



Brennstoffzellen- und Batteriesysteme in der E-Mobilität

Normungslandschaft und Patentsituation

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



POLARIXPARTNER

THE GUIDING STAR FOR THE MANUFACTURING INDUSTRY

Whitepaper

Brennstoffzellen- und Batteriesysteme in der E-Mobilität
Normungslandschaft und Patentsituation

Autor*innen:

Andrea Appel

(VDE)

Gürkan Balcioglu

(DKE)

Dennis Heusser

(VDE)

Marko Kesic

(DKE)

Ninmar Lahdo

(DKE)

Dr. Ralf Petri

(VDE)

Hannah Pontzen

(DKE)

David Urmann

(DKE)

Dr. Daniel Wothe

(Polarixpartner)

Thomas Franz

(Polarixpartner)

Dr. Maik Kraus

(Polarixpartner)

Dr. Alwin Nagel

(Polarixpartner)

Herausgeber:

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.

im Rahmen des Förderprojekts ELSTA, ein Technologieprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
in DIN und VDE
Merianstraße 28
63069 Offenbach
Tel. +49 69 6308-0
dke@vde.com
www.dke.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bildnachweise:

Titelbild: [vegefox.com](https://www.vegefox.com) / stock.adobe.com

Abbildung 2 auf Seite 3: [metamorworks](https://www.metamorworks.com) / stock.adobe.com

Januar 2022

Das vorliegende Whitepaper soll einen ersten Überblick zu den Untersuchungen bezüglich des Zusammenspiels zwischen Brennstoffzelle und (Puffer-)Batterie innerhalb des Brennstoffzellengesamtsystems geben, um Normungs- sowie Standardisierungspotentiale aufzuzeigen – Grundlage hierfür ist eine Analyse der Normungslandschaft und Patentsituation. VDE und die Normungsorganisation VDE DKE arbeiten hierfür gemeinsam mit der Managementberatung POLARIXPARTNER, die sich auf die fertige Industrie spezialisiert hat. Mit dieser Zusammenarbeit wird ein wesentlicher Schritt in Richtung Normung und Standardisierung der Brennstoffzellentechnologie auf den Weg gebracht, um die Elektromobilität insgesamt voranzutreiben. Gefördert wird dies durch öffentliche Mittel im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekts **ELSTA** aus dem Förderprogramm Elektro-Mobil.

Für eine nachhaltige, klimaschonende Zukunft und die dafür notwendige Verkehrswende ist die Elektromobilität unabdingbar: essenziell hierfür sind alternative Antriebstechnologien. Neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) rücken Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) zunehmend in den Fokus. Die Brennstoffzellentechnologie bietet unter anderem Vorteile hinsichtlich Reichweite sowie Betankungszeit und eignet sich daher besonders für den mittleren bis schweren Nutzfahrzeugbereich – in dem [VDE Meinungsführer/-innen-Report zum Antriebsportfolio der Zukunft](#) sind die Potenziale für diese Bereiche bereits aufgezeigt worden. In Hinblick auf die brennstoffzellenbetriebene Mobilität ist daher von einem wachsenden Bedarf vor allem in den zuvor genannten Bereichen auszugehen. Um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen in diesem Bereich zu stärken, sollte daher nicht nur Forschung und Entwicklung, sondern auch Normung sowie Standardisierung vorangetrieben werden. Eine Etablierung verschiedener Technologien „Made in Germany“ ermöglicht zudem eine Stärkung der Vorreiterrolle Deutschlands. Bei den bestehenden Herausforderungen im Umgang mit Brennstoffzellen beziehungsweise Batterien für die Elektromobilität sollte die elektrische Sicherheit ein wichtiger Fokus sein und dabei so kosten-effizient sowie nachhaltig wie möglich umgesetzt werden.

Durch das Fehlen standardisierter Prozesse im Hinblick auf das Zusammenspiel zwischen Brennstoffzelle und Pufferbatterie im Gesamtsystem umfassen bisherige Verfahren teilweise noch nicht den aktuellen Stand der Technik. Je nach Pufferbatteriegöße ergeben sich unterschiedliche Vorgaben an Wechselrichter, Stecker oder Kondensatoren, weshalb hierfür einheitliche beziehungsweise übergreifende Regelungen zu entwickeln sind. Daraus ergeben sich Normungs- und Standardisierungspotentiale sowohl im Hinblick auf die hohen Spannungsbereiche als auch hinsichtlich der in den Brennstoffzellen eingesetzten semipermeablen Membranen.

Um diese Potentiale für die deutsche Industrie detailliert aufzuzeigen, muss neben einer Analyse der Patentsituation sowie Normungslandschaft auch eine Untersuchung des Brennstoffzellenantriebssystems hinsichtlich Funktionsweise und Kostenbild erfolgen.

Vergleich der Patentsituation für Brennstoffzellensysteme

In einem ersten Schritt ist eine Analyse der Patentsituation durchgeführt worden. Hierbei zeigt sich der deutliche Trend, dass gerade in den letzten Jahren Innovationen im Bereich der Brennstoffzellentechnologie hauptsächlich aus Asien kommen:

Anmeldejahr	1985-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Zahl DE			7	8	17	3	3
Zahl EU (Rest)			3	11	3	7	1
Zahl US			18	142	32	36	11
Zahl JP	4	3	18	130	83	70	52
Zahl CN				1	9	18	83
Zahl KR					4	2	1

Abbildung 1: Vergleich der Patentsituation im Kontext der Brennstoffzelle (angemeldete Patente von 1985 bis 2020)

Wie in der Abbildung 1 ersichtlich stehen im Zeitraum 2016 bis 2020 drei deutsche Patente insgesamt 83 Patenten aus China und 52 aus Japan gegenüber. Auch die USA haben sich dieser Technologie punktuell stark gewidmet, weisen insgesamt jedoch ebenfalls weniger Patente im Vergleich zu Asien auf. Den Vorsprung asiatischer Länder gilt es nun aufzuholen, wofür Mittel aus der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) genutzt werden können.

Das Brennstoffzellenantriebssystem

In einem zweiten Schritt der Untersuchung steht das Brennstoffzellenantriebssystem samt integrierter Pufferbatterie im Fokus. Dieses wird in seine Bestandteile zerlegt und es findet eine Analyse der Funktionsweise statt. Aus der vorherigen Patentrecherche werden Anforderungen an die Industrie hinsichtlich der Entwicklung und Produktion einer Brennstoffzelle beziehungsweise Brennstoffzellenmembran im Speziellen für mobile Anwendungen in Personenkraftwagen, Nutzfahrzeugen und Bussen abgeleitet.

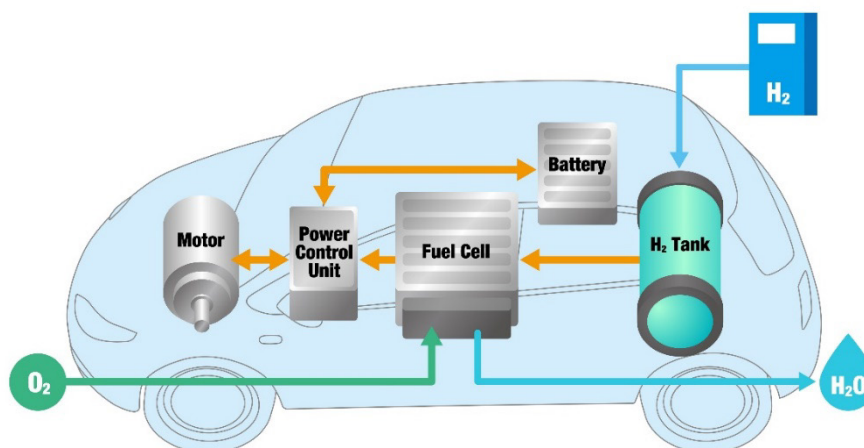


Abbildung 2: Aufbau eines Brennstoffzellenantriebssystems

Abbildung 2 zeigt den Aufbau eines Brennstoffzellenantriebssystems. Im Fokus der weiteren Analyse in Bezug auf die Kostenpotenziale stehen dabei folgende Kernbestandteile dieses Systems: Brennstoffzelle, Lithium-Ionen-Batterie, Tankbehälter (Hochdruck- und Flüssigbehälter), Tankventile, Druckregler, Wasserstoffdosierventile, Wasserstoff-Rezirkulationsgebläse, DC/DC-Wandler, Power Distribution Unit (PDU), Befeuchter, Hochvolt-Leistungssatz, Pumpe, Kühlung, Filter sowie elektrische Luftkompressoren.

Analyse der aktuellen Normungslandschaft

Im Rahmen einer Analyse der aktuellen Normungslandschaft lassen sich vorhandene Lücken identifizieren und Potenziale für die Normung sowie Standardisierung ausmachen – so existiert nach aktuellem Stand noch keine einheitliche Norm für den sicheren Einsatz von Brennstoffzellen in Straßenfahrzeugen. Zwar normt die IEC 62282-2-100 Sicherheitsaspekte von Brennstoffzellenmodulen und legt Anforderungen an die Konstruktion, den Betrieb unter normalen und anormalen Bedingungen sowie die Prüfung von Brennstoffzellenmodulen fest, schließt Anwendungen in Straßenfahrzeugen jedoch aus, weshalb Regelungen aus benachbarten Bereichen herangezogen werden müssen.

- DIN EN IEC 62282-2-100 VDE 0130-2-100:2021-04 „Brennstoffzellentechnologien Teil 2-100: Brennstoffzellenmodule – Sicherheit“
- DIN EN 62282-4-101 VDE 0130-4-101:2015-06 „Brennstoffzellen-Technologien Teil 4-101: Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen (mit Ausnahme von Straßenfahrzeugen und Hilfsantrieben) – Elektrisch betriebene Flurförderfahrzeuge – Sicherheit“
- ISO 23273:2013 „Brennstoffzellenfahrzeuge - Sicherheitsspezifikation - Schutz vor Gefahren resultierend aus dem im Fahrzeug integrierten Treibstoffsystem für komprimierten Wasserstoff“
- ISO 23828:2013 „Brennstoffzellenfahrzeuge - Energieverbrauchsmessung - Fahrzeuge zur Betankung mit komprimiertem Wasserstoff“

Das Komitee [DKE/K 384 „Brennstoffzellen“](#) ist als nationales Spiegelgremium zum Komitee IEC/TC 105 „Fuel cell technologies“ für die Erarbeitung von Normen und Standards im Bereich der Brennstoffzellentechnologien zuständig. Hierzu gehören unter anderem stationäre Brennstoffzellen (auch im reversiblen Betrieb), Brennstoffzellen für den Transport (wie Brennstoffzellenantriebe und dazugehörige periphere Energieerzeugungssysteme) sowie tragbare Brennstoffzellen-Energiesysteme. Für die Anwendungsmöglichkeiten im Mobilitätssektor enthält der [VDE Faktencheck zu Wasserstoff in der Mobilität](#) weiterführende Informationen.

Auch innerhalb der [UNECE](#) existiert derzeit keine explizite Norm für ein Brennstoffzellensystem für Personen- und Lastkraftwagen, welche die speziellen technologischen Anforderungen und Sicherheitsaspekte aufgreift. Es werden lediglich Bezüge zur [UNECE R 100](#) für BEV-Fahrzeuge, also rein elektrische Speichersysteme, und zur [UNECE R 134](#) für Wasserstoffspeichersysteme aufgeführt. Hier ist Normungs- beziehungsweise Standardisierungspotenzial vorhanden. Im Status quo kommt es aufgrund fehlender einheitlicher Standards bei verschiedenen technologischen Lösungen zu kostentechnisch ungünstigen Wettbewerbsverhältnissen.

Innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte wurden verschiedene „Regulations, Codes and Standards“ (RCS) mit Gültigkeit für den Fahrzeugsektor entwickelt. Der Fokus liegt primär auf dem Speichersystem für Wasserstoff sowie Komponenten, Protokollen und Verfahren, die zur Betankung benötigt werden. Das Brennstoffzellensystem an sich wird von den RCS lediglich als „Blackbox“ behandelt, da sie Wasserstoff technologieoffen behandeln. Im Gegensatz dazu gibt es für Brennstoffzellensysteme in anderen Verkehrssektoren (Schienentransport und Luftfahrt) schon konkretere Festlegungen.

Ein mögliches Bindeglied zwischen UNECE R 100 und UNECE R 134 stellt die ISO 23273 dar, da diese auf Brennstoffzellenfahrzeuge mit komprimiertem Wasserstoff eingeht. Die dreiteilige Norm besteht aus: Teil 1 „Funktionale Sicherheit im Fahrzeug“, Teil 2 „Wasserstoffsicherheit für mit komprimiertem Wasserstoff betriebene Fahrzeuge“ und Teil 3 „Schutz von Personen vor elektrischem Schock“. Insgesamt beinhaltet die ISO 23273 damit Informationen zum Hochvolt-Schutz, wobei sie sich auf den gasförmigen Wasserstoff beschränkt. Das Nichtvorhandensein an verbindlichen RCS für Brennstoffzellenfahrzeuge hat hierbei sowohl Vor- als auch Nachteile in der Anwendung:

- **Vorteilhaft** sind die sich daraus ergebenden Freiheitsgrade für die technologische Weiterentwicklung von Brennstoffzellensystemen und deren Integration in Fahrzeuge.
- **Nachteilig** ist, dass sowohl bei Herstellern von Brennstoffzellensystemen als auch bei der Integration der Systeme in ein Fahrzeug die zum Teil großen Interpretationsspielräume immer wieder zu Mehrkosten in der Entwicklung führen können.

Aktuell kann es vorkommen, dass ein technischer Dienst, der eine Brennstoffzellensystementwicklung oder dessen Integration in ein Fahrzeug begleitet, diese als „in Ordnung“ bewertet, die durch das Kraftfahrtbundesamt (KBA) beauftragte prüfende Instanz des technischen Dienstes diese jedoch nicht als RCS-konform anerkennen kann. Das führt sowohl bei Herstellern als auch bei Integratoren von Brennstoffzellensystemen zu großen Unsicherheiten und somit wiederum zu Skepsis an der Technologie.

Diese Unsicherheit kann zur Folge haben, dass nur geringe Stückzahlen produziert und hohe Einzelstückkosten für wasserstoffgeeignete Komponenten gefordert werden. Mit der (Weiter-)Entwicklung entsprechender RCS sowie einer Fokussierung innerhalb der Normung und Standardisierung können hier Maßnahmen zu einer beschleunigten Marktdurchdringung erzielt werden – als erfolgreiches Beispiel sei hierfür die Integration der Feststoffbatterien unter anderem in Arbeitsgruppen der Batteries Europe (europäische Technologie- und Innovationsplattform der European Battery Alliance) und deren Dokumente genannt.

Ausblick

Mit der NWS und den verabschiedeten Roadmaps ist eine Signalwirkung erzeugt sowie ein Startschuss für die Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie auch hinsichtlich der weiteren Entwicklung von entsprechenden Fahrzeugen gesetzt worden. Im Rahmen der technologischen Weiterentwicklung ergeben sich hier Normungs- und Standardisierungspotenziale speziell beim Zusammenspiel zwischen Brennstoffzelle und Batterie wie auch im Hinblick auf die Betankungsinfrastruktur – beispielsweise beim gleichzeitigen Laden und Tanken mit Wasserstoff.

Aktuell werden diese Untersuchungen fortgeführt; darunter fällt neben der Entwicklung eines Kostenbildes des Gesamtsystems auch die Definition von Kriterien für den sicheren und kostengünstigen Einsatz dieses Systems in Elektrostraßenfahrzeugen. Darüber hinaus werden Interviews mit Expert/-innen beziehungsweise Vertreter/-innen aus Forschung und Wissenschaft sowie der Industrie (unter anderem Automobilhersteller beziehungsweise OEMs, Tier-1-Zulieferer) geführt, um die bisherigen Erkenntnisse zu vertiefen beziehungsweise widerzuspiegeln. Anschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst, ausgewertet und als Ergebnisbericht beziehungsweise Studie im Jahr 2022 veröffentlicht. Eine Beantragung entsprechender Normen und Standards sowie gegebenenfalls auch die Gründung hierfür notwendiger Gremien zur Schließung identifizierter Lücken wird angestrebt.

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.

DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
in DIN und VDE
Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main

Tel. +49 69 6308-0
dke@vde.com
www.dke.de