



Einordnung verschiedener Pfade der Herstellung von Wasserstoff („Farbenlehre“)

1 HINTERGRUND

Die Etablierung eines Wasserstoffmarktes bildet einen wesentlichen Baustein für den Übergang zu einer klimaneutralen Volkswirtschaft. Wasserstoff ist in diesem Kontext nicht nur ein neuer Energieträger oder Rohstoff für das Energiesystem bzw. die Industrie, er bildet eine Plattform. Diese Plattformfunktion ergibt sich einerseits aus den vielfältigen Möglichkeiten, Wasserstoff herzustellen, und andererseits aus der Vielzahl der Weiterverarbeitungs- und Nutzungsmöglichkeiten.

Mit Blick auf die verschiedenen Möglichkeiten zur Bereitstellung von Wasserstoff bzw. deren Förderwürdigkeit im Kontext des Übergangs zu einer klimaneutralen Volkswirtschaft existieren im Nationalen Wasserstoffrat unterschiedliche Sichtweisen. Dazu gehören Fragen der ökologischen Bewertung, der Aufkommenspotenziale, der Kosten, der industrie- und innovationspolitischen Chancen und Risiken sowie der geostrategischen Implikationen, jeweils auch mit Blick auf unterschiedliche Zeithorizonte.

Die strittigen Aspekte, die in Bezug auf die unterschiedlichen Herstellungsrouten für Wasserstoff bestehen, sind auf mehrere Gründe zurückzuführen. Sie beruhen teilweise auf Grundüberzeugungen („core beliefs“), die sich nicht oder nur schwer verändern lassen, teilweise aber auch auf unterschiedlichen analytischen Einschätzungen bzw. Erwartungen. Die objektive Annäherung an diese unterschiedlichen Positionen ist sinnvoll und auch notwendig, um eine bessere Grundlage für politische Entscheidungsprozesse zu schaffen.

Dieses Papier soll dazu dienen, unterschiedliche Analysen bzw. Bewertungen transparenter bzw. nachvollziehbarer zu machen. Es soll insofern keine Mehrheits- oder Minderheitspositionen im Nationalen Wasserstoffrat beschreiben, sondern auf Basis der Erfahrungen aus den Diskussionen des Nationalen Wasserstoffrats Positionsbestimmungen erleichtern.

2 PFADSPEZIFIKATIONEN FÜR DIE HERSTELLUNG VON WASSERSTOFF

In der Diskussion der Pfade für die Herstellung von Wasserstoff hat sich vor allem im deutschen Kontext die Kategorisierung bestimmter Technologiepfade entlang von Farben herausgebildet, die aber teilweise uneinheitlich ist.

Diese idealtypischen Kategorisierungen können unter realen Bedingungen, vor allem in der Übergangs- bzw. Hochlaufphase sowie in Abhängigkeit von den gewählten Systemgrenzen teilweise in Mischformen auftreten.

Unabhängig von der jeweiligen namentlichen Farbgebung ist jedoch das Produkt der Wasserstoff, der aus einer entsprechenden Quelle (Wasser, fossile Energieträger, Biomasse, anderweitig organisch und anorganisch gebunden) und einem entsprechenden Prozess (Elektrolyse, Reformierung, Pyrolyse, biochemische Prozesse, photochemische Prozesse etc.) hervorgegangen ist und damit einen ökologischen und ökonomischen Fußabdruck hinterlässt. Die jeweiligen Pfade zum Wasserstoff werden durch unterschiedlichste Randbedingungen beeinflusst. Die Spezifikation an dieser Stelle kann nur sicher aufgrund der ökologischen Parameter und damit im Wesentlichen über den Fußabdruck des jeweiligen Wasserstoffs in Bezug auf die Treibhausgasemissionen (CO₂) erfolgen. Ökonomische Einflüsse unterliegen einem ständigen Wandel in ihrer technologischen und zeitlichen Dimension und stellen daher immer nur eine Momentaufnahme dar.

Der Nationale Wasserstoffrat legt seinen Diskussionen die folgenden Kategorisierungen, die den ökologischen Fußabdruck betrachten, zugrunde:

- ◆ grauer Wasserstoff ist Wasserstoff, der aus fossilen Energieträgern wie z. B. Erdgas ohne Maßnahmen zur direkten oder indirekten Vermeidung von Treibhausgasemissionen, also mit hoher Treibhausgas-Emissionslast, hergestellt wird;
- ◆ blauer Wasserstoff ist aus fossilen Energieträgern hergestellter Wasserstoff, bei dem das im Herstellungsprozess anfallende CO₂ zu (sehr) großen Teilen abgetrennt und in geologischen Formationen eingelagert wird;
- ◆ türkiser Wasserstoff ist aus fossilen Energieträgern hergestellter Wasserstoff, bei dessen Herstellungsprozess fester Kohlenstoff anfällt, der als Rohstoff für die Weiterverwendung eingesetzt oder auch eingelagert werden kann, sodass es weder direkt noch bei der Verwendung oder Entsorgung der Produkte zur Freisetzung von CO₂ in die Atmosphäre kommt;

Im Bereich der strombasierten Verfahren sind idealtypisch drei Pfade ausgeprägt, deren farbliche Unterscheidung sich aus der jeweiligen Art der Stromerzeugung ableitet¹:

- ◆ gelb: Hierbei wird der Strom zur Erzeugung des Wasserstoffs aus dem Netz entnommen und stellt in der Regel einen entsprechenden Strommix dar.
- ◆ rot: Hierbei stammt der Strom zur Erzeugung des Wasserstoffs aus nuklearer Erzeugung.
- ◆ grün: Hierbei stammt der Strom zur Erzeugung des Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien.

Neben diesen Hauptkategorien existiert eine Reihe von anderen Aufkommenspfaden, die hier erwähnt, aber im Folgenden nicht weiter betrachtet werden sollen:

- ◆ Überschusswasserstoff aus entsprechenden technologischen Prozessen (Wasserstoff aus der Chlor-Alkali-Elektrolyse, Wasserstoff aus mit Ethan betriebenen Olefinanlagen);
- ◆ Wasserstoff aus der thermo- oder biochemischen Konversion von Biomasse;
- ◆ Wasserstoff aus natürlichen Vorkommen.

¹ Die genannten Pfade erlauben definitorisch und in der Realisierung auch Mischformen. Deutlich wird an dieser Stelle, dass rechtssichere Definitionen weiterhin offen sind. Hier bedarf es zeitnah einer regulatorisch sicheren Festlegung (vgl. Delegierte Rechtsakte zu RED II).

Neben der Kategorisierung der Aufkommenspfade entlang der Treibhausgasemissionen existieren weitere Einflussparameter. Einzelne davon werden bezugnehmend auf die Farbe in den Fokus gerückt und nachfolgend betrachtet:

- ◆ Grauer Wasserstoff ist kommerziell und im industriellen Maßstab verfügbar, die Technologien sind ausgereift. Die Kosten des aus fossilen Energiequellen (vor allem Erdgas) erzeugten grauen Wasserstoffs bilden eine zentrale Referenzgröße für andere Bereitstellungspfade von Wasserstoff. Beim grauen Wasserstoff sind die durch technologische Entwicklung erzielbaren Kostensenkungspotenziale eher gering; die Produktionskosten hängen stark von den aktuellen Preisen ab. Mit Ausnahme der Anforderung zur Reduktion der Treibhausgasemissionen sind kurz- und mittelfristig keine signifikanten Restriktionen für das Aufkommen grauen Wasserstoffs zu erkennen.
- ◆ Die Erzeugung von grünem Wasserstoff ist mit ausgereiften Technologien und voraussichtlich in naher Zukunft auch in großskaligem Maßstab möglich. Grüner Wasserstoff kann dabei grundsätzlich sowohl in stark zentralisierten als auch in eher dezentral ausgerichteten Strukturen erzeugt werden. Die Kostensenkungspotenziale sind insbesondere mit Blick auf die Elektrolyseanlagen (Capex) wie auch auf die Estandskosten regenerativ erzeugten Stroms sowohl kurz- als auch mittel- und langfristig groß, sodass unter Maßgabe einer entsprechenden CO₂-Bepreisung zumindest langfristig eine Kostenparität mit grauem Wasserstoff erwartet wird. Restriktionen für eine signifikante und deutlich steigende Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff bestehen national vor allem in der Verfügbarkeit von regenerativ erzeugtem Strom. Aus der europäischen Perspektive sind diese Restriktionen deutlich geringer und im globalen Maßstab langfristig nicht relevant. Im internationalen Maßstab ist die Erzeugung von grünem Wasserstoff sowohl für einen Teil der heutigen Lieferanten von fossilen Energieträgern als auch für völlig neue Anbieterregionen eine relevante Option.
- ◆ Die Erzeugung von rotem Wasserstoff ist mit ausgereiften Technologien und voraussichtlich in naher Zukunft auch im großtechnischen Maßstab möglich. Diskutiert wird auch die Erzeugung von Wasserstoff mit neuen Reaktortechnologien, die sich aktuell noch im niedrigen TRL-Bereich befinden (SMR, HTR)². Die Kostensenkungspotenziale sind mit Blick auf die Elektrolyseanlagen groß. Mit Blick auf die Estandskosten von in neuen Nuklearanlagen erzeugtem Strom sollte aufgrund der stetig steigenden Sicherheitsanforderungen und langen Genehmigungsprozesse von steigenden Kosten ausgegangen werden. Restriktionen für ein signifikantes und deutlich steigendes Aufkommen von rotem Wasserstoff bestehen vor allem in der öffentlichen Akzeptanz der Nuklearstromerzeugung der zugehörigen Prozessketten und der Entsorgung des nuklearen Abfalls sowie in den langen Genehmigungszeiträumen. Damit könnten signifikante Mengen roten Wasserstoffs wohl erst deutlich nach 2030 zur Verfügung stehen. Im internationalen Maßstab ist die Erzeugung von rotem Wasserstoff nur für Staaten mit hoher Akzeptanz für die Kernenergie eine relevante Option.
- ◆ Die Erzeugung von blauem Wasserstoff ist mit ausgereiften Technologien in großskaligem Maßstab möglich. Signifikante Kostensenkungspotenziale sind auf ausgewählte Prozessstufen (bestimmte CO₂-Abscheideverfahren) beschränkt und bewegen sich im mittleren Bereich. Gleichwohl hängen die Erzeugungskosten von blauem Wasserstoff sehr stark von den Estandskosten für die fossilen Einsatzenergieträger ab. Unter Maßgabe einer entsprechenden CO₂-Bepreisung kann eine Kostenparität mit grauem Wasserstoff kurz- bis mittelfristig erzielt werden. Strategische Restriktionen für ein signifikantes und deutlich steigendes Aufkommen von blauem Wasserstoff bestehen neben den verbleibenden (Rest-)Emissionen von Treibhausgasen vor allem in der Verfügbarkeit sicherer und

² SMR = Small Modular Reactor; HTR = High Temperature Reactor.

dauerhafter geologischer Langzeitspeicher für CO₂ bzw. der Schaffung der notwendigen Transport- und Speicherinfrastrukturen. Im internationalen Maßstab ist die Erzeugung von blauem Wasserstoff vor allem für Staaten eine relevante Option, die auch zukünftig große Mengen von fossilen Energieträgern erzeugen könnten und aus diesem Grund bereits heute in diesen Märkten aktiv sind.

- ◆ Die Herstellung von türkischem Wasserstoff befindet sich derzeit in der Übergangsphase vom Labor- zum Technikumsmaßstab (Technology Readiness Level (TRL) 3–4). Die großskalige Verfügbarkeit ist mit Blick auf Zeitpunkt und Kostenniveau aktuell nur schwer absehbar. Bezüglich der Nutzung bzw. Entsorgung des anfallenden festen Kohlenstoffs besteht noch eine Vielzahl von offenen Fragen, die jedoch grundsätzlich lösbar erscheinen, wodurch neue Wertschöpfungsketten eröffnet werden könnten. Außerdem ist zu erwarten, dass die Einlagerung von festem Kohlenstoff erheblich einfacher als die Einlagerung von gasförmigem CO₂ realisierbar ist. Restriktionen für ein signifikantes und deutlich steigendes Aufkommen von türkischem Wasserstoff bestehen neben den verbleibenden (Rest-)Emissionen von Treibhausgasen vor allem in der klimaneutralen Verwendung bzw. Entsorgung des anfallenden festen Kohlenstoffs. Im internationalen Maßstab ist die Erzeugung von türkischem Wasserstoff vor allem für Staaten eine relevante Option, die auch zukünftig große Mengen von fossilen Energieträgern bereitstellen und darum heute bereits in diesen Märkten aktiv sind.

3 DIMENSIONEN DER EINORDNUNG

3.1 UMWELTPOLITISCHE EINORDNUNG

Die Auswirkungen der Wasserstoffbereitstellung auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen bilden eine entscheidende Dimension für die Einordnung der unterschiedlichen Aufkommenspfade für Wasserstoff³.

Die Systemgrenzen für die entsprechenden Bewertungen sind nicht nur auf einer analytischen Ebene, sondern auch für die damit verbundenen Umsetzungsinstrumente von Wasserstoffstrategien (z. B. für die Zertifizierung und Anrechenbarkeit) hoch relevant. Grundsätzlich können hier drei Abgrenzungsräume unterschieden werden:

- ◆ Die direkten Treibhausgasemissionen bei der Wasserstofferzeugung sind mit hoher Sicherheit bestimmbar. Dies betrifft auch den Ort der Freisetzung der Treibhausgasemissionen in die Atmosphäre⁴. Direkte Treibhausgasemissionen entstehen bei der Herstellung von grauem, blauem und türkischem Wasserstoff.

³ Dieses Papier begrenzt die Betrachtung einzelner Erzeugungspfade mit Blick auf ihre Treibhausgasintensität. Für weitere Aspekte verweisen wir auf das Nachhaltigkeitspapier des NRW, das die Gesamtheit der ökologischen Einordnung abbildet.

⁴ Der Ort der Freisetzung der Treibhausgase in die Atmosphäre ist vor allem aus der Perspektive der Klimaschutz-Governance relevant, werden doch die Emissionen den Staaten zugerechnet, auf deren Territorien sie entstehen. Innerhalb der (Industrie-)Staaten mit einer sehr robusten Klimaschutz-Governance werden damit grenzüberschreitende Effekte auf der Ebene von Marktprozessen angemessen reflektiert. Jenseits dieser Staaten können durch die Verlagerung von Emissionseffekten jedoch signifikante Herausforderungen in den Bereichen von politischer Integrität und Fairness entstehen. Für die öffentliche Akzeptanz von Wasserstoffanwendungen sind die grenzüberschreitenden Emissionseffekte ebenfalls von hoher Relevanz.

- ◆ Die Treibhausgasemissionen in den vor- und nachgelagerten Prozessstufen (Stromerzeugung für die Elektrolyse, Treibhausgasemissionen aus der Erdgasbereitstellung, Treibhausgasemissionen bei CO₂-Speicherung) sind im Grundsatz robust bestimmbar, aber wesentlich von wenigen Parametern bzw. Grenzsetzungen abhängig (Betrachtung des Stromsystems in Teilen oder der Gesamtheit bezüglich Zusätzlichkeit der Stromerzeugung, Datenverfügbarkeit und -sicherheit für die Vorkettenemissionen der Erdgasbereitstellung; Zeithorizont der Betrachtung bzw. der jeweiligen zeitlichen Dynamiken). Der Freisetzungsort von Treibhausgasemissionen in die Atmosphäre ist auch hier vergleichsweise robust bestimmbar. Die so abgegrenzten Treibhausgasemissionen sind vor allem für grauen, gelben, blauen, türkisen – teilweise auch für grünen und roten – Wasserstoff relevant.
- ◆ Die Treibhausgasemissionen aus der umfassenden Lebenszyklusanalyse (inklusive aller Energie- und Materialvorleistungen etc.) sind modellmäßig bestimmbar, aber von einer großen Vielzahl von Systemgrenzen und Parametern abhängig, die Berücksichtigung zeitlicher Dynamiken und die räumliche Zuordnung der Treibhausgasemissionen sind nur mit sehr hohen Unsicherheiten möglich. Die so abgegrenzten Treibhausgasemissionen sind für alle Herstellungspfade von Wasserstoff relevant.

Für den Zustand der umfassenden Klimaneutralität, also die Umstellung aller Wertschöpfungsketten auf klimaneutrale Prozesse, wird der grüne Wasserstoff als notwendig angesehen.

Unklar ist, welche Rolle die unterschiedlichen Wasserstofferzeugungsrouten für die Übergangsprozesse zur umfassenden Klimaneutralität haben können oder sollten. Es können grob drei Positionierungen abgeleitet werden:

- ◆ Die erste Position hält aus Sicht der Treibhausgasemissionen auch für die Übergangsprozesse nur grünen Wasserstoff für akzeptabel, sofern keine technisch-planerischen Limitationen dies verunmöglichen.
- ◆ Die zweite Position hält den Einsatz von blauem oder türkisem Wasserstoff für sinnvoll und notwendig, wenn im Vergleich zur Bereitstellung der konkurrierenden fossilen Energieträger eine signifikante Emissionsminderung erreicht wird.
- ◆ Die dritte Position hält den Einsatz von blauem oder türkisem Wasserstoff auch dann für sinnvoll, wenn für die direkten Emissionen bei der Herstellung hinreichend ambitionierte Emissionsminderungen erreicht und die Emissionen aus vorgelagerten Prozessstufen nicht weiter betrachtet werden, da es sich dabei um Emissionen handelt, deren Abbau in die Verantwortlichkeit anderer Staaten fällt bzw. von deren Klimaneutralitätsstrategien abhängig ist.

Spezifisch für die Bewertung von blauem Wasserstoff bildet die langfristig sichere Abtrennung und Speicherung des anfallenden CO₂ (Carbon Capture and Storage – CCS) einen strittigen Aspekt:

- ◆ Die erste Position hält den Einsatz von CCS für grundsätzlich nicht hinreichend sicher und lehnt aus diesem Grund jeglichen auf CCS beruhenden Herstellungspfad ab.
- ◆ Die zweite Position hält den Einsatz von CCS zwar grundsätzlich und in bestimmten Grenzen für akzeptabel, sieht aber die Konkurrenz in der Nutzung von geologischen Speicherstrukturen für CCS zur Herstellung von Wasserstoff mit der Nutzung der CCS-Anwendungen in anderen Industriebereichen (z. B. Zementindustrie).

- ◆ Die dritte Position hält den Einsatz von CCS für grundsätzlich – sowie mit den entsprechenden regulativen Rahmenbedingungen hinreichend sicher – machbar und sieht die Konkurrenzsituation mit anderen CCS-Anwendungen während des für blauen Wasserstoff relevanten Zeitraums nicht als entscheidend an bzw. erwartet von der CCS-Nutzung für die Herstellung von blauem Wasserstoff einen (Deckungs-)Beitrag zum Aufbau der notwendigen CCS-Infrastrukturen.

Für die robuste Bilanzierung und Zertifizierung der unterschiedlichen Treibhausgasemissionen und deren Bewertung müssen zumindest in einigen Bereichen die Präzision, die Transparenz und die Belastbarkeit der Emissionsdaten deutlich erhöht werden. Dies gilt nicht nur, aber vor allem für die Prozesskettenemissionen von Erdgaslieferungen aus Russland und anderen außereuropäischen Herkunftsregionen und deren klimapolitische Bewertung (mit Blick auf das zu veranschlagende spezifische Treibhauspotenzial) sowie eine sichere dauerhafte Speicherung von CO₂.

Eine spezifisch für elektrolytisch hergestellten Wasserstoff relevante Frage bildet die Einordnung der kernenergiebasierten Stromerzeugungsrouten:

- ◆ Die erste Position hält den Einsatz von rotem Wasserstoff mit Blick auf die speziell mit der Kernenergie verbundenen Risiken (Schadensumfang großer Unfälle, Transporte, sicherer Betrieb, Rückbau- und Entsorgungsfragen, Uranbereitstellung, Proliferation) für nicht akzeptabel.
- ◆ Die zweite Position hält den Einsatz von rotem Wasserstoff durch neue Erzeugungstechnologien in dem Bereich für theoretisch möglich. Die Technik neuer Reaktorkonzepte (SMR) ist aber nicht so weit ausgereift, dass eine serielle Produktion bereits erfolgen könnte. Die erhofften Lern-, Massen- und Skaleneffekte werden bestenfalls langfristig greifen. Was die Generation IV, also alternative Reaktorkonzepte, angeht, so beinhaltet diese Position Zweifel an der technologischen Reife innerhalb der kommenden beiden Dekaden.
- ◆ Die dritte Position hält den Einsatz von rotem Wasserstoff vor allem mit Verweis auf die geringeren Eintrittswahrscheinlichkeiten großer Unfälle, die grundsätzliche technologische Lösbarkeit der Endlagerfrage und die regulative Einhegung von z. B. Proliferationsrisiken und weil es ihn ohnehin auf dem internationalen Markt geben wird, für akzeptabel.

Weiterhin strittig bleiben die zukünftige Rolle und das Potenzial der Produktion und Verwendung des roten Wasserstoffs außerhalb Deutschlands (hier insbesondere USA, UK, Mittlerer Osten und China) und in der EU (Frankreich, Polen und Tschechien).

Die unterschiedlichen Positionen sind bezüglich klimapolitischer Einordnung der Herstellungsrouten teilweise auf Grundüberzeugungen (Restemissionen, CCS, Kernenergie etc.) zurückzuführen, also auch durch eine deutliche Verbesserung der Datengrundlagen nicht maßgeblich beeinflussbar. Ein Teil der beschriebenen Einordnungsunterschiede (vor allem mit Blick auf die Belastbarkeit der Emissionsminderungen) könnte jedoch durch detailliertere bzw. robustere Datengrundlagen abgebaut werden.

3.2 MENGENSEITIGE EINORDNUNG

Langfristig sollen grüner Wasserstoff und seine Derivate aus europäischer und außereuropäischer Herstellung zusätzlich zu heimischer Produktion den notwendigen Bedarf zur Erreichung von Klimaneutralität decken.

Mit Blick auf das mittelfristige Aufkommen von Wasserstoff ergibt sich folgendes Bild:

- ◆ Die erste Position hält das erzielbare Aufkommen von grünem Wasserstoff aus einheimischer Produktion und ggf. Importen auch für den mittelfristigen Zeithorizont (2030/2035) für hinreichend, um die entsprechenden Klimaziele zu erreichen, d. h., die Dynamik beim grünen Wasserstoff wird als hinreichend angesehen, um den Hochlauf und die notwendigen Infrastrukturen zu schaffen.
- ◆ Die zweite Position hält das Risiko eines nicht hinreichenden Aufkommens von grünem Wasserstoff für zu groß, wenn nicht auch zumindest ein Anteil blauen Wasserstoffs angestrebt wird. Gleichwohl wird dieser Anteil durch die realisierbaren Transport- und Speicherinfrastrukturen begrenzt. Ob für die relevanten Zeithorizonte und aus der Mengenperspektive auch türkiser Wasserstoff relevant werden kann, ist unsicher.
- ◆ Die dritte Position votiert für einen direkten Einsatz aller aktuell verfügbaren Wasserstoffpfade und den beschleunigten Aufbau von Anlagen, Infrastrukturen und Logistikketten, um schnellstmöglich nachgelagerte Anwendungen und Transportwege für den Einsatz von grünem Wasserstoff aufzubauen.

Alle drei Sichten unterscheiden sich dabei nicht nur hinsichtlich der Aufkommensperspektive, sondern auch mit Blick auf die als sinnvoll und notwendig vorausgesetzten Nachfragevolumina.

Die unterschiedlichen Positionen sind weniger auf Grundüberzeugungen, sondern mehr auf fehlende Daten zurückzuführen und könnten damit durch detailliertere Datengrundlagen angenähert werden.

3.3 KOSTENSEITIGE EINORDNUNG

Die Kosten von Wasserstoff werden vor allem durch drei Determinanten geprägt. Erstens sind dies die Kosten für die eingesetzten Energieträger (Erdgas für grauen, blauen und türkisen Wasserstoff, Strom für grünen, gelben und roten Wasserstoff). Zweitens sind dies die Investitionskosten für die Umwandlungsanlagen (Steam-Methan-Reforming, Pyrolyseanlagen, CO₂-Abtrennungsanlagen, Elektrolyseanlagen). Drittens ist die Auslastung der Umwandlungsanlagen ein entscheidender Faktor. Als Sonderfaktor für blauen Wasserstoff sind darüber hinaus die Kosten für den CO₂-Abtransport sowie die sichere und langfristige CO₂-Einlagerung in geologischen Formationen relevant.

Grauer Wasserstoff bildet einen wichtigen Benchmark für die kostenseitige Einordnung von Wasserstoff anderer Farben.

Für die Marktgängigkeit von grünem Wasserstoff wird kurz- und mittelfristig der Ausgleich von Kostendifferenzen in größerem Maßstab erforderlich sein als beim blauen Wasserstoff. Dies gilt zumindest für das Niveau von Erdgaspreisen, die vor dem Jahr 2021 existierten. Allerdings sind die Kosten von grünem Wasserstoff einem geringeren Volatilitätsrisiko ausgesetzt, wogegen der Preis von blauem und türkischem Wasserstoff den Preisbewegungen auf den internationalen Brennstoffmärkten folgt. Klar ist aber auch,

dass sich verändernde Erdgaskosten vermittelt über die Strommärkte auch in den Einstandskosten für die strombasierte Wasserstoffherzeugung niederschlagen werden und die bei hohen Erdgaspreisen entstehenden Kostenvorteile von grünem Wasserstoff sich auf der Preisseite nur teilweise materialisieren können.

Die auf mittlere Sicht (2030/2035) und möglicherweise auch längerfristig bestehenden Kostendifferenzen zwischen grünem Wasserstoff und Wasserstoff aus anderen Herstellungsrouten werden zumindest teilweise unterschiedlich eingeordnet und stellen nur eine Momentaufnahme dar:

- ◆ Die erste Position ordnet die Kostendifferenzen in absehbarer Zeit als so gering ein, dass die höheren Ausgleichssummen akzeptabel wären.
- ◆ Die zweite Position hält die entsprechenden Kostendifferenzen für so relevant, dass sie die Verfügbarmachung von Wasserstoffmengen jenseits der grünen Aufkommensroute für sinnvoll hält.

Die unterschiedlichen Positionen hinsichtlich der kostenseitigen Einordnung sind weniger auf Grundüberzeugungen als vielmehr auf unterschiedliche Erwartungen realer Entwicklungen zurückzuführen. Ein detailliertes Monitoring der Entwicklungen und der sich schrittweise verbessernden Projektionen kann dazu beitragen, die unterschiedlichen Einordnungen zumindest teilweise anzunähern.

3.4 INDUSTRIEPOLITISCHE EINORDNUNG

Wasserstoff hat vor allem für Deutschland als Land mit einem starken Wertschöpfungs- und Exportanteil in der Industrie eine wichtige industriepolitische und damit auch gesellschaftliche Rolle inne.

Während die herausgehobene Position von grünem Wasserstoff industriepolitisch unbestritten ist, wird diese Dimension für andere Herstellungsrouten unterschiedlich eingeordnet:

- ◆ Die erste Position hält das industriepolitische Momentum aufgrund fehlender Akzeptanz anderer Herstellungsrouten für nicht ausreichend relevant bzw. sieht Unterstützungsmaßnahmen für andere Herstellungsrouten nicht als notwendig an.
- ◆ Die zweite Position sieht sowohl aus Perspektive der Anwender als auch der Anlagenhersteller (und deren Zulieferer) einen industriepolitischen Vorteil, wenn durch die Akzeptanz eines breiteren Portfolios von Wasserstoffherstellungsrouten der Markthochlauf im In- und Ausland dynamischer und flexibler vollzogen werden kann, als es bei einer Konzentration auf grünen Wasserstoff der Fall wäre.

Die unterschiedlichen Positionen mit Blick auf die industriepolitische Einordnung sind weniger auf Grundüberzeugungen als vielmehr auf unterschiedliche Erwartungen realer Entwicklungen zurückzuführen. Ein detailliertes Monitoring der Entwicklungen und der sich schrittweise verbessernden Projektionen kann dazu beitragen, die unterschiedlichen Einordnungen zumindest teilweise anzunähern.

3.5 INNOVATIONSPOLITISCHE EINORDNUNG

Die Entwicklung eines Wasserstoffmarktes in der deutschen, europäischen und internationalen Volkswirtschaft ist abhängig von erheblichen Innovationsfortschritten. Für eine Volkswirtschaft wie Deutschland entstehen sowohl im Bereich der Herstellung, des Transportes, der Konversion sowie der Anwendung erhebliche Chancen, wenn Fortschritte im Innovationsbereich und die entsprechenden

wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Vorteile erzielt werden können. Gleichzeitig sind solche Innovationseffekte auch abhängig davon, inwieweit sich die Kommerzialisierung von Innovation vor allem im internationalen Kontext materialisieren lässt.

Relevant für die innovationspolitische Komponente sind vor allem die Elektrolyse (grüner und ggf. roter Wasserstoff), die Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien sowie die Herstellungsverfahren für türkisen Wasserstoff. Jenseits der Herstellung von Wasserstoff ist auch die Erzeugung von Wasserstoffderivaten insbesondere im Anlagenbau und in der Verfahrenstechnik von erheblicher innovationspolitischer Bedeutung.

Während die bedeutende Rolle von grünem Wasserstoff sowie von Wasserstoffderivaten in allen Facetten der innovationspolitischen Perspektive unbestritten ist, wird diese Dimension für die türkise Herstellungsrouten unterschiedlich eingeordnet:

- ◆ Die erste Position hält das innovationspolitische Momentum aufgrund der fehlenden Akzeptanz anderer als der grünen Herstellungsrouten aus deutscher Sicht für nicht ausreichend relevant bzw. sieht hier keine wesentliche Bedeutung einer Ausweitung der Unterstützungsmaßnahmen in Deutschland auf Herstellungsrouten jenseits des grünen Wasserstoffs.
- ◆ Die zweite Position sieht vor allem einen innovationspolitischen Vorteil, wenn ein breiteres Portfolio von Wasserstoffherstellungsrouten innovationspolitisch gefördert wird. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass im internationalen Kontext auch andere Technologien (CCS/Methanpyrolyse) stärker als in Deutschland nachgefragt werden.

Die Unterschiede der Positionen mit Blick auf die innovationspolitische Einordnung von Wasserstoff beruhen auf unterschiedlichen Zukunftserwartungen und können wegen der sehr frühzeitigen innovationspolitischen Weichenstellungen nur schwer abgebaut werden.

Irdings die Notwendigkeit, die entsprechende Infrastruktur massiv auszubauen, nur dann können diese Maßnahmen auch ihre potenzielle Wirkung entfalten.

3.6 GEOPOLITISCHE EINORDNUNG

Der Hochlauf eines Wasserstoffmarktes in den europäischen und internationalen Volkswirtschaften sowie der entsprechende Rückgang der Nachfrage nach fossilen Energieträgern oder auch die steigende Nachfrage nach Rohstoffen werden Handelsbeziehungen und geopolitische Gleichgewichte verschieben. Daher ist sowohl in der Umbauphase mit erheblichen Unwägbarkeiten und Risiken zu rechnen als auch langfristig mit signifikanten Machtverschiebungen.

Vor dem Hintergrund sehr unterschiedlicher wirtschafts- und energiepolitischer Ausrichtungen werden in den Anpassungsprozessen unterschiedliche technologische Herstellungsrouten eine Rolle spielen. Staaten mit einer starken Fokussierung auf fossile Energieträger werden sich auch auf die Herstellung von Wasserstoff auf Basis von fossilen Energien (vor allem Erdgas) konzentrieren und dafür entstehende Märkte bedienen.

Die Erzeugung von blauem (und türkisem) Wasserstoff gewinnt mit hoher Wahrscheinlichkeit für diejenigen Staaten an Attraktivität, die auf robuste Ausgangsbedingungen im Bereich CCS aufbauen können und die über Transport- und Infrastrukturen verfügen, die angepasst werden können. Sie wird im Zeit-

verlauf vor allem für diejenigen Staaten an Attraktivität verlieren, die über günstige Voraussetzungen für die Strom- bzw. Wasserstofferzeugung auf Basis erneuerbarer Energien verfügen, vor allem sobald sich die Kostensenkungen im Bereich des grünen Wasserstoffs sichtbar materialisieren.

Eine ähnliche Situation kann sich mit Blick auf roten Wasserstoff für Staaten mit einer klaren Präferenz für Kernenergie ergeben, wenn diese in der Lage sind, erhebliche zusätzliche Stromerzeugungsmengen aus Kernenergie kostengünstig für die Wasserstofferzeugung verfügbar zu machen.

Weitgehend unstrittig ist, dass die Bereitstellung von grünem Wasserstoff im europäischen und internationalen Kontext einen Markt eröffnet, der von einer Vielzahl etablierter und neuer Anbieter bedient werden kann, und dass sich damit die Chance einer Diversifizierung auch bei hohen Importquoten bietet.

Ob und wie aus geopolitischer Sicht der Einsatz entsprechender Flankierungsmaßnahmen für Herstellungsrouten jenseits des grünen Wasserstoffs sinnvoll und vorteilhaft sein kann, bleibt jedoch umstritten:

- ◆ Die erste Position erwartet von der Öffnung solcher Flankierungsmechanismen für andere Herstellungsrouten keine wesentliche Entspannung der notwendigen Übergangs- und Anpassungsprozesse. Außerdem wird eine fehlende Fokussierung auf grünen Wasserstoff als ein zu schwaches internationales Richtungssignal und damit eine Verzögerung der langfristig unausweichlichen Anpassungsprozesse gesehen.
- ◆ Die zweite Position sieht mit der Öffnung solcher Flankierungsmechanismen für andere Herstellungsrouten eine Entschärfung der Übergangsprobleme im Kontext der Transformation zum klimaneutralen Wirtschaften als wahrscheinlich an. Erwartet wird der Übergang zur Versorgung mit grünem Wasserstoff vor allem als Ergebnis internationaler Marktprozesse. Das Momentum europäischer Signaleffekte wird als zu gering erachtet.

Die unterschiedlichen Positionen mit Blick auf die geopolitische Einordnung beruhen in zentralen Bereichen auf unterschiedlichen Grundüberzeugungen bezüglich internationaler Beziehungen, die sich nur schwer sowie vor allem nur mit breit und langfristig angelegten Dialogprozessen mit den sehr unterschiedlichen Lieferregionen angleichen werden.

Unabhängig von diesen Szenarien ist es jedoch zwingend erforderlich, einen europäischen Abstimmungsprozess zu initiieren. Zielsetzung muss es sein, ein resilientes Energiesystem in Europa und ein international nachhaltiges Beziehungsgeflecht mit gleich gesinnten Partnerländern aufzubauen, um auch in einem geopolitisch konfliktiveren Umfeld über eine robuste Wasserstoffversorgung und ebenso robuste Wasserstoffmärkte zu verfügen.

3.7 LOCK-IN-EFFEKTE

In den Diskussionen um die verschiedenen technologischen Herstellungsrouten spielen Lock-in-Effekte eine wesentliche Rolle. Unter Lock-in-Effekt wird eine Situation beschrieben, in der die Entscheidung für bestimmte Investitionen dazu führt, dass der Wechsel zu anderen Produkten oder Anbietern durch unakzeptable Wechselkosten oder andere Barrieren auch für den Fall verhindert wird, dass die anderen Produkte kostengünstiger oder anderweitig vorteilhafter sind. Lock-in-Effekte können durch Standards, Infrastrukturanbindungen, begrenzte Investitions- und/oder Fördermittel etc. entstehen.

Ob und inwieweit Lock-in-Effekte in einem schnell wachsenden Markt für eine Commodity wie Wasserstoff real auftreten können, ist unklar:

- ◆ Die erste Position erwartet von der Öffnung des Wasserstoffhochlaufs (bzw. der damit verbundenen Flankierungsmechanismen) für technologische Herstellungsrouten jenseits des grünen Wasserstoffs wegen begrenzter finanzieller (Flankierungs-)Mittel und ggf. anderer Infrastrukturen eine deutliche Schwächung der Hochlaufdynamik für grünen Wasserstoff und damit mittel- und langfristig kontraproduktive Effekte.
- ◆ Die zweite Position verweist auf die in jedem Fall mengenseitig deutlich begrenzte Rolle von technologischen Herstellungsrouten jenseits des grünen Wasserstoffs, die entsprechend sehr begrenzten Effekte auf der Kosten- bzw. Finanzierungsseite und die generellen Commodity-Eigenschaften von Wasserstoff. Diese Position sieht auch die Möglichkeit von Anbieterdiversifizierung und stuft das Risiko von Lock-in-Effekten gerade mit Blick auf die langfristigen Perspektiven der Wasserstoffwirtschaft als gering ein.

Ein detailliertes Monitoring der realen Entwicklungen und der sich schrittweise verbessernden Projektionen kann dazu beitragen, die unterschiedlichen Positionen zumindest teilweise abzubauen. Demgemäß ausgestaltete Absicherungsmechanismen können die Rolle der Lock-in-Problematik im Bereich der strittigen Einordnungen zumindest teilweise entschärfen helfen.

4 AUSBLICK

Die konkrete Einordnung verschiedener Herstellungsrouten für Wasserstoff und Wasserstoffderivate ist das Ergebnis komplexer und teilweise sehr differenzierter Einzelbewertungen sowie der Bewertung der zugrunde liegenden Wechselwirkungen. Diese Bewertungen führen zu sehr unterschiedlichen und teilweise kontroversen Positionen.

Zur Erklärung der sehr unterschiedlichen Gesamtbewertungen ist es daher sinnvoll und notwendig, die Einzelbewertungen in den Bereichen Umwelt/Klima/Risiko, Mengen, Kosten, Industriepolitik, Innovationspotenziale, Lock-in-Effekte und Geopolitik differenziert zu betrachten. Die jeweiligen Einzelbewertungen sind teilweise durch unterschiedliche analytische Befunde im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, teilweise aber auch durch unterschiedliche wirtschaftliche, strategische und politische Überlegungen und deren Kontextualisierungen geprägt.

In einigen Bereichen können und sollten die Differenzen durch ein vertieftes bzw. breiteres Fact Finding oder verbesserte Monitoringprozesse zumindest teilweise abgebaut werden. In anderen Bereichen sind die Bewertungsdifferenzen jedoch auf sehr unterschiedliche und teilweise schwer objektivierbare Zukunftserwartungen oder nur schwer veränderbare Grundüberzeugungen zurückzuführen, die letztlich politische Richtungsentscheidungen und Güterabwägungen notwendig machen. Diese politischen Entscheidungen sollten trotz der bestehenden Unsicherheiten zeitnah getroffen werden.

Darüber hinaus kann die Gewichtung der oben genannten Dimensionen für Einordnungen und Richtungsentscheidungen sehr unterschiedlich vorgenommen werden. Auch hier werden neben einer Verstärkung von Fact-Finding- und Monitoringprozessen letztlich vor allem politische Entscheidungen zum Tragen kommen müssen.

Die Voraussetzungen und Implikationen unterschiedlich strukturierter Entscheidungen zum Portfolio der kurz-, mittel- und langfristig antizipierten bzw. akzeptierten Herstellungsrouten für Wasserstoff sind weitreichend. Dies betrifft zunächst das (engere oder breitere) Portfolio von Förder- und Flankierungsmaßnahmen über die gesamte Wertschöpfungskette:

- ◆ Welche Konsequenzen hat das Portfolio der akzeptierten bzw. präferierten Herstellungsrouten für (deutsche) Förder- und Flankierungsmaßnahmen im Bereich der Wasserstoffherzeugung (im In- und Ausland)?
- ◆ Welche Konsequenzen hat das Portfolio der akzeptierten bzw. präferierten Herstellungsrouten für (deutsche) Förder- und Flankierungsmaßnahmen im Bereich der Wasserstoffinfrastrukturentwicklung (im deutschen und ggf. im europäischen Kontext)?
- ◆ Welche Konsequenzen hat das Portfolio der akzeptierten bzw. präferierten Herstellungsrouten für (deutsche) Förder- und Flankierungsmaßnahmen im Bereich der Wasserstoffanwendungen (im deutschen und ggf. im europäischen Kontext)?

Die transparente sowie differenzierte Ableitung und Begründung der entsprechenden politischen Entscheidungen bilden aber auch einen sehr wichtigen Aspekt mit Blick auf die gesellschaftliche, wirtschaftliche und geopolitische Akzeptanz eines Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft sowie für die Entwicklung und Integration der Märkte für Wasserstoff und Wasserstoffderivate.

Um zu einer besseren Einordnung der Folgewirkungen von politischen Entscheidungen für oder wider eine Technologie und Erzeugungsrouten zu gelangen, hilft es einerseits weiter, sich die unterschiedlichen Kontexte des Klima- und Umweltschutzes, der gesellschaftlichen Akzeptanz, der Wirtschaft, der Industrie- und Innovationspolitik, aber auch geopolitischer Fragen und möglicher Lock-in-Effekte bewusst zu machen und sie auch in Bezug zur europäischen und globalen Debatte zu setzen.

Insofern ist für die zeitkritischen politischen Entscheidungen die Erkenntnis wichtig, dass einige der Einordnungsdifferenzen aus nur schwer objektivierbaren Erwartungen bezüglich zukünftiger Entwicklungen sowie Grundüberzeugungen bzw. aus sehr grundlegenden Interessen resultieren. In diesem Bereich bedarf es originär politischer Entscheidungen. Das hier dargelegte System von Einordnungsdimensionen („Koordinaten“) und Positionsbeschreibungen bietet für diese politischen Entscheidungen in zweierlei Hinsicht einen geeigneten Bezugs- und Begründungsrahmen:

- ◆ erstens bedarf es einer transparenten politischen Priorisierung bzw. Hierarchisierung zwischen den verschiedenen Einordnungsdimensionen;
- ◆ zweitens sollte eine politische Priorisierung mit einem bewussten und nachvollziehbaren Abwägen möglicher Negativkonsequenzen („trade-offs“) im Bereich der als weniger prioritär eingestuften Aspekte einhergehen.

Eine umfassende und transparente Ableitung und Legitimation solcher Grundsatzentscheidungen sind wichtig, hilfreich und letztlich unbedingt notwendig.

| Einordnungsdimensionen | Zentrale Positionen | Anmerkungen |
|---|--|---|
| A. Umweltpolitik | | |
| Treibhausgasemissionen | <ul style="list-style-type: none"> a) nur grüner Wasserstoff akzeptabel b) auch blauer und türkiser Wasserstoff akzeptabel, wenn in der gesamten Prozesskette signifikante Emissionsminderungen im Vergleich zum Einsatz fossiler Rohstoffe erzielbar sind c) auch blauer und türkiser Wasserstoff akzeptabel, wenn bei den direkten Emissionen signifikante Emissionsminderungen im Vergleich zum Einsatz fossiler Rohstoffe erzielbar sind | relevantes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, Rolle von Grundüberzeugungen begrenzt |
| CO₂-Abtrennung und Speicherung (CCS, relevant für blauen Wasserstoff) | <ul style="list-style-type: none"> a) CO₂-Abtrennung und Speicherung (CCS, relevant für blauen Wasserstoff) b) CCS grundsätzlich nicht sicher, Ablehnung jeglicher Wasserstoffroute, die CCS beinhaltet (blauer Wasserstoff) c) CCS grundsätzlich und in bestimmten Grenzen akzeptabel, Konkurrenz von blauem Wasserstoff mit anderen CCS-Nutzungen aber relevant | CCS grundsätzlich und mit entsprechenden regulativen Rahmenbedingungen akzeptabel, keine relevante Konkurrenz blauen Wasserstoffs mit anderen CCS-Nutzungen bzw. Unterstützung des CCS-Hochlaufs durch blauen Wasserstoff |
| Kernenergie (relevant für roten Wasserstoff) | <ul style="list-style-type: none"> a) Kernenergie (relevant für roten Wasserstoff) b) roter Wasserstoff aus Risikogründen nicht akzeptabel c) roter Wasserstoff durch neue Technologien möglicherweise akzeptabel, aber erst jenseits der kommenden zwei Dekaden | roter Wasserstoff grundsätzlich akzeptabel, auch wegen des ohnehin erwartbaren Angebots im internationalen Markt |
| B. Mengen | | |
| Nachfrage und Verfügbarkeit | <ul style="list-style-type: none"> a) erzielbares Aufkommen von grünem Wasserstoff ist auch mittelfristig (2030/35) ausreichend zur Erreichung der Klimaziele und zum Infrastrukturohochlauf b) Risiko der ausreichenden Aufkommenssicherung durch ausschließliche Fokussierung auf grünen Wasserstoff ist zu hoch, Anteil blauen Wasserstoffs anstrebenswert, Rolle von türkischem Wasserstoff hier unsicher c) alle Aufkommensarten mit einem Mindestemissionsminderungspotenzial sollten für schnellstmöglichen Wasserstoffhochlauf auf der Anwendungs- und Infrastrukturseite ermöglicht werden | relevantes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, Rolle von Grundüberzeugungen begrenzt |
| C. Kosten | | |
| Kostensituation verschiedener Aufkommensrouten | <ul style="list-style-type: none"> a) Kostendifferenzen von grünem Wasserstoff und blauem, türkischem (und ggf. rotem) Wasserstoff sind auch mittelfristig so gering, dass die Zusatzkosten durch die Fokussierung auf allein grünen Wasserstoff akzeptabel sind b) Kostendifferenzen von einerseits grünem und andererseits blauem (ggf. auch türkischem bzw. rotem) Wasserstoff sind vor allem mittelfristig so relevant, dass Verfügbarmachung von Wasserstoffmengen jenseits der grünen Aufkommensroute sinnvoll ist | Kostendifferenzen von einerseits grünem und andererseits blauem (ggf. auch türkischem bzw. rotem) Wasserstoff sind vor allem mittelfristig so relevant, dass Verfügbarmachung von Wasserstoffmengen jenseits der grünen Aufkommensroute sinnvoll ist relevantes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, Rolle von Grundüberzeugungen begrenzt |

| Einordnungsdimensionen | Zentrale Positionen | Anmerkungen |
|---|--|---|
| D. Industriepolitik | | |
| Industriepolitische Entwicklungspotenziale für Deutschland | <ul style="list-style-type: none"> a) industriepolitisches Momentum durch andere Aufkommensrouten als die grüne ist und bleibt gering b) industriepolitischer Vorteil auf der Anwendungs- und Anlagenherstellerseite (inkl. der Zulieferer) entsteht mit breiteren Aufkommensrouten – auch mit Blick auf Entwicklungen im Ausland | begrenzttes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, wichtige Rolle von unterschiedlichen Zukunftserwartungen, Rolle von Grundüberzeugungen gering |
| E. Innovationspolitik | | |
| innovationspolitische Entwicklungspotenziale für Deutschland | <ul style="list-style-type: none"> a) innovationspolitisches Momentum durch andere Aufkommensrouten als die grüne ist und bleibt gering b) innovationspolitische Vorteile durch breiteren Fokus, auch mit Blick auf die Erwartung, dass international auch Technologien wie CCS bzw. Methanpyrolyse stark nachgefragt werden | begrenzttes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, wichtige Rolle von unterschiedlichen Zukunftserwartungen, Rolle von Grundüberzeugungen gering |
| F. Geopolitik | | |
| geopolitische Anpassungsprozesse im Kontext des Übergangs zur Klimaneutralität | <ul style="list-style-type: none"> a) keine Entspannung der Übergangs- und Anpassungsprozesse durch Ausweitung auf Aufkommensrouten jenseits von grünem Wasserstoff, ohne Fokussierung auf die grüne Aufkommensroute zu schwaches internationales Richtungssignal b) Entschärfung der Übergangsprobleme durch Ausweitung auf andere Aufkommensrouten, Momentum europäischer Signaleffekte gering | begrenzttes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, wichtige Rolle von unterschiedlichen Zukunftserwartungen und Grundüberzeugungen |
| G. Lock-in-Effekte | | |
| langfristige Ausstrahlungseffekte von mittelfristigen Portfolioentscheidungen | <ul style="list-style-type: none"> a) Schwächung der langfristigen Hochlaufdynamik für grünen Wasserstoff durch Öffnung für andere Aufkommensrouten b) keine relevante Schwächung der langfristigen Hochlaufdynamik für grünen Wasserstoff wegen der langfristig mengenmäßig begrenzten Potenziale anderer Aufkommensrouten | begrenzttes Potenzial für Positionsannäherung durch Fact Finding, wichtige Rolle von unterschiedlichen Zukunftserwartungen und Grundüberzeugungen |

DER NATIONALE WASSERSTOFFRAT

Mit der Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie hat die Bundesregierung am 10. Juni 2020 den Nationalen Wasserstoffrat berufen. Der Rat besteht aus 26 hochrangigen Expertinnen und Experten der Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, die nicht Teil der öffentlichen Verwaltung sind. Die Mitglieder des Wasserstoffrats verfügen über Expertise in den Bereichen Erzeugung, Forschung und Innovation, Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr und Gebäude/Wärme, Infrastruktur, internationale Partnerschaften sowie Klima und Nachhaltigkeit. Der Nationale Wasserstoffrat wird geleitet durch Katherina Reiche, Parlamentarische Staatssekretärin a. D.

Aufgabe des Nationalen Wasserstoffrats ist es, den Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff durch Vorschläge und Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie zu beraten und zu unterstützen.

◆ **Kontakt: info@leitstelle-nws.de, www.wasserstoffrat.de**