voraussichtlich Importe von klimaneutralem Wasserstoff eine wichtige Rolle spielen. Daher ist das Thema Wasserstoff nicht nur national zu betrachten, sondern vor allem auch im europäischen und globalen Kontext. In diesem Zusammenhang wird ein Konzept zur Entwicklung von Importmöglichkeiten und Aufbau von europäischen und internationalen Kooperationspartnerschaften für klimaneutralen Wasserstoff und seiner Derivate entwickelt.

Für einen koordinierten Einsatz von Wasserstoff in industriellen Prozessen müssen zudem einheitliche internationale technische Normen und Standards für Anlagen, Geräte und Produkte sichergestellt, sowie harmonisierte nationale und europäische Sicherheits- und Umweltstandards betreffend klimaneutralen Wasserstoff gewährleistet werden.

Auch die Genehmigungspraxis hinsichtlich Flächenwidmung und Baugenehmigung für Elektrolyseprojekte soll erleichtert und harmonisiert werden.

3.3 Wasserstoff in der Mobilität

Der Sektor Mobilität ist in Österreich¹⁰ mit circa 24 Millionen tCO₂eq für knapp 50 % der THG-Emissionen außerhalb des Emissionshandels verantwortlich. Eine Reduktion der CO₂-Emissionen auf nahezu Null bis 2040 ist insbesondere für diesen Sektor eine große Herausforderung. Der Mobilitätsmasterplan 2030¹¹, welcher im Juli 2021 vorgestellt wurde, zeigt Wege auf, um die Mobilitätswende in Richtung CO₂-neutrale Mobilität zu schaffen. Mit dem Mobilitätsmasterplan 2030 wird der Sektor langfristig strategisch in Richtung Erfüllung des Pariser Klimaübereinkommens und der damit einhergehenden Klimaneutralität Österreichs 2040 gelenkt.

Ein zentraler Bestandteil des Mobilitätsmasterplans 2030 des BMK ist das Konzept des „Verkehr vermeiden“, „Verkehr verlagern“ und „Verkehr verbessern“. Die Priorität wird hierbei auf das Vermeiden von Verkehr und die Verlagerung auf effizientere und ökologischere Verkehrsmodi wie beispielsweise die Schiene gelegt. Um Klimaneutralität in Österreich bis 2040 zu erreichen, müssen allerdings auch die dann noch verbleibenden Verkehre – insbesondere auf der Straße, aber auch auf der Schiene, der Wasserstraße und in der Luft – klimaneutral durchgeführt werden.

Für diese Umstellung stehen zahlreiche Technologien zur Verfügung, deren jeweiligen Stärken in unterschiedlichen Anwendungsbereichen genutzt werden können. Dabei ist Wasserstoff aus erneuerbaren Energieträgern eine der Technologieoptionen auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Daher wurde Wasserstoff auch als relevanter alternativer Kraftstoff mit Infrastrukturbezug im Nationalen Strategierahmen „Saubere Energie im Verkehr“ gemäß der Richtlinie 2014/94/EU aufgenommen und ist auch im aktuellen Verordnungsentwurf der Europäischen Kommission für den Aufbau von Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) enthalten. Darüber hinaus hat die europäische Gesetzgebung wesentliche Auswirkungen auf das verfügbare Angebot an Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, bspw. durch die Vorgaben zur kontinuierlichen Absenkung der CO₂-Flottengrenzwerte für Fahrzeughersteller.

Die Transformation des Verkehrssektors in Richtung Klimaneutralität und Ersatz fossiler durch erneuerbare Energieträger kann nur auf Grundlage eines ganzheitlichen Ansatzes erfolgen, der auch ein gesteigertes Umweltbewusstsein aller beteiligten Akteur:innen voraussetzt. Dieser ganzheitliche Ansatz muss sich neben technologischen Innovationen und Verbesserungen auf der Angebotsseite auch auf nachfrageseitige bzw. verhaltensändernde Maßnahmen stützen und Synergien zwischen diesen optimal nutzen. Hierzu bedarf es gezielter Unterstützung von Pilotprojekten sowie marktnaher

10 THG-Bilanz 2019; umweltbundesamt.at/news210119

11 bmk.gv.at/themen/mobilitaet/mobilitaetsmasterplan.html

Demonstrationsprojekte (Verkehrsmittel, Infrastruktur, Logistik, Erzeugung), um die Reife und Praxistauglichkeit der jeweiligen Technologie zu testen, zu bestätigen und die Überleitung in marktreife Anwendungen zu beschleunigen.

Straße

Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge haben eine niedrigere Gesamtsystemeffizienz als Fahrzeuge mit direktem Einsatz elektrischer Energie (z. B. batterieelektrische Fahrzeuge), können aber spezielle Anforderungen wie zum Beispiel hohe Reichweiten bei gleichzeitig hoher Beladung und kurzen Betankungszeiten gut abdecken. Folgende Anwendungsfälle zeichnen sich hier ab, die womöglich auch für den Einsatz von Wasserstofffahrzeugen geeignet sein könnten:

1. Busse im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) auf besonders stark frequentierten Linien mit dichten Intervallen, derzeit oftmals mit Gelenkbussen bedient.
2. Busse/Reisebusse im überregionalen Verkehr mit hohen Tagesfahrleistungen.
3. Güterverkehr (Fernverkehr und Schwerlastverkehr).

Diese Anwendungsfälle sind als Richtschnur zu betrachten, in der Praxis werden sich die technologischen Anwendungsfälle in Teilbereichen überlappen. So könnten sowohl im Gütertransport als auch bei Bussen aus heutiger Sicht beide Nullemissions-Technologien, also batterieelektrische Fahrzeuge und Wasserstoffbrennstoffzellen-Fahrzeuge, zur Anwendung kommen. Auch für die Umstellung von Off-Road Fahrzeugen (z. B. Baumaschinen, Traktoren) kann die Wasserstofftechnologie eine Rolle spielen.

Dem Anwendungsfall des Transit-Schwerverkehrs kommt eine besondere Rolle zu. Auch dieser technologisch besonders anspruchsvolle Bereich muss bis 2040 klimaneutral abgewickelt werden. Die zur Verfügung stehenden Technologien – batterieelektrische Fahrzeuge, Wasserstoffbrennstoffzellen-Fahrzeuge, Systeme zur Aufladung während der Fahrt (Oberleitung) oder Hybridsysteme davon – sind derzeit noch in der Entwicklungsphase in unterschiedlichen Stadien. So werden batterieelektrische Fahrzeuge für den Fernverkehr im Zeitraum bis 2025 bereits in der Großserie auf dem Markt sein, bei Wasserstoffbrennstoffzellenfahrzeugen wurde von den Herstellern die zweite Hälfte des Jahrzehnts bis 2030 angekündigt. Zentral dabei ist eine koordinierte Abstimmung und Ausrollung auf europäischer Ebene, wie in der AFIR-Verordnung vorgesehen. Aus heutiger Sicht wird im Zeitraum von 2024-2026 eine Pfadentscheidung möglich und notwendig sein, inwieweit eine oder mehrere dieser Technologien für ein europaweites Roll-Out zur Verfügung stehen.

Für PKWs generell, aber auch bei Standardbussen und im Gütertransport bei Tagesfahrleistungen von derzeit bis zu 300 Kilometern, ist der batteriebetriebene Elektroantrieb die effizienteste Technologie am Markt. Dies gilt einerseits aus energetischer Sicht, aber auch wenn die Kosten mit anderen Nullemissions-Technologien verglichen werden (Kosten für die Anschaffung und den Betrieb der Fahrzeuge). Kleinere Nischen

für andere Technologien (bspw. bei Einsatzfahrzeugen mit Brennstoffzelle) sind jedoch nicht auszuschließen.

Generell sind für Wasserstoff im Straßenverkehr insbesondere auch die Nachhaltigkeitskriterien der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED II) relevant. Denn Wasserstoffprojekte sind nur dann zukunftsfähig, wenn sie mit den RED II-Kriterien kompatibel sind.

Schiene

Generell liegt der Fokus im Schienennetz auf der Elektrifizierung des Streckennetzes. Österreich hat das Ziel, bis 2030 85 % seines Schienennetzes zu elektrifizieren. Darüber hinaus ist es das Ziel bis 2035, auch alle restlichen Strecken emissionsfrei zu betreiben. Somit ist für diese Nebenstrecken, im Verschub, bei Werks- und Anschlussbahnen und Baudienstfahrzeugen neben der batterieelektrischen Technologie auch die Wasserstoff-Technologie eine Option mit Potential für einen komplett CO₂-freien Betrieb. Der Einsatz von Wasserstofftechnologien im Schienenbereich ist relativ neu, erste Vorzeigeprojekte werden im Rahmen von Forschungsprojekten auf ihre Machbarkeit geprüft.

Luft und Wasser – E-Fuels

Neben der direkten Nutzung von Wasserstoff können über Power-to-Fuel-Prozesse gewonnene flüssige synthetische Kraftstoffe (E-Fuels) eine wichtige Option sein, um kaum zu elektrifizierende Verkehrsmittel wie Flugzeuge (insbesondere Mittel- und Langstrecke) und Schiffe (insbesondere Fracht- und Hochseeschiffe) zu dekarbonisieren. Dabei wird Wasserstoff, der mittels Elektrolyse unter Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen hergestellt wurde, in einem chemisch-technischen Verfahren mit CO₂ (beispielsweise aus der Atmosphäre) zu einem flüssigen Kraftstoff synthetisiert. Diese Technologien existieren bereits, sind aber im großtechnischen Maßstab noch nicht verfügbar. Der Schritt zu synthetischen Kraftstoffen sollte deshalb im langfristigen Kontext unter Berücksichtigung der Gesamtsystemeffizienz sowie der daraus resultierenden Kosten betrachtet werden. Der Fokus der Unterstützung liegt in diesem Bereich insbesondere in der Forschung und Entwicklung und legt einen Schwerpunkt auf jene Einsatzgebiete, in denen effizientere Nullemissions-Technologien längerfristig noch nicht zur Verfügung stehen werden (z. B. Flug- und Schiffsverkehr). Nachhaltige Treibstoffe sind zumindest derzeit noch deutlich teurer als die Nutzung von fossilem Kerosin. Um einen erfolgreichen Markthochlauf zu realisieren, sind Anreize zum Bau und Betrieb von Sustainable Aviation Fuel (SAF) Anlagen in Österreich zu setzen, sowie günstige Rahmenbedingungen für eine nationale Produktion zu schaffen.¹²

In der Luftfahrt kann auch die direkte Nutzung von klimaneutralem Wasserstoff in Zukunft eine Rolle spielen. Dabei wird Wasserstoff sowohl per Brennstoffzelle in Strom für Elektromotoren umgewandelt, als auch für wasserstoffbetriebene Fluggasturbinen

12 Derzeit wird eine Luftfahrtstrategie des BMK sowie eine Roadmap zur Unterstützung von Sustainable Aviation Fuels in Österreich erstellt, die sich mit der Schaffung solcher Rahmenbedingungen beschäftigen werden.

eingesetzt (Wasserstoffdirektverbrennung). Da hierbei anstelle von Kerosin flüssiger Wasserstoff in den Triebwerken verbrannt wird, entsteht durch die Verbrennung kein CO₂.

Systemischer Ansatz – Infrastruktur, Fahrzeuge, Bereitstellung

Insbesondere im Zeitraum bis 2030 gilt es, auf Basis eines systemischen Ansatzes die passenden Rahmenbedingungen für die Umsetzung von großen Flottenprojekten zu setzen. Der Auf- und Ausbau der benötigten Infrastruktur soll ebenfalls systemisch – im Hinblick auf die Ziele 2030/2040 sowie die Einbindung in europäische Verkehrsrouten – geplant und bedarfsorientiert umgesetzt werden. Die für den wirtschaftlichen Betrieb benötigte Auslastung der Standorte bedingt eine gemeinsame Projektentwicklung von Fahrzeugflotten, Tankstelleninfrastruktur, Konzepte für deren Belieferung und/oder Optionen für die Wasserstofferzeugung vor Ort.

Insbesondere im Straßenverkehr enthalten die nationalen Förderinstrumente für emissionsfreie Busse und Nutzfahrzeuge (EBIN, ENIN) ein wettbewerbliches Verfahren. Somit tritt die Wasserstoff-Technologie in den Wettbewerb mit den anderen vorhandenen emissionsfreien Technologien (insbesondere batterieelektrische Fahrzeuge), damit so die effizienteste Technologie für den jeweiligen Anwendungsfall zum Einsatz kommt.

Im Flugverkehr bedarf es ebenso einer gesamtheitlichen Infrastrukturplanung, denn zukünftige Flugzeuge mit Wasserstoffantrieb bedürfen einer entsprechend ausgestatteten Infrastruktur (Betankungssysteme, Speicheranlagen, etc.). Auf europäischer Ebene gibt es bereits entsprechende Visionen für die Transformation von 50 Flughäfen zu Wasserstoff- und Energiehubs.

3.4 Mit Wasserstoff zur Sektorkopplung

Mit der Umsetzung der energiepolitischen Ziele der EU, wie etwa der stärkeren Kopplung der Energiemärkte und dem Ausbau der erneuerbaren Energien, kommt es in Europa zu signifikanten Veränderungen in der Elektrizitätswirtschaft, insbesondere im Hinblick auf die regionalen Diskrepanzen zwischen Produktion und Verbrauch. Durch die zentrale Lage in Europa sieht sich Österreich mit diesen Entwicklungen unmittelbar konfrontiert. Die erforderlichen Stromtransporte von Regionen mit hoher erneuerbarer Stromproduktion zu entfernten Lastzentren und zunehmende Handelsströme führen zu einem Adaptionsbedarf bei der Strominfrastruktur. Auch im Hinblick auf das nationale Ziel einer bilanziell 100 % erneuerbaren Stromversorgung 2030 wird der Bedarf an Systemflexibilität sowie an Speicherkapazität signifikant steigen.

Um einen stabilen Netzbetrieb und eine langfristige Versorgungssicherheit gewährleisten zu können und kostenintensive Engpassmaßnahmen wie das Redispatching zu minimieren, ist daher ein höheres Augenmerk auf Flexibilität in allen Formen notwendig. In diesem Zusammenhang kann der Betrieb von Elektrolyseanlagen bei richtiger Auslegung durch Laststeuerungskapazitäten und der Speicherung von Energie einen Beitrag sowohl für den sicheren Betrieb des Stromsystems – welches zunehmend durch darge-

botsabhängige Stromerzeugung gekennzeichnet ist – als auch für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit leisten. Mittelfristig ist jedoch zu beachten, dass ein reiner Betriebseinsatz von Elektrolyseuren bei punktuellen Produktionsspitzen in einem vernetzten europäischen Strombinnenmarkt kein wirtschaftliches Betriebsmodell darstellt.¹³

Ein wesentlicher Mehrwert der Sektorkopplung durch Power-to-X-Prozesse (z. B. Elektrolyse) stellt die Möglichkeit der Versorgung von nicht elektrifizierten Anwendungen mit stofflichen Energieträgern durch erneuerbaren Strom dar. Für eine bestmögliche Ausnutzung der Synergiepotentiale, die Elektrolyseure durch die Kopplung des Strom- und des Gassystems bieten, sind in der Projektentwicklung eine Reihe von standorttechnischen Faktoren zu berücksichtigen. Dazu zählen neben der ausreichenden Verfügbarkeit von erneuerbaren Produktionskapazitäten und sonstigen systemrelevanten Einrichtungen, wie etwa Umspannwerke oder Gasspeicherstätten, vor allem auch die geografische Nähe zu Direktabnehmern des Wasserstoffs sowie auch des produzierten Sauerstoffs und der anfallenden Prozesswärme. Einer koordinierten europäischen und nationalen Netzentwicklungsplanung, wie sie unter anderem im Rahmen des integrierten österreichischen Netzinfrastrukturplans (NIP) vorgesehen ist, kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung hinzu.

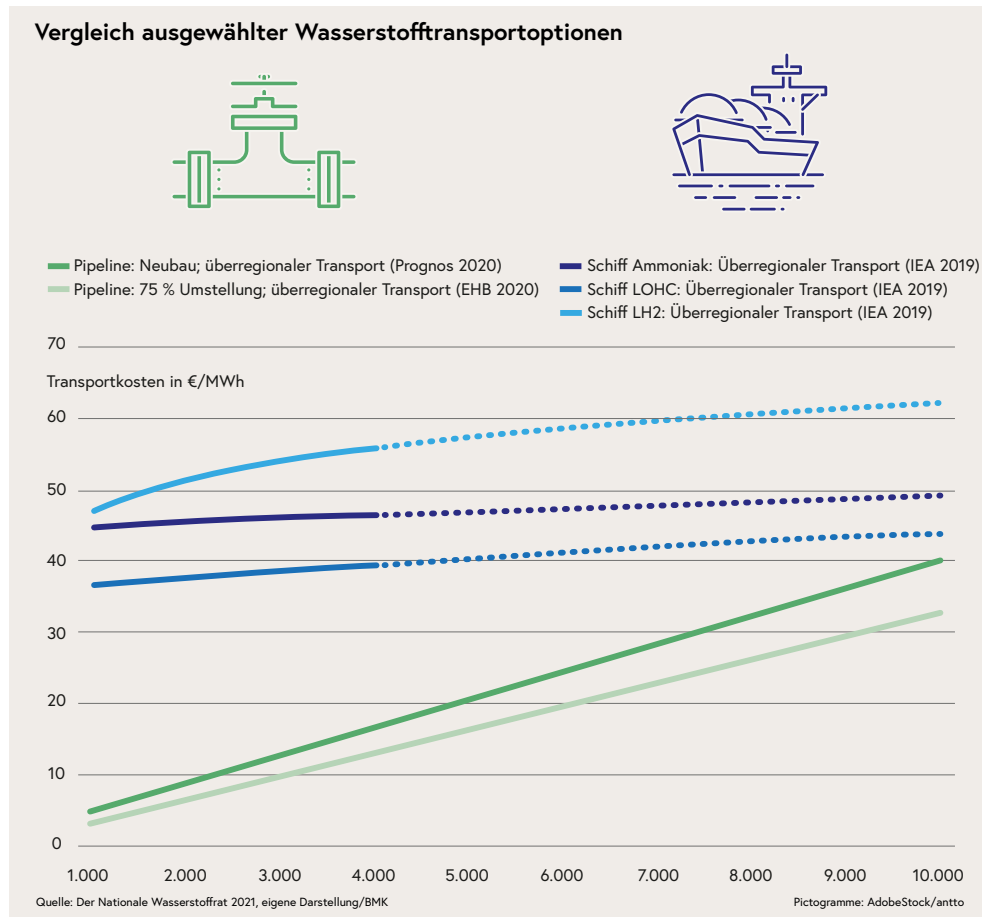
3.5 Infrastruktur für Wasserstoff in einem klimaneutralen Energiesystem

Transport von Wasserstoff

Ein wesentlicher Kostenfaktor beim Einsatz von Wasserstoff liegt im Transport vom Produktionsstandort zum Verbraucher. Entscheidend für einen effizienten Einsatz ist eine gezielte, dem Anwendungszweck angemessene Beförderung zu den Wasserstoffanwendern. Dazu stehen je nach Transportdistanz und Anwendungszweck unterschiedliche Transportmodalitäten zur Verfügung, wie die untenstehende Abbildung zeigt. Wasserstoff kann gasförmig einerseits via Pipelines (im bestehenden Gasnetz oder mittels dezidierter Wasserstoffleitungen) über weite Distanzen transportiert werden, andererseits können für kürzere Distanzen nicht leitungsgebundene Spezialtransporte im Straßen-, Schienen- oder Schiffsverkehr unter hohem Druck (compressed gaseous hydrogen, CGH₂) erfolgen. Für weitere Distanzen eignet sich der Schiffstransport von Wasserstoff im flüssigen Zustand, entweder durch Einwirkung extrem niedriger Temperaturen (liquid hydrogen, LH₂) oder durch Bindung an organische Trägerstoffe (liquid organic hydrogen carriers, LOHC). Hierzu bedarf es analog zum etablierten Flüssiggastransport (LNG) einer geeigneten Infrastruktur zur Regasifizierung, bzw. zur allfälligen Trennung des Wasserstoffs von den Trägerstoffen im Fall von LOHC-Transporten.

13 TU Wien Institute of Energy Systems and Electrical Drives, EEG (2021). Perspektiven der Sektorkopplung in Form von P2G für Österreich bis 2030/2040 aus energiewirtschaftlicher Sicht.

Abbildung 3: Vergleich ausgewählter Wasserstofftransportoptionen



Wasserstoffnetze und Rolle der Gasnetzinfrastruktur

Für den leitungsgebundenen Transport von Wasserstoff soll primär die derzeit für den Erdgastransport verwendete Gasinfrastruktur durch Umwandlung zu Wasserstoffleitungen genutzt werden. Eine Errichtung neuer Wasserstoffleitungen ist dort zu prüfen, wo es an entsprechender Infrastruktur mangelt und eine Wasserstoffinfrastruktur für die Dekarbonisierung notwendig ist. Dabei ist vor allem die Einbettung in eine gesamt-europäische Infrastrukturentwicklung zu beachten.

Im Zuge einer gezielten Integration von Wasserstoff in das Energiesystem ist davon auszugehen, dass sich ein nennenswerter Anteil des Wasserstoffbedarfs weitgehend in regionalen Verbrauchszentren, beispielsweise in industriellen Clustern, konzentrieren wird, wodurch erhöhte Anforderungen an den Wasserstofftransport entstehen. Zur Verbindung solcher regionaler Verbrauchszentren mit Produktionsstandorten und zur Bereitstellung großer Wasserstoffvolumina ist ein kosteneffizienter Transportmodus ausschlaggebend. Dezierte Wasserstoffnetze können durch vergleichsweise niedrige spezifische Transportkosten für ausgewählte Standorte eine konkurrenzfähige Option darstellen, um hohe Anforderungen kosteneffizient zu erfüllen.

Die Einspeisung und Beimengung von Wasserstoff in das Gasnetz (Blending) ist – unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen und Anwendungszwecke

– differenziert zu betrachten. In Anbetracht der strategisch prioritären Anwendungsfelder von Wasserstoff ist eine getrennte Beförderung von Wasserstoff gegenüber dem Beimischen in das Gasnetz im Regelfall zu bevorzugen. Für eine progressive Dekarbonisierung der Gasversorgung und eine künftige Nutzung von Gasleitungen zur Wasserstoffversorgung kann jedoch eine erhöhte Wasserstoffverträglichkeit der Infrastruktur sichergestellt und eine punktuelle Einspeisung von Wasserstoff im Zuge der Dekarbonisierung der Gasversorgung ermöglicht werden. Gleichzeitig ist zu vermeiden, dass eine Konkurrenz zu günstigeren und effizienteren Lösungen aufgebaut wird und Lock-in-Effekte durch öffentlich finanzierte Infrastrukturen entstehen. Dazu ist es erforderlich, technische Überprüfungen und Adaptierungen durchzuführen, sodass punktuell höhere Wasserstoffanteile als die aktuell zugelassenen 10 % erreicht werden können. Strengere Grenzwerte können durch technische Anforderungen von angeschlossenen Verbrauchern (wie etwa Gasturbinen) oder Fahrzeug-Kraftgastanks erforderlich werden.

Sowohl für die Umwidmung bestehender Gasnetze als auch für die Erhöhung der zulässigen Wasserstoffanteile sind technische und regulatorische Aspekte aufgrund der starken Vernetzung der europäischen Gassysteme jedenfalls auf europäischer Ebene koordiniert zu adressieren. Einheitliche europäische Standards und Grenzwerte sind daher – insbesondere im Kontext der Umsetzung der europäischen Wasserstoffstrategie – zu etablieren und in entsprechenden Regelwerken, wie etwa den Interconnection Agreements der Gasnetzbetreiber, festzulegen. Im Sinne einer effizienten Entwicklung der Energieinfrastruktur soll auf nationaler Ebene die Ausarbeitung einer Roadmap für die Entwicklung der Erdgasinfrastruktur zu einer Wasserstoffinfrastruktur dazu beitragen, die bestehenden Strukturen bestmöglich in ein klimaneutrales Energiesystem zu integrieren, ohne Lock-in-Effekte zu erzeugen.

Die zunehmende Entwicklung einer europäisch vernetzten Wasserstoffwirtschaft übt einen Einfluss auf die bestehende Gasnetzinfrastruktur aus. Analog zur Elektrizitätsinfrastruktur kommt dem hochrangigen Gasnetz aufgrund der geografischen Lage Österreichs eine besondere Bedeutung als Gasdrehscheibe Europas zu. Die Nutzung dieser Infrastruktur und deren Adaptierung hin zu einer zukunftstauglichen Wasserstoffnutzung können einen wesentlichen Beitrag zu einer kosteneffizienten Dekarbonisierung des Energiesystems, national und auf EU-Ebene, leisten.

Speicherung von Wasserstoff

Die Speicherung von Wasserstoff nimmt eine wichtige Rolle in einer systemdienlichen Wasserstoffwirtschaft ein. Für die lokale Speicherung von geringen bis mittleren Kapazitäten kann Wasserstoff verflüssigt oder komprimiert in entsprechenden Behältern gelagert werden, wobei spezielle sicherheitstechnische Anforderungen nach der Seveso III-Richtlinie schon ab mittleren Speichermengen eingehalten werden müssen.

Große Kapazitäten zur langfristigen und saisonalen Energiespeicherung liegen hingegen vor allem in geologischen Kavernen- und Porenspeichern vor, wobei es noch technische Herausforderungen für die skalierte Nutzung von geeigneten Untertagespeichern zu überwinden gilt. Bei der Speicherung in natürlichen Untertagespeichern

muss der entnommene Wasserstoff gegebenenfalls von Fremdstoffen bereinigt werden, sodass – je nach Anwendung – der erforderliche Reinheitsgrad gewährleistet werden kann. Aufgrund der komplexen chemischen und physikalischen Gegebenheiten sowie der notwendigen sicherheitstechnischen Standards sind für eine verbreitete Untertagespeicherung von Wasserstoff weiterführende Forschungs- und Entwicklungsschritte und daraus folgende regulatorische Rahmenbedingungen notwendig.

3.6 Marktentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit von klimaneutralen Gasen

Jene Kosten, die mit einer Umstellung auf und dem Betrieb von Wasserstofftechnologien verbunden sind, zählen zu den zentralen Herausforderungen für eine rasche und strategische Einbettung von klimaneutralem Wasserstoff in das Energiesystem. Die Betriebs- und die Investitionskosten von Elektrolyse zur Produktion von erneuerbarem Wasserstoff liegen sowohl aktuell als auch mittelfristig deutlich über den Kosten für fossilen Wasserstoff. Um erneuerbaren Wasserstoff gezielt in das Energiesystem zu integrieren, ist es daher zielführend, sowohl bei den Investitions- als auch den Betriebskosten in strategisch angestrebten Anwendungsfällen steuernd einzugreifen.

In einem ersten Schritt unterstützen Investitionsförderungen wirtschaftliche Anwendungsfälle rasch. In der Phase des Markthochlaufs ist es ebenso wichtig, Projektwerber:innen mit harmonisierten Widmungsprozessen und reibungslosen Projektgenehmigungsverfahren zu unterstützen. Mit der zunehmenden Entwicklung des Wasserstoffsektors ist in weiterer Folge durch einen Aufbau von Serienfertigungskapazitäten von Elektrolyseanlagen und entsprechenden Skalierungsschritten mit einer signifikanten Reduktion der Investitionskosten zu rechnen.

Bei den Betriebskosten besteht aufgrund der Preisdifferenz zwischen den Inputressourcen der entsprechenden Produktionsverfahren (Erdgas und Strom) Handlungsbedarf zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von erneuerbarem Wasserstoff. Dafür sollen in Zukunft vor allem Instrumente zur Betriebskostenunterstützung, wie etwa CO₂-Differenzverträge (Carbon Contracts for Difference bzw. „Klimaschutzverträge“) eine zentrale Rolle spielen.

Durch eine Senkung von Steuern, Abgaben, Entgelten und Umlagen auf die bezogene erneuerbare Energie sowie die im Regierungsprogramm vorgesehene Herstellung von Kostenwahrheit bei fossiler Energie können auch die laufenden Erzeugungskosten gesenkt und die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Alternativen verbessert werden. In dieser Hinsicht können Maßnahmen zur Bepreisung von CO₂-Emissionen einen entscheidenden Beitrag leisten. Durch die im Vergleich zu Erdgas höheren Abgaben und Umlagestrukturen von erneuerbarem Strom im Endverbrauch entstehen bei der Elektrolyse zudem wesentliche Herausforderungen für einen wirtschaftlichen Betrieb. Durch den Betrieb an der Schnittstelle zwischen Strom- und Gassektor sind für Elektrolyseanlagen zudem tarifliche Doppelbelastungen jedenfalls zu verhindern. Dazu wurden im Rahmen

des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes Elektrolyseanlagen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, für die Dekarbonisierung von Prozessen im Markthochlauf von stromseitigen Endverbraucherentgelten und -umlagen befreit. Für die Entnahme von Gas aus dem Gasnetz zur Vermischung mit Wasserstoff und die anschließende Wiedereinspeisung entfallen zudem die sonst üblichen Netzentgelte.

Ein wesentlicher Aspekt für die Sicherstellung einer international vernetzten österreichischen Wasserstoffwirtschaft ist die Einführung eines EU-weiten Herkunftsnachweis- und Zertifizierungssystems für erneuerbaren Wasserstoff, in dessen Rahmen die erneuerbare Eigenschaft und die Produktionsherkunft eindeutig nachgewiesen und garantiert werden können. Die Basis für die Umsetzung eines solchen Systems ist mit der europäischen Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RED II) bereits gegeben. Dabei ist strikt zu beachten, dass Doppelausstellungen von Zertifikaten ausgeschlossen werden und eine möglichst umfassende Nutzbarkeit ermöglicht wird.

Um im Einklang mit dem Klimaneutralitätsziel 2040 langfristig den Bedarf an gasförmigen Energieträgern zu decken, muss auch die Wettbewerbsfähigkeit von weiteren erneuerbaren Gasen (z. B. Biomethan) gesteigert werden. Dazu soll einerseits die Einspeisung von biogenen Gasen in das Gasnetz unterstützt werden, und andererseits durch eine schrittweise Etablierung der Kostenwahrheit von Treibhausgas-Emissionen außerhalb des Emissionshandels ein Level-playing-field geschaffen werden. Zusätzlich soll durch verbindliche nationale Zielsetzungen im Rahmen eines Quotensystems für erneuerbares Gas wirtschaftliche und rechtliche Planungssicherheit garantiert werden. Um die Dekarbonisierung der Gaswirtschaft voranzutreiben, ist im Rahmen der österreichischen Netzinfrastukturplanung ein Fokus auf geeignete Standorte für die Biomethanproduktion und -einspeisung sowie auf das Potential neuer Marktteilnehmer, wie z. B. Erneuerbare Energiegemeinschaften, zu legen, welche im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes geregelt wurden.

3.7 Einbettung in den globalen Markt

Die für eine effiziente Dekarbonisierung benötigten Mengen an klimaneutralem Wasserstoff, wie in Kapitel 3.1. dargestellt, sind voraussichtlich langfristig nicht allein durch Produktionskapazitäten in Österreich abdeckbar. Bereits der Ersatz der aktuell fossil erzeugten Wasserstoffmengen durch klimaneutralen Wasserstoff stellt eine Herausforderung dar. Daher ist davon auszugehen, dass selbst bei deutlicher Optimierung der zukünftigen Nachfrage nach klimaneutralem Wasserstoff ein zusätzlicher Bedarf in Österreich besteht, der über Importe abgedeckt werden muss. Die Bereitstellung von klimaneutralem Wasserstoff und seiner Derivate soll über internationale Märkte erfolgen und erfordert eine verstärkte Zusammenarbeit mit internationalen Partnern und einen Aufbau von Partnerschaften für klimaneutralen Wasserstoff. Ein sich entwickelnder europäischer und globaler Wasserstoffmarkt bietet für Österreich weitreichende Möglich-

keiten: Von der Diversifizierung von Erdgasimportländern, über den Export heimischer Technologieentwicklung und -produktion, bis hin zu einer möglichen strategischen Rolle aufgrund der transkontinentalen Wasserstoffinfrastruktur.

Aus heutiger Sicht ist noch unklar, aus welchen Regionen die erforderlichen Importe von klimaneutralem Wasserstoff und seinen Derivaten versorgungssicher und leistbar für den heimischen Markt erfolgen können, um gleichzeitig einen Beitrag für die Dekarbonisierung zu leisten. Es müssen jedenfalls auf europäischer Ebene langfristig eine Deckung des Bedarfs an klimaneutralem Wasserstoff und ein paneuropäischer Handel ermöglicht werden. Zu diesem Zweck sollen anhand eines nationalen und EU-weiten Markts mit Herkunftsnachweisen und Zertifizierungen für Gase Investitionen in die Erzeugung von klimaneutralen Wasserstoff angeregt werden.

Um die heimischen Transformationskosten zu begrenzen, sind strategische Kooperationen und Partnerschaften mit in Frage kommenden Staaten in und außerhalb der EU voranzutreiben. Um dies zeitgerecht und effizient umzusetzen und heimischen Unternehmen weitere Perspektiven aufzuzeigen und Planungssicherheit zu gewährleisten, werden Konzepte für Kooperationspartnerschaften für den Import von klimaneutralem Wasserstoff und seinen Derivaten erarbeitet. Die Entwicklung von Importbeziehungen soll sich auf jene Länder konzentrieren, die sich als potenzielle Nettoexporteure von klimaneutralem Wasserstoff erweisen. Dabei wird vor allem auf die Kompatibilität mit den internationalen Klimazielen, die Dekarbonisierungsanstrengungen der jeweiligen Partnerländer, als auch auf die langfristige, nachhaltige Versorgungssicherheit, auf Importkosten und mögliche kosteneffiziente Transportkorridore geachtet. Ebenso wird der Austausch mit europäischen und internationalen Partnern bezüglich einheitlicher internationaler Standards und gemeinsamer Definitionen gestärkt.

3.8 Forschung, Technologieentwicklung und Innovation

Die Entwicklung von Wasserstofftechnologien und -systemen kann als Chance gesehen werden, um die österreichische Technologieführerschaft in innovativen Energie- und Verkehrstechnologien weiter voranzubringen. Österreich als zentrale Energiespeicherregion, Knotenpunkt im Energietransport, Volkswirtschaft mit starker Industrie und vielen Fahrzeugzulieferunternehmen und als bedeutender Standort für erneuerbare Energieträger ist für die Entwicklung von konkreten Anwendungsfällen geeignet. Mit einer ausgeprägten Forschungslandschaft und der starken Innovationskraft von Unternehmen und Industrie ist Österreich zudem ideal positioniert, um internationale Forschungsprojekte durchzuführen und diese strategisch in einer Energiemodellregion umzusetzen. Um den Forschungs- und Entwicklungsstandort Österreich im Bereich der Umwelttechnologien zu stärken, aber auch deren Anwendung am Standort Österreich zu forcieren, wird die Technologieentwicklung durch die F&E-Förderprogramme des BMK unterstützt. Darüber hinaus werden durch umsetzungsorientierte Förderinstrumente, wie beispielsweise das neue Programm „Transformation der Wirtschaft“ (100 Mio. EUR bis 2026) im Rahmen

des nationalen Aufbau- und Resilienzplans, diverse Pilot- oder Demonstrationsanlagen (auch ETS-Anlagen) zur Erprobung und Einführung neuer und wesentlich verbesserter Technologien, darunter auch Wasserstoffprojekte, unterstützt. Im Rahmen des von der deutschen EU-Ratspräsidentschaft 2019 initiierten Prozesses der Erstellung einer europäischen Strategic Research & Innovation Agenda (SRIA) „Green Hydrogen“ wurde die Basis für transnationale FTI-Förderausschreibungen der EU-Staaten gelegt, für die das BMK Fördermittel für die Jahre 2022 und 2023 reserviert hat.

Österreich ist auch im internationalen Kontext aktiv an der Forschung und Weiterentwicklung von Wasserstofftechnologien beteiligt. Durch den Beitritt Österreichs als Partner in der Mission Hydrogen im Rahmen der Mission Innovation wird die Technologieentwicklung aktiv vorangetrieben, mit dem Ziel, bis 2030 deutliche Reduktionen der Kosten von Wasserstofftechnologien zu erreichen. Seitens der österreichischen Innovationslandschaft wird in diesem Zusammenhang ein besonderer Fokus auf „Hydrogen Valleys“ und Umfeldanalysen gelegt.

FTI-Felder im Bereich Wasserstoff

Industrie

Zahlreiche innovative industrielle Anwendungen von Wasserstoff befinden sich aktuell global in Entwicklung und sind auch bereits in Demonstrations- und Pilotprojekten im Einsatz. In Österreich wird in einem Vorreiterprojekt in einem der maßgebenden Sektoren, der Eisen- und Stahlindustrie, der Einsatz von Elektrolyseuren bereits im großen Maßstab getestet, um Erfahrungen für eine Dekarbonisierung des Sektors mit klimaneutralem Wasserstoff zu sammeln. Die Forschung in dem Sektor betrifft einerseits die effiziente Integration von Elektrolyseuren in die Prozesskette, andererseits die Direkt- und Schmelzreduktion von Eisenerz mittels Wasserstoff für die Roheisen- und Stahlproduktion.

Gewerbe

Die Forschung für gewerbliche Anwendungen von Wasserstoff betrifft vornehmlich eine kalorische Verwertung und eine gleichzeitige Nutzung in der gewerblichen Mobilität (Warentransport). Die Integration des Energieträgers für die verschiedenen Anwendungen ist Gegenstand eines österreichischen Pilotprojektes, welches in einem Supermarktbetrieb die Anwendung von elektrolytischem Wasserstoff für die Betriebsöfen und die Fahrzeugflotte einsetzt. Eine Effizienzsteigerung wird dabei durch die Nutzung der Abwärme der betriebenen Elektrolyseanlage für die Raumwärme im Betrieb erzielt.

Mobilität

Neben den relevanten Fahrzeugtechnologien (Betankung, Speicher etc.) und -antrieben (Brennstoffzellen) werden im Bereich der Wasserstoffmobilität vor allem effiziente Gesamtfahrzeugkonzepte weiterentwickelt, und es wird an deren Einbettung in Mobilitätsanwendungen geforscht. Der Betrieb von Wasserstoffzügen wurde beispielsweise im Zuge eines Demonstrationsprojektes in Österreich evaluiert, wobei die Anwendung auf nicht elektrifizierbare Nebenstrecken fokussiert werden sollte.

Ein größeres Anwendungspotential liegt jedoch in speziellen Bereichen des Schwerlastverkehrs sowie insbesondere im Flug- und Schiffsverkehr. Im Bereich des Flug- und Schiffsverkehrs beschäftigt sich die Forschung einerseits mit dem Einsatz von e-Fuels und Großmotoren und andererseits mit einem direkten Wasserstoffeinsatz in Brennstoffzellen, wobei Letzteres jedenfalls als eine langfristige Entwicklung zu betrachten ist.

Infrastruktur

Zur Integration von Wasserstoff in das Energiesystem wird vor allem an der Speicherung und dem effizienten Transport von Wasserstoff geforscht. In Österreich wurden Forschungsprojekte zur Untertagespeicherung von Wasserstoff durchgeführt, wodurch wichtige Erkenntnisse zur Realisierung von saisonalen Speichern generiert werden konnten. Die Wasserstoffverträglichkeit von diversen Infrastrukturanlagen und Verbrauchern ist ebenfalls Gegenstand von Forschungsprojekten, welche den Transport bzw. die Ein- und Ausspeisung von Wasserstoff im Gasnetz prüfen. Die Wiederentnahme und die anschließende Aufbereitung zur Wasserstoffnutzung sind ebenfalls ein wichtiger Forschungsaspekt in diesem Zusammenhang.

Produktionstechnologien

Während die Elektrolyse eine zentrale Rolle in der Produktion von erneuerbarem Wasserstoff einnimmt, sind Produktionstechnologien auf Basis von biogenen Rohstoffen ein wichtiger zusätzlicher Erzeugungspfad, bei dessen Entwicklung Österreich eine führende Stellung innehat. Die Produktion von klimaneutralen Gasen (Biomethan, Wasserstoff) wird in Österreich in zahlreichen Unternehmen innovativ weiterentwickelt und mit Forschungsinstitutionen im Realbetrieb getestet. In diesem Zusammenhang wird ebenfalls an Methanisierungsprozessen geforscht, wodurch aus erneuerbarem Wasserstoff Methan für spezifische Anwendungen bzw. für eine uneingeschränkte Einspeisung in das Gasnetz produziert werden kann. Auch die Entwicklung von Pyrolysetechnologien zur Herstellung von Wasserstoff und festem Kohlenstoff soll im Hinblick auf das Potential negativer Kohlenstoffemissionen verfolgt werden. Auch hier ist wiederum im Sinne der europäischen Methanstrategie auf Emissionen entlang der Lieferkette zu achten.

Brennstoffzellen und Elektrolyseure

Die Entwicklung von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren zielt primär auf eine Erhöhung der Effizienz sowie auf eine Reduktion von eingesetzten seltenen und teuren Rohstoffen (bspw. Platin), und damit auf eine Reduktion der Kosten, ab. In Österreich werden sowohl bei der PEM-Elektrolyse als auch bei SOEC-Technologien Entwicklungen vorangetrieben.

3.9 Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft entlang der dargelegten strategischen Leitlinien bietet neben klima- und energietechnischen Chancen neue wirtschaftliche Perspektiven für den Wirtschaftsstandort Österreich. Im Bereich der Wasserstofftechnologien ergeben sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette erhebliche wirtschaftliche Potentiale, die Österreich als globaler Akteur im Innovationsbereich ergreifen kann, um die heimische Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu stärken.

Innerhalb von Europa und Österreich wurde in den letzten Jahrzehnten großes technologisches Knowhow im Bereich Wasserstoff aufgebaut. Bereits jetzt gehören heimische Unternehmen zu den führenden in der Umwelt- und Energietechnologiebranche und verfügen über viele Kernkompetenzen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette. Jedoch haben im internationalen Wettbewerb vor allem Staaten in Asien und Nordamerika in den letzten Jahren einzelne Technologieführerschaften im Wasserstoffbereich erlangt. Durch gezielte Unterstützung der österreichischen F&E-Landschaft wird das Ziel angestrebt, Österreich führend in Bereichen des erneuerbaren Wasserstoffes zu halten und die wirtschaftlichen Potentiale entlang der gesamten Wertschöpfungskette auszuschöpfen. Neben den sich bietenden Chancen zur Entwicklung und Produktion von Materialien, Komponenten oder Systemen, sollen auch Möglichkeiten der nationalen Anwendung und Erzeugung von klimaneutralem Wasserstoff vorangetrieben werden. Dadurch wird es zusätzlich ermöglicht, nationale Wertschöpfung und Standorte in anderen Industriebereichen im Zuge der Dekarbonisierung langfristig zu sichern.

Ein zentrales Vorhaben zur Realisierung dieser Ziele ist die österreichische Beteiligung an den Important Projects of Common European Interest (IPCEI) zu Wasserstoff. Für die Teilnahme an den IPCEI-Wellen zu Wasserstoff werden aus den Mitteln der Aufbau- und Resilienzfazilität national 125 Millionen Euro bis 2026 bereitgestellt. Der österreichische Beitrag soll sich auf erneuerbaren Wasserstoff, insbesondere zur Dekarbonisierung von industriellen Prozessen, fokussieren sowie heimische Investitionen und Wertschöpfung durch Forschung und Technologieentwicklung innerhalb der Wasserstoffwertschöpfungskette unterstützen. Darüber hinaus soll auch die Teilnahme an weiteren Ausschreibungen zu H₂-IPCEIs bzw. IPCEIs zur Dekarbonisierung mittels H₂, insbesondere im industriellen Bereich, bei entsprechendem Bedarf erfolgen.

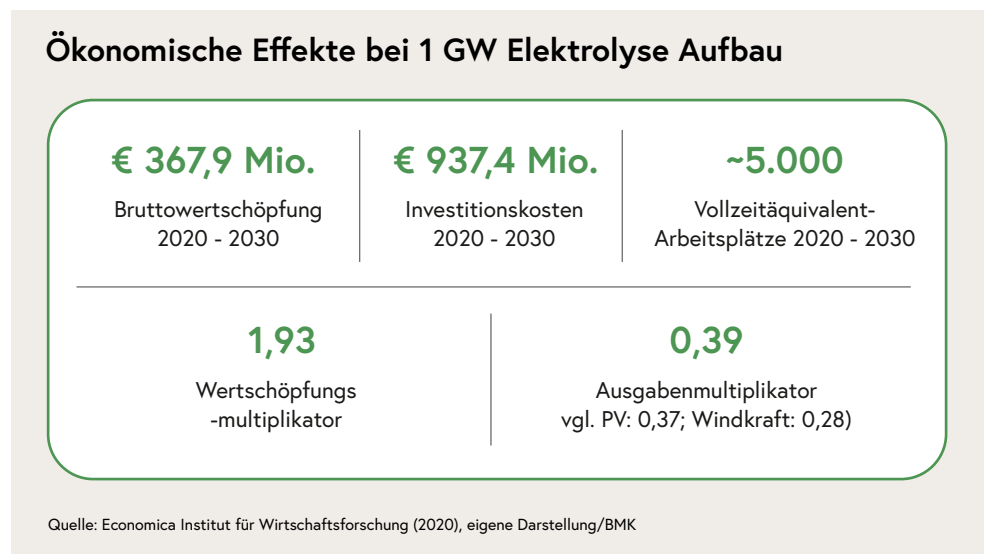
3.10 Ökonomische Effekte in Österreich

Um die ökonomischen Effekte einer erneuerbaren Wasserstoffwirtschaft in Österreich zu quantifizieren, wurde im Auftrag des BMK vom Economica Institut für Wirtschaftsforschung eine Analyse der wirtschaftlichen Chancen entlang der Wertschöpfungseffekte des Wasserstoffeinsatzes mit Fokus auf die Elektrolyse durchgeführt. Für den Aufbau von 1 GW installierter Elektrolysekapazität bis 2030 berechnet die Studie dabei Inves-

titionskosten in Höhe von 937 Millionen Euro, wovon 475,2 Millionen Euro in Österreich wirksam werden. Diese in Österreich wirksamen Investitionen führen zu einer Gesamtwertschöpfung von 368 Millionen Euro.¹⁴

Mit einem Ausgabenmultiplikator von 0,39 für Investitionen in Elektrolyseanlagen, liegt der im Inland wertschöpfungswirksame Anteil der Investitionen in einem vergleichbaren Bereich wie bei Investitionen in Photovoltaik und Windkraftanlagen. Der errechnete Wertschöpfungsmultiplikator von 1,93 gibt an, dass 1 Euro an Wertschöpfung, ausgelöst unmittelbar durch die Errichtung eines Elektrolyseurs, zu weiteren 0,93 Euro Wertschöpfung in anderen Sektoren in Österreich führt. Dieser Wert ist aufgrund hoher Vorleistungen bei gleichzeitig relativ niedrigem direkten Wertschöpfungsanteil vergleichsweise hoch. Die dadurch ausgelösten Beschäftigungseffekte bis 2030 belaufen sich auf 4.791 Vollzeitäquivalente.

Abbildung 4: Ökonomische Effekte bei 1 GW Elektrolyse Aufbau



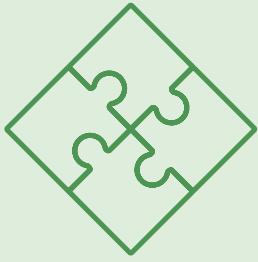
14 Economica (2020): Ökonomische Effekte der Wasserstoffstrategie

4

Umsetzung der Wasserstoffstrategie

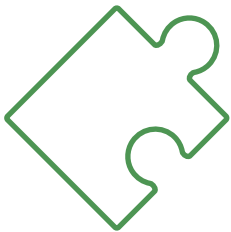
Die Maßnahmen für die Umsetzung der Wasserstoffstrategie werden in sieben übergeordnete Aktionsfelder unterteilt. Ergänzt werden sie um Maßnahmen auf europäischer Ebene.





4.1 Aktionsfelder

1. Zeitnahen Markthochlauf mittels Vorzeigeprojekten ermöglichen
2. Förderung und Anreize für die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff schaffen
3. Anreize für marktwirtschaftliche Geschäftsmodelle und den gezielten Einsatz von Wasserstoff in der Industrie schaffen
4. Infrastruktur für Wasserstoff aufbauen und Importmöglichkeiten schaffen
5. Gezielte Weiterentwicklung von Wasserstofftechnologien in der Mobilität
6. Forschung und Entwicklung intensivieren
7. Gründung der Wasserstoff-Plattform H2Austria
8. Österreichs Schwerpunkte auf europäischer und internationaler Ebene

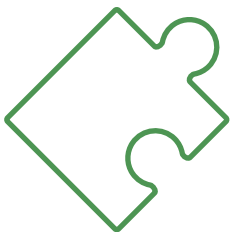


Aktionsfeld 1:

Zeitnahen Markthochlauf mittels Vorzeigeprojekten ermöglichen

Die Basis für einen gezielten Einsatz von klimaneutralem Wasserstoff muss durch die zeitnahe Errichtung von Vorzeigeprojekten zur Technologiedemonstration geschaffen werden und dabei eine entsprechende Skalierung erreicht werden. Damit wird gezielt heimische Wertschöpfung generiert sowie Kompetenzaufbau in Österreich unterstützt. Nur mit politischen Maßnahmen sind aufgrund derzeit noch bestehender mangelnder Wirtschaftlichkeit maßgebliche Investitionen in Produktionsanlagen für erneuerbaren Wasserstoff zu erwarten.

- Teilnahme Österreichs an den ersten Wellen der International Projects of Common European Interest (IPCEI) im Bereich Wasserstoff mit einem Budget von 125 Mio. Euro bis 2026.
- Unterstützung österreichischer Unternehmen bei Fördereinreichungen im Rahmen des EU Innovationsfonds.
- Bereits umgesetzte Maßnahmen im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes-Pakets:
 - Rechtliche Ermöglichung des Betriebs von Elektrolyseanlagen durch die Netzbetreiber zur Unterstützung des Stromsystems und der Sektorintegration im EIWOG. Der Einsatz soll als Konversionsdienstleistung für den Markt erfolgen.



Aktionsfeld 2:

Förderung und Anreize für die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff schaffen

Die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff soll gegenüber fossilen Alternativen wettbewerbsfähig werden. Ebenso sollen regulatorische Barrieren abgebaut werden. Die folgenden Maßnahmen sollen daher zur Erlangung marktwirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit von erneuerbarem Wasserstoff beitragen, administrative Prozesserleichterungen

erwirken sowie unklare und nicht mehr zweckdienliche regulatorische Gegebenheiten überwinden.

- Die Einführung einer Quote für den Absatz erneuerbarer Gase am österreichischen Gasmarkt.
- Etablierung einer CO₂-Bepreisung für alle CO₂-Emissionen außerhalb des europäischen Emissionshandels bis Mitte 2022.
- Vereinfachung von Bau- und Betriebsgenehmigungsverfahren sowie Flächenwidmungen bei der Errichtung und Inbetriebnahme von Wasserstoff-Produktionsanlagen und Infrastruktur.
- Etablierung eines nationalen statistischen Systems über Wasserstoffproduktion und -verbrauch, differenziert nach Erzeugungsarten und Verbrauchssektoren.
- Bereits umgesetzte Maßnahmen im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes-Pakets:
 - Einführung von Investitionsförderungen für Elektrolyse- und Biomethananlagen zur Erreichung des notwendigen Anteils erneuerbarer Gase bis 2030 im Ausmaß von 80 Mio. EUR pro Jahr.
 - Übernahme der Anschlusskosten von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Gase von Netzbetreibern.
 - Befreiung von Netzentgelten bei der Entnahme von Gas aus dem Gasnetz zum Zweck der Vermischung mit Wasserstoff und anschließender erneuter Einspeisung ins Netz.
 - Befreiung der Elektrolyseanlagen von allen stromseitigen Endverbraucherentgelten und -umlagen für den Markthochlauf zu dekarbonisierender Prozesse.

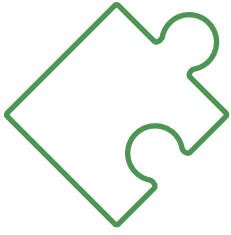
Aktionsfeld 3:

Anreize für marktwirtschaftliche Geschäftsmodelle und den gezielten Einsatz von Wasserstoff in der Industrie schaffen

Um einen gezielten und nachhaltigen Wasserstoffeinsatz vor allem in der energieintensiven Industrie zu verwirklichen, benötigt es zielgerichtete Anreize und eine Minderung der Risiken für maßgebliche Investitionen in die Transformation der Industrie hin zu klimaneutralem Wasserstoff. Die folgenden Maßnahmen sollen dazu beitragen:

- Förderungen für Projekte zur Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff in Industriebetrieben im Rahmen des Förderprogramms „Transformation der Wirtschaft“ (bis 2026).
- Gestaltung eines Förderungsinstruments zur gezielten und nachhaltigen Förderung für Transformationsprozesse in der energieintensiven Industrie (nach dem Ansatz für Carbon Contracts for Difference bzw. „Klimaschutzverträge“) auch für den Bereich Wasserstoff.
- Etablierung von Ausbildungsmöglichkeiten für Fachkräfte im Bereich Wasserstoff.

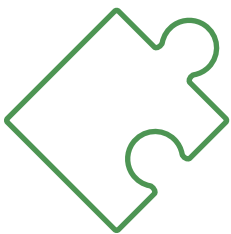




Aktionsfeld 4: Infrastruktur für Wasserstoff aufbauen und Importmöglichkeiten schaffen

Entscheidend für einen wirtschaftlichen Einsatz von Wasserstoff ist eine gezielte, dem jeweiligen Anwendungszweck entsprechende Verbindung von Wasserstoffproduzent:innen und Verbraucher:innen. Langfristig braucht es dafür die effiziente Entwicklung der Erdgasinfrastruktur hin zu einer Wasserstoffinfrastruktur. Gleichzeitig werden Importe von klimaneutralem Wasserstoff und seinen Derivaten aus EU- und Drittstaaten in Zukunft eine zentrale Rolle spielen. Dahingehend braucht es verstärkte strategische Kooperation und Austausch mit europäischen und internationalen Partner:innen sowie die Etablierung eines transparenten Zertifizierungssystems, das die Rückverfolgbarkeit von Wasserstoff sicherstellt. Die folgenden Maßnahmen sollen dazu beitragen:

- Erstellung einer umfassenden Studie zur Rolle der Gasinfrastruktur in einem klimaneutralen Österreich 2040.
- Roadmap zu einem Hydrogen Backbone: Entwicklung einer Roadmap für Adaptierungen von reinen Erdgasleitungen zu Wasserstoffleitungen und bedarfsorientierter Bau von Wasserstoffleitungen.
- Identifikation von Standorten zur effizienten Produktion und Verbrauchszentren von erneuerbaren Gasen im Rahmen des integrierten österreichischen Netzinfrastukturplans (NIP).
- Anhebung der Wasserstofftoleranz im Gasnetz bis auf 10 % (umgesetzt mit der novellierten ÖVGW Richtlinie G B210), ergänzt um einen weiterführenden Stufenplan mit konkreten Meilensteinen bis 2040.
- Erstellung einer Studie zu Importmöglichkeiten für erneuerbaren Wasserstoff nach Österreich.
- Erarbeitung eines Konzepts zur Entwicklung von Importmöglichkeiten und Aufbau von europäischen und internationalen Kooperationspartnerschaften für klimaneutralen Wasserstoff und seiner Derivate.
- Etablierung eines geeigneten Zertifizierungssystems für klimaneutralen Wasserstoff.



Aktionsfeld 5: Gezielte Weiterentwicklung von Wasserstofftechnologien in der Mobilität

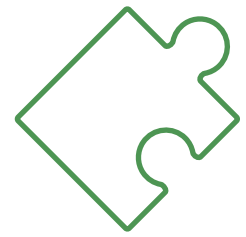
Auf Basis eines systemischen Ansatzes muss parallel zu fahrzeugtechnischen und infrastrukturellen Maßnahmen ein intelligentes Mobilitätsmanagement zu einer sinnhaften Integration von Wasserstoff in der Mobilität führen. Dadurch können alternative Mobilitätslösungen und -services mit besonderem Fokus auf den residualen Schwerverkehr und teilweise auf Busse erarbeitet werden. Hierzu bedarf es passender Rahmenbedingungen, Unterstützung von ambitionierten Pilotprojekten, zielgerichteter Förderprogramme und weiterer Forschungsaktivitäten. Die folgenden Maßnahmen sollen dazu beitragen:

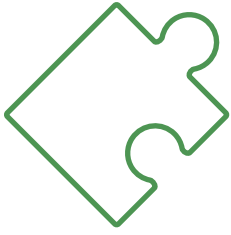
- Unterstützung durch F&E- und Demonstrationsförderprogramme für Nullemissionstechnologien (inkl. Wasserstoff) im Mobilitätsbereich (z. B. FTI-Agenda Mobilität, Zero Emission Mobility).
- Weiterführung der E-Mobilitätsoffensive mit Anschubfinanzierung insbesondere mit Fokus auf Lkw und Busse mit Nullemissionstechnologien (BEV, FCEV) mit der zugehörigen Lade- und Betankungsinfrastruktur, konzipiert als Programm für die Umstellung von größeren Flotten einer Gesamtstrategie für Mobilität mit Start der diesbezüglichen neuen großvolumigen Förderprogramme EBIN (Emissionsfreie Busse und Infrastruktur) und ENIN (Emissionsfreie Nutzfahrzeuge und Infrastruktur) im Jahr 2022.
- Stärkung der Bewusstseinsbildung und Beratung für Betriebe und Flottenbetreiber:innen zu emissionsfreien Fuhrparkumstellungen inkl. Wasserstoff für Nutzfahrzeuge und Busse.
- Implementierung von Kriterien für Nullemissionstechnologien (inkl. Wasserstoff) im Mobilitätsbereich in der innovationsfördernden öffentlichen Beschaffung.

Aktionsfeld 6: Forschung und Entwicklung intensivieren

Neue und bewährte Initiativen der Forschungs- und Innovationsförderung sollen für eine baldige Umsetzung der Strategie eingesetzt und damit künftige Markterfolge und die Nutzung neuer Technologien möglich gemacht werden. In vielen Bereichen der Technik wird es noch große Entwicklungen geben, welche bisher nur im Labormaßstab verfügbar sind. Um diese Potentiale zu verwirklichen, ist eine deutliche Beschleunigung der in Österreich bereits begonnenen Aktivitäten erforderlich. Die folgenden Maßnahmen sollen dazu beitragen:

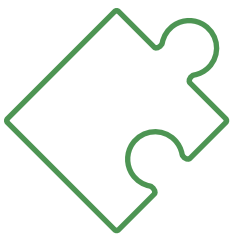
- Kontinuierliche Förderung der Weiterentwicklung von Wasserstofftechnologien im Rahmen der FTI-Agenda Mobilität sowie von transnationalen F&E-Projekten im Rahmen der europäischen Strategic Research & Hydrogen Agenda „Green Hydrogen“.
- Finanzierung von Demonstrationsanlagen für die Vorzeigeregionen Energie.
- Etablierung neuer Förderinstrumente entlang der gesamten F&E-Kette für Wasserstoff.
- Umsetzung der FTI-Strategie Mobilität mit Brennstoffzellen und Wasserstoff für Nischenanwendungen als einem der Schwerpunkte.
- Fortführung der Wasserstoffaktivitäten innerhalb der FTI-Strategie Mobilität 2040 mit Ausschreibungen zu Brennstoffzellen und Wasserstoff als einem der Schwerpunkte.
- Einrichtung von „Living Labs“, welche umsetzungsnahe und sektorenübergreifende Erprobungen unter realen Bedingungen ermöglichen.





Aktionsfeld 7: Gründung der Wasserstoff-Plattform H2Austria

Um einen regelmäßigen Dialog zwischen relevanten Stakeholdern sowie Entscheidungsträgern für die Umsetzung der Wasserstoffstrategie für Österreich sicherzustellen, wird die nationale Wasserstoff-Plattform H2Austria etabliert. Diese bündelt die Perspektiven, Kompetenzen und Aktivitäten von Forschung, Industrie, Energiewirtschaft und Zivilgesellschaft in einem Dialogprozess. Die Plattform soll darüber hinaus die Zusammenarbeit und Synergien zwischen lokalen, regionalen und nationalen Akteur:innen aus verschiedenen Bereichen stärken, den Informationsaustausch erleichtern, evidenzbasierte Grundlagen für die strategische Umsetzung der Strategie bereitstellen und mittels Kommunikation ein verstärktes Bewusstsein für klimaneutralen Wasserstoff schaffen.



Aktionsfeld 8: Österreichs Schwerpunkte auf europäischer und internationaler Ebene

Für viele Herausforderungen im Bereich Wasserstoff werden europäische und internationale Lösungen notwendig sein. Auf EU-Ebene braucht es dafür einen kohärenten europäischen Rahmen, einen funktionierenden Energiebinnenmarkt und klare Regularien. Auf internationaler Ebene ist eine verstärkte Kooperation mit Partnerländern und die internationale Positionierung heimischer Unternehmen von großer Bedeutung. In diesem Kontext werden folgende Handlungsfelder als österreichische Schwerpunkte verfolgt:

Intensivierung der internationalen Kooperation im Bereich Wasserstoff

Um den Handel von Wasserstoff mit Drittstaaten aufzubauen und Exportchancen für österreichische Unternehmen zu generieren, wird Österreich die Zusammenarbeit mit potentiellen Handelspartnern intensivieren. Abnehmerseitig soll eine Energieimportdiversifizierung durch einen internationalen Wasserstoffmarkt verfolgt werden, um beispielsweise klimaneutrale Wasserstoffpotentiale in Drittländern zu nutzen. In diesem Zusammenhang soll ein verstärktes Augenmerk auf eine langfristige Versorgungssicherheit sowie auf eine Kompatibilität mit den Klimazielen gelegt werden.

Etablierung EU-weit koordinierter und robuster Nachweissysteme für erneuerbare Gase

Für einen internationalen und EU-weiten Handel von erneuerbaren Gasen soll, basierend auf bestehenden Plattformen und Methoden, die Herkunft und die Nachhaltigkeit der Gase eindeutig, nachvollziehbar und für die Endkund:innen transparent zertifiziert werden. Dabei ist vor allem die Kompatibilität der zukünftigen nationalen Nachweissysteme untereinander und die gegenseitige Anrechenbarkeit innerhalb der EU sicherzustellen.

Entwicklung eines flexiblen europäischen Regulierungsrahmens für Wasserstoff

Die EU-Gesetzgebung für Wasserstoff soll klare Leitprinzipien für einen harmonisierten Regulierungsrahmen vorgeben und Anreize für den Aufbau eines europäischen Wasserstoffmarktes setzen. Ein erster Rechtsrahmen für Wasserstoff sollte den Markt und die nationalen Bedingungen widerspiegeln und sich mit ihnen weiterentwickeln. Dabei sollen gemeinsame Grundsätze gelten, die auf die Förderung eines Wasserstoffbinnenmarktes ohne Handelsverzerrungen abzielen und gleichzeitig sollen „stranded assets“, vor allem in der Infrastrukturentwicklung, vermieden werden.

Entwicklung einer Wasserstoffinfrastruktur durch überarbeitete Leitlinien für transeuropäische Energienetze

Die überarbeiteten Leitlinien für transeuropäische Energienetze (TEN-E-Verordnung) tragen dazu bei, die europäische Strom- und Gasinfrastruktur nachhaltig zu dekarbonisieren und gleichzeitig Sektorintegration, Marktintegration, Versorgungssicherheit und Wettbewerb sicherzustellen. In diesem Sinne wurden neue Projektkategorien, wie u. a. für Wasserstoff und Elektrolyseanlagen geschaffen, die den Aufbau eines europäischen Wasserstoffmarktes vorantreiben sollen. Die Umrüstung konventioneller Erdgasinfrastrukturen hin zu Wasserstoffleitungen wird unterstützt, ebenso wie Projekte für andere erneuerbare Gase und Energiespeicher. Zudem ist auch die Möglichkeit der Durchführung von „Projekten gegenseitigen Interesses“ mit Drittstaaten vorgesehen. Bei der Erstellung künftiger Listen von Projekten gemeinsamen Interesses (PCI) wird Österreich darauf achten, dass keine Projekte gefördert werden, die direkt oder indirekt fossile Energien unterstützen.

Förderung von einheitlichen technischen Standards in der Gasinfrastruktur

In Anbetracht der potenziellen Lock-in-Effekte von Wasserstoffbeimischung ins Gasnetz und des hohen Bedarfes an reinem Wasserstoff in den entsprechenden Anwendungen liegt aus österreichischer Sicht eine klare Priorität in der Nutzung von reinem Wasserstoff und der Entwicklung reiner Wasserstoffnetze. Dennoch bedarf es weiterer Arbeiten zur Transparenz und Harmonisierung der Wasserstofftoleranzen im europäischen Gassystem. Unterschiede zwischen den nationalen Wasserstoffgrenzwerten können ansonsten die kontinuierlichen Bemühungen um eine Harmonisierung der Gasqualität untergraben und Investitionssignale verzerren.

Important Projects of Common European Interest (IPCEI) und Clean Hydrogen Alliance

Im Rahmen des Aufbaus einer EU-weiten Wasserstoffwertschöpfungskette nimmt Österreich an den ersten *Important Projects of Common European Interest* (IPCEI) für die Wertschöpfungskette Wasserstoff mit einem Budget von 125 Mio. EUR bis 2026 teil. Der österreichische Beitrag soll sich dabei auf erneuerbaren Wasserstoff, insbesondere zur Dekarbonisierung von industriellen Prozessen, fokussieren sowie heimische Investi-

tionen und Wertschöpfung durch Forschung und Technologieentwicklung innerhalb der Wasserstoffwertschöpfungskette unterstützen. Zudem engagiert sich Österreich auf Bundesebene für die Ausarbeitung von europäischen Wasserstoffgroßprojekten in der dafür von der Europäischen Kommission geschaffenen European Clean Hydrogen Alliance. Auch die Teilnahme an weiteren IPCEIs in diesem Themenfeld soll bei entsprechendem Bedarf erfolgen.

Etablierung von Wasserstoff als europäischen Forschungsschwerpunkt

Die führende Stellung Europas in Sachen Innovation, industrielle Wettbewerbsfähigkeit und Klimaschutzpolitik soll durch die Entwicklung von nachhaltigen Wasserstofftechnologien gesichert werden. Hierzu kann unter anderem der EU-Innovationsfonds als Förderinstrument von Demonstrationsvorhaben innovativer Technologien und industrieller Innovationen, darunter auch von Projekten in Zusammenhang mit Wasserstoff, einen wertvollen Beitrag leisten. Ebenso spielt klimaneutraler Wasserstoff bei Horizon Europe im Cluster „Climate, Energy & Mobility“ eine bedeutende Rolle. In der „Clean Hydrogen Partnership“, einer öffentlich-privaten Partnerschaft zur Unterstützung von Forschungs- und Innovationsaktivitäten, ist Österreich durch das BMK vertreten. Die EU wird das Vorhaben aus dem Forschungsrahmenprogramm Horizon Europe im Zeitraum 2021-2027 mit 1 Milliarde Euro unterstützen, ergänzt durch Investitionen der privaten Mitglieder der Partnerschaft in mindestens gleicher Höhe. Eine erste Ausschreibung erfolgte im zweiten Quartal 2022.

Erleichterung des grenzüberschreitenden Verkehrs mit Brennstoffzellenantrieb

Österreich wird im Rahmen der Novellierung der Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) auf eine rasche Standardisierung der Wasserstoffbetankungsinfrastruktur für schwere Fahrzeuge hinwirken, um die Weiterentwicklung des europäischen Infrastrukturaufbaus zu ermöglichen.

Beimischverpflichtungen für Sustainable Aviation Fuels (SAFs)

Im Rahmen der Verhandlungen der ReFuel Aviation setzt sich Österreich für ambitionierte Beimischverpflichtungen, insbesondere für synthetische Treibstoffe, in der Luftfahrt ein. Diese sollen den strengen Nachhaltigkeitskriterien der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie unterliegen. Ebenso müssen mögliche Wettbewerbsverzerrungen durch Drittstaaten berücksichtigt werden und temporäre Unterstützung für den Markthochlauf in der EU gewährt werden.

Ausgestaltung der Emissionshandelsrichtlinie zur Unterstützung von erneuerbarem Wasserstoff

Bei der Überarbeitung des EU-Emissionshandels sollen Anreize gesetzt werden, um den Ausbau der klimaneutralen Wasserstoffproduktion in der EU zu unterstützen. Österreich setzt sich dafür ein, das EU-weite Energiesystem danach auszurichten und zu gestalten,

um Versorgungssicherheit und Klimaneutralität international wettbewerbsfähig und rechtssicher zu gewährleisten.

4.2 Governance und Monitoring zur Umsetzung der Strategie

Zur Umsetzung der österreichischen Wasserstoffstrategie wird eine Taskforce der zuständigen Ministerien eingerichtet. Um größtmögliche Transparenz und Einbindung von relevanten Stakeholdern in den Umsetzungsprozess zu gewährleisten, wird die Taskforce in ihren Arbeiten vom Beirat der nationalen Wasserstoffplattform H2Austria unterstützt. Um eine gesamtsystemische Umsetzung sicherzustellen, wird der Governance-Prozess der Wasserstoffstrategie laufend mit anderen wasserstoffrelevanten Strategien abgestimmt.

Taskforce „Wasserstoffstrategie für Österreich“

Eine Taskforce bestehend aus Vertreter:innen der zuständigen Ministerien wird die laufende Umsetzung der in der vorliegenden Strategie festgeschriebenen Maßnahmen entsprechend den acht Aktionsfeldern begleiten, die Umsetzung abstimmen und sicherstellen sowie notwendige Anpassungen im Sinne der Zielerreichungen vornehmen. Diese soll mindestens einmal jährlich tagen.

Beirat zur Wasserstoffstrategie für Österreich

Der im Rahmen von H2Austria gegründete Beirat, wird die Taskforce der Ministerien unterstützen und den Umsetzungsprozess der Wasserstoffstrategie begleiten. Auf Basis der Erkenntnisse des Dialogprozesses von H2Austria, werden die Mitglieder des Beirats, ergänzt durch ihre eigene Expertise, Empfehlungen für die Task-Force erarbeiten.

Monitoring

Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie legt dem österreichischen Parlament ab 2023 und anschließend alle zwei Jahre einen Evaluierungsbericht über die Umsetzung der Strategie sowie die Implementierung der einzelnen Maßnahmen des Aktionsplans vor. Der Bericht enthält eine Evaluierung der gesteckten Zielsetzungen, auch in Hinsicht auf Österreichs Beitrag zu den europäischen Energie- und Klimazielen und zu den Zielen des Pariser Klimaschutzübereinkommens. Gleichzeitig werden die umzusetzenden Maßnahmen hinsichtlich ihres Umsetzungsstands und ihrer Wirkung auf das Energiesystem und auf Treibhausgaseinsparungen, insbesondere auf das Treibhausgas-Reduktionsziel im Nicht-Emissionshandelssektor für Österreich bis 2030 beurteilt. Diese Evaluierung soll zudem eine Überprüfung der Auswirkungen von regulatorischen, gesetzlichen und finanziellen Instrumenten hinsichtlich einer zu vermeidenden Konkurrenzsituation zu alternativen, potenziell effektiveren oder effizienteren Dekarbonisierungsoptionen beinhalten.

Abkürzungsverzeichnis

atm	Atmosphären
CGH ₂	Compressed Gaseous Hydrogen
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
H ₂	Wasserstoff
IPCEI	Important Project of Common European Interest
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LH ₂	Liquid Hydrogen
O ₂	Sauerstoff
PV	Photovoltaik
PtG	Power-to-Gas
PtX	Power-to-X

Einheitsverzeichnis

Abkürzung	Einheit	
a	Jahr	
h	Stunde	
W	Watt	
kW	Kilowatt	$10^3 = 1.000 \text{ W}$
MW	Megawatt	$10^6 = 1.000.000 \text{ W}$
GW	Gigawatt	$10^9 = 1.000.000.000 \text{ W}$
TW	Terawatt	$10^{12} = 1.000.000.000.000 \text{ W}$
Wh	Wattstunde	
kWh	Kilowattstunde	$10^3 = 1.000 \text{ Wh}$
MWh	Megawattstunde	$10^6 = 1.000.000 \text{ Wh}$
GWh	Gigawattstunde	$10^9 = 1.000.000.000 \text{ Wh}$
TWh	Terawattstunde	$10^{12} = 1.000.000.000.000 \text{ Wh}$
V	Volt	
kV	Kilovolt	$10^3 = 1.000 \text{ V}$
t	Tonne	
Mt	Megatonne	$10^6 = 1.000.000 \text{ t}$
Nm ³	Normkubikmeter – dies ist jene Menge Gas, die bei einem Druck von 1,01325 bar, einer Luftfeuchtigkeit von 0 % und einer Temperatur von 0° C in einem Volumen von einem Kubikmeter enthalten ist.	
Nm ³ /h	Normkubikmeter pro Stunde	
Nm ³ /a	Normkubikmeter pro Jahr	
Nm ³ CH ₄ /h	Normkubikmeter Methan pro Stunde	
Nm ³ CH ₄ /a	Normkubikmeter Methan pro Jahr	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wo Wasserstoff eingesetzt werden soll.....	14
Abbildung 2: Erneuerbares Gas in Österreich 2040.....	22
Abbildung 3: Vergleich ausgewählter Wasserstofftransportoptione.....	32
Abbildung 4: Ökonomische Effekte bei 1 GW Elektrolyse Aufbau.....	40

Literaturverzeichnis

AEA, E.ON Energy Research Center, E.ON Energy Research Center, E.ON Energy Research Center (2021): Quantitative Abschätzung von Nachfrage und Angebot. Wien.

Agora Energiewende, Agora Industry (2021): 12 Insights on Hydrogen. Berlin.

Ariadne Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (2021): Kopernikus-Projekt, Durchstarten trotz Unsicherheiten: Eckpunkte einer anpassungsfähigen Wasserstoffstrategie. Potsdam.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2021): Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich – Der neue Klimaschutzrahmen für den Verkehrssektor. Nachhaltig – resilient – digital. Wien. [bmk.gv.at/themen/mobilitaet/mobilitaetsmasterplan.html](https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/mobilitaetsmasterplan.html)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Berlin.

Bundesverband Deutscher Industrie (2021): Klimapfade 2.0 – ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Berlin.

Der Nationale Wasserstoffrat (2021): Wasserstofftransport 2021

Economica Institut für Wirtschaftsforschung (2020): Ökonomische Effekte der Wasserstoffstrategie – Impaktanalyse. Wien.

Patisson, Mirgaux, Hydrogen Ironmaking (2020): How It Works. Metals. 2020; 10(7), 922. doi.org/10.3390/met10070922

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2021): Wasserstoff im Klimaschutz. Berlin.

Technische Universität Wien – Institute of Energy Systems and Electrical Drives, Energy Economics Group (2021): Perspektiven der Sektorkopplung in Form von P2G für Österreich bis 2030/2040 aus energiewirtschaftlicher Sicht – Kurzstudie. Wien.

Umweltbundesamt (2019): Treibhausgas-Bilanz Österreichs 2019, [umweltbundesamt.at/news210119](https://www.umweltbundesamt.at/news210119)

Umweltbundesamt (2021): Wasserstoff – Schlüssel im künftigen Energiesystem, [umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluessel-im-kuenftigen-energiesystem](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluessel-im-kuenftigen-energiesystem) - Rolle (Stand 30. Oktober 2021).

