

AG 4 - ZWISCHENBERICHT

Positionspapier „Brennstoffzelle“





AG 1

Klimaschutz im Verkehr



AG 2

Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität



AG 3

Digitalisierung für den Mobilitätssektor



AG 4

Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung



AG 5

Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung



AG 6

Standardisierung, Normung, Zertifizierung und Typgenehmigung

INHALT

KURZFASSUNG	4
EXECUTIVE SUMMARY	5
1 MOTIVATION	6
2 VORGEHENSWEISE	6
3 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERK BRENNSTOFFZELLE: STATUS QUO UND HANDLUNGSFELDER	8
Rohstoffe	8
Membrane Electrode Assembly (MEA)	9
Bipolarplatte (BPP)	9
Stackmontage	10
Systemmontage	10
Recycling	10
Bauteile: Lieferumfang – Balance-of-Plant-Komponenten für ein Brennstoffzellensystem	11
4 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	14
Sicherstellung von international wettbewerbsfähigen Fertigungen	15
Intensivierung der Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen	15
Anpassungsbedarfe und Neuqualifizierung der Personalbasis	15
Marktattraktivität fördern	16
Skalierungseffekte nutzen	16
International harmonisierte und zertifizierte Standards entwickeln	16
5 FAZIT: NACHHOLBEDARFE IM INTERNATIONALEN VERGLEICH ABBAUEN – INTERNATIONALE KOMPETENZFÜHRERSCHAFT ERLANGEN	17



KURZFASSUNG

- **Die Chancen, dass die Brennstoffzellentechnologie in der Automobilindustrie auch in Europa einen Durchbruch erlebt, sind besser denn je.** Die technologische Reife, Synergiepotenziale mit anderen Wasserstoffanwendungen und Industrien, erheblich geänderte regulatorische Rahmenbedingungen und neue politische Zielsetzungen, zum Beispiel formuliert in der Nationalen Wasserstoffstrategie, unterstützen den Auf- und Ausbau und die Nutzung dieser Technologie in verschiedenen Anwendungen. Wasserstofflösungen stehen im Hinblick auf die Total Cost of Ownership (TCO) im Wettbewerb zu anderen Technologien. Im Sektor Transport gibt es **insbesondere im Bereich der Schwerlastanwendungen vielversprechende Entwicklungen.** Mittel- bis langfristig können **Wasserstofflösungen auch für andere Mobilitätsmarktsegmente wie Schifffahrt, Bahn oder Luftfahrt attraktiv werden,** wenn durch Forschung und Entwicklung eine weitere Minimierung/Optimierung des Systemraums und Gewichts erreicht wird sowie die Arbeitstemperatur der Brennstoffzelle angehoben werden kann. Fortschritte in diesen Bereichen können **Synergien im Hinblick auf Skalierung und Ausbau der Infrastruktur** schaffen und dazu beitragen, eine **zukünftige Führungsposition in diesem Technologiebereich** aufzubauen.
- Eine bedarfssichernde Brennstoffzellenentwicklung und -produktion würde den **Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie,** die auch auf globaler Ebene einem Strukturwandel in bisher nicht gesehenem Ausmaß ausgesetzt ist, unterstützen. Deshalb muss in Zukunft ein **bedeutender Anteil der Wertschöpfungsstufen in Deutschland und Europa gefertigt** werden. Dies verlangt erhebliche Investitionen in Technologien sowie Forschungs- und Entwicklungsressourcen, um die bisherige Basis in der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-
- technologie weiter auszubauen und die aktuell **bestehenden Defizite im internationalen Vergleich** abzubauen.
- Den größten Teil der Gesamtkosten der Brennstoffzellen machen die Materialkosten aus. Der **Zugang zu Rohstoffen und Vormaterialien** ist für den Aufbau einer Produktion elementar. Mittel- und langfristig werden auch **zurückgewonnene Materialien der Brennstoffzellenkomponenten aus Altprodukten** eine essenzielle Rohstoffquelle für Europa sein.
- Neben den Materialkosten bestimmen die Produktionskosten maßgeblich die Gesamtkosten der Brennstoffzelle. Entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit ist die Innovationskraft Deutschlands und Europas: **Innovation und Skalierung in der Produktion** können **ein Hebel für eine Differenzierung im internationalen Wettbewerb** sein.
- Zudem sind die **Art der Erzeugung und die Kosten für Wasserstoff** entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und die Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoffzellentechnologie. Eine **steuerliche Förderung,** wie etwa über die in der Nationalen Wasserstoffstrategie enthaltene EEG-Umlage-Befreiung für aus regenerativen Energien erzeugten grünen Wasserstoff, kann einen positiven Beitrag zur Attraktivität der Technologie leisten.
- Auswirkungen des Antriebswechsels auf die bestehende Personalbasis muss durch **Neuqualifizierungs- und Anpassungsprogramme** begegnet werden. Um den Aufbau einer zukünftigen Führungsposition Deutschlands und Europas auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie nicht zu gefährden, muss die **Ausbildung entsprechender Fachkräfte gerade an Universitäten,** aber ebenso in Betrieben, im Fokus bleiben.

- Um qualifiziertes Personal nachhaltig zu gewinnen, ist unter anderem auch die **Zukunftsperspektive der Brennstoffzellentechnologien für angehende Studierende, Auszubildende und Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer** aufzuzeigen. Die **Attraktivität der Studiengänge und Ausbildungseinrichtungen**, insbesondere in Hinblick auf den Einsatz

in neuen Technologiefeldern, muss ausgestaltet werden. Inwieweit die Attraktivität des Produktes für Studierende und Auszubildende wahrgenommen wird, kann unter anderem durch die **finanziellen Ausstattungen und Förderung entsprechender Forschungsvorhaben** an Instituten und Forschungseinrichtungen begünstigt werden.

EXECUTIVE SUMMARY

- **The chances of fuel cell technology achieving a breakthrough in the automotive industry – even in Europe – are better than ever.** The development, expansion and use of this technology in various applications are supported by its technological maturity, synergy potentials with other hydrogen applications and industries as well as a significantly modified regulatory framework and new political ambitions, as stipulated in the National Hydrogen Strategy for instance. In terms of their total cost of ownership (TCO), hydrogen solutions can hold their own compared to other technologies. There are many **promising developments** in the transport sector, **especially in heavy traffic**. In the medium to long term, **hydrogen solutions can also become attractive for other segments of the mobility market, such as in maritime, rail or air transport** if research and development efforts can help to reduce/optimize installation space and weight as well as increase the operating temperature of fuel cells. Progress in these areas can create **synergies in terms of scaling and expansion of infrastructure** and can help to gain a **leading position in this technology sector in the future**.
- Needs-based fuel cell development and production would help to **safeguard the competitiveness of the European automotive industry** which – also from a global point of view – is undergoing unprecedented structural changes. That is why in the future, a **significant number of stages in the value chain will need to be located in Germany and Europe**. This requires **extensive investment** in technologies as well as research and development resources in order to further expand the current basis in fuel cell and hydrogen technologies and to eliminate the **existing deficits vis-à-vis other countries**.
- Material costs make up the lion share of the total cost of fuel cells. **Access to raw and input materials** is fundamentally important for developing production. In the medium to long term, **materials recovered from fuel cell components of used products** will be an essential source of raw materials in Europe.
- Apart from material costs, production costs account for a large part of the total cost of fuel cells. Innovative capacity in Germany and Europe is critical to remaining competitive. **Innovation and scaling of production can be important levers in the face of international competition**.
- Other important factors relating to the economic efficiency and competitiveness of fuel cell technology are the **manner in which hydrogen is produced and the associated costs**. Tax incentives – such as renewably-produced “green” hydrogen being exempt from paying the EEG surcharge as per National Hydrogen Strategy – can make a positive contribution to the appeal of this technology.
- The impact of the switch to alternative drives on existing employees needs to be mitigated through the use of **retraining and adaptation programmes**. To avoid jeopardizing Germany’s and Europe’s path towards a future leading position in fuel cell technology, **university-based, but also in-company training of the relevant specialists** needs to remain a priority.
- In order to gain qualified staff in a sustainable way, the **future prospects of fuel cell technologies** need to be demonstrated to **prospective students, trainees and employees**. The appeal of courses and training institutions, especially when it comes to applications in new technology areas, needs to be developed. The extent to which the product is perceived to be attractive by students and trainees can be enhanced through the **provision of funding and support to relevant research projects in institutions and research institutes**.

1 MOTIVATION

Neue Antriebstechnologien und Kraftstoffe spielen für das Erreichen der Klimaschutzziele eine zentrale Rolle. Die im Klimaschutzplan der Bundesregierung festgelegte Reduzierung der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor um > 40 % bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 1990¹ wird nur durch den Einsatz neuer Antriebs- und Kraftstoffoptionen umsetzbar. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, geht es vor allem darum, neue Schlüsseltechnologien zu fordern und zu fördern, bei denen ein Potenzial zur Emissionsreduzierung besonders wirksam wird. Neben den batterieelektrischen Antrieben ist insbesondere **für Anwendungen mit hohem täglichen Energiebedarf und für die Langstrecke** auch der **Elektroantrieb auf Basis von Wasserstoff- und Brennstoffzelle eine passende Option**. Auch für Mobilitäts-

marktsegmente wie Schifffahrt, Bahn oder Luftfahrt können Wasserstofflösungen durch weitere Fortschritte in Forschung und Entwicklung attraktiv werden. Diese und weitere Schlüsseltechnologien sind für die Zukunft der Fahrzeugindustrie, der Industrie insgesamt und auch für den Standort Deutschland und Europa von zentraler Bedeutung. Mit der vorliegenden **qualitativen Analyse des Wertschöpfungsnetzwerks „Brennstoffzelle“** soll aufgezeigt werden, wie die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Automobilsektor laut Einschätzung der Expertinnen und Experten der NPM aktuell **in Deutschland und Europa** aufgestellt ist und was noch getan werden muss, damit die globale Wettbewerbsfähigkeit ausgebaut und nachhaltig gestärkt werden kann.

2 VORGEHENSWEISE

Das vorliegende Positionspapier „Brennstoffzelle“ **analysiert qualitativ den Status quo des Wertschöpfungsnetzwerks für die Produktion der Brennstoffzelle und ihrer Komponenten** (siehe Abbildung 1), mit Fokus auf die automobilen Nutzung. Aspekte der Wasserstoffproduktion und der Nutzungsmöglichkeiten von Brennstoffzellensystem und Wasserstoff im Verkehrssektor sowie zum Ausbau der Tankinfrastruktur sind nicht Gegenstand der Analyse, sondern werden im Rahmen der AGs 1, 2 und 5 der NPM betrachtet.

Der **Betrachtungsrahmen** der vorliegenden Analyse wurde **in zwei Ebenen** aufgespannt. Betrachtet werden **in der ersten Ebene die einzelnen Schritte der Wertschöpfungstiefe**: von den Rohstoffen über die Membrane Electrode Assembly (MEA), die Fertigung der Bipolarplatte (BPP), die Stack- und Systemmontage hinweg bis hin zum Recycling wird jede einzelne Prozessstufe im Detail analysiert. Für jede der genannten Wertschöpfungsschritte wurde eine **expertenbasierte Bewertung** vorgenommen. Die Bewertung stützt sich dabei auf die **Einschätzung des Ist-Zustands in Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit „Stand heute“ in Deutschland und Europa** und gibt einen **Ausblick auf die Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der Wettbe-**

werbsfähigkeit „in 10 Jahren“ im internationalen Vergleich. In der **zweiten Ebene** werden die definierten **Wertschöpfungsinhalte** von der wissenschaftlichen Basis über das Entwicklungs- und Produktions-Know-how, die Personalakquise/-entwicklung, die Investitionsbasis/-bereitschaft, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit bis hin zu energetischen Aspekten betrachtet. Die Bewertung ist durch die Mitglieder der AG 4 der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität und weitere ausgewählte Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Industrie erfolgt. In der Beschreibung der Analyseergebnisse wird bewusst auf die Nennung von Unternehmensnamen verzichtet, um eine mögliche Bevorteilung oder Benachteiligung von Wettbewerbern zu vermeiden.

¹ Vgl. BMU: Klimaschutz in Zahlen 2017.

Die Anhebung des Klimaschutzziels der EU von insgesamt 40 % auf 55 % im Rahmen des European Green Deal kann zu einer weiteren Erhöhung des Ziels für den Verkehrssektor und einer beschleunigten Elektrifizierung des Verkehrs führen. Ebenso wurden die CO₂-Grenzwerte für Neuwagen verschärft, sodass Neuwagen 2030 50 % statt 37,5 % weniger CO₂-Emissionen im Vergleich zu 2021 ausstoßen müssen.

ANALYSE DER WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE

Brennstoffzelle

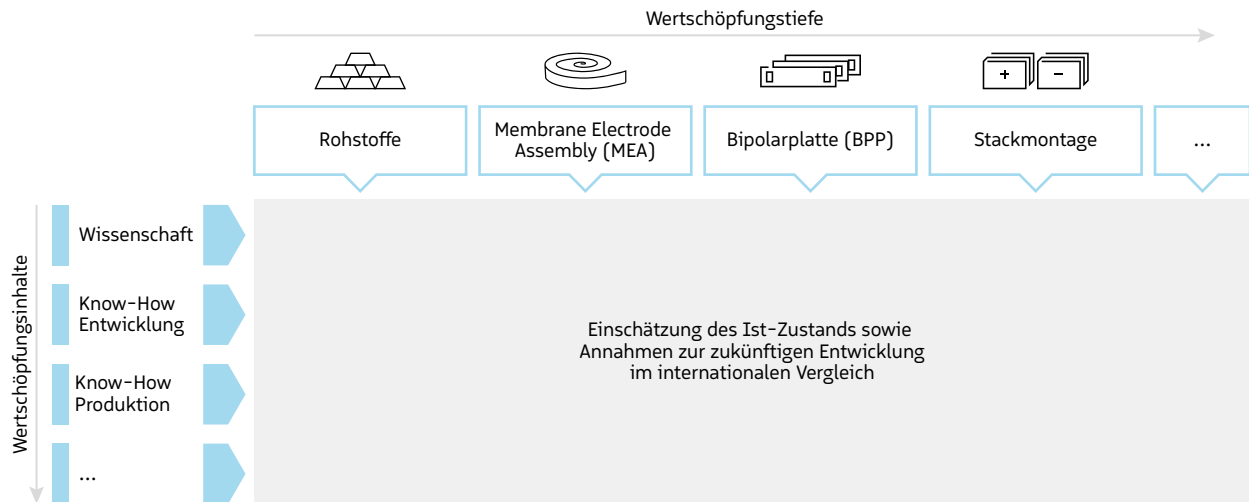


Abbildung 1: Auszug der Bewertungsmatrix für die Analyse des Wertschöpfungsnetzwerks Brennstoffzelle

Die gemeinsame Analyse ergibt, dass sowohl in Deutschland als auch in Europa an bestimmten Stellen der Wertschöpfungskette im internationalen Vergleich Nachholbedarf besteht. Dieser betrifft insbesondere die Bereiche

- Effizienz der Rohstoffnutzung und die Schließung der Rohstoffkreisläufe,
- Entwicklung und Produktion im Bereich der Membrane Electrode Assembly (MEA),
- Grundlagenforschung zur Bipolarplatte und zur Stackmontage sowie

- F&E, Kostensenkungen und den Ausbau der Lieferantenslandschaft für Bauteile wie Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse, DC/DC, Befeuchter, Tankbehälter und elektronische Luftkompressoren.

Bei der Systemmontage sowie bei den Komponenten Power Distribution Unit, Hochvolt-Leitungssatz, Tankventile und Druckregler hingegen sind die europäischen Akteure insgesamt mindestens gleichauf mit den wichtigsten globalen Playern.

3 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERK BRENNSTOFFZELLE: STATUS QUO UND HANDLUNGSFELDER

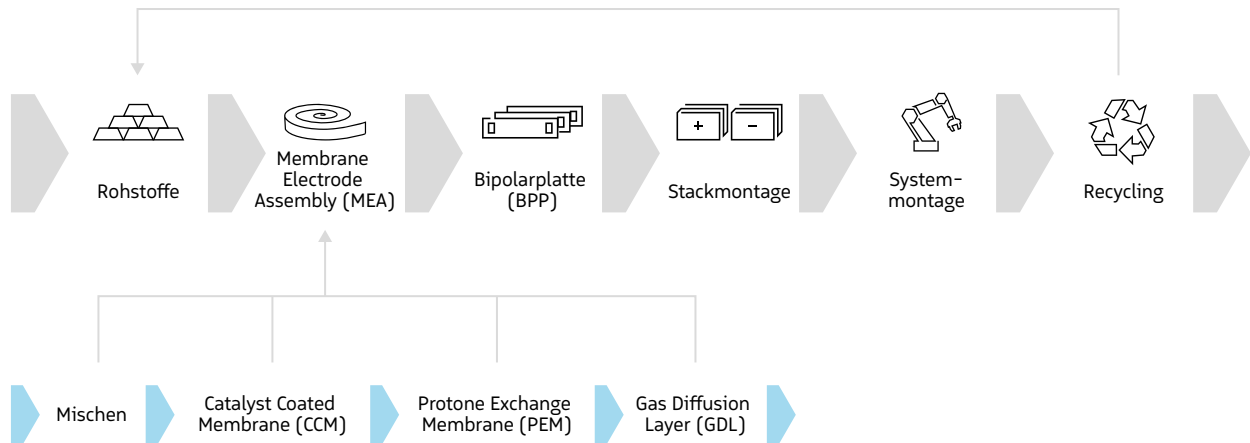


Abbildung 2: Grafische Darstellung des Wertschöpfungsnetzwerks Brennstoffzelle

Die Wertschöpfungskette für die Brennstoffzelle wurde in **sechs zentrale Wertschöpfungsstufen** unterteilt: **Rohstoffe, Membrane Electrode Assembly (MEA), Bipolarplatte (BPP), Stackmontage, Systemmontage und Recycling**. Die Membrane Electrode Assembly (MEA) wurde in der Bewertungsmatrix zusätzlich noch in die Wertschöpfungs-schritte Mischen, Catalyst Coated Membrane (CCM), Protone Exchange Membrane (PEM) und Gas Diffusion Layer (GDL) fein untergliedert. Des Weiteren wurden die **für den Industriestandort dem Lieferumfang entsprechend zentralen Bauteile** in einer separaten Liste aufgeführt und bewertet. Dabei reichen die Bauteile vom Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse bis hin zum Tankventil.

Bei der Bewertung der Wertschöpfungskette wurden jeweils wichtige Kernaussagen generiert, die im Folgenden zusammengefasst sind.

ROHSTOFFE

- Im Hinblick auf die wissenschaftliche Basis besteht im Bereich der Rohstoffe ein **signifikanter Nachholbedarf**. Stand heute ist die deutsche Industrie bei den Rohstoffen sehr stark durch den Fremdbezug aus dem vorhandenen

Lieferantennetzwerkportfolio geprägt und damit international abhängig. **In Zukunft sollte die Versorgungssicherheit durch eigene innovative und rückführende Ansätze nachhaltig sichergestellt und die internationale Abhängigkeit vermindert werden.**

- Eine entscheidende Stoßrichtung und ein möglicher Ansatz kann es sein, die **Effizienz der Rohstoffnutzung** zu maximieren. Zur weiteren Verbesserung der Effizienz der Rohstoffnutzung und der Wiederverwertung besteht Forschungsbedarf und es müssen entsprechende Rahmenbedingungen zur Forcierung von F&E in diesen Bereichen geschaffen werden.
- Die **Entwicklung neuer Ionomere** (thermoplastische Kunststoffe) wird ebenfalls intensiv diskutiert und kann ein weiterer vielversprechender Ansatz sein, um Rohstoffe nachhaltig zu gewinnen.
- Weiterhin besteht ein **Nachholbedarf im Bereich der kritischen Rohstoffe**. Am Beispiel von Platin kann der Ansatz verfolgt werden, durch initiierte Modellrechnungen des Platineinsatzes neue Erkenntnisse über den Verbrauch und eine mögliche Rückgewinnung zu erwerben

und daraus weitere Optimierungen und Lösungsansätze abzuleiten.

- Neben einer **Maximierung der Effizienz der Rohstoffnutzung** und **Absicherung der Versorgungssicherheit** sollte die **Prüfung und Auswahl für die weitere Verwertung** vorangebracht werden.

MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)

- Im Bereich der Membrane Electrode Assembly (MEA) weist die deutsche Industrie hinsichtlich der wissenschaftlichen Basis einen **intensiven Nach- und Aufholbedarf** auf: Durch die eigene Material- und Produktionstechnologieforschung und -entwicklung in allen vier Prozessschritten der MEA, vom Mischen über die Catalyst Coated Membrane (CCM), Protone Exchange Membrane (PEM) bis hin zum Gas Diffusion Layer (GDL), verfügt Deutschland bereits vereinzelt über vielversprechende Ansätze. Um aber mit den internationalen Wettbewerbern auch in Zukunft mithalten zu können, muss nach Einschätzung der Expertinnen und Experten das **Know-how im Bereich Entwicklung und Produktion der MEA signifikant aufgebaut** werden. Ein wichtiger potenzieller Forschungsgegenstand findet sich beispielsweise im Bereich der Hochtemperaturmembranen.
- Stand heute ist Deutschland im Wertschöpfungsschritt der MEA bei den Standardprozessen hinsichtlich der **notwendigen Investitionsbasis noch zurückhaltend aufgestellt**.
- Perspektivisch werden der Bedarf an Personalakquise/-entwicklung sowie die **Anforderungen an die bestehende Investitionsbasis zunehmend ansteigen**.
- Um eine zukünftige Führungsposition nicht zu gefährden, muss vonseiten der Politik und der Industrie mit hohen Investitionen reagiert werden. Nach Einschätzung der Expertinnen und Experten ist die fortführende Investitionsbereitschaft jedoch zum heutigen Stand sowohl in Deutschland als auch in Europa noch recht verhalten. **Eine klare Zielrichtung seitens Politik und Industrie mit einem Bekenntnis zum Einsatz der Technologie in (auto-)mobilen Anwendungen kann den ausschlaggebenden Impuls zur Erhöhung der Investitionsbereitschaft geben.** Hier besteht ein signifikanter Nachholbedarf, um im internationalen Wettbewerb nicht den Anschluss zu verlieren und von anderen Ländern und Wettbewerbern überholt zu werden.

BIPOLARPLATTE (BPP)

- Deutschland und Europa verfügen Stand heute im internationalen Vergleich über eine **insgesamt durchschnittliche Wettbewerbsfähigkeit** hinsichtlich der wissenschaftlichen Basis sowie des Entwicklungs- und Produktions-Know-hows für die Bipolarplatte.
- Insbesondere die Übertragung der spezifischen anwendungsorientierten Verfahren auf das europäische Produktions-Know-how ist ausbaufähig.
- Im Hinblick auf **beschichtete metallische Bipolarplatten** verfügt Deutschland über eine insgesamt **durchschnittliche Wettbewerbsfähigkeit**. Bei **Carbonplatten** besteht ein **erheblicher Aufholbedarf** zu internationalen Wettbewerbern, der nur mithilfe erheblicher Investitionen verringert werden kann.
- **Die Entwicklung von Bipolarplatten auf Basis von Carbon wie auch die Entwicklung von beschichteten metallischen Bipolarplatten sollten parallel weiter vorangetrieben werden**, da beide Technologien Vorteile in unterschiedlichen Anwendungsbereichen aufweisen. In Hinblick auf die energetischen Aspekte wird empfohlen, die Forschung und das Design auf die Verwendung von Carbon zur Erhöhung des Energiedurchsatzes deutlich zu forcieren. Für hohe spezifische Leistungsdichten sollten sowohl die Kombination von Carbonplatten mit entsprechender MEA als auch der Einsatz metallischer Bipolarplatten weiter erforscht werden.
- **Technologisch gesehen besteht in Deutschland und Europa ein Grundlagenverständnis zu beiden Typen der Bipolarplatte, das weiter ausgebaut werden muss.** Für Carbonplatten ist insbesondere weitere Grundlagenforschung zur Materialhaltbarkeit des brüchigen Werkstoffs unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen sowie zur Umform- und Prägetechnik von Carbon-Resin-Verbindungen und deren dauerhafter, industrieller Aushärtung erforderlich. Bei beschichteten Metallplatten sollte beispielsweise das Design hinsichtlich der gleichmäßigen Medienverteilung (Wasserstoff, Sauerstoff und Kühlmittel) weiter optimiert werden. Zudem sollte die Dauerhaltbarkeit von metallischen Beschichtungen und Schweißnähten in Metallplatten, insbesondere bei Anwendungen mit hoher Lebensdauer weiter erforscht werden.
- Weiterhin besteht **im Bereich der Forschung** beziehungsweise im Rahmen der speziellen Betrachtung von Bipolarplatten **Nachholbedarf in Hinblick auf die Verwendbarkeit bei höheren Temperaturen**.

- Für die **Behandlung künftiger Materialien** ist eine **weitere Skalierung zwingend erforderlich**.

STACKMONTAGE

- Im Bereich Stackmontage besteht eine **ausbaufähige wissenschaftliche Basis** und durch die eigene Material- und Produktionstechnologieforschung und -entwicklung konnte in Deutschland bereits **grundlegendes Know-how** erlangt werden. Im internationalen Vergleich ist die **Wettbewerbsfähigkeit jedoch bisher nur durchschnittlich** und weist in einigen Bereichen Nachholbedarf auf.
- Forschung und Entwicklung müssen insbesondere zur **Reduzierung der Taktzeit** und im Hinblick auf die **Ausrichtung der Zellen bei der Stackmontage** – die Verspannung und Verpressung von Stacks – verstärkt werden. Zudem wird das **Setzen der Bauteile** (Dichtung, GDL) mit zunehmender Laufzeit > 10.000 h ein relevanter Faktor, der erforscht werden sollte. In beiden Bereichen ist **Deutschland Stand heute nicht Technologieführer**.

SYSTEMMONTAGE

- Im Bereich Systemmontage können Deutschland und Europa Stand heute **gute Erfahrungen und Expertise** vorweisen, die auch in Zukunft als **solide Basis für die Wettbewerbsfähigkeit** beibehalten werden können.
- **Die jahrzehntelangen Erfahrungen der Automobilindustrie erleichtern die Umsetzung, Optimierung und Weiterentwicklung der Systemmontage für die Brennstoffzelle signifikant.** Die Adaption von Anlagen und Montageschritten gekoppelt mit den Erfahrungen aus dem konventionellen Bereich ermöglichen eine schnelle effiziente Umsetzung.
- Ein kritischer Punkt, der mit Experten-Know-how neu aufgebaut werden muss und nicht aus Erfahrungen der konventionellen Aggregate abgeleitet werden kann, besteht innerhalb der Systemmontage im sogenannten spezifischen **End-of-Line-Test**. Der End-of-Line-Test ist für die Systemmontage eines Brennstoffzellenaggregats essenziell und birgt größere Herausforderungen hinsichtlich Taktzeit, Kosten und Wasserstoffverbrauch. Hier besteht für Unternehmen in Deutschland und Europa noch **Nachholbedarf in der Optimierung**. Geeignete Verfahren zur **Optimierung und Verkürzung der Break-in-Prozeduren (Einlaufprozesse)** müssen entwickelt

werden. Im Hinblick auf Nachhaltigkeit und energetische Aspekte ist zudem eine **Optimierung des Wasserstoffverbrauchs beim End-of-Line-Test** für die Zukunft notwendig.

RECYCLING

- **Es besteht ein hoher Bedarf, Stoffkreisläufe wie für die Batterieindustrie auch für die europäische Brennstoffzellenindustrie zu schließen**, insbesondere im Hinblick auf Umweltaspekte, Rohstoffbedarfe und Resilienz der Produktionsketten.
- Für Brennstoffzellen ist **kaum grundlegendes Prozess-Know-how für den Recyclingprozess vorhanden**, es fehlen noch Erfahrungen und Referenzen im Bereich der Verarbeitung großer Volumina. Jedoch gibt es – auch in Europa – langjährige Erfahrung mit dem Recycling von Automobilkatalysatoren zwecks Rückgewinnung der darin enthaltenen Edelmetalle. Und auch bei der im Auf- und Ausbau befindlichen industriellen Fertigung von Batteriematerialien werden Konzepte für geschlossene Wertschöpfungskreisläufe von Anbeginn mitgedacht (siehe NPM-Positionspapier zum Batterierecycling²).
- Für die starke materialverarbeitende Industrie Europas werden **lukrative Geschäftsmodelle erwartet**.
- Um die Anlagentechnik auf große Volumina auszurichten und Materialien zu qualifizieren, sind **weitere Investitionen erforderlich**.
- Geschlossene Materialkreisläufe erfordern die **Möglichkeit und die Bereitschaft**, recyceltes Material für hochspezialisierte Anwendungen wie in der Brennstoffzellentechnologie wiedereinzusetzen.
- **Europäische Strategien zum Umgang mit Sekundärrohstoffen** müssen entwickelt und eingeführt werden.

² Nationale Plattform Zukunft der Mobilität: Positionspapier „Qualitative Betrachtung des Wertschöpfungsnetzwerks Batterierecycling“, Oktober 2020.

BAUTEILE: LIEFERUMFANG – BALANCE-OF-PLANT-KOMPONENTEN FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

- **Ausbaubedarfe bei Produktions-Know-how** bestehen unter anderem für Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse, DC/DC-Wandler, Tankbehälter, Wasserstoffdosierventile
- **Nachholbedarfe in Forschung und Entwicklung** bestehen insbesondere für
 - › Befeuchtermembranen
 - › DC/DC-Wandler, Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse und elektrische Luftkompressoren für Anwendungen mit höheren Spannungen/für Nutzfahrzeuge
 - › neue Hochdrucktankkonzepte bei Tankbehältern
 - › den ölfreien Betrieb von elektrischen Luftkompressoren
- Der **Aufbau einer Lieferantenlandschaft** ist notwendig für Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse, DC-DC, Befeuchter, (Tank-)Behälter (Flüssigbehälter)
- **Gute Kompetenzen** bestehen bei Power Distribution Unit (PDU), Hochvolt-Leitungssatz sowie Pumpe, Kühlung und Filter
- Eine **Kostensenkung** ist insbesondere notwendig für Hochvolt-Leitungssatz, Hochdruckbehälter und PDU. Bei der PDU sollte der **Produktionseinstieg** gefördert werden
- **Testkapazitäten zur Erprobung** sind insbesondere erforderlich für Hochdruckbehälter, Tankventile und Druckregler, Wasserstoffdosierventile
- Eine **Vereinheitlichung der Zertifizierungsanforderungen** ist insbesondere notwendig bei (Tank-)Behältern, Tankventilen und Druckreglern (Level Playing Field schaffen)

Im folgenden Abschnitt werden die Kernaussagen **der für den Industriestandort dem Lieferumfang entsprechend zentralen Bauteile des Brennstoffzellensystems** aufgeführt und bewertet. Dabei reichen die betrachteten Bauteile vom Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse bis hin zum Tankventil. Bei der Bewertung der Wertschöpfungskette wurden jeweils wichtige Kernaussagen generiert, die im Folgenden zusammengefasst sind.

Darüber hinaus sind Elektronik, Elektrik, Steuergeräte und Software sowie die dazugehörige Integrationskompetenz entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoffzellentechnologie. Sie werden in dieser Analyse jedoch nicht eingehend betrachtet. Im Hinblick auf Elektronik und Elektrik wurde in diesem Bericht der **Fokus auf Bauteile**

gelegt, die speziell für das Brennstoffzellensystem benötigt werden.³ Software- und Integrationskompetenzen für die Nutzung der Brennstoffzelle im Gesamtsystem sind nach Einschätzung der Expertinnen und Experten in Deutschland und Europa in ausreichendem Maß vorhanden.

³ Eine Analyse des deutschen Wertschöpfungsnetzwerks für Leistungselektronik und der dazugehörigen Software- und Systemkompetenz für die Nutzung im elektrischen Antriebsstrang hat die AG 4 der NPM im Oktober 2019 im 1. Zwischenbericht zur Wertschöpfung vorgelegt.

ANALYSE DER WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE

Brennstoffzelle – Bauteile: Lieferumfang



Abbildung 3: Grafische Darstellung des Wertschöpfungsnetzwerks Brennstoffzelle – Bauteile: Lieferumfang

WASSERSTOFF-REZIRKULATIONSGBLÄSE

- Im Bereich des Wasserstoff-Rezirkulationsgebläses hat die deutsche Industrie noch **Nach- und Aufholbedarf**.
- Große asiatische Unternehmen sind in den Spannungsbereichen 400–600V aktiv und wettbewerbsfähig.
- In Deutschland sowie Europa sind bisher **nur sehr wenige wettbewerbsfähige Zulieferer** vorhanden. Insbesondere das **Know-how und die Umsetzung der Bauteile für den Automotive-Bereich** sind dabei noch sehr **lückenhaft**.
- Bauteile im Bereich von 800V/HV3 für Nutzfahrzeuge sind bisher unterentwickelt und müssen weiter erforscht und entwickelt werden.
- **Eine entsprechende Lieferantenlandschaft für den Automotive-Bereich muss aufgebaut werden.**

DC/DC

- Europa und Deutschland verfügen Stand heute im internationalen Vergleich über eine **geringe Wettbewerbsfähigkeit** hinsichtlich der wissenschaftlichen Basis sowie des Entwicklungs- und Produktions-Know-hows für den DC/DC.
- Erst nach und nach entwickeln sich kompetente **Zulieferer in Deutschland und Europa** für Spezialanwendungen. Hier besteht **noch Auf- und Nachholbedarf**.
- **Bei 400V ist bisher kaum automotive Kompetenz entwickelt**. Derzeit gibt es vorwiegend asiatische Zulieferer. Für **hohe Leistungen (Spannungsklassen (HV3) und hohe Ströme)**, die für die BZ-Anwendung im Schwer-

lastverkehr erforderlich sind, gibt es generell **wenige Lieferanten**.

- **Eine umfassende Lieferantenlandschaft mit Kompetenzen im Bereich des DC/DC für automotive Anwendungen muss entwickelt werden.**

POWER DISTRIBUTION UNIT (PDU)

- Im Bereich der Power Distribution Unit (PDU) ist in Deutschland sowie in Europa ein **gutes Know-how vorhanden**.
- Weiterhin ist aber ein **breiter Wettbewerb zur Verbesserung der Kostenposition notwendig**.
- Gerade anerkannte automotive Lieferanten sollten hier stärker einsteigen. Ihr **Einstieg in die Produktion** der PDU sollte gefördert werden.

BEFEUCHTER

- Trotz der Bemühungen mehrerer Hersteller sind **keine wettbewerbsfähigen Membranen/Fasern in Deutschland und in Europa sichtbar** (insbesondere im Hinblick auf die Lebensdauer). Es besteht in dieser Hinsicht ein **Oligopol asiatischer Hersteller**.
- Seit Jahren laufende Entwicklungen haben bisher noch nicht zum Erfolg geführt. Hier ist eine **Ursachenanalyse dringend notwendig**.
- Das Förderprojekt „Ambition“ ist ein guter Ansatz, um die Situation zu verbessern.
- Weitere FuE im Bereich der Befeuchtermembranen (Hohlfasern als auch Platten) ist erforderlich.

- Eine entsprechende Lieferantenlandschaft muss in Deutschland und Europa entwickelt werden.

HOCHVOLT-LEITUNGSSATZ

- Eine gut entwickelte Zuliefererlandschaft ist in Deutschland und Europa vorhanden.
- Es besteht wenig Handlungsbedarf hinsichtlich der Technik.
- Eine Kostenreduktion ist dringend erforderlich.

PUMPE, KÜHLUNG UND FILTER

- Die Systemkomponenten Pumpe, Kühlung und Filter werden der Vollständigkeit halber im Betrachtungsumfang aufgeführt, aber in der Tiefe im Einzelnen nicht näher analysiert.
- Die Systemkomponente Kühlung ist bei der Brennstoffzelle in der Komplexität, Funktion und im Umfang mit der Kühlung eines Motors zu vergleichen.
- Im Gegensatz zur Wichtigkeit der Kühlung bei einem Batteriesystem wird die Komponente bei der Brennstoffzelle weniger fokussiert betrachtet. Hier liegt der Fokus bei der Systemkomponente Kühlung vielmehr darauf, diese gegen ionisierte Wasser beständig zu halten und eine lange Lebensdauer zu gewährleisten.
- Für die Kosten spielt die Geschwindigkeit der Produktion eine große Rolle, ein entsprechender Ansatz im „Factory-Acceptance-Prozess“ könnte Abhilfe schaffen.
- Die deutsche Industrie verfügt über eine gute Wettbewerbskompetenz bei allen drei Systemkomponenten.
- Bestimmte Wertschöpfungskompetenzen sollten im Bereich Filter und Kühlung in Baden-Württemberg erhalten werden.

(TANK-)BEHÄLTER: HOCHDRUCKBEHÄLTER

- Nach langer Zeit der Abstinenz sind nun einige (auch automotive) Lieferanten in Deutschland und Europa im Bereich der Hochdruckbehälter aktiv. Diese Lieferanten weisen im Vergleich mit asiatischen und nordamerikanischen Firmen jedoch noch einen hohen Nachholbedarf auf.

- Des Weiteren ist höchster Qualitätsstandard erforderlich, um die sehr anspruchsvollen Zulassungsbestimmungen im automobilen Bereich erfüllen zu können.

- Große Handlungsbedarfe bestehen im Bereich von Forschung und Entwicklung zu großserien-tauglichen Produktionstechnologien sowie zu neuen Hochdruck-tankkonzepten (Geometrien, Behälterzahl, Materialien etc.).
- Die Zertifizierung ist sehr anspruchsvoll, denn der Hochdruckbehälter gilt als das am stärksten regulierte Bauteil im Brennstoffzellen-Fahrzeug. Eine Vereinheitlichung der Zertifizierungsanforderungen auf weltweiter Basis ist hierbei zwingend notwendig (Level Playing Field sicherstellen).
- Eine Kostensenkung bei hohen Stückzahlen gilt als große Herausforderung (Stichwort: Wickeltechnologien). Hierzu ist ein hoher Invest nötig.
- Im Bereich der Testkapazität besteht erheblicher Nachholbedarf: Es besteht ein extremer Mangel an Testkapazität (Mono-/Oligopol-situation), den es über den Aufbau neuer Kapazitäten zu beseitigen gilt.

(TANK-)BEHÄLTER: FLÜSSIGBEHÄLTER

- Im Bereich Flüssigbehälter besteht ein großer Handlungsbedarf in Forschung und Entwicklung, von den Grundlagen bis zur Anwendung. In den vergangenen zehn Jahren wurde kaum Entwicklung betrieben. Codes und Standards fehlen nahezu komplett sowohl auf der Komponentenebene als auch bei Betankungsprozeduren.
- Hier verbirgt sich für Deutschland und Europa eine große Chance, einzusteigen und aufzuholen, weil in diesem Bereich auch in Asien bisher sehr wenig vorhanden ist.
- Eine entsprechende Lieferantenlandschaft sollte aufgebaut werden.

TANKVENTILE UND DRUCKREGLER

- Für Tankventile und Druckregler gibt es mehrere Lieferanten in Deutschland und Europa. Die Zuliefererbasis muss jedoch weiter verbreitert werden.
- In diesen Bereich sind viele Erfahrungen aus dem CNG-Bereich und auch direkt von OEMs eingeflossen. Ein hoher Qualitätsstandard ist erforderlich und kann in Deutschland und Europa gewährleistet werden.

- Eine Zertifizierung ist sehr anspruchsvoll, eine internationale, zumindest aber europäische **Vereinheitlichung der Zertifizierungsanforderungen** notwendig (Level Playing Field sicherstellen).
- Der **Aufbau von Testkapazitäten für hochdruckführende Komponenten** (Drücke > 1.100 bar) ist erforderlich.

WASSERSTOFFDOSIERVENTILE

- Der aktuelle Stand und die Herausforderungen für Wasserstoffdosierventile sind im Wesentlichen vergleichbar zu den Tankventilen.
- **Forschung und Entwicklung** ist in den Bereichen **großserientaugliche Konzepte und Produktionstechnologie** erforderlich.
- **Testkapazitäten zur Erprobung mit Wasserstoff** sollten **aufgebaut werden**.

ELEKTRISCHE LUFTKOMPRESSOREN

- Im Bereich Luftkompressoren gibt es **mehrere Lieferanten in Deutschland und Europa**. Die **bestehende Zuliefererbasis muss entlang der Wertschöpfungskette weiter verbreitert werden**.
- Eine besondere Herausforderung ist der ölfreie Betrieb, der die Entwicklung einer besonderen Lagertechnik erforderlich macht. Hierfür wird Technologie zum Beispiel aus der Luftfahrt weiterentwickelt. Die **Erforschung und Entwicklung kostengünstiger ölfreier Lagertechnik** und der **Aufbau entsprechender Produktionstechnologien** sollten vorangetrieben werden.
- Kompressoren mit 800V/HV3-Technologie für Nutzfahrzeuge sind kaum vorhanden. **Forschung und Entwicklung zu 800V/HV3-fähigen Komponenten** ist erforderlich.

4 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN



Abbildung 4: Übersicht über die Handlungsempfehlungen

Aus der Bewertung der Wertschöpfungsmatrix „Brennstoffzelle“ lassen sich folgende Handlungsempfehlungen für Politik und Industrie zusammenfassend ableiten:

SICHERSTELLUNG VON INTERNATIONAL WETTBEWERBSFÄHIGEN FERTIGUNGEN

Eine bedarfssichernde Brennstoffzellenentwicklung und -produktion ist für den Erhalt einer führenden Stellung der europäischen Automobilindustrie entscheidend. Deshalb muss in Zukunft ein bedeutender Anteil der Wertschöpfungsstufen in Deutschland und Europa gefertigt werden.

- Zur Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit sind **starke Forschungs- und Entwicklungsprogramme erforderlich**, damit die Basis für eine nachhaltige Fertigungslandschaft in Deutschland und Europa erhalten und gefestigt werden kann.
- Die Grundlage und das Ziel der Forschungs- und Entwicklungsprogramme muss es sein, auf das umfassende vorhandene Produktions-Know-how zuzugreifen und **wettbewerbsfähige Fertigungsverfahren und -prozesse für die neuen Technologien zu entwickeln**.
- Eine **Serienproduktion von Brennstoffzellentechnologie**, die mithilfe neuer **hochmoderner Anlagen** eine **höhere Skalierung der Produktion** ermöglicht, muss für Deutschland und Europa angestrebt werden.
- Das Ziel muss sein, **jede der einzelnen Prozessstufen der Brennstoffzellenproduktion abzudecken**: von der Membranbeschichtung über die Stack-Herstellung bis hin zur Brennstoffzellen-Systemmontage.

INTENSIVIERUNG DER FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSMASSNAHMEN

Grundlegend existiert bereits **Stand heute eine fundierte Technologiebasis für einen Großteil der Produktionsschritte entlang der Wertschöpfungskette**. Deutsche Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen haben in der Vergangenheit in vielen Bereichen bereits eine **gute Stellung und Expertise in der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie** erreicht.

Um die bisherige Basis in der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie weiterhin zu erhalten und vor allem weiter auszubauen und **bestehende Defizite, etwa in den Bereichen Entwicklung und Produktion von MEA und Bipolarplatte sowie zu zentralen Bauteilen wie DC/DC, Tankbehälter**

und elektrische Luftkompressoren, auszugleichen, ist es jedoch notwendig, **intensive Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen** voranzutreiben. Hier gibt es im universitären Bereich, insbesondere in Hinblick auf **Testing zentraler Komponenten und System-Testing**, noch Defizite. Es verlangt **bedeutende Investitionen in neue Technologien, sowie Forschungs- und Entwicklungsressourcen**.

Durch gezielte Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen muss das Ziel verfolgt werden, **sowohl die Kosten im Bereich der Brennstoffzellentechnologie konsequent zu reduzieren als auch die Langlebigkeit und Effizienz der Produkte weiter zu erhöhen**.

Eine erhebliche Ausweitung der wissenschaftlichen Aktivitäten wird angeregt, um zukünftig **Märkte mit höheren Integrationsrestriktionen** (kleinerer Bauraum, Preis), aber auch **Transportmärkte mit höheren Lebensdauererwartungen und höherem Arbeitstemperaturbedarf zu eröffnen**. Ausschlaggebend sind die weiteren Geschäftsfelder im Bereich der **Schifffahrt, Flugzeuge, schwere Nutzfahrzeuge** (Busse, LKWs, usw.). Hierzu sind die wissenschaftlichen Aktivitäten in den Forschungsfeldern Materialien sowie Design der Trägermaterialien zu stärken.

Bei den **Materialien** müssen die Ziele verfolgt werden, unter anderem eine **größere Unabhängigkeit von kritischen Quellen** zu erlangen, die **Temperaturverträglichkeit zu optimieren** und eine **Kostensenkung durch Skalierung und effizientere Materialien** zu ermöglichen.

Im Bereich **Design** müssen die Ziele verfolgt werden, eine **größere Dynamik bei höheren Arbeitstemperaturen** und eine **Homogenität der Reaktionsverteilung** erreichen zu können.

ANPASSUNGSBEDARFE UND NEUQUALIFIZIERUNG DER PERSONALBASIS

Den **Auswirkungen des Antriebswandels auf die bestehende Personalbasis** in der Automobilindustrie muss durch **Neuqualifizierungs- und Anpassungsprogramme** begegnet werden. Um den Aufbau einer zukünftigen Führungsposition Deutschlands und Europas auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie nicht zu gefährden, muss die **Ausbildung entsprechender Fachkräfte** und das nachhaltige **Gewinnen von Expertinnen und Experten gerade an Universitäten**, aber ebenso in den Betrieben, **aktiv gefördert** werden. Fehlen Expertinnen und Experten in großem Ausmaß, wird das Innovationspotenzial von Deutschland und Europa signifikant gefährdet sein.

Um qualifiziertes Personal nachhaltig zu gewinnen, ist es

umso wichtiger, die **Zukunftsperspektive der Brennstoffzellentechnologien auch für angehende Studierende, Auszubildende und Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer** aufzuzeigen. Die Attraktivität der Studiengänge und Ausbildungseinrichtungen, insbesondere in Hinblick auf den Einsatz in neuen Technologiefeldern, muss ausgestaltet werden. Inwieweit Studierende und Auszubildende die Attraktivität des Produktes wahrnehmen, kann unter anderem durch die **finanziellen Ausstattungen und Förderung entsprechender Forschungsvorhaben an Instituten und Forschungseinrichtungen** begünstigt werden.

MARKTATTRAKTIVITÄT FÖRDERN

Derzeit werden Straßenfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb nur in Kleinserien oder als Technologieträger hergestellt. Die Auswahl an Brennstoffzellenfahrzeugen ist in Deutschland und in Europa bis dato nur mit einem geringen Bestand und einer überschaubaren Modellvielfalt vorhanden.

- Um die **Marktaktivierung** voranzutreiben, ist es notwendig, die **Förderrichtlinien für Maßnahmen weiter fortzuschreiben** mit dem Ziel, die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie wettbewerbsfähig im Verkehrssektor zu etablieren.
- Eine **konsequente Kostenreduktion** muss fortgesetzt werden und eine **anwendungsorientierte Marktaktivierung** muss das Ziel sein. Für Verbraucherinnen und Verbraucher sind die Anschaffungskosten Stand heute aufgrund noch geringer Stückzahlen im Vergleich zu klassischen Antriebsvarianten relativ hoch.
- Der **Anreiz zum Kauf von Fahrzeugen mit Brennstoffzellentechnologie** kann durch finanzielle Förderungen wie beispielsweise durch staatliche Kaufprämien, durch steuerliche Erleichterungen und weitere finanzielle Anreize angestrebt werden.⁴
- Eine an zukünftigen Bedarfen orientierte **dynamische Ausweitung und Installation von Wasserstofftankstellen** kann die Akzeptanz bei potenziellen Nutzerinnen und Nutzern steigern, da beim Tanken und Nutzen der Brennstoffzellenfahrzeuge nur geringe Verhaltensänderungen erforderlich sind und somit nur ein geringer Unterschied zu klassischen Fahrzeugen zu spüren ist. Dieser Impuls kann ausschlaggebend für die neuen Technologien sein und sie weiter fördern. Das Wasserstofftankstellennetz ist Stand heute in Deutschland und Europa ausbaufähig.

- Zudem sind die **Art der Erzeugung und die Kosten für Wasserstoff entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und die Wettbewerbsfähigkeit** der Brennstoffzellentechnologie. Eine **steuerliche Förderung**, wie etwa über die in der Nationalen Wasserstoffstrategie enthaltene EEG-Umlage-Befreiung für aus regenerativen Energien erzeugten grünen Wasserstoff, kann einen **positiven Beitrag zur Attraktivität der Technologie** leisten.

SKALIERUNGSEFFEKTE NUTZEN

Eine **Ausweitung der Volumenbasis zur Erreichung einer wettbewerbsfähigen Kostenposition durch Skaleneffekte** ist von zentraler Bedeutung. Bei einem zügigen Ausbau der Technologiekompetenz und der Produktionskapazitäten können sowohl Deutschland als auch Europa vom zukünftigen Marktwachstum profitieren.

- **Potenziale zur Kostensenkung** können beispielsweise über **höhere Stückzahlen und strategische Partnerschaften** beim Stack, beim Brennstoffzellen-System und beim Tank durch auftretende Skaleneffekte erreicht werden.
- Die Skaleneffekte können durch **Einstieg ins Non-Automotive Business als Volumenbasis für profitables Automotive Business** (Pkw, Nutzfahrzeuge, Busse und LKWs) genutzt werden. Als weitere Enabler zur Stückzahlensteigerung kann die **Anregung zur Anwendung in weiteren Geschäftsfeldern** hilfreich sein, zum Beispiel Schifffahrt, Flugzeuge etc.
- Der **Start der Entwicklung eines Lieferantenmarkts für Komponenten zur Generierung von Kostenpotenzialen** ist ein bedeutender Stellhebel zur Senkung der Kosten und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoffzelle im internationalen Kontext.

INTERNATIONAL HARMONISIERTE UND ZERTIFIZIERTE STANDARDS ENTWICKELN

Eine Konsultation zu möglichen Beschränkungsvorschlägen für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung aller Per- und Polyfluoralkylverbindungen (PFAS) läuft. Diese könnte auch Auswirkungen auf die Brennstoffzelle haben. Es müssen **international harmonisierte und zertifizierte Standards für wasserstoffbasierte Energieträger und Chemikalien** entwickelt werden, um ein Level Playing Field mit **fairen Wettbewerbsbedingungen und Marktzugängen sicherzustellen**.

⁴ Der VDMA sieht grundsätzlich produktbezogene Subventionierung unabhängig von der Antriebsart kritisch.

5 FAZIT: NACHHOLBEDARFE IM INTERNATIONALEN VERGLEICH ABBAUEN – INTERNATIONALE KOMPETENZFÜHRERSCHAFT ERLANGEN

Deutschland und Europa verfügen in vielen Bereichen bereits über eine **solide Basis für eine zukünftige Produktion von Brennstoffzellen**. Im internationalen Vergleich, insbesondere mit dem asiatischen Raum, **besteht jedoch ein Aufholbedarf**. Insbesondere Wettbewerber aus **Japan, Südkorea und China** produzieren bereits heute Brennstoffzellen in größeren Stückzahlen. Dies beruht auf einer bereits **mehrjährigen Akzeptanz der Wasserstoffzukunft** und einem **entsprechenden Ausbau und der Förderung der Infrastruktur**, was wiederum die Entwicklung bei diversen japanischen, südkoreanischen und chinesischen Firmen massiv antreibt.

In China, dem größten Markt für Elektromobilität, baut die Industrie aktuell alle erforderlichen Kompetenzen für die Brennstoffzellentechnologie aus und wird damit ebenso in Konkurrenz zu deutschen und europäischen Herstellern treten.

Es ist zu erwarten, dass **China**, wie bereits bei Batterien, auch bei der Brennstoffzelle eine **marktherrschende Stellung** anstrebt. Die Brennstoffzelle zählt aktuell zu den am höchsten subventionierten NEV(New Energy Vehicle)-Technologien in China. Wenn die Entwicklung zu FCEV in China analog der zu BEV erfolgt, dann kann China bereits in den nächsten sechs Jahren Marktführer bei FCEV werden. Zudem besteht ein zusätzliches Risiko, dass das in China weit verbreitete Thema **Whitelisting (analog Hochvolt-Batterien und Zellen) zugunsten lokaler Anbieter** eingeführt wird.

Um zukünftig im internationalen Wettbewerb mit den bisherigen Marktführern konkurrenzfähig zu bleiben, sind **weitere Handlungsrichtungen und kurzfristige Investitionen in der heimischen Wirtschaft für Deutschland und Europa unerlässlich**. Gerade Deutschland hat mit einer entschlossenen Forcierung von Wasserstoff bislang abgewartet. Mit der Wasserstoffstrategie der EU und der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung wurden im Jahr 2020 zwar sichtbare Zeichen gesetzt. Eine **klare Zielrichtung vonseiten der Politik und der Industrie mit einem Bekenntnis zum Einsatz der Technologie in (auto-)mobilen Anwendungen** ist jedoch weiterhin erforderlich, um **Zukunfts- und Planungssicherheit herzustellen** und damit **Investitionen anzureizen**.

Der schnelle **Aufbau einer funktionierenden europäischen Wasserstoffwirtschaft** muss technologieoffen gestaltet sein und braucht jetzt alle klimaneutralen Wasserstoffherstellungsverfahren, um den steigenden Bedarf an klimafreundlichem Wasserstoff in Industrie und Verkehr zu decken und effektiven Klimaschutz zu betreiben, statt einer einseitigen Fokussierung auf Elektrolysewasserstoff.

Jetzt ist es umso wichtiger, mit den richtigen Ansätzen und dem notwendigen Tempo die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Verkehrssektor und darüber hinaus nachhaltig wettbewerbsfähig zu etablieren. Eine **anwendungsorientierte Marktaktivierung** muss das Ziel sein, um die Schlüsseltechnologie Wasserstoff- und Brennstoffzelle voranzutreiben.

IMPRESSUM

VERFASSER

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität,
Arbeitsgruppe 4 „Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes,
Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung“,

März 2021

HERAUSGEBER

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

REDAKTIONELLE UNTERSTÜTZUNG

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
ifok GmbH

SATZ UND GESTALTUNG

ifok GmbH

LEKTORAT

Nikola Klein – e-squid text konzept lektorat

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ist per Kabinettsbeschluss von der Bundesregierung eingesetzt und wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur federführend koordiniert. Sie arbeitet unabhängig, überparteilich und neutral.



