

# Brennstoffzellen: Der Markt im Jahr 2021

Whilst sales of vehicles powered by hydrogen lags behind battery-powered Electric Vehicles, the technology is fast developing. Here, we summarise where the global sector is, and outline some developments likely to be seen in the medium term.

Elementum Metals: 25/01/2021

25/01/2021



**W**asserstoff-Brennstoffzellen (HFCs) sind seit 1842 bekannt, als ein Richter aus Swansea, Sir William Robert Grove, eine rudimentäre Version in seinem Heimplabor konstruierte.<sup>1</sup> Seitdem hat es viele Versuche gegeben, die Technologie so weit zu bringen, dass sie für den Individualverkehr kommerziell nutzbar ist, obwohl ein gewisser Engpass bei der Masseneinführung festgestellt wurde. Die zugrundeliegende Ressource, Wasserstoff, ist gegenüber fossilen Brennstoffen deutlich im Nachteil, wobei eine Reihe von Faktoren - darunter sowohl die Sicherheit als auch die geringere Leistungsdichte - das Ausmaß begrenzen, in dem HFKW-betriebene Autos auf unseren Straßen zu sehen sind.

## DAS AM HÄUFIGSTEN VORKOMMENDE ELEMENT IM UNIVERSUM

Zunächst mag es aufschlussreich sein, die wichtigsten Merkmale der HFC-Technologie kurz zu skizzieren. Kommerzialisierte Proton Exchange Membrane (PEM)-Brennstoffzellen enthalten zwei Elektroden, eine positive Kathode und eine negative Anode, die durch einen Elektrolyten getrennt sind. An der Anode wird Wasserstoff und an der Kathode Luft zugeführt. Ein Platinkatalysator an der Anode trennt die Wasserstoffmoleküle in Protonen und Elektronen, die unterschiedliche Wege zur Kathode nehmen, wobei die Elektronen einen Kreislauf durchlaufen und so Strom erzeugen. An der Kathode verbinden sich die Wasserstoffionen und Elektronen mit dem Luftsauerstoff zu Wasserdampf, dem einzigen anderen Ergebnis des Prozesses.<sup>2</sup>

Die Anode wird mit nanometergroßen Platinpartikeln behandelt, die die Reaktion katalysieren und Protonen und Elektronen trennen. Die Menge an Platin, die in einer Brennstoffzelle verwendet wird, ist gering: zwischen 10 und 20 Gramm pro Fahrzeug - mehr

Drehschleife verwendet wird, ist gering. Zwischen 10 und 20 Gramm pro Fahrzeug - mehr als die 5 bis 10 Gramm in einem Katalysator eines Verbrennungsmotors (ICE), obwohl erwartet wird, dass die Wirkungsgrade die benötigte Menge an Platin im Laufe der Zeit reduzieren werden.<sup>3</sup>

Wie bereits erwähnt, hat Wasserstoff als Energiequelle entscheidende Nachteile - nicht zuletzt, dass das Element in seiner reinen Form knapp ist. Preiswerter Wasserstoff wird aus fossilen Lagerstätten wie Braunkohle gewonnen, die durch Dampfreformierung zu sogenanntem "grauem" Wasserstoff umgewandelt werden. Dieser Prozess ist offensichtlich nicht nachhaltig, da für jede erzeugte Tonne Wasserstoff sieben Tonnen Kohlendioxid produziert werden. Blauer" Wasserstoff hingegen ist das Ergebnis desselben Prozesses, wenn auch mit Hilfe der Carbon Capture Technology (CCT), um die schädlichen Emissionen etwas zu reduzieren.

Grüner" Wasserstoff hingegen wird auf eine weitaus nachhaltigere Art und Weise hergestellt, indem Strom aus Sonnen- oder Windenergie zum Betrieb eines Elektrolyseurs verwendet wird, der Wasser in seine Bestandteile zerlegt, so dass Wasserstoff aufgefangen und zur späteren Verwendung gespeichert werden kann. Auch die Effizienz von grünem Wasserstoffstrom kann jedoch kritisiert werden, da Wasserstoff in erster Linie als Energiespeicher verwendet wird, der durch Sonnen- oder Windstrom erzeugt und dann wieder in elektrischen Strom zurückverwandelt wird; dieser Round-Trip-Prozess bedeutet, dass es in Bezug auf die reine Effizienz derzeit vorzuziehen ist, Strom aus chemischen Reaktionen in Batterien zu erzeugen.<sup>4</sup>

Trotz dieser Herausforderungen wird immer deutlicher, dass Wasserstoff eine wertvolle Rolle bei der Bereitstellung von nachhaltiger Energie spielen kann, insbesondere wegen seiner Kompatibilität sowohl mit neuen elektrischen Technologien als auch mit alten Energieinfrastruktursystemen. Ein weiterer Aspekt ist die Sicherheit und Diversifizierung der Energieversorgung; Länder wie China - die die Versorgung mit den in Batterien verwendeten Materialien, vor allem Lithium, Nickel und Kobalt, nicht kontrollieren - sind von HFkW's angezogen, da sie helfen, die Importabhängigkeit zu reduzieren und die Energieversorgung an Land zu diversifizieren.<sup>5</sup>

Und schließlich, da viele Länder Pläne ankündigen, ihren Weg zu Null-Kohlenstoff-Emissionen schnell zu beschleunigen, ist Wasserstoff als zusätzliche grüne Energiequelle attraktiv, die den Batteriestrom ergänzt.

## **SUMMENDE KOSTEN**

Bloomberg New Energy Finance schätzt die aktuellen Kosten für "grauen" Wasserstoff auf etwa 1,50 \$ pro Kilo, für blauen auf 1,50 - 3,00 \$ und für grünen auf 2,50 - 5,00 \$.<sup>6</sup> Der Hydrogen Council erwartet, dass die Wasserstoffpreise schnell sinken werden, wenn die Produktion, der Vertrieb und die Herstellung von Geräten beschleunigt werden, wodurch die Kosten in den nächsten zehn Jahren um 50 % gesenkt werden können und es möglich ist, dass die Kosten für grünen Wasserstoff bis 2050 auf 0,60 bis 1,50 \$ pro Kilo fallen.

Untersuchungen des Hydrogen Council haben ergeben, dass bei 22 Wasserstoffanwendungen (die etwa 15 % des weltweiten Gesamtenergieverbrauchs ausmachen), wie z. B. Nutzfahrzeugen, Zügen und Heizungen in Haushalten und der Industrie, die Gesamtbetriebskosten (TCO) bis 2030 gleichauf mit anderen kohlenstoffarmen Alternativen liegen werden, während neun Anwendungen mit konventioneller Energie wettbewerbsfähig sein werden, darunter Schwerlastkraftwagen, Reisebusse und Gabelstapler.<sup>7</sup>

Die Analysten von Bernstein schätzen, dass die Produktionskosten von Brennstoffzellen im nächsten Jahrzehnt um 20 % sinken werden.<sup>8</sup> Deloitte schätzt in Zusammenarbeit mit Ballard, einem Entwickler und Hersteller von Brennstoffzellen, dass die Gesamtbetriebskosten von FCEVs in Europa im Jahr 2023, in den USA im Jahr 2027 und in China im Jahr 2028 Parität mit batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) erreichen werden. Die Parität mit ICE-Fahrzeugen wird in Europa im Jahr 2024, in den USA im Jahr 2026 und in China im Jahr 2027 erreicht.<sup>9</sup>

## **NEBEN DER BATTERIE ARBEITEN**

Die jeweiligen Eigenschaften von Wasserstoff- und Batterieantrieb bedeuten, dass wasserstoffbetriebene Fahrzeuge bestimmte Vorteile gegenüber BEVs haben, darunter eine größere Reichweite vor dem Tanken, kürzere Betankungszeiten, Toleranz gegenüber niedrigen Temperaturen und gleichmäßige Leistungsabgabe. Dadurch ist die Leistung von HFCEV bei intensiv genutzten kommerziellen Transportern, LKWs, Geräten wie Gabelstaplern und Baggern, Bussen und Zügen der von Batterien überlegen.<sup>10</sup> Die Machbarkeit des Einsatzes in der Schifffahrt wird ebenfalls geprüft.

Während China derzeit weltweit führend in der Wasserstoffproduktion ist, steht Europa mit einer Kapazität von 1,2 GW im Jahr 2020 an der Spitze der Wasserstoffproduktion aus Wasser mit Elektrolyseuren. Es wird erwartet, dass die Kapazität mit Projekten wie den Plänen des norwegischen Unternehmens NEL Hydrogen für eine 360-MW-Anlage schnell wachsen wird, mit der Möglichkeit, die Leistung im Laufe der Zeit zu verdreifachen. Durch die großtechnische Produktion kann gespeicherter Wasserstoff verwendet werden, um überschüssigen Strom für die Nutzung zu Spitzenzeiten vorübergehend abzufangen.

## **POLITISCHE UNTERSTÜTZUNG**

Japan war das erste große Land, das mit seiner Basic Hydrogen Strategy (2017) und der Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells (2019) den Weg zur Einführung von Wasserstoff skizziert hat. Das Land ist führend in der Finanzierung von Forschung und Entwicklung und investiert 2019 303 Mio. USD in die Wasserstofftechnologie, wobei sich die Politik auf die Förderung privater Wasserstoff-Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge (HFCEV) für den Personenverkehr konzentriert und 800.000 private Fahrzeuge und 900 Tankstellen bis 2030 anstrebt.<sup>11</sup>

Chinas Investitionen in die Entwicklung von Brennstoffzellen haben sich von 19 Mio. US-Dollar im Jahr 2015 auf 129 Mio. US-Dollar im Jahr 2018 deutlich erhöht. Subventionen für HFCEVs gibt es seit 2009, obwohl die Akzeptanz mit nur 7.200 Fahrzeugen im Juli 2020 vernachlässigbar war. Vielversprechender ist, dass Wasserstoffantrieb nun als Priorität im Fünfjahresplan 2021-2025 des Landes anerkannt wird; Verbraucher, die HFCEV-Fahrzeuge kaufen, erhalten bis 2025 Subventionen, obwohl die Unterstützung für batteriebetriebene EVs ausläuft.<sup>12</sup> Die Zentralregierung ermutigt die lokalen Behörden, die HFKW-Technologie zu entwickeln und einzuführen, indem sie z. B. Gemeinden zu "Modellstädten" erklärt; Chongqing und Chengdu haben CNY 1,7 Mrd. erhalten, um die Entwicklung und Umsetzung in den nächsten vier Jahren zu finanzieren.<sup>13</sup> Derzeit gibt es kein umfassendes nationales Subventionssystem für Tankstellen, obwohl Stadtverwaltungen wie die in Foshan und Zhongshan ihre eigenen Systeme eingerichtet haben.<sup>14</sup>

Das H2@Scale-Programm des US-Energieministeriums startete 2016 und hat Forschung und Entwicklung in einer Reihe von Bereichen unterstützt, darunter schwere Nutzfahrzeuge, die Herstellung von Elektrolyseuren und die Wasserstoffspeicherung.<sup>15</sup>

Kalifornien hat den höchsten Grad der Kommerzialisierung von Wasserstoff in den USA, wo die California Fuel Cell Partnership das Ziel von 1 Mio. Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen bis 2030 gesetzt hat. Ein Bereich mit höherer HFCEV-Adoption in den USA sind Gabelstapler, von denen 30.000 bei Unternehmen wie Amazon und Walmart im Einsatz sind,<sup>16</sup> was darauf hindeutet, dass die Unternehmen begonnen haben, den Nutzen der Technologie für leichte Fahrzeuge zu verstehen, die sich voraussichtlich nicht weit von der Betankungsinfrastruktur entfernen werden.

Der Green Deal der EU für 2020 hat Strategien festgelegt, um bis 2050 kohlenstofffreie Emissionen zu erreichen und Europas Energiesysteme weiter zu integrieren. Als Teil dieser Initiative verpflichtet sich die Wasserstoff-Strategie für ein klimaneutrales Europa, die Elektrolyseur-Kapazität bis 2030 auf 40 GW zu erhöhen, mit prognostizierten Investitionen von bis zu 180 Mrd. € bis 2050.<sup>17</sup> Grüner Wasserstoff ist ein Eckpfeiler der EU-Vision zur Dekarbonisierung, der Energie aus Solar- und Windparks nutzt; die EU-Wasserstoff-Roadmap Europa zielt auf 3,7 Mio. HFC-Pkw, 500.000 leichte Nutzfahrzeuge, 45.000 Lkw und Busse und 570 Züge bis 2030, unterstützt durch eine Infrastruktur von 3.700 Tankstellen.<sup>18</sup>

## **BRENNSTOFFZELLEN IN DIE PRAXIS UMSETZEN**

Das Engagement der japanischen Regierung für HFCEVs für Privatpersonen hat es der Automobilindustrie des Landes ermöglicht, eine weltweite Führungsrolle in diesem Bereich zu übernehmen. Toyota hat sein ursprüngliches Mirai-Modell im Jahr 2014 auf den Markt gebracht, eine aktualisierte Version wird 2020 auf den Markt kommen.<sup>19</sup> Das Unternehmen hat kürzlich ein Joint Venture mit einem Konsortium chinesischer Firmen, darunter Dongfeng Motor, angekündigt, um HFCEVs zu entwickeln; es wird geschätzt, dass China bis 2030 über 2 Mio. HFCEVs verfügen könnte, was etwa 5 % des gesamten Fahrzeugbestands des Landes entspricht, wobei 1 Mio. Fahrzeuge in Peking betrieben werden.

Die staatliche Unterstützung Chinas für HFCEVs ist zum Teil auf den Reichtum des Landes an Solar- und Windenergie zurückzuführen; geschätzte 150 GW werden jedes Jahr von Anlagen verschwendet, die nicht in das Netz integriert werden können. Wasserstoff bietet die Möglichkeit, diese Energie einzufangen und für eine spätere Nutzung zu speichern.<sup>20</sup>

Die staatliche Politik erkennt Fähigkeitslücken bei Kerntechnologien und der Produktion von Schlüsselkomponenten an und ermutigt chinesische Firmen, mit Marktführern zusammenzuarbeiten. So arbeitet der Automobilhersteller BYD ab 2020 mit der US Hybrid Corporation zusammen und betreibt HFC-Busse am Flughafen von Honolulu, und Weichai Power, Chinas größter staatlicher Hersteller von Dieselmotoren, erwarb eine 20-prozentige Beteiligung an Ballard Power, einem führenden Entwickler und Hersteller von Brennstoffzellen.<sup>21</sup>

Ein Bereich, in dem Wasserstoff mit der bestehenden Infrastruktur genutzt werden kann, sind die häuslichen Heizsysteme. Das britische Netz National Grid schätzt, dass die gasbefeuerten Heizkessel, die die meisten britischen Haushalte beheizen, mit bis zu 20% Wasserstoff, der dem vorhandenen Erdgas beigemischt wird, auskommen; längerfristig können wasserstofftaugliche Heizkessel installiert werden, die entweder Erdgas oder Wasserstoff verbrennen können.<sup>22</sup> Grüner Wasserstoff stellt eine Möglichkeit dar, die Emissionen in kohlenstoffintensiven schweren Herstellungsprozessen wie der Stahl-, Glas- und Düngemittelproduktion zu reduzieren.

Während China derzeit weltweit führend in der Wasserstoffproduktion ist, steht Europa mit einer Kapazität von 1,2 GW im Jahr 2020 an der Spitze der Wasserstoffproduktion aus

einer Kapazität von 1,2 GW im Jahr 2020 an der Spitze der Wasserstoffproduktion aus Wasser mit Elektrolyseuren. Es wird erwartet, dass die Kapazität mit Projekten wie den Plänen des norwegischen Unternehmens NEL Hydrogen für eine 360-MW-Anlage schnell wachsen wird, mit der Möglichkeit, die Leistung im Laufe der Zeit zu verdreifachen.<sup>23</sup> Durch die großtechnische Produktion kann gespeicherter Wasserstoff verwendet werden, um überschüssigen Strom für die Nutzung zu Spitzenzeiten vorübergehend abzufangen.

## POTENZIAL ZUR TRANSFORMATION ALTER UND NEUER ENERGIE

Die Flexibilität von Wasserstoff und seine Stärken im Vergleich zu Batterien machen die beiden Technologien in hohem Maße komplementär. Obwohl Wasserstoff heute entweder kohlenstoffintensiv oder relativ ineffizient ist, werden signifikante Investitionen und eine groß angelegte subventionierte Nutzung die Entwicklung, Infrastruktur und Herstellung vorantreiben, um die Kosten zu senken und sie in den nächsten zehn Jahren mit Batterie- und Verbrennungsmotoren in Einklang zu bringen.

Grüner Wasserstoff ist in hohem Maße nachhaltig, wohl mit weniger Umweltgefahren als Batterien, und bietet einen einfachen Mechanismus zur Stromspeicherung, der eine der Hauptschwächen von Solar- und Windenergie abmildert.

Diese Faktoren zusammengenommen sind ein guter Grund für den Hydrogen Council, der prognostiziert, dass Wasserstoff bis zum Jahr 2050 bis zu einem Fünftel der Weltenergie liefern wird.<sup>24</sup>

## Footnotes

1. American Physical Society
2. US Department of Energy
3. Deloitte and Ballard, 2020
4. Economist, July 2020
5. Financial Times, January 2019
6. Bloomberg New Energy Finance, March 2020
7. Hydrogen Council, January 2020
8. Financial Times, November 2020
9. Deloitte and Ballard, 2020
10. Hydrogen Council, July 2020
11. White & Case, December 2020
12. Nikkei Asia, October 2020
13. Ibid.
14. Deloitte and Ballard, 2020
15. GreenBiz, September 2020
16. Deloitte and Ballard, 2020
17. World Economic Forum, July 2020
18. Deloitte and Ballard, 2020
19. Economist, July 2020
20. Financial Times, January 2019
21. Ibid
22. Economist, July 2020
23. IEA, May 2020
24. Hydrogen Council, November 2017

**Melden Sie sich für unsere Artikel an**

**ABONNIEREN**