

# Jahresbericht 2016

# NOW

 Nationale Organisation  
 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie



# NOW – Jahresbericht **2016**

Vorwort von Bundesminister Alexander Dobrindt MdB | 2

Die NOW | 4

Elektromobilität vor Ort | 6

Das NIP | 8

Internationale Zusammenarbeit 2016 | 12

---

I. NIP – Verkehr und Infrastruktur | 22

II. NIP – Wasserstoffbereitstellung | 64

III. NIP – Stationäre Energieversorgung | 70

IV. NIP – Spezielle Märkte | 84

V. BMVI – Modellregionen Elektromobilität | 98

---

Kontakt/Impressum | 140

## Vorwort von Bundesminister Alexander Dobrindt MdB



**Wir erleben derzeit die größte Mobilitätsrevolution seit der Erfindung des Automobils. Das automatisierte Fahren steht in den Startlöchern. Der Verkehr wird vernetzt. Der Siegeszug alternativer Antriebe hat begonnen. Damit wird sich Mobilität in den kommenden fünf bis zehn Jahren mehr verändern als in allen Jahrzehnten zuvor.**

Diese Revolution will keiner verpassen. Alle großen Staaten wollen die Ersten sein. Was wir derzeit international erleben, ist ein neuer Wettbewerb um die Mobilität. Mit im Zentrum stehen dabei Wasserstoff und Brennstoffzelle als zentrale Energieträger der Zukunft. In allen Innovationszentren vom Silicon Valley bis nach Asien wird derzeit intensiv daran gearbeitet, sich hier eine Vorreiterrolle zu sichern.

Unser Anspruch muss es sein, uns bei Wasserstoff und Brennstoffzelle an die Spitze zu stellen – und damit den neuen Wettbewerb der Staaten für uns zu entscheiden. Auf diesem Weg haben wir viel erreicht. Wir haben bisher bereits rund 1,5 Milliarden Euro für die Förderung der Antriebswende zur Verfügung gestellt und mit der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) eine wichtige Institution zur Koordination unserer Aktivitäten geschaffen.

Jetzt geht es darum, dem Hochlauf alternativer Antriebe weitere Dynamik zu verleihen. Dafür haben wir im Bund ein starkes Maßnahmenpaket geschnürt – mit drei zentralen Punkten:

1. Wir treiben den Aufbau einer flächendeckenden Lade- und Tankstelleninfrastruktur für Strom und Wasserstoff voran. Zur Durchsetzung der neuen Antriebstechnologien brauchen Autofahrerinnen und Autofahrer das Vertrauen, ihr Auto überall und zu jeder Zeit aufladen und tanken zu können. Deshalb errichten wir schon heute 400 E-Schnell-ladesäulen an Autobahnen und haben jetzt mit 300 Millionen Euro ein neues Förderprogramm für den Aufbau von weiteren 15.000 Ladesäulen in ganz Deutschland gestartet. Gemeinsam mit der Wirtschaft schaffen wir außerdem ein flächendeckendes Netz von 400 Wasserstofftankstellen bis 2025 und bauen mit 350 Millionen Euro das weltweit erste überregionale Netz zur Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen mit Wasserstoff.
2. Wir schaffen einen Rekordmittelaufwuchs für die Wasserstoffmobilität und setzen die Erfolgsgeschichte des ersten Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) fort. Wir investieren alleine im Jahr 2017 über 60 Millionen Euro und stellen mit NIP II 2018 und 2019 jeweils rund 90 Millionen Euro bereit. Das heißt: Insgesamt fördern wir Wasserstoff und Brennstoffzelle bis 2019 mit rund 250 Millionen Euro.
3. Wir fördern Wasserstoffinnovationen und bringen sie auf die Straße. Unser Ziel ist es, Wasserstoff und Brennstoffzelle in unterschiedlichen Bereichen in die Anwendungen zu bringen. Dazu gehören Wasserstoffbusse im Stadtverkehr, Fahrzeuge in Logistik und Wirtschaftsverkehr sowie Schienenfahrzeuge im öffentlichen Nahverkehr. Außerdem unterstützen wir den Aufbau einer eigenen Brennstoffzellenproduktion für die Automobilindustrie in Deutschland, um in Zukunft bei der Wasserstoffmobilität die gesamte Wertschöpfungskette abzubilden.

Ich bin überzeugt: Die Zukunft gehört den alternativen Antrieben. Deutschland ist hier Treiber und will die Innovationsführerschaft übernehmen. Die NOW ist auf diesem Weg ein unverzichtbarer Partner – und wird auch weiterhin maßgeblich dazu beitragen, uns im Wettbewerb um die Mobilität 4.0 an die Spitze zu führen.

## Alexander Dobrindt MdB

Bundesminister für  
Verkehr und digitale Infrastruktur



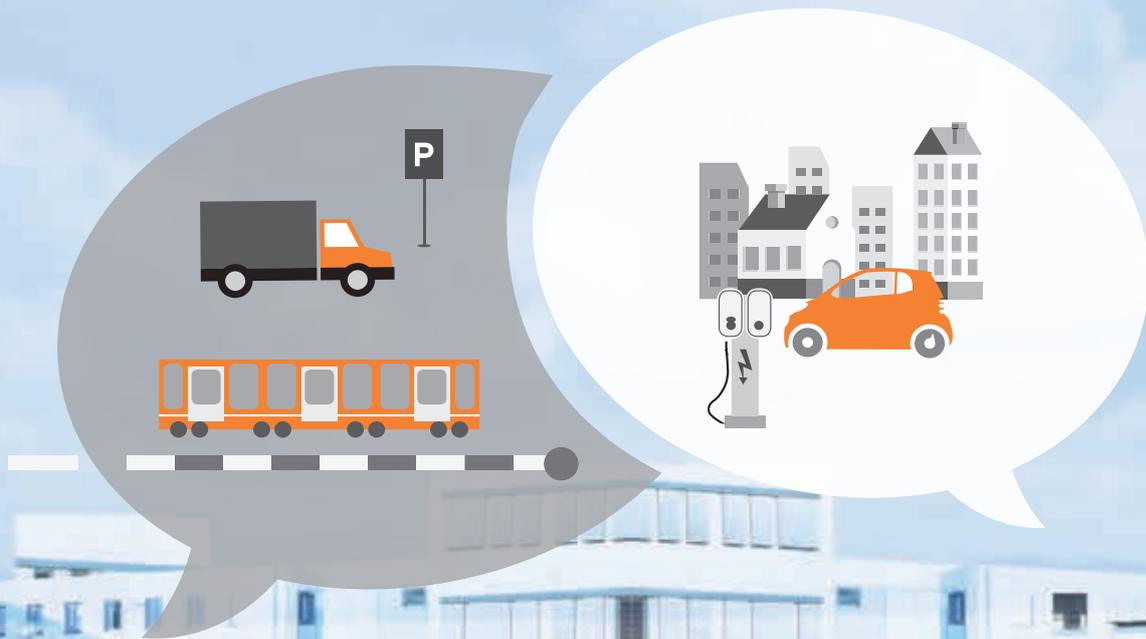


## Die NOW

Die NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ist verantwortlich für die Koordination und Steuerung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) der Bundesregierung und der Förderrichtlinie Elektromobilität des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Beides sind Programme zur Marktvorbereitung der Technologien. Gefördert werden Forschungs-, Entwicklungs- und in erster Linie Demonstrationsaktivitäten.

Die vorrangige Aufgabe der NOW besteht darin, Projekte zu initiieren, Anträge zu evaluieren und Themen so zu bündeln, dass Synergieeffekte genutzt werden können. Darüber hinaus nimmt die NOW Querschnittsaufgaben wahr. Hierzu zählen Themen wie Produktionstechnologien, Aus- und Weiterbildung, internationale Kooperationen, Kommunikation an der Schnittstelle von Politik, Industrie und Wissenschaft sowie Öffentlichkeitsarbeit, um die allgemeine Wahrnehmung der Technologien und ihrer Perspektiven zu steigern.

Im Auftrag des BMVI unterstützt die NOW außerdem bei der Weiterentwicklung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS), der Umsetzung der EU-Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau von Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (CPT) sowie bei der Programmumsetzung Ladeinfrastruktur. Konkret wirkt die NOW bei der Entwicklung einer Gesamtstrategie unter Berücksichtigung der einzelnen Kraftstoffoptionen mit, analysiert Positionen relevanter Akteure und koordiniert Vorhaben mit deutscher Beteiligung, u. a. im Rahmen der Transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN-T).



**Elektromobilität vor Ort**



# Elektromobilität vor Ort

Mit dem Programm Modellregionen Elektromobilität fördert das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) eine übergreifende Zusammenarbeit von Industrie, Wissenschaft und öffentlicher Hand, um die Verankerung der Elektromobilität im Alltag voranzutreiben.

Die Förderung der Elektromobilität erstreckt sich über alle zentralen Handlungsfelder. In Ergänzung zu den einzelnen Projekten werden daher in wissenschaftlicher Begleitforschung übergeordnete Themen bearbeitet. Hier werden sämtliche Aspekte der Elektromobilität betrachtet, angefangen bei der Perspektive der Nutzer über die Weiterentwicklung der Antriebs- und Fahrzeugtechnologie, Themen der Sicherheit und Infrastruktur, der Integration von Elektromobilität in öffentliche und betriebliche Flotten bis hin zu Fragen der Raum- und Stadtentwicklung und des Ordnungsrechts.

Mit der bis 2019 laufenden Förderrichtlinie zur batterieelektrischen Elektromobilität unterstützt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur über alle Verkehrsträger gezielt die kommunalen Akteure beim Aufbau der Elektromobilität vor Ort. Aufbauend auf dem Förderprogramm Modellregionen Elektromobilität wird so im strategischen Feld der lokalen Mobilität und Logistik der Markthochlauf von Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben inklusive der dafür notwendigen Infrastruktur vorangebracht.



## MODELLREGIONEN ELEKTROMOBILITÄT – ANWENDUNGSSEKTOREN (STAND: DEZEMBER 2016\*)

ANWENDUNGSSEKTOR	BUDGET IN T €	FÖRDERUNG IN T €
ORGANISATIONSSTRUKTUREN	8.850	5.136
INTERNATIONALISIERUNG UND EU-VERNETZUNG	6.468	6.023
ÖFFENTLICHER VERKEHR (SCHIENE)	27.738	11.714
ANTRIEB UND ENERGIEVERSORGUNG FAHRZEUG	82.545	40.841
FLUGHAFENANWENDUNGEN	13.169	6.897
BEGLEITFORSCHUNG UND STUDIEN	38.555	33.952
LADEINFRASTRUKTUR	53.349	28.870
ÖFFENTLICHER VERKEHR (BUSSE)	50.029	26.068
VERKEHRSVERNETZUNG/INTERMODALITÄT	41.468	25.690
GEWERBLICHER VERKEHR	107.910	58.131
INDIVIDUALVERKEHR	99.185	56.684
BESCHAFFUNG FAHRZEUG UND LADEINFRASTRUKTUR	33.788	14.418
ELEKTROMOBILITÄTSKONZEPTE	4.658	3.347
<b>GESAMTERGEBNIS</b>	<b>567.712</b>	<b>317.771</b>

\* Die Angaben beziehen sich auf BMVI-Mittel für Vorhaben seit 2009.

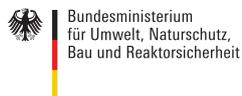




## Das NIP

Um die Entwicklung Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zur Marktreife in verschiedenen Anwendungsbereichen zu beschleunigen, initiierten Bund, Länder, Industrie und Wissenschaft im Jahr 2006 das auf zehn Jahre angelegte Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP), das ein Finanzvolumen von 1,4 Milliarden Euro umfasste. Bereitgestellt wurde diese Summe je zur Hälfte vom Bund – dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) – und der beteiligten Industrie. Das Programm hat erfolgreich dazu beigetragen, Technologiestandards zu schaffen, Kosten zu reduzieren und die Zuverlässigkeit der Technik zu verbessern.

Im September 2016 hat das Bundeskabinett das Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für den Zeitraum 2016 bis 2026 beschlossen. Damit beginnt die zweite Phase des erfolgreichen NIP (NIP II). Die Fortführung des ressortübergreifenden NIP stellt zum einen die Kontinuität für Forschung und Entwicklung sicher, zum anderen wird die Marktaktivierung durch entsprechende Produktentwicklungen gefördert. Die Umsetzung des NIP erfolgt über entsprechende Maßnahmen der beteiligten Bundesministerien. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) setzt zunächst bis 2019 250 Millionen Euro zur Unterstützung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ein. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) führt seine Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Bereich der angewandten Forschung und Entwicklung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms mit jährlich rund 25 Millionen Euro fort. Zudem hat das BMWi im August 2016 im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE) ein Förderprogramm zur Anschaffung von Brennstoffzellenheizgeräten für Privatkunden aufgesetzt. Das NIP wird darüber hinaus weiterhin vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) politisch mitgetragen.





Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

## Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur im NIP

Seit zehn Jahren fördert die Bundesregierung die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Nationalen Innovationsprogramm (NIP). Insgesamt 1,4 Milliarden Euro haben Bund und Industrie im Zeitraum 2006 bis 2016 in Wasserstoff- und Brennstoffzellenprojekte für mobile und stationäre Anwendungen investiert. Das BMVI hat in diesem Zeitraum 500 Millionen bereitgestellt.

Aufgrund des großen Erfolgs hat das Bundeskabinett das Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für den Zeitraum 2016 bis 2026 beschlossen und setzt die Förderung fort. Das BMVI alleine stellt hierfür fast 250 Millionen Euro (2016 bis 2019) zur Verfügung.

### NIP – ANWENDUNGSSEKTOREN (STAND: DEZEMBER 2016\*)

PROGRAMMBEREICH	BUDGET IN T €	FÖRDERUNG IN T €
VERKEHR	565.215	268.839
WASSERSTOFFHERSTELLUNG	25.011	12.404
STATIONÄRE INDUSTRIE	70.686	34.497
HAUSENERGIE	125.665	58.249
SPEZIELLE MÄRKTE	108.779	51.875
QUERSCHNITTSTHEMEN	23.786	12.038
<b>GESAMTERGEBNIS</b>	<b>919.142</b>	<b>437.901</b>

\* Die Angaben beziehen sich auf BMVI-Mittel für Vorhaben seit 2008.



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

## Das BMWi fördert im Rahmen des NIP anwendungsbezogene F&E-Vorhaben

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms angewandte Forschung und technologische Entwicklung in allen Energietechnologien (außer Bioenergie und nukleare Energieforschung). Dabei wird die gesamte Energiekette abgebildet, von der Energiebereitstellung und -umwandlung über den Transport und die Verteilung einschließlich Speicherung bis hin zum Energieeinsatz in verschiedenen Sektoren. Einen Förderschwerpunkt des BMWi bilden Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologien, für die seit 2008 200 Millionen Euro bereitgestellt wurden.

### NIP – ANWENDUNGSSEKTOREN (STAND: DEZEMBER 2016\*)

PROGRAMMBEREICH	BUDGET IN T €€	FÖRDERUNG IN T €
VERKEHR	148.537	77.525
WASSERSTOFFHERSTELLUNG	24.367	16.318
STATIONÄRE INDUSTRIE	34.088	17.276
HAUSENERGIE	55.534	29.746
SPEZIELLE MÄRKTE	27.984	16.320
QUERSCHNITTSTHEMEN	58.998	38.155
<b>GESAMTERGEBNIS</b>	<b>349.508</b>	<b>195.340</b>

\* Die Angaben beziehen sich auf BMWi-Mittel für Vorhaben seit 2008.

## Internationale Zusammenarbeit 2016

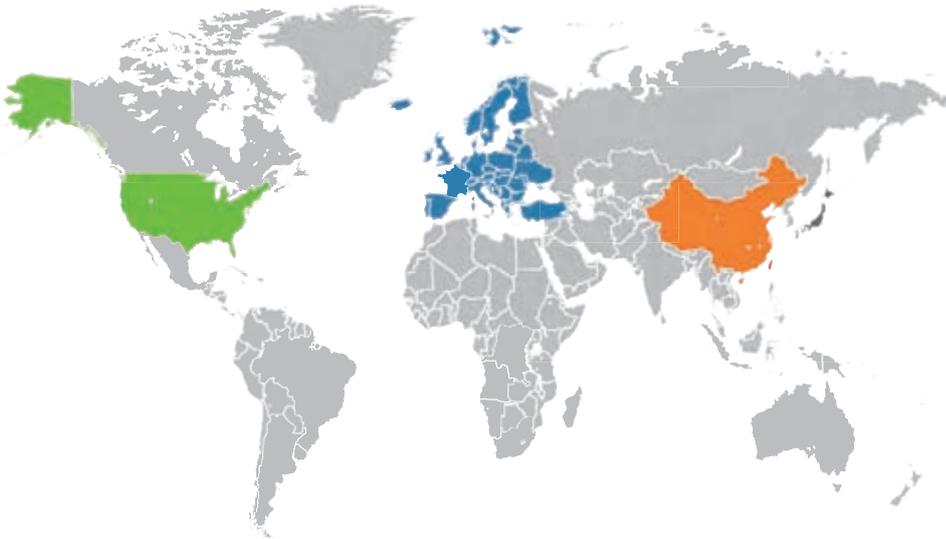
Auch global wird Deutschland weiterhin seiner Rolle als aktiver Befürworter und Treiber für eine Wasserstoffwirtschaft gerecht werden. Als wichtigste Partner sind hier die USA, Japan, die Europäische Kommission und einige der EU-Mitgliedsstaaten zu nennen, mit denen die NOW seit vielen Jahren eine enge Zusammenarbeit pflegt. China gewinnt in dieser Hinsicht zunehmend an Bedeutung.

Darüber hinaus engagiert sich die NOW in internationalen Organisationen wie der International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) sowie der Internationalen Energieagentur (IEA).

### Europa

Das übergeordnete Ziel der Aktivitäten und Partnerschaften auf europäischer Ebene ist es, europaweit geeignete Rahmenbedingungen für eine Wasserstoff- und Brennstoffzellenwirtschaft im Kontext der Energiewende und des Klimaschutzes zu schaffen. Dabei steht die Einbindung von erneuerbaren Energien (EE) in das gesamte Energiesystem im Fokus der Aktivitäten. Diesbezüglich sind im Jahr 2016 vornehmlich die Umsetzung der EU-Richtlinie zum Aufbau einer Infrastruktur von alternativen Kraftstoffen (AFID) sowie die Verabschiedung des Winterpakets zu nennen. In der Umsetzungsphase der AFID tauschten sich die Mitgliedsstaaten innerhalb der Government Support Group (GSG) in Unterarbeitsgruppen intensiv aus. Die NOW nahm dabei die Sekretariatsrolle ein und koordinierte im Namen des BMVI die Arbeitsgruppen. In diesem Rahmen hat die NOW zudem im Auftrag des BMVI den Nationalen Strategierahmenplan zum Aufbau der Infrastruktur für Strom, Wasserstoff und – in eingeschränktem Umfang – für Erdgas entwickelt und mit den Nachbarländern koordiniert. Der deutsche Strategierahmenplan wurde im Sommer vom Kabinett beschlossen und anschließend innerhalb der gesetzten Frist (18. November 2016) bei der Europäischen Kommission eingereicht.

Am 30. November 2016 hat die Europäische Kommission (nachfolgend: Kommission) ein mehr als 4.000 Seiten umfassendes Paket unterschiedlicher Dokumente vorgelegt. Einige davon sind Bewertungen und Auswertungen des Status quo. Bei anderen handelt es sich um konkrete Vorschläge für die Änderung und Anpassung des bestehenden Rechtsrahmens für die Zeit nach 2020. Die Vorschläge im sogenannten Winterpaket sollen helfen, die europäischen Klimaziele zu erreichen. Ebenso sollen sie den Zielen der Energieunion dienen, d. h. eine sichere, bezahlbare und klimafreundliche Energiever-



sorgung gewähren. Dabei soll ein vollständig integrierter Energiebinnenmarkt zentraler Aspekt sein. In den Vorschlägen der Kommission finden sich auch erste Ansätze zur Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (Speichertechnologien, Netzdienlichkeit der Elektromobilität), die für die Batterie-, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie relevant sind oder werden könnten. Dies betrifft nicht nur den Verkehrsbereich, in dem grüner Wasserstoff (d. h. Wasserstoff aus EE, etwa Windenergie) als Treibstoff oder als Rohstoff in der Raffinerie zur Erzeugung von Diesel genutzt werden kann. Vielmehr stehen auch gerade Änderungen im Wärmebereich zur Diskussion, womit Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerke (nachfolgend: BZ-BHKW) zur effizienten Versorgung mit Wärme und Strom führen könnten. Die NOW wird den gesetzgebenden Prozess intensiv weiterverfolgen und berät hinsichtlich der verkehrsrelevanten Themen das BMVI.

## China

Auf Basis der gemeinsamen Erklärung zur Kooperation im Bereich Elektromobilität sowie Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie vom Oktober 2014 zwischen dem BMVI und dem chinesischen Ministerium für Wissenschaft und Technologie der VR China (MOST) unterzeichneten die von den Ministerien beauftragten Organisationen China Automotive Technology & Research Center (CATARC) und NOW im April 2016 im Beisein von Minister Wan Gang (MOST) und Minister Alexander Dobrindt (BMVI) ihre entsprechende Kooperationserklärung.

In der Erklärung wird die Kooperation in den Themen der bilateralen Zusammenarbeit festgeschrieben: Batterieelektromobilität, die Verstärkung des wissenschaftlichen Austauschs und der Aufbau einer Partnerschaft auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit Fokus auf dem Transportsektor. Hierzu soll das virtuelle Zentrum Sino German Electro-Mobility Innovation and Support Center (SGEC) aufgebaut werden, unter dessen Dach die deutsch-chinesischen Projekte künftig stattfinden. Diese stehen in Zukunft allen nationalen Partnern offen und sind nach spezifischen Themenfeldern geordnet. China hat in seinem jüngsten Energieentwicklungsplan bis zum Jahr 2020 Wasserstoff- und Brennstoffzellen als eine der Schlüsseltechnologien für die Erreichung der Klimaziele definiert und ist bestrebt, in diesem Bereich zu anderen Regionen der Welt aufzuschließen. Mit CATARC nahm zum ersten Mal ein chinesischer Vertreter als Beobachter am International Workshop on Hydrogen Transportation and Infrastructure teil, der im Mai 2016 stattfand.



## USA und Japan

Gemeinsam mit dem US-amerikanischen Department of Energy (DoE), der japanischen New Energy and Technology Development Organization (NEDO) und dem Joint Research Center (JRC) der Europäischen Union organisierte die NOW den 4. International Workshop on Hydrogen Infrastructure and Transportation. Am Workshop im Mai 2016 in Petten (Niederlande) nahmen über 60 technische Experten aus den USA, Japan und Europa inklusive Skandinavien und Deutschland teil, um die aktuellen Herausforderungen bei der Implementierung internationaler Standards für Wasserstofftankstellen zu diskutieren. Neben China nahm auch Südkorea zum ersten Mal als Beobachter teil.

Im Workshop wurde unter anderem der Bedarf an Laboren zur Wasserstoffqualitätsmessung entsprechend den internationalen Standards sowie an einer harmonisierten Zertifizierung von Wasserstofftankstellen – idealerweise mit von Autoherstellern akzeptierten Testgeräten – festgestellt. Eine internationale Harmonisierung der Ausrüstung und Materialstandards für die Systeme wird gewünscht. Dies würde sich positiv auf die Kosten auswirken, sowohl bei der Beschaffung als auch durch die Verkürzung von Ausfallzeiten durch schnellere Verfügbarkeit von Ersatzteilen.

## Japan

Japan entwickelt sich weiterhin zu einem der wichtigsten Partner Deutschlands, um das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im internationalen Kontext weiter voranzutreiben. Neben den kontinuierlichen Treffen mit verschiedenen japanischen Stakeholdern im Rahmen der Fuel Cell Expo wurde die NOW auch als Fachbegleitung von Bundesumweltministerin Barbara Hendricks im Rahmen der G7-Umweltministertreffen in Japan eingebunden. Im Februar gab es darüber hinaus eine Delegationsreise des BMVI unter Leitung von Abteilungsleiter Dr. Veit Steinle nach Tokio, die von der NOW begleitet wurde. Im Rahmen einer Delegationsreise im Mai wurde das Thema Power-to-Gas sehr prominent diskutiert. Weiterhin begleitete die NOW im September Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt zu einem hochkarätigen Treffen im Rahmen der G7-Verkehrskonferenz. Thema dieses Treffens war die Bedeutung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in einem zukünftigen Verkehrssystem. Neben Regierungsvertretern nahmen auch Repräsentanten von BMW und Toyota an dem Treffen teil.

Des Weiteren fand im Oktober das dritte Innovation for Cool Earth Forum (ICEF) in Tokio statt. Das ICEF diente unter anderem als Vorbereitungsforum für die Klimaverhandlungen der Vereinten Nationen (UN). Im Rahmen dieser Konferenz wurde das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Kontext des Klimawandels betrachtet. Bereits zum zweiten Mal wurde die NOW zu dieser international renommierten Konferenz als Vortragende eingeladen.

## IPHE

Die International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE) ist ein Zusammenschluss von 17 Mitgliedsstaaten plus Europäischer Kommission mit dem Ziel, die Kommerzialisierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zu begleiten und voranzutreiben. Die deutsche Vertretung in der IPHE erfolgt über das BMVI mit der NOW als koordinierende Stelle. Das seit 2015 bestehende permanente Sekretariatsbüro (PSO) hat sich mittlerweile bewährt und ist in vollem Umfang operativ. Neben den halbjährlich stattfindenden Steering Committee Meetings finden regelmäßig weitere Formate für einen aktiven Austausch mit verschiedenen Zielgruppen statt. So gibt es ein Industrieforum, in dem die aktuellen politischen Entwicklungen mit Partnern aus der Wirtschaft diskutiert werden. In Rahmen einer Bildungsveranstaltung wird das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gemeinsam mit Studenten aus verschiedenen Fachrichtungen diskutiert.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.iphe.net](http://www.iphe.net)

## IEA

### Hydrogen Implementing Agreement

Die NOW ist Mitglied des Executive Committee des International Energy Agency Hydrogen Implementing Agreement (IEA HIA) und gestaltet die inhaltliche Ausrichtung des IEA HIA aktiv mit. Im Rahmen des IEA HIA kommen Wissenschaftler aus der ganzen Welt zusammen und tauschen sich über gemeinsame Forschungsprojekte zu aktuellen Wasserstoff- und Brennstoffzellenthemen aus. Grundsätzlich bietet diese Plattform eine gute Basis, um einen Überblick über die aktuellen globalen Forschungsaktivitäten zu erlangen und wertvolle Verbindungen zur IEA und anderen Ländern zu knüpfen und zu pflegen.

Eine Übersicht der laufenden Aufgabenpakete („Tasks“) ist unter folgendem Link zu finden: <http://ieahia.org>

# Veranstaltungen 2016

- 25. – 26.01. | Kick-off-Kampagne „Energie für immer“ | BMVI, Berlin
- 01.02. | Car Symposium | Bochum
- 10.02. | Symposium Brennstoffzellentechnologie im Schienenverkehr | Landesvertretung Niedersachsen, Berlin
- 08.03. – 09.03. | Fachkonferenz „Elektromobilität vor Ort“ | Aachen
- 10.03. | Marktplatz Zulieferer | Berlin
- 12.04. | H<sub>2</sub> Mobility Congress | Berlin, Deutschland
- 25. – 29.4. | Hannover Messe Hydrogen Fuel Cells Batteries | Hannover, Deutschland
- 27. – 28.05. | Roadshow (E-Mobilitätstage beim Autoservice Demmler) | Wilkau-Haßlau, Sachsen
- 29.05. | GreenTecAwards | München
- 29.05. | Roadshow (Fahr zur Aar) | Aarbergern, Heidenrod und Hohenstein, Hessen
- 04.06. | Roadshow (Fahrradtag) | Braunschweig, Niedersachsen
- 07./08.06. | Woche der Umwelt | Schloss Bellevue, Berlin
- 10.06. | Roadshow (Wave Trophy) | Bremerhaven
- 11.06. | Roadshow (Aktionstag Elektromobilität) | Lüdenscheid
- 13.06. | Innovative Busantriebe: „Wo geht die Reise hin?“ | Bochum
- 13.06. | Abschlussveranstaltung EFBEL | Berlin
- 13.06. – 16.06. | World Hydrogen Energy Conference 2016 (WHEC) | Zaragoza, Spanien
- 14.06. | Pressegespräch zur Elektroautoprämie der Bundesregierung, Testfahrten bei RUHRAUTOe | Universität Duisburg-Essen, Essen
- 15.06. | Einweihung H<sub>2</sub>Mobility | TS Wuppertal | Wuppertal
- 15.06. | Abschlusskonferenz SaxMobility II | Dresden
- 21.06. | 6. Dialog der Verbände | Berlin
- 23.06. | e4Ships Statuspräsentation | Berlin
- 26.06. | Roadshow (6. Wirtschaftsmesse Wedemark) | Wedemark/Mellendorf (nahe Celle)
- 29.06. | Roadshow (6. Tag der E-Mobilität an der TU Ingolstadt) | Ingolstadt
- 30.06. | Ergebnis-Veranstaltung HyTrustPlus, AP 5 | Steinfurt
- 30.06. | Ergebnis-Veranstaltung E-Carflex Business | Düsseldorf
- 01.07. | Vorstellung der Studie Wasserstoffinfrastruktur auf der Schiene | Berlin
- 05. – 06.07. | Deutscher Wasserstoff Congress | Landesvertretung NRW, Berlin
- 06.07. | Jubiläumsveranstaltung 20 Jahre DWV | Berlin
- 14.07. | Roadshow (Zweites Symposium Elektromobilität) | Trier
- 15.07. | Einweihung H<sub>2</sub> Tankstelle am ZSW | Ulm
- 19.07. | Roadshow (5. Tag der Elektromobilität) | Schwerin
- 19.07. – 21.07. | 15<sup>th</sup> Electrochemical Talks (UECT) | Ulm



**14.12.** Bundesminister Alexander Dobrindt, MdB, eröffnet die NIP-Ergebniskonferenz „Saubere Mobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzelle“.

**20.09.** Auf der InnoTrans in Berlin enthüllt Henri Poupart-Lafarge, Vorsitzender und CEO von Alstom, im Beisein von Bundesminister Alexander Dobrindt, MdB, den Brennstoffzellentriebwagen Coradia iLint.



**12.04.** Auf dem H<sub>2</sub> Mobility Kongress im BMVI erklären die Vertreter der Industrie in Anwesenheit der Minister Alexander Dobrindt (BMVI) und Wang Gang (MOST) sehr deutlich, dass sie von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien überzeugt sind.



**25.01.** Norbert Barthle, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, und der Schauspieler Hannes Jaenicke stellen die Kampagne „Energie für immer“ vor.

**15.11.** Norbert Barthle, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, eröffnet die Jahreskonferenz „Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS)“.





**14.12.** Bundesminister Alexander Dobrindt, MdB, diskutiert mit den Bundestagsabgeordneten Steffen Bilger (CDU), Stephan Kühn (Bündnis 90/Die Grünen) und Martin Burkert (SPD) auf der NIP-Ergebniskonferenz.

**10.05.** Im BMVI werden die Förderbescheide Elektromobilität übergeben. Bundesminister Alexander Dobrindt, MdB, begrüßt die Vertreter der Förderprojekte.



**12.04.** Klaus Bonhoff, Geschäftsführer der NOW, und Dr. Wu Zhixin, Vizepräsident CATARC, unterzeichnen im Beisein der Minister die Absichtserklärung, im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen und Elektromobilität enger zusammenzuarbeiten.

**11.4.** Norbert Barthle, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, stellt Minister Wan Gang, vom chinesischen MOST, die Brennstoffzellenautos der CEP vor.



**01.07.** Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, unterstreicht die Rolle des Schienenverkehrs bei der Vorstellung der Studie Wasserstoffinfrastruktur auf der Schiene.

- 25.08.** | Roadshow (Abschlussveranstaltung des Forschungsprojekts „Elektromobilität Mitteldeutschland“ | Halle an der Saale
- 27.08–28.08.** | Tage der offenen Tür | BMVI, Berlin
- 02.09.** | Gundstein/Spatenstich/Zeremonie Speichertrafo und H<sub>2</sub>-Tankstelle | Rostock
- 03.09.** | Roadshow (Klimastadttag) | Bremerhaven
- 07.09.** | E4ships Ergebnis-Veranstaltung | Hamburg
- 11.09.** | Roadshow (M-net Kinzigtal total) | Kinzigtal
- 11.09.** | Roadshow (Energietag) | Geisenheim
- 15.09.** | Abschlussveranstaltung FREE (MR EM) | Kassel
- 17. – 18.09.** | Roadshow | (Dorfener Autoschau) | Dorfen
- 18.09.** | Roadshow (7. Potsdamer Umweltfest) | Potsdam
- 18.09.** | Roadshow (Familien-Energie-Tag) | Hambuch bei Kaiseresch
- 20.09.** | InnoTrans Alstom Enthüllung Brennstoffzellentriebwagen Alstom + Übergabe UIA Projekt BEMU Bombardier durch Minister Dobrindt | Berlin
- 22.09.** | EMOTIF-Fachkonferenz „Elektromobilität in ländlichen Räumen“ | Erfurt
- 23.09.** | Eröffnung H<sub>2</sub>-Tankstelle 27. – 28.09. International Conference E-Mobility: Challenges for Technology and Urban Infrastructure Development, Hamburg mit Vorstellung der Forschungsergebnisse aus SINGER | Hamburg
- 28.09.** | Inbetriebnahme der ersten Ladesäule des Projekts HansE | Schenefeld
- 29.09.** | Lenkungsausschusses zur deutsch-chinesischen Zusammenarbeit BMVI-MOST | Berlin
- 01. – 02.10.** | Roadshow (Hamburger Klimawoche) | Hamburg
- 07.10.** | Roadshow (Workshop „Kommunaler Standortvorteil Elektromobilität“) | Karlsruhe
- 08.10.** | Roadshow (Tag der Stadtwirtschaft) | Darmstadt
- 08.10.** | Roadshow (Tag der Regionen) | Hettstedt, Sachsen-Anhalt
- 10. – 12.10.** | World of Energy Solutions (WES) | Stuttgart
- 11. – 13.10.** | Roadshow (Alpenkonferenz und Alpenwoche 2016) | Achental/Chiemgau
- 14.10.** | Roadshow (E-Mobilitätstag) | Ulm
- 17.10.** | Bus-Einweihung Sylter Verkehrsgesellschaft | Sylt
- 24. – 25.10.** | Abschlussveranstaltung des Projekts emove (Modellregionen Elektromobilität) und der von der EU geförderten Projekte Civitas Dynamo (Aachen) und Civitas 2Move2 (Stuttgart) | Aachen
- 25. – 26.10.** | eMobility Summit (Tagesspiegel) | Berlin
- 26.10.** | Themenfeld-Vernetzungstreffen mit EM-Begleitforschungsinstituten | Berlin
- 26.10.** | Pressegespräch zur Förderung der Anschaffung von vier E-Pkw und Überreichung der Fahrzeuge | Krefeld
- 02.11.** | Preisverleihung „Land der Ideen“ an Projekt „EcoTrain“ | Annaberg-Buchholz
- 03.11.** | Internationaler Workshop Intralogistik | Berlin
- 09.11.** | Roadshow (Workshop „Kommunaler Standortvorteil Elektromobilität“) | Villingen-Schwenningen
- 10.11.** | Eröffnung Air Liquide H<sub>2</sub>-Tankstelle | Offenbach
- 15.11.** | Roadshow (Workshop „Kommunaler Standortvorteil Elektromobilität“) | Fellbach
- 22.11.** | Roadshow (Workshop „Kommunaler Standortvorteil Elektromobilität“) | Biberach/Riß
- 30.11.** | Zero-Emission Bus Conference IFCBW 2016 | London
- 02.12.** | Pressegespräch Elektro-Lkw Max Müller Spedition | Offenbach
- 03.12.** | Eröffnung der Schnellladestation am „Tag der offenen Tür“ der Vierländer Volksbank eG | Wiesbaden
- 05.12.** | HRS-Eröffnung Münster-Amelsbüren (Westfalen AG) | Münster-Amelsbüren
- 06.12.** | Elektromobilität in der Kommune (Allianz Elektromobilität) | Wiesbaden
- 07.12.** | H<sub>2</sub> Tankstellen-Eröffnung Geisingen | Geisingen
- 12.12.** | Pressekonferenz zu fünf Elektrofahrzeugen und vier Ladesäulen für die Stadt Dülmen und die Gemeinde Senden | Dülmen
- 14. – 15.12.** | „Saubere Mobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzelle“ (NIP-Ergebniskonferenz) | BMVI, Berlin



## 2016 wurden folgende Projekte im BMWi-Förderschwerpunkt des NIP bewilligt:

PROJEKTTITEL	LAUFZEITBEGINN	LAUFZEITENDE
GreenH2		
HyINTEGER	1. Januar 2016	31. Dezember 2019
KontiFlex		
KontiFlex	1. Januar 2016	31. Dezember 2017
PtTM-HGS		
PtTM-HGS	1. April 2016	31. März 2019
PtTM-HGS		
PtTM-HGS	1. April 2016	31. März 2019
PtTM-HGS		
PtTM-HGS	1. April 2016	31. März 2019
SILA-PEM		
SILA-PEM	1. September 2016	31. August 2019
SILA-PEM		
SILA-PEM	1. September 2016	31. August 2019
KerSOLife100		
KerSOLife100	1. September 2016	31. August 2019
KerSOLife		
KerSOLife	1. September 2016	31. August 2019
KerSOLife		
KerSOLife	1. September 2016	31. August 2019
<b>GESAMT</b>		

PARTNER	FÖRDERQUOTE [%]	FÖRDERSUMME [€]
		373.393
Johannes Gutenberg-Universität Mainz	100	213.130
		211.085
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.	85	369.390
		455.060
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung	100	434.687
		368.721
Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH	100	478.916
		612.232
Umicore AG & Co. KG	50	638.218
		1.253.842
Eberhard Karls Universität Tübingen	100	162.178
		447.071
Gummiwerk KRAIBURG GmbH & Co. KG	50	274.927
		3.191.430
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	100	1.009.520
		1.198.017
Hochschule Aalen – Hochschule für Technik und Wirtschaft	100	566.679
		459.331
RJL Micro und Analytic Bernhard E. Heneka GmbH Gesellschaft für angewandte Elektronenmikroskopie und Analytik	60	421.918
		13.139.745



---

# I. NIP — VERKEHR UND INFRASTRUKTUR

---





SÄMTLICHE PROJEKTE WERDEN AUF DEN FOLGENDEN SEITEN MIT I/01 – I/24 GEKENNZEICHNET.



NEU BEWILLIGTE PROJEKTE



ABGESCHLOSSENE PROJEKTE



QUERSCHNITTSTHEMEN

## NIP — VERKEHR UND INFRASTRUKTUR

Im Zentrum des Programmbereichs Verkehr und Infrastruktur stehen Forschung und Entwicklung (F&E) sowie Demonstrationsaktivitäten in den Bereichen Antriebstechnologie und Wasserstoffinfrastruktur. Im Bereich Forschung und Entwicklung werden Gesamtantriebssysteme und Schlüsselkomponenten wie die Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle (PEMFC) und der Wasserstoffspeicher untersucht. Hierbei stehen die Kosten- und Gewichtsreduktion, die Erhöhung von Lebensdauer und Wirkungsgrad sowie die Verbesserung von Zuverlässigkeit im Alltagsbetrieb im Vordergrund. Darüber hinaus wird die Entwicklung von Produktionsprozessen des Brennstoffzellensystems forciert, um entsprechende Fertigungskompetenz aufzubauen. Infrastrukturseitig werden in den verschiedenen Projekten ebenfalls die Kostensenkung sowie die Erhöhung der Zuverlässigkeit vorangetrieben und es wird an der Einführung von Technologiestandards für Wasserstofftankstellen gearbeitet. Auch jenseits der Straße untersucht der Programmbereich Einsatzpotenziale der Brennstoffzelle, etwa in Flugzeugen und im Schienenverkehr.

Ein weiterer wichtiger Aspekt im Programmbereich Verkehr und Infrastruktur sind Demonstrationsprojekte zur Technologiewalidierung unter Alltagsbedingungen und die Marktvorbereitung im Sinne der Kundenakzeptanz. Hierzu initiiert und koordiniert die NOW umfangreiche Begleitforschungsaktivitäten. Zudem werden wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge in umfassenden Verbundprojekten sowohl im Bereich Individualverkehr als auch im ÖPNV erprobt. Gleichzeitig wird im Rahmen des von der NOW koordinierten 50-Tankstellen-Programms der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur vorangetrieben, um ein bundesweites Grundversorgungsnetz an Wasserstofftankstellen bereitzustellen.



Die Studie untersucht wirtschaftliche, rechtliche und technische Voraussetzungen für den Einsatz von Brennstoffzellentriebwagen auf der Schiene

## Wasserstoffinfrastruktur für die Schiene



Etwa 50 % des deutschen Streckennetzes sind nicht elektrifiziert. Der Oberleitungsbau ist kostenintensiv, in landschaftlich reizvollen Gebieten oftmals nicht gewollt und auf Streckenabschnitten mit geringer Auslastung unwirtschaftlich. Trotzdem haben Betreiber und Öffentlichkeit ein großes Interesse daran, den Schienenverkehr auf solchen Strecken von Emissionen zu befreien, die mit dem Dieselbetrieb verbunden sind. Der Einsatz elektrischer Triebzüge mit wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen stellt hier eine interessante und Erfolg versprechende Alternative dar.

Im Rahmen einer Begleitforschungsstudie hat das Beratungsunternehmen EY in Kooperation mit Ludwig-Bölkow-Systemtechnik, TÜV SÜD Rail, SIGNON Deutschland, Becker Büttner Held sowie der IFOK im Zeitraum Oktober von 2015 bis Mai 2016 den Einsatz von Brennstoffzellentriebwagen in Deutschland untersucht. Geklärt werden sollten die Rahmenbedingungen hinsichtlich der wirtschaftlichen, rechtlichen und technischen Voraussetzungen für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur für die Betankung von Brennstoffzellentriebwagen. Die Studie wurde durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) beauftragt und im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff (NIP) durch die Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NOW) koordiniert. Die dieser Studie zugrunde liegenden Daten wurden in Anspruchsgruppen-Interviews, Experteninterviews, eigenen Expertenschätzungen und Erhebungen zusammengetragen. Insbesondere die Analyse der Kostendaten und der Wirtschaftlichkeit basiert auf Expertenschätzungen, die im jeweiligen Einzelfall mit konkreten Preisangaben der Lieferanten validiert werden müssen.

In einem ersten Schritt untersucht die Studie die betrieblichen Anforderungen, welche sich aus dem betriebsgerechten Bahnbetrieb ergeben.

**Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass es hinsichtlich der Umlaufplanung für die Regionalstrecken in Deutschland keine operationellen Einschränkungen geben wird, da die Reichweite der Züge pro Tag bzw. Umlauf ausreichend ist.**

Neben der Emissionsfreiheit ist die Umwandlung von Bremsenergie in Bewegungsenergie ein weiterer Vorteil: Der kombinierte Brennstoffzellen-Batterieantrieb kann sein Potenzial auf Strecken mit vielen Haltepunkten und wechselnden Höhenprofilen besonders gut ausschöpfen.

Parallel zu den betrieblichen Anforderungen wurden in der Studie sowohl die Anforderungen an die Wasserstoffbereitstellung als auch die Verfügbarkeit von Wasserstoff (Wasserstoffquellen) dargestellt. Dazu gehört u. a. die Identifikation von Wasserstoffquellen

### Studie Wasserstoffinfrastruktur für die Schiene

#### Bearbeitung durch:

Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft in Kooperation mit Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, TÜV SÜD Rail GmbH, SIGNON Deutschland GmbH, Becker Büttner Held, IFOK GmbH

#### Laufzeit:

Oktober 2015 bis April 2016

**Im Auftrag von:** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

#### Koordiniert durch:

NOW GmbH – Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

in der Nähe der infrage kommenden, nichtelektrifizierten Strecken in Deutschland sowie die Bereitstellungslogistik. Zunächst wird der Transport von Wasserstoff über die Straße in Tankwagen oder über Pipeline (bei bestehenden Rohrleitungen) empfohlen, mittel- bis langfristig wird ein Transport über die Schiene mit einem Kesselwagen als geeignet angesehen. Im Fokus stehen aber auch Tankcontainer, sowohl für den Straßen- als auch den Bahntransport.

Die Bestandsaufnahme erfolgte unter Einbindung der vier Bundesländer Niedersachsen, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Hessen. Diese planen den mittel- bis langfristigen Einsatz von Brennstoffzellentriebwagen im schienengebundenen Nahverkehr. Der Hersteller Alstom hat im Projekt „BetHy“, ebenfalls gefördert durch das Bundesverkehrsministerium im Rahmen des NIP, eine neue Triebzuggeneration mit Brennstoffzellenantrieb entwickelt. Zwei Pilotfahrzeuge aus diesem Projekt sollen bereits Ende 2017 in Niedersachsen zum Einsatz kommen.

## Die rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere bezogen auf das Genehmigungs- sowie das Energie- und Vergaberecht, bilden einen weiteren Schwerpunkt der Studie.

Bis dato war nicht eindeutig geklärt, ob ein eindeutiger Rechtsrahmen vorhanden ist. Nach Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen konstatiert die Studie jedoch, dass im geltenden Rechtsrahmen die Genehmigung von Wasserstoffeinrichtungen zur Erzeugung, zum Transport und zur Betankung gemäß entsprechender Genehmigungsverfahren bereits möglich ist. Im Rahmen einer Vergabe ist zudem eine kombinierte Ausschreibung aller Leistungen hinsichtlich der Beschaffung bis hin zur Betankung der Züge zumindest in der Einführungsphase der Technologie denkbar.

Weiterhin diskutiert die Studie auf Basis der gewonnenen Informationen, welche Finanzierungs- und Betreiberstrukturen sich verwirklichen lassen hinsichtlich des Ziels, umsetzungsgerechte Betreiberkonzepte aufzuzeigen. Ein wesentliches Ergebnis ist, dass der zusätzliche Leistungsbaustein „Wasserstoffversorgung“ Risiken mit sich bringt, die bisher in den üblichen Betreiberstrukturen nicht optimal abbildbar sind. Ein mögliches Mittel, die Risiken angemessen zu verteilen, sind die Finanzierung und Zurverfügungstellung des Fahrzeugpools durch den Aufgabenträger an das Eisenbahnverkehrsunternehmen. Hierdurch können Politik und Verwaltung die Umsetzung ihrer Nachhaltigkeitsstrategien direkt beeinflussen. Außerdem wurde in der Studie im Rahmen eines Akzeptanzmanagements eine Einführungskampagne mit verschiedenen öffentlichkeitswirksamen Aktivitäten entwickelt.

Abschließend zeigen die Ergebnisse der Studie, dass der Einsatz von Brennstoffzellen-Triebwagen prinzipiell wirtschaftlich darstellbar ist. Allerdings müssen die richtigen Rahmenbedingungen in der Einführungsphase geschaffen werden.

Die öffentliche Vorstellung der Studie erfolgte am 1. Juli 2016 in den Räumlichkeiten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur in Berlin.



### EY Mobility Innovation Group

Der Mobilitätssektor wächst durch neue Anforderungen und Angebote zu einem technologiegetriebenen und gleichzeitig branchenübergreifenden Geschäftsumfeld mit unterschiedlichsten Akteuren. Dieser Entwicklung tragen wir Rechnung – mit einem interdisziplinären Team: Fachleute für Telematik, Digitalisierung, Cyber Security, Logistikplanung, Stadtplanung, alternative Antriebe und Infrastruktur werden durch Strategie- und Managementberater ergänzt. Auf diese Weise bieten wir unseren Kunden bei jedem Auftrag eine passgenaue und bedarfsgerechte Unterstützung.

#### Website:

[www.de.ey.com/futuremobility](http://www.de.ey.com/futuremobility)

#### Ansprechpartner:

##### Dr. Rainer Scholz

Executive Director  
Mobility Innovation Group  
Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft  
Rothenbaumchaussee 76–78, 20148  
Hamburg  
Telefon: +49 40 36132 17056  
[rainer.scholz@de.ey.com](mailto:rainer.scholz@de.ey.com)

## I/01 ENTWICKLUNG EINER WASSERSTOFF-RCS-ROADMAP



Die von der Bundesregierung vorgegebenen Ziele zur Treibhausgasminderung, zur Verringerung des Energiebedarfs und zum verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien im Energie- und Verkehrssektor können nur durch den intensiven Einsatz von Elektromobilität einschließlich der umfangreichen Nutzung von Brennstoffzellenfahrzeugen erreicht werden. Mit erneuerbar erzeugtem Wasserstoff können emissionsfreie Brennstoffzellenfahrzeuge über große Reichweiten betrieben und in wenigen Minuten voll nachbetankt werden. Zusätzlich kann aus Strom erzeugter Wasserstoff große Energiemengen über lange Zeit speichern und so die Energiewende um ein wesentliches stabilisierendes Element ergänzen.

Für den Einsatz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien im bestehenden Energie- und Verkehrssystem bedarf es geeigneter Regelwerke, Normen und Prozesse. Deren Erstellung und Harmonisierung untereinander im nationalen, europäischen und internationalen Kontext ist komplex und erfordert ein abgestimmtes Vorgehen.

Wichtige Wasserstoff-RCS-Regelwerke und -Normen werden zunehmend international entwickelt. Um die Vertretung der Interessen Deutschlands sicherzustellen, sind eine aktive Teilnahme und Mitgestaltung in der Gremienarbeit insbesondere von EU, UNECE, ISO, IEC, CEN, CENELEC erforderlich.

Vor allem in den Schlüsselbereichen des Straßenverkehrs einschließlich der Betankungsinfrastruktur und stationärer Anwendungen besteht dringender Handlungsbedarf bei der Abstimmung und Weiterentwicklung der AFID (Aufbau alternativer Kraftstoffinfrastrukturen – hier Wasserstoff), der GTR 13/UNECE R134 (Typgenehmigung von Wasserstoff-Straßenfahrzeugen) und dem ADR (Gefahrguttransport auf der Straße).

Aufgrund des von der Europäischen Kommission eingeschlagenen Wegs der Regelwerksentwicklung über das *New Legislative Framework* entsteht bei den relevanten Akteuren die Notwendigkeit, Normen- und Regelwerksentwicklung zu synchronisieren und zu harmonisieren. Auch die Regierungen der EU-Mitgliedsstaaten müssen sich aus diesem Grund zunehmend untereinander absprechen, was z. B. in der *Government Support Group* stattfindet.

Es steht fest, dass Regelwerke und Normen (RCS) komplex sind und von den Wasserstoff-/Brennstoffzellenakteuren in Deutschland kontinuierlich und aufmerksam beobachtet werden müssen, um die Produkte auf den Markt zu bringen. Aktuell gibt es eine große Anzahl von Themen im Bereich Vorschriften und Normen (RCS), die so schnell wie möglich Aufmerksamkeit erfordern.

**PARTNER:**  
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

**PROJEKTBUDDGET/€:**  
451.133

**FÖRDERSUMME/€:**  
451.133

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. März 2016

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016

## I/02 BRENNSTOFFZELLENMODUL 5-KW-KLASSE (BZM 5)



Im Projekt BZM 5 wurde ein mit massenfertigungstauglichen Prozessen herstellbares PEM-Brennstoffzellenmodul entwickelt. Neben dem Stack NM5 auf Basis metallischer Bipolarplatten in der Leistungsklasse von bis zu max. maximal 20 Kilowatt wurde zudem eine Endplatten-Medienmodul-Baugruppe auf Basis von Kunststoffspritzgusskomponenten zur Integration von Systemfunktionen direkt am Stack entwickelt.

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass die Stacks in einem Nennleistungsbereich zwischen 3 kW<sub>el</sub> (18 Zellen, atmosphärischer Betrieb) und 40 kW<sub>el</sub> (200 Zellen, Druckbetrieb 2,5 bar<sub>a</sub>) bereitgestellt werden können. Inzwischen wurde nachgewiesen, dass der Stack NM5 mit 260 Zellen und 60 Kilowatt noch optimal eingesetzt werden kann.

Leistungskennzahlen des NM5:

Leistungsdichte (Druckbetrieb 2,5 bar<sub>a</sub>):

- 7,5 kW/l (aktive Fläche)
- 6,6 kW/l (eingesetzte Membranfläche)
- 4,1 kW/l (Zellstapel ohne Endplatten)
- Leistungsdichte (Niederdruckbetrieb)
- 4,7 kW/l (aktive Fläche) und entsprechend skaliert

Es wurden Lebensdaueruntersuchungen in repräsentativen Lastzyklen durchgeführt, die ein typisches Betriebsfenster bei atmosphärischem Betrieb abdecken, ausgenommen explizite Start/Stop-Tests. Die Betriebsdauer lag bei Projektende bei ca. 6.500 Stunden und wurde auf heute > 8.100 Stunden ausgeweitet mit Degradationsraten, die unter 6 µV pro Stunde und Zelle liegen, was einem Leistungsverlust von deutlich unter 10 % in 8.000 Stunden entspricht.

Mit einer neuen Zellkonfiguration, die in NM-5-Einzelzellen getestet wurde, wird eine Leistungsdichte von 8,4 kW/l (Druckbetrieb, s. o.), resp. 7,8 kW/l und 4,8 kW/l, erreicht. Damit hat ein Stack mit 400 Zellen eine Leistungsdichte von 3,6 kW/l.

Insbesondere erfüllt das Stackformat NM 5 in dieser neuen Konfiguration die FCH-JU-(MAWP)-Leistungsziele von 1 W/cm<sup>2</sup> bei einer Stromdichte von 1,5 A/cm<sup>2</sup> im unbefeuchteten Betrieb.

Die Verspanneinheit wurde auf Basis einer Kunststoff-Metall-Hybridbaugruppe realisiert und mittels experimenteller Tests und FEM qualifiziert, wobei insbesondere die bei fortschreitender Lebensdauer zu erwartenden mechanischen Eigenschaften beachtet werden mussten.

Im Medienmodul, das direkt auf der Endplatte integriert ist, sind aktive und passive Komponenten wie Druck- und Temperatursensoren, Ventile, Bypassleitungen und Tropfenabscheider integriert. Die Entwicklung der Funktionseinheit beinhaltet die fluidtechnische Auslegung der Subsysteme mit Tropfenabscheider sowie die Bereitstellung geeigneter Sensoren, die in enger Abstimmung mit Lieferanten entwickelt wurden.

### PARTNER:

ElringKlinger AG

### PROJEKTBUDETGET/€:

7.735.102

### FÖRDERSUMME/€:

3.712.849

### LAUFZEITBEGINN:

1. September 2011

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

Auch Kunststoffendplatte und Stromabnehmeraufbau wurden im Hinblick auf die Kaltstartfähigkeit des Stacks entwickelt. Dabei wurde insbesondere sichergestellt, dass die Wärmeleitung zwischen Endplatten und Randzellen sehr gering ist. Es wurde nachgewiesen, dass bis  $-20\text{ °C}$  ein passiver Kaltstart, d. h. ohne jegliches Heizen von Stackkomponenten möglich ist.

Stack und Verspannungssystem sind für die in industriellen Anwendungen zu erwartenden Vibrations- und Stoßbelastungen ausgelegt. Entsprechend den Vorgaben in der Norm DIN EN 60068 Umgebungseinflüsse Teil 2–27 und Teil 2–64 wurde der Stack einer Schockprüfung bei 50 Gramm, wiederholenden Schockbelastungen von 1.000 Stößen bei 25 Gramm und einem Vibrationstest gemäß einem Rauschspektrums zwischen 10 Hz und 1 kHz ausgesetzt, ohne dass Einschränkungen der Funktion festgestellt wurden.

Mit der Entwicklung des Stackformats NM5 und des Moduls BZM 5 werden Produkte bereitgestellt, die ein breites Spektrum im Bereich industrieller Anwendungen bedienen. Die Produkte können in einem Leistungsbereich vom Flurförderzeug bis zum leichten Nutzfahrzeug vorteilhaft eingesetzt werden.



Der BZ-Stack bedient ein breites Spektrum im Bereich industrieller Anwendungen.

## I/03 ANTARES H3



Das Antares-H3-Vorhaben hat die Entwicklung eines Forschungsflugzeugs mit Brennstoffzellen zum Ziel. Das Flugzeug basiert auf dem weltweit ersten in Serie gefertigten Elektroflugzeug, der Antares 20E, und baut weiter auf Erfahrungen des weltweit ersten eigenstartfähigen brennstoffzellenangetriebenen Flugzeug, der Antares H2, auf.

Die Antares H3 ist ein einsitziges Flugzeug mit einer Spannweite von 23 Metern, einem maximalen Abfluggewicht von 1.650 Kilogramm und ein maximaler Flugdauer von 40 Stunden. Die Nutzlast beträgt 200 Kilogramm. Die maximale Flugdauer beträgt 40 Stunden.

Die Antares E2 ist in der Lage, bemannt oder unbemannt, zivile Aufgaben im Bereich „Remote Sensing“ auszuführen. Insbesondere ist das System für maritime Aufgaben wie Fischereikontrolle und Umweltschutz sowie für Such- und Rettungsaufgaben gut geeignet.

Die Antares H3 weist unter den Tragflächen vier Außenlastbehälter auf. Diese beinhalten Brennstoffzellen, Reformer-Kraftstoff und Teile der Nutzlast. Als Brennstoffzellensystem wurde eine HT-PEM-Brennstoffzelle mit Methanol-Reformer gewählt. Der Reformer arbeitet mit einem Methanol-Wasser-Gemisch. Das Wasser soll am Prozessende der Abluft entzogen und dem Reformer-Kraftstoff erneut zugeführt werden. Über den Tragflächen wurden sechs hoch effiziente Elektromotoren installiert.

Die Masse der Brennstoffzellen ist im Vergleich zu modernen Verbrennungsmotoren hoch. Gleichwohl gewinnt aber bei langen Flugdauern die mitgeführte Reformer-Kraftstoffmasse mit zunehmender Flugdauer immer mehr an Bedeutung. Eine hoch effiziente Energieausbeute, wie sie mit den verwendeten Brennstoffzellensystemen erreicht wird, gleicht die hohe Masse der Brennstoffzellen nicht nur aus, sondern verschafft bei langen Flugdauern Vorteile gegenüber Verbrennungsmotoren. Auf diesem Prinzip baut das Antares-H3-Vorhaben auf.

Weiterhin wird durch eine hohe aerodynamische Güte des Flugzeugs der Energiebedarf im Flug so gering wie möglich gehalten. Zudem konnte aufgrund der kompakten Bauweise und der geringen Masse der hoch effizienten elektrischen Antriebsmotoren das Prinzip der verteilten Antriebe gewählt werden, das extrem hohe Propeller- und Einbauwirkungsgrade zulässt.

Mit dem Projekt Antares H3 wird demonstriert, dass mit aktuellen Technologien brennstoffzellenangetriebene Flugzeuge für Anwendungen mit langen Flugdauern geeignet sind.

Hierfür mussten, mit der Unterstützung des NIP, sowohl reine Brennstoffzellen- als auch flugzeugspezifische Technologien erheblich weiterentwickelt werden. Die Antares H3 nähert sich der Fertigstellung, und ein Erstflug wird im dritten Quartal 2017 erwartet.

### PARTNER:

Lange Research Aircraft GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

5.005.118

### FÖRDERSUMME/€:

2.402.456

### LAUFZEITBEGINN:

1. März 2010

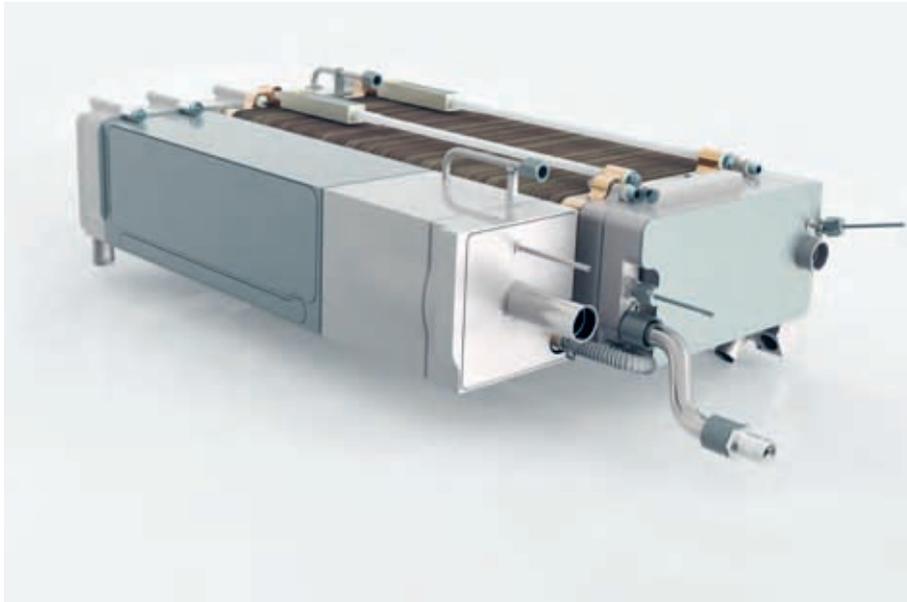
### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

Die Antares H3 im  
simulierten Flug.







Das für die Antares H3 entwickelte Brennstoffzellensystem besteht aus Stack und Reformier.

» Eine hoch effiziente Energieausbeute, wie sie mit den verwendeten Brennstoffzellensystemen erreicht wird, gleicht die hohe Masse der Brennstoffzellen nicht nur aus, sondern verschafft bei langen Flugdauern Vorteile gegenüber Verbrennungsmotoren. Auf diesem Prinzip baut das Antares-H3-Vorhaben auf. «

## I/04 CRYOCODE: KRYODRUCKTANKSYSTEM UND -BETANKUNG – VALIDIERUNG BIS ZUM NORMIERUNGSVORSCHLAG



Stand der Technik in der Wasserstoff-Fahrzeugspeicherung ist die Speicherung von 700-bar-Druckwasserstoff bei Umgebungstemperatur (CGH<sub>2</sub>). Durch Betankung und Speicherung von tiefkaltem gasförmigen Wasserstoff in einem Kryodruckspeicher bei bis zu 350 bar (CCH<sub>2</sub>) kann die Energiedichte eines 700-bar-Speichers um mehr als 50 % übertroffen werden.

Im Rahmen des öffentlich geförderten Forschungsprojekts „CryoCode“ erprobte und validierte die BMW AG zusammen mit ihren Projektpartnern Kryodrucktanks für die automobiler Anwendung zur Speicherung von Wasserstoff an Bord. Ziel des Projekts war die Vorbereitung der Normierung und Typzulassung der Wasserstoff-Kryodruckspeichertechnologie durch umfangreiche Validierungstests. Dabei wurden die erforderlichen Funktionen, die Betriebssicherheit und Systemleistung sowohl des Tanksystems als auch der Betankung nachgewiesen.

Kerninhalte des Projekts waren:

- Die Erzeugung der notwendigen Datenbasis für die Vorbereitung einer Normierung für Kryodrucktank und Kryodruckbetankung
- Der Gewinn wichtiger Erkenntnisse zur Lebensdauer und zum Versagensverhalten von Kryodrucktanks und Kryodrucktanksystemen
- Definition eines geeigneten Absicherungsprogramms für Tanksysteme – Kupplung und Betankungsverfahren für eine Fahrzeugkleinserie und Tankstellen mit Kryodrucktechnologie

Die Ergebnisse dieses Projekts sind experimentelle Daten und Erkenntnisse über optimierte Prüfverfahren, die einen Ausblick für eine optimierte Behälterauslegung und für Maßnahmen zur Steigerung der Produktionsqualität ermöglichen sowie die Vorbereitung der Standardisierung und Normierung der Kryodrucktechnologie als Energiespeicher weitergehend voranbringen.

Um die Zielvorgabe einer marktfähigen Wasserstofftechnologie des NIP zu erreichen, sind insbesondere Validierungs- und Normierungsprozesse notwendig. Das Projekt CryoCode hat hierzu einen wesentlichen Schritt geleistet, sodass zukünftig eine herstellerübergreifende Serienfertigung und zudem die Befähigung von Tanksystemlieferanten von Kryodrucktanks für Brennstoffzellenfahrzeuge ermöglicht wird. Dies kann für eine weitere Verbreitung und eine Wettbewerbssituation der Kryodrucktanktechnologie sorgen und somit den Weg für den Industrialisierungsprozess der Kryodrucktechnologie im Automobil entscheidend vorbereiten. Zusätzlich dazu konnten durch die gewonnenen Erfahrungen aus dem Projekt technologische Kompetenzen aufgebaut werden. Diese beschleunigen dann ihrerseits nicht nur die Entwicklung des Kryodruckspeichers in Richtung einer marktreifen Technologie, sondern führen durch die aufgebaute Expertise zu einem allgemeinen Technologiezuwachs auch auf anderen Gebieten.

### PARTNER:

- a) Bayerische Motoren Werke AG
- b) Linde AG
- c) Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
- d) ET GmbH Gesellschaft für innovative Energie und Wasserstoff Technologie

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 6.853.743
- b) 201.670
- c) 147.503
- d) 88.376

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 3.289.796
- b) 96.802
- c) 70.801
- d) 42.420

### LAUFZEITBEGINN:

1. Januar 2013

### LAUFZEITENDE:

30. September 2016

## I/05 BRENNSTOFFZELLENBETRIEBENER HYBRIDTRIEBZUG BETHY



Das Ziel dieses Projekts bestand in der Erforschung und Entwicklung von hybriden Brennstoffzellenantriebssystemen für Schienenfahrzeuganwendungen. Dazu sollten zwei wasserstoffbetriebene Schienenfahrzeuge inklusive der dazu notwendigen Wasserstoffbereitstellung erforscht, entwickelt und aufgebaut werden.

Im Rahmen des von September 2013 bis Oktober 2016 laufenden NIP-Projekts Bethy wurden durch Alstom und das DLR-Institut FK umfangreiche Arbeiten in Bezug auf die Konzeption und den Aufbau eines Antriebssystems auf Basis der H<sub>2</sub>-BZ-Technologie für die Triebzugplattform CORADIA LINT geleistet. Dabei wurden im Vergleich zu früheren Erprobungsträgern mit dieser Technologie erstmalig Brennstoffzellenaggregate mit deutlich höherer Leistungsdichte und damit kompakterem Bauraum konzipiert, auf dem Prüfstand realitätsnah getestet und in Triebzüge für den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) verbaut. Die Verwendung von brennstoffzellenbetriebenen Schienenfahrzeugen beschränkte sich bislang auf Prototypen und einige wenige Sonderfahrzeuge für den Einsatz unter Tage. Da bislang noch kein vergleichbares Fahrzeug (Triebfahrzeug für den Regionalverkehr) mit einem Brennstoffzellenantrieb ausgerüstet wurde, bot dieses Projekt die Chance, die Einsatztauglichkeit dieser emissionsarmen und effizienten Technologie nachzuweisen und eine Technologieführerschaft in Deutschland aufzubauen. Durch den Einsatz in einer, für Brennstoffzellenanwendungen neuen Fahrzeugklasse stellte das Vorhaben ein Pionier-projekt für Schienenfahrzeuge im SPNV dar und kann als innovatives Leitprojekt für zukünftige Fahrzeugumrüstungen dienen.

Durch das Projekt wurde die erforderliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit für die Markteinführung von brennstoffzellenbetriebenen Schienenfahrzeugen vorangetrieben. Es wurden Erkenntnisse für den Aufbau von zukünftigen Serienfahrzeugen und damit die Substituierung von Dieselantrieben gewonnen sowie entsprechende Erfahrungen gesammelt. Nach einer gezielten Auswahl von Brennstoffzellensystem, Batteriesystem und den übrigen Antriebskomponenten (z. B. Stromrichter, Fahrmotoren) wurde ein Antriebssystem Prüfstandsversuchen unterzogen, um einen ersten Nachweis für den Einsatz im Fahrzeug zu erhalten. Im Anschluss an die Laborversuche wurden zwei Versuchsträger mit je zwei Antriebseinheiten aufgebaut. Durch den Aufbau und den Testbetrieb der Wasserstoff-Demonstrationsfahrzeuge konnten Prüfstands- und später Felddaten gesammelt und ausgewertet werden, die in eine anschließende Serienentwicklung einfließen werden. Eine projektbegleitende Normungs- und Gremienarbeit schafft die Voraussetzungen für die Zulassung der Fahrzeuge seitens des Eisenbahnbundesamtes (EBA).

Für die zukünftige Beschaffungspolitik, die sich verstärkt an ökologischen Gesichtspunkten orientieren wird, wurden durch das Projekt Bethy die notwendigen Voraussetzungen für ein in Deutschland verankertes Know-how und eine regionale Wertschöpfungskette geschaffen. Die deutsche Fahrzeugindustrie wird damit in die Lage versetzt, ihre Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich, gerade im Hinblick auf die außereuropäische Konkurrenz, deutlich zu stärken.

**PARTNER:**  
ALSTOM Transport  
Deutschland GmbH

**PROJEKTBUDET/€:**  
19.972.025

**FÖRDERSUMME/€:**  
7.988.810

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. September 2013

**LAUFZEITENDE:**  
31. Oktober 2016

## I/06 MASSENFERTIGUNG VON MEMBRANELEKTRODEN-EINHEITEN, TECHNOLOGIEN ZUR (MASSEN-)MARKT-EINFÜHRUNG (MAS-TECH)



Der Weg von der Markteinführung bis zur Etablierung eines Massenmarktes von PEM-Brennstoffzellensystemen wird zunehmend von der Kostenfrage dominiert.

Ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Marktpenetration von Brennstoffzellensystemen ist deshalb die Etablierung kostengünstiger und stabiler Fertigungsverfahren.

Das wesentliche Ziel des Projektvorhabens MAS-TECH war es, die bestehende Technologieplattform bei Greenerity durch weitere kostensenkende Elemente zu ergänzen und somit die Gesamtherstellkosten zu senken.

Die Prozesskette wurde mit ausgewählten automatisierten Inline-Kontrollsystemen ausgestattet. Diese wurden im Projektrahmen entwickelt und implementiert. Hierdurch konnten die Ausschussraten weiter reduziert und somit Kosten minimiert werden.

Eine weitere Kostenreduktion wurde durch Wegfall oder überdurchschnittliche Verbesserung von Prozessschritten sowie durch die Erprobung und Einführung von verbesserten automatisierten Qualitätskontrollsystemen erzielt. Hervorzuheben ist hier die Entwicklung eines Verfahrens zur Direktbeschichtung von Polymerelektrolyt-Membranen.

Schließlich wurde durch die Entwicklung eines automatisierten Rolle-zu-Rolle-Assemblier-Prozesses der Automatisierungsgrad weiter erhöht und somit eine zusätzliche Steigerung der Effektivität aufgezeigt.

Zum Ende des Projekts wurde eine kostenoptimierte Technologieplattform für die Etablierung einer international wettbewerbsfähigen kompletten MEA-Produktion geschaffen und damit der Industriestandort Deutschland gestärkt.

**PARTNER:**  
Greenerity GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
3.708.288

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.557.481

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Juli 2014

**LAUFZEITENDE:**  
30. Oktober 2016

» Das wesentliche Ziel des Projektvorhabens MAS-TECH war es, die bestehende Technologieplattform bei Greenerity durch weitere kostensenkende Elemente zu ergänzen und somit die Gesamtherstellkosten zu senken. «

## I/07 UNTERSUCHUNG EINES ALTERNATIVEN VERFAHRENS ZUR HERSTELLUNG VON WASSERSTOFFDRUCKTANKS („ALTHYPTANK“)



**Das neuartige Herstellverfahren ermöglicht die Fertigung von Typ-4-Wasserstoffdrucktanks bei einem Mindestmaß an Materialeinsatz.**

Wasserstoff ist ein vielversprechender Energieträger und wird in Fahrzeugen der Zukunft seinen Platz finden. Um den Kraftstoff im Automobil verwenden zu können, sind spezielle Tanksysteme nötig, die aufgrund des hohen Betriebsdrucks weitreichende Anforderungen an die Sicherheit erfüllen müssen. Der Wasserstoffdrucktank wird daher zukünftig einen bedeutenden Kostenanteil am gesamten Antriebssystem von Brennstoffzellenfahrzeugen ausmachen.

Bisher wurden Tanks zur Speicherung von Wasserstoff im sogenannten Nasswickelverfahren gefertigt, das jedoch in puncto Materialeinsatz Nachteile mit sich bringt. Im Rahmen des Projekts ist es dem Polymerspezialisten REHAU gelungen, die grundsätzliche Eignung eines neuartigen und in dieser Hinsicht leistungsfähigeren Verfahrens zur Herstellung von Wasserstoffdrucktanks zu zeigen.

Mit dem hier untersuchten neuen Ansatz, der auf der Flechttechnologie basiert, wird eine Reduzierung der benötigten Fasermenge erreicht. Neben einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit resultiert daraus auch der Vorteil der Gewichtseinsparung im Fahrzeug. Zudem sind durch die Nutzung des Flechtverfahrens automatisierte Großserienanlagen realisierbar, mit denen Drucktanks bei einem Mindesteinsatz an Material in konstant hoher Qualität hergestellt werden können.

Für die Erprobung des eigens entwickelten Verfahrens nutzt REHAU sein Leichtbautechnikum am Standort Viechtach, Bayern. Dort wurde die gesamte Prozesskette für eine Versuchsfertigung von Drucktanks abgebildet. Dadurch war es möglich, die prozesstechnischen Einflussgrößen experimentell zu untersuchen. An gefertigten Demonstrationsteilen wurde letztlich die mit diesem neuen Verfahren erzielbare Bauteilperformance nach einschlägigen EG-Richtlinien geprüft.

Der theoretische Teil beinhaltete eine Charakterisierung der Materialeigenschaften der neuartigen Tankarmierung. Diese Daten bildeten die Basis für umfangreiche numerische Simulationen zur Bauteilauslegung. Damit konnten die erzielten Versuchsergebnisse plausibilisiert und gezielt weitere prozesstechnische Maßnahmen eingeleitet werden.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen bestätigen die grundsätzliche Tauglichkeit des Verfahrens für die Herstellung von Wasserstoffdruckbehältern mit einem Arbeitsdruck von 700 bar. Die wichtigsten Prüfungen der relevanten EG-Richtlinie wurden mit positivem Ergebnis absolviert. Der Vergleich mit entsprechenden Leistungsdaten von gewickelten Tanks bestätigt die prognostizierte Reduzierung des Materialeinsatzes. Verschiedene, darüber hinausgehende Fragestellungen wie beispielsweise die Robustheit des Gesamtprozesses gilt es, in Zukunft noch zu untersuchen.

**PARTNER:**  
REHAU AG + Co

**PROJEKTBUDDGET/€:**  
2.128.308

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.021.587

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Oktober 2014

**LAUFZEITENDE:**  
30. November 2016

## I/08 TECHNISCHES MODUL FORD FCEV



Ford ist seit der Gründung des im Rahmen von NIP auf das Thema Verkehr zugeschnittenen Leuchtturmprojekts CEP aktiver Partner desselben. Der Nachweis der prinzipiellen Alltagstauglichkeit der Technologie wurde während der CEP-Phasen I und II durch den Flottenversuch erbracht. In Phase III lag der Schwerpunkt auf der Wirtschaftlichkeit des Wasserstoffs als Energieträger.

Zusätzlich zu der fortlaufenden Beteiligung von Ford an den übergreifenden Aktivitäten des gesamten Konsortiums im übergeordneten Modul wurden vier technische Arbeitspakete für den Zeitraum 2012 bis 2016 definiert. Sie knüpften an die in den CEP-Phasen I und II begonnenen Arbeiten mit dem Ziel an, Kosten und Lebensdauer der BZ-Technologie zu verbessern.

- Kosten-Nutzen-Gegenüberstellung von 350-bar- und 700-bar-Tanksystemen
- Verbesserte Datenerfassung im Versuchsfahrzeug zur Ermittlung von Korrelationen zwischen Betriebsbedingungen und Lebensdauer
- Modellbasierte Untersuchung verschiedener Brennstoffzellen-Antriebsstrang-Topologien im Hinblick auf deren Energieeffizienz
- Aufbau eines Versuchsträgers zur Erprobung der Systemtechnologie in Kombination mit dem elektrifizierten Antriebsstrang

### Konkrete Errungenschaften, Ergebnisse

- Das im Testfahrzeug eingesetzte 700-bar-Tanksystem ermöglichte bei ungefähr gleicher Tankgröße und Betankungszeit einen Zugewinn von 25 % und somit eine Reichweitenvergrößerung von ca. 100 Kilometern. Die Simulationsergebnisse zeigten einen deutlichen Kostenvorteil für 700-bar-Typ-4- gegenüber der 700-bar-Typ-3-Tanktechnologie.
- Die implementierte Datenerfassung erstellt die geplanten vordefinierten Diagramme aus realen ungefilterten und unbearbeiteten Fahrzeugdaten. Die prinzipielle Tauglichkeit aller Messpunkte konnte bewiesen werden.
- Bei gleicher Brennstoffzellensystemkonfiguration konnten durch die Art der Verschaltung mit dem restlichen HV-System des Fahrzeugs teilweise deutliche Effizienz- und damit Reichweitensteigerungen nachgewiesen werden.
- Der Versuchsträger ist aufgebaut und wird für die Erprobung der modellbasiert entwickelten Betriebsstrategien verwendet.

#### PARTNER:

Ford Werke GmbH

#### PROJEKTBUDET/€:

3.340.084

#### FÖRDERSUMME/€:

1.603.240

#### LAUFZEITBEGINN:

1. April 2012

#### LAUFZEITENDE:

30. September 2016

### Schwierigkeiten, Lerneffekte

- Fahrzeugbetrieb und Fahrzeugbetankung war mit allen Tanksystemen problemlos. Die 100 Kilometer höhere Reichweite wird mit höheren Systemkosten durch den größeren Kohlefaserbedarf des 700-bar- gegenüber den 350-bar-Tanks erkaufte.
- Während des Versuchszeitraums von drei Jahren überwogen die reversiblen Performanceverluste die permanenten deutlich. Sie sind auf makroskopischer Ebene nicht unterscheidbar.
- Die modellbasiert entwickelte optimierte Betriebsführungsstrategie muss im realen Fahrzeugbetrieb weiter optimiert und angepasst werden. Dies ist Gegenstand der weiterlaufenden Arbeiten im AP4.
- Die Integration aller für den Antriebsstrang erforderlichen Subsysteme in ein Serienfahrzeug wie den Mondeo ist nach wie vor eine Herausforderung.



Der Ford Mondeo mit Brennstoffzellenantriebssystem.



Fahrsicherheitstraining  
mit der Mercedes-Benz  
B-Klasse F-Cell.

## I/09 CEP PROJEKTMODUL: DEMONSTRATION MERCEDES-BENZ B-KLASSE F-CELL FLOTTE IN BERLIN



Im Rahmen des Projekts wurden 40 Mercedes-Benz B-Klasse F-CELL Fahrzeuge in Berlin in Kundenhand betrieben. Ziel war es, die Alltagstauglichkeit und technologische Marktfähigkeit unter Beweis zu stellen. Eine Servicewerkstatt wurde in Berlin aufgebaut und die Mitarbeiter wurden entsprechend qualifiziert. Durch die Ausarbeitung eines zukunftsweisenden Betreibermodells konnten zahlreiche Erkenntnisse hinsichtlich der Zielkunden erlangt werden. Nahezu eine Million Kilometer legten die Kunden im Projektzeitraum zurück. Dies brachte Einsichten zum Kundenverhalten und zu den Marktgegebenheiten sowie Informationen über die Fehlerhäufigkeit bestimmter Komponenten. Fehlerbilder konnten bei der Betankung der Fahrzeuge ermittelt werden.

Das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) hat somit im Verkehrsbereich die notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeit mit marktvorbereitenden Demonstrationsvorhaben verknüpft. Auf der Basis bestehender Aktivitäten in Deutschland wurde durch größere Demonstrationsflotten wie in Berlin in den Clustern die Wasserstoffinfrastruktur weiter ausgebaut und stimuliert. Durch die konsolidierten Aktivitäten hat sich Deutschland zu einem der „First Mover“ im weltweiten Wettbewerb im Bereich der Markteinführung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien etabliert.

**PARTNER:**  
Daimler AG

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
17.295.950

**FÖRDERSUMME/€:**  
8.000.934

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Mai 2009

**LAUFZEITENDE:**  
30. Juni 2016

## I/10 WASSERSTOFFTANKSTELLE HAFENCITY HAMBURG



Mit dem Förderprojekt Wasserstoffstation HafenCity in Hamburg leistet Vattenfall einen bedeutsamen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien in das Mobilitätssystem, indem aus grünem Strom Wasserstoff erzeugt und als Kraftstoff in Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle vertankt wird. Idealerweise wird Strom zu der Zeit verwendet, wenn Überlast im Netz vorhanden und das Abschalten von Windturbinen trotz wehenden Windes verhindert ist. Die Tankstelle lässt sich ausdrücklich als Leuchtturmprojekt beschreiben, da viele Aspekte vor der Wirtschaftlichkeit priorisiert wurden. Nicht nur der besondere Standort und die aufwendige Architektur, welche sich passend in das Bild des neuen Stadtteils HafenCity einfügen sollte, sondern auch die hohe installierte Betankungskapazität sind als Wegbereiter für die Anwendung der Wasserstofftechnologie gedacht.

Die Anlage besteht im Wesentlichen aus der Elektrolyseeinrichtung zur Spaltung von Wasser, aus Einrichtungen zur Verdichtung und Lagerung des Wasserstoffs sowie aus-Betankungseinrichtungen (Zapfsäulen) für Pkw und Busse. Während der Projektlaufzeit konnten viele Erkenntnisse gesammelt werden. Die wichtigsten sind dabei kundenrelevante Verfügbarkeit, Absatzmengen für Bus und Pkw sowie die Energieverbräuche in verschiedensten Betrachtungsweisen. Letztere dienen auch zur Ableitung beziehungsweise Bestätigung von Effizienzsteigerungsmaßnahmen. Verbesserungspotenzial gibt es allerdings nicht nur bei Effizienz und Wartungsaufwand der Komponenten, sondern insbesondere auch bei den regulatorischen Rahmenbedingungen in Bezug auf die Stromkosten. Technisch gesehen konnte die Anlage insgesamt jedoch überzeugen und zeigt, dass Wasserstoffmobilität in Zukunft gut möglich ist. Nicht zuletzt war zudem ein Ziel, mit dem Thema die Öffentlichkeit zu erreichen. Dies gelang äußerst erfolgreich durch eine mindestens vierstellige Zahl von Besuchern aus der ganzen Welt und den ungezählten Stadtverkehr direkt an der Anlage.

### **PARTNER:**

Vattenfall Europe Innovation GmbH

### **PROJEKTBUDEGET/€:**

12.624.366

### **FÖRDERSUMME/€:**

6.059.696

### **LAUFZEITBEGINN:**

1. Juni 2009

### **LAUFZEITENDE:**

31. Oktober 2016



Vattenfall Wasserstoff-tankstelle in der HafenCity, Hamburg.

» Nicht nur der besondere Standort und die aufwendige Architektur, welche sich passend in das Bild des neuen Stadtteils HafenCity einfügen sollte, sondern auch die hohe installierte Betankungskapazität sind als Wegbereiter für die Anwendung der Wasserstofftechnologie gedacht. «

Batteriebus mit Brennstoffzelle als Range-Extender von Solaris an der Wasserstoffstation in der HafenCity.





fenCity

Clean Energy Partnership  
CEP

VATTENFALL

## I/11 NABUZ – NACHHALTIGE BUSSYSTEME DER ZUKUNFT; TEILPROJEKT DEMO – ERPROBUNG VON BRENNSTOFF- ZELLENBUSSEN



Von April 2011 bis Oktober 2016 wurde der Betrieb von Brennstoffzellenbussen im regulären Linienbetrieb der HOCHBAHN durch das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) des BMVI gefördert.

Mit dem Einsatz von vier Brennstoffzellenbussen der Firma EvoBus (12 Meter) und zwei Batteriebusen mit Brennstoffzelle als Range-Extender der Firma Solaris (18 Meter) wurde das Ziel verfolgt, die Praxisreife der wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenbusse im öffentlichen Personennahverkehr weiter voranzutreiben sowie den Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Luftschadstoffen zu reduzieren. Die technische und betriebliche Demonstration sowie die Optimierung von Komponenten und Systemen der eingesetzten Brennstoffzellenbusse standen im Mittelpunkt des Projekts. In enger Zusammenarbeit zwischen der HOCHBAHN als Betreiber der Busse und EvoBus sowie Solaris als Lieferanten und Servicepartner konnte mit den sechs Fahrzeugen insgesamt eine Laufleistung von mehr als einer halben Million Kilometer im Liniennetz Hamburgs zurückgelegt werden. Dabei wurden im Vergleich zu konventionellen Euro-6-Dieselsbussen etwa 530 Tonnen Kohlendioxid eingespart.

Bei Projektende waren die Fahrzeuge von EvoBus etwa fünf Jahre im Liniendienst bei der HOCHBAHN im Einsatz. Die Fahrzeuge von Solaris wurden bis zum Projektende etwa zwei Jahre bei der HOCHBAHN betrieben. Der technische Reifegrad der Brennstoffzellenbusse von EvoBus lässt sich mit einem Technology Readiness Level (TRL) von 7 angeben. Die Batteriebusse mit Brennstoffzelle als Range-Extender entsprechen einem TRL 5 bis 6. Bei diesem Fahrzeug handelt es sich um das weltweit erste Fahrzeug dieses Typs. Mit einem Wasserstoffverbrauch von etwa 8 Kilogramm pro 100 Kilometer für Busse in der 12-Meter-Variante (EvoBus) konnte im Rahmen des Vorhabens eine deutliche Verbrauchsreduzierung gegenüber der Vorgängergeneration erzielt werden. In vorherigen Projekten lag der Wasserstoffverbrauch für 12-Meter-Busse bei etwa 22 Kilogramm pro 100 Kilometer. Der Verbrauch für die Busse in der Gelenkvariante (18 Meter) lag bei etwa 14 Kilogramm pro 100 Kilometer. Für den täglichen Linieneinsatz der Fahrzeuge wurden die Mitarbeiter im Fahrdienst sowie das Werkstattpersonal regelmäßig.

Durch eine adressatengerechte Kommunikation wurde zudem eine Steigerung der Akzeptanz der Brennstoffzellenbusse nicht nur bei den Mitarbeitern der HOCHBAHN, sondern auch bei Fahrgästen, bei politischen Entscheidungsträgern sowie in der breiten Öffentlichkeit erreicht.

Zusammenfassend zeigten sich die im Projekt erprobten Brennstoffzellenbusse von EvoBus sowie auch die Batteriebusse mit Brennstoffzelle als Range-Extender von Solaris betrieblich als weitgehend tauglich für den Liniendienst und führten somit zu einem erfolgreichen Projektabschluss. Entwicklungspotenziale bestehen vor allem noch bei der Verfügbarkeit der Busse, dem After Sales und der Bereitstellung von innovativen Komponenten durch mehrere Anbieter.

### PARTNER:

- a) Hamburger HOCHBAHN Aktiengesellschaft
- b) Daimler AG
- c) EvoBus GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 14.200.363
- b) 661.814
- c) 2.148.006

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 6.816.174
- b) 317.671
- c) 1.031.043

### LAUFZEITBEGINN:

1. April 2011

### LAUFZEITENDE:

31. Oktober 2016

## I/12 H<sub>2</sub>MOBILITY STUTTGART: ERRICHTUNG EINER WASSERSTOFFTANKSTELLENINFRASTRUKTUR



Fossile Kraftstoffe sind ebenso wie fossile Brennstoffe endlich. Gefragt ist eine nachhaltige Integration erneuerbarer Energien in allen Sektoren. Wasserstoffmobilität bietet genau dafür alle Voraussetzungen: erneuerbare Energien, Speicherung, effiziente Nutzung als kohlendioxidfreier Kraftstoff.

Zur Erprobung der Wasserstofftechnologie wurde der Betrieb von zwei Tankstellen in Karlsruhe und Stuttgart fünf Jahre lang untersucht. Als Speicher erneuerbarer Energie und als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge kann Wasserstoff in Zukunft den Verkehrs- mit dem Energiesektor verknüpfen und die Energiewende voranbringen. Mit dem Pilotprojekt der Wasserstofftankstellen haben wir sehr früh begonnen, die Sektorenkopplung zu untersuchen.

Die Wasserstoffanlagen in Stuttgart und Karlsruhe ermöglichten es uns, die Randbedingungen für einen zuverlässigen Betrieb und wirtschaftlichen Einsatz in der Praxis zu untersuchen. Dabei ging es in Stuttgart um den Bau einer Wasserstofftankstelle mit eigener Elektrolyse. Wir untersuchten den bedarfsgesteuerten Einsatz der Wasserstoffherzeugung in einem intelligenten Netzbetrieb (Smart Grid). Zur Entlastung der Stromnetze hätten Wasserstofftankstellen in Zukunft, neben dem Betanken von Brennstoffzellenfahrzeugen, einen sinnvollen und lukrativen „Zweitjob“. Die Karlsruher Tankstelle war bereits errichtet und wurde über Trailer versorgt. Beide Tankstellen statteten wir für einen nutzerfreundlichen Betrieb nach dem Standard der CEP (Clean Energy Partnership) aus. Dazu gehören z. B. ein zentrales Datenerfassungssystem, ein Tankautomat und die Integration in ein Online-Verfügbarkeitssystem.

Wir konnten wertvolle Erfahrungen für einen erfolgreichen Einsatz von Wasserstoff im Stromnetz und Verkehr sammeln:

Die Technologie ist verfügbar. Genehmigungsfähige Anlagen können unter den geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen errichtet und betrieben werden. Onsite-Erzeugung mit Elektrolyse funktioniert. Die Tankstelle Stuttgart erzeugte den benötigten grünen Wasserstoff selbst. Nur bei Störungen wurde auf Lieferwasserstoff zurückgegriffen. In einem zusätzlichen Projekt, gefördert mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg, wurde die Tankstelle Stuttgart zur Busbetankung mit einer zusätzlichen Zapfsäule erweitert.

Für eine Verbesserung des Gesamtsystems zeigte sich, dass ein hoher Absatz an Wasserstoff für den Betrieb und die Wirtschaftlichkeit eine Schlüsselrolle spielen. Die Versorgung von Busflotten ist hierbei eine Möglichkeit. Hohe Kosten für die Wasserstoffproduktion vor Ort resultieren aus den Umlagen für den Netzstrom. Hier können Standorte eine Lösung sein, die das öffentliche Stromnetz nicht benötigen. Das können z. B. direkt angeschlossene Windparks sein.

**PARTNER:**  
Netze BW GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
4.146.000

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.990.080

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Februar 2011

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016



THE LINDE GROUP  
*Linde*

EnBW

 Wasserstoff  
Tankstelle  
Schnell, sicher, sauber



JPSU 40

MAX. WT. 27,000 KG  
59,535 LB  
TARE WT. 7,000 KG  
15,435 LB  
PAYLOAD 20,000 KG  
44,100 LB  
CU. CAP. 71.61 CU.M.  
2,529 CU.FT.

H/STAT

An der Tankstelle in Stuttgart wurde der bedarfsgesteuerte Einsatz der Wasserstoffherzeugung mittels Elektrolyse in einem intelligenten Netzbetrieb (Smart Grid) untersucht.



## I/13 CEP FLOTTENMODUL – FCHV-ADV BRENNSTOFFZELLENFAHRZEUGE



Ziel des Vorhabens war es, den Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen auszuweiten. Der Einsatz von bis zu fünf Fahrzeugen lieferte wertvolle Erkenntnisse zum Alltagseinsatz der Technologie in Kundenhand sowie über das Zusammenspiel mit der Infrastruktur. Zusätzlich verfolgte Toyota für den künftigen Markthochlauf das Ziel, Wasserstoff-Servicekapazitäten in Deutschland aufzubauen, um Kunden einen umfassenden Service für die Brennstoffzellenfahrzeuge bieten zu können.

Der Flottenbetrieb unterstützte die förderpolitischen Ziele des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NIP), die gemäß dem zugehörigen Nationalen Entwicklungsplan zum einen die Validierung der durch F&E-Aktivitäten entwickelten Systeme und Methoden zum Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff und zum anderen die Marktvorbereitung für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge umfassen:

- Der erstmalig in Kundenhand erfolgte Flottenbetrieb von Fahrzeugen lieferte wertvolle Erkenntnisse im Hinblick auf die Eignung und Akzeptanz der Fahrzeuge für die erprobten Anwendungszwecke.
- Die Zusammenarbeit mit den in der CEP aktiven OEMs und Infrastrukturunternehmen trug zur technischen Weiterentwicklung und Optimierung von betankungsrelevanten Schnittstellen bei und unterstützte den Standardisierungsprozess.
- Die Erprobung der mit dem Flottenbetrieb verbundenen, notwendigen Servicedienstleistungen unterstützte die Identifizierung des investiven und personellen Aufwands sowie der organisatorischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen einer kundenorientierten Betreuung der Fahrzeuge. Vor allem im Hinblick auf die Marktvorbereitung konnten so wertvolle Informationen gewonnen werden.

Darüber hinaus trug Toyota mit der Errichtung einer Wasserstoff-Servicestation zur Wertschöpfung in Deutschland bei.

### PARTNER:

Toyota Motor Europe N/V S/A

### PROJEKTBUDDGET/€:

4.146.000

### FÖRDERSUMME/€:

1.990.080

### LAUFZEITBEGINN:

1. September 2011

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

» Die Zusammenarbeit in der CEP trug zur technischen Weiterentwicklung und Optimierung bei und unterstützte den Standardisierungsprozess. «



Fortschritt erleben – SSB Wasserstoff-/Brennstoffzellen-Hybridbus im täglichen Linieneinsatz seit 2014.

## I/14 S-PRESSO – PRAXISERPROBUNG VON WASSERSTOFFBETRIEBENEN OMNIBUSSEN IN STUTTGART UND UMGEBUNG



Erklärtes Ziel der SSB AG ist es, den ÖPNV in Stuttgart nachhaltig zu gestalten. Aus diesem Grund lautet der Plan des im Rahmen des NIP geförderten Projekts S-presso, die Weiterentwicklung der Brennstoffzellen-Hybridtechnologie für Nahverkehrsbusse durch technische, aber auch betriebliche Optimierungen, wie z. B. die Erprobung neuer innovativer Betriebskonzepte, voranzutreiben.

Im Projekt wurde vier 12 Meter lange Wasserstoff-/Brennstoffzellen-Hybridbusse von Mercedes-Benz neu beschafft und im regulären Linieneinsatz in Stuttgart auf der Linie 79 und in Fellbach auf der Linie 67 erprobt. Gerade der Einsatz in Fellbach stellt ein Novum bezüglich des Betriebskonzepts dar. Der dort eingesetzte Bus wird von dem privaten Busbetreiber Schlienz im Regionalverkehr betrieben, während die SSB die Versorgung des Busses übernimmt. Für die Versorgung der Busse mit Wasserstoff werden zwei Tankstellen genutzt: die öffentliche Wasserstofftankstelle der OMV am Flughafen und die eigens für Busbetankungen nachgerüstete Tankstelle der EnBW in unmittelbarer Nähe eines Betriebshofs der SSB. Um die erfolgreiche Integration neuer Technologien in die Flotten zu ermöglichen, verfolgt die SSB einen ganzheitlichen Systemansatz: Neben der Beschaffung und Erprobung der Busse wurden die Anforderungen an einen geeigneten Betriebshof und die erforderliche Personalqualifizierung untersucht. Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Einsatzes der Wasserstoff-/Brennstoffzellen-Hybridbusse werden anhand einer Lebenszyklusanalyse ausgewertet. Vervollständigt wurde die ganzheitliche Bewertung durch die Untersuchung der Akzeptanz der neuen Technologie.

**PARTNER:**  
SSB AG

**PROJEKTBUDET/€:**  
9.618.642

**FÖRDERSUMME/€:**  
4.616.948

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Juni 2012

**LAUFZEITENDE:**  
30. September 2016

Seit Beginn des Fahrbetriebs wurde bei einem mittleren Verbrauch von 8,3 Kilogramm Wasserstoff je 100 Kilometer eine Fahrstrecke von mehr als 225.000 Kilometern zurückgelegt. Die Verfügbarkeit der Busse entsprach den Erwartungen an die noch junge Technologie. Zu Beginn des Fahrbetriebs wurde zunächst ein Betriebshof komplett geschult: 220 Busfahrer, zusätzlich Verkehrsmeister und zentraler Servicedienst. Im weiteren Projektverlauf wurden alle neu eingestellten Busfahrer weitergebildet, sodass in Summe 460 Fahrberechtigte geschult wurden. Für Wartungsarbeiten an den Bussen wurden 62 Werkstattmitarbeiter qualifiziert und zwei SSB-Betriebshöfe hinsichtlich der Erfordernissen für Wasserstoff- und Hochvoltsicherheit umgerüstet.

Aus dem täglichen Betrieb wurden zahlreiche Erkenntnisse zur Verbesserung der Praxis-tauglichkeit gewonnen. So gilt es, die Betankungsinfrastruktur weiter zu verbessern mit Blick auf die Einhaltung der Reinheit des Wasserstoffs, der Durchführung von Wartungs- und Prüfungsarbeiten im laufenden Betrieb (z. B. Druckbehälterprüfung) und des einwandfreien Betriebs bei niedrigen und hohen Temperaturen. Gerade im Hochsommer ermöglicht eine Temperaturkompensation die vollständige Ausnutzung des verfügbaren Tankvolumens. Weitere Verbesserungen können durch die Ermöglichung des Wechsels von Kraftstofffiltern bei befüllten Tanks und durch die Außerbetriebnahme einzelner Tankbehälter, um mit reduziertem Speichervolumen weiterzufahren, erzielt werden.

Während bei Einsatz von Wasserstoff aus regenerativen Quellen die Umweltbelastung deutlich reduziert wird (null Schadstoffemissionen im Betrieb, 80% weniger Treibhaus-gase über den gesamten Lebenszyklus), sind mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit noch weitergehende Anstrengungen zur Minimierung der Mehrkosten gegenüber konventionel-len Technologien erforderlich.

Die Akzeptanz der Technologie ist hoch. Neben einem erhöhten Bewusstsein für die Notwendigkeit des Technologiewandels ist bei Fahrern und Fahrgästen die positive Bewertung der Produkteigenschaften wie verbesserter Fahrkomfort durch die Reduzie-rung von Vibrationen und Lärm zu beobachten. In Bezug auf die Öffentlichkeitsarbeit war die Präsentation eines Busses auf der COP21-UN-Klimakonferenz in Paris ein Highlight. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen tragen zur Steigerung der Praxis-tauglichkeit der Brennstoffzellentechnologie bei, dienen der Erlangung der Marktreife und fließen unmittelbar in die Arbeit der CEP ein. Dadurch wird es nicht nur der SSB, sondern auch anderen Busbetreibern ermöglicht, einen möglichst ressourceneffizienten, umweltfreund-lichen und wirtschaftlichen ÖPNV anzubieten.

## I/15 ENTWICKLUNG UND AUFBAU VON ZEHN WASSERSTOFF-TANKSTELLEN ZUM DEUTSCHLANDWEITEN NETZBETRIEB



Linde verfügt über langjährige Expertise entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette und hat weltweit bereits mehr als 150 Wasserstofftankstellen entwickelt und ausgerüstet. Dabei versteht sich Linde als Pionier bei dem Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur und treibt dies gezielt voran. Im Rahmen des 50-Tankstellen-Programms des BMVI zeichnet Linde zusammen mit seinen Projektpartnern für zehn Wasserstofftankstellen verantwortlich. Innerhalb des ersten Halbjahres 2017 werden im Zuge dieses Programms in Deutschland insgesamt 50 öffentliche Wasserstofftankstellen in Betrieb sein (vgl. Abbildung 1, Tankstellenkarte), jede mit einer Kapazität von mehr als 40 Autos pro/Tag. Dies dient dem Brückenschlag zwischen den bereits zuvor bestehenden Projekten der Clean Energy Partnership und dem großflächigen Infrastruktur-Roll-out über das nun operative Industrie-Joint-Venture H<sub>2</sub>Mobility.

Im vorliegenden Projekt steht explizit der Netzwerkgedanke im Vordergrund des Vorhabens. Durch eine Stärkung existierender Leuchtturmregionen sowie der gezielten Ausstattung relevanter Verbindungskorridore zwischen diesen soll eine weitgehend freie Mobilität auf Wasserstoffbasis zwischen den Metropolregionen Deutschlands ermöglicht werden. Außerdem werden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten direkt mit einem Demonstrationsvorhaben verknüpft, was einen Erkenntnisfluss in beide Richtungen ermöglicht und damit weitere Verbesserungspotenziale hebt. Ende des Jahres 2016 wurde so z. B. am Münchner Flughafen eine Wasserstofftankstelle mit der neuesten Generation der Kryopumpe aufgebaut, welche mit ersten Erkenntnissen aus diesem Vorhaben in einem weiteren NIP-Projekt entwickelt wurde. Mit dieser wurden z. B. die erforderliche Stromanschlussleistung sowie der Platzbedarf der Anlage signifikant reduziert. Ebenso wurden in diesem Projekt die ersten Anlagen mit ionischem Verdichter (vgl. Abbildung 2, Verdichteranlage) aus der 2014 eröffneten Kleinserienfertigung installiert. Neben dem Aufbau der zehn Wasserstofftankstellen wurden weitere Entwicklungs- und Verbesserungsaktivitäten in folgenden Bereichen durchgeführt:

1. **Service & Wartung** – hier wurden die erforderlichen Wartungstätigkeiten und -intervalle detailliert untersucht sowie Schulungen für interne und externe Serviceaktivitäten erstellt und durchgeführt.

2. **Remote Operation Control** – in diesem Paket wurde nach intensiver Bewertung verschiedener Einbindungsmöglichkeiten in bestehende Überwachungssysteme ein vollumfängliches Fernüberwachungssystem (Schnittstellen, Parameter, Prozessketten, Aktivitäten-/Meldungsmatrix) entwickelt.

3. **Belieferungsschnittstelle-Speichertank** – nach Definition von Standardspezifikationen zusammen mit potenziellen Zulieferern wurden neuartige 200-bar-Wasserstoffspeicher zur Aufstellung an Wasserstofftankstellen gefunden sowie eine Befüllschnittstelle zwischen diesen 200-bar-Speichertanks und neuer 500-bar-Wasserstofftrailertechnologie entwickelt.

### PARTNER:

Linde AG

### PROJEKTBUDETGET/€:

10.323.073

### FÖRDERSUMME/€:

4.953.635

### LAUFZEITBEGINN:

1. Mai 2012

### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

4. **Ersatzteilmanagement** – hier wurden verschiedene Lageroptionen für Ersatzteile evaluiert sowie ein erstes Kleinlager mit spezifisch erarbeitetem Ersatz- und Verschleißteilkonzepts implementiert.

Ziel des Projekts ist es, die Technologie in bestehenden Tankstellenstandorten verschiedener Partner aus der Mineralölindustrie zu integrieren. Dies soll zum einen eine gute verkehrstechnische Erreichbarkeit und Sichtbarkeit erhöhen und zum anderen entscheidend dazu beitragen, sowohl bei Betreiberpartnern als auch bei Endkunden für eine breite Akzeptanz von Wasserstoff als Kraftstoff zu sorgen.



Multienergie-Tankstelle von TOTAL, Jafféstraße, Berlin.

## I/16 HY8 – AUFBAU UND BETRIEB VON Acht WASSERSTOFFTANKSTELLEN



Im Rahmen dieses Vorhabens, welches die TOTAL Deutschland GmbH im Rahmen der Clean Energy Partnership (CEP) als ihren Beitrag zur Umsetzung des 2012 zwischen Bundesregierung und Industrie vereinbarten 50-Tankstellen-Programms auf den Weg brachte, stand der mit anderen Tankstellenbetreibern eng abgestimmte, forcierte Ausbau des Wasserstofftankstellennetzes im Vordergrund.

Ziel des Vorhabens war es, insgesamt acht Wasserstoffzapfpunkte in bestehende Tankstellen und Tankstellenneubauten zu integrieren, diese Anlagen in Betrieb zu nehmen und bis zum Ende der Laufzeit des Vorhabens zu betreiben. Insbesondere genehmigungsrechtliche Schwierigkeiten an zahlreichen der ursprünglich geplanten Standorte führten jedoch dazu, dass im Laufe des Vorhabens für verschiedene der geplanten Anlagen neue Standorte identifiziert und genehmigungsrechtliche Hürden genommen werden mussten. Hierdurch verzögerte sich in Einzelfällen die Realisierung, und es konnten letztlich nur sieben Standorte endgültig in die Umsetzung gebracht werden.

Die folgenden Standorte wurden im Zuge des Vorhabens entwickelt:

- An der Heerstraße/Ecke Jafféstraße in Berlin entstand eine Multienergiestation mit 700-bar-Zapfsäule für Pkw-Wasserstoffbetankungen.
- Ebenfalls für die 700-bar-Pkw-Betankung ausgelegt wurde Deutschlands erster Autobahnstandort auf dem Autohof Geiselwind an der A 3.
- In Fellbach entstand ein für die Erschließung des Großraums Stuttgart wichtiger Standort an der Ohmstraße.
- In Ulm entstand in unmittelbarer Nähe zum Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) eine Wasserstofftankstelle an der Helmholtzstraße. In enger Zusammenarbeit mit dem ZSW wurde dieser Standort zu einer Forschungstankstelle ausgebaut, der insbesondere im Hinblick auf die regenerative Erzeugung von Wasserstoff wichtige Erkenntnisse liefern soll.
- In Karlsruhe wurde am Erlachsweg ein Standort errichtet.
- In Neuruppin erschließt Total mit einem Standort an der A 24 den wichtigen Korridor nach Hamburg.
- Am Flughafen Köln/Bonn befindet sich ein weiterer Standort im Aufbau.

Sämtliche Standorte sind für die Betankung von 700-bar-Pkw ausgelegt. Die Anlagentechnik für alle Standorte wurde von der Linde AG geliefert und errichtet, während TOTAL alle Arbeiten im Rahmen dieses Vorhabens durchführte, die notwendig waren, um die Anlagentechnik an den Standorten zu integrieren, in Betrieb zu nehmen und zu betreiben. Die Finanzierung der Anlagentechnik erfolgte durch die Daimler AG im Rahmen des gemeinsam mit Linde aufgelegten Investmentprogramms zum Aufbau von 20 Wasserstofftankstellen, welches – ebenso wie dieses Vorhaben – Teil des im Rahmen des NIP realisierten 50-Tankstellen-Programms ist.

### PARTNER:

Total Deutschland GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

4.547.508

### FÖRDERSUMME/€:

2.182.803

### LAUFZEITBEGINN:

1. September 2013

### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

## I/17 HRS DETMOLDSTRASSE: AUFBAU UND BETRIEB EINER WASSERSTOFFTANKSTELLE MIT 300-BAR-KRYODRUCK-TECHNOLOGIE (CCH<sub>2</sub>) UND 700-BAR-TECHNOLOGIE (CGH<sub>2</sub>)



Bereits im Jahr 2006 hatte TOTAL an seinem Tankstellenstandort München, Detmoldstraße eine Wasserstofftankstelle errichtet, die zunächst insbesondere der Versorgung von BMWs Versuchsflotte mit Flüssigwasserstoff (LH<sub>2</sub>) diente.

Nachdem BMW sich gegen eine Weiterentwicklung der LH<sub>2</sub>-Technologie entschieden und mit den Vorbereitungen für die Erprobung der neuen kryogenen Druckbetankungstechnologie (CCH<sub>2</sub>) begonnen hatte, rüstete TOTAL im Rahmen dieses Projekts die bestehende Wasserstofftankstelle um. Ab Juli 2015 setzte die TOTAL Deutschland GmbH als verantwortliche Betreiberin den Forschungsbetrieb am Standort fort. Es war nun möglich, unter Einsatz von Lindes innovativer Kryohochdruckpumpentechnologie Wasserstoff als gasförmigen Druckwasserstoff (CGH<sub>2</sub>) bei 700 bar und erstmals weltweit auch als kryogenen Druckwasserstoff (CCH<sub>2</sub>) bei 300 bar zu tanken. Die Anlieferung und Speicherung des Wasserstoffs vor Ort erfolgten weiterhin in Form von Flüssigwasserstoff (LH<sub>2</sub>).

Während von TOTAL die Errichtung der Anlage beauftragt und koordiniert wurde, oblagen die Lieferung und Errichtung der kompletten Anlagentechnik der Linde AG. Die Kryodruck-Tanktechnologie wurde federführend von BMW entwickelt. Die Planung und der Aufbau der Station erfolgten daher in enger Anlehnung an die Entwicklungsaktivitäten von BMW. Im Juli 2015 stellte BMW mit dem 5er GT mit Brennstoffzelle die neue Fahrzeuggeneration vor und übernahm erste Fahrzeugprototypen mit Kryodrucktanks in den Erprobungs- und Demonstrationsbetrieb. Die Betankung der Fahrzeuge erfolgt seither ausschließlich am Projektstandort.

Neben der praktischen Erprobung der Kryodrucktechnologie und der Optimierung des Betankungsprozesses in enger Zusammenarbeit mit BMW stand die Untersuchung der mit der Kryodrucktechnologie realisierbaren energetischen Vorteile im Zentrum der wissenschaftlichen Betrachtungen.

Auch die Integration des Kraftstoffs Wasserstoff in die Betriebsabläufe von herkömmlichen Tankstellen war umfassend zu erforschen, zu erproben und zu optimieren.

Im Jahr 2016 wurde die Tankstelle zu einer wesentlichen Anlaufstelle für die im Rahmen des Carsharing-Programms BeeZero in Verkehr gebrachten 50 Brennstoffzellenfahrzeuge. Infolge dieser Entwicklung konnten am Standort gute Auslastungszahlen erreicht werden.

Alle im Projekt gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse wurden projektbegleitend in den relevanten Gremien der CEP und der Begleitforschung vorgestellt und diskutiert.

**PARTNER:**  
TOTAL Deutschland GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
2.774.610

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.331.813

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Oktober 2013

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016

## I/18 ENTWICKLUNG UND AUFBAU VON ZEHN WASSERSTOFFTANKSTELLEN ALS ERSTER SCHRITT ZU EINER FLÄCHENDECKENDEN DEUTSCHLANDWEITEN WASSERSTOFFINFRASTRUKTUR



Als eines der erfolgreichsten Automobilunternehmen der Welt investiert die Daimler AG konsequent in die Entwicklung alternativer Antriebe – von Hybridfahrzeugen bis zu reinen Elektrofahrzeugen mit Batterie oder Brennstoffzelle –, um langfristig das emissionsfreie Fahren zu ermöglichen.

Die Brennstoffzellentechnologie ist dabei ein integraler Bestandteil der Antriebsstrategie der Daimler AG. Der Markterfolg von Elektrofahrzeugen mit Brennstoffzelle ist aber unmittelbar mit der Existenz einer bedarfsgerechten Infrastruktur verbunden. Um dem Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland einen zusätzlichen Impuls zu verleihen, hat sich die Daimler AG mit der Linde Group zu einer gemeinsamen Initiative zum Aufbau von jeweils zehn Wasserstofftankstellen in Deutschland verständigt. Mit den insgesamt 20 zusätzlichen Stationen unterstützen die beiden Unternehmen die Versorgung der stetig wachsenden Anzahl von Brennstoffzellenfahrzeugen mit ausschließlich regenerativ erzeugtem Wasserstoff.

Die Initiative bildet einen Brückenschlag zu den bestehenden Infrastrukturprojekten der Clean Energy Partnership (CEP) und des H<sub>2</sub>-Mobility Joint Ventures. Die Initiative ist gleichzeitig Teil des 50-Tankstellen-Programms des BMVI. Der Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten liegt vor allem in den Bereichen Flottenversorgung und Ausbau des Tankstellennetzes in Deutschland.

**PARTNER:**  
Daimler AG

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
14.460.710

**FÖRDERSUMME/€:**  
6.941.141

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Oktober 2012

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016



Mercedes-Benz B-Klasse F-Cell an der Wasserstoff-tankstelle in Fellbach.

## I/19 ERRICHTUNG EINER VOLL INTEGRIERTEN ÖFFENTLICHEN WASSERSTOFFTANKSTELLE AN DER SCHNACKENBURGALLEE IN HAMBURG



Das Projekt war Teil der Aktivitäten des Programmbereichs Verkehr im NIP und inhaltlich angebunden an die Clean Energy Partnership (CEP), das 50-Tankstellen-Programm sowie die H<sub>2</sub>-Mobility-Initiative. Ziel des Projekts war die Integration einer neuen 700-bar-Wasserstofftankstelle in die bestehende Shell-Tankstelle an der Schnackenburgallee in Hamburg, die Produktion von Wasserstoff durch Onsite-Elektrolyse sowie die Einbindung in den Regelenergiemarkt.

Die Betriebsphase der Wasserstofftankstelle war insgesamt erfolgreich, jedoch gekennzeichnet von einer geringen Wasserstoffnachfrage aufgrund von unerwartet geringen Flottenstärken am Standort Hamburg. Die beabsichtigten Erfahrungen zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit von Wasserstofftankstellen konnten daher nicht im ursprünglich geplanten Umfang erlangt werden.

Wichtige Erkenntnisse wurden jedoch in der Umsetzung der Technologie aus Onsite-Elektrolyse und Wasserstofftankstelle gewonnen. So ließ sich die Einbindung eines Onsite-Elektrolyseurs in den Regelenergiemarkt zwar technisch und organisatorisch komplikationslos realisieren, jedoch führte die geringe Nachfrage zu einer konstanten Überproduktion von Wasserstoff. Eine Analyse des Zusammenspiels von am Regelmarkt eingesetzter Onsite-Elektrolyse und dem Absatz von Wasserstoff an der Tankstelle verdeutlicht dabei, dass die Wirtschaftlichkeit dieses Produktions- und Absatzmodells als Insellösung selbst unter wesentlich günstigeren Rahmenbedingungen derzeit nicht darstellbar ist. Die Herausforderung ist dabei, dass die am Regelenergiemarkt zu erzielenden Preise nicht die Mehrkosten aufwiegen, die aufgrund der für die Elektrolyse notwendigen größeren Speicher bzw. durch die Implementierung der Abfüllanlagen zum Abtransport der Überschussmengen Wasserstoff entstehen.

Zusätzlich wurde erstmalig am Standort Schnackenburgallee die gemeinsam mit der Firma Walther entwickelte Befüllkupplung eingesetzt und erfolgreich im Alltag demonstriert. Durch den Vergleich mit der überwiegend verbauten Kupplung des Herstellers WEH konnten wichtige Erkenntnisse zu Nutzerfreundlichkeit und Optimierung der Schnittstelle Tankstelle-Mensch gewonnen werden.

Im Hinblick auf eine zukünftig optimierte Verfügbarkeit der Tankstellen konnten Erfolge durch einen zunehmend automatischen Betrieb der Tankstelle erzielt werden. Obwohl die resultierenden Service- und Wartungsaktivitäten einen höheren Personalaufwand als erwartet erforderten, mündete die zuverlässige Automatisierung des Tankbetriebs in eine deutliche Reduktion der Anzahl der Betankungsabbrüche im Vergleich mit anderen HRS.

Alle im Projekt gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse wurden projektbegleitend in den relevanten Gremien der CEP und der Begleitforschung vorgestellt und diskutiert.

**PARTNER:**  
Shell Deutschland Oil GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
3.060.483

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.469.032

**LAUFZEITBEGINN:**  
15. Oktober 2013

**LAUFZEITENDE:**  
30. Juni 2016

## I/20 HY-UWE – UMBAU UND WEITERBETRIEB DER HRS BERLIN HOLZMARKTSTRASSE



Bereits im Jahr 2009 hatte TOTAL am Tankstellenstandort Berlin, Holzmarktstraße eine Wasserstofftankstelle errichtet. Zum Einsatz kam in dieser ersten Projektphase zunächst eine Anlage inklusive elektrolytischer Vor-Ort-Erzeugung, die im Wesentlichen von CEP-Partner Statoil aufgebaut worden war, die jedoch die hohen Erwartungen an die Betriebszuverlässigkeit nicht erfüllen konnte.

Im Interesse einer zuverlässigen Versorgung im Berliner Stadtzentrum erfolgte im Rahmen dieses Vorhabens der weitgehende Austausch der ursprünglichen Anlagentechnik gegen eine von Linde bereitgestellte Wasserstofftankstelle.

Während der Umbauphase wurde die Anlage so umgerüstet, dass ab Mai 2015 wieder gasförmiger Druckwasserstoff (CGH<sub>2</sub>) bei 700 bar an einem Zapfpunkt getankt werden konnte. Da sich mit Betriebsbeginn keine mit flüssigem Wasserstoff (LH<sub>2</sub>)-betankten Fahrzeuge mehr im Einsatz befanden, wurde von einem Weiterbetrieb des LH<sub>2</sub>-Zapfpunkts abgesehen. Ausgewählte Anlagenteile wie z. B. der bestehende LH<sub>2</sub>-Tank wurden aber für die Vor-Ort-Speicherung weitergenutzt. Diese Anlagenteile wurden um neue Komponenten (Kryopumpe, Hydraulikcontainer, Zapfsäule) ergänzt. Entsprechend erfolgt auch die Anlieferung des Wasserstoffs in flüssiger Form. Gegenstand des Förderprojekts waren damit der Umbau bzw. Neubau der Wasserstoffanlagen und der anschließende Betrieb der Wasserstofftankstelle.

Im Verlauf der Betriebsphase sollte insbesondere erforscht werden, ob sich die prognostizierten energetischen Vorteile der LH<sub>2</sub>-Anlieferung und des Einsatzes einer Kryopumpe in der Praxis realisieren lassen. Hierzu wurden vergleichende Untersuchungen mit anderen TOTAL-Standorten durchgeführt. Auch das Begleitforschungsprogramm zum 50-Tankstellen-Programm der Bundesregierung wurde mit umfassenden Betriebsdaten versorgt.

Mit der Anlage konnten wesentlich bessere Resultate in Bezug auf Betriebszuverlässigkeit und Performance erreicht werden, als dies mit der vorhergehenden Anlagen-generation der Fall gewesen war. Verfügbarkeiten von bis zu 100 % im Monatsmittel erwiesen sich als machbar. Durch projektbegleitende Optimierungsmaßnahmen, z. B. am Vorkühlkreislauf, konnten kontinuierlich Verbesserungen erzielt werden. Zusätzliche Belastungstests, die im Mai und Juni 2016 mit dem Ziel am Standort durchgeführt wurden, das Verhalten der Betriebsparameter bei zukünftig erhöhter Tankstellenauslastung zu ermitteln, konnten weitgehend erfolgreich abgeschlossen werden.

Auch die Integration des Kraftstoffs Wasserstoff in die Betriebsabläufe von herkömmlichen Tankstellen war umfassend zu erforschen, zu erproben und zu optimieren.

Alle im Projekt gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse wurden projektbegleitend in den relevanten Gremien der CEP und der Begleitforschung vorgestellt und diskutiert.

**PARTNER:**  
TOTAL Deutschland GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
462.832

**FÖRDERSUMME/€:**  
222.159

**LAUFZEITBEGINN:**  
15. Oktober 2013

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016

## I/21 ELEKTROLYSECONTAINER FÜR WASSERSTOFF-TANKSTELLE (CEP)



Das Forschungsvorhaben hatte zum Ziel, erstmalig eine Wasserstofftankstelle mit einer innovativen PEM-Wasserstoffelektrolyse auszustatten und diese im Rahmen eines ein- bis zweijährigen Betriebs zu erproben. Das für das Projekt „CEP-Tankstelle Air Liquide“ eingeplante Budget wurde durch Zuwendungen vom BMVI gefördert.

Bei Antragstellung sah das Projekt zwei Phasen vor:

- Testphase von ca. vier Monaten auf einem Industriegelände
- Betriebsphase von ca. 14 Monaten auf einem Tankstellengelände

Die erste Projektphase mit Montage und Inbetriebnahme der PEM-Elektrolyse auf dem Industriegelände von Air Liquide in Krefeld wurde erfolgreich umgesetzt. Seit September 2015 wird die Elektrolyseanlage regelmäßig und ohne relevante Störungen betrieben. Lediglich die Nutzungsdauer ist aufgrund der Rahmenbedingungen auf dem Testgelände niedriger, als von beiden Projektpartnern geplant und gewünscht.

Die zweite Projektphase – der Betrieb auf einem Tankstellengelände hat nicht stattgefunden, da zum geplanten Zeitpunkt kein Tankstellengelände seitens Air Liquide zur Verfügung gestellt werden konnte. Die Dauer der ersten Projektphase hat sich entsprechend verlängert. Air Liquide plant derzeit, die Siemens Elektrolyseanlage räumlich getrennt von einer Wasserstofftankstelle zu errichten und zu betreiben. Der produzierte grüne Wasserstoff wird dann bilanziell der Tankstelle zugeordnet.

Auch wenn die ursprüngliche Planung geändert wurde, sind aus diesem Projekt wertvolle Erfahrungen und Erkenntnisse entstanden: In diesem Vorhaben wurde ein DeOxoDryer an einen Elektrolyseur angeschlossen und in die Steuerung des Elektrolyseurs integriert. Ein DeOxoDryer trocknet den mit Wasserdampf gesättigten Wasserstoff und entfernt das Komplementärgas Sauerstoff, welches technologiebedingt zu geringen Teilen in dem Wasserstoffgas enthalten ist.

Nach einer Testphase wurde die Performance des Geräts nachgewiesen und überprüft. Erfreulicherweise wurde die gewünschte, relativ hohe Gasreinheit von 5 ppm Sauerstoff und 5 ppm Feuchte im Wasserstoff am Austritt des DeOxoDryer erreicht. Darüber hinaus konnten – durch die zahlreichen Testreihen in unterschiedlichen Betriebszuständen – die Elektrolyseanlage an sich sowie das Zusammenspiel der beiden Technologien (Elektrolyse und DeOxoDryer) optimiert werden. Der Schwerpunkt des Erkenntnisgewinns lag bei dem dynamischen Anlagenverhalten, z.B. beim Wechsel von Stand-by-Phasen zu Last- und Regenerationsphasen, sowie bei der Sensorik für die Gasqualitätsmessung. Die oben genannten Erkenntnisse zur dynamischen Betriebsweise und zur Wasserstoffqualität sowie die positiven Erfahrungen im Rahmen der Serviceeinsätze haben somit gezeigt, dass die Siemens Elektrolysetechnik auch im Rahmen der Wasserstoffmobilität zur Anwendung kommen wird.

**PARTNER:**  
Siemens AG

**PROJEKTBUDDGET/€:**  
782.056

**FÖRDERSUMME/€:**  
375.387

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. August 2014

**LAUFZEITENDE:**  
30. Juni 2016

## I/22 FORSCHUNGSBETRIEB WASSERSTOFFTANKSTELLE SACHSENDAMM



Für Tankstellenbetreiber ist der Nachweis von störungsfreien Betankungssystemen mit 100 % Verfügbarkeit die Voraussetzung für ein nachhaltiges Engagement. Im Fokus des Vorhabens „Forschungsbetrieb Wasserstofftankstelle Sachsendamm“ steht daher die Untersuchung der Wasserstofftankstelle im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit und Alterungsbeständigkeit der Anlagenkomponenten unter den Bedingungen der Minderauslastung und im Vergleich zur herkömmlichen Druckgastechnik.

Ein Schwerpunkt wird auf die Sicherstellung der Betriebsbereitschaft gelegt und insbesondere das Technologiekonzept hinsichtlich der Anfälligkeit der Gesamtanlage bei der zu erwartenden Unterauslastung in den kommenden Jahren erprobt: Im Einsatz ist ein Technologiekonzept, das auf die Anlieferung von flüssigem Wasserstoff (LH<sub>2</sub>) und seine Umsetzung mittels einer 900-bar-Kryopumpe setzt. Hierdurch kann auf den Einsatz von Kompressoren verzichtet werden, die in der Regel eine besondere Schwachstelle anderer Konzepte bilden und maßgeblich zu langen, nicht marktgerechten Ausfallzeiten beitragen.

Im Rahmen des Vorhabens erfolgt eine großtechnische Validierung des Konzepts insbesondere im Hinblick auf die Betriebs- und Servicekosten, die Anlageneffizienz, die Betriebszuverlässigkeit der Komponenten und ihre Servicefreundlichkeit, die durch eine umfassende Datenerhebung und -auswertung gestützt wird. Zusätzlich werden weitere Verbesserungen der Technologie auf Basis der Erfahrungen aus dem vorhergehenden Vorhaben (optimiertes Hydraulikkonzept) erprobt. Wesentliche innovative Teilkomponenten der Anlage sind die Kryopumpe, das am Standort realisierte Temperaturmanagement, welches auf eine Vorkühlung des abzugebenden Wasserstoffs mittels tiefkaltem LH<sub>2</sub> setzt, sowie die unterirdische Aufstellung der Anlagentechnologie zur Reduzierung des Flächenbedarfs. Das Alter der Anlage macht zudem die Überprüfung durch den TÜV Rheinland notwendig. Da die Tests zerstörungsfrei durchgeführt werden müssen, wird Shell in Zusammenarbeit mit dem TÜV Rheinland für die Untersuchung im Rahmen des Vorhabens ein eigenes Prüfverfahren entwickeln.

» Im Fokus stehen Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit und Alterungsbeständigkeit der Anlagenkomponenten bei Minderauslastung. «

### PARTNER:

Shell Deutschland Oil GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

433.784

### FÖRDERSUMME/€:

143.149

### LAUFZEITBEGINN:

1. Juni 2016

### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

## I/23 SHELL5HY – INTEGRATION VON FÜNF HRS IN BESTEHENDE MINERALÖLTANKSTELLEN



In Anbetracht einer noch sehr geringen Versorgungsdichte von öffentlich zugänglichen Wasserstoff-Pkw-Tankstellen und der im Vergleich zu konventionellen Tankstellen immer noch geringeren Verfügbarkeit der Wasserstoffstationen ist der Aufbau neuer öffentlicher Pkw-Tankstellen mit 700-bar-Technologie von maßgeblicher Bedeutung für den Erfolg der Markteinführung von Wasserstofffahrzeugen. Hierzu müssen die Wasserstofftankstellentechnologie und die Integration des Kraftstoffs Wasserstoff in die Betriebsabläufe von herkömmlichen Tankstellen erprobt, weiterentwickelt und standardisiert werden.

Um jedoch innovative Betriebskonzepte entwickeln und die Möglichkeiten für die technische sowie wirtschaftliche Optimierung erforschen zu können, bedarf es weiterer belastbarer Erfahrungs- und Vergleichswerte aus dem Betrieb einer größeren Anzahl ähnlicher Tankstellen an unterschiedlichen Standorten und unter variierenden Rahmenbedingungen. Shell integriert daher im Rahmen des Vorhabens und in Kooperation mit der Daimler AG und der Linde AG fünf Wasserstofftankstellen des Typs IC 90 von Linde in bestehende Mineralöltankstellen an den Standorten Bremen, Hamburg, Pforzheim, Sindelfingen und Wiesbaden. Shell ist für Konzeption der Integration der HRS in die Tankstellen verantwortlich, koordiniert die Umsetzung und Implementierung und ist verantwortlicher Betreiber der Anlagen.

Wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens ist die baubegleitende Forschung bei der Entwicklung, Umsetzung und Optimierung unterschiedlicher HRS-Aufstellungskonzepte, um den Grad der Standardisierung und Prozessoptimierung für die Errichtung künftiger Wasserstofftankstellen wesentlich zu erhöhen und zugleich die Grundlage für den zukünftigen Forschungsbetrieb an den Anlagen zu schaffen. Zudem dient das Forschungsvorhaben der Entwicklung von Betriebskonzepten zur Einbindung von Wasserstoff als Kraftstoff in das Angebotsportfolio von Shell.

» Shell ist für Konzeption der Integration der HRS in die Tankstellen verantwortlich, koordiniert die Umsetzung und Implementierung und ist verantwortlicher Betreiber der Anlagen. «

**PARTNER:**  
Shell Deutschland Oil GmbH

**PROJEKTBUDDGET/€:**  
2.242.662

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.076.477

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Juni 2016

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016

## I/24 PROTOTYPENENTWICKLUNG VON BEFEUCHTERN UND FILTERN FÜR DIE OPTIMALE ZULUFTVERSORGUNG VON PEM-BRENNSTOFFZELLEN



Das hier vorgestellte Projekt „Prototypenentwicklung von Befeuchtern und Filtern für die optimale Zuluftversorgung von PEM-Brennstoffzellen“ (proAir) umfasste die Bereitstellung kostengünstiger und zertifizierungsfähiger Komponenten für Brennstoffzellensysteme. Die Versorgung der Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (PEM-BZ) mit richtig befeuchteter Luft ohne Schadstoffe hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wirkungsgrad, die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer von PEM-BZ.

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung von Filtern und Befeuchtern für die Zuluftaufbereitung von PEM-BZ mit folgenden Merkmalen:

Mit neuen Fertigungskonzepten wurden verschiedene Filter- und Befeuchterkomponenten entwickelt,

- die Kosteneinsparung und Designflexibilität bei den Werkzeugen erlauben, sodass die Komponenten kostengünstig an vorgegebene Bauräume und Anschlüsse angepasst werden können, und
- die durch Strömungsoptimierung einen minimalen Druckverlust und optimale Performance aufweisen.

Die Filter wurden zudem so entwickelt, dass sie auch Schutz gegen schädlichen Salznebel und Ammoniak bieten und bei Einbau in ein Anlagengehäuse servicefreundlich und leckagesicher gewartet werden können.

proAir ist ein Gemeinschaftsprojekt von Freudenberg und mm plastic gmbh.

Freudenberg entwickelte die Konzepte und lieferte die für die Entwicklung der Werkzeuge notwendigen Vorgaben. mm plastic entwickelte die Werkzeuge und die Prozesse zur Herstellung der Gehäuse und stellte Teile für den Aufbau von Testmustern und Prototypen her.

Die Prototypen wurden in Kooperation mit assoziierten Endanwendern ausgelegt und in Labor- und Feldtests auf ihre Eignung untersucht und bewertet. Durch die enge Zusammenarbeit mit Endanwendern bei der seriennahen Entwicklung der Komponenten wurde die Voraussetzung für einen beschleunigten Einsatz der entwickelten Komponenten in marktgängigen Produkten geschaffen.

Nach Abschluss des Vorhabens steht ein Basisportfolio an Komponenten zur Verfügung, welches die Grundlage für Qualifizierungen der Produkte für den Serieneinsatz bildet.

### PARTNER:

- a) Freudenberg Filtration Technologies SE & Co. KG
- b) mm plastic gmbh

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 1.576.476
- b) 593.269

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 756.708
- b) 284.769

### LAUFZEITBEGINN:

1. August 2012

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

---

## II. NIP — WASSERSTOFFBEREITSTELLUNG

---



SÄMTLICHE PROJEKTE WERDEN AUF DEN FOLGENDEN SEITEN MIT II/01 GEKENNZEICHNET.



NEU BEWILLIGTE PROJEKTE



ABGESCHLOSSENE PROJEKTE



QUERSCHNITTSTHEMEN



## NIP — WASSERSTOFF- BEREITSTELLUNG

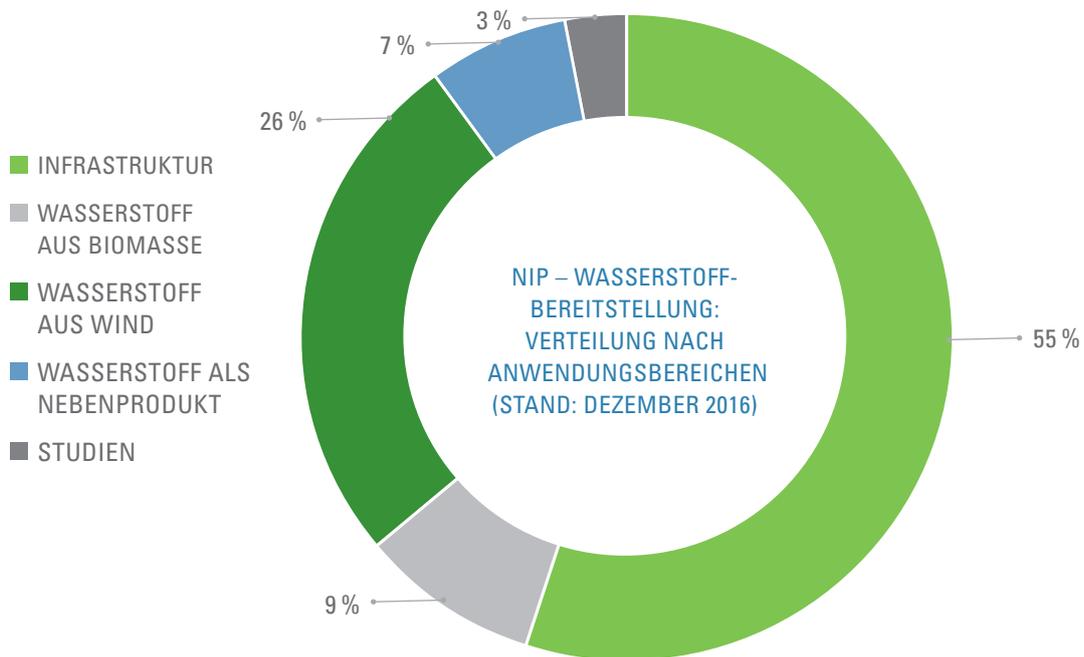
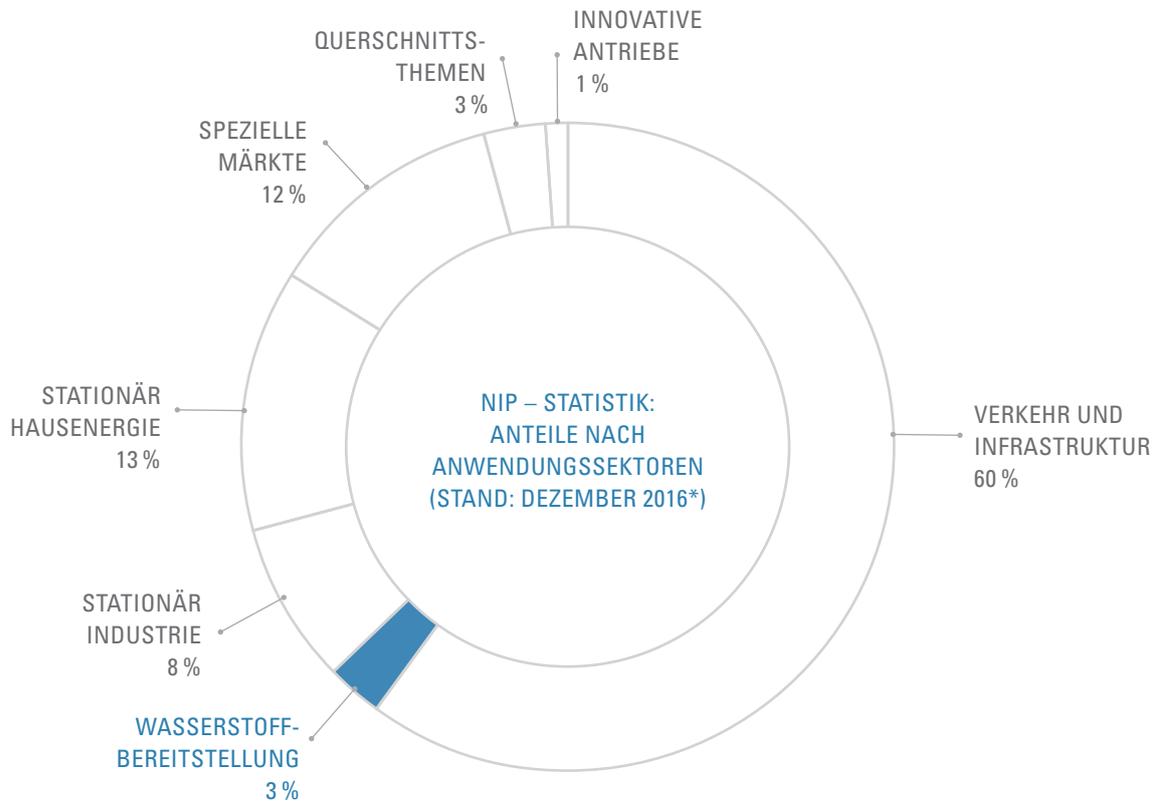
Im Programmbereich Wasserstoffbereitstellung des NIP werden Demonstrationsprojekte und Studien zu Herstellung, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff gefördert. Der Wasserstoff wird entsprechend den Zielvorgaben des Energiekonzepts primär auf Basis erneuerbarer Energien – Wind- und Solarstrom sowie Biomasse – hergestellt. Verwendet wird Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge und als Speicher für die Einbindung großer Mengen fluktuierender erneuerbarer Energien. Konkrete Anwendungen umfassen auch die stationäre Rückverstromung, die Einspeisung in das Erdgasnetz sowie die Nutzung als klimaneutrales Industriegas.

Durch den Einsatz regenerativen Wasserstoffs können erhebliche Beiträge zur Erreichung der Zielsetzungen der Energiewende geleistet werden. Zum einen wird dadurch der vom Energiekonzept geforderte Ersatz fossiler durch erneuerbare Energien in Verkehrs- und Energiewirtschaft vorangetrieben, zum anderen werden für den Erfolg der Energiewende dringend erforderliche Energiespeicherkapazitäten geschaffen. Die besondere wirtschaftliche Attraktivität von Wasserstoff als Kraftstoff ermöglicht die Schaffung eines Leitmarkts, welcher Energiespeicherung und anderen Anwendungen den Weg bereitet.

Technologisch steht die Wasserstoffproduktion mittels hoch effizienter Wasserelektrolyse, vor allem auf Basis überschüssigen Windstroms, im Zentrum des Programmbereichs. Die Wasserelektrolyse ist eine Schlüsseltechnologie für die Integration erneuerbarer Energien in Verkehrs- und Energiewirtschaft; wachsende und neu entstehende Märkte für Wasserstoff schaffen die Voraussetzung für die Erschließung des bei allen Elektrolysetechnologien gegebenen erheblichen Entwicklungspotenzials.

Kommt auch heute noch hauptsächlich die bewährte alkalische Elektrolyse zum Einsatz, so holt die technologisch jüngere Polymerelektrolytmembran-(PEM)-Elektrolyse doch rasch auf. Im Programmbereich werden Demonstrationsprojekte zu beiden Technologien gefördert. Als neue Technologie gewinnt auch die Hochtemperaturelektrolyse an Bedeutung.

Im Programmbereich werden auch sektorübergreifende Betrachtungen zur Rolle des Wasserstoffs in Energie- und Verkehrswirtschaft vollzogen. In Studien und Analysen werden die Potenziale von Wasserstoff- und Brennstoffzellen-technologien für die Zielerreichung der Energiewende diskutiert. Die Ergebnisse dienen auch der Einordnung der Projekte und anderer Aktivitäten im NIP beziehungsweise der Wirkungen, die sie im Hinblick auf die Unterstützung der Energiewende entfalten.



## II/01 KOMPAKTES 1 MW-PEM-WASSERELEKTROLYSE-SYSTEM – REGENERATIVER WASSERSTOFF FÜR MOBILITÄT UND ENERGIESPEICHERUNG



### Relevanz für das NIP/Ziele des Vorhabens:

Ziel dieses Projekts war es, erstmalig einen PEM-Wasserelektrolyseur in der 1-MW-Leistungsklasse zu entwickeln, als Pilotanlage zu bauen und in einer relevanten Anwendung im Realeinsatz zu erproben. Die entwickelte PEM-Elektrolyseanlage soll die Vorteile der PEM-Technologie (z. B. dynamisches Betriebsverhalten und hohe Leistungsdichte) in einer neuen Leistungsklasse zur Verfügung stellen und durch das Upscaling der Einheitengröße Kostenvorteile ermöglichen. Die Entwicklung des PEM-Elektrolyseurs sollte dabei den Anforderungen für den Einsatz im Mobilitätssektor (Erzeugung von grünem Wasserstoff als Treibstoff) sowie der hoch flexiblen Integration erneuerbarer Energien im Energie- und Wärmesektor genügen.

### Herangehensweise, Methode/Technologie, Zeitplan:

Die Pilotanlage in Reitbrook wurde durch die beteiligten Partner entwickelt, errichtet und unter realen Bedingungen getestet.

Hydrogenics war verantwortlich für die Konstruktion und den Bau der PEM-Elektrolyseanlage. Greenerity war zuständig für die Entwicklung und Lieferung der Membran-Elektroden-Einheiten, Uniper für die Errichtung der erforderlichen Nebenanlagen und für den Betrieb. Die wissenschaftlichen Partner, DLR und Fraunhofer ISE, unterstützten das Projekt durch Laboruntersuchungen an Membran-Elektroden-Einheiten und Kurzstacks sowie diversen weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen für eine Verbesserung der nächsten Generation von Elektrolysesystemen. Beide Institute haben außerdem umfangreiche Messprogramme konzipiert, an der Pilotanlage durchgeführt und ausgewertet. Nach dem Projektstart im November 2012 wurde die PEM-Elektrolyse durch Greenerity (Membrantechnologie) und Hydrogenics (Stack und Anlage) bis zur Marktreife entwickelt und das eigentliche Stackdesign konzipiert.

Der Bau der Pilotanlage erfolgte 2014. Parallel wurden die Genehmigungsprozesse durchgeführt und Betriebspläne erstellt. Die offizielle Inbetriebnahme der Pilotanlage fand am 15. Oktober 2015 statt. Bis zum Ende des Projekts im September 2016 wurde die Anlage unter realen Bedingungen erprobt, getestet und an verschiedenen Stellen weiter optimiert.

### Konkrete Errungenschaften, Ergebnisse:

Es konnten deutliche Effizienzsteigerungen gegenüber bestehenden Anlagen nachgewiesen werden. Insgesamt produzierte die Pilotanlage mehr als 100.000 Nm<sup>3</sup>, die in das Erdgasnetz eingespeist wurden.

Die folgende Tabelle stellt die finale Anlagenspezifikation den ursprünglichen Projektzielen aus dem Antrag gegenüber. Die gesetzten Ziele wurden vollumfänglich erreicht.

### PARTNER:

- a) Uniper Energy Storage GmbH
- b) Hydrogenics GmbH
- c) Greenerity GmbH
- d) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
- e) Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 4.386.005
- b) 3.812.244
- c) 2.353.668
- d) 951.731
- e) 2.285.830

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 2.105.282
- b) 1.829.877
- c) 1.129.761
- d) 456.831
- e) 1.097.198

### LAUFZEITBEGINN:

1. November 2012

### LAUFZEITENDE:

31. Oktober 2016

## Vergleich der ursprünglichen Projektziele mit den realen Werten der Pilotanlage

PARAMETER	SPEZIFIKATION/ WERT ANTRAG	SPEZIFIKATION/ WERT AUSGEFÜHRT
Stackvolumen	0,25 m <sup>3</sup>	0,38 m <sup>3</sup>
Wasserstoffproduktionsrate bei Nennlast	k. A.	229 Nm <sup>3</sup> /h
Elektrische Leistung bei Nennlast	1 MW	1 MW
Wasserstoffproduktionsrate bei Überlast	k. A.	290 Nm <sup>3</sup> /h
Elektrische Leistung bei Überlast	1,5 MW	1,5 MW
Auslegungsdruck (DP)	k. A.	4 MPa
Maximaler Betriebsdruck (MOP)	1–3 MPa	3 MPa
Betriebstemperatur	50–80 °C	50–80 °C
Wasserstoffreinheit	> 99,99 %	> 99,99 %
Energieverbrauch	3,8–4,86 kWh/Nm <sup>3</sup>	4,0–5,2 kWh/Nm <sup>3</sup>

Neben den Industriepartnern Uniper, Greenerity und Hydrogenics haben die beiden wissenschaftlichen Partner Fraunhofer ISE und DLR das Projekt begleitet und dabei z. B. das Alterungsverhalten untersucht.

### Schwierigkeiten, Lerneffekte:

Die PEM-Technologie kann durch kompakte Bauweise und effizienten Betrieb die Wasserstoffgestehungskosten signifikant verringern. Die Einordnung von P2G-Anlagen als Letztverbraucher und der damit verbundene reale Strompreis erlauben derzeit keinen wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb. Die betriebswirtschaftliche Realisierung des volkswirtschaftlichen Nutzens der P2G-Anlage muss durch die Anpassung des rechtlichen Rahmens unterstützt werden.



Elektrolyse Reitbrook –  
Vor-Ort-Montage  
abgeschlossen.

---

## III. NIP — STATIONÄRE ENERGIEVERSORGUNG

---



SÄMTLICHE PROJEKTE WERDEN AUF DEN FOLGENDEN SEITEN MIT III / 01 GEKENNZEICHNET.



NEU BEWILLIGTE PROJEKTE



ABGESCHLOSSENE PROJEKTE



QUERSCHNITTSTHEMEN

### Brennstoffzellen an Bord

- Vielfältig und flexibel einsetzbar -

Führende deutsche Werften, Brennstoffzellenhersteller, Zulieferer, Forschungseinrichtungen und Klassifikationsgesellschaften verfolgen im Gemeinschaftsprojekt e4ships das Ziel, Brennstoffzellen für die Energieversorgung in der Schifffahrt zu nutzen, Emissionen wie z.B. Schwefeldioxid, Stickoxid, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Rußpartikel zu reduzieren und damit einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Zukunftsfähigkeit der maritimen Industrie zu leisten.

Energieträger	Reformer	Brennstoffzelle	Endprodukte
Methanol Erdgas Straßendiesel	→ Wasserstoff → Luft →	→ Strom → → Wärme → → Brandschutz →	→ Kälte → → Dampf →

Autofähre/Kreuzfahrtschiff

Multi-Purpose-Vessel

Jacht

**Verbesserung der Luftqualität**  
durch Reduktion von Schadstoffen wie Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxide (SO<sub>x</sub>)

+

**Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen**  
um 25–30%, als Beitrag zum Klimaschutz und Antwort auf strengere Emissionsrichtlinien

+

**Erhalt der Wirtschaftlichkeit**  
durch Unabhängigkeit von endlichen fossilen Rohstoffen

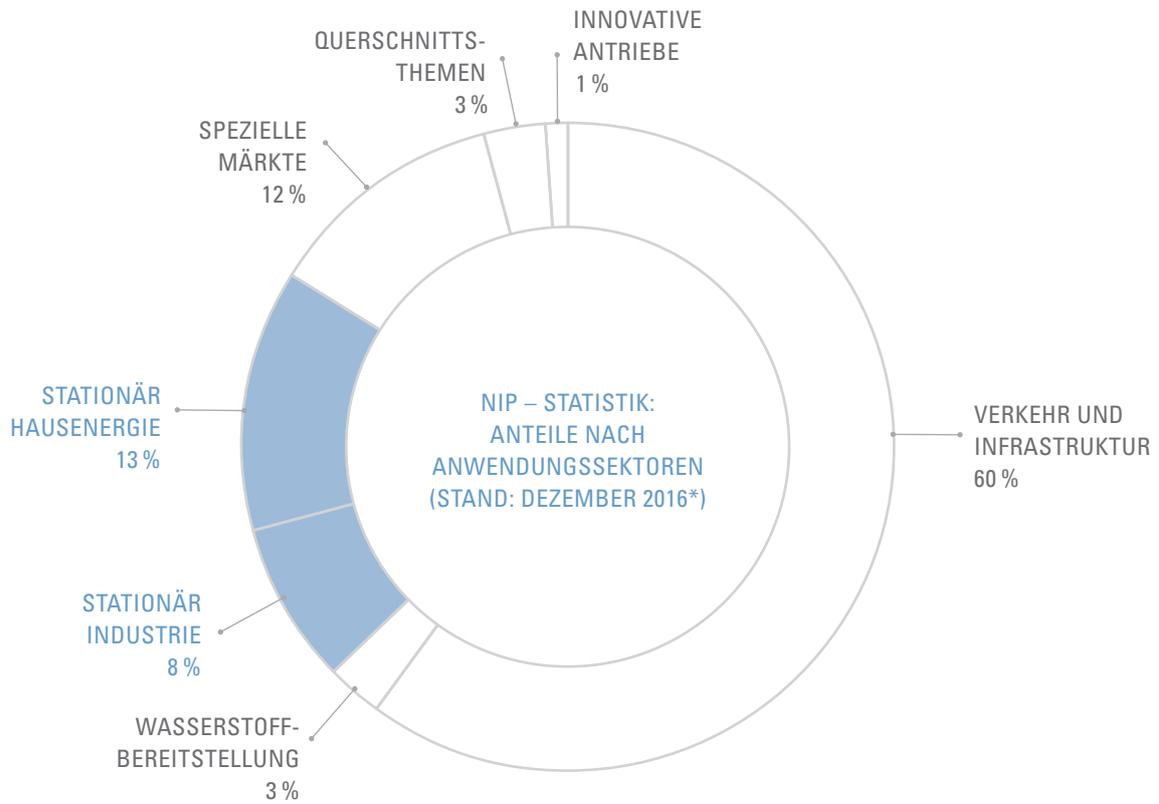
## NIP — STATIONÄRE ENERGIEVERSORGUNG

Der Programmbereich Stationäre Energieversorgung beinhaltet im elektrischen Leistungsbereich Anlagen von einigen Hundert Watt bis fünf Kilowatt in der Hausenergie bis hin zu Anlagen von einigen Zehn Kilowatt bis mehrere Megawatt im Industrieinsatz.

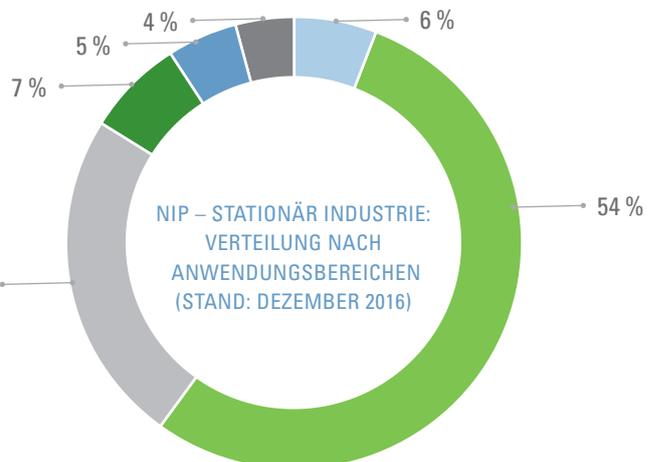
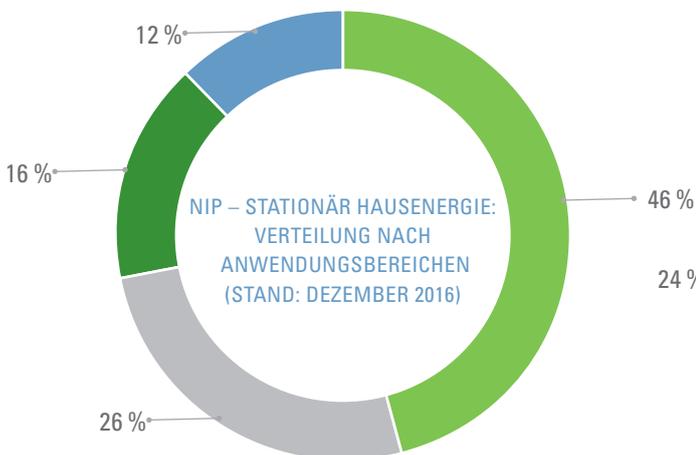
Die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme durch Brennstoffzellen ermöglicht hohe Gesamtnutzungsgrade von mehr als 85 %. Dadurch werden zwischen 25 und 35 % Kohlendioxid gegenüber modernen konventionellen Versorgungssystemen eingespart.

Die Anlagen in der Hausenergieversorgung arbeiten nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung und werden mit Erdgas aus dem bestehenden Versorgungsnetz betrieben. Mittelfristig sollen auch ins Erdgasnetz eingespeiste erneuerbare Brennstoffe eingesetzt werden. Brennstoffzellengeräte in der Hausenergie haben somit den Vorteil, ohne Investitionen in die Infrastruktur direkt einsetzbar zu sein. Verwendet werden im Bereich Hausenergie Nieder- bis Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen (PEMFC) sowie Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC).

In Brennstoffzellenanlagen im Industrie- und Schiffsbereich werden SOFC-, MCFC- (Schmelzkarbonat-Brennstoffzellen), PAFC- oder HT/NT-PEM-Technologien verwendet. Insgesamt sind weltweit mehrere Hundert Brennstoffzellen-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) ab 100 Kilowatt im Einsatz.



- DEMONSTRATION IN CALLUX
- KOMPLEMENTÄRE FELDTTESTS
- SCHIFFSANWENDUNGEN BINNENSCHIFFE
- EINZELPROJEKTE
- KOMponenten UND SYSTEM-ENTWICKLUNG
- KWK-RICHTLINIE
- E4SHIPS
- NEEDS
- BHKW
- KWK RICHTLINIE GEBÄUDEENERGIE



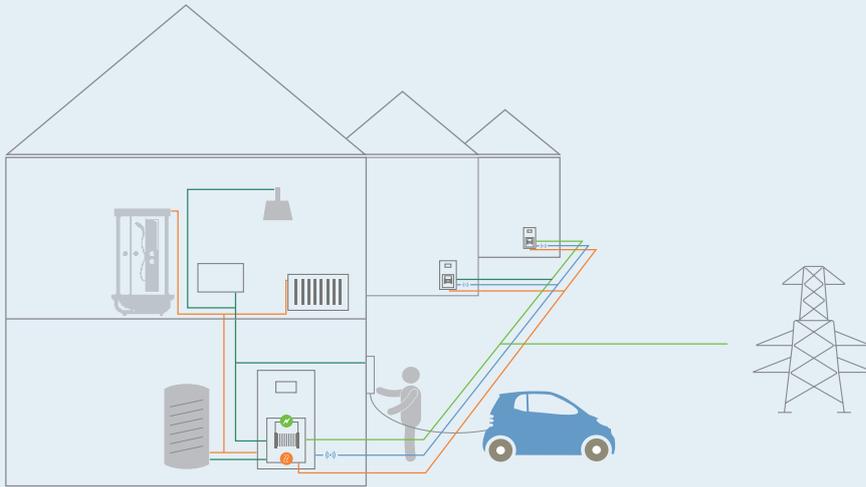
## **Brennstoffzellen-KWK-Richtlinie des BMVI**

# **Geförderte Anlagen produzieren effizient Wärme und Strom**

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf Brennstoffzellenbasis schonen durch ihre hohe Energieeffizienz nicht nur die Umwelt, sondern sind auch ein wichtiger Faktor für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende. Um den Markthochlauf der Anlagen zu unterstützen, hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen der Förderrichtlinie „Brennstoffzellen für hoch effiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen“ (Brennstoffzellen-KWK-Richtlinie) im Herbst 2016 sieben Förderanträge zur Anschaffung von insgesamt 1.292 brennstoffzellenbasierten KWK-Anlagen für die Anwendung im industriellen und Hausenergiebereich bewilligt.

**Die Förderung mit einem Gesamtvolumen von rund 6,8 Millionen Euro zielt darauf ab, die Erprobung potenzieller Geschäftsmodelle und die Errichtung größerer Energieversorgungsanlagen zum Einsatz in der Industrie zu unterstützen. In diesem Sinne sollen Multiplikatoren die Möglichkeit bekommen, die Brennstoffzellentechnologie kennen-zulernen und im Rahmen gewerblicher Anwendungen zu testen.**

Unter anderem sollen zwei große Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Leistungsbereich zwischen 100 und 400 Kilowatt die Energieversorgung größerer Liegenschaften und Industrieanlagen sicherstellen. Konkret kommen die beiden geförderten Systeme in einem Hotel und einem Tiefkühlager zum Einsatz.



Zudem werden mit dem Förderprogramm die Anschaffung von 1.290 Anlagen für die Hausenergieversorgung durch Vertriebs- und Handelsunternehmen unterstützt. Die geförderten Unternehmen erhalten auf diese Art und Weise die Möglichkeit, Geschäftsmodelle im Contracting-, Leasing- oder Mietbereich zu entwickeln und zu starten. Hintergrund des Anreizprogramms sind die derzeit noch hohen Herstellkosten der Geräte. Durch höhere Produktionszahlen im Rahmen der Marktaktivierung können langfristig die Anschaffungskosten für Nutzer gesenkt werden.

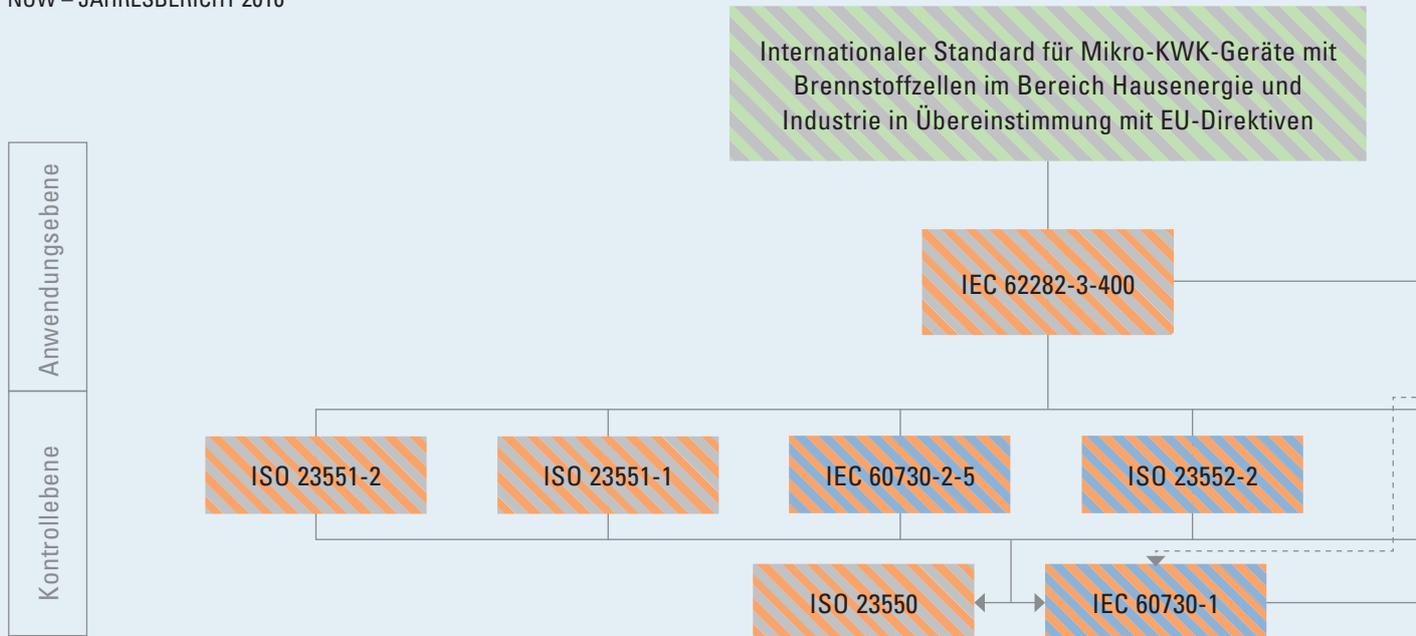
Grundvoraussetzung für eine Genehmigung des Förderantrags war u. a. der Bezug von mindestens fünf brennstoffzellenbasierten Heizungsanlagen für den weiteren Vertrieb im zu erprobenden Geschäftsmodell.

**Die Anträge für gewerbliche Anlagen mit über 20 Kilowatt elektrischer Leistung ( $kW_e$ ) konnten von den Anwendern selbst gestellt werden. Im Bereich Hausenergie markiert die nun umgesetzte Förderrichtlinie den Übergang zwischen dem Praxistest Callux, in dessen Zentrum die Marktvorbereitung und Optimierung der Geräte stand, und dem Anreizprogramm Energieeffizienz des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), das im August 2016 gestartet ist.**

Als Bestandteil des NIP unterstützt die Kfz-Förderung 433 „Energieeffizient bauen und sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle“ den Einbau von Brennstoffzellenheizgeräten in Ein- und Zweifamilienhäusern und Eigentumswohnungen in Wohnungseigentümergeinschaften mit Investitionszuschüssen.

Weitere Informationen unter **[www.kfw.de](http://www.kfw.de)**.

In Japan werden im Hausenergiebereich bereits aktuell mehr als 180.000 Brennstoffzellenheizgeräte betrieben.



## Internationale Normung IEC TC 105 für stationäre Brennstoffzellenheizgeräte

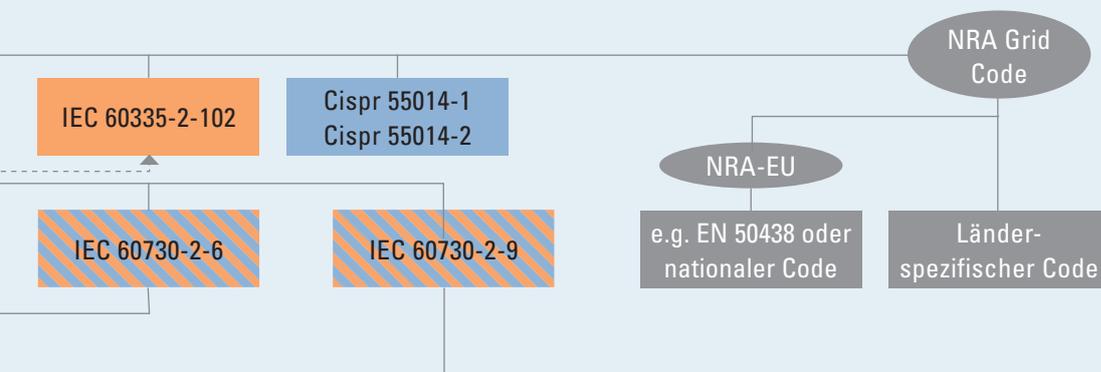
Mit Start des Förderprogramms CALLUX im Jahr 2008 wurde von den beteiligten Partnern im Rahmen der Entwicklung der Brennstoffzellenheizgeräte auch das Thema sicherheitstechnische Entwicklung auf europäischer und internationaler Ebene mitgedacht. Das erfolgreiche Projekt CALLUX hatte bis zum Jahr 2010 eine führende Rolle innerhalb Europas eingenommen. Damit wurde der Bedarf nach internationalen verlässlichen Normen und Standards immer größer, zumal in Japan durch das Ene.Farm-Programm immer mehr Anlagen auf den Markt kamen. Japan konnte aufgrund dieses Förderprogramms einen deutlichen Entwicklungs- und Vermarktungsvorsprung von mehreren Jahren vorweisen. Dies spiegelt sich auch in den deutlich höheren Verkaufszahlen wider. Dieser Vorsprung wurde mit den Jahren ausgebaut. Demgegenüber wies Deutschland einen Vorsprung zu USA und Kanada auf. Die Marktzahlen bzw. Feldtestumfänge dort lagen deutlich niedriger als in Deutschland.

Die europäischen Normungsgremien CEN/CENELEC (Europäisches Komitee für [elektrotechnische] Normung) haben mit Blick auf die Erfüllung europäischer Richtlinien, wie z. B. GAD (2009/142/EG) und LVD (2014/35/EU), und in Anlehnung an die Gasgerätenorm EN 483, die Brennstoffzellenheizgerätenorm EN 50465:2008 als rein Europäische Norm im Zeitraum 2002 bis 2008 entwickelt. Nahezu parallel zum europäischen Normungsprojekt wurde durch die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) die Normenreihe IEC 62282-3-x Stationäre Brennstoffzellen Energiesysteme entwickelt – dominiert durch die USA und Japan. Einige Versuche der direkten Kooperation zwischen dem zuständigen technischen Komitee im IEC (IEC TC 105) und der verantwortlichen Arbeitsgruppe bei CEN/CENELEC (JWG FCGA – Joint Working Group on Fuel Cell Gas Appliances) sind gescheitert, da der ursprüngliche Fokus sowie die sicherheitstechnischen Inhalte beider Gremien deutlich voneinander abwichen.

Für die deutsche Brennstoffzellenheizgeräteindustrie war die Situation im Jahr 2010 mit Blick auf den europäischen und internationalen Markt entsprechend unzulänglich. Die Produktnorm EN 50465 war – da sie mit den EU-Richtlinien konform war – zwar ideal für Europa, stand aber im Widerspruch zur internationalen Norm IEC 62282-3-1:2008, z. B. hinsichtlich der Anforderungen an die Gassicherheit (Gasleckage). Somit konnte



Deckblatt der veröffentlichten Norm



die sehr positive Marktentwicklung in Japan nur beschränkt in kostengünstige Lieferketten umgesetzt werden, da die Produkte auf unterschiedlicher Normgrundlage entwickelt wurden. Die Erfüllung der Europäischen Norm bzw. der europäischen Richtlinien war nicht gegeben.

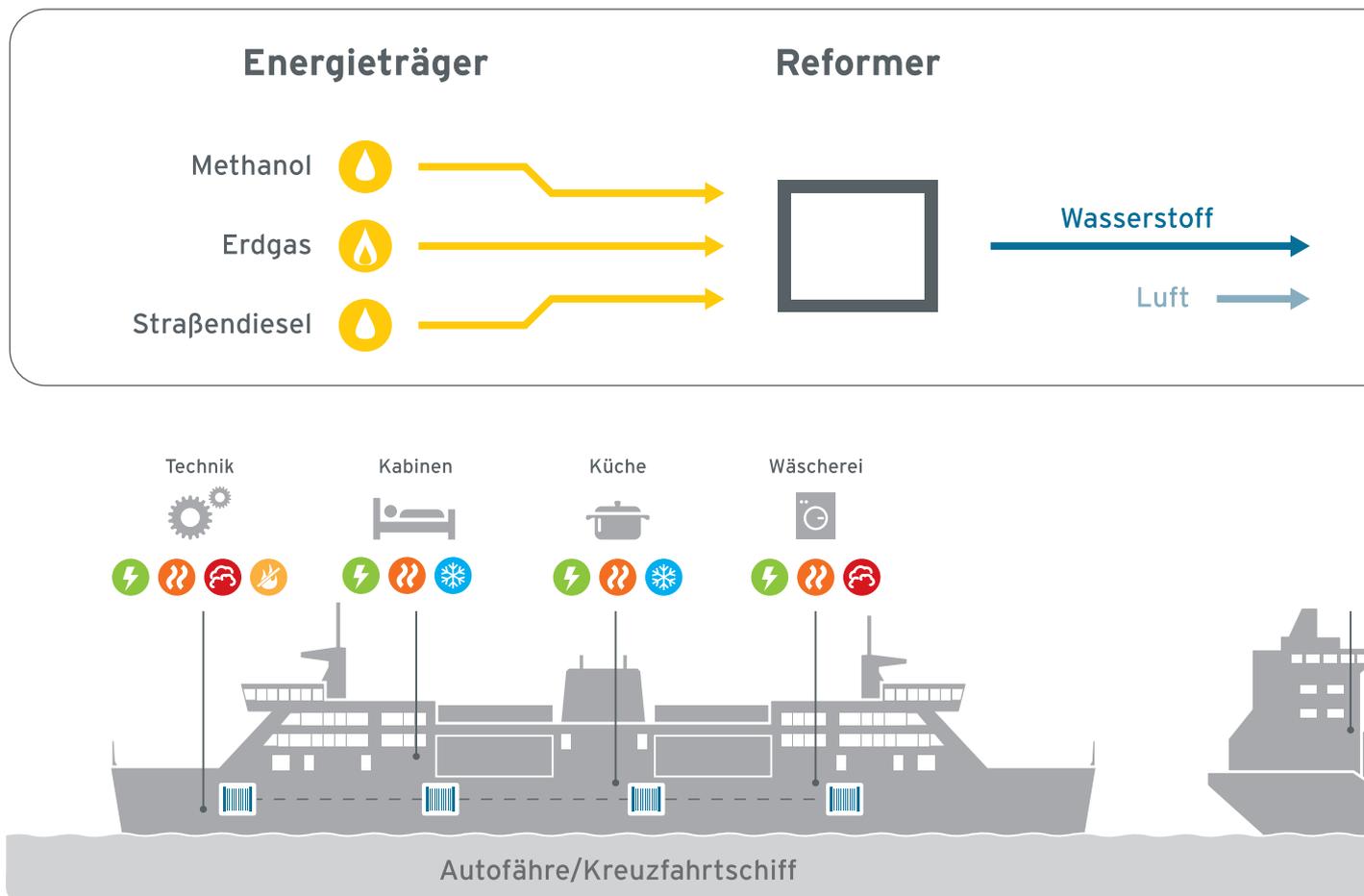
Für eine Übernahme der EN 50465 in das IEC TC 105 Normenwerk wurde im Rahmen des NIP bereits 2010 eine Studie durchgeführt, in der eine Strategie erarbeitet wurde, wie sich Deutschland in die internationale Normung bei IEC TC 105 Fuel Cell Technology einbringen müsste, um den zum damaligen Zeitpunkt kaum vorhandenen Einfluss signifikant zu erhöhen. Teil dieser Strategieentwicklung war es auch, an den Normensitzungen bei IEC TC 105 und deren Arbeitsgruppen im Bereich „Stationary Fuel Cell“ und „Modules“ teilzunehmen, um aktiv Änderungsvorschläge einbringen zu können.

**Bis Ende 2016 konnte durch die kontinuierliche Unterstützung durch NOW und die Industriepartner BAXI INNOTECH, Bosch Thermotechnik, ELCORE, Hexis, SOLIDpower, Vaillant und Viessmann die Internationalisierung der Europäischen Norm EN 50465 erreicht werden.**

Im Rahmen einer positiven Abstimmung am 14. Oktober 2016 durch IEC und CEN/ CENELEC konnte die EN 50465 in die IEC 62282-3-400 Fuel cell technologies – Part 3–400: *Stationary fuel cell power systems – Small stationary fuel cell power system with combined heat and power output* überführt werden. Im November 2016 wurde sie als IEC 62282-3-400:2016 Ed.10. veröffentlicht.

Dieses Projekt unterstützt zweifellos den erfolgreichen Marktstart für Brennstoffzellenheizgeräte. Mit der Norm wurden die regulatorischen Voraussetzungen für den internationalen Vertrieb deutscher Geräte geschaffen. Gleichzeitig können weitere Kostensenkungsmöglichkeiten durch Nutzung auch internationaler Zulieferketten ausgeschöpft werden.

### Schaubild zu Anwendungsfeldern von Brennstoffzellen im Projekt e4ships

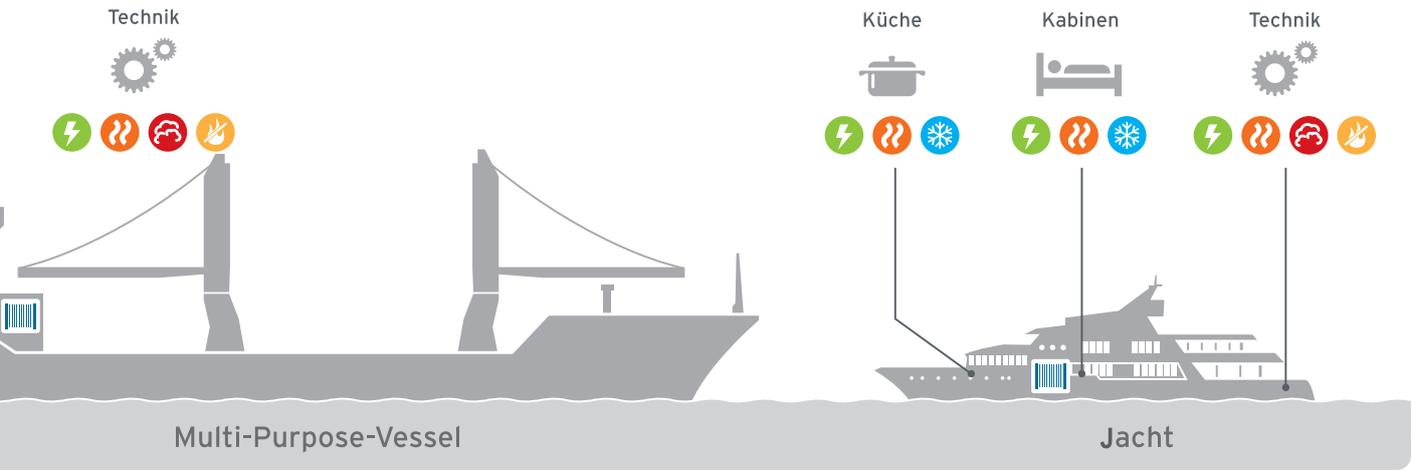


**Verbesserung der Luftqualität**  
durch Reduktion von Schadstoffen wie Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxyde (SO<sub>2</sub>)



### Brennstoffzelle

### Endprodukte



**Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen**  
 um 25–30%, als Beitrag zum Klimaschutz und Antwort auf strengere Emissionsrichtlinien



**Erhalt der Wirtschaftlichkeit**  
 durch Unabhängigkeit von endlichen fossilen Rohstoffen

### III/01 LEUCHTTURMVORHABEN E4SHIPS – BRENNSTOFFZELLEN IM MARITIMEN EINSATZ



In der Schifffahrt wachsen die Anforderungen aus den Klimaschutzvorgaben etwa des europäischen Rechts sehr schnell. Ziel des Leuchtturmprojekts e4ships ist es, durch den Einsatz von klimaschonenden Brennstoffzellen auf Schiffen Schadstoffemissionen deutlich zu senken, da diese eine umweltfreundliche Alternative zu den herkömmlichen Aggregaten an Bord von Schiffen bieten.

Im Projekt e4ships wurden neue technische Lösungen für die Reduzierung von Emissionen durch den Einsatz von Brennstoffzellen auf Schiffen erfolgreich demonstriert. Die erprobten Systeme sollen im ersten Schritt nicht die Antriebsmotoren substituieren, sondern die Aggregate zur Versorgung der Nebenverbraucher mit Strom und Wärme bzw. Kälte. Aufgrund der Nutzung der Brennstoffzelle als Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung sind sie besonders effizient. Gegenüber konventionellen, mit Marinediesel oder Schweröl betriebenen Verbrennungsmaschinen konnten signifikant reduzierte Geräusch- und Abgasemissionen nachgewiesen werden. Der dezentrale und modulare Ansatz bietet nicht nur eine flexible und sichere Anordnung an Bord, sondern zugleich eine redundante Energieversorgung und damit eine höhere Sicherheit (Safe Return to Port). Durch die Arbeiten im Projekt wurden gemeinsame Anforderungen bei der Erstellung von nationalen, europäischen und internationalen Regelwerken, Normen und Standards in die relevanten Fachgremien wie z. B. die International Maritime Organisation (IMO) eingebracht, um zukünftig grundsätzlich den Einsatz alternativer Kraftstoffe und Brennstoffzellen in der internationalen Schifffahrt zu ermöglichen. Dafür ist ein intensiver Austausch mit den Koordinatoren der Mitgliedsstaaten der IMO, d. h. in Deutschland dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, erforderlich. Im Rahmen von regelmäßigen Projekttreffen wurde eine Plattform für den fachlichen Austausch der Projektpartner untereinander geschaffen und durch eine gemeinsame Kommunikation eine hohe Wahrnehmung des Leuchtturmvorhabens in Politik und Öffentlichkeit sichergestellt.

Toplaterne ist ein übergeordnetes Modul im Verbundvorhaben e4ships, in dem alle übergeordneten Erkenntnisse, beispielsweise zu den eingesetzten Brennstoffen, gebündelt werden. Die in den Demonstrationsprojekten des Leuchtturms (Pa-X-ell und und SchIBZ) erprobten Anlagen sind noch Prototypen, die im Echtbetrieb weiter erprobt und optimiert werden müssen. Mögliche Brennstoffe sind Methanol, Erdgas (CNG, LNG), Diesel oder Wasserstoff. Wesentliche technische Herausforderungen ist neben der Umsetzung auf den verschiedenen Schiffstypen die Ableitung einheitlicher technischer Standards für alle Systemvarianten und Leistungsklassen. Für die Zukunft sind zudem leistungsstärkere Systeme planerisch vorzubereiten. Die bereits erworbenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für die Fortführung der Weiterentwicklung in maritimen Anwendungsfeldern.

#### PARTNER:

- a) hySOLUTIONS GmbH
- b) AIDA Cruises – German Branch of Costa Crociere S.p.A.
- c) DNV Germany GmbH
- d) Fr. Lürssen Werft GmbH & Co. KG
- e) Flensburger Schiffbau-Gesellschaft m.b.H.& Co. KG
- f) DNV GL SE
- g) Elsflether Zentrum für maritime Forschung GmbH
- h) MEYER WERFT GmbH & Co. KG
- i) ThyssenKrupp Marine Systems GmbH
- j) Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V.
- k) Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH

#### PROJEKTBUDET/€:

- a) 194.886
- b) 67.954
- c) 102.549
- d) 84.867
- e) 69.672
- f) 246.925
- g) 18.113
- h) 85.789
- i) 140.451
- j) 103.189
- k) 118.276

#### FÖRDERSUMME/€:

- a) 93.545
- b) 32.618
- c) 49.224
- d) 40.736
- e) 33.443
- f) 118.523
- g) 8.694
- h) 41.180
- i) 67.416
- j) 49.531
- k) 56.773

#### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2009

#### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

In dem Demonstrationsvorhaben *Pa-X-ell* werden unter Federführung der Meyer Werft mit ihren Projektpartnern Brennstoffzellensysteme mit flüssigkeitsgekühlten Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen entwickelt und auf einem Passagierschiff erprobt. Grundlage für das Brennstoffzellensystem sind dabei standardisierte Module für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte, die durch Zusammenschalten in beliebige Leistungsgrößen skaliert werden können. Die Anlage wird mittels eines internen Reformers mit einem Methanol-Wasser-Gemisch betrieben. Das langfristige Ziel der Projektpartner ist es, Brennstoffzellen in dezentralen Netzen an Bord von Passagierschiffen einzusetzen. Der dezentrale Aufbau steigert die Sicherheit, da jede einzelne Feuerzone auf einem Schiff mit Brennstoffzellen ausgestattet werden kann. Neben dem positiven Sicherheitsaspekt der Energieversorgung des Hotelbereichs werden Energieströme reduziert und somit die Effizienz des Gesamtsystems gesteigert. Eine an Land vorgefertigte Brennstoffzellenanlage wurde zur ersten maritimen Erprobung des Brennstoffzellensystems auf dem zwischen Stockholm und Helsinki verkehrenden Fährschiff MS Mariella installiert und erprobt. Im nächsten Schritt sind eine weitere intensive Entwicklung bei der Produktion der Brennstoffzellenmodule, die Steigerung der Energiedichte sowie die intensive Entwicklung des dezentralen und des hybriden Energiesystems für seegehende Schiffe erforderlich.

Unter Leitung von ThyssenKrupp Marine Systems arbeiten im Projekt *SchIBZ* verschiedene Unternehmen und Institutionen daran, motorisch getriebene Generatoren langfristig durch umweltschonende Brennstoffzellensysteme zu ersetzen. Dafür wird in interdisziplinärer Zusammenarbeit ein hochseetaugliches Hybrid-Stromaggregat auf der Basis von Festoxidbrennstoffzellen (Solid Oxid Fuel Cell, SOFC) und Lithium-Ionen-Batterien entwickelt, gefertigt und erprobt, um zukünftig die Energieversorgung an Bord sicherstellen zu können. Das Aggregat sowie die Anzahl der Module pro Schiff sind skalierbar, sodass ein schrittweiser Ausbau der Leistung in den Megawattbereich möglich ist. Als Brennstoff für die Anlage dient schwefelarmer Diesel, da er weltweit verfügbar ist, eine hohe volumetrische Energiedichte besitzt und bei einer Anwendung in der Brennstoffzelle neben signifikant reduzierten Kohlendioxidemissionen keine weiteren Schadstoffe erzeugt. Für alle an Land im Systemzusammenhang geprüften Teilprozesse wurde zunächst ein Demonstrator an Land aufgebaut, getestet und für den Betrieb auf See auf der MS Forester vorbereitet. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird das System hinsichtlich der Integration in Bordnetze und Leistungsdichte weiterentwickelt.

---

## IV. NIP — SPEZIELLE MÄRKTE

---



SÄMTLICHE PROJEKTE WERDEN AUF DEN FOLGENDEN SEITEN MIT IV/01 – IV/6 GEKENNZEICHNET.



NEU BEWILLIGTE PROJEKTE



ABGESCHLOSSENE PROJEKTE



QUERSCHNITTSTHEMEN



## NIP — SPEZIELLE MÄRKTE

Der Programmbereich Spezielle Märkte im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) umfasst ein sehr breites Spektrum an Anwendungen. Die Bandbreite der Leistungsbereiche ist groß, und unterschiedlichste Brennstoffe und Brennstoffzellentechnologien kommen zum Einsatz.

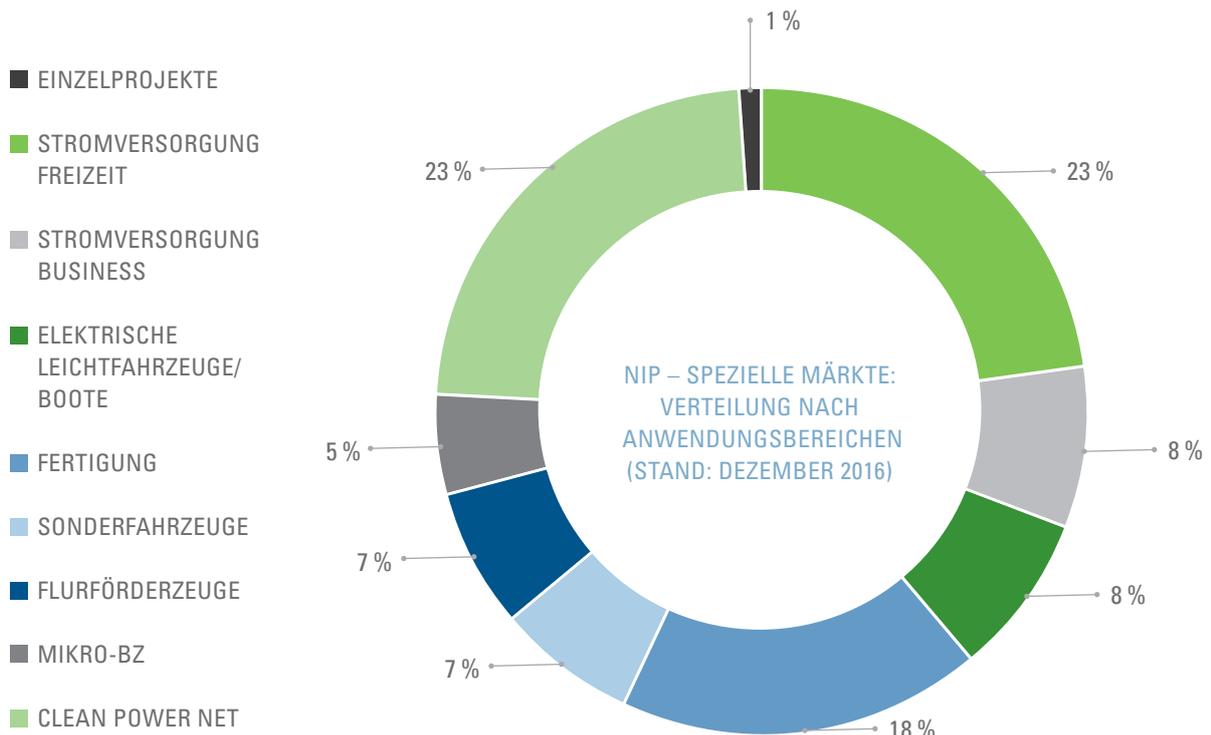
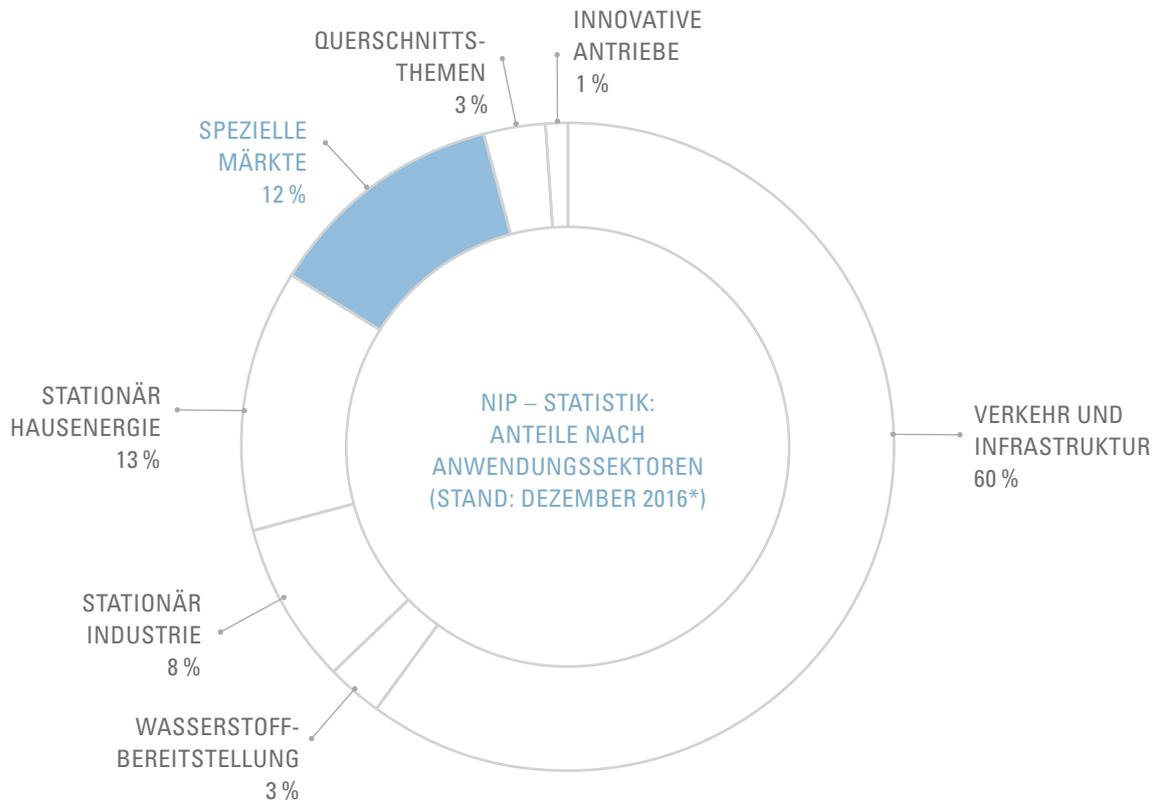
In den Speziellen Märkten findet auch eine Vielzahl von Komponenten Anwendung, die in Brennstoffzellen für Automobil- und stationäre Anwendungen eingesetzt werden. Die Leistungsbereiche der Anwendungen in den Speziellen Märkten reichen von einigen Hundert Watt für Bordstromversorgungen bis zu einigen Zehn Kilowatt für unterbrechungsfreie Stromversorgungen sowie einigen Zehn Kilowatt für Sonderfahrzeuganwendungen. Als Brennstoffe kommen Wasserstoff, Methanol, Ethanol, Bioethanol oder LPG (Propan, Butan) in Verbindung mit Reformern zum Einsatz.

Zur Wasserstoffversorgung sind unterschiedliche Systeme im Einsatz: Druckgasflaschen und Kartuschen mit Metallhydriden beziehungsweise Wasserstoffgeneratoren auf Basis chemischer Hydride. Darüber hinaus ist auch der Aufbau kleiner Wasserstofftanks vorgesehen. Für mit Methanol betriebene Systeme gibt es eine Distributionsinfrastruktur und -logistik.

In Bezug auf die Brennstoffzellentechnologien wird das Spektrum von Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen (PEMFC), Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen (HT-PEM), Direktmethanol-Brennstoffzellen (DMFC) bis hin zu Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) abgedeckt.

Spezielle Märkte umfasst die Anwendungsbereiche:

- Stromversorgung Business (Notstromversorgung USV, netzferne Stromversorgung, autarke/hybride Stromversorgung, Netzersatzanlagen, z. B. in den Bereichen Telekommunikation, Informationstechnologie, Verkehrsleittechnik),
- Stromversorgung Freizeit (Bordstromversorgung [APU] Caravan, Camping, Berghütte, Boote),
- Lagertechnik Fahrzeuge (Cargoschlepper, Hubwagen, Förderbandwagen, Flurförderzeuge, Gabelstapler, Routenzugschlepper, Gepäckschlepper an Flughäfen),
- Sonderfahrzeuge (Servicefahrzeuge, kommunale Fahrzeuge/Reinigungsfahrzeuge, Müllfahrzeuge, Klein-Lkw mit Brennstoffzellen-Range-Extender),
- elektrische Leichtfahrzeuge/Boote (Fahrräder, Cargo Bikes, Golf-Caddies, Leichtboote [Antrieb], Brennstoffzellen-Elektroroller, medizinische Fahrhilfen) und
- Mikrobrennstoffzellen (Industriesensorik, Kleingeräteversorgung).



## NOW als Schnittstelle und Katalysator

An der Schnittstelle zwischen öffentlicher Hand, Wirtschaft und Wissenschaft ist es der NOW GmbH gelungen, das Thema Brennstoffzelle mit dem Clean Power Net (CPN) weiter voranzutreiben und mit den Vorbereitungen zum Aufbau des Clean Intralogistics Net (CIN) im Bereich der Intralogistik zu fokussieren. Der Erfolg ist vielschichtig und wird von mehreren Faktoren getragen.

**So haben die Themen Klimawandel, Energiesicherheit und Ressourcenknappheit die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016 mehr denn je auf die Agenda in Politik und Wirtschaft gehoben.**

Ob in der Logistik, der Intralogistik oder in kritischen Infrastrukturen: Nie waren die Chancen für eine kommerzielle Markteinführung größer. So gibt es seitens CIN eine Verbindung zum VDMA Fördertechnik und Intralogistik Abteilung Flurförderzeuge, in dem aktuell 36 Flurförderzeughersteller organisiert sind. Auch erste namhafte Anwender in Europa nutzen Brennstoffzellensysteme in der Logistik, wie etwa BMW, Daimler, Ikea, Colruyt, FM Logistic und Prelocentre. Die Logistikindustrie realisiert mit Brennstoffzellenschleppern und -Gabelstaplern bereits nationale und eine Vielzahl internationaler Projekte.

NOW agiert hierbei wie gewohnt nicht nur als Koordinator, sondern analysiert und bewertet Brennstoffzellenprojekte. In den vergangenen Jahren wurde die NOW GmbH darüber hinaus als neutraler Moderator in den Diskussionen zwischen den Partnern und den öffentlichen Stellen anerkannt.

Ein wichtiger Schritt 2016 war die Bekundung der Industrie, Anwender und Hersteller, ein gemeinsames Netzwerk, das CIN, zu gründen. Im Netzwerk soll die Brennstoffzellentechnologie im Bereich der Intralogistik vorangetrieben werden. Dafür hat man sich für das CIN unter Federführung der NOW GmbH die Schaffung sowie Nutzung von Synergiepotenzialen auf die Fahne geschrieben. Weitere Ziele sind eine stärkere interdisziplinäre Zusammenarbeit und das Generieren von Skaleneffekten bei Beschaffung und Herstellung. Eine höhere Aufmerksamkeit in internationalen Fachkreisen ist dafür unabdingbar. Marketing- und PR-Maßnahmen sollen dabei ebenso helfen wie eine stärkere Marktanalyse und Beobachtung.

Vorbild ist für das CIN nicht zuletzt der Erfolg des CPN, das gemeinsam mit e4ships, Clean Energy Partnership (CEP) und Callux längst zu den Leuchtturmprojekten des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) zählt.

Das CIN soll daher noch im ersten Halbjahr 2017 – analog zu den NIP-Leuchtturmprojekten – als Innovationscluster etabliert werden. Dafür wird ein Antrag auf Fördermittel aus dem NIP2 gestellt (Laufzeit zunächst drei Jahre).

## IV/01 GENSTORE



GenStore steht für „Generation“ und „Storage“. Das im Rahmen dieses Förderprojekts entwickelte System kombiniert dezentrale Wasserstofferzeugung durch Elektrolyse mit dezentraler Stromerzeugung durch Brennstoffzellen in einer physikalischen modular aufgebauten Einheit.

Ziel des GenStore-Förderprojekts war die Entwicklung der ersten Generation eines kombinierten Brennstoffzellen- und Elektrolysesystems, welches das Potenzial hat, den Ausbau in der Telekommunikation im Off-Grid-Bereich unter Einbindung erneuerbarer Energiequellen zu beschleunigen und Dieselgeneratoren als Notstromaggregate abzulösen. Basierend auf Informationen aus verschiedenen Marktstudien, u. a. von der GSMA und eigenen Abschätzungen, wird das adressierbare Marktpotenzial auf ca. 50.000 Einheiten pro Jahr geschätzt.

Aufgrund des bestehenden Marktzugangs von Heliocentris im Telekombereich konnte ein detailliertes Anforderungsprofil für ein modulares, voll integriertes Brennstoffzellen- und Elektrolysesystem definiert werden, welches den Großteil der üblichen Anforderungen für Off-Grid- und Notstromsysteme abdeckt. Zur Zielerreichung der ersten Generation von GenStore-Systemen wurden bestehende Subsysteme – Brennstoffzelle, Elektrolyse und Energiemanagement – optimiert und in einem Gehäuse kombiniert. Neben Funktionalität, Sicherheit und Modularität waren insbesondere Kostenreduktionspotenziale eine wesentliche Grundlage für Systemdesignentscheidungen.

Die ausgewählte „Anion Exchange Membrane“-(AEM)-Elektrolyseurtechnologie kombiniert die Vorteile von PEM- und alkalischen Elektrolyseuren: hohe Dynamik für die Kombination mit erneuerbaren Energiequellen, geringe Systemkomplexität, edelmetallfreier Katalysator sowie geringe DI-Wasser-Qualitätsanforderung.

Im Rahmen des GenStore-Förderprojekts wurden Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-systeme mit Leistungen bis zu 5 kWp und Wasserstoffproduktionsraten bis zu 500 Liter pro Stunde entwickelt, getestet und bei Referenzkunden in Betrieb genommen.

Das erste extern installierte GenStore-System wurde bei MTN in Südafrika in Betrieb genommen. MTN ist der größte Mobilfunkbetreiber in Afrika. Südafrika leidet insbesondere unter häufigen und teilweise auch länger andauernden Stromausfällen. Alternative Technologien wie z. B. dieselbetriebene Generatoren oder große Batteriebanken sind aufgrund von Diebstahl häufig nicht funktionsbereit. Darüber hinaus bieten GenStore-Systeme einen wesentlich besseren ökologischen Fußabdruck als konventionelle Batterie- und Dieselsysteme. Diese beiden Aspekte waren die zentralen Entscheidungskriterien für MTN, als Erste ein GenStore-System zu testen.

**PARTNER:**  
Heliocentris Industry GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
3.075.942

**FÖRDERSUMME/€:**  
1.476.452

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. November 2013

**LAUFZEITENDE:**  
30. September 2016

## IV/02 BODENSEE-Projekt – Entwicklung, Erprobung und Einsatz eines modularen Brennstoffzellensystems



Die *SWU Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH* verfolgte im Rahmen des NIP die Entwicklung, Erprobung und den Einsatz von modularen Brennstoffzellensystemen.

Als Basis für das modulare Brennstoffzellensystem kam hier ein Stackmodul mit einer Leistung von ca. 1,5 kW<sub>el</sub> zur Anwendung. Bei diesem Stack handelt es sich um eine Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle mit metallischen Bipolarplatten der Fa. Reinz/DANA. Durch die Möglichkeit der Parallelschaltung von bis zu vier der sogenannten Stromerzeugermodule kann damit nun eine Gesamtleistung von etwa 4 bis 5 Kilowatt erreicht werden. Komplettiert wird das Brennstoffzellensystem mit den Komponenten zur Kühlung der Stacks, wie etwa der Wasser-Luft-Wärmetauscher und ein separates Kühlmodul zur Regelung des Kühlkreislaufs. Die Steuerung des gesamten Systems, und somit aller Module, übernehmen hierfür eigens entwickelte Steuergeräte. Damit das Thema Sicherheit nicht zu kurz kommt, wurde während der Entwicklungsphase, in Abstimmung mit dem TÜV Süd, eine Gefährdungsbeurteilung erstellt und alle daraus resultierenden Ergebnisse in der anschließenden Realisierung berücksichtigt.

Als Einsatzfelder für das modulare Brennstoffzellensystem können sowohl mobile Plattformen als auch stationäre Anwendungen herangezogen werden. Als konkrete Anwendung des modularen Brennstoffzellensystems wurde bei der SWU eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) entwickelt und selbst errichtet, die mit zwei Stromerzeugermodulen ausgerüstet ist. Die USV-Anlage wird zukünftig als Demonstrationsobjekt zum Thema *Unterbrechungsfreie Stromversorgung mittels Brennstoffzelle* der Hochschule Ulm für Lehrzwecke zur Verfügung gestellt. In die USV-Anlage integriert ist ein Wechselrichter (~230 V) mit 2,5 Kilowatt Dauerleistung.

In einer weiteren Anwendung zum Einsatz von modularen Brennstoffzellensystemen hat die SWU ein Elektroboot mit bereits installierter Brennstoffzellentechnik erworben, mit dem Ziel, eine kommerzielle Personenbeförderung auf der Donau in Ulm/Neu-Ulm zu ermöglichen. Hierfür war es nun erforderlich, die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen und die Zulassungsfähigkeit mit den örtlichen Behörden sowie mit *Germanischer Lloyd* zu entwickeln. Im Zuge dieser Abstimmungen stellte sich jedoch heraus, dass die Aussicht auf einen späteren kommerziellen Schiffsbetrieb nur zu erreichen ist, wenn die eingekaufte Technik mit erheblichem Umbau und großem zeitlichen Engagement angepasst wird. Die hierfür erforderlichen Arbeiten wurden in einem Zeitraum von ca. 18 Monaten etwa zu 90 % umgesetzt und dann nicht mehr weiterverfolgt. Aufgrund der Auflagen bezüglich Sicherheitsvorkehrungen und der damit verbundenen Bedienung des Brennstoffzellenbootes war ein späterer kostendeckender Einsatz nicht mehr zu erwarten.

Die SWU hat nun während der Projektlaufzeit im Grunde alle Phasen der Produktentwicklung von Brennstoffzellensystemen durchlaufen und auch die speziellen Herausforderungen beim Einsatz dieser Technologie kennengelernt. Aufgrund von geänderten Rahmenbedingungen, u. a. im Energiesektor, wird sich die SWU dennoch nicht mehr aktiv und in dieser Form mit der Brennstoffzellentechnik befassen können.

**PARTNER:**  
SWU Stadtwerke Ulm/  
Neu-Ulm GmbH

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
1.488.745

**FÖRDERSUMME/€:**  
714.598

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. September 2010

**LAUFZEITENDE:**  
31. Oktober 2016

Mithilfe von regenerativen  
Energiequellen können  
Energieversorgungssysteme mit  
Brennstoffzellen unabhängig  
vom Stromnetz betrieben werden.





### IV/03 REGENERATIVE ENERGIEN IM MOBILFUNK – ENERGIEVERSORGUNG VON MOBILFUNKSTATIONEN DURCH BRENNSTOFFZELLEN-SYSTEMTECHNIK, WIND- UND SOLARENERGIE



Ziel des Demonstrationsprojekts war es, die Stromversorgung für einen unabhängigen Mobilfunkstandort im E-Plus-Mobilfunknetz mit großer Entfernung zur nächstgelegenen infrastrukturellen Anbindung an das öffentliche Stromnetz zu realisieren. Die Stromversorgung soll mithilfe von regenerativen Energiequellen und der neuen modularen Brennstoffzellentechnologie inklusive eines intelligenten Powermanagementsystems unabhängig vom Stromnetz betrieben werden.

In dem Vorhaben wurden Brennstoffzellensysteme, zum Teil in Verbindung mit Elektrolysesystemen, für den Betrieb von Basisstationen (BTS: Base Transceiver Stations) in einem Mobilfunknetz errichtet und getestet. Die Stromversorgung hierbei erfolgte unabhängig vom öffentlichen Stromnetz und regenerativ, eingebettet in ein Gesamtsystem aus Brennstoffzellentechnologie sowie Windkraft- und Fotovoltaikanlagen.

Das Vorhaben dient der Demonstration von regenerativen Energieerzeugern (Kleinwindkraftanlagen und Solaranlagen) in Kombination mit Brennstoffzellensystemen (ca. 10 kW) als hybride dezentrale Energieerzeugungssysteme mit stromnetzähnlicher Verfügbarkeit und keinerlei lokalen Emissionen. Es wurden drei Demonstrationsanlagen im E-Plus-Mobilfunknetz an stromnetzfernen Standorten aufgebaut und betrieben.

Neue Applikationen, wie breitbandiger Internetzugang (UMTS, LTE), wachsender Datentransport) oder das digitale terrestrische Fernsehen (DVB-H/Überallfernsehen) sind Wachstumsmärkte im Mobilfunksektor. Jährlich werden von allen Netzbetreibern in Deutschland ca. 5.000 bis 6.000 neue Sendestandorte für den Mobilfunk aufgebaut. Besonders im ländlichen Bereich ist die nötige Infrastruktur, um ein mobiles breitbandiges Internet flächendeckend anbieten zu können, nicht ausreichend vorhanden. Mit dem Aufbau neuer Mobilfunkstationen tritt immer häufiger das Problem auf, diese mit konstanter Energie zu versorgen.

#### PARTNER:

E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG

#### PROJEKTBUDEGET/€:

1.536.999

#### FÖRDERSUMME/€:

701.640

#### LAUFZEITBEGINN:

1. Juli 2010

#### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

» Das Vorhaben dient der Demonstration von regenerativen Energieerzeugern in Kombination mit Brennstoffzellensystemen als hybride dezentrale Energieerzeugungssysteme. «

## IV/04 AUSSTATTUNG VON BASISSTATIONEN DES BOS-DIGITAL-FUNKS IN BAYERN MIT BRENNSTOFFZELLEN-NETZERSATZ-ANLAGEN MIT ERHÖHTEN ANFORDERUNGEN



Im Zuge des Netzaufbaus des digitalen Behördenfunks in Bayern wurden rund 900 Funkstandorte aufgebaut. Davon wurden an 44 Basisstationen zur Absicherung der Stromversorgung Brennstoffzellen-Netzersetzanlagen (BZ-NEA) unter erhöhten Anforderungen errichtet, u. a. auch in voralpinen und alpinen Regionen des Freistaats.

Die BZ-NEA stellen hierbei die Notstromversorgung dieser Digitalfunkstandorte für einen Zeitraum von mindestens 72 Stunden sicher. Die erhöhten Anforderungen haben u. a. Einfluss auf den Energiebedarf der Funkstandorte, den Betrieb und die Wartung der Brennstoffzellensysteme und die Wasserstofflogistik.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde der Betrieb der BZ-NEA eingehend getestet sowie die zugehörigen Service- und Logistikkonzepte auf ihre Praxistauglichkeit hin untersucht. Ziel dieser Untersuchungen war es, die Eignung und Reife der Technologie für diesen Einsatzzweck zu prüfen und zu bestätigen. Weitere Ziele waren der Nachweis niedrigster Betriebskosten, höchste Zuverlässigkeit bei Stromausfall sowie die Optimierung des Stand-by-Verbrauchs. Das Projekt wurde in Arbeitspakete aufgeteilt und mit technischer Begleitung umgesetzt. Die Ausschreibung erfolgte in zwei Losen mit Zuschlagslimitierung, dadurch ergab sich eine Bezuschlagung von zwei Generalunternehmern (GU) mit unterschiedlichen Systemlieferanten. Der Aufbau konnte somit parallel erfolgen und wurde planmäßig vor Wintereinbruch erfolgreich an allen Standorten abgeschlossen.

Ein umfangreiches Testprogramm beinhaltete Testroutinen mit Simulationslast und Dauerbetrieb. Mehrere simulierte Stromausfälle erfolgten auch über einen Zeitraum von mehr als 120 Stunden; Prüfungen kurzzeitiger Stromausfälle und stark variierender Lastverteilungen waren ebenfalls Teil dieses Testprogramms. Insgesamt wurden mehr als 1.800 Betriebsstunden mit den BZ-NEAs absolviert, teils bei extremen Temperaturen von bis zu 45 °C mit direkter und dauerhafter Sonneneinstrahlung.

Ferner kam es im Projektzeitraum zu drei, durch vom Energieversorger bestätigten Stromausfällen, bei denen die BZ-NEA die Ausfallzeit problemlos überbrücken konnte. In zwei Fällen übernahmen die BZ-NEAs wegen geplanter Arbeiten am Stromnetz die Versorgung der Basisstation, auch hier lief die Übernahme problemlos.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass beide GUs und ihre Lieferanten die Anforderungen erfüllten und die technischen Ziele des Vorhabens somit voll erreicht wurden. Aufgrund des großen Lastbereichs zwischen 300 W und bis zu ca. 8.000 W musste das Hystereseverhalten beim Zu- und Wegschalten der Brennstoffzelle zur Batterieladung mehrfach angepasst werden, um einen Pendelbetrieb zu verhindern. Bei der Versorgung ausgewählter Standorte mit der BZ-NEA konnten auch die Unterschiede im Stromverbrauch der Funkstandorte klar und deutlich herausgearbeitet und die Annahmen bestätigt werden. Hervorzuheben ist außerdem, dass die befragten und für die einzelnen Standorte zuständigen Träger öffentlicher Belange durchweg positiv auf die Errichtung der BZ-NEAs reagiert haben und alle Genehmigungen (Natur- und Wasserschutzgebiete) zeitnah und ohne Probleme erteilt wurden.

### PARTNER:

Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr

### PROJEKTBUDDGET/€:

5.373.950

### FÖRDERSUMME/€:

2.579.496

### LAUFZEITBEGINN:

1. Mai 2015

### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016



BOS-Digitalfunk-Standorte mit Brennstoffzellen-Netzersatzanlagen in Bayern.



## IV/05 STROMVERSORGUNGS- UND NETZABSICHERUNGS-ANLAGEN FÜR BASISSTATIONEN DES BOS-DIGITALFUNKS BADEN-WÜRTTEMBERG



In Baden-Württemberg wurden für die Einführung des Digitalfunks in Deutschland für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) rund 700 Funkstandorte errichtet. Hinsichtlich der Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit bestehen an diese sogenannte kritische Infrastruktur besonders hohe Anforderungen. Daher hat sich das Land Baden-Württemberg dazu entschlossen, an 35 bedeutsamen und im Winter mitunter schwer erreichbaren Standorten eine stationäre Notstromversorgung durch die Installation von Brennstoffzellensystemen einzurichten.

Als Brennstoffzellentyp werden Polymerelektrolytbrennstoffzellen (PEM) eingesetzt. Der Leistungsbedarf an den Standorten liegt im Bereich zwischen 2,0 bzw. 2,5 Kilowatt. Die Brennstoffversorgung erfolgt durch den Einsatz von komprimiertem Wasserstoff in Druckgasflaschen. Die Funkstandorte können bei einem Stromausfall damit bis zu 100 Stunden versorgt werden. Durch den Einsatz von Druckgasflaschen ist eine schnelle Nachlieferung von Wasserstoff vergleichsweise unkompliziert möglich. Es kommen je Standort zwei Flaschenstränge (bestehend aus zwölf und zwei Gasflaschen) zum Einsatz. Dabei sind zwei Flaschen für die regelmäßige Konditionierung des Systems und zwölf Flaschen für den Notstromeinsatz vorgesehen. Befüllt sind die Flaschen jeweils mit 50 Liter Wasserstoff bei einem Druck von 300 bar.

Mit dem Vorhaben sollen der Einsatz und Betrieb von Brennstoffzellensystemen im Bereich der sogenannten kritischen Infrastrukturen vorangebracht werden. Zugleich sollen anhand von Feldtests valide und belastbare Daten über die eingesetzten Systeme gewonnen werden, um die Systemhersteller bei der Systemweiterentwicklung zu unterstützen.

Begonnen wurde das Projekt im Juli 2013 mit der Vorbereitung und Durchführung eines Vergabeverfahrens für die Lieferung der Brennstoffzellensysteme und der Wasserstoffflaschen. Der wirtschaftlichste Anbieter erhielt jeweils den Zuschlag. Der Aufbau der Systeme erfolgte zwischen November 2014 und Juli 2015. Die Inbetriebnahme erfolgte direkt im Anschluss an den Aufbau. Das Monitoring der Systeme wird über einen zentralen Server ausgeführt, der im letzten Quartal 2015 implementiert wurde. Damit lassen sich Stör- und Statusmeldungen sowie Betriebsdaten auslesen und dokumentieren.

Nach über einem Jahr Betrieb lässt sich resümieren, dass die Brennstoffzellensysteme stabil ihren Dienst verrichten. Die alle 30 Tage automatisch durchgeführte Konditionierung der Brennstoffzelle nimmt im Durchschnitt kaum 30 Minuten in Anspruch. Die für diesen Zweck vorgesehenen zwei Gasflaschen dürften somit ca. acht Jahre halten.

Auftretende Störungen hatten im Wesentlichen nichts mit dem grundlegenden Prinzip der Energieerzeugung zu tun, sondern betrafen eher periphere Komponenten für Steuerung und Überwachung sowie die Gasversorgung. Hier seien vor allem der Brennstoffzellen-Controller und der Energiemanager genannt, bei denen anfangs öfter ein Neustart oder ein Softwareupdate durchgeführt werden musste. Bei der Gasversorgung zeigten sich Fehler durch eine Leckage, eine Strangvertauschung sowie eine fehlerhafte Gas-Umschaltstation jeweils an einem Standort. Als betriebsverhindernd haben sich all diese erkannten Fehler und Störungen jedoch nicht herausgestellt.

### PARTNER:

Vermögen und Bau Baden-Württemberg

### PROJEKTBUDDGET/€:

2.779.169

### FÖRDERSUMME/€:

1.334.001

### LAUFZEITBEGINN:

1. Juli 2013

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

Anhand eines „echten“ Stromausfalls über 36 Stunden konnte an einem Standort das Verhalten des Systems analysiert sowie der Austausch von Gasflaschen geprobt werden. Im Verlauf zeigte sich eine problemlose Übernahme der Last durch das Brennstoffzellensystem, ein sauberes Umschalten zwischen den beiden Flaschensträngen beim Erreichen der vorgesehenen Umschaltsschwellen sowie eine klare Alarmierung beim Erreichen der eingestellten Warnschwelle für den Flaschenfüllstand. Der erforderliche Flaschentausch wurde in der geforderten Zeit abgewickelt. Mehrere kurze Stromausfälle (zwischen ca. einer und zehn Stunden) wurden ebenso problemlos durch das System abgedeckt.

Im täglichen Betrieb der Brennstoffzellensysteme ist das Handling mit der Einheit „Druck“ bei der Beurteilung der Füllstände der Gasflaschen zurzeit noch ungewohnt. Durch den physikalischen Zusammenhang mit der Temperatur und dem zu beachtenden füllstandabhängigen Kompressibilitätsfaktor des Gases kann es leicht zu Fehlinterpretationen der aktuellen Füllstände kommen. Dadurch wurde beispielsweise in einem Fall eine Leckage vermutet, die sich bei genauerer Betrachtung jedoch nicht bestätigte. In diesem für den Betrieb wesentlichen Punkt werden andere Wege der Analyse erforderlich sein.



In Baden-Württemberg wurden 35 von 700 Funkstandorten mit Brennstoffzellensystemen ausgestattet.

## IV/06 DEMONSTRATIONSBETRIEB BZ-FLURFÖRDERFAHRZEUGE DAIMLER WERK DÜSSELDORF



Das Projekt dient der Erprobung sowie der technischen und vor allem betriebswirtschaftlichen Bewertung von zwei Flurförderzeugen (Gabelstaplern) mit Brennstoffzellenantrieb im realen Einsatz des innerbetrieblichen Logistikverkehrs. Hierfür wurden zwei Gabelstapler einem 24-monatigen Praxistest in der Produktionslogistik des Werkes Düsseldorf unterzogen.

Über Nutzerbefragung zum Testbetrieb wurden u. a. Berührungspunkte im Umgang mit der Wasserstofftechnologie abgebaut und Akzeptanz in Belegschaft und Öffentlichkeit geschaffen.

Das Projekt wurde von zielgerichteter Öffentlichkeitsarbeit begleitet, um die Anwendungsmöglichkeiten der Wasserstofftechnologie aufzuzeigen und die Akzeptanzbildung zu steigern. Darüber hinaus wurden erste technische Weiterentwicklungen und Optimierungen im Bereich der Antriebs- und Betankungssysteme mit Blick auf die Minimierung des Wartungsaufwandes, die hohe Verfügbarkeit und kurze Betankungszeiten vorgenommen.

Das Projekt fügt sich ein in eine Reihe von Aktivitäten zur Förderung der Markteinführung von Wasserstoff als Kraftstoff. Ziel ist es, die technologische Erschließung des Energieträgers Wasserstoff für die innerbetriebliche Logistik durch vorindustrielle Forschung und Entwicklung maßgeblich voranzutreiben und ihn einer umfassenden Erprobung auf Alltagstauglichkeit und Systemfähigkeit zu unterziehen. Hierbei steht die Demonstration wasserstoffbetriebener Flurförderzeuge (FFZ) und zugehöriger Infrastrukturen zur Betankung und Wartung entsprechender Fahrzeuge im Vordergrund.

Das vorliegende Demonstrationsprojekt hat Pilotcharakter im Daimler Konzern und soll Erfahrungswerte für den Einsatz von perspektivisch größeren Flotten von FFZ mit Wasserstoffantrieb in Produktionsstätten liefern. Insbesondere die Effizienzsteigerung durch den Ersatz von batterieelektrischen Antrieben durch Wasserstoffantriebe und das damit verbundene Potenzial für die Optimierung der innerbetrieblichen Abläufe stehen im Fokus der projektbegleitenden Untersuchungen. Langfristig sollen die gewonnenen Erkenntnisse dazu beitragen, die komplette innerbetriebliche Logistik im Werk Düsseldorf und auch in anderen Produktionsstätten des Konzerns auf den innovativen Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb umzurüsten.

**PARTNER:**  
Daimler AG

**PROJEKTBUDEGET/€:**  
724.180

**FÖRDERSUMME/€:**  
347.606

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Juni 2012

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016

---

## V. BMVI — MODELLREGIONEN ELEKTROMOBILITÄT

---



SÄMTLICHE PROJEKTE WERDEN AUF DEN FOLGENDEN SEITEN MIT V/01 – V/19 GEKENNZEICHNET.



NEU BEWILLIGTE PROJEKTE



ABGESCHLOSSENE PROJEKTE



QUERSCHNITTSTHEMEN





# ELEKTROMOBILITÄT ALS BAUSTEIN DER ENERGIEWENDE

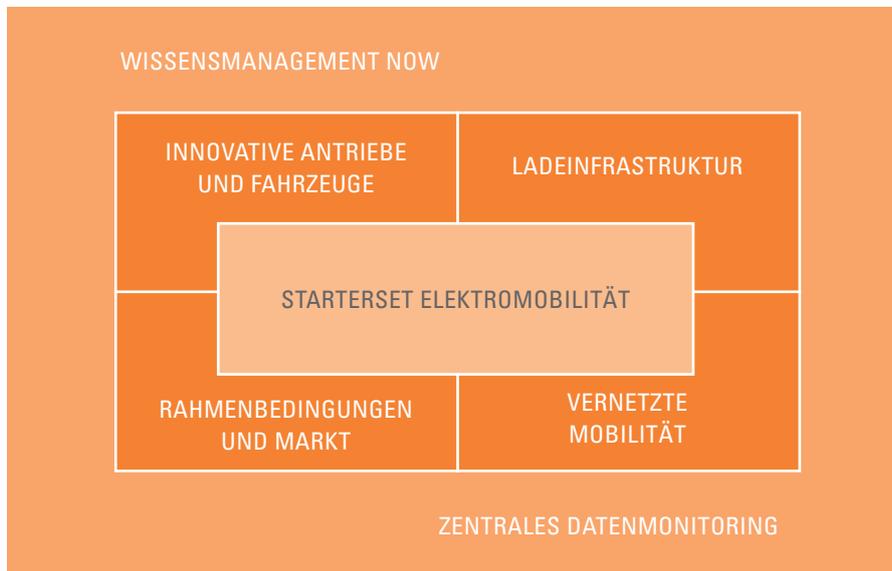
## Förderschwerpunkt Elektromobilität

Die Bundesregierung unterstützt die Forschung und Entwicklung alternativer Antriebe technologieoffen und verkehrsträgerübergreifend. Gefördert werden Antriebsmodelle von Plug-in-Hybrid über Batterie bis zur Brennstoffzelle, auf Straße und Schiene wie in der Schifffahrt und im Luftverkehr. Mit dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität (NEP) hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter im Bereich Elektromobilität zu entwickeln. Die Elektrifizierung des Verkehrssektors dient dabei dem Ziel, Mobilität in Zukunft energieeffizienter, klima- und umweltverträglicher zu gestalten und die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen zu reduzieren. Der Ausbau der Elektromobilität stellt damit eine tragende Säule zur Umsetzung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung dar.

## Modellregionen Elektromobilität

Aus Mitteln des Konjunkturpakets II hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), ehemals Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 2009 die Modellregionen Elektromobilität ins Leben gerufen. Der strategische Ansatz der Modellregionen gliederte sich in zwei Hauptbereiche: die Demonstration und Untersuchung der Alltagstauglichkeit von Elektromobilität in den regionalen Projekten und die übergreifende wissenschaftliche Begleitforschung. Durch die Zusammenarbeit der Projektpartner aus Industrie, Forschung und öffentlicher Hand wurden lokale Netzwerke geschaffen. Mit der Arbeit in den Modellregionen des BMVI wurde das Ziel der Marktvorbereitung über die Erprobung der Technologie im Alltag verfolgt. Im Rahmen der übergeordneten wissenschaftlichen Begleitforschung wurden die Erfahrungen und Ergebnisse zu zentralen Fragestellungen aufbereitet. Hier war das Ziel, gemeinsam über alle beteiligten Unternehmen und Organisationen hinweg, dazulernen und auch neue Akteure zu befähigen, in das Thema Elektromobilität einzusteigen.

Mit beginnendem Markthochlauf und der Veröffentlichung einer neuen, an die Markterfordernisse angepassten Förderrichtlinie erfolgte 2015 eine Fokussierung auf die Begleitforschungsthemen. Mit dem klaren Ziel der Unterstützung des Markthochlaufs wurden vier wesentliche Themenfelder identifiziert, welche die Säulen der laufenden Programmbegleitforschung darstellen.



### Fokussierung der Begleitforschung 2015

Die Kommunikation wird innerhalb des Startersets Elektromobilität gebündelt oder direkt an die relevanten Stakeholder der Themenfelder und kommunalen Akteure übergeben. Die Themenfelder „Rahmenbedingungen und Markt“ und „Vernetzte Mobilität“ nahmen im Juli 2016 ihre Arbeit auf und werden dann 2017 erste Ergebnisse liefern.

### Umsetzende Organisationsstruktur

Die Koordinierung der Aktivitäten innerhalb der Modellregionen Elektromobilität des BMVI obliegt der NOW. Zu den zentralen Aufgaben der NOW gehören die Definition und Auswahl der programmatischen Schwerpunkte in Abstimmung mit dem BMVI, die Koordination der wissenschaftlichen Begleitforschung, die Programmkoordination, die strategische Programmentwicklung sowie die Steuerung der einzelnen Projekte.

Das BMVI sorgt für die Verankerung im politischen Kontext und ist gemeinsam mit der Bundesregierung verantwortlich für die inhaltliche Schwerpunktbestimmung im Bereich Elektromobilität. Der Projektträger Jülich (PtJ) ist für die Projektadministration verantwortlich und unterstützt das Programm mit förderrechtlicher Beratung. Die Koordination auf regionaler Ebene erfolgt über die Projektleitstellen, besetzt mit regionalen Akteuren aus den Bereichen Wirtschaftsförderung, Stadtwerken, Energieagenturen und sonstigen öffentlich-privaten Partnerschaften. Sie sichern den Austausch zwischen den lokalen Projektpartnern und gestalten so lokale und regionale Partizipation am Programm. Der regionenübergreifende Austausch findet im Strategiekreis des BMVI statt. Er bildet

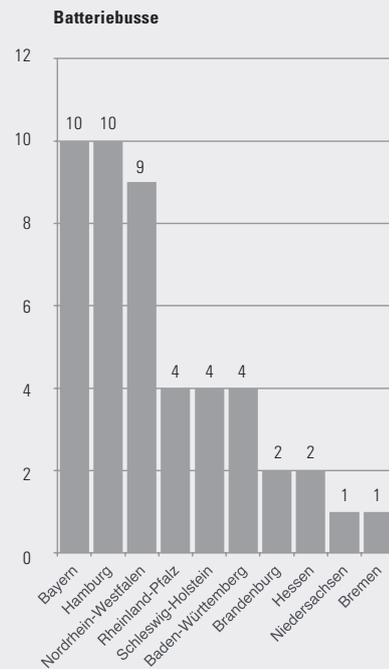
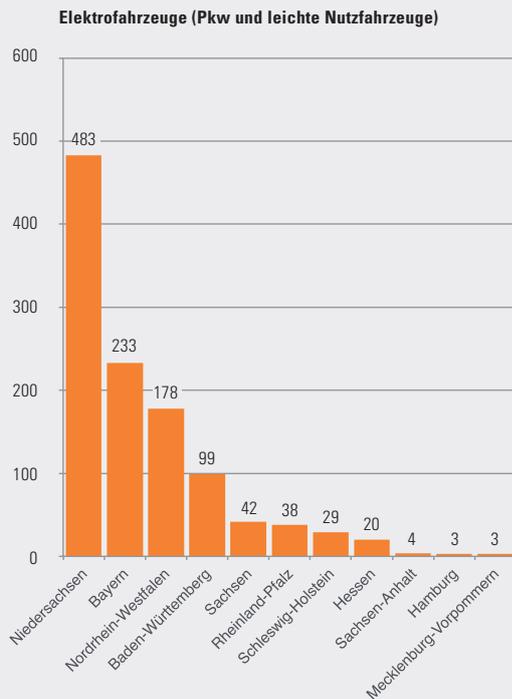
die Plattform, auf der sich Vertreter der Projektleitstellen der Modellregionen, Akteure der Begleitforschung sowie BMVI, NOW und PtJ über die Programmaktivitäten austauschen. Die Schaufenster Elektromobilität (Berlin/Brandenburg, Baden-Württemberg, Bayern/Sachsen, Niedersachsen) sowie die Begleit- und Wirkungsforschung der Schaufenster sind ebenfalls in den Strategiekreis eingebunden.

### **Förderung der Elektromobilität in den Modellregionen**

Am 9. Juni 2015 wurde eine neue Förderrichtlinie Elektromobilität veröffentlicht. Diese ist die Grundlage für eine kontinuierliche Fortsetzung des Förderprogramms Elektromobilität des BMVI. Mit der Förderrichtlinie unterstützt das BMVI zum einen die Beschaffung von Elektrofahrzeugen, insbesondere in kommunalen Flotten, mit dem Ziel der Erhöhung der Fahrzeugzahlen auf diesem Sektor. Parallel hierzu wird der koordinierte Aufbau einer bedarfsgerechten und strategisch platzierten Ladeinfrastruktur inklusive der Verknüpfung der Fahrzeuge mit dem Stromnetz in Kombination mit dem Ausbau erneuerbarer Energien unterstützt. Zum anderen wurde den Kommunen jetzt ermöglicht, Elektromobilitätskonzepte (sogenannte Umweltstudien) einzureichen, um das Thema Elektromobilität noch stärker in den kommunalen Gestaltungsbereich zu integrieren. Neben diesen beiden neuen Fördermöglichkeiten zur Beschaffung von Elektrofahrzeugen und zur Einreichung von kommunalen Elektromobilitätskonzepten gibt es als drittes Förderinstrument weiterhin die Möglichkeit, F&E Projekte (Forschungs- und Entwicklungsprojekte) zu beantragen. Anhand dieser Weiterentwicklung im Programm und der dadurch größeren Gestaltungsmöglichkeit kann nun der Markthochlauf bestmöglich unterstützt werden.

Auf Basis der Förderrichtlinie werden jährlich Förderaufrufe zu allen drei Förderbereichen durchgeführt. Hierbei ist es möglich, jährliche Anpassungen und Nachsteuerungen im Programm durchzuführen und sich den Markterfordernissen anzupassen. Der aktuelle Stand in den jeweiligen Bereichen wird in den nachfolgenden Textbeiträgen dargestellt.





## Beschaffungsprojekte unterstützen den Markthochlauf

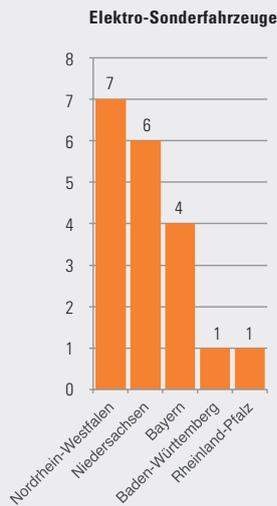
Mit den verschiedenen im Rahmen der *Förderrichtlinie Elektromobilität* vom BMVI bewilligten Projekte wird der kontinuierliche Markthochlauf unterstützt. Einen Schwerpunkt stellt die Beschaffung von E-Fahrzeugen (Autos, Nutzfahrzeuge und E-Busse) im Rahmen gewerblicher Fuhrparks dar sowie der dafür notwendige Auf- und Ausbau der dazugehörigen Ladeinfrastrukturen im öffentlichen und privaten Bereich.

Für die Betreiber von privaten und kommunalen Fuhrparks ist die Nutzung elektrischer Fahrzeuge unter mehreren Gesichtspunkten lohnenswert. Durch die sukzessive Einbindung von Elektrofahrzeugen in den eigenen Fuhrpark können Schadstoffemissionen (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Lärm) nachhaltig gesenkt werden. Da das tägliche Einsatzprofil vieler Fahrten vorgegeben ist, können die Elektrofahrzeuge gezielt überall dort disponiert werden, wo Distanzen kalkulierbar und/oder Zwischenladungen möglich sind.

Im Rahmen des Förderprogramms werden nicht nur Elektro-Pkw, sondern wird auch der Einsatz elektrischer Nutzfahrzeuge demonstriert.

Im Rahmen einzelner Förderprojekte besteht für die Mitarbeiter der öffentlichen Hand zudem die Möglichkeit, die Elektrofahrzeuge des kommunalen Fuhrparks im Rahmen von Carsharing-Modellen auch privat zu nutzen. Dadurch können die Mitarbeiter sowohl im geschäftlichen als auch privaten Alltag Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen sammeln und ihre Emissionsbilanz verbessern. Darüber hinaus werden die Gesamtkosten gesenkt, weil die Fahrzeuge besser genutzt werden.

Städtischen Verkehrsbetrieben, die lokal und regional den öffentlichen Personennahverkehr mit Bussen sicherstellen, wird es im Rahmen der Beschaffungsförderung ermöglicht, batterieelektrische Busse anzuschaffen und im Linienbetrieb zu erproben.



Im Rahmen der Beschaffung wurden in zwei Förderaufrufen insgesamt 106 Anträge bewilligt

Durch die Gesamtförder-summe von 14.734.766 Euro wurden somit 1.206 Fahrzeuge auf die Straße gebracht oder befinden sich aktuell im Beschaffungsprozess.

Zusätzlich wurde die Errichtung von 749 Ladepunkten bewilligt.

Beschaffung aus dem 1. und 2. Aufruf zur Förderrichtlinie Elektromobilität

**Die in vielen Projekten eingebundenen regionalen Energieversorger, Netzbetreiber und Stadtwerke wollen infolge des Aufbaus von Ladeinfrastruktur vor allem erneuerbaren Strom nutzen sowie die Auswirkungen der Ladevorgänge auf das regionale Stromnetz untersuchen.**

Im Zeitraum Juli 2015 bis Januar 2017 rief das BMVI in drei Förderaufrufen zur Einreichung von Anträgen auf Beschaffung von Elektrofahrzeugen und dazugehöriger Ladeinfrastruktur auf. In den ersten beiden Aufrufen (Juli/August 2015 und März bis Mai 2016) wurden 106 Anträge bewilligt. Damit ermöglichte das BMVI die Beschaffung von bundesweit 1.206 Elektrofahrzeugen und 749 dazugehörigen Ladepunkten und stellte insgesamt Fördermittel in Höhe von gut 14,7 Millionen Euro zur Verfügung.

Unter den 1.206 bewilligten Elektrofahrzeugen waren acht E-LKW, 47 Batteriebusse und 19 elektromobile Sonderfahrzeuge. Der weit überwiegende Anwendungsbereich war der Pkw mit 1.132 geförderten Beschaffungen.

Von den 749 bewilligten Ladepunkten war der Typ „AC 22 kW“ mit 651 bewilligten Beschaffungen der gefragteste Ladepunkt, gefolgt von DC-Schnellladesäulen (59) und Bus/Lkw-Ladeinfrastruktur (39).

## Ergebnisse der ersten beiden Aufrufe der Förderrichtlinie Elektromobilität

Im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität vom 9. Juni 2015 werden aus den ersten beiden Aufrufen derzeit 46 Elektromobilitätskonzepte vom BMVI gefördert.

Die geförderten Gebietskörperschaften, Unternehmen und Vereine haben ihren Sitz dabei mit großer Mehrheit in städtischen Regionen (76 %). Nur 7 % liegen in Regionen mit Verdichtungsansätzen, und mit 17 % liegt nur ca. ein Sechstel aller geförderten Elektromobilitätskonzepte in ländlichen Regionen.

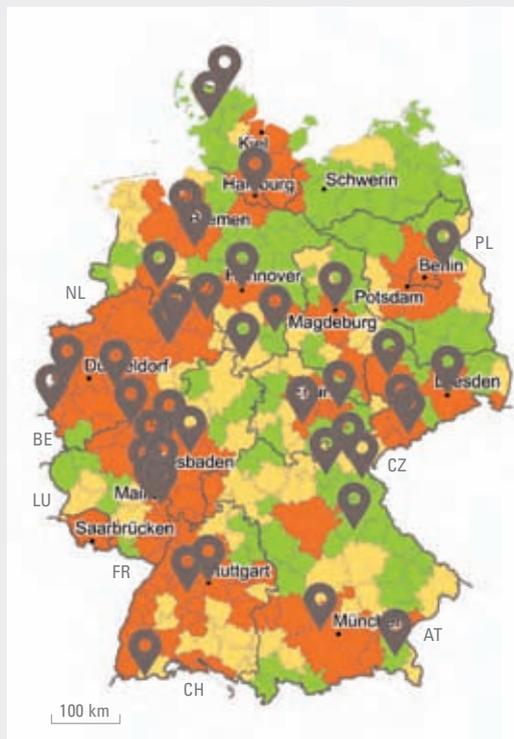
Von hoher Relevanz bei der Umsetzung von Elektromobilitätskonzepten ist deren strategische Einbindung. Durch eine Verzahnung mit bereits vorhandenen Konzepten – beispielsweise in den Bereichen Klimaschutz, Verkehr, Stadtentwicklung – können die Umsetzungs- und Erfolgchancen deutlich erhöht werden.

Thematisch spannt sich bereits jetzt ein breites Feld auf. In annähernd drei Viertel aller geförderten Elektromobilitätskonzepte ist die Elektrifizierung von Fuhrparks ein Ziel. Davon zielen 20 Konzepte auf die Elektrifizierung kommunaler Fuhrparks ab; die Erarbeitung konzeptioneller Rahmenbedingungen zur Elektrifizierung gewerblicher Fuhrparks ist in 14 Konzepten vorgesehen.

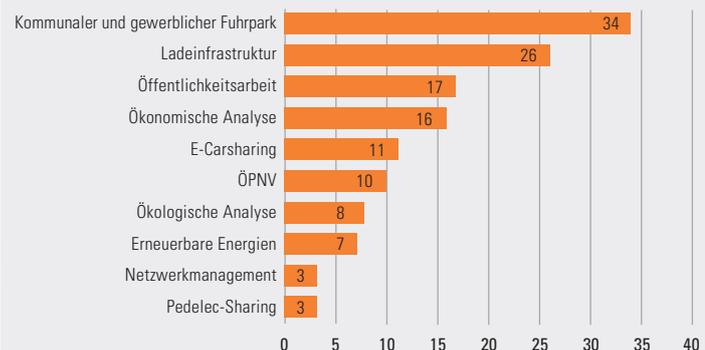
Naheliegender ist, dass mit 26 Konzepten mehr als die Hälfte der Konzepte die Schaffung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur als allererste Voraussetzung identifiziert und berücksichtigt. In fast jedem vierten Konzept (11) wird die Etablierung von E-Carsharing angestrebt, teilweise auch in Kombination mit Pedelec-Sharing. Mit der Anbindung E-mobiler Angebote an den ÖPNV – und damit der Schaffung intermodaler Wegeketten – beschäftigen sich zehn Konzepte.

Neben der Schaffung E-mobiler Angebote beinhalten die meisten Konzepte auch Querschnittsaufgaben. Allen voran werden hier ökonomische Analysen (16) angestrebt. 13 Konzepte wollen sich explizit der Aktivierung bzw. Öffentlichkeitsarbeit widmen. Ökologische Analysen (8) und die Potenziale erneuerbarer Energien (7) sind ebenfalls berücksichtigt.

Die in den Konzepten am stärksten adressierten Akteure sind kommunale Verwaltungen (17), Unternehmen (16) und Bürger (15). Zwölf der Konzepte sind anwenderoffen formuliert und beinhalten eine differenzierte Nutzeranalyse im Zuge der Konzepterstellung. Untergeordnete Bedeutung haben die Nutzergruppen Touristen und Pendler (jeweils 5) sowie Genossenschaften und ÖPNV-Anbieter (jeweils 2). Zudem gibt es jeweils ein Konzept, das sich an den Wohnungsbau, Lieferdienste, Taxifahrer und Early Adopter richtet. Zwar ist die thematische Vielfalt der Konzepte zu begrüßen, jedoch lässt sich bereits ableiten, dass einige Themen derzeit nicht entsprechend ihres jeweiligen Potenzials bearbeitet werden. So ist festzuhalten, dass beispielsweise das Thema der Vernetzung der Elektromobilität mit dem Stromnetz nicht im Fokus der Antragsteller liegt. Auch ist die Elektrifizierung gewerblicher Fuhrparke – Kommunen können hier eine essenzielle Vermittlerrolle einnehmen – unterrepräsentiert; hier besteht schließlich ein deutlich größeres Potenzial für den Markthochlauf als in kommunalen Fuhrparks. Eine ähnliche Rolle könnten Kommunen im Dialog mit der Wohnungswirtschaft einnehmen, die häufig noch nicht ihre aus der Elektromobilität resultierenden Potenziale erkannt hat; auch hierzu finden sich nur sehr wenige Zielsetzungen in den geförderten Konzepten. Werden E-mobile Angebote geschaffen, sollte zwingend berücksichtigt werden, wie deren Verstetigung zu erreichen ist (etwa durch Geschäftsmodelle) – dieses Ziel spiegelt sich bisher kaum in den Konzeptanträgen wider. Dass wenige Stadtwerke und ÖPNV-Anbieter unter den Antragstellern sind, liegt daran, dass diese bereits in zahlreiche Beschaffungsprojekte, die den Markthochlauf unterstützten, eingebunden sind.



**Thematischer Überblick der Elektromobilitätskonzepte**



**Siedlungsstrukturtypen  
der Stadt-Land-Regionen 2014**

- Städtische Regionen
- Regionen mit Verdichtungsansätzen
- Ländliche Regionen

Förderprojekte

Datenbasis:  
Laufende Raumbeobachtung  
des BBSR

Geometrische Grundlage:  
Gemeinden (generalisiert),

© GeoBasis-DE/BKG  
Bearbeitung: P. Kuhlmann  
31.12.2014





# Förderschwerpunkt Forschung und Entwicklung (F&E)

Neben der Beschaffung von Elektrofahrzeugen und der dazugehörigen Ladeinfrastruktur sowie der Förderung von Elektromobilitätskonzepten ist über die Förderrichtlinie Elektromobilität vom Juni 2015 ein drittes Förderinstrument verankert. Hier können neben der direkten Unterstützung des Markthochlaufs noch weiterhin F&E-Projekte gefördert werden.

Nach Inkrafttreten der Förderrichtlinie wurden im F&E-Bereich zwei Förderaufrufe gestartet. Der erste Förderaufruf wurde zusammen mit der Förderrichtlinie im Juni 2015 veröffentlicht. Hier konnten Projektideen anhand der Förderschwerpunkte aus der Förderrichtlinie eingereicht werden. Diese Förderschwerpunkte lagen in folgenden Bereichen:

- Vorhaben zur Erprobung elektromobiler Nutzungs- bzw. Betriebskonzepte in entsprechenden Fahrzeugsegmenten,
- anwendungsorientierte Vorhaben zur Batterie und zu Batteriekomponenten mit dem Schwerpunkt auf der Fahrzeugintegration,
- Vorhaben zur Entwicklung und Erprobung innovativer Ladetechnologien,
- Vorhaben zur Entwicklung integrierter Ansätze zur Vernetzung von Infrastruktur und Fahrzeug,
- Vorhaben zur technischen Umsetzung von Systemlösungen und Dienstleistungen im breiteren Kontext der Elektromobilität,
- Vorhaben zur Stärkung der Elektrifizierung in den Bereichen öffentlicher Verkehr, Güter- und Sonderverkehre,
- maritime bzw. andere verkehrspolitisch relevante Anwendungen.

Nach Einreichung und Bewertung der Projektskizzen zum ersten Förderaufruf konnten 18,4 Millionen Euro Förderung in F&E-Projekten gebunden werden. Der Schwerpunkt der Projekte liegt hauptsächlich im ÖPNV mit vier Projekten. Drei Projekte davon haben ihren Fokus auf Elektrobusse und ein Projekt auf den öffentlichen öffentlichen Schienenverkehr. Die weiteren Projekte decken den Nutzfahrzeug- und den Pkw-Bereich ab. Im Pkw-Bereich wird neben der Fahrzeugthematik zusätzlich auch die Infrastrukturseite sehr prominent betrachtet.

Im zweiten Förderaufruf zu F&E-Projekten im September 2016 wurden folgende thematische Schwerpunkte gesetzt:

- öffentlicher Personennahverkehr mit Fokus auf Batteriebusen inklusive Ladetechnologie,
- Güter- und Wirtschaftsverkehr sowie City-Logistik,
- Integration von erneuerbaren Energien in den Verkehrssektor sowie Vernetzung von Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeugen,
- Schifffahrt sowie Sonderverkehre, z. B. an Flughäfen, Häfen und Logistikzentren.

Bis zur Einreichungsfrist am 29. Oktober 2016 wurden 66 Projektskizzen über alle vier Schwerpunkte eingereicht.



Stromladeinfrastruktur auf Basis erneuerbarer Energien im öffentlichen Raum.



# Themenfeld

## Rahmenbedingungen und Markt

Der Erfolg der Elektromobilität ist in hohem Maße abhängig von externen Einflüssen. Die Begleitforschung „Rahmenbedingungen und Markt“ betrachtet diese unterschiedlichen Einflüsse. Diese sind zum einen das Mobilitätsverhalten und die Mobilitätsbedürfnisse potenzieller Kunden aus dem privaten, öffentlichen und kommerziellen Bereich. Es wird dabei der Frage nachgegangen, wie die Elektromobilität ebendiese Bedürfnisse bedienen kann. Veränderte Lebensverhältnisse und gesellschaftliche Trends (z. B. Nutzen statt Besitzen) spielen bei der Betrachtung eine wichtige Rolle.

Die Begleitforschung wird auch untersuchen, für welche Flottenanwendungen Elektrofahrzeuge besonders geeignet sind, und dabei eine Beratungsfunktion wahrnehmen. Zusätzlich sollen Handlungsempfehlungen erarbeitet werden, welche rechtlichen und politischen Weichenstellungen vorgenommen werden müssen, um der Elektromobilität zum Durchbruch zu verhelfen. Hierfür werden die Entwicklungen der Elektromobilität in Deutschland umfassend analysiert und bewertet und mit denen auf ausgewählten internationalen Märkten verglichen.

### Zielgruppen der Ergebnisse

Unternehmen (insbesondere KMU), politische Entscheidungsträger, Kommunen, Privatpersonen

### Ansprechpartner:

Dominique Sévin, NOW GmbH  
 Dr. Márcia Giacomini, TÜV Rheinland Consulting GmbH  
 Dr. Jadranka Dokic, iit

### Konsortium:



# Themenfeld

## Vernetzte Mobilität

### Ausrichtung und Inhalte

Im Mittelpunkt der Begleitforschung „Vernetzte Mobilität“ stehen die Schnittstellen verschiedener elektromobiler Anwendungen und verschiedener Verkehrsträger sowie zwischen Elektromobilität und Energiewirtschaft. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem Auf- und Ausbau von Kompetenzen auf kommunaler Ebene hinsichtlich ganzheitlicher Mobilitätsstrategien und dazugehörigen Maßnahmen. Dies betrifft insbesondere die Themenbereiche der Förderung der Inter- und Multimodalität, der Bewertung von Wegeketten, u. a. im gewerblichen Verkehr und im Logistikbereich, der Entwicklung von regionalen und kommunalen Handlungsstrategien sowie die Verknüpfung von Energie- und Verkehrssektor auf lokaler bzw. kommunaler Ebene. Dabei erfolgt die Anknüpfung an die übergeordneten Energie- und Klimaziele der Bundesregierung. Übergeordnetes Ziel ist die Unterstützung des Markthochlaufs von Elektromobilität vor Ort.

Die **Hauptfragestellungen** der Begleitforschung lauten:

- a) Welche Schwerpunkte haben gegenwärtige und zukünftige Mobilitätsstrategien vor dem Hintergrund der Energie- und Klimaziele der Bundesregierung?
- b) Welche Wirksamkeit haben bereits identifizierte Maßnahmen zur Integration von Elektromobilität als Baustein für zukünftige Mobilitätsstrategien?
- c) Welchen Beitrag kann die lokale Erzeugung, Bereitstellung und Speicherung von regenerativer Energie für den Verkehrssektor mit dem Kernziel der Reduzierung des Endenergieverbrauchs und der Reduktion der Treibhausgasemissionen leisten?
- d) Wie können die Empfehlungen der Bundesregierung in kommunale Planungen integriert und umgesetzt werden?

Für die Beantwortung dieser Fragestellungen und zur Erreichung der Ziele ist die Analyse und Evaluation kommunaler Mobilitätsstrategien und -konzepte vorgesehen. Dies erfolgt durch die Untersuchung vorliegender Unterlagen, den Austausch mit den relevanten Akteuren sowie eine Befragung von Kommunen (Herbst 2018), eine Sammlung von Best-Practice-Beispielen und Diskussion in Expertenrunden. Eine weitere Säule der Begleitforschung sind **Themenfeld-Treffen** und Workshops sowie die Unterstützung von Fachkonferenzen und Roadshows. Sämtliche Ergebnisse werden über die Plattform des Starter Sets Elektromobilität als zentrale Online-Informationsstelle für das Thema Elektromobilität veröffentlicht und ergänzend in Broschüren publiziert. Zwischenergebnisse werden regelmäßig in Fact-Sheets zusammengefasst und publiziert.



Das erste Themenfeldtreffen fand am 8. Dezember 2016 in Berlin statt. Mit Gastvorträgen sowie in thematischen Workshops erfolgte der Einstieg in die Themen der Begleitforschung sowie die Verfeinerung der Untersuchungsfragen.

### Vorgesehene Ergebnisbroschüren

- Mobilitätsstrategien, Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für Kommunen zur Unterstützung des Markthochlaufs von Elektromobilität, 11/2018  
*Zielgruppe: kommunale Akteure*
- Ergebnisse der Städtebefragung, 05/2018  
*Zielgruppe: Politik und Wissenschaft*
- Maßnahmen auf kommunaler Ebene zur Kopplung von Verkehrs- und Energiesystem, 04/2019  
*Zielgruppe: kommunale Akteure*

### Zielgruppen der Ergebnisse

Gemeinden, Landkreise, Kommunen, kommunale und Landesunternehmen

### Ansprechpartner:

Silke Wilhelm, NOW GmbH  
Dr. Elisabeth Dütschke, Fraunhofer ISI  
Prof. Dr. Wolfgang Rid, ISME

### Konsortium:

Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe  
Institut Stadt | Mobilität | Energie (ISME), Stuttgart  
EE energy engineers, Gelsenkirchen  
Noerr LLP, München





## V/01 HEAT2GO – MODULARE WÄRMESPEICHERHEIZUNG FÜR VOLLELEKTRISCHE STADTBUSSE



Eine der großen gesellschaftspolitischen Herausforderungen der kommenden Jahre für den städtischen Personennahverkehr ist es, ohne klimaschädliche Emissionen auszukommen. Dafür wurden bereits elektrifizierte Fahrzeuge entwickelt, die jedoch keine zufriedenstellenden Lösungen für emissionsfreies und energieeffizientes Heizen beinhalten.

Daher wird im Projekt HEAT2GO eine schnellladefähige, modulare Wärmespeicherheizung unter Verwendung von Latentwärmespeichermaterialien für vollelektrische Stadtbusse entwickelt. Ziel ist es, an Endhaltepunkten neben dem Batteriespeicher auch einen Wärmespeicher innerhalb von wenigen Minuten elektrisch zu laden (Prinzip Gelegenheitsladung). Die so gespeicherte Wärmeenergie gelangt während des Umlaufs kontrolliert in den Fahrgastinnenraum, ohne zusätzliche Leistung aus der Batterie abzufordern. Gleichzeitig wird Rekuperationsenergie im Bedarfsfall direkt für die Heizaufgabe verwendet und so die Gesamteffizienz gesteigert.

Die entwickelten Lösungen werden in einem vollelektrischen, schnellladefähigen und zugelassenen Linienbus des IVI installiert, um die Funktionalität sowohl in einer Klimakammer zu validieren als auch im Straßeneinsatz zu demonstrieren. Auch die erforderliche schnellladefähige Infrastruktur steht dem Konsortium – bestehend aus Aurora Konrad G. Schulz GmbH & Co. KG, der Konvekta Thermo Systems AG und dem Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI – zur Verfügung.



### PARTNER:

- a) Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. (Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI)
- b) AURORA Konrad G. Schulz GmbH & Co. KG
- c) Konvekta Thermo Systems KG

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 671.649
- b) 214.803
- c) 379.272

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 604.484
- b) 438.374
- c) 189.636

### FAHRZEUGE:

12-Meter-Elektrobus

### INFRASTRUKTUR:

250-Kilowatt-Schnellladestation

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2016

### LAUFZEITENDE:

30. September 2019

12-Meter-Elektrobus an Schnellladestation.

## V/02 EKE ÖPNV – ENERGIE- UND KOSTENEFFIZIENTE ELEKTRIFIZIERUNG VON ÖPNV-FLOTTEN

Mithilfe der Projektarbeiten sollen Betreiber von ÖPNV-Buslinien in der Lage sein, unterschiedliche Elektrifizierungskonzepte (Fahrzeug und Infrastruktur) anhand eines Softwaretools hinsichtlich verkehrlicher und energetischer Eignung zu testen, zu vergleichen und zu bewerten. Dieses Tool soll Vorgaben wie Streckenprofil, Fahrprofil, Umlaufzeiten u. Ä. verwenden, um einen wissenschaftlich fundierten Vorschlag zu liefern, welche Elektrifizierungsvariante für eine bestimmte ÖPNV-Buslinie unter gegebenen Randbedingungen ideal ist. Optional sollen durch eine Parametervariation alternative Lösungsvarianten erarbeitet werden.

» Mithilfe der Projektarbeiten sollen Betreiber von ÖPNV-Buslinien in der Lage sein, unterschiedliche Elektrifizierungskonzepte (Fahrzeug und Infrastruktur) anhand eines Softwaretools hinsichtlich verkehrlicher und energetischer Eignung zu testen, zu vergleichen und zu bewerten. «



### PARTNER:

- a) Technische Universität Dresden
- b) Dresdner Verkehrsbetriebe AG

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 739.429
- b) 265.038

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 739.429
- b) 132.519

### FAHRZEUGE:

Solaris Urbino 12 Electric;  
Mercedes-Benz Citaro G  
Blue Tec-Hybrid

### INFRASTRUKTUR:

Pantograf Schnellladestation  
mit Kontaktierung Bahnstromnetz

### LAUFZEITBEGINN:

1. Dezember 2016

### LAUFZEITENDE:

30. November 2019

## V/03 BEMU – BATTERIETRIEBZUG FÜR NICHT- ODER NUR TEILELEKTRIFIZIERTE STRECKEN DES SCHIENEN-PERSONENNAHVERKEHRS (SPNV)



Bombardier Transportation entwickelt und baut einen mit *BOMBARDIER PRIMOVE* Batterien ausgestatteten *TALENT 3* Zug für den Einsatz auf nicht- oder teilelektrifizierten Strecken. Bombardier wird dieses Entwicklungsprojekt gemeinsam mit dem Projektpartner TU Berlin sowie einem ÖPNV-Betreiber und assoziierten Aufgabenträgern umsetzen. Begleitet wird das Projekt durch die wissenschaftliche Untersuchung von infrastrukturellen und betrieblichen Randbedingungen des Batteriebetriebs und die Erarbeitung eines Leitfadens für Politik, Betreiber und Aufgabenträger über Batteriebetrieb und Batterietriebwagen. Mithilfe des Leitfadens soll die Aufnahme von Batterietriebwagen in zukünftigen Verkehrs- und Fahrzeugausschreibungen berücksichtigt werden.

Ziel des Projekts ist neben der Entwicklung, Zulassung und dem Einsatz des Batteriebetriebzuges im Fahrgastbetrieb der Nachweis der Gesamtwirtschaftlichkeit des Batteriebetriebs im Vollbahnbereich. Der *TALENT 3* Batterietriebzug soll eine umweltfreundliche Alternative zu Dieselzügen auf nichtelektrifizierten Strecken bieten. Die damit verbundene deutliche Reduzierung von Schadstoff- und Lärmemissionen wird den Schienenpersonenverkehr sauberer und attraktiver machen. Betreiber und Passagiere profitieren zudem davon, dass keine zeitintensiven Wechsel von Elektro- auf Dieselzüge mehr notwendig sind, um nichtelektrifizierte Abschnitte zu überbrücken.

» Ziel des Projekts ist neben der Entwicklung, Zulassung und dem Einsatz des Batteriebetriebzuges im Fahrgastbetrieb der Nachweis der Gesamtwirtschaftlichkeit des Batteriebetriebs im Vollbahnbereich. «

### PARTNER:

- a) Bombardier Transportation GmbH
- b) Technische Universität Berlin

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 8.320.373
- b) 399.131

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 3.681.765
- b) 399.131

### FAHRZEUGE:

Ein dreiteiliger *TALENT 3* Batterietriebzug für den Einsatz auf nicht- oder nur teilelektrifizierten Eisenbahnstrecken

### INFRASTRUKTUR:

Keine zusätzlichen Infrastrukturmaßnahmen notwendig, da bestehende Eisenbahnoberleitungen für die Nachladung der Traktionsbatterien genutzt werden. Über 50 % des deutschen Eisenbahnnetzes sind elektrifiziert, sodass sich an nahezu jede nichtelektrifizierte Strecke eine Oberleitungsstrecke anschließt bzw. nahezu jede Strecke über mit Oberleitung elektrifizierte Teilstrecken verfügt.

### LAUFZEITBEGINN:

1. September 2016

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2020



Übergabe der Förderbescheide an die Projektpartner des Verbundvorhabens SEEN-KV durch Norbert Barthle, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur am 16. Januar in Berlin.

#### V/04 INVESTITIONSVORBEREITENDE SIMULATION DES EINSATZES VON ELEKTRISCHEN NUTZFAHRZEUGEN IM KOMBINIERTEN VERKEHR (SEEN-KV)



Ziele des Verbundvorhabens sind die Erforschung und Entwicklung sowie der Praxistransfer eines Entscheidungsunterstützungstools für den Einsatz von schweren elektrischen Nutzfahrzeugen im Vor- und Nachlauf („letzte Meile“) des kombinierten Verkehrs (KV). Damit soll vor allem der bislang problematische Einsatz rein elektrischer Nutzfahrzeugflotten im dynamischen Umfeld von KV-Umschlagterminals untersucht und ermöglicht werden. KV ist der Transport von Standardladeeinheiten (Container, Wechselbehälter, Sattelaufleger) mit mehreren Verkehrsträgern. Der Wechsel zwischen den Verkehrsträgern erfolgt in KV-Terminals, z. B. in Binnenhäfen und Güterverkehrszentren (GVZ). In dem zweijährigen Projekt werden die Einsatzbedingungen von Elektrofahrzeugen im Umfeld sächsischer KV-Terminals analysiert. Praxispartner sind die Sächsischen Binnenhäfen Oberelbe GmbH und die Emons-Rail-Cargo GmbH. Verbundkoordinator ist die LUB Consulting GmbH. Für die Simulation ist die Technische Hochschule Wildau federführend. Assoziierte Partner sind die GVZ-Entwicklungsgesellschaft Dresden mbH sowie die Deutsche GVZ-Gesellschaft mbH.

Mit SEEN-KV sollen die Nutzer den Einsatz von Elektro-Lkw für ihr Anwendungsfeld simulieren und so eine belastbare Entscheidung zur Beschaffung geeigneter Fahrzeuge treffen können. Ein weiteres Ziel ist die Erforschung von Anforderungen von Ladeinfrastrukturen in Bündelungspunkten des Güterverkehrs. Mit dem GVZ Dresden, den drei Binnenhäfen Dresden, Riesa und Torgau und dem KV-Terminal Schkeuditz stehen fünf Untersuchungsstandorte zur Verfügung.

##### PARTNER:

- a) LUB Consulting GmbH
- b) Technische Hochschule Wildau (FH)
- c) Emons-Rail-Cargo GmbH
- d) Sächsische Binnenhäfen Oberelbe GmbH

##### PROJEKTBUDET/€:

- a) 136.681
- b) 141.963
- c) 95.255
- d) 79.388

##### FÖRDERSUMME/€:

- a) 82.008
- b) 141.963
- c) 38.102
- d) 31.755

##### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2016

##### LAUFZEITENDE:

30. September 2018

## V/05 INDUKTIVE ENERGIEÜBERTRAGUNG MIT 200 KW IM ÖFFENTLICHEN PERSONENNAHVERKEHR IN BRAUNSCHWEIG



Elektromobilität mittels induktiver Ladetechnik („emil“) ist ein Forschungsprojekt der Braunschweiger Verkehrs-GmbH (Projektsteuerung, Linienbetrieb ÖPNV), gemeinsam mit Bombardier (Ladetechnik), BSIENERGY (Energieversorgung) und der TU Braunschweig (Entwicklung und Projektbegleitung) zur Umsetzung der Elektromobilität im regulären Linienbetrieb des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) in Braunschweig. Im März 2014 ging Deutschlands erster induktiv mit 200 Kilowatt geladener Elektrobus in den Passagierlinienbetrieb. Der Betrieb wurde auf der Linie M19 im Dezember 2014 durch vier 18-Meter-Elektro-Gelenkbusse ergänzt. Bis Ende 2016 haben die Elektrobusse in Braunschweig auf der jeweils 45 Minuten andauernden Linienfahrt insgesamt rund 230.000 Kilometer bei mehr als 22.000 kabellosen Ladezyklen im ganzjährigen regulären Betrieb absolviert.

Basierend auf der von Bombardier weiterentwickelten Technologie einer kontaktlosen Energieübertragung über Induktionsflächen unter der Straßenoberfläche, deren Grundlagen an der TU-Braunschweig maßgeblich entwickelt wurden, befreit das PRIMOVE System die Elektromobilität von ihren Beschränkungen durch Kabel und Stecker und lange Ladezeiten. Über in die Fahrbahn eingelassene Ladestationen und ein unter dem Fahrzeug montiertes Aufnahme-pad können die Elektrobusse während der Linienfahrt an ausgewählten Haltestellen geladen werden – ohne dass dadurch der bestehende Fahrplan verändert wird. Wesentlich ist zudem die mit 200 Kilowatt Leistungsübertragung umgesetzte Schnellladung, was eine zum Diesibus neutrale Fahrzeuganzahl bedeutet.



### PARTNER:

- a) Braunschweiger Verkehrs-GmbH
- b) Bombardier Primove GmbH
- c) BSIENERGY Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG
- d) Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 3.569.885
- b) 1.235.100
- c) 255.627
- d) 506.114

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 1.784.942
- b) 617.550
- c) 127.813
- d) 506.114

### FAHRZEUGE:

Vollelektrische Kraftomnibusse des Herstellers Solaris mit PRIMOVE Onboard-Komponenten (induktives Ladesystem und Batterien)

### INFRASTRUKTUR:

Buslinie M19, 12 km Länge, Braunschweiger Innenstadt

### LAUFZEITBEGINN:

1. Juni 2012

### LAUFZEITENDE:

30. September 2016

**18-Meter Elektrobus „emil Tramino“ im regulären Linienbetrieb des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) in Braunschweig.**



Dezentrales Laden  
bei der HOCHBAHN.

## V/06 BEEDEL – BEWERTUNG DES EINSATZES VON ELEKTRO- BUSSEN MIT DEZENTRALER LADEINFRASTRUKTUR IN METROPOLEN AM BEISPIEL DER HOCHBAHN



Das Vorhaben BEEDeL hatte die Ermittlung und die Bewertung der Einsatzpotenziale sowie die Ausgestaltung von Einsatzszenarien für Elektrobusse mit dezentraler Ladeinfrastruktur in Hamburg zum Inhalt.

Nach einer umfangreichen Datenaufnahme über mehr als 300.000 Kilometer Fahrstrecke im gesamten Liniennetz der Hamburger Hochbahn AG wurden ausgewählte Fahrprofile unter Berücksichtigung typischer Variationen durch Simulation auf ihre Anforderungen an die erforderliche Ladeinfrastruktur bewertet. Es wurde analysiert, inwieweit ein flexibler Einsatz der elektrisch betriebenen Busse möglich ist und in welchem Umfang und an welchen Punkten im Liniennetz Ladeinfrastruktur erforderlich ist, um einen robusten Betrieb zu erreichen. Der Einfluss auf die heutigen Fahr- und Umlaufpläne wurde geprüft und die zu erwartende Dimensionierung der Ladepunkte ermittelt.

Zwei Teilnetze wurden bewertet, und es zeigte sich, dass ein großer Teil der Buslinien ausreichend elektrisch versorgt werden kann, ohne dass eine Anpassung der Umlaufpläne notwendig ist. Dem gegenüber steht die Erfordernis, entsprechende Ladepunkte im öffentlichen Straßenraum herzustellen, verbunden mit den dafür benötigten Flächen und der Bereitstellung der erforderlichen Stromversorgung. Auf betriebliche Anpassungen, die zu Mehraufwand und geringerer Produktivität führen können, wurde weitgehend verzichtet.

Parallel zu diesen Arbeiten wurden Untersuchungen zur Alterung von unterschiedlichen Batterien durchgeführt, wie sie in elektrisch betriebenen Bussen eingesetzt werden, um ihre Dauerfestigkeit zu bewerten und Empfehlungen für den Einsatz zu erarbeiten.

### PARTNER:

- a) Hamburger Hochbahn AG
- b) Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
- c) Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

### PROJEKTBUDEGET/€:

- a) 155.740
- b) 247.128
- c) 36.816

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 77.870
- b) 222.415
- c) 136.816

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2014

### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

## V/07 UNTERNEHMENS- UND BRANCHENÜBERGREIFENDE ERPROBUNG VON ELEKTROMOBILITÄT IN DER BETRIEBLICHEN PRAXIS



Der Einsatz von Elektromobilität wurde bislang in einzelnen Flottenversuchen wissenschaftlich begleitet. Eine unternehmensübergreifende Erprobung im Alltagsbetrieb von Unternehmen verschiedener Branchen und Größen ist dagegen nicht bekannt. In der „UI EIMo“ finden sich daher über 90 Unternehmen zusammen, um Elektrofahrzeuge im betrieblichen Einsatz und/oder als Dienstfahrzeuge mit privater Nutzung in der betrieblichen Praxis einzusetzen und deren Alltagstauglichkeit zu testen.

Eine Besonderheit des Vorhabens ist der unternehmensübergreifende Ansatz, bei dem die Teilnehmer sich verpflichten, ihre Ladeinfrastruktur für alle Mitgliedsunternehmen der Unternehmerinitiative zu öffnen, um eine flächendeckende Infrastruktur vorzuhalten. Außerdem erklären sich die Unternehmen bereit, ihren jeweils firmeneigenen Elektrofahrzeug-Fuhrpark im Bedarfsfall auch innerhalb der „UI EIMo“ verfügbar zu machen. Gegenstand der UI EIMo ist außerdem die Erprobung von Service- und Wartungsarbeiten außerhalb der Markenwerkstätten/-händler. Die Unternehmerinitiative wird vom DFKI wissenschaftlich begleitet.

Zum Einsatz kommen ausschließlich marktverfügbare (Serien-)Fahrzeuge und Ladeinfrastrukturen, die dem neuesten Stand der technischen Entwicklung entsprechen. Zudem sollen einheitliche Standards bei den Ladestationen gesetzt werden, die es ermöglichen, jeden Nutzer zu identifizieren und die Aufladung zu verrechnen.

### Aktuelle Aktivitäten, Ergebnisse, Wirkungen (konkret und verifizierbar)

Die UI EIMo dient primär der Erprobung von Elektromobilität im betrieblichen Alltag. Durch die hohe Teilnehmerzahl ist es gelungen, zahlreiche Fahrer mit Elektromobilität in Verbindung zu bringen.

Wie zu erwarten, ist Elektromobilität in unterschiedlicher Weise akzeptiert worden. So gab es einige wenige Unternehmen, die bereits frühzeitig signalisiert haben, die Fahrzeuge nicht sinnvoll einsetzen zu können. Andere zeigten sich aufgeschlossener und nutzten die eingesetzten Fahrzeuge sehr intensiv. Interessant ist ein Einzelfall, in dem die Parameter des Fahrzeugs von Anfang an kritisiert wurden, der Nutzer das Fahrzeug am Ende der Laufzeit dennoch übernommen hat, weil er die Nutzung an die vorhandenen Parameter angepasst hat.

Ein konkretes Ziel der UI EIMo war die Etablierung eines sehr dichten Netzes an Ladestationen in Bremen und der umgebenden Region. Auch wenn die Reichweiten für die meisten innerstädtischen und regionalen Verkehre mittlerweile ausreichen, gibt dieses Netz an Ladestationen ausreichende Sicherheit und wird weit überwiegend in Betrieb bleiben. Ein besonderer Erfolg: Zwei Stationen des Netzbetreibers Avacon rangieren seit ihrer Installation auf den vorderen Plätzen im Ranking der deutschlandweit beliebtesten Ladestationen.

### PARTNER:

- a) Nehlsen Aktiengesellschaft
- b) HWT Hansen Wärme- und Tanktechnik GmbH & Co. KG
- c) Emigholz Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- d) Move About GmbH
- e) Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 7.149.236
- b) 58.825
- c) 172.550
- d) 844.164
- e) 713.222

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 3.574.618
- b) 29.412
- c) 86.275
- d) 506.498
- e) 641.900

### FAHRZEUGE:

- 147 Fahrzeuge
- BMW: 19 i3, davon 6 ohne REX
- Daimler: 55, davon Smart fortwo ed und 2 Vito E-Cell
- Renault: 50, davon 24 ZOE, 16 Kangoo Z.E., 9 Twizy, 1 Fluence Z.E.
- Opel: 4 Ampera
- H<sub>2</sub>O Automobile: 3 Elano 1.Go
- Mitsubishi: 2 i-MiEV
- Nissan: 11 Leaf
- Peugeot: 3 iOn

### INFRASTRUKTUR:

- 292 Ladepunkte:
- 115 AC-Ladepunkte mit einer Ladeleistung von bis zu 3,7 kW
- 2 AC-Ladepunkte mit einer Ladeleistung von bis zu 7,4 kW
- 170 AC-Ladepunkte mit einer Ladeleistung von bis zu 22 kW
- 5 DC-Ladepunkte mit einer Ladeleistung von bis zu 50 kW

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2012

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

## V/08 FREE – FREIZEIT- UND EVENTVERKEHRE MIT INTERMODAL BUCHBAREN ELEKTROFAHRZEUGEN

Das Projekt „FREE – Freizeit- und Eventverkehre mit intermodal buchbaren Elektrofahrzeugen“ hat seit seinem Start im Jahr 2012 maßgeblich dazu beigetragen, das Thema Elektromobilität in Nordhessen zu etablieren und verschiedene Anwendungen auf ihre Alltagstauglichkeit zu testen. Ziel war die Bereitstellung eines nachhaltigen Verkehrsangebots aus einer Hand. Die Integration von Elektrofahrzeugen und Pedelecs in das öffentliche Verkehrsangebot soll Besuchern der Region Nordhessen in Kooperation mit Gastgebern und Institutionen die Möglichkeit geben, ohne eigenen Pkw anzureisen und vor Ort jederzeit mobil zu sein.

Das Elektro-Carsharing umfasst 13 E-Pkw, die in Nordhessen an über 200 Ladepunkten geladen werden können. Im Rahmen von FREE wurde die Ladeinfrastruktur um 44 weitere Ladepunkte ausgebaut. Durch die Zusammenarbeit der am Projekt beteiligten lokalen Energieversorger EAM und Städtische Werke AG mit der Stadtwerke Union Nordhessen wurde eine gemeinsame RFID-Karte für den barrierearmen Zugang zur nordhessischen Ladeinfrastruktur geschaffen. Hinzu kommen 70 Pedelecs an 14 Mietstationen, Tendenz steigend. Neben den Nutzern des Carsharings und der damit verbundenen E-Mobilitätsangebote für Touristen ist der Ausbau der Ladeinfrastruktur im Rahmen von FREE eine wichtige Grundlage für den Durchbruch der Elektromobilität.

» Ziel ist die Bereitstellung eines nachhaltigen Verkehrsangebots aus einer Hand. «



### PARTNER:

- a) Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG
- b) EnergieNetz Mitte GmbH
- c) Universität Kassel
- d) Heinrich Müller – Touristikdienstleistungen mit dem E-Bike
- e) Regionalmanagement Nordhessen GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 1.946.594
- b) 479.291
- c) 770.618
- d) 167.390
- e) 1.033.344

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 973.296
- b) 239.645
- c) 770.618
- d) 133.912
- e) 671.673

### FAHRZEUGE:

13 Carsharing-E-Pkw:

- 6 Renault Zoe
- 6 Smart Electric Drive
- 1 eGolf

Betriebsfahrzeug der KVG:

- 1 Renault Kangoo Z.E.

Linienfahrzeug:

- 1 SOR E-Bus (Linienverkehr
- KVG 04/2013–03/2015)

70 Pedelecs an 14 Mietstationen in Nordhessen

### INFRASTRUKTUR:

44 neue Ladepunkte im Projekt, dadurch über 200 Ladepunkte in Nordhessen

### LAUFZEITBEGINN:

1. September 2012

### LAUFZEITENDE:

30. September 2016

Das „E-Bike-Netz Nordhessen“ verfügt über 20 Leihstationen und mehr als 70 Pedelecs in ganz Nordhessen.



Nordhessen verfügt derzeit über circa 200 Ladepunkte.





Durch eine Kooperation mit dem E-Carsharing-Anbieter E-Wald wurden die Voraussetzungen geschaffen, das integrierte E-Mobilitätsangebot für alle Regionen der Grimm-Heimat zur Verfügung zu stellen.



Insgesamt 13 Elektro-Pkw wurden für das Carsharing beschafft.

## V/09 TEBALE – TECHNISCHE BEGLEITFORSCHUNG ALLIANZ ELEKTROMOBILITÄT



Die Einführung der Elektromobilität in Deutschland wird in verschiedenen Modellregionen und Schaufensterprojekten intensiv entwickelt. Unter dem Dach der „Allianz Elektromobilität“ haben sich mehrere Vorhaben der Modellregion Rhein-Main vernetzt, um ihre Erfahrungen mit der Einführung E-mobiler Anwendung auszutauschen und technische Innovationen zu koordinieren.

Das Vorhaben TeBALE hat die Demonstrationsvorhaben der Allianz technisch begleitet. Für die Erfassung von Betriebsdaten der genutzten E-Fahrzeuge und die Datenweiterverarbeitung wurden Lösungen entwickelt. Dies gilt ebenso für Sonderfahrzeuge, die auf einem Flughafen zum Einsatz kommen. Weiterhin wurde die Gerätetechnik einzelner Sonderfahrzeuge untersucht und Verbesserungspotenzial benannt.

Energieeffizienz und funktionierende Ladesysteme sind wichtig für die Entwicklung der Elektromobilität. Hierzu wurde ein Verfahren zum Systemtest von Ladegerät und Elektrofahrzeug entwickelt, bei welchem Fahr- und Ladetests integral behandelt und damit Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Das Verfahren wurde in zwei Messkampagnen erprobt und weiterentwickelt. Detaillierte Ladekennlinien, Angaben zur Energieeffizienz und Ergebnisse von Testfahrten auf einem Rollenprüfstand stehen für diverse Fahrzeuge und Ladegeräte zur Verfügung.

Für die Untersuchung künftiger kabelloser Ladesysteme wurde ein Messsystem aufgebaut, mit dem das Übertragungsverhalten und die im Betrieb abgegebene elektromagnetische Strahlung untersucht werden kann.

### PARTNER:

- a) Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
- b) Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

PROJEKTBUDDGET/€:  
929.362

FÖRDERSUMME/€:  
836.426

### FAHRZEUGE:

Keine Beschaffung im Projekt

### INFRASTRUKTUR:

Keine Beschaffung von Ladeinfrastruktur im Projekt

### LAUFZEITBEGINN:

1. November 2012

### LAUFZEITENDE:

29. Februar 2016

» Energieeffizienz und funktionierende Ladesysteme sind wichtig für die Entwicklung der Elektromobilität. «



Präsentation der 40 eMiO-Fahrzeuge vor dem Büsing-Palais in Offenbach.

## V/10 PROJEKT EMIO – ELEKTROMOBILITÄT IN OFFENBACH



„eMiO – Elektromobilität in Offenbach“ ist ein Projekt im Rahmen der Modellregion Elektromobilität Rhein-Main und wird unter der überregionalen Koordination der NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH durch Mittel des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert. Mit eMiO ist es gelungen, Offenbacher Unternehmen für die elektromobile Fahrzeugtechnik zu begeistern und 40 Elektroautos auf Offenbachs Straßen zu bringen. Ein umfangreiches Angebotspaket, das von der Fahrzeugbeschaffung über die Wartung bis zur Versicherung zahlreiche Aspekte abdeckt, erleichterte den „eMiO-Pionieren“ den Einstieg in die Elektromobilität. Der wohl wichtigste Erfolgsfaktor des Projekts ist die erbrachte individuelle Beratungsleistung: Ob zu Konfiguration und Betrieb der Fahrzeuge, Installation von Ladetechnik oder Fragen zum optimalen Einsatz der Fahrzeuge im Alltag – die Nutzer werden im Rahmen von eMiO umfassend betreut. Umfangreiche Datenerhebungen der sozialwissenschaftlichen und technischen Begleitforschung lieferten darüber hinaus wertvolle Erkenntnisse zur Einsatzfähigkeit der Fahrzeuge. Das Thema Elektromobilität hat durch eMiO in der Stadt Offenbach nicht nur deutlich an Sichtbarkeit, sondern auch an Akzeptanz gewonnen.

**PARTNER:**  
Stadtwerke Offenbach Holding GmbH

**PROJEKTBUDDGET/€:**  
1.626.446

**FÖRDERSUMME/€:**  
711.407

**FAHRZEUGE:**  
40 Elektrofahrzeuge vom Kleinwagen bis zum Transporter

**INFRASTRUKTUR:**

- Öffentlich zugängliche DC- und AC-Ladeinfrastruktur an drei Standorten
- Private Ladeinfrastruktur bei den jeweiligen Unternehmen

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Oktober 2012

**LAUFZEITENDE:**  
31. Dezember 2016

## V/11 LEBENIMWESTEN – IMPLEMENTIERUNG NACHHALTIGER ELEKTROMOBILITÄT IN RANDSTÄDTISCHEN WOHNGBIETEN



Das Projekt „LebenImWesten“ beschäftigte sich mit der Integration von Sharing-Angeboten in nachhaltige Stadtentwicklungskonzepte. Die KEG bzw. das ausführende Projekt-  
leitungsteam von BSMF mbH und Planpool.EU ergänzte mit den geförderten Fahrzeugen  
(und zusätzlich zwölf E-Lastenfahrrädern „Bakfiets“) vornehmlich ihre nachhaltigen  
Wohngebäude (Plus-Energie-Standard u. Ä.) und stattete nach und nach sämtliche ihrer  
Bestandsgebäude mit Ladeinfrastrukturen aus. Darüber hinaus wurden diverse Projekt-  
partner aus der Wohnungs- und Sozialwirtschaft sowie der lokalen Ökonomie gewonnen.  
Diese wiederum ergänzten mit den E-Fahrzeugen ihre Vermietungsliegenschaften oder  
den eigenen Betrieb, statteten sie mit Ladeinfrastrukturen aus und wurden durch die  
Projektleitung zugleich verpflichtet, diese mit Ökostrom zu speisen.

Im Rahmen des Projekts wurde ein Sharing-System mit 15 öffentlichen Verleihstellen  
etabliert. Darüber hinaus wurden diverse Planungsinstrumente für die Integration von  
E-Mobility in die Stadtplanung sowie Geschäftsmodelle und Produkte in Form diverser  
Services (Serviced E-Car-Parking, Hol- und Bringdienste etc.) entwickelt und getestet.  
Zum Abschluss wurde mit der „EMO-FFM eG E-Mobilitätsgenossenschaft Frankfurt  
am Main“ eine geeignete Betreiberstruktur gegründet. Sie führt den Betrieb dauerhaft  
weiter und verbreitert sukzessive das Angebotsportfolio. Auch hierbei stehen das allen  
Bürgern zugängliche, elektromobile Angebot (nachhaltige Mobilitätsketten als Produkt)  
sowie maßgeschneiderte, nachhaltige Mobilitätskonzepte für die Wohnungswirtschaft  
und Bauträger im Vordergrund.

**PARTNER:**  
KEG Konversions-Grund-  
stücksentwicklungsgesell-  
schaft mbH

**PROJEKTBUDDGET/€:**  
937.728

**FÖRDERSUMME/€:**  
468.864

**FAHRZEUGE:**  
22 (16 Pkw, 2 Transporter,  
4 Quads „Twizy“)

**INFRASTRUKTUR:**  
2 Verleihzentralen, 1 Solar-  
Parker-Station, 12 Verleih-  
stationen, 54 Ladepunkte

**LAUFZEITBEGINN:**  
1. Februar 2013

**LAUFZEITENDE:**  
31. Oktober 2016



Urbane Stadtflietzer Renault  
Twizy und Smart Electric  
Drive.

## V/12 EFBEL VRR – ERWEITERTE FORSCHUNGSBEGLEITUNG FÜR DEN EINSATZ VON ENERGIEEFFIZIENTEN LINIENBUSSEN IM VERKEHRSVERBUND RHEIN-RUHR



Nach Abschluss der Messungen lassen sich folgende Hauptaussagen treffen: Stadtbusse mit hybriden Antrieben zeigen großes Potenzial zur Verringerung des Energieverbrauchs, der schädlichen gasförmigen Emissionen sowie der Geräuschemissionen. Zwischen den Eigenschaften der bisher ausgewerteten Fahrzeuge sind große Unterschiede festzustellen. So lassen sich Kraftstoffeinsparungen zwischen 6 % und 29 % im Vergleich zu konventionellen Dieselfahrzeugen messen, in Abhängigkeit von Fahrzeugmodell, Antriebskonzept, Liniencharakteristik, Außentemperatur und Fahrer. Die Verfügbarkeit der Hybridfahrzeuge ist während der Projektlaufzeit stetig gestiegen. Über alle Fahrzeuge gemittelt ergibt sich eine Verfügbarkeit von 78 % Betriebsstunden im Vergleich zu den geplanten Betriebsstunden. Unter idealen Bedingungen verringern sich die Geräuschemissionen von Hybridbussen, die im rein elektrischen Modus aus einer Bushaltestelle abfahren, um bis zu 61 % im Vergleich zu Dieselnbussen.

Neben den quantitativen Resultaten der Messkampagnen ist im Projekt EFBEL eine neuartige und umfassende Untersuchungsmethodik zur Bewertung von Stadtbussen mit konventionellen und alternativen Antrieben erstellt und etabliert worden. Unter Beibehaltung dieser Methodik lassen sich auch zukünftige Fahrzeugkonzepte fundiert evaluieren und mit den bereits vermessenen Modellen vergleichen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in die bundesweite Begleitforschung im Rahmen der AG Innovative Antriebe Bus sowie in weitere öffentlich geförderte Projekte und Prüfprogramme mit eingeflossen.

» Neben den quantitativen Resultaten der Messkampagnen ist im Projekt EFBEL eine neuartige und umfassende Untersuchungsmethodik zur Bewertung von Stadtbussen mit konventionellen und alternativen Antrieben erstellt und etabliert worden. «

### PARTNER:

- a) Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen
- b) Verkehrsverbund Rhein-Ruhr AöR

### PROJEKTBUDET/€:

- a) 2.175.296
- b) 124.820

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 2.175.296
- b) 62.409

### FAHRZEUGE:

- 15 Fahrzeuge wurden angeschafft, von denen alle in Betrieb sind (Stand: Q4 2016)
- 4 EvoBus Citaro G Hybrid
  - 2 Hess Swisshybrid
  - 2 MAN Lion's City Hybrid
  - 5 Solaris/Voith Urbino 18 Hybrid
  - 2 Volvo 7700 Hybrid

### INFRASTRUKTUR:

Ladeinfrastruktur wurde nicht angeschafft.

### LAUFZEITBEGINN:

1. Januar 2013

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

## V/13 E-CARFLEX BUSINESS



Die Projektpartner Landeshauptstadt Düsseldorf, Drive-CarSharing und Stadtwerke Düsseldorf brachten insgesamt 31 neu beschaffte Elektro-Pkw in einen Fahrzeugpool ein. Die Drive-CarSharing übernahm die Providerfunktion für die Fahrzeuge. Die Elektrofahrzeuge der Landeshauptstadt und der Stadtwerke wurden in einer ersten Phase lediglich für betriebliche Anwendungen in den Unternehmen genutzt, sodass auf diese Weise eine Grundauslastung gewährleistet war. Darüber hinaus wurden die Fahrzeuge der Landeshauptstadt in der zweiten Phase außerhalb der Geschäftszeiten und an Wochenenden den eigenen Beschäftigten und in der dritten Phase auch an Externe vermietet. Hierzu wurde das Firmenticket der Landeshauptstadt in Kooperation mit dem örtlichen ÖPNV-Anbieter Rheinbahn AG für den E-Carflex-Pool freigeschaltet. Auch Flinkster-Kunden der Deutschen Bahn AG konnten die Fahrzeuge mieten.

Das Vorhaben hat wichtige Erkenntnisse dazu geliefert, welche Rahmenbedingungen einer Nachfragesteigerung entgegenstehen und unter welchen Voraussetzungen bei den einzelnen Flottenbetreibern eine höhere Auslastung der Fahrzeuge zu erwarten ist.

Durch das Projekt wurde die Ladeinfrastruktur in Düsseldorf durch die Stadtwerke Düsseldorf weiter ausgebaut. Bis zum Ende des Projekts E-Carflex Business sind rund 70 öffentlich zugängliche Ladesäulen im Düsseldorfer Stadtgebiet installiert.

Das Wuppertal Institut hat im Projekt die wissenschaftliche Begleitforschung durchgeführt.

» Das Vorhaben hat wichtige Erkenntnisse dazu geliefert, welche Rahmenbedingungen einer Nachfragesteigerung entgegenstehen und unter welchen Voraussetzungen bei den einzelnen Flottenbetreibern eine höhere Auslastung der Fahrzeuge zu erwarten ist. «

### PARTNER:

- a) Landeshauptstadt Düsseldorf
- b) Drive-CarSharing GmbH
- c) Stadtwerke Düsseldorf AG
- d) Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 694.770
- b) 741.839
- c) 1.727.684
- d) 476.486

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 474.462
- b) 519.287
- c) 863.842
- d) 428.837

### FAHRZEUGE:

31 Fahrzeuge

### INFRASTRUKTUR:

30 Ladesäulen,  
10 Wallboxen

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2012

### LAUFZEITENDE:

30. Dezember 2016



## V/14 EMOVE – ELEKTROMOBILER MOBILITÄTSVERBUND AACHEN

Das Projekt „emove – elektromobiler Mobilitätsverbund Aachen“ hat die Einbindung von Elektromobilität in den Stadtverkehr untersucht. Im Arbeitspaket „Kommunale Planung“ wurden Planwerke deutscher Großstädte in Bezug auf die Berücksichtigung von Elektromobilität ausgewertet, u. a. Bebauungspläne und Verkehrsentwicklungspläne (VEP). Auf dieser Basis wurde ein Tool zur Unterstützung der zukünftigen Einbindung in städtische Planwerke entwickelt. Ferner wurden der Aachener VEP-Prozess begleitet und die Nutzerbedürfnisse im Zuge elektromobiler Quartiersentwicklung betrachtet. Im Arbeitspaket „Mobilitätsverbund“ wurde ein Jobticket-Angebot unter Einbeziehung von Elektrofahrzeugen entwickelt. Dem gingen umfangreiche Befragungen von Beschäftigten und Arbeitgebern voraus.

Im Rahmen der Umsetzung wurden 15 Elektrofahrzeuge in der Stadt Aachen u. a. beim Stadtbetrieb und der Feuerwehr angeschafft und werden seither dort eingesetzt. Weitere fünf Elektrofahrzeuge stehen im stationsgebundenen Carsharing in Aachen zur Verfügung. In den Städten Aachen und Herzogenrath wurden jeweils zwei „Mobilitätsstationen“ mit einer Ladesäule für ein Elektro-Carsharing-Fahrzeug errichtet. An den Stationen steht auch für weitere Strecken ein Verbrenner-Carsharing-Fahrzeug zur Verfügung. Zur Verdeutlichung des Stationsangebots wurde ein Designkonzept mit Stelen als Blickfang und Wegweiser entwickelt und installiert. Dieses Angebot wird an der Station Aachen Westbahnhof um eine Pedelec-Verleihstation ergänzt.

### Carsharing – Verleihstation für Elektroautos mit Ladeinfrastruktur



#### PARTNER:

- a) Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- b) Stadt Aachen
- c) Aachener Verkehrsverbund GmbH
- d) Stadtwerke Aachen Aktiengesellschaft
- e) STADTTEILAUTO Car Sharing GmbH
- f) EcoLibro GmbH
- g) Fachhochschule Aachen
- h) Probst & Consorten Marketing-Beratung

#### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 141.764
- b) 882.492
- c) 80.622
- d) 154.060
- e) 253.296
- f) 135.772
- g) 150.295
- h) 111.017

#### FÖRDERSUMME/€:

- a) 141.764
- b) 661.869
- c) 40.311
- d) 77.030
- e) 162.768
- f) 95.041
- g) 150.295
- h) 55.508

#### FAHRZEUGE:

22 Fahrzeuge

#### INFRASTRUKTUR:

4 Ladesäulen (jeweils zwei Ladepunkte) bis 22 kW

#### LAUFZEITBEGINN:

1. Dezember 2012

#### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

## V/15 SAXMOBILITY II – MOBILE ENDGERÄTE ALS ZUGANGS- UND ABRECHNUNGSSYSTEM FÜR LADEINFRASTRUKTUR SOWIE ZUR VERKNÜPFUNG MIT DEM ÖPNV



Die Projektpartner entwickelten und erprobten für das Ad-hoc-Laden von Elektrofahrzeugen, also der spontanen Nutzung von Ladeinfrastruktur, ein Zugangs- und Abrechnungssystem (ZAS) in Verknüpfung mit dem ÖPNV: das „StromTicket“.

Angesichts der großen Kundenzahlen im ÖPNV erscheinen kombinierte Zugangs- und Abrechnungsangebote für den ÖPNV und das Laden Erfolg versprechend. Die Idee ist, Mobilitätsdienstleistungen aus einer Hand zu liefern: Ladeservice, Ladesäulenreservierung und Abrechnung. Das stärkt umweltfreundliche Mobilitätsangebote und macht Lust auf elektrisches Fahren.

Seit 2013 ist die zeitbasierte Abrechnung von Ladevorgängen mit dem „StromTicket“ in das Verbundsystem „HandyTicket Deutschland“ eingebunden und seit 2016 für jeden Kunden der Verkehrsunternehmen im Verbund nutzbar. Im Raum Leipzig wurde das „StromTicket“ 2015 parallel zur Installation von 25 neuartigen Mobilitätsstationen im ÖPNV-Angebot „easy.GO“ verankert. Durch das Projekt SaxMobility II wurde zudem initiiert, dass Kunden das komplette Angebot an einem Ort nutzen können: Laden an den Stationen, Umsteige-, Informations- und Ticketangebote sowie Carsharing (CS) inkl. eCS bzw. Radverleih. Aufgrund der Neuartigkeit gibt es zahlreiche Anfragen zur Anwendung durch Dritte.

Zusätzlich wurde am Campus der HTW Dresden das sogenannte Car and More Sharing (CAMS 2.0) zur autarken Abwicklung eines Verleihbetriebs von Elektrofahrzeugen eingeführt. Studenten und Mitarbeiter erleben nun elektromobiles Fahrgefühl auf zwei und vier Rädern.



### PARTNER:

- a) KEMA – IEV Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH (DNV GL-Energy)
- b) Stadtwerke Leipzig GmbH
- c) ENSO NETZ GmbH
- d) Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW)
- e) Forschungs- und Transferzentrum Leipzig e. V. (FTZ)
- f) DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH
- g) Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) Gesellschaft mit beschränkter Haftung

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 145.527
- b) 1.404.638
- c) 493.319
- d) 1.211.069
- f) 1.248.651
- g) 656.697

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 72.764
- b) 702.319
- c) 246.660
- d) 1.211.069
- e) 66.759
- f) 624.325
- g) 328.348

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2011

### LAUFZEITENDE:

30. Juni 2016

StromTicket verbindet.



## V/16 EMIS – ELEKTROMOBILITÄT IM STAUFERLAND – INTEGRIERT IN STADTENTWICKLUNG UND KLIMASCHUTZ

Die Stauferstädte Göppingen und Schwäbisch Gmünd führten gemeinsam mit weiteren sechs Partnern und dem Städtebau-Institut der Universität Stuttgart das Projekt „EMIS – Elektromobilität im Stauferland – integriert in Stadtentwicklung und Klimaschutz“ durch. Ziel des Projekts war es, den Beitrag, den Elektromobilität zu den Stadtentwicklungs- und Klimaschutzziele leisten kann, zu evaluieren und in diese zu integrieren.

Der Beitrag zum Klimaschutz und die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen wurden im privaten, gewerblichen (zwei Hybridabfallsammler) und öffentlichen Verkehr in den beiden Mittelzentren untersucht. Die Nutzung von Elektrofahrzeugen wurde insgesamt positiv bewertet. Das in ein Wohnumfeld integriertes E-Carsharing wurde im Wohnquartier StadtGarten in Göppingen getestet.

Wesentlicher Bestandteil des Projekts war ein bedarfsgerechter Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur. Hierfür wurde im Zuge einer Stakeholder-Analyse und auf Grundlage einer Quartierstypologie eine räumliche Verteilung für die öffentliche Ladeinfrastruktur erarbeitet. Diese bildete die Grundlage für die Aufstellung der Ladesäulen, die ausschließlich mit Strom aus regenerativen Energiequellen versorgt werden.

Die Ergebnisse des Projekts flossen in eine „Toolbox für Elektromobilität in Mittelstädten“ ein, die detailliert aufzeigt, in welchen Schritten und unter welchen Bedingungen sich eine Kommune zur „elektromobilen Stadt“ entwickeln kann.

Insgesamt sieben Elektrofahrzeuge wurden im Alltag in den Stauferstädten Göppingen und Schwäbisch Gmünd eingesetzt.



### PARTNER:

- Stadt Göppingen
- Stadt Schwäbisch Gmünd
- Stadtwerke Schwäbisch Gmünd GmbH
- Wohnbau GmbH Göppingen
- Energieversorgung Filstal GmbH & Co. KG
- Heldele GmbH
- ETG Entsorgung + Transport GmbH
- Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbh (GOA)
- Universität Stuttgart (Städtebau-Institut)

### PROJEKTBUDEGET/€:

- 151.404
- 96.548
- 357.646
- 21.571
- 47.500
- 1.266.880
- 300.615
- 399.834
- 779.633

### FÖRDERSUMME/€:

- 109.616
- 69.128
- 178.823
- 10.785
- 23.896
- 633.440
- 150.307
- 199.917
- 779.633

### FAHRZEUGE:

7 Elektrofahrzeuge, 2 Hybrid-abfallsammler

### INFRASTRUKTUR:

31 Ladestationen mit 43 Ladepunkten

### LAUFZEITBEGINN:

1. September 2012

### LAUFZEITENDE:

31. August 2016

## V/17 BODENSEEMOBIL – INNOVATIVES MOBILITÄTSANGEBOT IM SÜDEN



Unter dem Namen „emma – e-mobil mit anschluss“ wurde in der Bodenseeregion ein innovatives Mobilitätsangebot ins Leben gerufen. Kerngedanke war die dreifache Vernetzung von Elektroautos: in das öffentliche Verkehrssystem, in das Energienetz und untereinander mittels moderner Informations- und Kommunikationstechnik. Ziel war es, durch die Ergänzung um Elektrofahrzeuge die Verkehrsverhältnisse in der Region zu verbessern. Im Bodenseekreis mit seinen 23 Gemeinden bot sich eine ideale Projektkulisse mit unterschiedlichen Zielgruppen, touristischem Angebot und städtischen Verdichtungszone, die in den ländlichen Raum übergeht.

Um die Projektziele zu erreichen, wurden verschiedene Szenarien zur Integration der Elektrofahrzeuge in den ÖPNV-Fahrplan entwickelt, die notwendige Ladeinfrastruktur aufgebaut sowie eine integrierte Mobilitäts-App entwickelt.

In drei Pilotgemeinden wurden Elektroautos als Ergänzung zu vorhandenen Buslinien eingesetzt, gesteuert von Busfahrern der örtlichen Unternehmen bzw. von ehrenamtlichen Fahrern des eigens gegründeten Bürgerbusvereins. Die Elektrofahrzeuge fahren bedarfsgerecht, also nur nach vorangehender Anmeldung, und ergänzen sowohl räumliche wie auch zeitliche Lücken im vorhandenen Fahrplan.

Darüber hinaus wurden mit CampusMobil und Community-Carsharing funktionierende Alternativen für das klassische Auto-Sharing speziell für den ländlichen Raum entwickelt und auch nach Projektende weitergeführt.



CampusMobil – Elektromobiles One-way-Carsharing im studentischen Umfeld.

### PARTNER:

- a) DB FuhrparkService GmbH
- b) T-Systems International GmbH
- c) Technische Universität Berlin
- d) Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH
- e) Duale Hochschule Baden-Württemberg
- f) Landkreis Bodenseekreis
- g) Stadt Friedrichshafen
- h) Stadtwerk am See GmbH & Co. KG
- i) HaCon Ingenieurgesellschaft mbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 687.466
- b) 397.007
- c) 188.645
- d) 361.833
- e) 469.366
- f) 922.080
- g) 922.557
- h) 578.009
- i) 588.174

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 343.733
- b) 166.743
- c) 169.780
- d) 180.917
- e) 422.429
- f) 647.208
- g) 738.045
- h) 289.005
- i) 294.087

### FAHRZEUGE:

Insgesamt wurden während der Projektlaufzeit 19 Fahrzeuge in Betrieb genommen: 8 Citroën C-Zero, 4 Peugeot iOn, 4 Nissan Leaf, 2 Nissan eNV 200, 1 Renault Kangoo Z.E.

### INFRASTRUKTUR:

34 Ladesäulen AC, je 2 Ladepunkte mit max. 22 KW; 3 mobile Schnelllader DC, je 1 Ladepunkt

### LAUFZEITBEGINN:

1. November 2012

### LAUFZEITENDE:

31. Dezember 2016

## V/18 EMOTIF – ELEKTROMOBILES THÜRINGEN IN DER FLÄCHE



Ziel des Forschungsvorhabens „EMOTIF – Elektromobiles Thüringen in der Fläche“ war die Etablierung eines elektromobilen Carsharing-Angebots im Freistaat Thüringen. Insgesamt wurden vier Carsharing-Stationen mit jeweils zwei Elektrofahrzeugen an den Bahnhöfen der Städte Eisenach, Erfurt, Weimar und Jena aufgebaut und in das Flinkster-Carsharing-Angebot der DB Rent GmbH integriert. Zusätzlich konnten insgesamt acht Ladestationen an touristischen Sehenswürdigkeiten im Umland in Betrieb genommen werden. Das Angebot erschloss damit vorrangig Ziele im ländlichen Raum, die bisher nur sehr eingeschränkt oder gar nicht mit dem öffentlichen Verkehr erreichbar waren, und ermöglichte vor allem Bahnreisenden eine vollständige elektromobile Wegekette. Durch die Verfügbarkeit der neuen Elektroflotte konnten Ziele im ländlichen Raum nun verlässlicher, schneller und zugleich umweltschonend erreicht werden. Im Rahmen der Begleitforschung des Forschungsvorhabens, welche vom Institut Verkehr und Raum der Fachhochschule Erfurt verantwortet wurde, konnten verschiedene methodische Ansätze erprobt werden. Neben der technischen und organisatorischen Funktionsfähigkeit stand auch die sozialwissenschaftliche Begleitforschung, und damit die Erforschung des Nutzers, im Fokus. Hier wurden eine Hotelgästabefragung mit dem Ziel einer Potenzialanalyse, eine qualitative Nutzerbefragung zu Motiven und Erfahrungen mit den Elektrofahrzeugen sowie qualitative Interviews mit den Betreibern der Ladeinfrastruktur, des Carsharing-Systems sowie den touristischen Leistungsanbietern durchgeführt. Insgesamt ergaben sich trotz einer hohen technischen Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit hohe Nutzungsbarrieren, sodass das System vor allem von ökologisch orientierten oder technisch interessierten Early Adopters genutzt wurde.

» Durch die Verfügbarkeit der neuen Elektroflotte konnten Ziele im ländlichen Raum nun verlässlicher, schneller und zugleich umweltschonend erreicht werden. «

### PARTNER:

- a) Fachhochschule Erfurt  
University of Applied Sciences
- b) Erfurt Tourismus und Marketing GmbH
- c) DB Rent GmbH
- d) Eisenacher Versorgungs-Betriebe GmbH
- e) Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH
- f) Stadtwerke Weimar Stadtversorgungs-GmbH

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 368.449
- b) 122.640
- c) 474.197
- d) 76.292
- e) 98.117
- f) 90.000

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 368.449
- b) 61.320
- c) 237.098
- d) 38.146
- e) 49.058
- f) 45.000

### FAHRZEUGE:

8 Citroën C-Zero

### INFRASTRUKTUR:

4 Carsharing-Stationen mit dazugehöriger Ladeinfrastruktur sowie 7 Ladesäulen/Wallboxen im Umland

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2012

### LAUFZEITENDE:

31. August 2016

## V/19 ELEKTROMOBILITÄT MITTELDEUTSCHLAND – GRÜNE MOBILITÄTSKETTE



### Die Idee

Aus der übergreifenden Betrachtung von Elektromobilität, dem Wohnungs- und Städtebau und dem öffentlichen Verkehr entstand das Projekt „Grüne Mobilitätskette“, das Menschen umweltschonend von Tür zu Tür bringt.

### Projektbestandteile

Die bestehenden Auskunftssysteme für den öffentlichen Verkehr sollen zukünftig auch für Reisen nutzbar sein, auf denen Elektromobilität oder Car- und Bikesharing mit dem öffentlichen Verkehr kombiniert wird. Im Projekt ist untersucht worden, wie die Auskunftssysteme weiterentwickelt werden können, um diese Anforderungen zu erfüllen. Die Partner haben sich dabei intensiv damit auseinandergesetzt, welches Potenzial die Kombination von (E-)Carsharing mit dem ÖPNV bietet.

Es ist untersucht worden, welche neuen Geschäftsfelder Elektromobilität eröffnet, wenn Stadtwerke, die schon lange Mobilität als Verkehrsunternehmen und Energie als Energiedienstleister verkaufen, diese beiden Geschäftsfelder kombinieren.

Schließlich ist untersucht worden, wie Elektromobilität in den Wohnungsbau integriert werden kann. Zentrale Frage war hierbei, welchen technischen und organisatorischen Herausforderungen sich Bauherren stellen, die Elektromobilität im Geschosswohnungsbau integrieren wollen. Wichtig war hierbei auch die Frage, ob sich etwa durch die Integration von elektrischem Carsharing Stellplätze einsparen lassen.

» Es wird untersucht, wie Elektromobilität in den Wohnungsbau integriert werden kann. «

### PARTNER:

- a) Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH
- b) Verkehrsgemeinschaft Mittelthüringen GmbH (VMT)
- c) Stadtwerke Halle GmbH
- d) HaCon Ingenieurgesellschaft mbH
- e) TAF mobile GmbH
- f) Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. (IMWS)
- g) ibh-bauwerke (Hans-Georg Herb)
- h) Technische Universität Ilmenau (Thüringer Innovationszentrum Mobilität)

### PROJEKTBUDDGET/€:

- a) 870.416
- b) 306.392
- c) 706.753
- d) 844.480
- e) 363.939
- f) 280.349
- g) 205.975
- h) 420.112

### FÖRDERSUMME/€:

- a) 435.208
- b) 153.196
- c) 353.376
- d) 422.240
- e) 181.969
- f) 252.314
- g) 102.987
- h) 420.112

### FAHRZEUGE:

19

### INFRASTRUKTUR:

24 Ladesäulen bzw. Wallboxen

### LAUFZEITBEGINN:

1. Oktober 2013

### LAUFZEITENDE:

30. September 2016



In Erfurt neu gebautes Wohngebäude mit integrierter Ladeinfrastruktur in der Tiefgarage.

GEFÖRDERT DURCH:



AUFGRUND EINES BESCHLUSSES  
DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES

## KONTAKT



NOW GmbH  
Fasanenstraße 5  
10623 Berlin

---

## E-MAIL

[kontakt@now-gmbh.de](mailto:kontakt@now-gmbh.de)

---

## TELEFON

+49 30 311 61 16-00

---

## INTERNET

[www.now-gmbh.de](http://www.now-gmbh.de)



[www.facebook.com/NOWGmbH](https://www.facebook.com/NOWGmbH)

---

**Gestaltung:** Sabine Zentek Berlin **Druck:** DBM Druckhaus Berlin-Mitte GmbH **Bildnachweis:** Seite 2: Bundesregierung/Kugler; Seite 16 – 18: BMVI; Seite 30: ElringKlinger AG; Seite 32: Creative Commons Attribution H. Krapf; Seite 34: Lange Research Aircraft BmbH; Seite 41: CEP/Caroline Scharff; Seite 43: Vattenfall/U.Mertens; Seite 48: Netze BW GmbH; Seite 51: CEP; Seite 54: Total/Pierre Adenis; Seite 57: Daimler AG; Seite 90: Rainer Sturm/Pixelio; Seite 94: Autorisierte Stelle Bayern; Seite 118: Fraunhofer IVI; Seite 121: BMVI; Seite 122: Braunschweiger Verkehrs-GmbH; Seite 123: Hamburger Hochbahn; Seite 125: Regionalmanagement Nordhessen GmbH; Seite 129: Alex Habermehl; Seite 130: BSMF mbH; Seite 133: RWTH Aachen; Seite 134: HTW Dresden/Jürgen Stein; Seite 136: Herbert Loos; Seite 139: ibh-Bauwerke; alle anderen Bilder: NOW GmbH mit freundlicher Unterstützung durch unsere Partner aus den Förderprojekten.