

Diskussionspapier

Geschäftsmodelle, Marktaussichten und die Rolle der Politik für die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie in Deutschland

Thesen abgeleitet aus einer Befragung von Akteuren (Fördernehmer der NOW GmbH) im Technologiefeld im Rahmen des HyTrustPlus Projekts

Berlin, 21. September 2015

Dr. Frank Meißner
Nils Hollmichel
Sven Krüger
Marc Tschirley

Inhalt

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Befragungsdesign | 2 |
| 3. These 1 | 3 |
| 4. These 2 | 5 |
| 5. These 3 | 8 |
| 6. These 4 | 10 |
| 7. Schlussfolgerung und Handlungsempfehlungen | 12 |
| Appendix – Auswertung der Befragung | 13 |
| 1. Institutionelle Zugehörigkeit der befragten Akteure | 13 |
| 2. Geschäftsmodelle der Akteure | 13 |
| 3. Anwendungsfelder der Geschäftsmodelle | 15 |
| 4. Die Relevanz des Themas für die Akteure | 16 |
| 5. Risiken für den Erfolg der Geschäftsmodelle | 20 |
| 6. Erwartete Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung | 24 |
| 7. Gewünschte politische Unterstützung | 25 |
| 8. Erwartungen zur globalen Marktentwicklung | 26 |

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Fragen und Anzahl Antworten je Frage..... | 2 |
| Tabelle 2: Gewünschte politische Unterstützung – nach Förderarten | 10 |
| Tabelle 3: Potentielle Anwendungsfelder der genutzten Technologien | 15 |
| Tabelle 5: Histogramme der erwarteten Relevanz nach Cluster der Geschäftsmodelle..... | 17 |
| Tabelle 6: Erwarteter Umsatzanteil der Geschäftsmodelle nach Cluster | 19 |
| Tabelle 7: Histogramme der erwarteten Umsätze je Mitarbeiter in Mio. Euro..... | 20 |
| Tabelle 8: Histogramm zur Wirkung unterschiedlicher Parameter auf den erwarteten Gewinn I..... | 22 |
| Tabelle 9: Histogramme zur Wirkung unterschiedlicher Parameter auf den erwarteten Gewinn II..... | 23 |
| Tabelle 10: Gewünschte politische Unterstützung – nach Förderarten | 26 |
| Tabelle 11: Histogramme der Erwartungen zur Technologieführerschaft in 2020 | 29 |
| Tabelle 12: Histogramme der Erwartungen zur Marktführerschaft in 2020..... | 30 |
| Tabelle 13: Histogramme der Erwartungen zum globalen Absatz in 2020 | 31 |
| | |
| Abbildung 1: Histogramm der Erwartungen - Anteil Deutschlands am globalen Absatzmarkt..... | 3 |
| Abbildung 2: Wirkung von Erwartungen auf den Erfolg einer Wasserstoffökonomie | 4 |
| Abbildung 3: Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung | 5 |
| Abbildung 4: Entwicklung der Technologiekosten für Brennstoffzellensysteme | 6 |
| Abbildung 5: Economy of scales für Brennstoffzellensysteme..... | 7 |
| Abbildung 6: Prozentuale Abweichung vom erwarteten Gewinn je Risiko | 8 |
| Abbildung 7: Angaben zur institutionellen Zugehörigkeit der Befragten | 13 |
| Abbildung 8: Anzahl der Geschäftsmodelle je Akteur | 14 |
| Abbildung 9: Anzahl der Geschäftsmodelle je Cluster | 14 |
| Abbildung 10: Anzahl in den Geschäftsmodell Clustern tätige Akteure | 15 |
| Abbildung 11: Erklärung zur subjektiven Wahrscheinlichkeiten | 21 |
| Abbildung 12: Prozentuale Abweichung vom erwarteten Gewinn je Risiko..... | 24 |
| Abbildung 13: Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung | 25 |
| Abbildung 14: Histogramm der Variationskoeffizienten der Antworten | 28 |

1. Einleitung

Die Transformation hin zu einer Low Carbon Economy bedarf innovativer technologischer und ökonomischer Ansätze in allen Sektoren der deutschen und europäischen Wirtschaft. Für Unternehmen ergeben sich damit Chancen und Risiken. Der Aufbau tragfähiger Geschäftsmodelle wird so zur Herausforderung für Unternehmen in den Sektoren, die wesentliche CO₂-Emittenten sind. Voraussetzung für den Erfolg von Geschäftsmodellen ist neben den notwendigen technologischen Innovationen eine antizipierbare Nachfrage.

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien, im Bereich der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes und mit Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie konnten sich in den vergangenen Jahren Geschäftsmodelle in Bereichen etablieren, die wesentlich zu einer Emissionsminderung beitragen werden. Unterstützung fand der Nachfrageanstieg in diesen Sektoren durch veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen, staatliche Förderung, aber auch sukzessive Änderungen der Präferenzen von Konsumenten.

Der Technologiebereich Wasserstoff und Brennstoffzellen hat das Potential in den Sektoren Verkehr und Energie durch alternative Antriebstechnologien und als Speicher für erneuerbaren Strom zu einer weiteren Emissionsminderung beizutragen. Nach einer Phase, die im Wesentlichen von technologischer Entwicklung und Pilot- bzw. Demonstrationsprojekten geprägt war, steht die Technologie vor der Markteinführung und anschließender -durchdringung. Damit diese gelingen kann, müssen beteiligte Unternehmen tragfähige Geschäftskonzepte entwickeln. Diese werden wesentlich durch die individuellen Erwartungen der Akteure zu Erfolgsaussichten der Technologie und zur Entwicklung möglicher nationaler und globaler Absatzmärkten geprägt.

Im vorliegenden Diskussionspapier werden vier - basierend auf einer Befragung von Akteuren, die im Technologiebereich Wasserstoff und Brennstoffzellen angesiedelt sind, abgeleitete - Thesen vorgestellt, die mit der Etablierung von Geschäftsmodellen verbundene Fragen wie „Erwartungen“, „Förderung“ und „Hemmnisse“ thematisieren. Basierend auf diesen Thesen sind Handlungsempfehlungen zusammengefasst. Eine Dokumentation der Befragung findet sich im Appendix zu diesem Diskussionspapier.

2. Befragungsdesign

Mit der Befragung sind Akteure und Experten aus dem Technologiebereich Wasserstoff und Brennstoffzellen angesprochen worden, die gegenwärtig Fördernehmer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sind. Neben einer Beschreibung individueller Geschäftsmodelle waren die Befragten aufgefordert, ihre Einschätzungen und Erwartungen

- zu globalen Marktentwicklungen,
- zu individuellen Risiken für die Geschäftsmodelle,
- zu Hemmnissen für die Marktentwicklung und
- zu politischen Handlungsbedarfen

zu beschreiben.

Befragt wurden knapp 100 Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die im Technologiebereich Wasserstoff und Brennstoffzellen tätig sind. Von den Angeschriebenen wurden 35 Fragebögen beantwortet und 32 konnten in die Auswertung aufgenommen werden. In Tabelle 1 sind die in der Befragung gestellten Fragen im Einzelnen aufgeführt und es ist angegeben, wie viele der Antworten ausgewertet werden konnten.

Tabelle 1: Fragen und Anzahl Antworten je Frage

| Nummer | Frage | Anzahl Antworten |
|--------|---|------------------------------|
| 1 | Bitte geben Sie Ihre Zugehörigkeit zu einer der folgenden Akteursgruppen an. | 32 |
| 2 | Bitte benennen bzw. beschreiben Sie zunächst in Tabelle 1 detailliert die in Ihrem Unternehmen bzw. in Ihrem Projekt in Entwicklung befindlichen Wasserstoff-Technologien bzw. (Vor-) Produkte. Kreuzen Sie bitte in Tabelle 2 (im Bezug auf die in Tabelle 1 gewählte Nummerierung) weiterhin an, in welchen Anwendungsfeldern einer potentiellen Wasserstoffökonomie diese Technologien bzw. (Vor-) Produkte zum Einsatz kommen können. | 32 |
| 3 | Bitte beschreiben Sie, für welche technologischen Entwicklungen und deren Marktdurchdringung Sie gegenwärtig Hemmnisse sehen. Geben Sie dazu bitte an, welche diese sind und welche politische Unterstützung ggf. Abhilfe schaffen könnte. | 28 |
| 4 | In welchen Ländern/Regionen wird zukünftig die Technologie- und Marktführerschaft in den Anwendungsfeldern Wasserstoffherzeugung, Stromerzeugung, Infrastruktur und Mobilität liegen? Bitte geben Sie Ihre Wahrscheinlichkeiten dafür an, dass die einzelnen Regionen Technologieführerschaft erreichen (Summe = 100%). | 31 |
| 5 | Wo werden zukünftig die wesentlichen Absatzmärkte für Technologien in den Anwendungsfeldern Wasserstoffherzeugung, Stromerzeugung, Infrastruktur und Mobilität liegen? | 17 - 24 |
| 6 | Welche Relevanz erwarten Sie für das Thema Wasserstoff in Ihrem Unternehmen? Geben Sie bitte den Anteil an den Gesamtaktivitäten an. | 13 - 20 |
| 7 | Bitte beschreiben Sie, welche Geschäftsmodelle Sie für Ihr Unternehmen in einer zukünftigen Wasserstoffökonomie sehen? Sollten dies mehrere Geschäftsmodelle sein, priorisieren Sie diese bitte mit (1.) beginnend. | 29 (3 eigene Ergänzungen) |
| 8 | Schätzen Sie bitte weiterhin ein, welchen Anteil am Umsatz Ihres Unternehmens die von Ihnen in Frage 7 genannten Geschäftsmodelle in den Jahren 2020, 2025 und 2030 erwarten lassen. | 29 |
| 9 | Bitte geben Sie uns Ihre Erwartungen zur Entwicklung genannter Größen im Bezug auf dieses Geschäftsmodell (mit 1 priorisiert) an. | 24 |
| 10 | Wie hoch schätzen Sie folgende Risiken für die erwartete Umsatzentwicklung des von Ihnen in Frage 4 mit (1) priorisierte Geschäftsmodell ein? Bitte geben Sie für jedes benannte Risiko Ihre (subjektiven) Wahrscheinlichkeiten (in %) dafür an, dass die von Ihnen in Frage 6 erwartete Umsatzentwicklung unterschritten wird. | 15 |

Im Folgenden werden auf Basis der Antworten abgeleitete Thesen zur Diskussion gestellt.

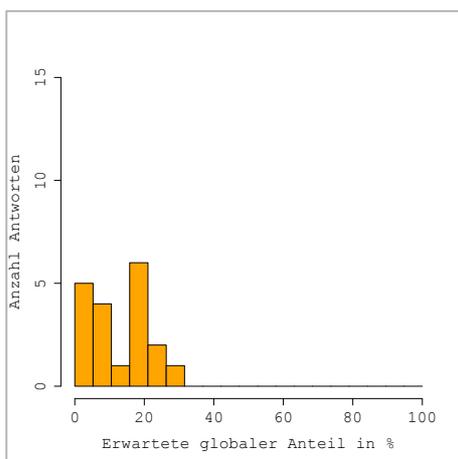
3. These 1

Akteure im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle haben keine kongruenten Erwartungen zur globalen Entwicklung in ihrem Technologiefeld.

Die subjektiven Wahrscheinlichkeiten der befragten Akteure zur Entwicklung von globaler Technologie- und Marktführerschaft sowie zur Entwicklung der Absatzmärkte in den Anwendungsfeldern „Wasserstoffherzeugung“, „Elektrizitätserzeugung“, „Infrastruktur“ und „Mobilität“ sind sehr heterogen. Damit zeigen die angegebenen Erwartungen für die Zeitpunkte 2020 und 2030 kein kongruentes Bild – es besteht keine einheitliche Perspektive der Akteure. Dies spricht für eine große Unsicherheit innerhalb der Community.

Abbildung 1 verdeutlicht beispielhaft für eines der abgefragten Anwendungsfelder die Erwartungen zum Anteil Deutschlands am globalen Absatzmarkt für das Anwendungsfeld „Mobilität“ im Jahr 2020. Die Erwartungen der Akteure liegen in einer Spannweite von 5% bis 30%. Der Mittelwert der Antworten liegt bei 14%. Der Variationskoeffizient – ein Maß u. a. für den Aussagegehalt des Mittelwertes – liegt bei 57%, damit ist dieser Wert nicht aussagekräftig.

Abbildung 1: Histogramm der Erwartungen - Anteil Deutschlands am globalen Absatzmarkt



Quelle: Befragung, Frage 5

Investitionsentscheidungen von Unternehmen werden maßgeblich auf Basis ihrer Erwartungen zu potentiellen Geschäftsaussichten getroffen. Individuelle Geschäftsaussichten werden durch allgemeine makroökonomische Entwicklungen und die Entwicklung von Konkurrenzangeboten (Substitute) bestimmt. Unternehmen sind umso erfolgreicher, je besser sie die tatsächliche Entwicklung antizipieren können.

Werden individuelle Geschäftsmodelle durch den Erfolg von Komplementärtechnologien und/oder den Erfolg von Unternehmen innerhalb derselben Wertschöpfungskette mitbestimmt, so ist zudem erforderlich, dass Unternehmen auch diese Entwicklungen antizipieren.

Im Technologiefeld der Wasserstoff- und Brennstoffzellen liegt eine komplexe Struktur vor, in der Unternehmen mit verschiedenen Geschäftsmodellen in einem technologischen und wirtschaftlichen Abhängigkeitsverhältnis stehen. Zwischen den Akteuren besteht eine strategi-

sche Interdependenz: jeder einzelne Akteur wird mit seinem Geschäftsmodell nur dann erfolgreich sein können, wenn es genügend andere in einer Wasserstoffökonomie auch sind.

Ein Beispiel hierfür ist das Verhältnis von Fahrzeug- (FCEV) und Wasserstoffproduktion und -distribution. Der Aus- und Aufbau von Erzeugungskapazitäten bzw. eines Tankstellennetzes wird nur dann für die Akteure erfolgreich, wenn die Marktdurchdringung von FCEV voranschreitet und vice versa. Weitere Beispiele ließen sich zum Verhältnis Brennstoffzellen- und FCEV-Produktion und Stromerzeugung nennen.

Damit kann der Aufbau einer Wasserstoffökonomie nur dann erfolgreich sein, wenn alle relevanten Akteure bzw. Unternehmen kongruente positive Erwartungen zur Entwicklung haben und ihren Erwartungen entsprechend handeln. Dazu müssen Erwartungen koordiniert sein.

In Abbildung 2 wird die Wirkung von Erwartungen auf den Erfolg für den Aufbau einer Wasserstoffökonomie beispielhaft veranschaulicht. Haben FCEV- und Wasserstoffproduzenten „negative“ (– –) Erwartungen, so wird kein Aufbau einer Wasserstoffökonomie erfolgen können. Unterscheiden sich die Erwartungen ist mit „geringem“ Erfolg zu rechnen (–). Wenn die Akteure jedoch beide über „positive“ Erwartungen verfügen und ihre unternehmerischen Entscheidungen darauf ausrichten, so unterstützt dies die erfolgreiche Etablierung einer Wasserstoffökonomie (+).

Abbildung 2: Wirkung von Erwartungen auf den Erfolg einer Wasserstoffökonomie

| | | Wasserstoffproduzenten | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| | | Erwartungen: negative | Erwartungen: positiv |
| FCEV Produzenten | Erwartungen: negative | -- | - |
| | Erwartungen: positiv | - | + |

Quelle: Eigene Darstellung

Um die Erwartungen der Akteure – und damit ihre Handlungen – zu koordinieren, bedarf es einer Koordinationsleistung. Solche können über Märkte erbracht werden, solange die Akteure über „rationale Erwartungen“ verfügen. Wesentlich für die gegenwärtige Situation im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzellen sind Informationsasymmetrien und „unvollständige Informationen“ der Akteure. Diese schränken die Fähigkeit des Marktes als Koordinationsinstrument ein. Andere Mechanismen oder Akteure sind somit gefragt, diese Leistung zu erbringen.

Kooperation der Akteure und damit ein Austausch von Informationen ist als first best solution ein wesentlicher Mechanismus der Koordination von Erwartungen. Diese erfolgt bereits über Plattformen wie die Clean Energy Partnership (CEP), den Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband, auf regionaler Ebene durch z.B. die Plattformen des Netzwerks Brennstoffzelle & Wasserstoff NRW und auf EU-Ebene in der Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative. Mit einer notwendigen Unterstützung solcher Kooperation durch die Wissenschaft können weiterhin Informationsasymmetrien abgebaut werden. Dies betrifft sowohl die technologische Ebene in F&E-Kooperationen mit der Wirtschaft aber auch eine sozialwissenschaftliche Begleitung die durch das Aufzeigen von Optionen Erwartungen bei den Akteuren verändern kann.

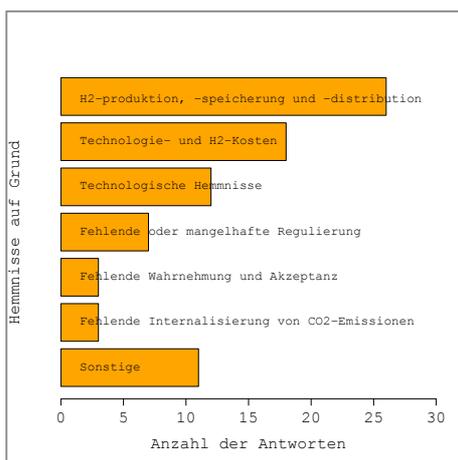
Daneben kommt der Politik durch das Setzen und Kommunizieren von Zielen und verlässlichen Rahmenbedingungen eine wichtige Aufgabe zu. Ziele müssen dabei für die beteiligten Akteure zunächst *erkennbar* und *glaubhaft* sein. Eine Reduktion der Komplexität der Ziele und eine Unterteilung in Unterziele unterstützt dies. Allerdings handelt es sich hierbei nur um eine second best solution. Die Politik sollte keine direkten Koordinationsleistungen übernehmen und politische Ziele sind maximal als Unterstützungsleistung zu verstehen. Wichtige Impulse kann sie setzen, indem sie den Kooperationsprozess unterstützt – wie dies durch die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) erfolgt.

4. These 2

Bestehende technologische Herausforderungen sowie aktuell noch hohe Technologiekosten müssen im Rahmen eines Markthochlaufes und nicht durch eine Verlängerung der F&E-Phase abgebaut werden.

Sozio-ökonomische, technologische und politische Faktoren sind für die Entwicklung von Innovationen und deren Marktdurchdringung wichtige Einflussgrößen. Abhängig von ihrer konkreten Ausprägung wirken sie begünstigend oder hemmend. Bisher schränkten vorrangig technologische Hemmnisse die Markteinführung von Technologien im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen ein. Für die Zukunft sehen die Akteure diese nicht mehr als wesentlich an. Mit 15% der Nennungen im Rahmen der Befragung werden technologische Hemmnisse als weniger relevant für die Marktdurchdringung angesehen als etwa Hemmnisse, die sich aus Produktion, Speicherung und Distribution von Wasserstoff oder den Technologiekosten ergeben (vergleiche Abbildung 6).

Abbildung 3: Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung



Quelle: Befragung, Frage 3

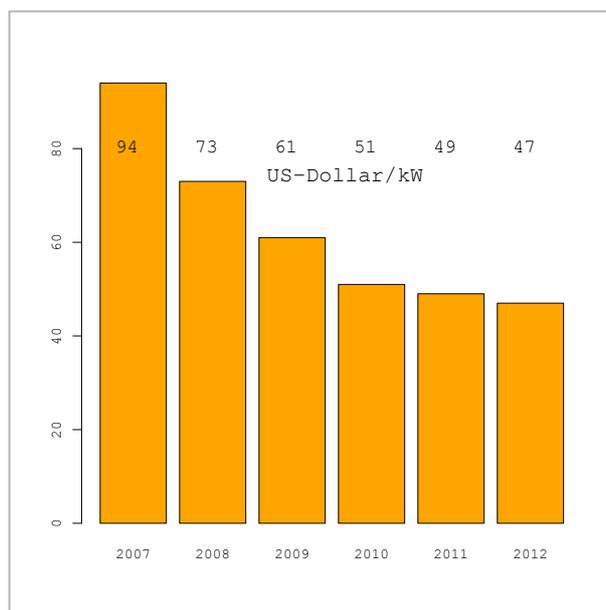
Technologische Hemmnisse spielen für die weitere Entwicklung des Technologiefelds Wasserstoff und Brennstoffzelle und die Marktdurchdringung damit eine geringere Rolle als in der Vergangenheit und sollten im Rahmen des Markthochlaufs überwunden werden.

Kritik am Konzept der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie resultiert u. a. aus den gegenwärtig noch hohen Kosten und damit Preisen der Technologien. Zu entscheiden ist, ob eine Kostendegression durch weitere F&E-Anstrengungen oder im Zuge einer Markteinführung und damit einhergehenden -hochlaufs reduziert werden können.

Ausgehend vom Produktlebenszykluskonzept fallen für die Entwicklung einer neuen Technologie vor Markteinführungsphase allein Kosten an. In dieser Phase werden vornehmlich Kleinserien zu Testzwecken auf eigens hierfür entwickelten Produktionsstraßen produziert, dadurch sind die Durchschnittskosten noch sehr hoch.

Als Beispiel für die Entwicklung der Technologiekosten von Brennstoffzellen vor dem eigentlichen Markthochlauf wird auf Abbildung 4 verwiesen. Die Kostendegression für Brennstoffzellensysteme beträgt hier ab 2010 ca. 4% p.a. und liegt damit wesentlich unter der zwischen 2007 und 2008 (23%)¹.

Abbildung 4: Entwicklung der Technologiekosten für Brennstoffzellensysteme



Quelle: DOE Fuel Cell Technologies Office Record, „Fuel Cell System Cost – 2013“, (2014, S. 3)²

Daraus kann man schlussfolgern, dass die Kostendegression in der F&E-Phase im Wesentlichen einen *regressiven* Verlauf nimmt. Das bedeutet, dass zunächst hohe Kostenreduktionen möglich werden, diese aber im Zeitablauf abnehmen. Dieser Prozess kann durch einen Rollout wieder beschleunigt werden.

Mit dem sukzessiven Hochlauf der Produktionsmenge wirken zwei Faktoren positiv auf eine Kostendegression: „Economy of Scales“ und „Learning by Doing“.

¹ Der Preis für Platin schwankte in dieser Zeit sehr stark. Allerdings stieg er zw. 2007 und 2008, so dass um diesen Effekt bereinigt die Degression der Technologiekosten noch höher als 23% ausfielen. Zwischen 2010 und 2012 waren die Schwankungen moderat. Quelle: DOE Fuel Cell Technologies Office Record, „Fuel Cell System Cost – 2013“

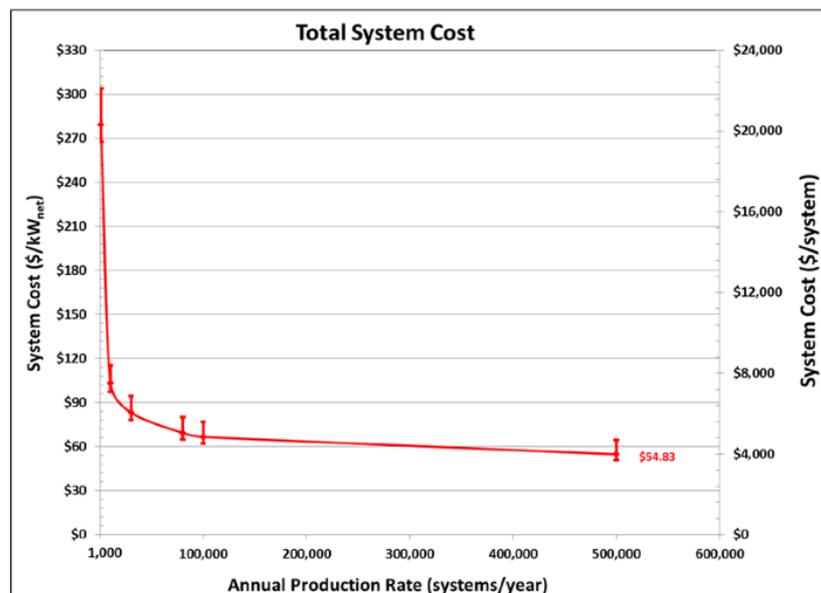
² http://energy.gov/sites/prod/files/14012_fuel_cell_system_cost_2013.pdf

„Economy of Scales“ führt ceteris paribus zu einem Sinken der Durchschnittskosten, da Produktionskapazitäten steigen und höher ausgelastet werden können. Zudem werden Effizienzgewinne im Zuge von Automatisierung möglich.

Durch das Nutzen von Lernkurveneffekten aus dem Produktionsprozess heraus („Learning by doing“) lassen sich zudem die Fixkosten und damit auch Stückkosten senken. Dies wird sowohl durch „Hinzulernen“ im Produktionsprozess möglich, als auch durch stetige Innovationsschritte am Produkt. Letzteres ist notwendig, um bestehende technologische Herausforderungen wie u. a. „geringer Wirkungsgrad der Elektrolyse“, „Effizienz der Brennstoffzelle“ und „geringe Lebenserwartung von Komponenten“ (Antworten aus der Befragung) zu überwinden.

Die Wirkung von Skaleneffekten auf die Durchschnittskosten ist in Abbildung 5 dargestellt. Bei einer Verfünfachung der Stückzahlen von 100.000 auf 500.000 lassen sich die Systemkosten um 30% senken.

Abbildung 5: Economy of scales für Brennstoffzellensysteme



Quelle: DOE Fuel Cell Technologies Office Record, „Fuel Cell System Cost – 2013“, (2014, S. 5)²

5. These 3

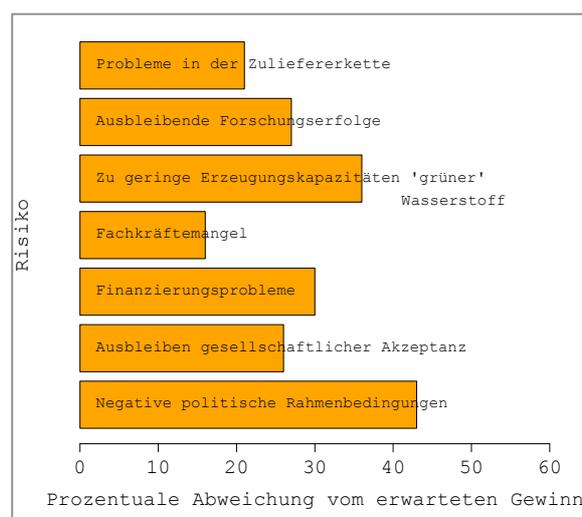
Die Akteure im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle messen den politischen Rahmenbedingungen eine große Bedeutung für die Tragfähigkeit ihrer eigenen Geschäftsmodelle zu.

Politische Rahmenbedingungen haben im Allgemeinen einen Einfluss auf die Tragfähigkeit von Geschäftsmodellen. Gesetzliche Vorgaben wie Grenzwerte, Steuern und andere Instrumente können sowohl die Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen lenken, als auch Einfluss auf die Produktion selber haben. Damit werden Gewinnerzielungsmöglichkeiten begrenzt oder aber befördert.

In den Anwendungsfeldern „Mobilität“ und „Energieerzeugung“ stehen Deutschland und Europa vor der Herausforderung etablierte Technologien durch in ihrer Nutzung (zukünftig) emissionsärmere Technologien wie z. B. FCEV oder BEV substituieren zu müssen. Klare politische Zielstellungen und Rahmenbedingungen für eine Transformation in eine Low Carbon Economy bzw. Wasserstoffökonomie helfen Geschäftsrisiken zu minimieren und ermöglichen so die Umsetzung von Geschäftsmodellen bei neuen Antriebstechnologien und im Bereich erneuerbarer Energien.

Die Auswertung der Befragung (Abbildung 6) hat ergeben, dass die Akteure die Wahrscheinlichkeit eines Unterschreitens des erwarteten Umsatzes (aus Geschäftsmodellen im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle) durch negative politische Rahmenbedingungen am höchsten im Vergleich zu anderen Risiken einschätzen. Sozio-ökonomische oder technologische Gegebenheiten werden weniger stark als Risiko für den Erfolg der Geschäftsmodelle gesehen. Die Verfügbarkeit von „grünem“ Wasserstoff wird als zweites großes Hindernis erkannt.

Abbildung 6: Prozentuale Abweichung vom erwarteten Gewinn je Risiko



Quelle: Befragung, Frage 10

Die Tatsache, dass alle befragten Institutionen Empfänger von Fördergeldern im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle sind, lässt die Frage zu, warum diese Institutionen, die im kontinuierlichen Austausch mit der Fördergeber und den dahinterstehenden politi-

schen Vertretern stehen, dennoch negative politische Rahmenbedingungen als das größte Risiko für Ihre Geschäftsmodelle sehen. Sollten die Rahmenbedingungen in den Augen der Befragten „verhältnismäßig negativ“ sein, so besteht immer noch die Möglichkeit und ggf. die Notwendigkeit Geschäftsmodelle daraufhin anzupassen.

Eine Bewertung des durch die Befragten angegebenen Risikos auf Grund politischer – in diesem Falle “negativer“ politischer Rahmenbedingungen – muss vor dem Hintergrund des angestrebten Transformationsziels erfolgen. Als wesentlich ist zu erachten, dass die im Technologiefeld tätigen Akteure, die politischen Zielstellungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen in Europa kennen und – auch auf Grund der bisherigen Entscheidungsprozesse – folgende politische Entscheidungen antizipieren müssen. Eine plötzliche Verschlechterung der Rahmenbedingungen ist als eher unwahrscheinlich einzuschätzen. Wesentlich wahrscheinlicher wird, dass bei einem abzusehenden Verfehlen des 2030 Ziels einer Emissionsreduktion um 40% gegenüber 1990 strengere Emissionsminderungsvorschriften zu erwarten sein werden.

Wichtig ist damit die Verlässlichkeit der politischen Rahmenbedingungen, dies bedeutet aber nicht zwangsläufig die Abhängigkeit technologischer Entwicklung von staatlicher Aktivität. Die Politik ist nicht verantwortlich für das Ausgestalten und erfolgreiche Umsetzen von Geschäftsmodellen, kann diese aber als verlässlicher Partner neutral oder positiv begleiten.

In einer Marktwirtschaft ist es „Aufgabe“ der Privatwirtschaft technologische Entwicklungen voranzutreiben. Eine koordinierte Entscheidung – und hier sei wiederum auf These 1 verwiesen – der Privatwirtschaft, gemeinsam den Aufbau einer Wasserstoffgesellschaft voranzutreiben muss damit zum Erfolg führen, solange technologische Hindernisse dem nicht im Weg stehen. Solche sehen die Akteure wie beschrieben nicht als wesentlich an.

Wichtig für die weitere Entwicklung und den Erfolg von Geschäftsmodellen im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle wird somit die Abstimmung und Koordination zwischen staatlichen und privaten Akteuren sein, sodass die Ziele und Absichten klar benannt und bekannt sind und es eine gemeinsame Roadmap gibt. Hierfür muss die Privatwirtschaft weiterhin auf die Politik zugehen und Instrumente der Interessenkoordination und -vertretung nutzen. Die Politik ihrerseits kann diesen Prozess auch durch Institutionen wie etwa die NOW unterstützen.

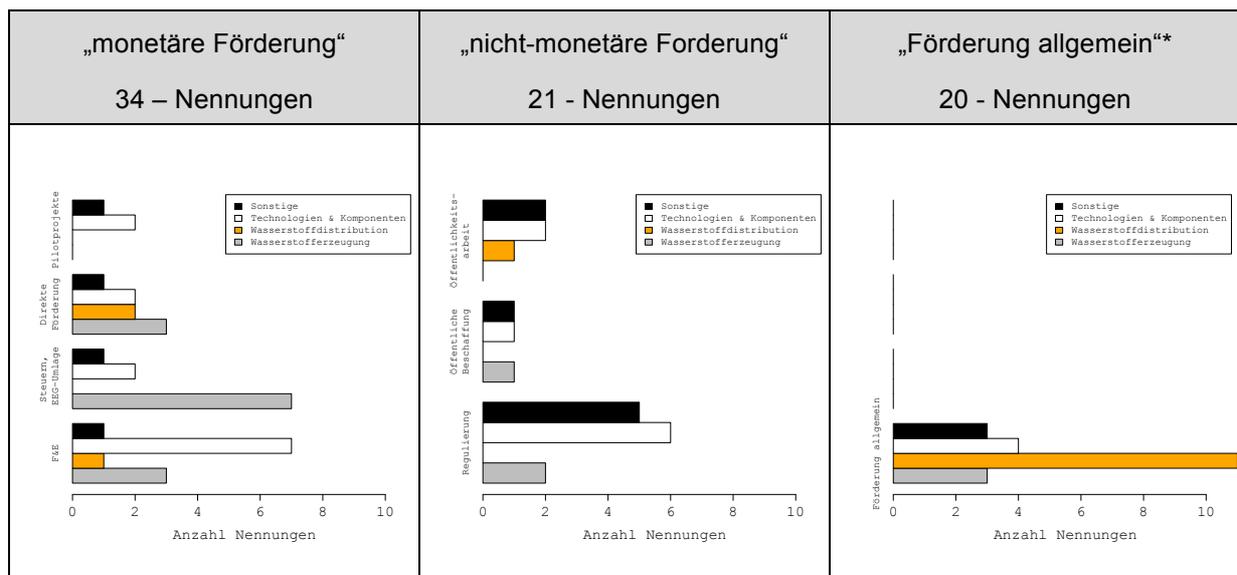
6. These 4

Die zukünftige Ausrichtung monetärer Förderung im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle muss auf die Wasserstofferzeugung und den Aufbau einer Tankstelleninfrastruktur fokussieren.

Staatliche Förderung war und ist ein wichtiges Instrument zur Etablierung einer Wasserstoffökonomie in Deutschland und Europa. Für die weitere Ausgestaltung der Förderung im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle muss bestimmt werden, welche Stufen der Wertschöpfung primär gefördert werden und durch welche Förderarten.

Die Befragung führte zu der Erkenntnis, dass für die Etablierung von Geschäftsmodellen im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle die großen Herausforderungen für die Akteure in der Bereitstellung von Tankinfrastruktur liegen (vergleiche Tabelle 2). Damit scheint es einen wichtigen Unterschied zur batterieelektrischen Mobilität zu geben, bei der es zusätzlich zum Aufbau der Ladeinfrastruktur weiterhin auch technologische Herausforderung im Bereich der Fahrzeuge gibt (vgl. Batteriekapazität, Ladedauer und damit Reichweite).

Tabelle 2: Gewünschte politische Unterstützung – nach Förderarten



Quelle: Befragung, Frage 3,

* keine Zuordnung der Antwort zu „monetär“ und „nicht-monetär“ möglich

Wird diese Auffassung vom Fördergeber geteilt, sollte eine zukünftige Förderung auf die Bereitstellung von „grünem“ Wasserstoff und der dafür nötigen Speicher- und Verteilinfrastruktur fokussieren.

Während in der Vergangenheit ein Fokus auf der F&E-Förderung im Bereich Fahrzeug und Komponenten lag wird es aus unserer Sicht nun erforderlich, die Markteinführung zu unterstützen und so – wie in These 2 beschrieben – positive Preis- und Innovationseffekte durch Economy of Scales und Learning by Doing entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu nutzen.

Direkte monetäre Förderung – in der F&E-Förderung weiterhin notwendig – sollte bei Förderung der Markteinführung (vgl. Kaufzuschüsse) nur eine untergeordnete Rolle wie z. B. im Bereich öffentlicher Beschaffung, spielen. Für die Förderung zum Aufbau einer relevanten H₂-Erzeugungs- und Tankinfrastruktur sind andere Instrumente zu entwickeln, die ökonomisch effizient sind und anderen wesentlichen politischen und gesellschaftlichen Zielstellungen nicht zuwider laufen.

Gegenwärtig sind es vor allem institutionelle Anleger, die auf Grund eines niedrigen Zinsniveaus langfristige Anlageoptionen suchen. Gerade Versicherungen sind mit der Situation konfrontiert, ihren Kunden zugesagte Renditen kaum zahlen zu können. An dieser Stelle kann ein strategisches Zusammengehen von Energie- und Automobilwirtschaft, Staat und institutionellen Anlegern Lösungen ermöglichen. Solche könnten in einem Teilen von Risiken durch Staat und Energie- und Automobilwirtschaft, Garantieverzinsungen durch den Staat und einer Finanzierung von Infrastruktur durch institutionelle Anleger liegen.

7. Schlussfolgerung und Handlungsempfehlungen

Der Technologiebereich Wasserstoff und Brennstoffzellen befindet sich in einem Transformationsprozess. Stand bisher primär die technologische Entwicklung von Produkten im Vordergrund, ist der kommende Schritt die Markteinführung und anschließende Marktdurchdringung. Damit steigt die Anforderung, dass Entscheidungen der Akteure koordiniert werden um ihre individuellen Unternehmensentscheidungen an den politisch gewollten und ökonomisch sowie ökologisch gebotenen Zielen einer Dekarbonisierung des Transport- und Energiesektors auszurichten.

Gegenwärtig liegen die Preise etablierter Substitutionstechnologien teilweise noch erheblich unter denen von Alternativtechnologien. Dies hat einen wesentlichen Einfluss darauf, dass die Nachfrage nach solchen Alternativen wie z. B. FCEV und auch BEV sehr gering ist. Zudem wirkt das Fehlen einer verlässlichen Infrastruktur in Form von Tankstellen prohibitiv auf die Nachfrage nach Fahrzeugen. Allerdings wächst auf Verbraucherseite immer mehr der Wunsch nach ökologisch vertretbarem Konsum. Somit wachsen absehbar Einkommenszielungsmöglichkeiten für die Akteure im Technologiefeld. Hierauf müssen sich diese einstellen und (weiterhin) bereit sein, Geschäftsrisiken zu tragen.

Die Auswertung der Befragung zeigt, dass die Community als Ganzes kein gemeinsames Ziel bzw. eine gemeinsame Vision kommuniziert. Potentielle Marktentwicklungen werden durch die Community nicht als Ganzes geteilt, sondern formen sich allein als Summe der Einzelerwartungen. Die Angst vor einer negativen Entwicklung politischer Rahmenbedingungen und vor einer Reduktion direkter monetärer Förderung wird als Bedrohung wahrgenommen. Hieraus erwächst die Gefahr, dass dies für die Umsetzung von Geschäftsmodellen im Einzelnen und damit für die Etablierung einer Wasserstoffökonomie lähmend wirkt.

Aus unserer Sicht bedarf es für das weitere Vorgehen der Marktteilnehmer und der Politik folgender Schritte:

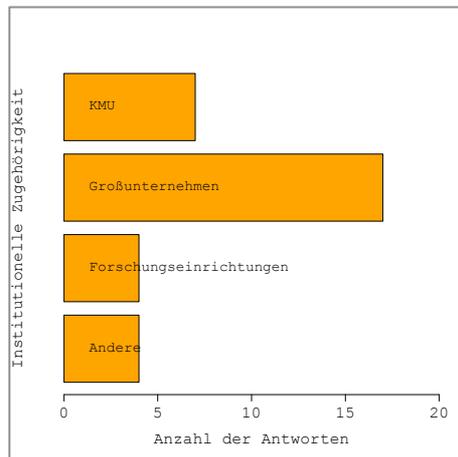
1. Ein (weiterhin) klares Bekenntnis der Politik zu den Energie- und Klimazielen in Deutschland und der EU.
2. Ein klares Bekenntnis der Politik zum Technologiebereich Wasserstoff und Brennstoffzelle als einen Eckpfeiler für den Transformationsprozess hin zu einer Low-Carbon-Economy.
3. Eine Stärkung der Rolle eines Koordinators und damit Mittlers von Wirtschaft und Politik wie der NOW.
4. Eine Fokussierung der Förderung auf die Wasserstoffproduktion und –distribution.
5. Ein zügiger Ausbau der Tankstelleninfrastruktur unter Einbeziehung institutioneller Anleger (u. a. Versicherungen).

Appendix – Auswertung der Befragung

1. Institutionelle Zugehörigkeit der befragten Akteure

Mit Frage 1 wurde nach der institutionellen Zugehörigkeit der Akteure gefragt. Mit ca. 50% stellen Großunternehmen den größten Anteil der Antwortenden (Abbildung 7), gefolgt von KMU. Damit stellten Unternehmen das Gros der befragten Akteure.

Abbildung 7: Angaben zur institutionellen Zugehörigkeit der Befragten



Quelle: Befragung, Frage 1

2. Geschäftsmodelle der Akteure

Eine einheitliche Definition des Terminus „Geschäftsmodells“ existiert nicht. In der Befragung wurde folgende Definition zu Grunde gelegt:

“Business models are defined as summary of the value creation logic of an organization or a business network including assumptions about its partners, competitors and customers. They define the business and IS architecture, rules, potential benefits and sources of revenues.”³

Durch die befragten Akteure wurden 56 Geschäftsmodelle benannt. 45% (13 Befragte) gaben an, über ein Geschäftsmodell zu verfügen, 55% (16 Befragte) verfügen über mindestens zwei Geschäftsmodelle (Die angegebenen 56 Geschäftsmodelle wurden in der Auswertung sechs Clustern zugeordnet (Abbildung 9). Diese Cluster bilden verschiedene Teilbereiche der Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie ab. Im Einzelnen sind dies:

1. „Herstellung Wasserstoff & Elektrolyse“
2. „Tankstellen & Speicher“
3. „Brennstoffzellen & Komponenten“

³ Klueber, R.: Business Model Design and Implementation for services. In: Chung, H. Michael (Hrsg.): Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2000). Association for Information Systems, Long Beach, California, USA 2000, S. 797-800. Entnommen aus Scheer, C., T. Deelmann und P. Loos (2003) "Geschäftsmodelle und internetbasierte Geschäftsmodelle – Begriffsbestimmung und Teilnehmermodell", Uni Mainz.

4. „Fahr- & Flugzeuge“
5. „F&E-Dienstleistungen“
6. „Dienstleistungen & Contracting“

In der weiteren Auswertung anderer Fragen sind z. T. diese Cluster weiter aggregiert worden.

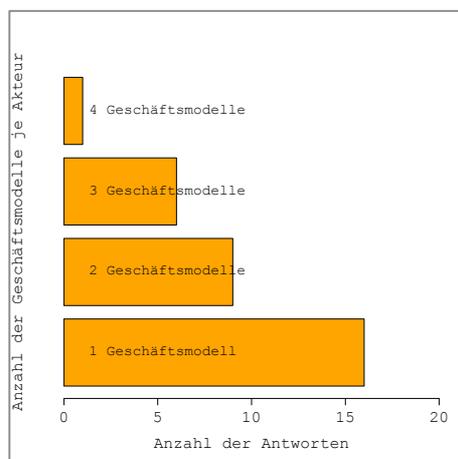
Abbildung 8).

Die angegebenen 56 Geschäftsmodelle wurden in der Auswertung sechs Clustern zugeordnet (Abbildung 9). Diese Cluster bilden verschiedene Teilbereiche der Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie ab. Im Einzelnen sind dies:

7. „Herstellung Wasserstoff & Elektrolyse“
8. „Tankstellen & Speicher“
9. „Brennstoffzellen & Komponenten“
10. „Fahr- & Flugzeuge“
11. „F&E-Dienstleistungen“
12. „Dienstleistungen & Contracting“

In der weiteren Auswertung anderer Fragen sind z. T. diese Cluster weiter aggregiert worden.

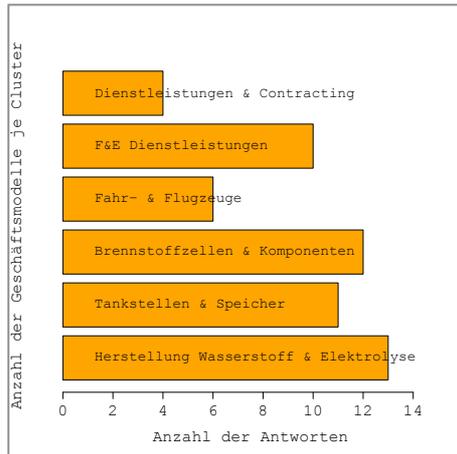
Abbildung 8: Anzahl der Geschäftsmodelle je Akteur



Quelle: Befragung, Frage 7

Die Cluster „Herstellung Wasserstoff & Elektrolyse“ (12 Geschäftsmodelle) und die „Herstellung von Brennstoffzellen & Komponenten“ (ebenfalls 12 Geschäftsmodelle) sind die in der Befragung am häufigsten angegebenen Geschäftsmodelle. Von den 16 Akteuren, die über mehr als ein Geschäftsmodell verfügen, können bei 11 Akteuren diese Geschäftsmodelle mehr als einem Cluster zugeordnet werden. Wenn Akteure mehr als ein Geschäftsmodell angeben, die nicht im selben Cluster liegen, dann tritt die Kombination „Herstellung Wasserstoff & Elektrolyse“ und „Tankstellen & Speicher“ mit fünf Nennungen am häufigsten auf.

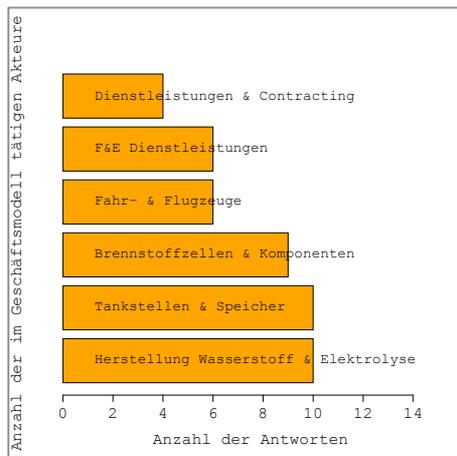
Abbildung 9: Anzahl der Geschäftsmodelle je Cluster



Quelle: Befragung, Frage 7

Bleiben Mehrfachnennungen von Geschäftsmodellen eines Akteurs innerhalb eines Cluster unberücksichtigt, ergibt sich die Anzahl von Befragten, die in den jeweiligen sechs Clustern tätig sind (Abbildung 10). Überwiegend sind in der Befragung Akteure vertreten, die aus den Bereichen „Wasserstoffherzeugung, -lagerung und/oder -distribution“ kommen (45%). Technologieanbieter aus den Bereichen „Brennstoffzellen & Komponenten“ und „Fahr- & Flugzeug“ stellen ca. 33% und Anbieter von Dienstleistungen ca. 22%.

Abbildung 10: Anzahl in den Geschäftsmodell Clustern tätige Akteure



Quelle: Befragung, Frage 7

3. Anwendungsfelder der Geschäftsmodelle

Die Zuordnung der Geschäftsmodelle auf Anwendungsfelder der Technologien, Forschungen und Dienstleistungen in einer Wasserstoffökonomie ist Gegenstand einer Anwendungsmatrix (Tabelle 3). Anhand eines Screenings der wichtigen, internationalen Akteure im Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle und einer einschlägigen Literaturrecherche wurden die Anwendungsfelder in die vier Hauptkategorien „Wasserstoffherzeugung“, „Stromerzeugung“, „Infrastruktur“, und „Mobilität“ eingeteilt.

Tabelle 3: Potentielle Anwendungsfelder der genutzten Technologien

| | | | | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|----|-----|
| Anwendungsfelder | Wasserstoff- erzeugung | | | 35 | 35 |
| | Stromer- zeugung | Stationär | Primär- erzeugung | 27 | 80 |
| | | | Notstrom- erzeugung | 29 | |
| | | Mobil Endgeräte (nicht Automobile) | Kleingeräte | 10 | |
| | | | Mobile Erzeugung | 14 | |
| | Infra- struktur | Speicherung | | 24 | 48 |
| | | Verteilung | | 24 | |
| | Mobilität | Luftfahrt | | 29 | 188 |
| | | Raumfahrt | | 12 | |
| | | Schiffahrt | | 29 | |
| | | Automobilität | PKW | 46 | |
| LKW | | | 35 | | |
| Nutzfahrzeuge | 37 | | | | |

Quelle, Befragung, Frage 2

Grundsätzlich ist Expertise bei den befragten Akteuren in allen beschriebenen Anwendungsfeldern vorhanden. Aufgrund der Verwendbarkeit einer Technologie in verschiedenen Anwendungsfeldern, ergibt sich hier jedoch ein grundlegend anderes Bild als bei der Betrachtung der Geschäftsmodelle.

Stromerzeugung mit 23% und Mobilität mit 54% dominieren hier bei weitem als wichtigste Anwendungsfelder. Der Bereich Automobilität allein kommt auf knapp 34% der Nennungen. Auf den gesamten Bereich der Speicherung, Verteilung und Erzeugung entfallen 24%.

Lediglich 15% der Nennungen entfallen auf Anwendungsfelder, die als weitgehend unabhängige Insellösungen (Notstrom-, Mobile-Erzeugung, Kleingeräte) genutzt werden können und so auch kurzfristig tragfähige Geschäftsmodelle in Nischenmärkten darstellen.

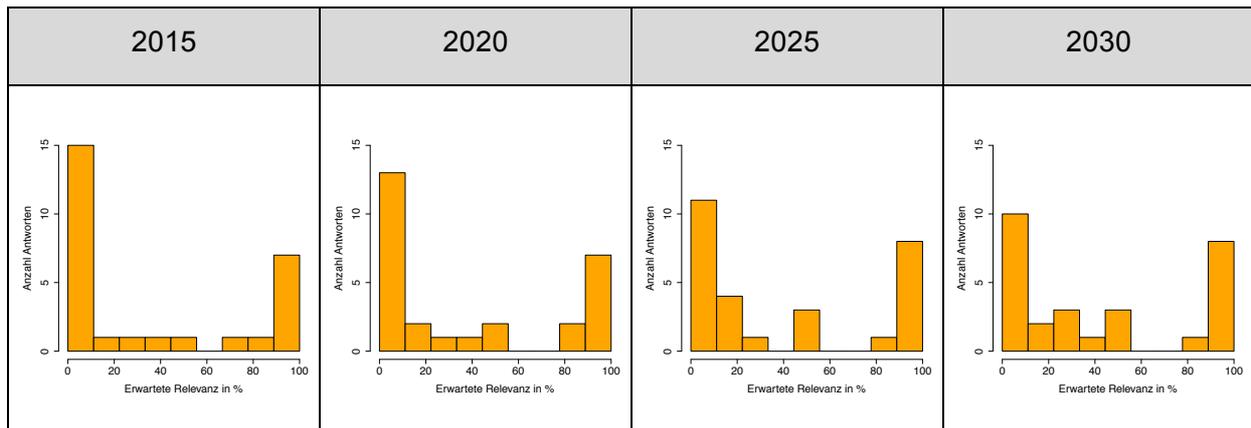
Das Gros der Nennung entfällt auf den Bereich Mobilität (54%). Zusammen mit der Primärstromerzeugung (8%) sind dies somit die Bereiche, die durch eine starke Abhängigkeit von Infrastruktur gekennzeichnet sind. Die Anwendungsfelder der befragten Akteure konzentrieren sich in Bereichen die Massenmarktpotential haben, aber hohe gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen.

4. Die Relevanz des Themas für die Akteure

Die Akteure wurden befragt, welchen Stellenwert (Relevanz) die Thematik Wasserstoff im Verhältnis zu anderen Aktivitäten des Unternehmens bzw. der Forschungseinrichtung hat und welche Erwartungen für die Zukunft bestehen. Es lassen sich drei Gruppen von Akteuren unterscheiden (**Fehler! Textmarke nicht definiert.**):

1. Akteure, für die das Thema heute und in Zukunft einen geringen Stellenwert von unter 10% hat,
2. Akteure, deren Geschäftszweck vollständig mit dem Thema Wasserstoff verbunden ist (Relevanz 100%) und
3. solche Akteure, für die das Thema mit einer Relevanz von 10% bis 50% einen von mehreren Zwecken des Unternehmens / der Forschungseinrichtung zugehörig ist.

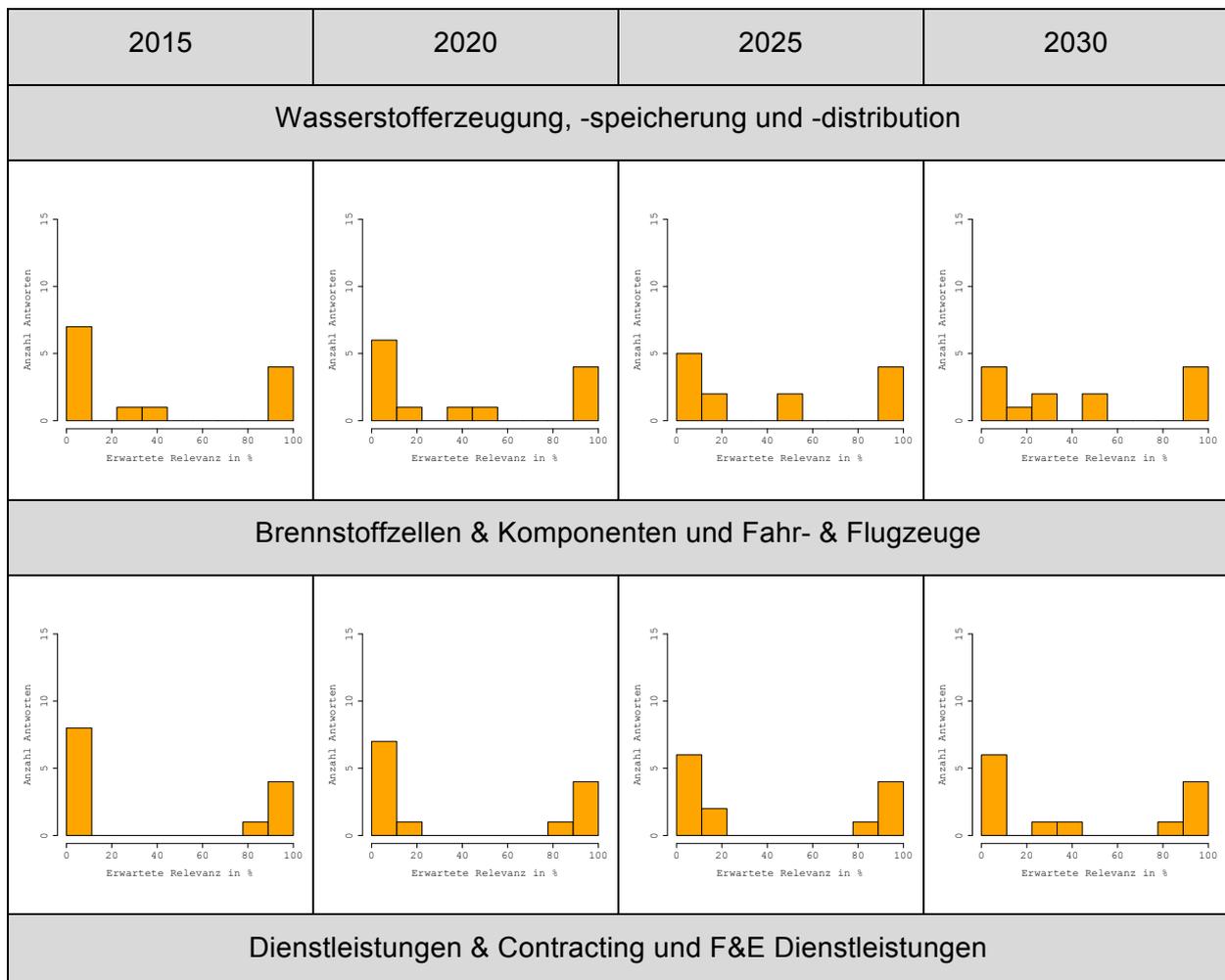
Tabelle Fehler! Textmarke nicht definiert.: Histogramm der erwarteten Relevanz des Themas für die Akteure

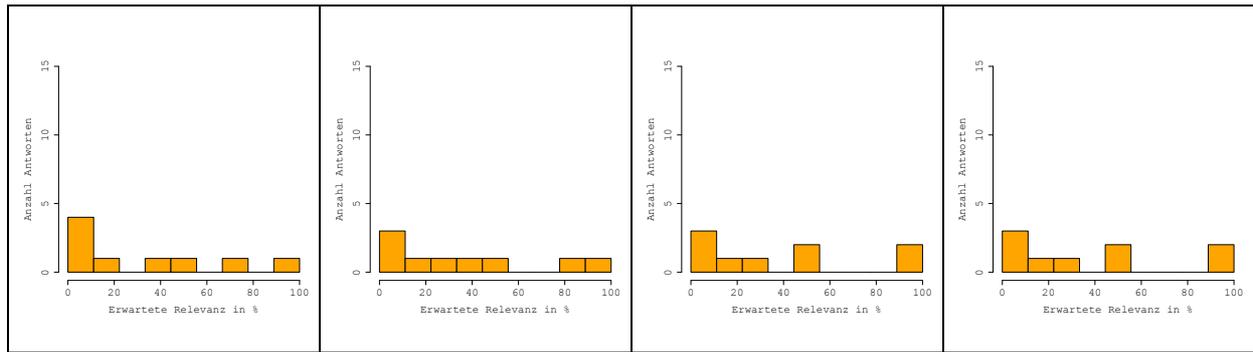


Quelle: Befragung, Frage 6

Wird berücksichtigt, welchem Cluster die Geschäftsmodelle zugeordnet sind (Tabelle 4), zeigt sich, dass vor allem von den Akteuren mit Geschäftsmodellen im Bereich „Brennstoffzellen, Fahrzeugen und Komponenten“ keine wesentliche Zunahme der Relevanz erwartet wird. Acht der 13 Akteure, die mindestens ein Geschäftsmodell im Cluster verfolgen, geben für 2015 eine Relevanz von unter 10% und fünf Akteure eine Relevanz zwischen 80% und 100% an. Für die Periode bis 2030 erwarten nur zwei Akteure (15%), dass die Relevanz des Themas Wasserstoff für ihr Unternehmen über 10% steigen wird.

Tabelle 4: Histogramme der erwarteten Relevanz nach Cluster der Geschäftsmodelle

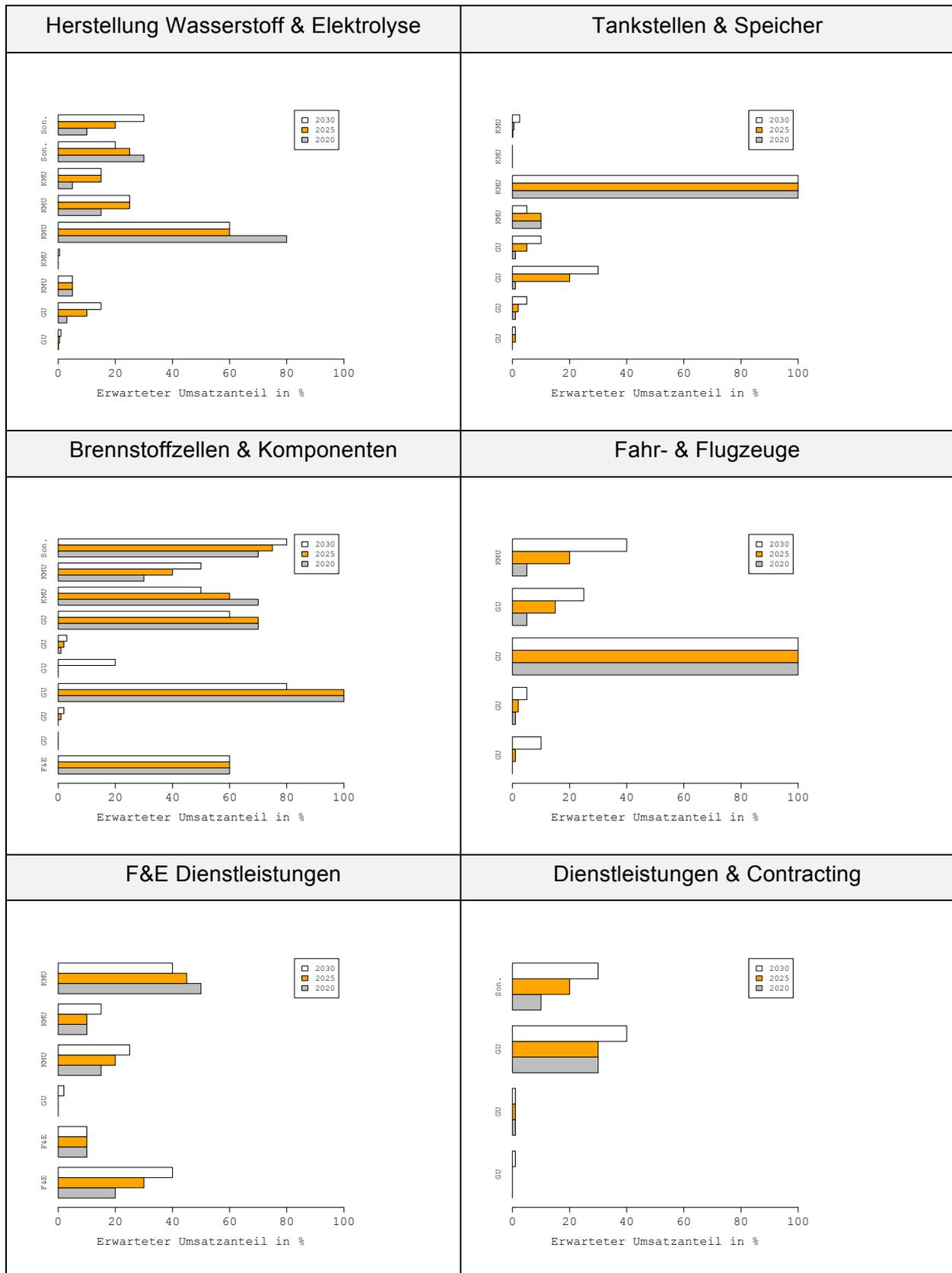




Quelle: Befragung, Frage 6

Mit einer ähnlichen Ausrichtung zielte die Frage 8 auf die Angabe der Erwartungen zur relativen Umsatzentwicklung der einzelnen Geschäftsmodelle. In Tabelle 5 sind für die einzelnen Geschäftsmodellcluster diese Antworten abgebildet.

Tabelle 5: Erwarteter Umsatzanteil der Geschäftsmodelle nach Cluster

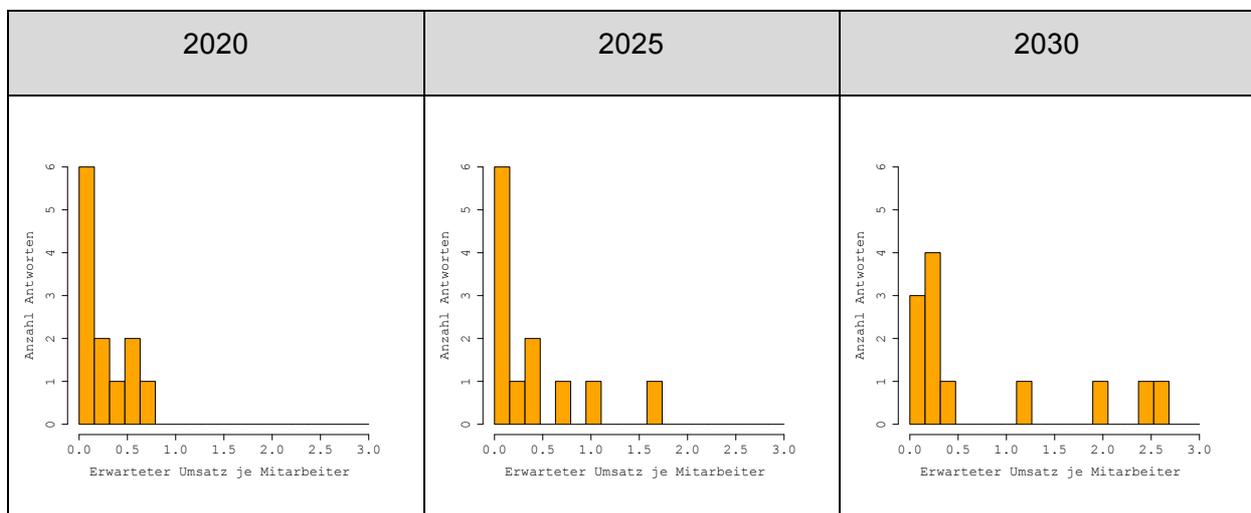


Quelle: Befragung, Frage 8

Die durch die Akteure angegebenen erwarteten Umsätze, Mitarbeiterzahlen und internationalen Marktanteile werden auf Grund zugesicherter Vertraulichkeit hier nicht abgebildet. Einzig wurde die Maßzahl „Umsatz je Mitarbeiter“ für das jeweils priorisierte Geschäftsmodell abgebildet. Tabelle 6 zeigt die Histogramme der Verteilung für die drei Jahre 2020, 2025 und 2030.

Acht Akteure geben Erwartungen an, die einem Wert von bis zu 500.000 Euro/Mitarbeiter für das Jahr 2030 entsprechen. Damit liegen die Einschätzungen im Rahmen dessen, was in den relevanten Wirtschaftssektoren in Deutschland gegenwärtig als Produktionswert je Mitarbeiter üblich ist. In Deutschland betragen die Werte für den Fahrzeugbau ca. 400.000 Euro, den Maschinenbau ca. 250.000 Euro und für die Energieversorgung ca. 500.000 Euro je Mitarbeiter. Mit Werten von 2 - 2,5 Mio. Euro je Mitarbeiter sind drei Ausreißer zu erkennen. Ohne weitere Informationen ist die Glaubwürdigkeit dieser Angaben nur schwer zu bestimmen und unterbleibt daher an dieser Stelle.

Tabelle 6: Histogramme der erwarteten Umsätze je Mitarbeiter in Mio. Euro



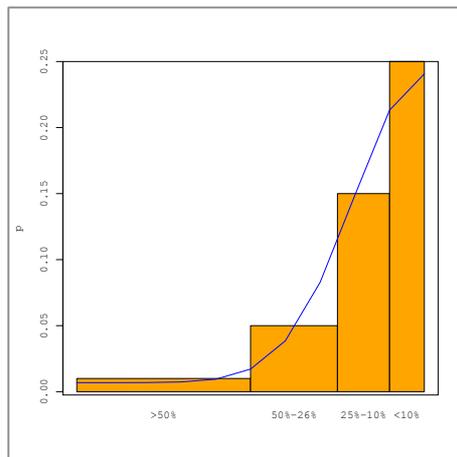
Quelle: Befragung, Frage 9

5. Risiken für den Erfolg der Geschäftsmodelle

Der Erfolg von Unternehmen wird durch externe sozio-ökonomische, politische und technologische Gegebenheiten mitbestimmt. Die Akteure wurden zur quantitativen Bewertung einer Auswahl dieser Risiken aufgefordert. Dies erfolgte durch Angabe der subjektiven Wahrscheinlichkeiten für das Unterschreiten des erwarteten Gewinns des als wesentlich benannten Geschäftsmodells. Hierzu wurden vier Bereiche angegeben, um die der erwartete Gewinn unterschritten werden kann: „0% - 10%“, „11% - 25%“, „26% - 50%“ und „über 50%“.

Der erwartete Gewinn stellt den Erwartungswert des Gewinns dar und die angegebenen subjektiven Wahrscheinlichkeiten bilden den „linken“ Bereich einer gedachten Verteilungsfunktion des Erwarteten Gewinns je Risiko dar. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** verdeutlicht dies. Die blaue Linie im Plot stellt den Teil der Dichtefunktion einer Normalverteilung im Intervall $[0, \infty)$ dar. Die Höhen der Balken im Diagramm entsprechen den angegebenen subjektiven Wahrscheinlichkeiten eines Akteurs.

Abbildung 11: Erklärung zur subjektiven Wahrscheinlichkeiten



Quelle: Eigene Darstellung

Vorgegeben wurden sieben Risiken: „Probleme in der Zuliefererkette“, „ausbleibender Forschungserfolg“, „geringe Erzeugungskapazitäten "grünen" Wasserstoffs“, „Fachkräftemangel“, „Finanzierungsprobleme“, „ausbleibende gesellschaftliche Akzeptanz“ und „negative politische Rahmenbedingungen“. Diese Auswahl potentieller Risiken ist zum einen nicht vollumfänglich und zum anderen wird nicht berücksichtigt, dass die mögliche sozio-ökonomische bzw. technische Realisierung zu positiven Wirkungen auf die Umsätze führen kann. Aus diesem Grund ist ein Kumulieren der angegebenen subjektiven Wahrscheinlichkeiten über die Kriterien hinweg nicht möglich. Ebenfalls unberücksichtigt bleibt, dass die einzelnen Risiken auch voneinander abhängen (können).

Tabelle 7 und Quelle: Befragung, Frage 10

Tabelle 8 enthalten Abbildungen zu den **Histogrammen** der Antworten zu Frage 10. Zur Interpretation der Histogramme: je „höher“ ein Balken desto mehr Akteure erwarten eine spezifische Abweichung vom erwarteten Gewinn auf Grund eines Risikos. So sind es z. B. 12 Akteure, deren subjektive Wahrscheinlichkeit für eine negative Abweichung vom „erwarteten Gewinn um mehr als 50%“ auf Grund von „Problemen in der Zuliefererkette“ (Tabelle 7, erste Zeile) bei unter 10% liegt. Viele Akteure halten es damit für unwahrscheinlich, dass dieses Risiko starke Auswirkungen auf den erwarteten Gewinn hat. Dem gegenüber (Quelle: Befragung, Frage 10

Tabelle 8, letzte Zeile) geben neun Akteure an, dass ihre subjektive Wahrscheinlichkeit für das Unterschreiten des Gewinns auf Grund „negativer politischer Rahmenbedingungen“ von 0% bis 10% liegt. Viele Akteure halten es damit für unwahrscheinlich, dass negative politische Rahmenbedingungen negative Auswirkungen auf ihren Gewinn haben werden.

Tabelle 7: Histogramm zur Wirkung unterschiedlicher Parameter auf den erwarteten Gewinn I

| Erwarteter Gewinn wird um: | | | |
|--|---|---|---|
| 0% - 10% unterschritten | 11% - 25% unterschritten | 26% - 50% unterschritten | mehr als 50% unterschritten |
| Auf Grund von Problemen in der Zuliefererkette | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 1</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 6</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 7</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 7</p> |
| Auf Grund ausbleibender Forschungserfolge: | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 1</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 3</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 4</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 5</p> |
| Auf Grund zu geringer Erzeugungskapazitäten "grünen" Wasserstoffs | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 3</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 4</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 2</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 5</p> |
| Auf Grund Fachkräftemangels: | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 0</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 2</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 4</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 8</p> |

Quelle: Befragung, Frage 10

Tabelle 8: Histogramme zur Wirkung unterschiedlicher Parameter auf den erwarteten Gewinn II

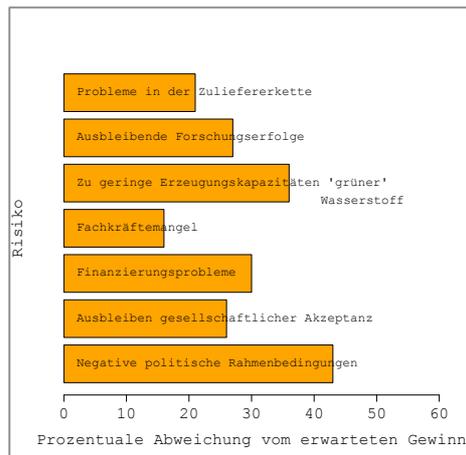
| Erwarteter Gewinn wird um: | | | |
|--|---|---|---|
| 0% - 10% unterschritten | 11% - 25% unterschritten | 25% - 50% unterschritten | mehr als 50% unterschritten |
| Auf Grund von Finanzierungsproblemen: | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 2</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 5</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 3</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 4</p> |
| Auf Grund ausbleibender gesellschaftlicher Akzeptanz: | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 4</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 5</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 2</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 3</p> |
| Auf Grund negativer politischer Rahmenbedingungen: | | | |
| <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 4</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 2</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 2</p> | <p>Anzahl Subjektive Wahrscheinlichkeit = Null: 1</p> |

Quelle: Befragung, Frage 10

Im Folgenden wird eine vereinfachte Darstellung gewählt, um den Aussagegehalt obiger Histogramme zu untermauern.

Werden die Klassenmitten der vier angegebene Klassen („0% - 10“, „11% - 25%“ et cetera) mit den angegebenen subjektiven Wahrscheinlichkeiten der Akteure multipliziert, so lassen sich die erwarteten Abweichungen vom „Erwartungs“-Gewinn angeben. Abbildung 62 gibt hierfür die Ergebnisse an.

Abbildung 12: Prozentuale Abweichung vom erwarteten Gewinn je Risiko



Quelle: Befragung, Frage 10

Demnach stellen „negative politische Rahmenbedingungen“ das für die Akteure wesentlichste Risiko für die Entwicklung der Gewinne aus ihren Geschäftsmodellen dar. Die Abweichung vom erwarteten Gewinn beträgt -43%. Mit Abstand folgen Risiken auf Grund „zu geringer Erzeugungskapazitäten ‚grüner‘ Wasserstoffs“ (-31%) und „Finanzierungsprobleme“ (-30%). Mit einer Abweichung vom erwarteten Gewinn von -16% stellt der Fachkräftemangel das am geringsten relevante der benannten Risiken dar.

6. Erwartete Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung

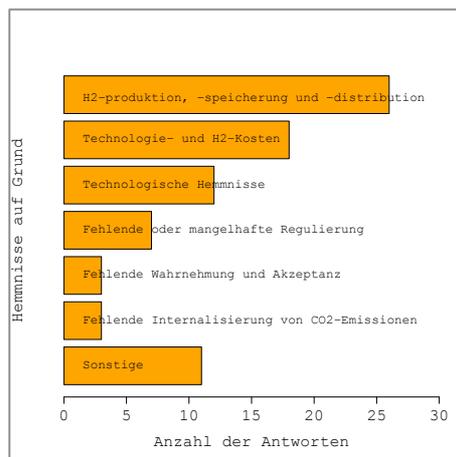
Die Befragten benannten 80 Hemmnisse für die technologische Entwicklung und Marktdurchdringung im Sektor der Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie. Diese 80 Hemmnisse wurden in der Auswertung sieben Clustern zugeordnet. Die drei umfangreichsten werden zunächst kurz vorgestellt:

Das Cluster „*H₂-produktion, -speicherung und -distribution*“ umfasst alle genannten strukturellen Hemmnisse, die entlang der Wertschöpfungsstufen von der Wasserstofferzeugung bis zum Verkauf auftreten können. Nicht enthalten sind solche Hemmnisse, die einen Kostenbezug haben oder technologische Hemmnisse betreffen.

Das Cluster „*Technologie- und H₂-Kosten*“ umfasst alle kosten- und preisbezogenen Hemmnisse in allen Technologiebereichen. Hierzu zählen Benennungen wie u. a. „zu hohe Kosten der Elektrolyse“, „zu hohe Hardwarekosten“ oder „Kfz Preise zu hoch“.

Das Cluster „*Technologische Hemmnisse*“ umfasst alle genannten Hemmnisse, die sich auf Probleme technologischer Art beziehen. Im Bereich der Wasserstofferzeugung zählen hierzu Benennungen hinsichtlich zu geringer Effizienz der Elektrolyse. Weitere sind u. a. „technische Zuverlässigkeit“, „fehlende Zulieferindustrien“ und „Lebenserwartung“ der Technologien.

Abbildung 13: Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung



Quelle: Befragung, Frage 3

Mit 33% (26 Nennungen bzw. 81% der Befragten) wurden durch die Befragten solche Hemmnisse als wesentlich angegeben, die im Zusammenhang mit der Produktion, Speicherung und Distribution des Wasserstoffs stehen. Werden Nennungen, die die Höhe der Kosten zur Wasserstoffherzeugung als Hemmnis angeben mitberücksichtigt (diese sind im Cluster „Technologie- und H₂-Kosten“ in der Auswertung aufgeführt), steigt dieser Wert auf 41%. Innerhalb des Clusters „H₂-Produktion, -speicherung und -distribution“ stellen mit 43% Hemmnisse auf Grund fehlender Tankstelleninfrastruktur die häufigste Nennung (11) dar.

Das Cluster „Technologie- und H₂-Kosten“ fasst alle Nennungen zusammen, die direkt oder indirekt die Höhe der Kosten entlang der Wertschöpfungskette als einen Grund für die mangelnde Marktdurchdringung sehen. Die Anzahl der Nennungen beträgt hier 18 (23% aller Nennungen) und wurde von 56% der Befragten getätigt.

Drittgrößtes Cluster ist mit 12 Nennungen (15% bzw. 37% der Befragten) das der „Technologischen Hemmnisse“. Hierin enthalten sind mit 3 Nennungen Verweise auf zu geringe Wirkungsgrade der Wasserstoffherzeugung.

Eine Prüfung, ob die Benennung von Hemmnissen mit der Art des Geschäftsmodells der Befragten korreliert ist auf Grund der geringen Anzahl an Antworten in den einzelnen Clustern nicht aussagekräftig und wird aus diesem Grund hier nicht vorgestellt.

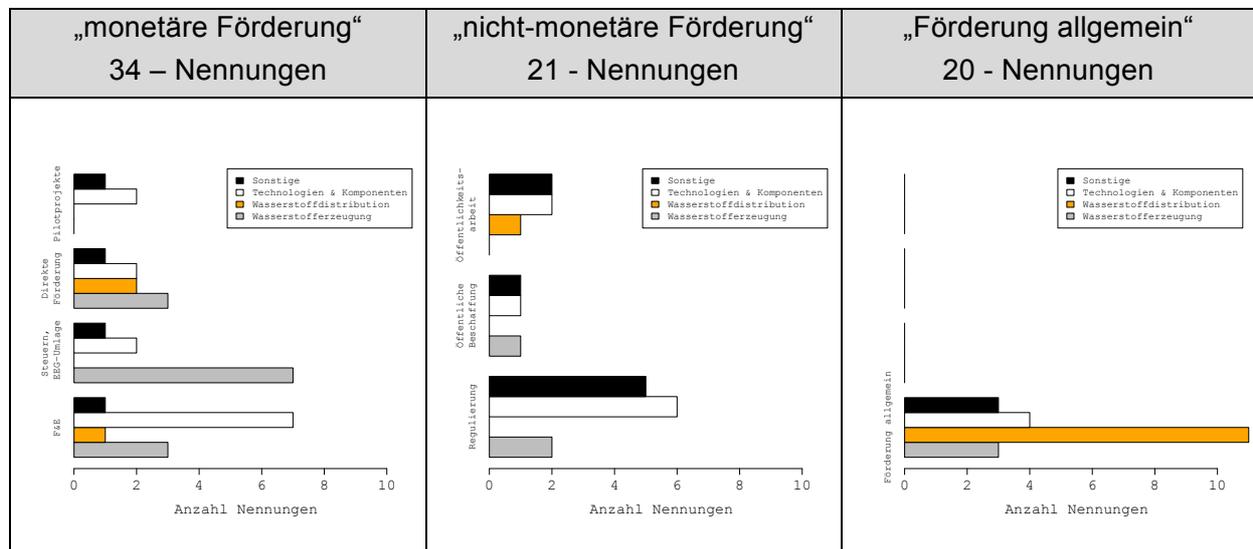
Bezogen auf die Gesamtzahl getätigter Antworten (80) ist die Angabe der technischen Hemmnisse als gering einzustufen. Offensichtlich wird von den Akteuren in weitaus größerem Umfang die geringe bzw. mangelnde Verfügbarkeit von Wasserstoff als hemmend für die weitere Marktdurchdringung der Wasserstofftechnologie angesehen.

7. Gewünschte politische Unterstützung

Die Akteure wurden gebeten, potentielle politische Unterstützungen zu benennen, die einen Abbau der genannten Hemmnisse ermöglichen kann. Die genannten potentiellen Unterstützungen werden in der Auswertung zunächst in „monetäre Förderung“ und „nicht-monetäre Förderung“ sowie „Allgemeine“ gruppiert. In letzterem sind alle Antworten enthalten, die nicht spezifisch einer der beiden Förderungen zugeordnet werden kann.

Weiterhin sind, den benannten Hemmnissen entsprechend, vier Cluster gebildet worden, auf die sich die jeweilige Förderung (bzw. das zuvor benannte Hemmnis) beziehen. Diese sind „Wasserstoffproduktion“ (und Speicherung), „Wasserstoffdistribution“, „Technologien und Komponenten“ und „Sonstige“.

Tabelle 9: Gewünschte politische Unterstützung – nach Förderarten



Quelle, Befragung, Frage 3

Monetäre Förderung stellt für die Befragten ein wesentliches Element zum Abbau bestehender Hemmnisse der technologischen Entwicklung und Marktdurchdringung dar. Mit 34 Nennungen entspricht dies 62% der zuzuordnenden Nennungen. Der Form der Antworten nach zu urteilen, kann zudem vermutet werden, dass ein Großteil der unter „Förderung allgemein“ eingeordneten Nennungen sich auch auf eine monetäre Förderung bezieht.

Während F&E Förderung vorrangig im Bereich der Technologieentwicklung („Technologien und Komponenten“) als Förderinstrument gewünscht wird, ist es im Bereich Wasserstoffherzeugung vorrangig Förderung über Steuervergünstigungen und eine Reduktion der EEG-Umlage für Elektrolyse. Nennungen zu einer „direkten monetären Förderung“ enthalten Kaufzuschüsse, „Abschreibungsvergünstigungen und Investitionszuschüsse“.

Hinsichtlich eines Zusammenhangs von institutionellen Zugehörigkeit der Antwortenden und den Nennungen sind nur zwei Ausreißer auffällig. So sind bei der Nennung „F&E-Förderung“ nur 9% der Antwortenden KMU, wohingegen sie 22% aller Akteure in der Befragung ausmachen. Bei der Nennung „Regulierung“ sind 50% der Antwortenden ebenfalls KMU, sodass diese hier relativ überrepräsentiert sind. Der Umfang der Antworten und Akteure macht eine Aussage zur Signifikanz dieser Zusammenhänge allerdings unmöglich.

Bemerkenswert ist, dass der „öffentlichen Beschaffung“ durch die Befragten mit nur drei Nennungen kaum Bedeutung zugemessen wird, ein Sachverhalt, der hinterfragt werden müsste.

8. Erwartungen zur globalen Marktentwicklung

Für die Entwicklung und erfolgreiche Umsetzung individueller Geschäftsmodelle ist es erforderlich, dass Unternehmen konkrete Erwartungen zur zukünftigen Entwicklung der Märkte

haben. Dies umfasst sowohl Erwartungen hinsichtlich Technologieführerschaft und Marktführerschaft als auch Erwartungen zur Struktur und Größe der Absatzmärkte.

„Technologieführer“ sind solche Länder oder Regionen, die über die höchste Innovationskraft, die am besten ausgeprägten Kernkompetenzen oder die am weitesten gereifte Technologie verfügen. Mit „Marktführer“ werden Länder oder Regionen bezeichnet, die den höchsten Anteil am Marktvolumen bezogen auf Stückzahlen in Produktion bzw. im Umsatz haben.

In der Befragung wurden fünf Regionen vorgegeben sowie mit sechs – „sonstige“ – eine weitere Auswahlmöglichkeit geschaffen. Weiterhin wurde nach vier Anwendungs- bzw. Technologiebereichen gefragt: „Wasserstoffherzeugung“, „Stromerzeugung“, „Infrastruktur“ und „Mobilität“.

Die Akteure wurden nach ihren Einschätzungen (subjektive Wahrscheinlichkeit) dafür befragt, dass (Frage 4 und 5) eine Region im Jahr 2020 bzw. 2030 Technologie- bzw. Marktführer ist. Die Summe der Antworten eines Befragten muss dabei 100% ergeben. Es lässt sich damit die angegebene subjektive Wahrscheinlichkeit als erwarteter prozentualer Anteil an der globalen Technologie- bzw. Marktführerschaft interpretieren. *Beispiel: Ein Akteur erwartet mit einer subjektiven Wahrscheinlichkeit von 30%, dass Deutschland Technologieführer im Jahr 2020 im Bereich Mobilität ist und mit einer Wahrscheinlichkeit von 20%, dass dies die USA ist. Die restlichen 50% verteilen sich auf die übrigen Regionen bzw. Länder.* Mit Frage 6 sollte der erwartete Marktanteil der einzelnen Regionen für die beiden Jahre in Prozent angegeben werden.

Von wesentlichem Interesse war es zu erfahren, wo die Akteure zukünftig die Impulse für die Technologie- und Marktentwicklung sehen und damit, auf welche Regionen und Länder der Fokus der eigenen Geschäftsmodelle liegen könnte.

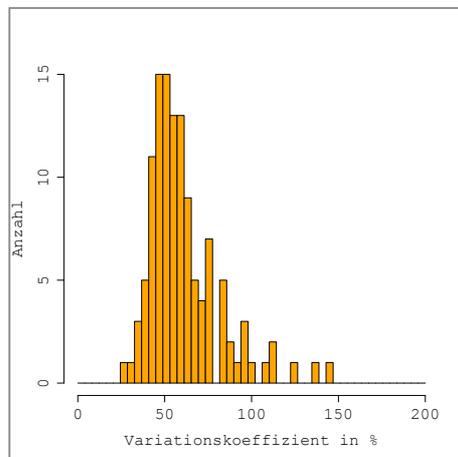
In den Abbildungen der Tabelle 10, Tabelle 11 und Tabelle 12 sind die Antworten der Akteure für das Jahr 2020 exemplarisch dargestellt. Es sind hier für die drei Kriterien „Technologieführerschaft“, „Marktführerschaft“ und „Absatzmärkte“, für die vier Anwendungsfelder „Wasserstoffherzeugung“, „Elektrizitätserzeugung“, „Infrastruktur“ und „Mobilität“ und für die Länder bzw. Regionen „Deutschland“, „Europa (ohne Deutschland)“, „USA“ und „China“ die Histogramme der Antworten der Akteure abgebildet. Die Histogramme haben jeweils 20 Klassen, sodass Antworten in Bereichen von „0% - unter 5%“, „5% bis unter 10%“ usw. je Klasse berücksichtigt sind.

Die Auswertung der Frage 4, 5 und 6 lässt eine Einschätzung zu, inwieweit die Erwartungen der Akteure innerhalb der Community stabilisiert sind. Wäre dies der Fall, so kann der Mittelwert der jeweiligen Antworten als Maß für die „Erwartung der Community“ interpretiert werden. Dabei wäre dann zu fordern, dass geringe, normalverteilte Abweichungen der Antworten um einen Mittelwert mit geringer Standardabweichung vorliegen.

Die Erwartungen der Akteure zur Entwicklung von Technologie- und Marktführerschaft sowie zur prozentualen Aufteilung der globalen Absatzmärkte für die Jahre 2020 und 2030 sind sehr heterogen. Die Standardabweichungen im Verhältnis zu den Mittelwerten sind signifikant groß und die resultierenden Variationskoeffizienten (Standardabweichung dividiert

durch Mittelwert) liegen i. d. R. über 50%. Darauf folgt, dass die Mittelwerte keinen relevanten Aussagegehalt haben.

Abbildung 14: Histogramm der Variationskoeffizienten der Antworten



Quelle, Eigene Berechnung, Frage 4,5 und 6

Zudem ergaben Tests auf die Verteilung der Antworten, dass für alle Kriterium-Anwendungsfeld-Region/Land-Jahr Kombinationen auf einem 5%-Vertrauensintervall das Vorliegen einer Gleichverteilung nicht ausgeschlossen werden kann. Hingegen gilt dies nur für die Hälfte der Kombinationen bezüglich der Hypothese des Vorliegens von Normalverteilungen.

Es könnte argumentiert werden, dass die Bildung individueller Erwartungen von der Art des Tätigkeitsbereiches eines Akteurs abhänge, dass also Aussagen zum Anwendungsfeld „Wasserstofferzeugung“ der Akteure aus dem Cluster „Wasserstofferzeugung, -speicherung und -distribution“ eher identisch sind, als ihre Aussagen zum Anwendungsbereich „Mobilität“. Die Auswertung der Daten aus der Befragung geben keinen Hinweis darauf, dass die Zuordnung der Geschäftsmodelle zu einem der Cluster eine Auswirkung auf die Struktur der Antworten hat. Zudem müsste angenommen werden, dass wenn die Erwartungen der Akteure stabilisiert sind, dies entlang der gesamten Wertschöpfungskette gilt, da die Absatzentwicklung im Anwendungsfeld „Mobilität“ auch für den Produzenten von Wasserstoff und vice versa relevant für die eigene Geschäftsplanung ist.

Es kann geschlussfolgert werden, dass die Erwartungen der Akteure hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Märkte für Wasserstofftechnologien nicht stabilisiert und nicht koordiniert sind.

Tabelle 10: Histogramme der Erwartungen zur Technologieführerschaft in 2020

| Technologieführerschaft | | | |
|--------------------------------|----------------|------------|--------------|
| Deutschland | Europa* | USA | China |
| Wasserstoffherzeugung | | | |
| | | | |
| Elektrizitätserzeugung | | | |
| | | | |
| Infrastruktur | | | |
| | | | |
| Mobilität | | | |
| | | | |

Quelle, Befragung, Frage 4, *ohne Deutschland

Tabelle 11: Histogramme der Erwartungen zur Marktführerschaft in 2020

| Marktführerschaft | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|--------------|
| Deutschland | Europa* | USA | China |
| Wasserstofferzeugung | | | |
| | | | |
| Elektrizitätserzeugung | | | |
| | | | |
| Infrastruktur | | | |
| | | | |
| Mobilität | | | |
| | | | |

Quelle, Befragung, Frage 4, *ohne Deutschland

Tabelle 12: Histogramme der Erwartungen zum globalen Absatz in 2020

| Absatzmarkt | | | |
|-------------------------------|----------------|------------|--------------|
| Deutschland | Europa* | USA | China |
| Wasserstofferzeugung | | | |
| | | | |
| Elektrizitätserzeugung | | | |
| | | | |
| Infrastruktur | | | |
| | | | |
| Mobilität | | | |
| | | | |

Quelle, Befragung, Frage 5, *ohne Deutschland