



Zukunftstrend Wasserstoff – Schlüssel zu einer Dekarbonisierung der Wirtschaft

Die Europäische Union hat in jüngster Zeit ihre Klimaziele deutlich verschärft. Auch weltweit bemühen sich immer mehr Länder und Unternehmen, ihre Emissionen erheblich zu reduzieren. Wasserstoff als Energieträger wird daher für eine globale Energiewende immer bedeutender. Schätzungen zufolge könnte der Bedarf von derzeit 76 Megatonnen pro Jahr bis 2050 weltweit auf bis zu 600 Megatonnen pro Jahr steigen, vorausgesetzt, es werden die entsprechenden Infrastrukturen geschaffen. Die Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft PwC Deutschland hat in Zusammenarbeit mit dem World Energy Council (WEC) und dem Electric Power Research Institute (EPRI) dazu die Studie „Hydrogen on the Horizon: Ready, almost set, go?“ erstellt, über deren Ergebnisse im Rahmen dieses Beitrages berichtet wird.

Wasserstoff (H₂) ist ein zentraler Baustein für eine Dekarbonisierung der globalen Wirtschaft. Im Zuge des Klimaschutzes tritt er immer stärker als ein potenzieller, klimaneutraler Energieträger in Erscheinung. Wasserstoff kann in einem künftigen Energiesystem, das auf erneuerbaren Energien basiert, eine bedeutende Rolle einnehmen. Als wichtiges Bindeglied ermöglicht er die Nutzung inter-

mittierend erzeugter erneuerbarer Wind- und Solarenergie durch Energieverbraucher, die gegenwärtig konventionelle Energieträger in großen Mengen nutzen, um sie in Strom oder Wärme umzuwandeln. Um die Anwendung relevanter Wasserstoffmengen, einschließlich deren Herstellung, Transport, Verteilung und Verwendung, voranzubringen und wirtschaftlich zu machen, bedarf es jedoch einer öffentlichen Unterstützung sowie eines geeigneten politischen und regulatorischen Umfelds. Vor diesem Hintergrund diskutieren die großen Wirtschaftsnationen der Welt derzeit mögliche Handlungsoptionen, bereiten entsprechende Maßnahmen vor und beschließen zielgerichtete Wasserstoffstrategien. Viele Regierungen und Entscheidungsträger planen, Infrastrukturen auszubauen, strategische Partnerschaften einzugehen und sich klare Ziele zu setzen, um Wasserstoff in alle Bereiche der Wirtschaft zu integrieren und wettbewerbsfähig zu machen.

Nationale Wasserstoffstrategien

Wasserstoff wird als eine wichtige Lösung zur Erreichung der Pariser Klimaziele angesehen. Die Gründe liegen auf der Hand:

Es handelt sich um einen sauberen Brennstoff, der Ausgangsstoff und Reagenzmittel für viele energieintensive Prozesse und Transportdienstleistungen ist. Wie dynamisch sich die Nachfrage bis zum Jahr 2050 gestaltet, hängt jedoch entscheidend davon ab, wie sich ergänzende Technologien – etwa Energieeffizienz, Elektrifizierung, Kohlenstoffabscheidung und Wasserstofftechnologien selbst – entwickeln. Aus einer ersten Analyse der 56 global stärksten Volkswirtschaften geht hervor, dass mindestens 20 Länder, die für fast die Hälfte der globalen Wirtschaftsleistung verantwortlich sind, bereits eine nationale Wasserstoffstrategie verabschiedet haben oder kurz davor stehen. Darüber hinaus unterstützen weitere 30 Länder nationale Wasserstoffprojekte oder diskutieren erste politische Maßnahmen. Es wird erwartet, dass Länder, die über 80 % des globalen BIP repräsentieren, bis 2025 eine eigene Wasserstoffstrategie haben werden. Im internationalen Vergleich zeigen sich insbesondere EU-Mitgliedstaaten besonders ambitioniert beim Einsatz von grünem Wasserstoff in zahlreichen Sektoren. Speziell die Industrie und der Transport sollen durch grünen Wasserstoff dekarbonisiert werden. In Deutschland liegt der Schwerpunkt auf der chemischen, petrochemischen und stahlerzeugenden Industrie – sowie auf Lastkraftwagen, Bussen und der Luftfahrt. Frankreich konzentriert sich darauf, kohlenstoffbasierten Wasserstoff in bestehenden Industriesektoren (zum Beispiel Raffinerie, Chemie und Agrarindustrie) zu ersetzen. Gleichzeitig strebt Frankreich Pilotprojekte im See- und Luftfahrtsektor an. Beide Länder wollen Hauptproduzenten von Elektrolyseuren werden.

Die nationalen Wasserstoffstrategien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Schwerpunkte und Maßnahmen. Die Motivation für eine eigene Wasserstoffstrategie ist häufig jedoch ähnlich. Im Fokus stehen sowohl die Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen, die verstärkte Integration erneuerbarer Energien als auch eine Diversifizierung von Energiequellen. Viele Länder betonen zudem die Chancen für wirtschaftliches Wachstum, etwa durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze, technologische Entwicklungen und zusätzliche Einnahmen durch Wasserstoff- und Technologieexporte. Große Industrienationen erhoffen sich vom Aufbau einer inländischen Wasserstoffwirtschaft eine Technologieführerschaft im globalen Wettbewerb.

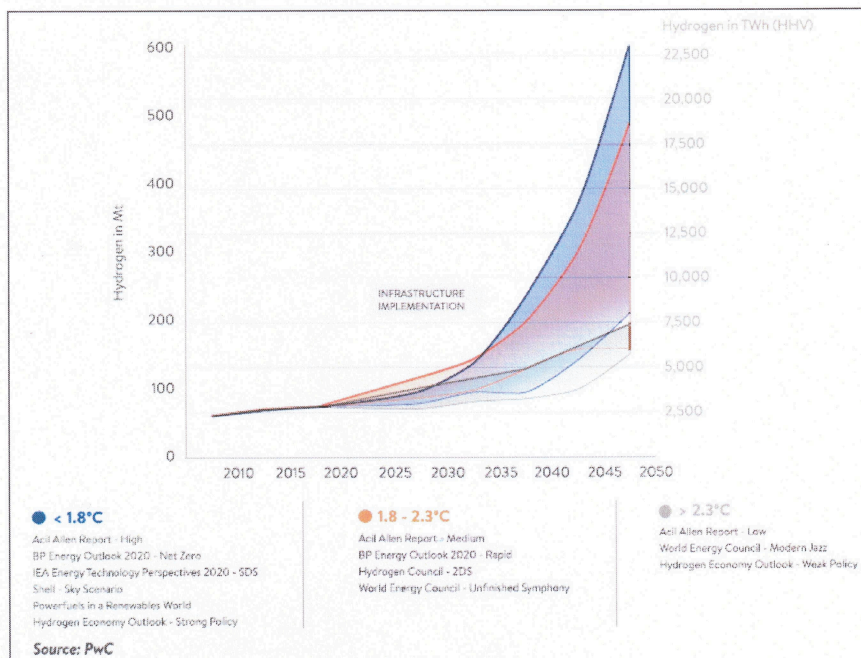


Bild1: Szenarien der Entwicklung des weltweiten Wasserstoffbedarfes

Quelle: PwC

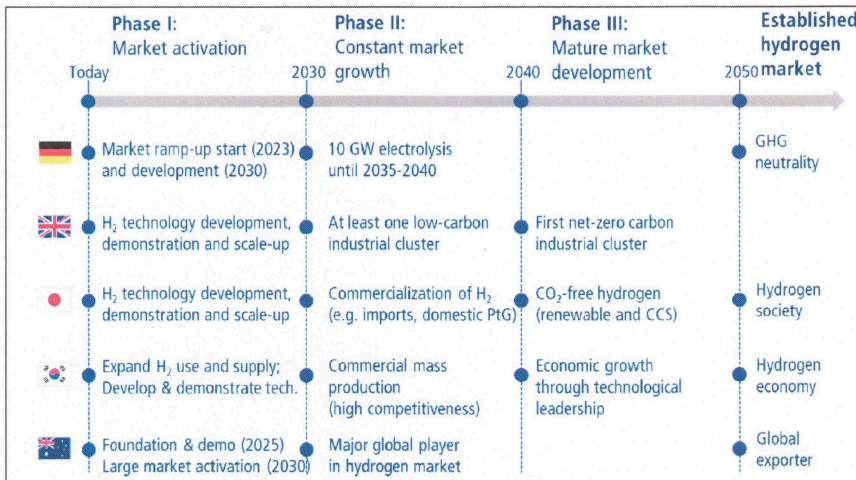


Bild 2: Zukunft ausgewählter nationaler Wasserstoffaktivitäten

Quelle: Weltenergieat

Wasserstoffpotenziale

Nicht alle Länder quantifizieren in ihren Strategien den zu erwartenden nationalen H₂-Bedarf. In den Ländern, die dies tun, liegt der Bedarf – bezogen auf ihre Wirtschaftsleistung – jedoch bei allen in einer ähnlichen Größenordnung. Extrapoliert man den für 2050 in den nationalen Strategien erwarteten oberen H₂-Bedarf weltweit, ergibt sich ein Nachfragepotenzial von bis zu 9.000 TWh oder rund 270 Millionen Tonnen Wasserstoff pro Jahr (Bild 1). Dies entspricht der Menge an Primärenergie, die derzeit weltweit durch erneuerbare Energien bereitgestellt wird. Viele Staaten werden ihren Bedarf an Wasserstoff durch die eigenen H₂-Kapazitäten jedoch nicht decken können, etwa aufgrund begrenzter EE-Potenziale. Deutschland, Japan und Südkorea rechnen etwa damit, künftig große Mengen an Wasserstoff importieren zu müssen. Voraussetzung hierfür ist der Aufbau entsprechender Produktionskapazitäten und der damit verbundenen Transportinfrastruktur. Die hohen Investitionen dafür werden in den Exportländern in der Regel nicht von allein getätigt, sondern in internationalen Partnerschaften realisiert werden. Der Aufbau von internationalen H₂-Beziehungen erfolgt derzeit vor allem auf Basis bi- und trilateralen Abkommen zwischen potenziellen Export- und Importländern. Es ist zu erwarten, dass die Anzahl an H₂-Partnerschaften deshalb künftig weiter rasant steigen wird. Deutschland hat hier bereits gut vorgelegt und bilaterale Abkommen mit Kanada, Australien, Neuseeland, Afrika (Westafrika), Marokko und Saudi-Arabien geschlossen. Damit hat Deutschland bereits wichtige Meilensteine gesetzt, um den internationalen Markthochlauf von grünem

Wasserstoff zu beschleunigen und den Weg für neue transatlantische Kooperationsprojekte zu ebnen (Bild 2).

In der Praxis können die steigenden Bedarfe über Skalierungs- und Lerneffekte dann zu relativ schnell fallenden Wasserstoffgestehungskosten führen. Dafür wird allerdings erforderlich, dass bis zum Jahr 2035 wesentliche Maßnahmen zum Aufbau einer Infrastruktur ergriffen werden. Derzeit liegt der Produktionspreis für grünen Wasserstoff weltweit zwischen 3,3 und 7,3 € pro Kilogramm. Aus Studien ist abzulesen, dass der Preis bis 2030 erheblich, auf eine Spanne von 2 bis 6 € pro Kilogramm sinken dürfte. Grund dafür ist, dass die Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien dann geringer sind und die Wasserstofftechnologien immer ausgereifter werden, denn für grünen Wasserstoff sind die Produktionskosten direkt mit den Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien verknüpft und daher entscheidend zur Senkung der Produktionskosten. Darüber hinaus besteht das Potenzial, die Pro-

duktionskosten von Wasserstoff durch Kostenvorteile bei Elektrolyseuren zu erreichen. Denn die Kapitalkosten (CAPEX) für Elektrolyseure dürften mit der Zeit ebenfalls fallen, da Größenvorteile und Produktionseffizienzen laufend realisiert werden können.

Ausblick

Die meisten Wasserstoff-Strategien konzentrieren sich bislang eher auf Ziele als auf politische Instrumente für die Umsetzung. Viele der bestehenden Strategien enthalten vor allem F&E-orientierte Maßnahmen, die zwar nach wie vor relevant, aber inzwischen weniger wichtig sind als die Förderung der Kommerzialisierung. In den meisten Fällen hinkt die Politikentwicklung den strategischen Ambitionen hinterher. Neue politische Maßnahmen zur Erreichung der Ziele sind gerade erst in der Entstehung wie zum Beispiel die Wasserstoffabkommen mit Ländern, die einen strategischen Vorteil bei der Erzeugung von grünem Wasserstoff besitzen. Allein in Westafrika ließen sich jährlich bis zu 165 Terawattstunden (TWh) Wasserstoff herstellen, davon jährlich rund 120 TWh für unter 2,50 € pro Kilogramm herstellen ließen, während Studien zufolge die Kosten für ein Kilo Wasserstoff in Deutschland in 2050 noch rund 3,80 € betragen dürften (Bild 3). Eine zuverlässige und für alle Marktteilnehmer zugängliche Infrastruktur ist dabei notwendige Voraussetzung für die Anwendung auch außerhalb der Großindustrie und muss der Marktentwicklung vorausgehen. Dies gilt für H₂-Pipelines, von der Gasbeförderung und -verteilung auf den Transport von reinem Wasserstoff umgestellt werden können, in ähnlicher Weise wie für Tankstellen. Eine umfassende Infrastrukturentwicklung erfordert eine öffentliche Finanzierung, eine gezielte Investitionsförderung der Privatwirtschaft, eine zentrale Koordination von Planung und Harmonisierung sowie ein geeignetes regulatorisches Umfeld.

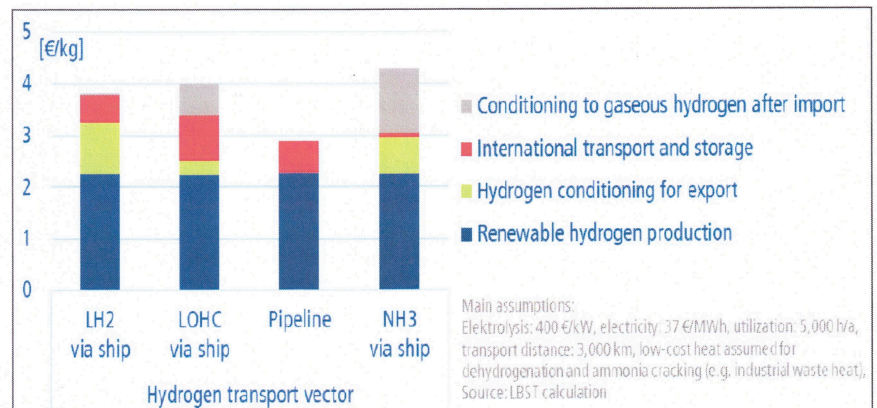


Bild 3: Importkosten von Wasserstoff €/kgH₂

Quelle: Weltenergieat