

---

# WASSERSTOFF • BRENNSTOFFZELLEN ENERGIESPEICHERUNG

Entwicklungsstand und Perspektiven

DWV-Position und Empfehlungen

basierend auf der Expertise der



ludwig bölkow  
systemtechnik

für e-mobil BW GmbH

## EINLEITUNG

Wasserstoff und Brennstoffzellen haben ein großes Potenzial und stehen derzeit an der Schwelle der Kommerzialisierung. Deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen haben sich eine gute Ausgangsbasis geschaffen, um international an diesen Wachstumsmärkten zu partizipieren.

Mit knapper werdenden fossilen Ressourcen, dem Ausstieg aus der Kernenergie und den internationalen Zielen zur Verringerung von Treibhausgasemissionen ändert sich das gesamte Energiesystem fundamental und wird langfristig vollständig auf erneuerbare Energieträger umgestellt. Dominierten in der Vergangenheit die chemischen Energieträger als Primärenergiequelle, so werden diese in Zukunft insbesondere durch Strom als erneuerbarer, großteils fluktuierender Primärenergie abgelöst. Damit geht zugleich aber auch die leichte Speicher- sowie die einfache Transportierbarkeit von Energie teilweise verloren. Eine intelligente Verknüpfung von Strom, Gas (Wasserstoff, Methan), Wärme und Kraftstoffen für die Mobilität ist Voraussetzung für eine robuste, nachhaltige und zukunftsfähige Energieversorgung Deutschlands. Nur das koordinierte Zusammenspiel zwischen Erzeugung, Übertragung, Verteilung, Speicherung und Verbrauch elektrischer Energie ermöglicht eine effiziente Einbindung von erneuerbaren Energien ins Energieversorgungssystem sowie einen sicheren Übergang ins regenerative Energiezeitalter. Deutschland braucht eine robuste und flexible Energiestrategie, die langfristig allen Marktakteuren Planungssicherheit bieten kann.

Großtechnische Speichertechnologien zum Ausgleich von Schwankungen der Einspeisung aus erneuerbaren Energiequellen werden eine notwendige und wachsende Komponente des zukünftigen Energiesystems sein. Vor allem Power-to-Gas-Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff und Methan aus Strom bieten wegen der höheren Energiedichte im Vergleich zu Druckluft- und Pumpspeichern auch die Möglichkeit zur längerfristigen Speicherung großer Mengen elektrischer Energie. Damit ist die Kopplung der Energienetze für Strom und Gas eine vielversprechende neue Lösungsoption für die Langzeitspeicherung im lokalen, nationalen und evtl. regionalen Maßstab. Ein wesentlicher Vorteil von Wasserstoff besteht darin, dass er sowohl zur Rückverstromung als auch in anderen zum Teil ökonomisch höherwertigen Bereichen, insbesondere als Kraftstoff im Verkehr, eingesetzt werden kann. Die durch diese Synergieeffekte zusätzlich zu generierenden Erlöse können die Wirtschaftlichkeit je nach Nutzungsart, Auslastung und Dimensionierung deutlich verbessern und neue Geschäftsfelder eröffnen.

## SPEICHERBEDARF UND SPEICHERKAPAZITÄTEN STATUS UND AUSBAUPOTENZIALE

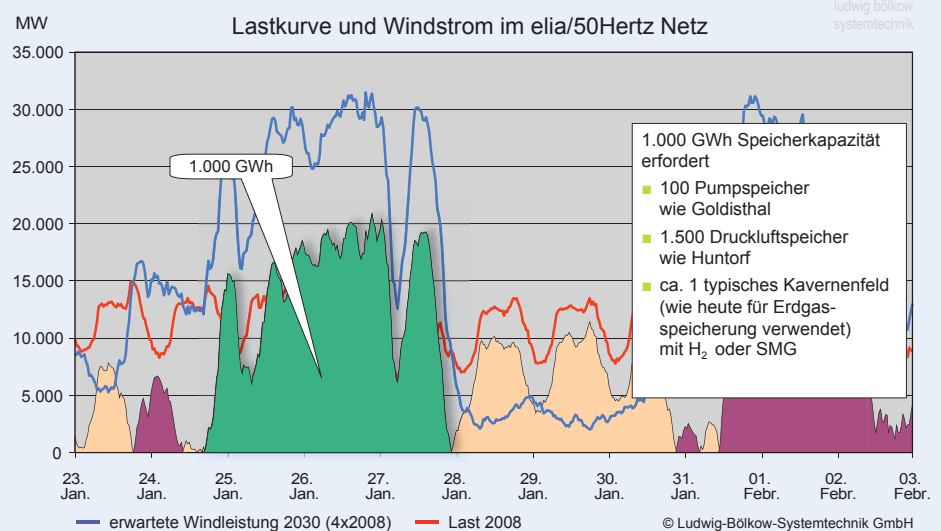
Die Energiespeicherung ist eines der zentralen Forschungsthemen in Deutschland und Europa. Insgesamt weisen die Analyseergebnisse zum langfristigen Speicherbedarf noch eine große Bandbreite an Ergebnissen auf. Die Unterschiede sind auf die Vereinfachungen in den Modellrechnungen sowie die unterschiedlichen Annahmen zurückzuführen.

Trotz vieler Unsicherheiten kristallisieren sich folgende Kernaussagen heraus:

- Die betrachteten Technologien sind derzeit entweder in ihrem Potenzial stark eingeschränkt (Pumpspeicherwerke) oder noch in der Entwicklungsphase (Druckluftspeicher, Power-to-Gas). Bis adiabate Druckluftspeicher oder PtG-Systeme kommerziell eingesetzt werden können, sind weitere Forschungs-, Entwicklungs- und Kommerzialisierungsarbeiten erforderlich.

- Es existieren Wettbewerb und Synergien zwischen verschiedenen Speichertechnologien.
- Die Kopplung der Energienetze von Strom und Erdgas ist eine vielversprechende Lösungsoption für die Langzeitspeicherung im nationalen Maßstab.
- Nur PtG-Systeme (EE-Wasserstoff und/oder EE-Methan) sind perspektivisch für eine Langzeitspeicherung geeignet. Ein wesentlicher Vorteil von Wasserstoff besteht in der Tatsache, dass er sowohl zur Rückverstromung als auch durch eine stoffliche Nutzung in anderen z. T. ökonomisch höherwertigen Bereichen, wie z. B. in Industrieprozessen oder als Kraftstoff im Verkehr, eingesetzt werden kann. Die durch diese Synergieeffekte zusätzlich zu generierenden Erlöse können die Wirtschaftlichkeit je nach Nutzungsart, Auslastung und Dimensionierung deutlich verbessern und neue Geschäftsfelder eröffnen.

Abb. 1  
**Speicherbedarf für große Strommengen über mehrere Tage**  
(Quelle: LBST)



- Bis 2020 kann an einzelnen Standorten zusätzlicher Bedarf für neue Speicher großer Speichermengen über mehr als einige Stunden hinaus entstehen. Danach kann dieser Speicherbedarf für große Strommengen mit der Ausweitung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Zeitraum bis 2050 deutlich ansteigen.
- Um den entstehenden Speicherbedarf mit der Verfügbarkeit vielversprechender Speichertechnologien zu synchronisieren, müssen die aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ausgeweitet und Markteinführungsbemühungen zeitnah gestartet werden.
- Der langfristige technisch-ökonomische Speicherbedarf hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab und kann heute noch nicht präzise vorhergesagt werden. In aktuellen Forschungsprojekten wird das Verständnis des Speicherbedarfs und seiner Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren weiter vertieft. (siehe Abbildung 2)

Im Hinblick auf die Nutzung der Wasserstoffgroßspeicherung lassen sich folgende Handlungserfordernisse ableiten:

- Genauere Analysen zum möglichen Beitrag der Wasserstoffspeicherung zur Vermeidung von regionalen Netzengpässen,
- Evolution der bestehenden Simulationsmodelle für das deutsche Energiesystem, um eine jederzeit ausreichend hohe gesicherte Leistung („was passiert bei dunklen Flauten?“) besser abzubilden,
- Identifikation wirtschaftlicher Synergieeffekte bei der Nutzung derselben Wasserstoff-Infrastruktur durch verschiedene potenzielle Wasserstoffnutzer (Kraftstoff für Verkehrssektor, Rohstoff für Industrie, Rückverstromung, Nutzung im Gasnetz),
- Entwicklung einer Roadmap, um die Relevanz der Wasserstoffspeicherung für diese Marktsegmente auf einem Zeitstrahl einzuordnen,

Abb. 2

## Aktuelle PtG-Projekte in Deutschland

(Quelle: LBST)

<p><b>Reußenköge:</b> PEM-Elektrolyse (zunächst 200 kW, später 1 MW), H<sub>2</sub>-Speicherung, Verstromung (BHKW) im Bau (2013)</p>
<p><b>E.ON Hanse, Hamburg:</b> PEM-Elektrolyse (1 MW), H<sub>2</sub>-Einspeisung ins Erdgasnetz, in Planung (2014)</p>
<p><b>Audi Werlte:</b> alkalische Elektrolyse (6 MW), SNG-Herstellung und Einspeisung ins Erdgasnetz, in Betrieb seit 6/2013</p>
<p><b>RWE Ibbenbüren:</b> PEM-Elektrolyse (100 kW), H<sub>2</sub>-Einspeisung ins Erdgasnetz, in Planung (2013)</p>
<p><b>CO<sub>2</sub>RRECT Niederaußem:</b> PEM-Elektrolyse (300 kW), Methanol- und Methan-Herstellung, Verstromung, in Betrieb seit 3/2013</p>
<p><b>Energiepark Mainz:</b> PEM-Elektrolyse (6 MW), H<sub>2</sub>-Speicherung, H<sub>2</sub>-Verstromung, H<sub>2</sub>-Einspeisung ins Erdgasnetz, im Bau (2015)</p>



<p><b>RH<sub>2</sub>-WKA Grapzow:</b> alkalische Elektrolyse (1 MW), H<sub>2</sub>-Speicherung, H<sub>2</sub>-Verstromung, in Betrieb seit 9/2013</p>
<p><b>ENERTRAG Prenzlau:</b> alkalische Elektrolyse (500 kW), H<sub>2</sub>-Pipeline, H<sub>2</sub>-Verstromung, in Betrieb seit 10/2011</p>
<p><b>E.ON Falkenhagen:</b> alkalische Elektrolyse (2 MW), H<sub>2</sub>-Pipeline, H<sub>2</sub>-Einspeisung ins Erdgasnetz, in Betrieb seit 8/2013</p>
<p><b>Thüga Frankfurt:</b> PEM-Elektrolyse (320 kW), H<sub>2</sub>-Einspeisung ins Erdgasnetz, im Bau (2013), ab 2016 auch Methanisierung geplant</p>
<p><b>ETOGAS ZSW in Stuttgart:</b> alkalische Elektrolyse (250 kW), Methanisierung, in Betrieb seit 10/2012</p>

- weitergehende Analysen, um die Möglichkeiten dezentraler Energieversorgungskonzepte und ihre potenzielle Rolle in einem sich entwickelnden Energiemarkt unter technischen, wirtschaftlichen und Nachhaltigkeits-Gesichtspunkten zu analysieren und
- weiterführende Untersuchungen zur regionalen Differenzierung von Wasserstoffgroßspeicherkonzepten; zentral in Salzkavernen in Norddeutschland und dezentral in Mittel- und Süddeutschland.

## WASSERSTOFFERZEUGUNG MITTELS ELEKTROLYSE

Bei weiter ansteigenden Anteilen erneuerbarer Energien werden mittel- bis langfristig PtG-Systeme ins Energieversorgungssystem integriert werden müssen. Deren entscheidende Schlüsselkomponente ist die Elektrolyse. Soll das Power-to-Gas-Konzept großtechnisch funktionieren, müssen leistungsstarke und kostengünstige Elektrolyseure zur Verfügung stehen.

Dafür sind weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erforderlich. Um Wasserelektrolyseure in energietechnischen Systemen mit fluktuierender Einspeisung erneuerbarer Energien zu koppeln, sind besondere Anforderungen an den Anlagenbetrieb zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem für die Dynamik, das An- und Abschaltverhalten und den Stand-by-Betrieb der Elektrolyseure.

Die Kostensenkungspotenziale der Elektrolysetechnologien können durch ein Markteinführungsprogramm oder andere Maßnahmen der öffentlichen Hand unterstützt werden. Insbesondere durch Serienproduktion im Rahmen einer breiten Kommerzialisierung lassen sich die notwendigen Kostensenkungen realisieren.

Mittel- bis langfristig wird die PEM-Elektrolyse den Bereich der Nischenanwendungen verlassen und auch für größere Leistungsbereiche verfügbar werden. Die Hochtemperaturelektrolyse kann aufgrund des geringeren Strombedarfs potenziell langfristig einen wertvollen Beitrag zur Wasserstofferzeugung leisten. Der Realisierung der Technik stehen jedoch bisher noch ungelöste Materialprobleme entgegen.

## WASSERSTOFFDISTRIBUTION UND INFRASTRUKTUR

Die Einführung von Wasserstoff als Kraftstoff in den Verkehrssektor bietet die Möglichkeit, erneuerbare Energien, insbesondere über den Strompfad und deutlich weniger über den Biomassepfad, für eine nachhaltige Mobilität auf Basis elektrischer Antriebe zu erschließen und damit die Energiewende zu fördern.

Grundsätzlich zeigen die Aktivitäten von H<sub>2</sub>-Mobility in Deutschland und anderen europäischen Ländern (Frankreich, Großbritannien etc.), dass die Industrie eine breite Markteinführung der Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur vorbereitet und mit der Umsetzung beginnt. In Deutschland sollte die Kommunikation dazu in der Breite und der Tiefe verstärkt werden, um die notwendige Unterstützung aller Interessengruppen zu sichern.

*(siehe Abbildung 3, Seite 6)*

Mit der zentralen Rolle von Wasserstoff als Energiespeicher in großem Maßstab und über längere Zeiträume sollte sich der Fokus beim Infrastrukturaufbau grundsätzlich erweitern. Dazu zählen die Berücksichtigung zentraler und dezentraler Konzepte sowie die Integration von Tankstellen in lokale Kraft-Wärme-Kälte-Wasserstoff-Versorgungsansätze. Damit lassen sich neue Geschäftsmodelle entwickeln und erschließen. Der Verkehr hat in dieser frühen Phase die Rolle des Impulsgebers.

In der aktuellen vorkommerziellen Phase bieten sich beim Infrastrukturaufbau Synergien an mit

- bestehenden Wasserstoffinfrastrukturen, insbesondere solchen für Nebenprodukt-H<sub>2</sub> oder/ und bestehenden Rohrleitungsnetzen [Chem-Coast 2013] sowie mit
- neuen Netzen, die sich z.B. aus dem bestehenden Erdgasnetz entwickeln können, insbesondere im Rahmen von Power-to-Gas-Projekten.

Dabei sind die regionalen und nationalen Strategien hinsichtlich der vordringlichen Themen miteinander zu harmonisieren. Dazu gehören insbesondere

- die Entwicklung geeigneter regulatorischer Rahmenbedingungen im Sinne eines schnellen und wirtschaftlichen Aufbaus einer Tankstelleninfrastruktur, inklusive einer Vereinfachung von Errichtung, Genehmigung und Betrieb von Wasserstoff-Tankstellen,

Abb. 3

### Verteilung der 50 H<sub>2</sub>-Tankstellen für Deutschland nach CEP bis 2015

(Quelle: NOW)



- die Senkung des Investitionsrisikos und die Marktvorbereitung durch ein Engagement der öffentlichen Hand im Infrastrukturaufbau,
- die Verstärkung der Bemühungen um Standardisierung in allen Bereichen und um einheitliche, industrielle Tankstellenkonzepte zur Reduzierung der Kosten des Infrastrukturaufbaus und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Nutzerfreundlichkeit,
- die Entwicklung geeigneter, kostengünstiger, eichfähiger Wasserstoffdurchflussmesser und die Kontrolle der Wasserstoffreinheit durch entsprechende Qualitätsanforderungen beim Bau der Tankstellen bzw. die Entwicklung von schützenden Einbauten sowie
- die Entwicklung politischer Vorgaben zu erneuerbaren Wasserstoffanteilen, die Entwicklung von Instrumenten zu deren eindeutigem Nachweis sowie der Aufbau entsprechender erneuerbarer Wasserstoffherstellungskapazitäten.

Grundlegend für eine erfolgreiche Markteinführung ist eine hohe Kontinuität der Aktivitäten in Industrie und Politik. Diese wurde und wird in Deutschland besonders durch die Koordination durch die Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellen (NOW) erzielt. In seinem Strategiepapier „Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien – Tragende Säulen der Energiewende 2.0“ hat der NOW-Beirat Mitte 2013 dargelegt, dass die Kontinuität bei Forschung, Entwicklung und Demonstration von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sicherzustellen und ab 2015 auf die Kommerzialisierung auszurichten ist. Dazu ist insbesondere eine Unterstützung bei der Marktaktivierung und dem Markthochlauf für diese Technologien zu gewährleisten.

## MOBILE BRENNSTOFFZELLEN-ANWENDUNGEN

CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionsziele und die Notwendigkeit der Einführung erneuerbarer Energien in den Verkehrssektor zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen, insbesondere Erdöl, werden zu einer grundlegenden Umstellung der Antriebe und Kraftstoffe im Straßenverkehr führen.

Wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen haben dabei gute Chancen auf relevante Marktanteile, da sich Brennstoffzellensysteme neben ihrer hohen Effizienz auch durch andere wichtige Vorteile auszeichnen, wie z. B. nutzerfreundliche Reichweiten, schnelle Betankbarkeit, hohe Dynamik, Geräuscharmheit im Betrieb und Integrierbarkeit in heute gebräuchliche Fahrzeuge. Von den Batteriefahrzeugen unterscheiden sie sich dadurch, dass sie nicht nur innerstädtischen Betrieb sondern sich gleichermaßen auch auf längeren Fahrstrecken einsetzen lassen.

Die Phalanx der Hersteller ist dabei groß, auch wenn Entwicklungszeitpläne bis zur Markteinführung durch die Hersteller teilweise mehrfach nach hinten verschoben wurden. Ungeachtet dessen haben viele Hersteller wie Daimler, Toyota, Honda und GM seit vielen Jahren kontinuierlich an der Marktvorbereitung gearbeitet und Milliarden aufgewendet, was auf deren hohe Erwartungen bezüglich des Potenzials der Technologie schließen lässt.

*(siehe Abbildung 4, Seite 8)*

Daher gilt es vor allen anderen Handlungsempfehlungen auf die Notwendigkeit einer hohen Kontinuität in der Entwicklung und Markteinführung hinzuweisen. Diese gilt gleichermaßen für die Industrie bei der Entwicklung von Materialien, Verfahren, Komponenten und Systemen als auch für die Politik in der fortgesetzten Unterstützung dieser nahezu marktreifen Technologie.

Erste Pkw-Flotten in fünfstelliger Größenordnung werden für 2015–2017 erwartet, die letzten großen Hersteller dürften dann spätestens 2020–2025 nachziehen. Da die Betankungsinfrastruktur einen

zeitlichen Vorlauf benötigt, müssen Fahrzeughersteller und Infrastrukturentwickler ihre Markteinführungspläne eng aufeinander abstimmen.

Nach den USA ist auch in Europa und in Deutschland mit einer zeitnahen Einführung von Brennstoffzellen in Flurförderzeugen durch den Marktführer, das amerikanische Unternehmen Plug Power, zu rechnen. Flankiert mit geeigneter Unterstützung sollte auch die einheimische Industrie die Chance nutzen können, an diesem Markt zu partizipieren. Die notwendige Wasserstoff-Infrastruktur ist ein kritisches Element und hat sich häufig als Stolperstein und Kostentreiber bei Kundenerprobungen und Demonstrationsprojekten herausgestellt. Eine Koordination bzw. Bündelung von Anwendungen durch eine neutrale, übergeordnete Stelle wäre hier sehr hilfreich und wünschenswert.

Auch auf kommunaler Ebene und im städtischen Raum, in denen die Sonderfahrzeuge mit Brennstoffzellen(hilfs)antrieb ihre besonderen Vorteile ausspielen können, sollten Pläne entwickelt werden, wie man die Vorteile schadstoff- und lärmemissionsmindernd im Sinne von EU- oder regionalen Vorschriften nutzen kann. Das gilt nicht nur für öffentliche sondern auch für private Fahrzeugflotten wie z. B. Taxis,

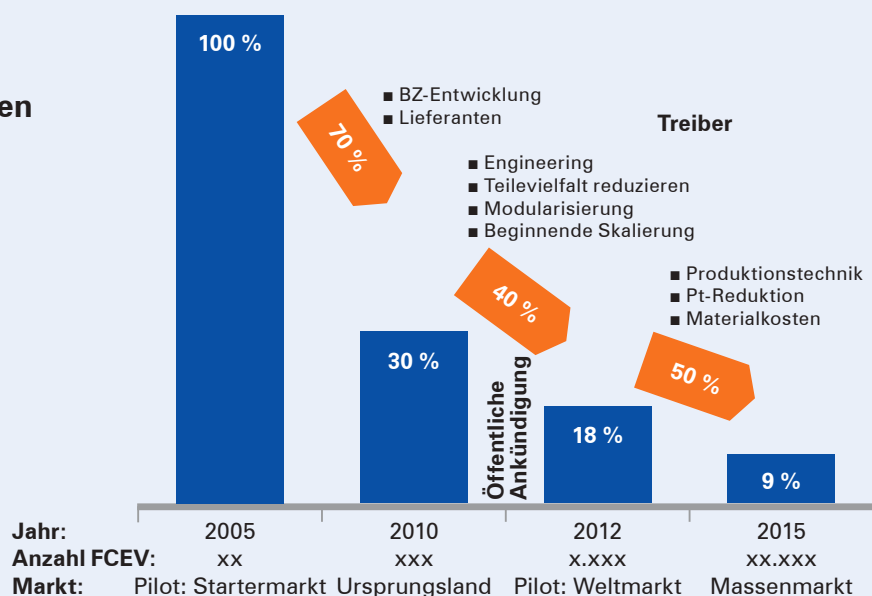
für die die Vorteile einer im Standbetrieb geräusch- und emissionsarmen Stromerzeugung besonders relevant sind.

ÖPNV-Betreiber sollten ihre künftige Flottenplanung bzgl. der eingesetzten Technik und Infrastrukturen mit Augenmaß entwickeln. Der Einsatz von Brennstoffzellen-Stadtbussen verspricht Vorteile durch die betriebliche Flexibilität, die nahezu denen heutiger Dieselsebusse vergleichbar ist. Sie erfordern keine induktiven Ladesysteme oder Oberleitungen sondern erlauben eine völlig freie Routenplanung. Zusätzliche Vorteile aus kommunaler Sicht könnten sich auch aus systemischer Sicht entwickeln, z. B. durch die Herstellung von Wasserstoff an den Betriebshöfen aus erneuerbarem Strom. Damit eröffnen sich neue kommunale Dienstleistungen aus der Verknüpfung von Verkehr und stationärer Energieversorgung. Hierfür sind Anreizsysteme erforderlich, die nicht immer nur die kostengünstigste, sondern die aus Nachhaltigkeitsgründen wünschenswerten Technologien ermöglichen, die also CO<sub>2</sub>-Reduktion, konventionell Schadstoffminderung, Lärmreduktion und Verminderung der Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen unter betriebswirtschaftlich akzeptablen Bedingungen herbeiführen helfen.

Abb. 4

### Kostendegression von Brennstoffzellenfahrzeugen bis zum Markteintritt

(Quelle: LBST)





## STATIONÄRE BRENNSTOFFZELLEN-ANWENDUNGEN

PEMBZ-Stacks für die Hausenergieversorgung haben mittlerweile eine Lebensdauer von bis zu 60.000 Betriebsstunden bzw. 20 Jahren erreicht und sind damit technisch reif für eine breite Marktanwendung. Japanische Unternehmen wie Panasonic und Toshiba weiten ihre Brennstoffzellenproduktion von Jahr zu Jahr aus. In den letzten Jahren stieg auch das Engagement von Unternehmen und Regierungen, SOFC-Systeme für die Hausenergieversorgung zu entwickeln bzw. zu unterstützen. Eine wesentliche Herausforderung stellt jedoch die weitere Senkung der Kosten dar. Hier ist der Blick vor allem nach Japan zu richten. Dort soll angesichts von Zielkosten von umgerechnet ca. 5.000 Euro je System die staatliche Förderung und Subventionierung von BZ-Systemen für die Hausenergieversorgung bereits ab dem Jahr 2015 auslaufen. Gleichzeitig weiten die japanischen BZ-Hersteller ihre Marktpräsenz als Stack-Lieferant (z. B. nach Europa) sowie ihr strategisches Geschäft aus.

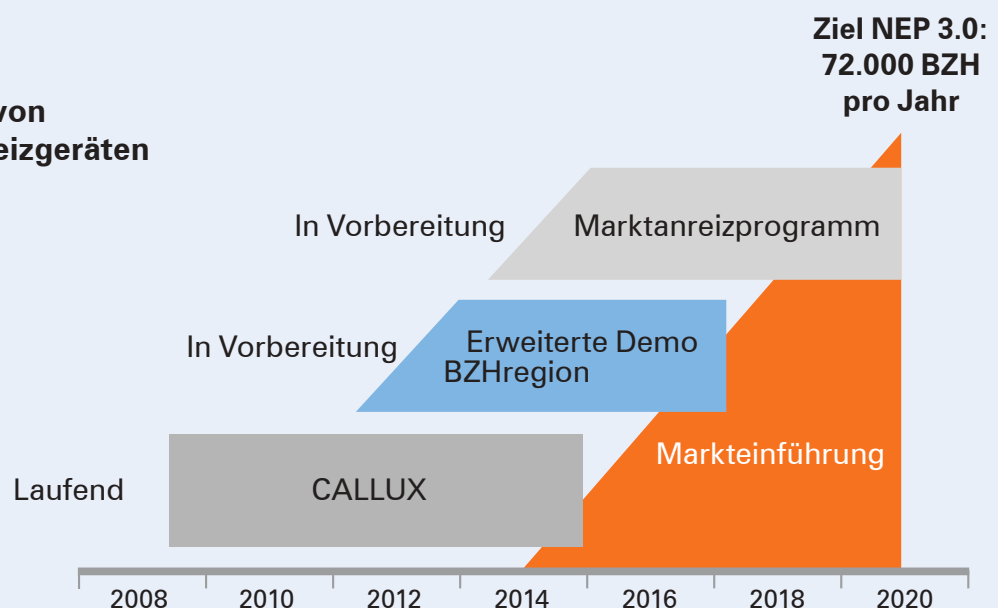
(siehe Abbildung 5)

Vor allem die USV-/Notstromversorgung für Telekommunikationsanwendungen stellt einen attraktiven, international wachsenden Markt dar und bietet insbesondere den Entwicklern von PEMBZ-Systemen gute Möglichkeiten für die technologische Weiterentwicklung und Erprobung sowie für Kostensenkungen. In den nächsten Jahren erwarten Hersteller weltweit und der VDMA einen steigenden Absatz von BZ-Systemen in diesem Bereich. Jedoch wird es wichtig sein, vor allem deutschen Unternehmen, die bisher keinen Zugang zu den Märkten in den Schwellenländern gefunden haben, in Deutschland im Rahmen von groß angelegten Feldtests erste Absatzmärkte zu ermöglichen. Die Unterstützung von BZ-Entwicklern bei der Weiterentwicklung von Brennstoffzellen-Systemen zu marktfähigen Produkten wird in den nächsten Jahren von großer Bedeutung sein.

Abb. 5

### Vorbereitung der Markteinführung von Brennstoffzellenheizgeräten in Deutschland

(Quelle: NEP 3.0 / IBZ-Info)



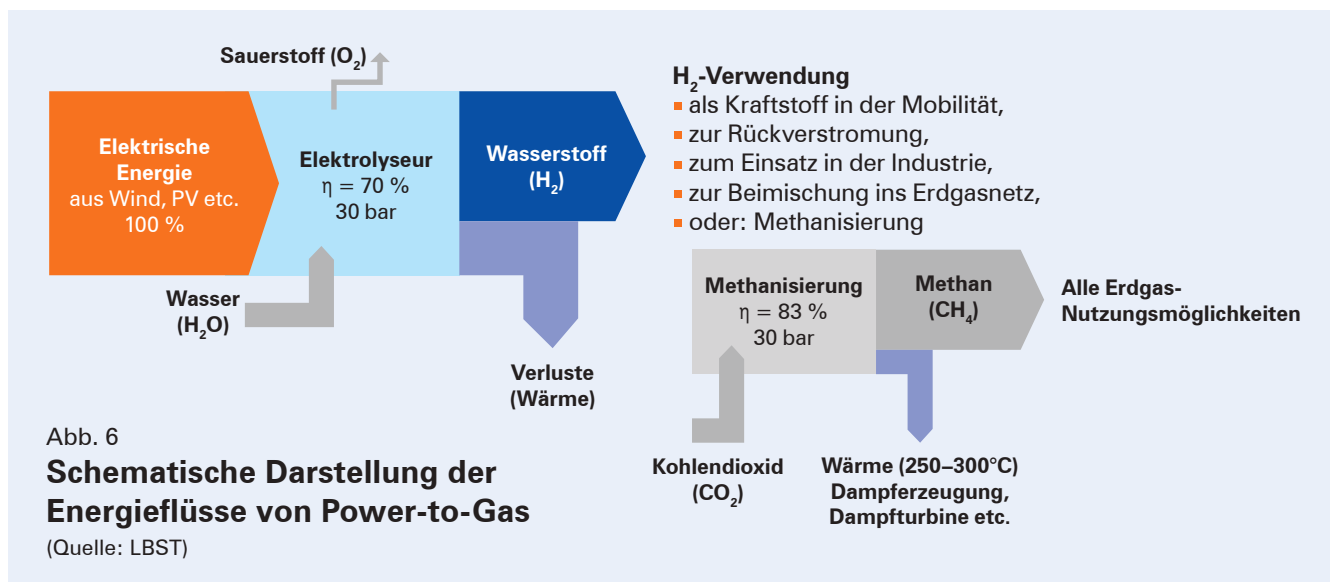
# AUSBLICK UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

## Alltagstauglichkeit

Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien haben ihre Funktionalität und Qualität entscheidend verbessert und ihre technische Alltagstauglichkeit in umfangreichen Demonstrationsprojekten und Feldtests gezeigt. Damit hat sich Deutschland weltweit eine Spitzenstellung gesichert, die es jetzt gilt, in die erfolgreiche Markteinführung zu übersetzen. Um den Anschluss an die internationalen Wettbewerber insbesondere aus Japan und Korea sowie aus Nordamerika zu halten, die die Industrialisierung dieses innovativen Technologiefelds durch umfangreiche Markteinführungprogramme unterstützen, müssen auch in Deutschland die „Risiken der Marktaktivierung gemeinsam von öffentlichen und privaten Akteuren“ getragen werden. Dafür sind „befristete, degressiv gestaltete und an spezifischen anwendungsorientierten Zielen orientierte Markteinführungsinstrumente erforderlich“. Das Mandat der NOW sollte so wie im Koalitionsvertrag der Bundesregierung ausgeführt erweitert werden, dass Marktaktivierungsprogramme zur Implementierung und zum Markthochlauf einen strategischen Schwerpunkt ihrer Aktivitäten ab 2016 bilden.

## Rahmenbedingungen

Die Politik ist gefordert, passende Rahmenbedingungen zu setzen, um dieser Technologie den rechtzeitigen Markteintritt zu ermöglichen, damit sie im industriellen Maßstab kommerziell verfügbar ist, um die Energiewende bei der weiteren Marktdurchdringung mit erneuerbaren Energien zu unterstützen. Die Industrie muss gleichzeitig sicherstellen, den Aufbau der Fertigungskapazitäten mit der Energiewende zu synchronisieren und dadurch Kostensenkungspotenziale auszuschöpfen. Gleichzeitig müssen tragfähige Geschäftsmodelle entwickelt und umgesetzt werden, die wirtschaftliche Synergieeffekte der gemeinsamen Nutzung von Wasserstoff-Infrastrukturen durch verschiedene potenzielle Wasserstoffnutzer (Verkehr, Industrie, Rückverstromung, Erdgasnetz) berücksichtigen. Die Forschung ist aufgerufen, zeitnahe wirtschaftlich und ökologisch tragfähige Handlungsoptionen von Industrie und Politik zu identifizieren durch genauere Analysen der möglichen Beiträge der Wasserstoffspeicherung zur Vermeidung von regionalen Netzengpässen. Dies sollte durch eine Roadmap unterstützt werden, um die Relevanz der Wasserstoffspeicherung für diese Marktsegmente auf einem Zeitstrahl einzuordnen und eine regionale Differenzierung von Wasserstoffgroßspeicherkonzepten zu erreichen.



## H<sub>2</sub> als Kraftstoff

Die Einführung von Wasserstoff als Kraftstoff in den Verkehrssektor bietet die Möglichkeit, erneuerbare Energien, insbesondere über den Strompfad, für eine nachhaltige Mobilität auf Basis elektrischer Antriebe zu erschließen und damit die Energiewende zu fördern. Mit dem Strom-, dem Gas- und dem Wärmesektor ergeben sich unter anderem durch das Power-to-Gas-Konzept starke Synergien. Damit leistet Wasserstoff einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und zum Ausbau der erneuerbaren Energien. Der Entwicklung von Fertigungstechnologien und dem Aufbau von Produktionsanlagen kommt eine entscheidende Bedeutung für die Stärkung des Produktionsstandorts Deutschland und seiner Exportfähigkeit zu. Hier ist die Industrie gefordert, die notwendigen Investitionen zu tätigen, während die Politik favorable Rahmenbedingungen dafür schaffen muss. (siehe Abbildung 6)

## Wasserstoffinfrastruktur

Dem Aufbau von Versorgungsinfrastrukturen, insbesondere für mobile Anwendungen, kommt eine Schlüsselrolle bei der Markteinführung zu. In der aktuellen vorkommerziellen Phase bieten sich Synergien mit bestehenden Wasserstoffinfrastrukturen (Nebenproduktwasserstoff, bestehende Industrie-Rohrleitungsnetze) und mit neuen Netzen an, die sich im Rahmen von Power-to-Gas-Projekten aus dem bestehenden Erdgasnetz entwickeln können. Der Industrie kommt dabei die Rolle zu, über Energiesektorgrenzen hinweg die gemeinsame synergetische Nutzung der Wasserstoffinfrastrukturen (auch über synthetisches Methan im Erdgasnetz) zu entwickeln. Eine mögliche Option ist die dezentrale Errichtung von multifunktionalen Energiestationen, so wie am Beispiel des Hybridkraftwerks Prenzlau oder BER-Tankstelle am Berliner Flughafen demonstriert. Der Bewilligung öffentlicher Finanzierungsprogramme zum Aufbau einer grundlegenden Wasserstofftankstelleninfrastruktur kommt dabei eine entscheidende Rolle zu für die Markteinführung von Brennstoffzellenantrieben. (siehe Abbildung 7)

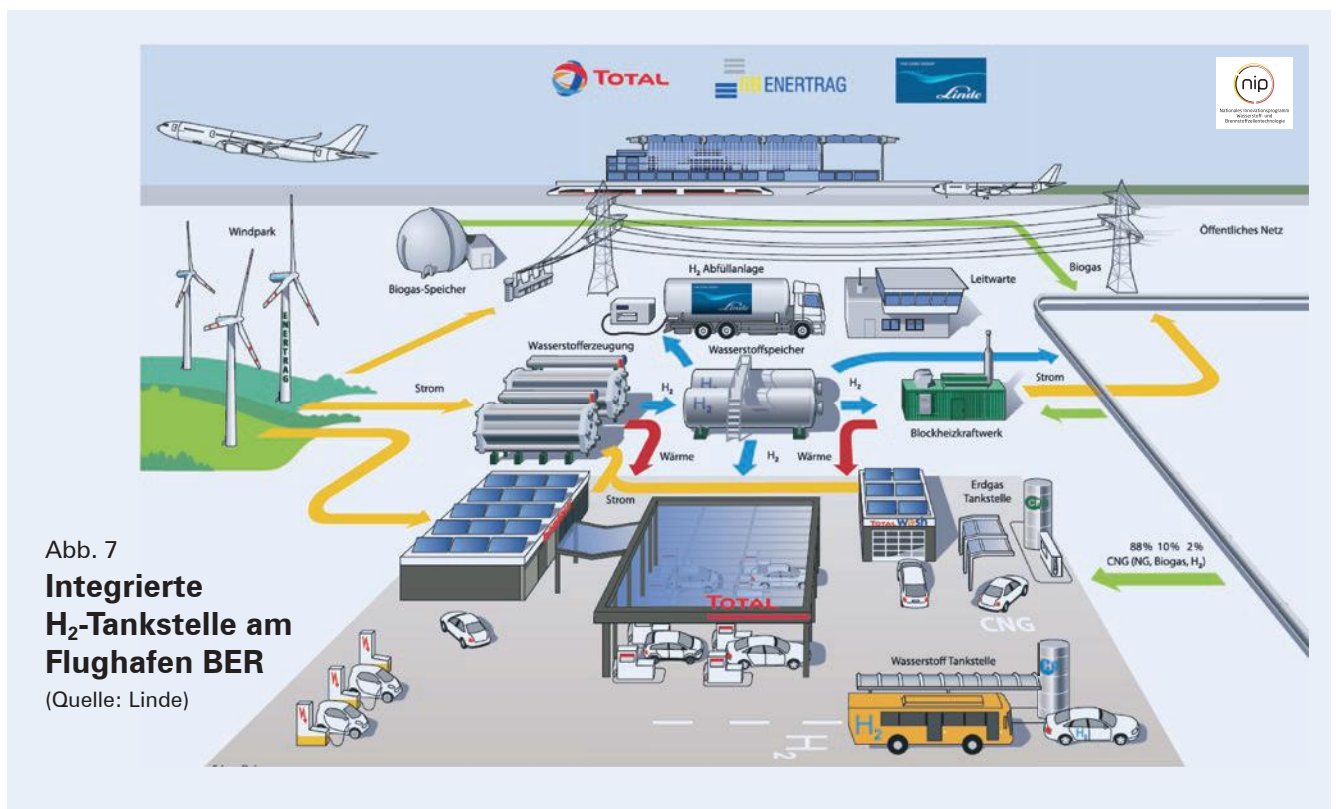


Abb. 7  
**Integrierte H<sub>2</sub>-Tankstelle am Flughafen BER**  
 (Quelle: Linde)

## Europäische Zusammenarbeit

Es wird empfohlen, die regionalen und nationalen Strategien europaweit miteinander zu harmonisieren und dazu die politische Zusammenarbeit auf europäischer Ebene zu verstärken. Dies schließt die Entwicklung geeigneter regulatorischer Rahmenbedingungen im Sinne eines schnellen und wirtschaftlichen Aufbaus einer Tankstelleninfrastruktur ebenso ein wie ein Engagement der öffentlichen Hand im Infrastrukturaufbau und das Setzen politischer Vorgaben zu erneuerbaren Wasserstoffanteilen. Industrielle Aktivitäten müssen sich verstärkt um Standardisierung und einheitliche, industrielle Tankstellenkonzepte bemühen sowie die Weiterentwicklung aller Komponenten vorantreiben.

Die Aktivitäten von H2Mobility in Deutschland und ähnlichen Initiativen in anderen europäischen Ländern (Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Norwegen etc.) zeigen, dass die Industrie eine breite Markteinführung der Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur vorbereitet und mit der Umsetzung beginnt. In Deutschland sollte die Kommunikation dazu in der Breite und der Tiefe verstärkt werden, um die notwendige Unterstützung aller Stakeholder zu sichern. Die Bundesregierung hat bereits Ende 2013 im Koalitionsvertrag verankert, hier eine wichtige Rolle einzunehmen: „Den Aufbau der entsprechenden Lade- und Tankstelleninfrastruktur treiben wir voran“.

## H<sub>2</sub> in der E-Mobilität

Um wie im Koalitionsvertrag ausgeführt „Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für E-Mobilität zu machen“ und dabei „einen technologieoffenen Ansatz inklusive der Wasserstoff-, Hybrid-, Batterie- und Brennstoffzellentechnologie“ zu verfolgen, sollten ein Kreditprogramm der KfW-Bank zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen (Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge) etabliert, Beschaffungsiniciativen von Bund, Ländern und Kommunen gestartet und weitere monetäre und nicht-monetäre Anreizmaßnahmen umgesetzt werden. Hierzu zählen die Kennzeichnung als Elektrofahrzeug (z.B. auch über das Nummernschild), sowie für eine Ein-

führungsphase die Mitbenutzung von Busspuren, freie Park- und Halterege-lungen auf ausgewiesenen Flächen inklusive der Festlegung der dafür notwendigen Straßenschilder sowie die Aufhebung von Zufahrtsverboten in Städten oder von anderweitigen Einschränkungen konventioneller Fahrzeuge.

## Kontinuität der Aktivitäten

Grundlegend für eine erfolgreiche Markteinführung in allen Bereichen ist eine hohe Kontinuität der Aktivitäten in Industrie und Politik. Diese wurde und wird in Deutschland besonders durch die Koordination der NOW erzielt. In seinem Strategiepapier „Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien – Tragende Säulen der Energiewende 2.0“ hat der NOW-Beirat Mitte 2013 dargelegt, dass die Kontinuität bei Forschung, Entwicklung und Demonstration von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sicherzustellen und ab 2015 auf die Kommerzialisierung auszurichten ist. Dazu ist insbesondere eine Unterstützung bei der Marktaktivierung und dem Markthochlauf für diese Technologien zu gewährleisten. Die Bundesregierung hat dies im Koalitionsvertrag aufgegriffen: „Die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) wird ab 2016 ihre Arbeit auf die Implementierung und den Markthochlauf der Brennstoffzellentechnologie im stationären und mobilen Bereich konzentrieren“. Die konkrete Umsetzung dieser Ankündigung sollte zeitnah erfolgen und mit den weiteren dargestellten politischen Maßnahmen flankiert werden.

## LITERATUR

*Die Rolle von Wasserstoff in der Energiewende – Entwicklungsstand und Perspektiven, eine Meta-studie erstellt von der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH für die e-mobil BW, April 2014*