

Projekt HYACINTH.

Ergebnisse zur Expertensicht auf die Akzeptanz von Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien

Hintergrund der Studie

Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien wie Mikro-KWK-Anlagen, wasserstoffbasierte Notfall- oder Primärenergieerzeugungssysteme und Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge sind alternative Technologien, die kohlenstoffarm Wärme und Elektrizität erzeugen können bzw. fossile Antriebssysteme ersetzen können. Deshalb werden diese Technologien staatlich gefördert, um sie zur Marktreife zu bringen. Zunehmend ist jedoch offensichtlich, dass der Erfolg innovativer Energietechnologien jedoch nicht nur von den technischen Eigenschaften der Technologien abhängt, sondern im gleichen Ausmaß auch von der Unterstützung, die diese im gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Umfeld erfahren (EC, 2013 and 2014; OECD, 2014). In der vorliegenden Studie wird deshalb die soziale Akzeptanz von Wasserstofftechnologien aus Sicht gesellschaftlicher Akteure analysiert. Dies impliziert, dass gesellschaftliche Akzeptanz in der Studie in einem weiteren Sinne verstanden wird, und deshalb auch die gesellschaftliche Einbettung und Übernahme der Technologie und insofern neben der Bevölkerung auch weitere gesellschaftliche Gruppen umfasst.



Das Projekt Hyacinth, welches von Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH-JU) gefördert wird, fokussiert darauf, Unterschiede und Gemeinsamkeiten hinsichtlich der Bekanntheit von verschiedenen Wasserstoff-Brennstoffzellen-Anwendungen im Ländervergleich zu betrachten und zugehörige Einstellungen zu messen. Das Hauptziel des Projektes ist die Untersuchung der Bekanntheit, des Verständnisses und der Akzeptanz für Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien in verschiedenen EU-Ländern, die eine unterschiedliche starke Verbreitung der Technologien bzw. unterschiedlich ausgeprägte staatliche Unterstützung

für diese aufweisen. Parallel zur Akteursstudie, deren Ergebnisse in diesem Dokument zusammengefasst werden, wurde auch eine Untersuchung der Akzeptanz in der europäischen Bevölkerung durchgeführt (siehe Oltra & Sala., 2017 zu den Ergebnissen).

Die Studie: Online-Befragung und teilstrukturierte Interviews

Für die Studie wurde ein sog. mixed-methods-Ansatz gewählt, d.h. unterschiedliche Erhebungsmethoden, wie eine Online-Befragung und teilstrukturierte (Telefon-)Interviews, kamen zum Einsatz. Die Fragen beider Erhebungen zielten auf die Erfassung der Akzeptanz, der Zukunftserwartungen

sowie die Einschätzung zu den Wasserstoff-Brennstoffzellen-Anwendungen. Ein Überblick zum Studiendesign findet sich in der folgenden Tabelle.

	<i>Befragung</i>	<i>Teilstrukturierte Interviews</i>
<i>Untersuchte Länder</i>	Frankreich, Deutschland, Spanien, Slowenien, Großbritannien	
<i>Zeitraum</i>	März bis Juni 2016	November 2015 bis Juni 2016
<i>Stichprobe</i>	333 Befragte	145 Interviewte
<i>Rekrutierung</i>	Versand der Einladungen zur Befragung durch den HYANCINTH-Projektpartner im jeweiligen Land	Durchführung der Interviews durch den HYANCINTH-Projektpartner im jeweiligen Land
<i>Zielgruppe</i>	Akteure und Experten aus den Bereichen Energie und Wasserstoff	Experten aus Projekten im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen
<i>Vorgehen</i>	Der Fragebogen wurde in länderspezifischen Versionen im Internet bereit gestellt.	Interviews wurden telefonisch oder persönlich in Landessprache geführt (Dauer ca. 30 min).
<i>Datenanalyse</i>	Die Daten wurden mit der Software SPSS analysiert.	Das qualitative Datenmaterial wurde mit MaxQDA codiert.

Befragung

Für die Befragung wurde von den Forschungspartnern im Projekt, CIEMAT, Fraunhofer ISI und University of Leeds, ein standardisierter Fragebogen entwickelt. Dieser bestand aus 16 Fragen, die die Erwartungen und Wahrnehmungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien im stationären und mobilen Bereich erhoben. Auch die Herausforderungen, denen diese Technologien gegenüber stehen, sowie die generelle Einschätzung zur künftigen Entwicklung aus Sicht der Experten wurden erfragt. Zudem gab es Fragen zur sozialen Akzeptanz, d.h. der wahrgenommenen Sichtweise und den Erwartungen von anderen gesellschaftlichen Gruppen.

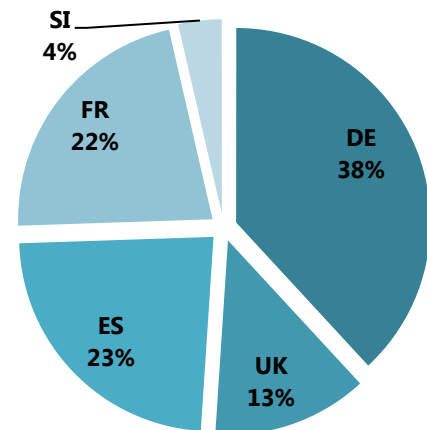


Abbildung 1: Befragungsteilnehmer nach Ländern

Insgesamt wurden fast 950 Personen zur Teilnahme an der Befragung eingeladen, von denen 333 den Fragebogen vollständig ausfüllten. Die potentiellen Teilnehmer wurden von dem Projektpartner im jeweiligen Land angeschrieben. Für die Expertenbefragung wurde eine Online-Version des Fragebogens genutzt, die das Marktforschungsinstitut Norstat im Internet bereit stellte, und die in die jeweiligen Landessprachen übersetzt worden war. Die Datenerhebung erfolgte vom 30. März bis 8. Juni 2016. Abbildung 1 stellt die Anteile der Befragungsteilnehmer nach Ländern dar. Viele Teilnehmer – insbesondere solche aus Frankreich und Slowenien – stammten aus Unternehmen; viele arbeiten aber auch bei gemeinnützigen oder öffentlichen Einrichtungen, was vor allem auf die deutschen Befragten zutrifft. Organisationen mit einem pädagogischen Auftrag, z.B. Universitäten, waren unter

den britischen Teilnehmern häufig vertreten, insgesamt bilden die Befragten aber in allen Ländern eine große Bandbreiten an Organisationstypen ab (siehe Abbildung 2 zur Übersicht).

Mit Blick auf den spezifischen Arbeitsbereich bzw. der jeweiligen Expertise zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Befragten (53 %) angeben, in der Forschung zu Wasserstoff und / oder Brennstoffzellen zu arbeiten. Ein knappes Drittel beschäftigt sich mit dem Bereich der Wasserstoffproduktion, ein Viertel mit der Systemintegration.

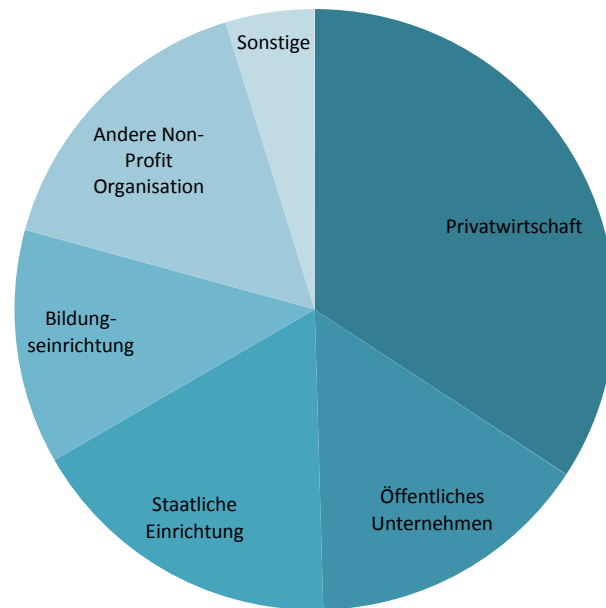


Abbildung 2: Organisationstypen der befragten Experten

Die befragten Akteure verfügen über große Erfahrung im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen: Mehr als ein Drittel ist bereits seit über zehn Jahren in diesem Bereich tätig, 21 % seit fünf bis zehn Jahren, ein weiteres Viertel weniger als fünf Jahre.

Interviews

Die teilstrukturierten Interviews mit den Akteuren aus Projekten wurden von den jeweiligen Landespartnern zwischen November 2015 und Juni 2016 durchgeführt. Hierfür entwickelten die Forschungspartner im Projekt, CIEMAT, Fraunhofer ISI und University of Leeds, eine feste Fragenliste, die in der Gesprächssituation aber um spontane Nachfragen ergänzt wurde („teilstrukturiert“). Die meisten Interviews wurden am Telefon geführt, einzelne auch persönlich. Sie dauerten zwischen 15 und 90 Minuten. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte zielgerichtet auf Basis einer Liste aktueller Wasserstoff-Projekte; insgesamt fanden 145 Interviews statt. Alle Interviews wurden aufgezeichnet und anschließend schriftliche Zusammenfassungen erstellt. Das so zusammengetragene qualitative Datenmaterial wurde dann mit der Software MaxQDA ausgewertet. Der für die Studie gewählte Codierungsansatz verbindet qualitative Auswertungselemente mit quantitativen.

Zentrale Ergebnisse

Nachfolgend werden zuerst die Ergebnisse der Befragung zusammengefasst und anschließend ein Überblick über die Befunde aus den Interviews gegeben.

Befragung

- Von den befragten Akteuren glauben 88 %, dass Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien eine gute oder sehr gute Lösung für die Herausforderungen im Energie- und Umweltbereich sind. In dieser Einschätzung gibt es keine Unterschiede zwischen den Ländern.
- Betrachtet man einzelne Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien, so zeigen sich die positivsten Einschätzungen hinsichtlich einer Marktdiffusion für Wasserstoff-Busse sowie für Wasserstoff als Medium, um Energie aus Erneuerbaren Energiequellen zu speichern. An zweiter Stelle folgen wasserstoffbasierte Notfallsysteme. Die am wenigsten positiven Ausichten bestehen aus Expertensicht für Großanlagen zur Primärenergieerzeugung. Eine Analyse auf Länderebene zeigt, dass insgesamt die Einschätzungen der französischen Befragten am positivsten ausfallen, gefolgt von Großbritannien und Deutschland. In Spanien und Slowenien sind die Erwartungen dagegen niedriger. Abbildung 3 gibt hierzu einen Überblick; statistische Tests bestätigen die Länderunterschiede, insbesondere die positiveren Einschätzungen in Deutschland oder Frankreich im Vergleich zu Spanien oder Slowenien. Über alle Länder hinweg stehen die Befragten einer weiteren staatlichen Unterstützung für Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien positiv gegenüber.

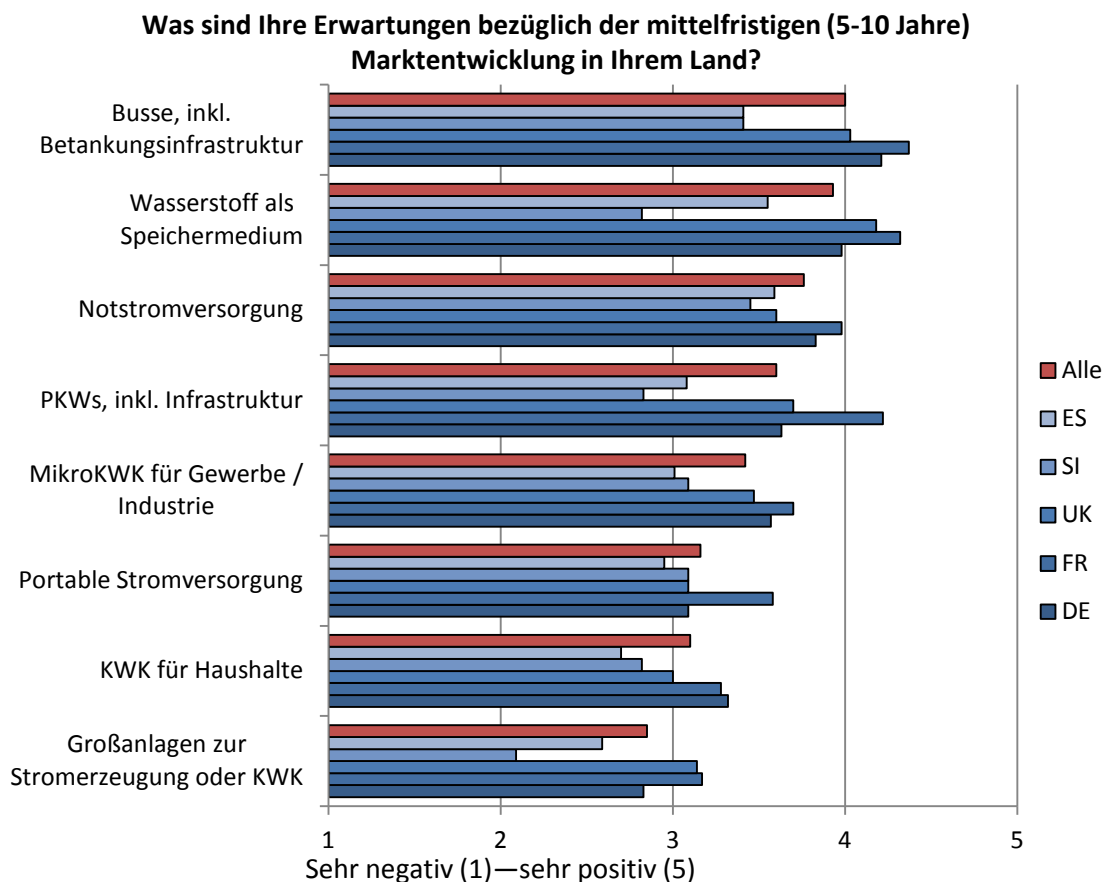


Abbildung 3: Zukunftsaussichten für Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien

- Für die verbleibenden Teile des Fragebogens wurden die Experten gebeten, sich für einen Anwendungsfall – mobile oder stationäre Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien – zu entscheiden. In allen Ländern außer Slowenien wählte die Mehrheit der Befragten (insgesamt 72 %) den mobilen Bereich.

Stationäre Anwendungen

- Da somit nur eine eher kleine Gruppe an Befragten Angaben für diesen Anwendungsfall lieferte, können statistische Ländervergleiche nicht sinnvoll durchgeführt werden. Im Mittel geben die Befragten an, über eine mittlere Vertrautheit mit stationären Anwendungen zu verfügen.
- Als größte Herausforderung für stationäre Anwendungen sehen die Befragten die Kosten für die Technologien, während Sicherheit und technologische Reife aus ihrer Sicht die geringsten Herausforderungen darstellen. Weitere Punkte, die in einem mäßigen Ausmaß als Herausforderungen gesehen werden, sind das Bewusstsein für die Technologie bei verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen, existierende Anreize sowie die Produktion des Wasserstoffs. Zusätzliche Kommentare der Befragten beziehen sich in der Regel auf Aspekte des Innovationssystems insgesamt.
- Weiterhin erwarten die Befragten, dass die Umweltfreundlichkeit des Wasserstoffs die Akzeptanz der Technologien in der Bevölkerung beeinflussen wird. Darüber hinaus wird der Bedarf gesehen, Geschäftsmodelle zur Schaffung einer Wasserstoff-Infrastruktur zu entwickeln. Gesetzgebungen zur Luftreinhaltung werden als wichtiger Hebel zur Förderung eingestuft.
- Spezifischere Empfehlungen der Befragten für den Einsatz öffentlicher Mittel gehen stärker in Richtung der Förderung von Forschung und Entwicklung und weniger auf die Finanzierung von Förderprojekten oder direkten Kaufanreizen.
- Einschätzungen zu anderen gesellschaftlichen Gruppen verweisen darauf, dass Experten aus dem eigenen Bereich genauso wie Forscher ein hohes Maß an Vertrautheit mit stationären Wasserstofftechnologien zugeschrieben wird – mehr als allen anderen gesellschaftlichen Gruppen. Die Vertrautheit von Politikern sowie Anwendern aus der Wirtschaft wird als höher eingeschätzt als die der Bürgerinnen und Bürger, welchen die niedrigste Vertrautheit zugeschrieben wird. Für die zugeschriebene Einstellung gegenüber stationären Wasserstofftechnologien zeigt sich ein ähnliches Bild: Die Einstellung von Experten aus dem eigenen Bereich wird wie die von Forschern als positiver eingestuft als die der anderen Gruppen. Vertrautheit und Einstellung werden als verwandt angesehen: Je höher die (zugeschriebene) Vertrautheit, desto positiver im Mittel die Einstellung.
- *Erwartete Marktentwicklung:* Für stationäre Anwendungen gehen die Befragten davon aus, dass ihr Markterfolg davon abhängen wird, inwieweit diese mit anderen erneuerbaren Technologien zur Strom- und Wärmezeugung konkurrieren können. Zusätzlich wird erwartet, dass mögliche Regulierungen zur Luftreinhaltung die Entwicklung vorantreiben würden sowie das Entstehen geeigneter Geschäftsmodelle für eine Wasserstoff-Infrastruktur.

Mobile Anwendungen: Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge

- Genauso wie bei stationären Anwendungen ordneten die Befragten ihre eigene Vertrautheit mit dem Thema auf einem mittleren Niveau ein.
- Die Schaffung einer ausreichenden Tankstellen-Infrastruktur wird als größte Herausforderung gesehen, gefolgt von Kosten. Sicherheitsaspekte stellen aus Expertensicht dagegen die geringste Herausforderung dar. Andere Aspekte wie technologische Reife, Regulierung und Produktion von Wasserstoff rangieren dazwischen. In der Beurteilung der Herausforderungen gibt es einige Länderunterschiede, so stufen häufig deutsche Befragte eine Herausforderung als weniger ernst ein als die Befragten in anderen Ländern. Von den Herausforderungen, die von den Befragten zu den vorgegebenen ergänzt werden, beziehen sich die meisten auf das Innovationssystem als solches.
- Die Befragten beurteilen Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge positiver als andere Antriebstechnologien. Der größte Vorteil wird im Vergleich zu konventionell angetriebenen gesehen, der geringste im Vergleich zu batterie-betriebenen Fahrzeugen. Zwischen den Befragten aus den verschiedenen Ländern bestehen bei diesem Thema kaum Unterschiede. Was die staatliche Unterstützung für Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge betrifft, ist aus Sicht der Befragten die Errichtung einer Tankstellen-Infrastruktur Top-Priorität ebenso wie eine weitere Förderung von Forschung und Entwicklung. Die Umsetzung von Demonstrationsprojekten wird wie auch Kaufzuschüsse für Fahrzeuge als weniger relevant gesehen.
- Der Blick auf andere gesellschaftliche Akteursgruppen ergibt folgendes: Experten aus dem eigenen Umfeld wird wie Forschern die größte Vertrautheit mit dem Thema attestiert, der Bevölkerung die geringste. Die anderen Gruppen, Politik sowie Automobilindustrie, rangieren dazwischen. Die Zuschreibung von Einstellungen erfolgt analog: am positivsten im eigenen Umfeld und in der Forschung und niedriger ausgeprägt in Politik, Automobilsektor und Öffentlichkeit. Bezüglich der Unterschiede zwischen den Ländern fallen insbesondere die Einschätzungen in Spanien niedriger aus als in den anderen Ländern.
- *Erwartete Marktentwicklung:* Die Konkurrenzfähigkeit von Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeugen (1) mit anderen alternativen Technologien, (2) mit rein batterieelektrischen Fahrzeugen sowie (3) mit Erdgasfahrzeugen, die Einstellungen von Experten (4) im eigenen Umfeld und (5) im Automobilsektor sind die Faktoren, von denen die Einschätzung der künftigen Marktentwicklung der befragten Experten abhängt. D.h. je positiver diese fünf Faktoren für Wasserstofffahrzeuge bewertet werden, desto positiver wird auch die künftige Marktentwicklung gesehen.

Teilstrukturierte Interviews

Im Zuge des Analyseprozesses für die Interviews zeigte sich, dass sich das Datenmaterial sinnvollerweise um drei technologische Kategorien ordnen lässt: Wahrnehmungen zum Bereich (1) Wasserstoffbereitstellung und -nutzung, (2) stationäre Anwendungen, (3) mobile Anwendungen. Innerhalb dieser drei Kategorien wurden die Inhalte dann entlang von drei Dimensionen geordnet, (1) wahr-

genommene Stärken und Schwächen, (2) Aussichten bezüglich der künftigen Entwicklung und (3) Empfehlungen.

Wasserstoffbereitstellung und -nutzung

- Der Beitrag zur Umweltschonung ist die zentrale *Stärke* von Wasserstoffanwendungen – trotz verbreiteter Skepsis bei vielen bezüglich der Ineffizienz durch die Kombination von mehreren Konversionsschritten. Eine weitere dominante Stärke von Wasserstoff aus Sicht der Interviewpartner ist seine Vielseitigkeit im Einsatz, insbesondere der Nutzen, der sich dadurch ergibt, dass durch die Umwandlung in Wasserstoff eine Speicherung von überschüssigen erneuerbaren Energien erfolgen kann und damit auch ein Beitrag zur Netzstabilisierung.
- Die größte *Schwäche* sehen die Interviewpartner bei den Kosten, gefolgt von nicht angepassten oder überzogenen Regulierungen. Auch ein Mangel an existierenden Märkten bzw. Marktakzeptanz wird wiederholt angesprochen.
- Die *Zukunftsaussichten* werden unterschiedlich beurteilt: Die Mehrheit der Interviewten zeigt eine positive Einschätzung und manche rechnen sogar kurzfristig mit einer Dynamisierung, wenn auch mit länderspezifischen Unterschieden und Besonderheiten. Gleichzeitig ist aus Sicht einer größeren Gruppe an Interviewten die Zukunftsaussicht für den Bereich Wasserstoff noch sehr unsicher und entsprechend abhängig von politischen Entscheidungen.
- Die häufigste *Empfehlung* für diesen Bereich der Wasserstofftechnologien ist aus Sicht der Interviewten, dass mehr und stärkere politische Unterstützung benötigt wird. Darüber hinaus wird auch Bedarf gesehen, gesellschaftliche Akteure zu informieren und zu involvieren sowie in Forschung und Entwicklung zu investieren, um Kosten zu senken.

Stationäre Anwendungen

- Interviewpartner hoben die Nützlichkeit von Wasserstoff-Brennstoffzellen-Anwendungen im stationären Bereich insbesondere für die flexible und unterbrechungssichere Energiebereitstellung als *Stärke* hervor. Weniger ausgeprägt, aber wiederholt, wurden auch die Aspekte der Zuverlässigkeit und Effizienz sowie eine positive Wahrnehmung der Technologie und Umweltvorteile betont. Bei diesen Aspekten dominierten die deutschen Interviewpartner.
- Das Kostenthema ist den Interviewten zufolge die größte *Schwäche*. Daneben spielen Systemkomplexität, begrenztes Bewusstsein und mangelnde Unterstützung in der Politik eine Rolle. Weitere Schwächen, die jeweils etwa gleich häufig genannt wurden, beinhalten beispielsweise die Ineffizienz der Anwendungen, die Schwierigkeit, Partner in der Wirtschaft zu finden, sowie die wahrgenommene als auch die tatsächliche Sicherheit der Systeme.
- Die Beurteilung der künftigen *Aussichten* war gemischt und eng verbunden mit dem jeweiligen nationalen Politikumfeld. Grundsätzlich positive Einschätzungen wurden genauso häufig genannt wie negative. Die negativen stammten dabei durchgehend von spanischen Interviewpartnern, wobei die Interviewten den Eindruck äußerten, von der Landespolitik keine Unterstützung zu erfahren trotz einer positiven Einschätzung der Technologie an sich.

- Die *Hauptempfehlung* der Interviewten lautete, für eine nachhaltige und kohärente Regierungsunterstützung, auch auf der europäischen Ebene, zu sorgen. Darüber hinaus kamen die Forderungen auf, dass Unterstützung im regulatorischen Bereich genauso wie durch die Öffentlichkeit benötigt wird. Das Regulierungsthema wurde häufig mit Bestimmungen im Sicherheitsbereich verbunden.

Mobile Anwendungen

- Die genannten zentralen *Stärken* von Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeugen umfassen vor allem Aspekte der technischen Performanz: große Reichweite, schnelle Betankung, hohes Drehmoment etc. Weitere Punkte sind das Vermeiden lokaler Emissionen sowie Vorzüge gegenüber technologischen Alternativen.
- Das Kostenthema dominiert die wahrgenommenen *Schwächen*, gefolgt von begrenztem Bewusstsein und Unterstützung durch Regulierung und Regierungen sowie die Konkurrenz durch andere Technologien. Auch die mangelnde Infrastruktur bzw. der Mangel an Treibstoff wurden in diesem Zusammenhang genannt.
- Bei den *Zukunftsaussichten* waren die Interviewten gespalten, mit zahlreichen positiven Einschätzungen, jedoch auch pessimistischen, insbesondere kurz- und mittelfristig. In Großbritannien überwog die positive Einschätzung, in Spanien die negative. Spezifischere Einschätzungen zu Zukunftsaussichten wurden nur vereinzelt formuliert.
- Die Interviewten empfehlen politische und regulatorische Unterstützung, dabei auch Unterstützung, um Kosten reduzieren zu können. Daneben werden Investitionen in eine Betankungsinfrastruktur zusammen mit mehr Kommunikation und Beteiligung, insbesondere der Öffentlichkeit, angeraten.

Schlussfolgerungen

Über die beiden Untersuchungen und die betrachteten Länder hinweg ergeben sich aus den Ergebnissen bisher keine klaren und starken Signale, dass sich Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien aus ihren Nischen in Richtung Markt entwickeln, was die zentralen Sektoren der Kraftstoff- und Energiebereitstellung und der Mobilität betrifft. Was die Beurteilung der Zukunftsaussichten angeht, sind die Befunde aus Expertensicht unterschiedlich, insbesondere auch mit Unterschieden zwischen den Ländern. Empfehlungen beziehen sich insbesondere auf politische Unterstützung, dabei gerade auch auf Investitionen in Forschung und Entwicklung, wobei Deutschland und Spanien an unterschiedlichen Enden der Skala zu stehen scheinen.

Während die Befragten Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien insgesamt sehr positiv sehen, werden Kosten und begrenzte regulatorische, politische und wirtschaftliche Unterstützung als Hemmnisse wahrgenommen. Hinzu kommt Konkurrenzdruck von anderen – innovativen – Technologien. Hieraus ergibt sich in der Summe die Einschätzung, dass Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien eher mittel- bis langfristig relevante Marktanteile erzielen können als in der nahen Zukunft.



Nichtsdestotrotz legen die Ergebnisse nahe, dass Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologien möglicherweise kurzfristig positive Entwicklungen in bestimmten Nischen entfalten könnten, z.B. in der Notstromversorgung, bei Flurförderfahrzeugen oder im Schwerlastverkehr. Ein Mangel an Akzeptanz in der Bevölkerung scheint zudem keine große Herausforderung zu sein, sofern die Rahmenbedingungen sich in förderlicher Weise entwickeln.

Dieses Projekt wird von Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH-JU) gefördert, Förderkennzeichen 621228.

* Mehr Informationen zum Projekt: <http://hyacinthproject.eu/> In Kürze sind dort auch die ausführlichen Berichte zu den Studien zu finden.

Verwendete Literatur

- OECD, 2014. System innovation (OECD STI Outlook),
<https://www.innovationpolicyplatform.org/content/system-innovation-oecd-sti-outlook>
- EC, 2013. Energy Technologies and Innovation. COM(2013) 253 final. Brussels: European Commission.
- EC, 2014. Horizon 2020 Work Programme 2014-2015: 10. Secure, clean and efficient energy. Brussels: European Commission.
- Oltra, C., Sala, R. (2017): General findings on public acceptance. Deliverable 5.2. <http://hyacinthproject.eu/>

Ausführlicher Bericht

- Dütschke, E., Upham, P., Schneider, U. (2017): Report on results of the stakeholder survey. Deliverable 5.1.