

Dr. Daniel Wothe, Thomas Franz, Dr. Maik Kraus, Dr. Alwin Nagel

# STANDARDISIERUNGS- UND NORMIERUNGS- DEFIZITE BEI DER NUTZUNG VON BRENNSTOFFZELLEN- SOWIE BATTERIE- SYSTEMEN IN PKW UND LKW

Gemeinsam mit dem VDE untersucht POLARIXPARTNER die Lücken in der Normenlandschaft von Brennstoffzellen Fahrzeugen. Mit diesem Projekt ist ein weiterer Schritt in Richtung Normierung und Standardisierung auf den Weg gebracht, um bestehende Lücken zu schließen und die Brennstoffzellentechnologie voranzutreiben.

---

DIE CHANCE FÜR DIE EUROPÄISCHE AUTOMOBILINDUSTRIE, DIE FÖRDERUNG AUS DER WASSERSTOFF ROADMAP ZU NUTZEN: KOSTENEFFIZIENTE UND STANDARDISIERTE BRENNSTOFFZELLENANTRIEBSSTRÄNGE ALS WETTBEWERBS-VORTEIL

*Die Brennstoffzelle hat das Potenzial, die Nische zu verlassen und zeitnah im Nutzfahrzeugbereich mit herkömmlichen E-Fahrzeugen (BEV) gleich zu ziehen.*

Um eine nachhaltige und klimaschonende Zukunft zu erreichen, ist die Elektromobilität für die Realisierung der Verkehrswende unabdingbar. Essenziell hierfür sind alternative Antriebe insbesondere zum Einsatz in Personen- und Lastkraftwagen. Neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) rücken vor allem, nach Verabschiedung der nationalen Wasserstoffstrategie, Brennstoffzellenfahrzeuge zunehmend in den Fokus: Die Brennstoffzellentechnologie bietet zusätzliche Vorteile hinsichtlich Reichweite sowie Ladezeit und eignet sich daher besonders für den mittleren und schweren Nutzfahrzeugbereich.

Im Hinblick auf die brennstoffzellenbetriebene Mobilität ist von einem wachsenden Bedarf auszugehen: Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen zu stärken, sollten in diesem Bereich nicht nur Forschung und Entwicklung, sondern auch Normen sowie Standards vorangetrieben werden. Eine Etablierung verschiedener Technologien bewirkt eine Stärkung der Vorreiterrolle Deutschlands und erhöht darüber hinaus die Marktakzeptanz in Bezug auf Elektromobilität – eine Steigerung der Kosteneffizienz beim Herstellungsprozess trägt ebenfalls zur Erhöhung dieser bei. Da Brennstoffzellenfahrzeuge u. a. zur Bewältigung der Spitzenlast sowie Rekuperation auf Batteriesysteme angewiesen sind, gilt es, das Gesamtsystem zu betrachten. Es muss sichergestellt werden, dass den bestehenden Herausforderungen im Umgang mit Brennstoffzellen und Batterien für Elektromobilität unter Berücksichtigung der elektrischen Sicherheit kosteneffizient sowie nachhaltig begegnet wird.

Durch fehlende standardisierte Prozesse im Hinblick auf das Zusammenspiel zwischen Brennstoffzellen- und Batteriesystemen weisen bisherige Verfahren teilweise deutliche Defizite u. a. hinsichtlich der elektrischen Sicherheit auf. Je nach Batteriegröße ergeben sich unterschiedliche Vorgaben an Inverter, Stecker, Kondensatoren etc., weshalb einheitliche bzw. übergreifende Regelungen getroffen werden sollten. Hieraus ergeben sich Standardisierungsbedarfe sowohl im Hinblick auf die hohen Spannungsbereiche als auch hinsichtlich der in den Brennstoffzellen eingesetzten semipermeablen Membranen.

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ist aufgrund ihres Charakters verwandt zum Anlagenbau und der Verfahrenstechnik. Somit bietet die deutsche Industrielandschaft gute Voraussetzungen, hier eine führende Rolle für diese Antriebstechnologie zu übernehmen.

## | &gt; PATENTSITUATION BRENNSTOFFZELLENSYSTEME

Jahr	Deutschland	Rest EU	USA	Japan	China	Korea
2020					21	
2019				12	19	
2018	1			12	22	
2017	1		3	16	13	
2016	6	1	2	12	8	1
2015	5		3	20	3	9
2014	2	5	5	24	2	1
2013			4	3	5	
2012	1	1	3	9	5	
2011		1	7	12	3	2
<b>Gesamt</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>120</b>	<b>101</b>	<b>13</b>

Abb. 1: Vergleich der Patentsituation 2011 bis 2020

Betrachtet man die gegenwärtige Patentsituation, so zeigt sich jedoch ein anderes, ein alarmierendes Bild. Gerade in den letzten 3 Jahren wird die Innovation eindeutig durch China und Japan bestimmt. In Deutschland steht seit 2018 gerade mal ein Patent, 62 aus China und 24 aus Japan gegenüber. Soll die Brennstoffzelle nicht nur ein „Zukaufteil“ aus dem asiatischen Raum werden, so müssen jetzt die Mittel aus der Roadmap genutzt werden, hier Innovationen zu schaffen. Das Bild der letzten Jahre spiegelt selbstverständlich nicht den aktuellen Entwicklungsstand wieder, hier sehen die Anzeichen für eine anwachsende Pipeline besser aus. Die Sorge, die Brennstoffzellentechnologie könnte den jüngsten Beispielen Solarzelle und Batterie folgen, bleibt aber berechtigt!

## | &gt; DAS BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UMFASST IM KERN

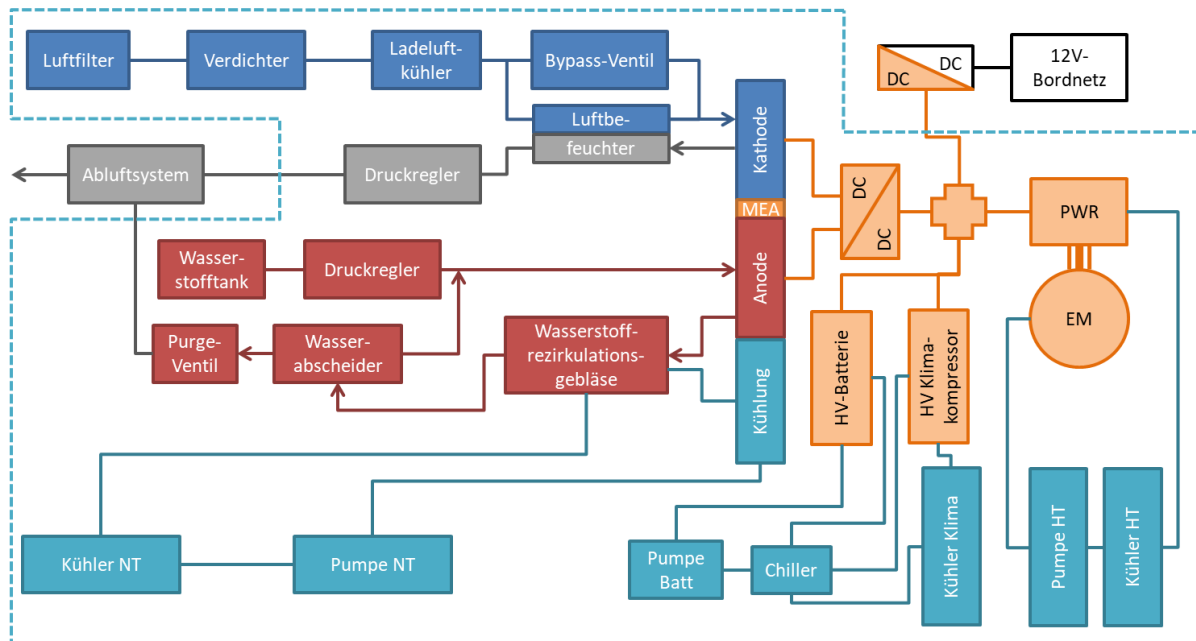


Abb. 2: Brennstoffzellensystemantriebssystem

Kernbestandteile eines Brennstoffzellenantriebssystems nach Abbildung 2:

- BRENNSTOFFZELLE
- LITHIUM-IONEN BATTERIE
- (TANK-) BEHÄLTER: HOCHDRUCKBEHÄLTER / FLÜSSIGBEHÄLTER
- TANKVENTILE UND DRUCKREGLER
- WASSERSTOFFDOSIERVENTILE
- WASSERSTOFF-REZIRKULATIONS-GEBLÄSE
- DC/DC und POWER DISTRIBUTION UNIT (PDU)
- BEFEUCHTER
- HOCHVOLT-LEITUNGSSATZ
- PUMPE, KÜHLUNG UND FILTER

## | &gt; HERZSTÜCK IST DIE BRENNSTOFFZELLE ALS ENERGIE-WANDLER

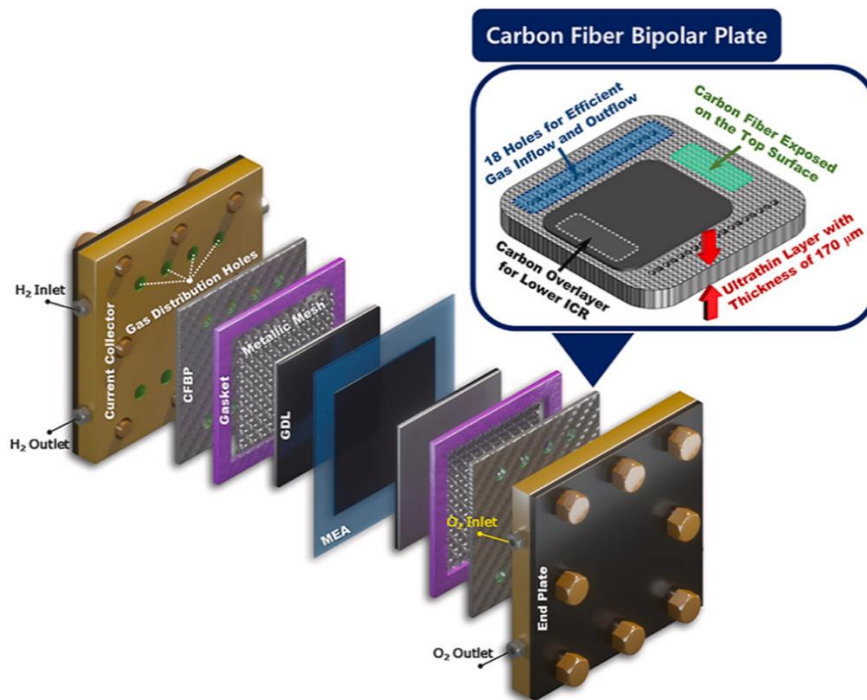


Abb. 3: Grundaufbau einer Brennstoffzelle

(Hyunguk Choi, Dong Jun Seo, Won Young Choi, Seo Won Choi, Myeong Hwa Lee, Young Je Park, Tae Young Kim, Young Gi Yoon, Sung-Chul Yi, Chi-Young Jung, An ultralight-weight polymer electrolyte fuel cell based on woven carbon fiber-resin reinforced bipolar plate, Journal of Power Sources, Volume 484, 2021)

In Abb. 4 dargestellt das Brennstoffzellenantriebssystem am Beispiel des Toyota Mirai 2:



Abb. 4: Das Brennstoffzellenantriebssystem am Beispiel Toyota Mirai 2  
(<https://global.toyota/en/newsroom/toyota/33558148.html>)

| > NORMIERUNGSLANDSCHAFT

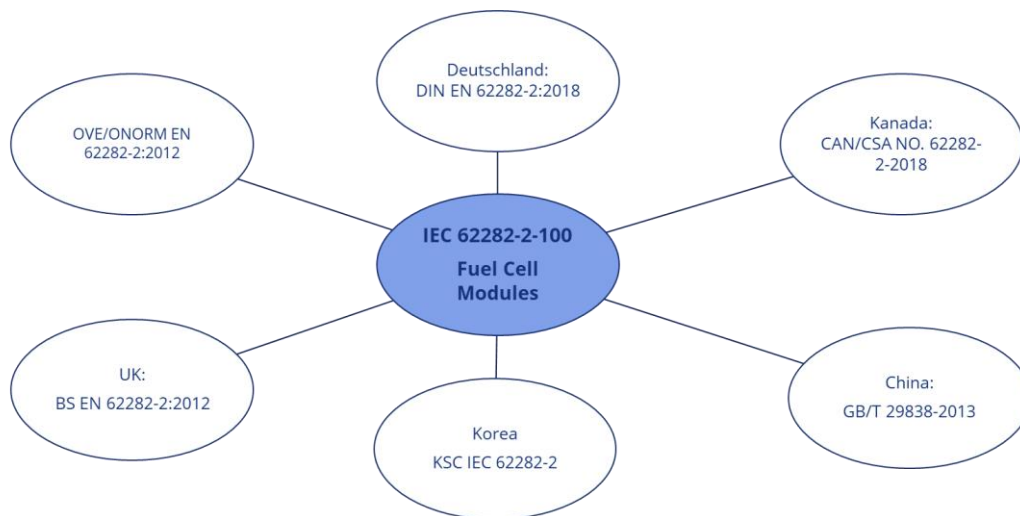


Abb. 5: Internationale Normenlandschaft

Die derzeitige Normenlandschaft zeigt deutlich die Lücke auf:

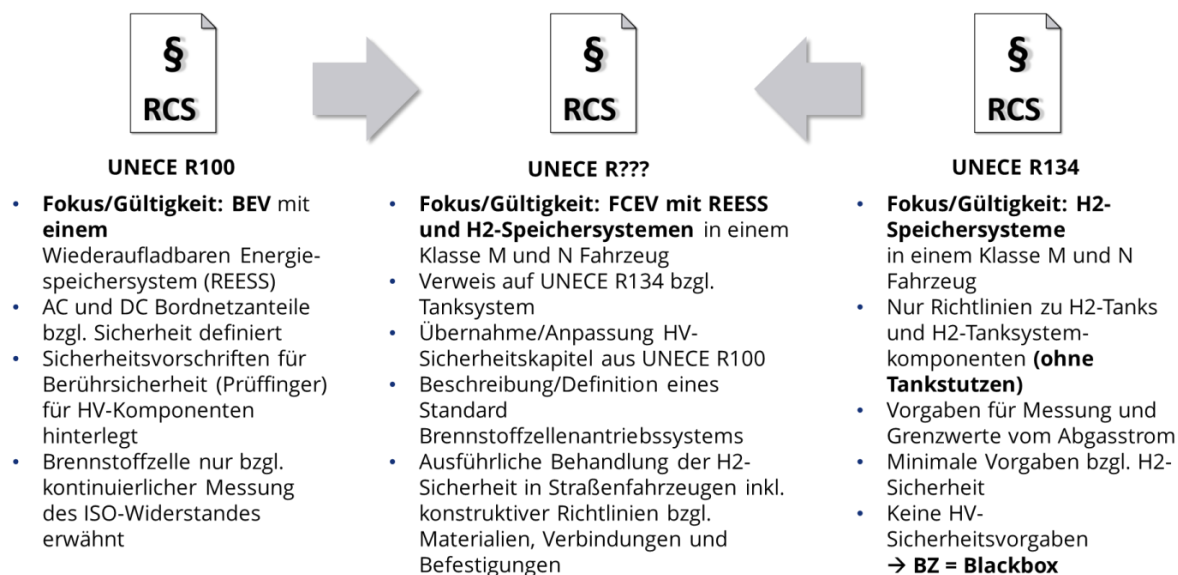


Abb. 6: R100 vs. R134 vs. EG97 / EG406: Innerhalb der UNECE-Schriftenreihe existiert keine explizite Schrift zu einem Brennstoffzellenfahrzeug

Innerhalb der UNECE existiert derzeit keine explizite Norm für ein Brennstoffzellensystem für PKW/LKW, die die speziellen technologischen Anforderungen und Sicherheitsaspekte aufgreift. Es

werden lediglich Bezüge zur UNECE R 100 für BEV Fahrzeuge, also rein elektrische Speichersysteme und zur UNCE R 134 für Wasserstoffspeichersysteme aufgeführt. Hier liegt eine deutliche Normierungslücke vor, die durch die fehlenden einheitlichen Standards bei verschiedenen technologischen Lösungen zu kostentechnisch ungünstigen Wettbewerbsverhältnissen führt und sicherheitstechnische Aspekte unbeantwortet lässt.



ISO 23273

- **Fokus/Gültigkeit: Brennstoffzellenfahrzeuge mit komprimierten Wasserstoff**
- **Teil 1: Funktionale Sicherheit im Fahrzeug**
- **Teil 2: Wasserstoffsicherheit für mit komprimierten Wasserstoff betriebene Fahrzeuge**
- **Teil 3: Schutz von Personen vor elektrischem Schock**
- Beinhaltet HV-Schutz
- Beschränkt sich auf Gasförmigen Wasserstoff → Ausblendung von Cryosystemen
- Stellt Bindeglied zwischen UNECE R134 und UNECE R100 her

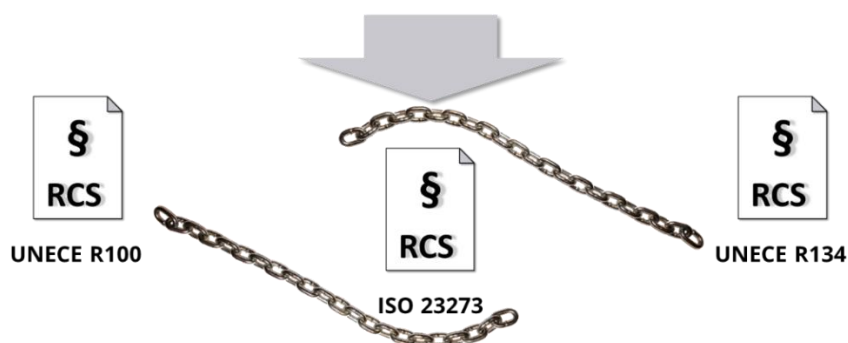


Abb. 6: ISO 23273:2013 Bindeglied auf Basis UNECE Schriftenreihe fehlt auch hier

Die Schriften der nationalen und internationalen „Regulations, Codes and Standards“, kurz RCS, mit Gültigkeit für den Fahrzeugsektor wurden innerhalb der letzten 2 Jahrzehnte entwickelt. Hierbei lag allerdings der Fokus primär auf dem Speichersystem für Wasserstoff sowie auf Komponenten, Protokollen und Verfahren, die zur Betankung benötigt werden. Das Brennstoffzellensystem an sich wird von den bestehenden RCS auf Basis einer Technologieoffenheit, Wasserstoff kann auch als gasförmiger Kraftstoff einem klassischen Verbrennungsmotor genutzt werden, bisher als „Blackbox“ behandelt. Für andere Verkehrssektoren (Schienentransport und Luftfahrt) existieren hierfür schon konkretere Schriften. Dieser „Mangel“ an einer verbindlichen RCS für ein Brennstoffzellenfahrzeug hat dabei sowohl Vor- als auch Nachteile. **Vorteilhaft** an der aktuellen Situation innerhalb der RCS sind die sich daraus ergebenden Freiheitsgrade für die technologische Weiterentwicklung von Brennstoffzellensystemen und deren Integration. **Nachteilig** sei hier allerdings zu vermerken, dass sowohl bei Herstellern von Brennstoffzellensystemen als auch bei der Integration der Systeme in

ein Fahrzeug die zum Teil unklare Situation in den RCS, mit den sich ergebenden großen Interpretationsspielräumen, immer wieder zu Mehrkosten in der Entwicklung führen. **Warum?** Aktuell kann es vorkommen, dass ein technischer Dienst, der eine Brennstoffzellensystementwicklung oder dessen Integration in ein Fahrzeug begleitet, dies als i.O. bewertet und die, durch das KBA beauftragte, prüfende Instanz vom technischen Dienst dies als nicht RCS konform bewerten kann. Dies führt sowohl bei Herstellern als auch bei Integratoren von Brennstoffzellensystemen zu großen Unsicherheiten und somit wiederum zu Skepsis an der Technologie. Der daraus folgende verhaltene Einsatz bedeutet geringe Stückzahlen und hohe Einzelstückkosten für wasserstoffgeeignete Komponenten in der Folge. Mit entsprechenden RCS als auch einer Fokussierung innerhalb der Normung kann hier maßgeblich zu einer beschleunigten Marktdurchdringung beigetragen werden. Wie eine neue Technologie erfolgreich in bestehende Arbeitsgruppen der RCS und Normung erfolgen kann, zeigt die Integration der Feststoffbatterien in diese Arbeitsgruppen und deren Dokumente.



## AUSBLICK

*Die Internationalen Roadmaps haben den Startschuss für eine umfassende Wasserstofftechnologie gesetzt. Der Wettlauf um Innovation des Gesamtsystems für mobile Anwendungen geht vom Technikum Richtung Serie. Normenseitig darf nicht nur der fahrzeuginterne Bedarf, sondern auch Lücken in der Infrastruktur z. B. Laden und Tanken gleichzeitig betrachtet werden. POLARIXPARTNER hat die Kostenstruktur des Tanksystems in 2019 in unseren White Papers dargelegt. Dezidierte Sollkosten werden im folgenden White Paper in Q4/2021 für ein modernes Brennstoffzellensystem folgen. Es wird spannender.*

THE GUIDING STAR FOR THE  
MANUFACTURING INDUSTRY



## AUTOREN



### **DR. DANIEL WOTHE**

POLARIXPARTNER GmbH  
Graf-Siegfried-Str. 32, 54439 Saarburg, Deutschland  
[www.polarixpartner.com](http://www.polarixpartner.com)

**Mobil** +49 151 52743442

**E-Mail** [Daniel.Wothe@polarixpartner.com](mailto:Daniel.Wothe@polarixpartner.com)

---



### **DR. MAIK KRAUS**

KES-Tech-Group GmbH  
Schloßstraße 18, 39171 Bahrendorf, Deutschland  
[www.kes-tech.de](http://www.kes-tech.de)

**Mobil** +49 179 534 0 351

**E-Mail** [maik.kraus@kes-tech.de](mailto:maik.kraus@kes-tech.de)

---



### **DR. ALWIN NAGEL**

Leiter Entwicklungsprojekte / Consulting Matworks GmbH  
Gartenstraße 133, 73430 Aalen, Deutschland  
[www.matworks.de](http://www.matworks.de)

**Tel.** +49 7361 99904-14

**E-Mail** [Alwin.Nagel@matworks.de](mailto:Alwin.Nagel@matworks.de)



## THOMAS FRANZ

POLARIXPARTNER GmbH  
Graf-Siegfried-Str. 32, 54439 Saarburg, Deutschland  
[www.polarixpartner.com](http://www.polarixpartner.com)

**Mobil** +49 151 52743453

**E-Mail** [Thomas.Franz@polarixpartner.com](mailto:Thomas.Franz@polarixpartner.com)