

Gatzen, Christoph; Pietsch, Sven; Steinfurt, Theresa; Grafenhofer, Dominik

Research Report

Technologische Innovationen und neue Geschäftsmodelle für die Energiewende - Die Rolle der deutschen F&I Politik: Studie im Auftrag der unabhängigen Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Studien zum deutschen Innovationssystem, No. 11-2019

Provided in Cooperation with:

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Suggested Citation: Gatzen, Christoph; Pietsch, Sven; Steinfurt, Theresa; Grafenhofer, Dominik (2019) : Technologische Innovationen und neue Geschäftsmodelle für die Energiewende - Die Rolle der deutschen F&I Politik: Studie im Auftrag der unabhängigen Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Studien zum deutschen Innovationssystem, No. 11-2019, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/194281>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN UND NEUE GESCHÄFTSMODELLE FÜR DIE ENERGIEWENDE - DIE ROLLE DER DEUTSCHEN F&I POLITIK

Studie im Auftrag der unabhängigen Expertenkommission
Forschung und Innovation (EFI)

Christoph Gatzert, Sven Pietsch, Theresa Steinfort, Dominik Grafenhofer

Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2019

Frontier Economics Limited
Krankenhaus Süd, Im Zollhafen 24, 50678 Köln

Energieloft
Innoloft GmbH c/o digitalHUB Aachen, Jülicher Straße 72a, 52070 Aachen

Februar 2019

Diese Studie wurde im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Die EFI hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

Studien zum deutschen Innovationssystem
Nr. 11-2019
ISSN 1613-4338

Herausgeber: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)
Geschäftsstelle, c/o Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Pariser Platz 6, 10117 Berlin

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der EFI oder der Institute reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Christoph Gatzen

 +49 221 337 13 110
 christoph.gatzen@frontier-economics.com
Frontier Economics Limited
Kranhaus Süd
Im Zollhafen 24
50678 Köln

Sven Pietsch

 s.pietsch@energieloft.de
Energieloft
Innoloft GmbH c/o digitalHUB Aachen
Jülicher Straße 72a
52070 Aachen

INHALT

0	Executive summary	4
1	Einführung	8
1.1	Hintergrund und Zielsetzung der Studie	8
1.2	Analyseansatz und Aufbau des Berichtes	9
2	Heutige Situation und Ziele der Energiewende	20
3	Überblick - Technologien und Geschäftsmodelle für die Energiewende	25
3.1	Was bestimmt die Technologie- und Geschäftsmodellauswahl?	25
3.2	Auswahl der in der Studie untersuchten Technologien und Geschäftsmodelle	26
3.3	Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Stromsektor	30
3.4	Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Industriesektor	44
3.5	Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Verkehrssektor	55
3.6	Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Gebäudesektor	65
3.7	Fazit – Breites und reifes Technologieportfolio in den Sektoren vorhanden	72
4	Identifizierte Hemmnisse im Regulatorischen Umfeld	74
4.1	Hemmnisse im Stromsektor	75
4.2	Innovationshemmnisse im Industriesektor	92
4.3	Hemmnisse für Innovation im Verkehrssektor	96
4.4	Hemmnisse für Innovation im Gebäudesektor	107
4.5	Sektorübergreifende Hemmnisse für Innovation	115
5	Stoßrichtung zum Abbau von Innovationshemmnissen	126
5.1	Überblick - Ergebnisse aus der Expertenumfrage	126
5.2	Einordnung und Handlungsempfehlungen aus Sicht der Autoren	129
5.3	Fazit - Klare Marktregeln sind wichtiger als weitere Förderprogramme	146
	Literaturverzeichnis	148
	Glossar	159
6	Annex A - Darstellung der Details der Expertenumfrage	164
6.1	Vorgehen bei der Expertenbefragung	164
6.2	Aufbau der Expertenbefragung	165
6.3	Zusätzliche Ergebnisdarstellungen	169

0 EXECUTIVE SUMMARY

Hintergrund und Ziel der Studie

Im Rahmen der Energiewende strebt die Bundesregierung an, das Energiesystem langfristig weitestgehend CO₂-frei zu gestalten. Bis zum Jahr 2050 wird eine Reduktion der CO₂-Emissionen in Deutschland von 80 bis 95% gegenüber dem Jahr 1990 angestrebt. Für die Energiewende müssen innovative Technologien und Geschäftsmodelle sowohl technisch verfügbar sein (also einen gewissen Reifegrad erreichen – sog. Technology Readiness Level (TRL))¹ als auch für die jeweiligen Anwender betriebswirtschaftlich attraktiv sein (sog. Business case). Hierbei spielen regulatorische und insbesondere auch rechtliche Rahmenbedingungen eine große Rolle – fehlende oder zu weitreichende Rahmenbedingungen können ungewollt als Hemmnis für Innovation und Marktpenetration von neuen Technologien und Geschäftsmodellen wirken. Sehen Innovatoren oder deren Finanziere in Folge der Regulierung keinen Business Case für Anwender, ist die Bereitschaft, in die Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsmodelle zu investieren, deutlich eingeschränkt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie durch einen Abbau dieser durch fehlende oder zu weitreichende Regulierung ausgelösten Hemmnisse dringend erforderliche Innovationen gefördert (bzw. nicht gehemmt) und somit eine erfolgreiche Energie- (und im Zuge der Sektorkopplung auch eine Verkehrs- und Wärme-)wende ermöglicht werden kann.

Im Rahmen unserer Studie adressieren wir deshalb folgende Fragen:

- Welche Innovationen – Technologien und Geschäftsmodelle – sind zukünftig von zentraler Bedeutung für die Energiewende?
- Wo gibt es Marktversagen oder regulatorische Hemmnisse, die die erfolgreiche Anwendung von potenziell effizienten innovativen Lösungen behindern?
- Mit welchen Instrumenten respektive regulatorische Strategien sollte die (F&I) Politik das jeweilige Marktversagen adressieren?

Methodik

Grundlagen unserer Analysen sind

- eine Sichtung und Auswertung vorhandener Studien zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland;
- die Nutzung der Energieloft Datenbank zu aktuellen Start-ups und den dort verfolgten Geschäftsmodellen bzw. Technologien; sowie
- eine Expertenumfrage, bei der wir ein breites Spektrum an Experten mit unterschiedlichem Hintergrund mit Hilfe eines umfangreichen Fragenbogens befragt haben (Wissenschaftler und Unternehmensvertreter, Techniker und

¹ Vgl. Kapitel 3.2.

Ökonomen, Sektorenexpertise aus den Bereichen Energie, Industrie, Verkehr, Wärme, Vertreter aus Start-ups und aus etablierten Großunternehmen).

Abschließend haben wir die erhaltenen Antworten aus der Expertenumfrage mit unseren Erkenntnissen aus der Literatur bzw. weiteren Projekten und der Energieloft Datenbank abgeglichen, eingeordnet und Handlungsoptionen für die Politik abgeleitet.

Wesentliche Ergebnisse - Klare Marktregeln sind wichtiger als weitere Förderprogramme

Die Energiewende ist ein Innovationstreiber für den Standort Deutschland. Im Jahr 2014 wurden hierzulande rund 1.600 Patente im Bereich Erneuerbare Energien angemeldet (das sind vier Mal so viele wie neun Jahre zuvor)². Auch im internationalen Vergleich liegt das Fördervolumen des Staates und der deutschen Unternehmen für den Bereich Umwelt/Energie im Spitzenbereich³. Es lässt sich nach Sichtung der Studien, der Auswertung der Expertenumfrage und eigenen Analysen feststellen:

- Die Hemmnisse für Innovation liegen unserem Verständnis zu Folge nach Sichtung der Literatur und der Auswertung der Expertenumfrage weniger im Bereich der Grundlagenforschung und Technikentwicklung, sondern in den späteren Phasen – bei Pilotprojekten und Marktpenetration.
- Es bedarf also nicht notwendigerweise zusätzlicher Förderprogramme, sondern eher einer Vereinfachung der Förderlandschaft und ggf. einfachere Förderwege (z.B. über Steuer- bzw. Abschreibungsmodelle). Transaktionskosten und Offenlegungspflichten der Förderprogramme sollten kritisch geprüft werden, da sie Akzeptanz hemmend sein können.
- Zur effizienten Fördermittelverwendung, zur Förderung von größeren Projekten (z.B. CCU Pilotanlagen im industriellen Maßstab) und zum Erhalt eines „level playing fields“ ist eine noch stärkere Koordination⁴ der Förderansätze sinnvoll (das gilt sowohl vor dem Hintergrund der Bildung von „Europäischen Champions“, die sich im Weltmarkt behaupten können sollen (Stichwort Batterien) auf EU Ebene, als auch auf Bundesebene (Abstimmung zwischen Ministerien und den Programmen mit unterschiedlichen Förderzielen) als auch auf Länderebene (Bund vs. Land, Land vs. Land). Aufgrund der Komplexität von Innovationsprozessen sowie aufgrund der übergreifenden Bedeutung von

² Vgl. BMWi (2015).

³ Vgl. UBA (2017b): Bloomberg New Finance veröffentlicht seit 2007 jährlich eigene Schätzungen zu den globalen FuE Aufwendungen für erneuerbare Energien von Staat und Unternehmen nach Weltregionen und beruft sich dabei vor allem auf Geschäftsberichte großer, multinational agierender Unternehmen. Danach liegt Europa bei den FuE-Aufwendungen der Wirtschaft mit rund 1,7 Mrd. US-\$ noch immer klar an der Spitze vor China und den USA mit jeweils rund 1 Mrd. (2015). Der Vergleich mit den jeweiligen Anteilen an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft zeigt, dass deutsche Unternehmen vor allem in den Bereichen Solarenergie und Energiespeicherung herausragend hohe Anteile an den gesamten Forschungsaufwendungen erzielen. Aber auch in den Forschungsfeldern Kernspaltung, Brennstoff- und Wasserstoffzellen sowie Bioenergie.

⁴ Koordination bedeutet hier nicht „Einengung“ oder „picking winners“, sondern Informationsaustausch und beispielsweise gemeinsame Finanzierung von (größeren und komplexeren) Projekten.

Energie in alle Wirtschaftszweige erscheint uns diese Koordination für eine effiziente Innovationspolitik unabdinglich⁵.

- Der bisher verfolgte Ansatz (z.B. des BMWi), nach Möglichkeit technologieneutral zu fördern, erscheint uns vor dem Hintergrund der Komplexität des Technologieportfolios im Energiesektors, des aufgrund der Langlebigkeit der Assets in der Energiewirtschaft drohenden Lock-in Effektes und der generellen Unsicherheit über die Markt- und Technologieentwicklungen sinnvoll. In diesem Kontext herausfordernd sind die Netzwerkeffekte, die insbesondere im Verkehrsbereich immanent wichtig sind („ohne Ladesäule kein E-Auto - ohne E-Auto keine kommerziellen Ladesäule“). Herausforderung hier ist es, diese Hemmnisse aus Netzwerkeffekten kosteneffizient zu durchbrechen, ohne gleichzeitig schon die „Gewinnertechnologie“ frühzeitig festzulegen.
- Einige Technologien und Geschäftsmodelle haben die Marktreife noch nicht ganz erreicht (z.B. Sektorkopplung und Digitalisierung, innovative Energiespeicher) – hier kann die Unterstützung ausgewählter Pilotanlagen in einigen Technologien sinnvoll sein, insbesondere da bei Projekten im Bereich Sektorkopplung häufig viele unterschiedliche Stakeholder mit unterschiedlichem Hintergrund zusammenkommen müssen. Ausweitung von Programmansätzen wie SINTEG oder Reallaboransätze erscheinen hier sinnvoll. Solche praxisnahe Förderansätze erlauben es
 - die Technik im „größeren Maßstab außerhalb der Labors zu testen“;
 - den notwendigen regulatorischen Rahmen im Markt zu entwickeln; und
 - insbesondere bei den Sektorkopplungstechnologien, wo unterschiedliche Unternehmen mit unterschiedlichem Hintergrund, Interessen und Erfahrungsschatz zusammen kommen müssen, Kooperation und Know-How Transfer zu ermöglichen.
- Der weitere Aufbau von e-Skills (Kompetenz im Bereich der Digitalisierung) ist für den Energiesektor wie für andere Sektoren sinnvoll. Stakeholder (auf Fach- und Managementebene) müssen die Nutzen und Risiken der Digitalisierung (Stichwort „cyber resilience“) verstehen.
- Die wichtigsten Maßnahmen betreffen aber eine Überarbeitung des Regulierungsrahmens:
 - Überarbeitung der Tarifstrukturen für Energie mit Blick auf staatlich induzierte Preisbestandteile (SIPs) und die Einführung zeitvariabler Tarife für das Gros der Endkunden.
 - Konsistente Bepreisung von externen Effekten (z.B. CO2 Emissionen) über alle Sektoren und Anwendungen.
 - Überarbeitung der Anreizregulierung und Schaffung eines Koordinationsmodells zwischen Netznutzern und Netzbetreibern, um vorhandene Flexibilität auch zur Netzkostenoptimierung nutzen zu können.
 - Maßnahmen im Bestand (Gebäude und PKW) über Ordnungsrecht oder Förderung, da die Ziele der Energiewende ohne signifikante Anpassungen im Bestand nicht erreicht werden können.

⁵ Diese Herausforderung ist sozusagen "systemimmanent" im Bereich der Innovationspolitik, Vgl. z.B. Tamtik (2016).

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN UND NEUE GESCHÄFTSMODELLE FÜR DIE ENERGIEWENDE - DIE ROLLE DER DEUTSCHEN F&I POLITIK

- Die Energiewende benötigt in hohem Maße neue Infrastrukturen in den Bereichen Lade-, Strom-, Gas- und IKT-Infrastruktur. Die Koordination, die Akzeptanz und der Ausbau dieser Infrastrukturen sollte unterstützt werden.

1 EINFÜHRUNG

1.1 Hintergrund und Zielsetzung der Studie

Im Rahmen der Energiewende strebt die Bundesregierung an, das Energiesystem langfristig weitestgehend CO₂-frei zu gestalten. Bis zum Jahr 2050 wird eine Reduktion der CO₂-Emissionen in Deutschland von 80 bis 95% gegenüber dem Jahr 1990 angestrebt⁶ - Faktisch bedeutet dies in einigen Sektoren (z.B. Stromwirtschaft) eine nahezu vollständige Dekarbonisierung. Dabei stellt der Umbau der Stromerzeugung als Hauptverursacher von CO₂-Emissionen weg von fossilen, steuerbaren Großkraftwerken hin zu volatil einspeisenden Wind- und PV-Anlagen hohe Anforderungen an die Infrastruktur (z.B. Übertragungs- und Verteilnetze) und die Systemsteuerung.

Um die ambitionierten Ziele der Energiewende zu erreichen, sind weitreichende Umstrukturierungen und neue Lösungsansätze erforderlich, die Raum geben für technologische Innovationen und neue Geschäftsmodelle.

Für die Energiewende müssen innovative Technologien und Geschäftsmodelle sowohl technisch verfügbar sein (also einen gewissen Reifegrad erreichen – sog. Technology Readiness Level (TRL))⁷ als auch für die jeweiligen Anwender betriebswirtschaftlich attraktiv sein (sog. Business Case). Hierbei spielen regulatorische, insbesondere auch rechtliche Rahmenbedingungen eine große Rolle – fehlende oder zu weitreichende Rahmenbedingungen können ungewollt als Hemmnis für Innovation und Marktpenetration von neuen Technologien und Geschäftsmodellen wirken. Sehen Innovatoren oder deren Finanziere in Folge der Regulierung keinen Business Case für Anwender, ist die Bereitschaft, in die Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsmodelle zu investieren, deutlich eingeschränkt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie durch einen Abbau dieser durch fehlende oder zu weitreichende Regulierung ausgelösten Hemmnisse dringend erforderliche Innovationen gefördert (bzw. nicht gehemmt) und somit eine erfolgreiche Energie- (und im Zuge der Sektorkopplung auch eine Verkehrs- und Wärme-)wende ermöglicht werden kann.

Im Rahmen unserer Studie adressieren wir deshalb folgende Fragen:

- Welche Innovationen – Technologien und Geschäftsmodelle – sind zukünftig von zentraler Bedeutung für die Energiewende?
- Wo gibt es Marktversagen oder regulatorische Hemmnisse, die die erfolgreiche Anwendung von potenziell effizienten innovativen Lösungen behindern?
- Mit welchen Instrumenten respektive regulatorische Strategien sollte die (F&I) Politik das jeweilige Marktversagen adressieren?

⁶ Vgl. Bundesregierung (2018).

⁷ Vgl. hierzu Kapitel 3.2.

1.2 Analyseansatz und Aufbau des Berichtes

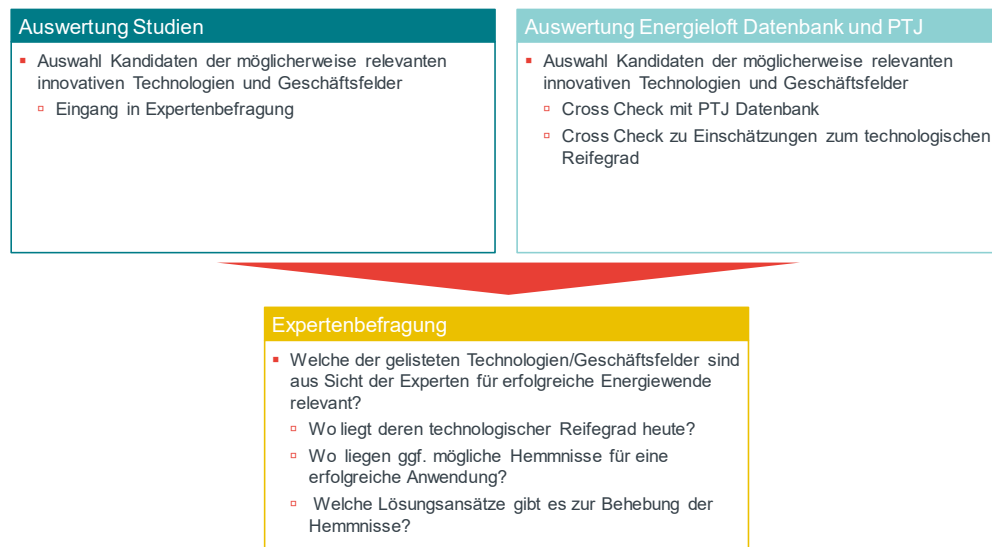
1.2.1 Unser Analyseansatz

Grundlagen unserer Analysen sind

- eine Sichtung und Auswertung vorhandener Studien zur Umsetzung der Energiewende in Deutschland;
- die Nutzung der Energieloft Datenbank zu aktuellen Start-ups und den dort verfolgten Geschäftsmodellen bzw. Technologien; sowie
- eine Expertenumfrage, bei der wir ein breites Spektrum an Experten mit unterschiedlichem Hintergrund mit Hilfe eines umfangreichen Fragenbogens befragt haben (Wissenschaftler und Unternehmensvertreter, Techniker und Ökonomen, Sektorenexpertise aus den Bereichen Energie, Industrie, Verkehr, Wärme, Vertreter aus Start-ups und aus etablierten Großunternehmen).

Abschließend haben wir die erhaltenen Antworten aus der Expertenumfrage mit unseren Erkenntnissen aus der Literatur bzw. weiteren Projekten und der Energieloft Datenbank abgeglichen, eingeordnet und Handlungsoptionen für die Politik abgeleitet.

Abbildung 1 Zusammenspiel Studiensichtung, Energieloft/PTJ Daten als Grundlage für die Expertenbefragung



Quelle: Frontier Economics

Startpunkt – Auswertung verfügbarer Literatur/Studien

Die Literatur, auf deren Basis die Umfrage und Datenbankanalyse durchgeführt und Schlussfolgerungen validiert wurden, lässt sich in die Bereiche Energiewende, Digitalisierung und politische Rahmenbedingungen einteilen.

Mit Hilfe der Literaturrecherche werden die Grundlagen für die weiteren Analysen gelegt:

- Welche möglichen Megatrends werden von den Autoren in der Energiewirtschaft erwartet bzw. welche innovativen Technologien und Geschäftsmodelle sind potenziell relevant?
- Welche Hemmnisse stehen potenziell entgegen?

Die identifizierten Technologien/Geschäftsfelder wurden dann mit Hilfe der Energieloft Datenbank sowie der anschließenden Expertenbefragung abgeprüft/verifiziert.

Die Liste der Studien umfasst ein breites Spektrum aus Wissenschaft und Praxis, u.a.:

- Studien von Forschungsinstituten und Wissenschaftlern wie Fraunhofer, Öko-Institut, ef Ruhr, acatech, ESYS, oder Universität Berlin (HTW);
- Studien von Beratungsunternehmen wie Frontier, BBH oder PWC;
- Zeitungsartikel, Newsletter und Internet-Blogs zum Thema innovative Technologien (z.B. FAZ,...); sowie Veröffentlichungen von Ministerien und Regulierungsbehörden (BMWi, BNetzA).

Die jeweiligen Studien sind entsprechend referenziert und im Literaturverzeichnis gelistet. Zwei „Megatrends“ werden in den Studien konsistent herauskristallisiert – „Sektorkopplung“ und „Digitalisierung“:

- **Die Energiewende führt über Sektorkopplung zu einer Neugestaltung des Energiesystems** - Zum Erreichen der Klimaschutzziele muss die Energiewirtschaft langfristig komplett dekarbonisiert⁸ sein. Dies betrifft bei den ambitionierten Zielen von 80 bis 95 Prozent Treibhausgasreduktion bis 2050 ggü. 1990 nicht mehr nur den Stromsektor, sondern auch die anderen Sektoren: Gebäude, Verkehr und Industrie, müssen mit erneuerbarem Strom direkt oder indirekt versorgt werden (Sektorkopplung). Der Einsatz von erneuerbarem Strom in anderen Sektoren⁹ hat maßgebliche Rückwirkung auf die zukünftigen Entwicklungen im Stromsektor:
 - Anstieg der Stromnachfrage¹⁰;
 - Damit einhergehend ein höherer Ausbaubedarf an Erneuerbaren Energien¹¹;
 - Herausforderungen beim Ausbau der Strominfrastruktur¹²; und

⁸ Streng genommen müsste man eher von einer „Defossilisierung“ sprechen – da ja auch synthetisch hergestellte Energieträger (z.B. „grünes“ Methan) häufig noch Kohlenstoffe beinhalten.

⁹ Vgl. ESYS (2017).

¹⁰ Vgl. z.B. Fraunhofer (2015).

¹¹ Vgl. z.B. Öko-Institut/Fraunhofer ISI (2015) im Klimaschutzszenario (KS 80) mit einer Emissionsreduktion um 80% und Quaschnig (2016) im Szenario ohne Energieeffizienzmaßnahmen.

¹² Vgl. z.B. Frontier Economics (2017a), S. 99, und BNetzA (2018).

- Langfristiger Anstieg des Flexibilitäts-^{13 14 15} und Speicherbedarfs¹⁶.
- **Digitalisierung bewegt das Energiesystem weiter** - Gleichzeitig verändert die Digitalisierung das alte Energiesystem und ermöglicht neue Formen der Datennutzung: Schlagworte wie Big Data, Open Source, Smart Meter und Blockchain sind in aller Munde¹⁷. Zunehmend verbreitet sich bei etablierten Energieunternehmen ein Bewusstsein dafür, dass die Digitalisierung den Energiemarkt grundlegend verändern wird und eine Anpassung ihrer Geschäftsmodelle erforderlich wird¹⁸. Neue Akteure wie Start-ups nutzen derweil bereits Markteintrittschancen, die ihnen die Digitalisierung ermöglicht¹⁹. Während auf der einen Seite, bspw. durch Smart Meter, mehr Informationen und Daten erhoben werden können, die den Netzbetrieb und im Vertrieb den Unternehmen die Aufgaben erleichtern würden, wird auf der anderen Seite gerade in Deutschland der personenbezogene Datenschutz groß geschrieben²⁰. So ergibt sich ein Zielkonflikt aus wirtschaftlichem Interesse (der privaten Unternehmen aber letztlich durch deren Wertschöpfung auch der Volkswirtschaft) und dem Bedürfnis nach Datenschutz und -sicherheit. Durch die zunehmend dezentrale Erzeugung von Energie²¹ (häufig auch durch private Haushalte oder kleine Verbraucher), verschwimmt die Trennung zwischen Energieproduzenten und -konsumenten immer mehr zu sog. Prosumern. In dem Kontext werden peer-to-peer Anwendungen immer bekannter. Peer-to-peer Netzwerke können auf einer Reihe von Technologien und Anwendungen wie bspw. digitalen Marktplätzen basieren. Eine der derzeit meist genannten Technologien ist „Blockchain“. Im Gegensatz zu anderen Sektoren wie dem Finanzsektor stehen Blockchain-Anwendungen im Energiebereich noch am Anfang²². Während der Technologie das Potenzial zugesprochen wird, die zukünftigen Energiemarkt stark zu beeinflussen^{23 24} (bspw. könnte Blockchain zukünftig insbesondere die Rolle des einzelnen Konsumenten und Produzenten im Markt stärken und die Entwicklung hin zu einem dezentraleren Energiesystem erleichtern), ist die aktuelle Rolle von Blockchain noch sehr

¹³ Vgl. BMWi (2016c) S. 9, und Frontier Economics (2017a), bspw. S.27 f.

¹⁴ Erst im Szenario mit einem EE-Anteil von 90% wird eine Notwendigkeit für Stromspeicher für eine kosteneffiziente Integration der EE-Erzeugung gesehen. Vgl. Agora Energiewende (2014), S. 3.

¹⁵ Im Verkehrs- und Chemiesektor entstehen neue Märkte für Power-to-X und Batterien. Langfristig können sie zusätzliche Flexibilität mit einer Leistung von über 100 GW auch im Stromsektor bereitstellen. Vgl. Agora Energiewende (2014), S. 3 und S. 22.

¹⁶ Power-to-Gas (mit Rückverstromung) ist die einzige derzeit verfügbare Form zur Langfristspeicherung großer Strommengen. Vgl. Greenpeace Energy (2015), S. 8, und Agora Energiewende (2014), S. 119.

¹⁷ Vgl. Frontier Economics (2017b).

¹⁸ Vgl. BBH (2017).

¹⁹ Vgl. BBH (2017).

²⁰ Vgl. Verordnung 2016/679 vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG - Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO 2016).

²¹ Vgl. BNetzA (2017c), S. 64 ff.

²² Vgl. z.B. Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018a).

²³ Vgl. z.B. Reetz (2017).

²⁴ Vgl. z.B. bdew (2017).

begrenzt - letztlich muss sich die Technologie im Laufe der Zeit erst noch beweisen^{25 26}.

Eine Fülle von unterschiedlichen Technologien und Geschäftsfeldern werden jeweils im Kontext der Studien thematisiert – im Bereich der Sektorkopplung²⁷ sind dies in der Regel Technologien zur direkten oder indirekten Elektrifizierung von Verkehr, Industrie und Wärmesektor auf Basis erneuerbarer Stromerzeugung.

Im Kontext der Digitalisierung werden in den Studien²⁸ verschiedene Geschäftsmodelle genannt, bei denen die Digitalisierung und Automatisierung eine wichtige Rolle spielen – häufig zur Koordination, der Integration oder für den Handel von Stromerzeugung aus kleineren Anlagen oder Verbrauchern.

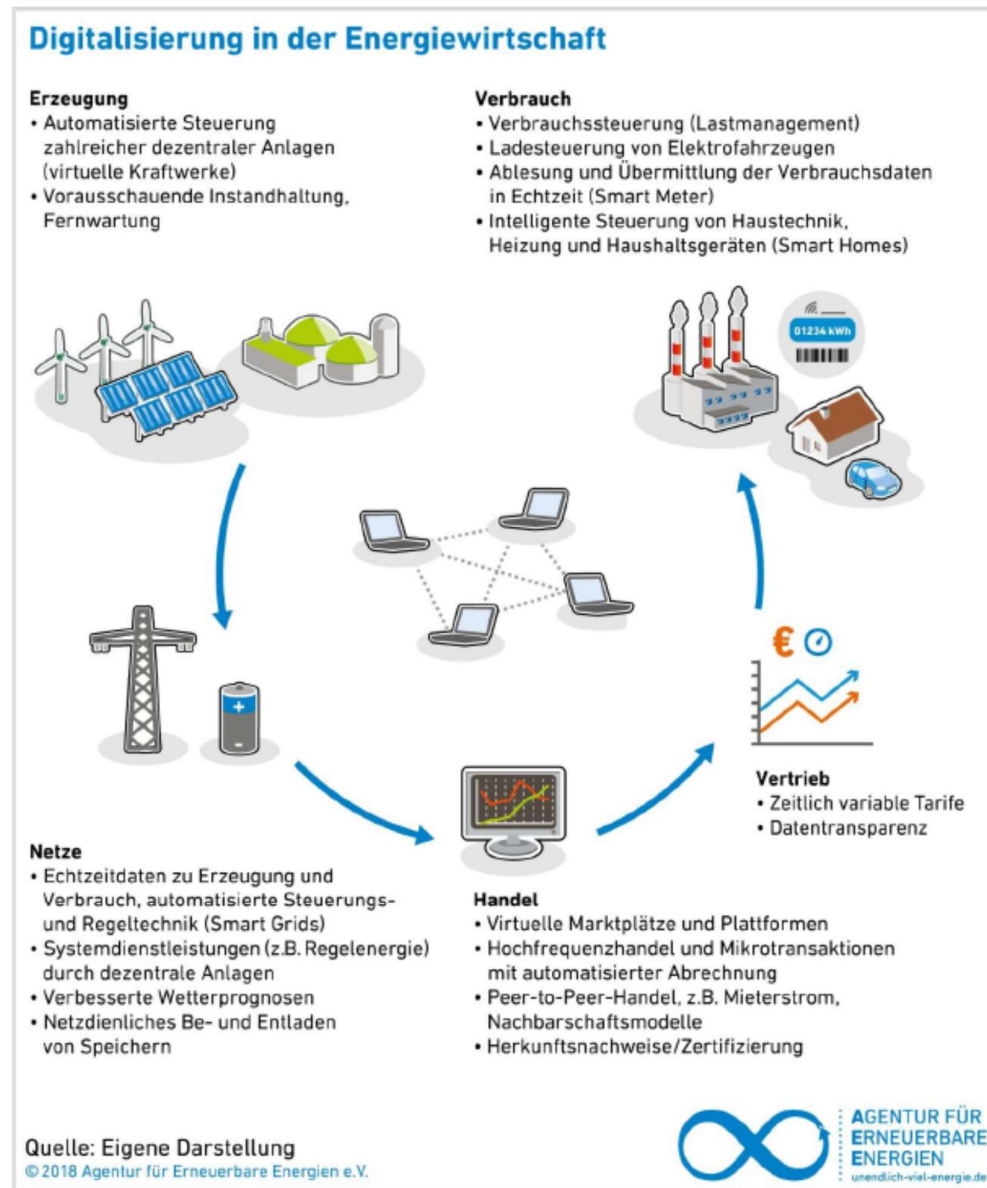
²⁵ Vgl. PWC (2016), S. 39: „[...] Die weitere Entwicklung hängt von der technischen Weiterentwicklung, konkurrierenden Technologien sowie von Gesetzgebung und Regulierung des jeweiligen Landes ab. [...]“.

²⁶ Vgl. Frontier Economics (2018).

²⁷ Vgl. ESYS (2017).

²⁸ Vgl. Forschungsradar Energiewende (2018).

Abbildung 2 Rolle von Digitalisierung in der Energiewirtschaft



Quelle: Forschungsradar Energiewende (2018)

Auf Basis der Studien (und der Energieloft-Datenbank) wurden dann die Fragebögen für die Expertenumfrage erstellt, um zu prüfen:

- Welche der genannten innovativen Technologien/Geschäftsmodellen von dem Gros der unabhängigen Experten als relevant für eine erfolgreiche Energiewende eingestuft wird?
- Welchen Reifegrad diese Technologien aus Sicht der Experten heute bereits erreicht haben?

Neben den Technologien und Geschäftsmodellen weisen die gesichteten Studien auch auf wichtige politische und regulatorische Rahmenbedingungen hin, die eine erfolgreiche Anwendung dieser Technologien/Geschäftsmodelle potenziell

erschweren könnten. Exemplarisch seien hier die Kernaussagen der ESYS-Studie genannt²⁹:

- **Level Playing Field der Energieträger** – Staatlich induzierte Preisbestandteile (Steuern, Abgaben, Umlagen) und Netzentgelte machen einen großen Anteil am Endkundenpreis für Energieträger wie Strom und Gas aus³⁰. Damit der kosteneffiziente Technologiemark gewährt werden kann, darf es zu keiner Verzerrung durch eine ungleiche Abgabenlast kommen. So erschwert die hohe Belastung von Strom mit der Stromsteuer und EEG-Umlage die Marktdurchdringung von strombasierten Anwendungen, wie etwa der Wärmepumpe oder Elektrodenkessel.
- **Ordnungspolitische Vorgaben** – Verordnungen und Gesetze können direkten Einfluss auf die zulässigen Technologien nehmen³¹. So haben die Vorgaben des EEWärmeG³² im Gebäudebereich maßgeblichen Anteil daran, dass bei Neubauten im Vergleich zu Bestandsgebäuden Wärmepumpen und Solarthermie bereits einen hohen Marktanteil erzielen.
- **Politische Vorgaben für Infrastruktur** – Der indirekte Stromeinsatz in anderen Sektoren über synthetische Brennstoffe setzt den Erhalt der Gasnetzinfrastuktur voraus. Hier haben die Vorgaben in der Netzregulierung und den Netzentwicklungsplänen maßgeblichen Einfluss³³.
- **Innovationsförderung für Technologien im Frühstadium** – Technologien, die sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, können durch gezielte Innovationsförderung als zukünftige Option für die Sektorkopplung erhalten werden³⁴.

Analog zu den in den jeweiligen Studien genannten Technologien/Geschäftsmodellen haben auch die dort genannten Hemmnisse Eingang in die Expertenbefragung gefunden, um die Relevanz der Hemmnisse (und mögliche Lösungsansätze) mit Hilfe einer möglichst breiten und unabhängigen Expertengruppe zu evaluieren.

Nutzung der Energieloft Datenbank³⁵

Das zweite Standbein unserer Analyse bildet die Energieloft Datenbank. Die Energieloft Datenbank liefert Informationen zu mehr als 35.000 Start-ups weltweit aus den Branchen Energie, Mobilität, Smart City und IT. Der Fokus des Netzwerks liegt aktuell jedoch auf der DACH Region. Alle Start-ups liegen mit einer

²⁹ Vgl. ESYS (2017), S. 55.

³⁰ Vgl. bdew (2018a).

³¹ Vgl. BMWi (2016a), S. 33: „[...] Grundsätzlich sollte bei der Gestaltung der Rahmenbedingungen ein technologieoffener und flexibler Ansatz verfolgt werden. [...]“

³² Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich, siehe https://www.gesetze-im-internet.de/eww_rmeg/.

³³ Vgl. z.B. die Renewable Energy Directive der Europäischen Kommission, siehe <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>.

³⁴ Vgl. BMWi (2017a).

³⁵ <https://www.energieloft.de/de/Start-ups/list/>, abgerufen zuletzt am 12.08.2018.

Kurzbeschreibung, einer Erläuterung des entwickelten Produktes und des Geschäftsmodells, sowie Angaben zu Team, News und Kontaktmöglichkeiten vor. Merkmale der Datenbank sind besonders die Erfassung von jungen, deutschen Start-ups, welche sich in den weltweit führenden Datenbanken amerikanischer Anbieter³⁶ nicht finden lassen. Alle Datensätze werden von eigenen Innovationsscouts manuell geprüft. Für die Studie wurden ausschließlich Start-ups aus Deutschland berücksichtigt und auch nur Datensätze, die innerhalb der Projektlaufzeit validiert werden konnten oder bereits validiert vorlagen. Für die Auswertung konnten 1335 validierte Datensätze identifiziert werden. 1.025 Zuordnungen (Start-up – Technologiesegment) liegen der Auswertung zugrunde³⁷.

Nutzung der Projekt-Datenbank EnArgus des BMWi³⁸

Als weiteres Tool zur Datenbeschaffung wurde die EnArgus Datenbank verwendet, dem zentralen Informationssystem des BMWi zur Energieforschung, gefördert durch das Ministerium und dem Projektträger Jülich (PTJ). Die Datenbank beinhaltet alle Förderprojekte aus dem Bereich der Energieforschung, die seitens der Bundes- und Landesregierungen beauftragt und durch Projektträger wie dem PTJ vergeben wurden. Der Projektträger Jülich vergibt finanzielle Förderungen im Auftrag des BMBF, des BMWi, des BMU, des BMVI, der EU, sowie den Ländern Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen und Mecklenburg-Vorpommern. In 2017 wurden durch das PTJ 20.959 Vorhaben betreut. Dies entsprach einem Fördervolumen von EUR 1,614 Mrd.³⁹ Die Datenbank wurde von Energieloft auf relevante Datensätze überprüft. Hierzu wurden nur Forschungsprojekte erfasst, welche seit dem Jahr 2000 beauftragt wurden. Für die Auswertung konnten 16.597 relevante Zuordnungen (Forschungsprojekt – Technologiesegment) identifiziert werden. Weitere Datensätze der Datenbank beziehen sich entweder auf Projekte, die vor dem Jahr 2000 gestartet wurden oder beschäftigen sich mit Technologien und Geschäftsmodellen, die im Rahmen dieser Studie nicht untersucht worden sind.

Synchronisierung der Datensätze

Die Datensätze liegen in beiden Datenbanken in sogenannten Technologiesegmenten bzw. „Kategorien“ vor. Diese Kategorien stellen Cluster von Datensätzen dar, welche sich mit einer gleichen Technologieentwicklung oder einem ähnlichen Geschäftsmodell im gleichen Technologiebereich befassen. Beide Datenbanken verwenden über eine ähnliche Kategorisierung. Daher konnten beide Datensätze über ein sogenanntes „Kategorie-Mapping“ angeglichen werden. In den meisten Fällen entsprach die Kategoriebezeichnung der EnArgus-Datenbank den gleichen Terminologien wie die, der Energieloft-Datenbank (Beispiel: Photovoltaik → Photovoltaik). Unterschiede beziehen sich

³⁶ Zum Beispiel bei <https://www.crunchbase.com> oder <https://pitchbook.com>.

³⁷ Die Differenz ergibt sich maßgeblich daraus, dass Start-ups aus dem Ausland nicht berücksichtigt wurden oder das Start-ups sich mit Technologien bzw. Geschäftsmodellen befassen, welche im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt worden sind.

³⁸ <https://www.enargus.de/>, abgerufen zuletzt am 12.08.2018.

³⁹ <https://www.ptj.de/ueber-uns/publikationen/geschaeftsbericht>

meist nur auf unterschiedliche Schreibweisen oder die Verwendung von Fachbegriffen. Diese Begriffe wurden manuell angeglichen, um die korrekte Zuordnung der Kategorienamen zu gewährleisten (Beispiel: CCS → Carbon Capture and Storage).

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl an Datensätzen wurden die Ergebnisse der Datenauswertung durch eine Normierung angeglichen. Bei 16.597 Forschungsthemen und einer Anzahl von 1025 Startup-Zuordnungen ergibt sich ein Normungsfaktor von 16,1922. Mit Hilfe des Normungsfaktors wurde die prozentuale Verteilung der Datensätze pro Kategorie auf 100% angeglichen, um eine grafisch einfach zu verstehende Auswertung zu ermöglichen.

Einschränkungen der Datenbank-Auswertungen

Die verwendeten Datenbanken liefern die aktuell größtmöglichen, öffentlich verfügbaren Datenquellen bezüglich gegründeter Start-ups sowie durchgeführten Forschungsprojekten in Deutschland. Beide Datenbanken erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, so dass nicht davon ausgegangen werden darf, dass alle existierenden Start-ups bzw. Forschungsprojekte erfasst sind. Weiterhin muss erwähnt sein, dass trotz größter Sorgfalt bei der Synchronisierung der Datenbanken Interpretationsunterschiede bei der Zuordnung/Verlinkung von unterschiedlich benannten Technologiesegmenten auftreten können. Auch bei der Zuordnung der Datensätze zu einzelnen Technologiesegmenten durch Energieloft sowie durch das PTJ können bereits bei der Dateneingabe in die Datenbank Fehler aufgetreten sein. Derartige (vereinzelte) Zuordnungsfehler konnten bei der Menge der Datensätze innerhalb der Projektlaufzeit nicht überprüft werden.

Die Expertenumfrage

Grundsätzliches Vorgehen

Ausführliche Auszüge des verwendeten elektronischen Fragebogens sowie weitere Details zur Auswahl und Umfang der befragten Experten sind im **Anhang 6** ausführlich dargestellt. An dieser Stelle sei nur das grundsätzliche Vorgehen beschrieben:

- Die Befragung zielt angesichts des umfassenden Anspruchs der Energiewende auf alle Sektoren des Energiesystems (Energie, Industrie, Verkehr, Gebäude) ab und ist somit recht breit angelegt.
- Um die zeitliche Belastung der Experten dennoch in Grenzen zu halten und eine Vergleichbarkeit der Antworten sicherzustellen und sie so statistisch auswertbar zu machen, haben wir deshalb geschlossene Fragen, d.h. Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten, in den Fragebogen aufgenommen. Dabei wurden Antwortmöglichkeiten in Form einer verbalisierten Skala vorgegeben, bei der der Experte sich für eine Antwort entscheiden musste („single choice“).
- Um das Risiko von „Framing“ (Suggestivantworten) zu verringern und um sicherzustellen, dass weder Technologien, noch Hemmnisse oder Lösungsoptionen vergessen worden sind, enthält der Fragebogen zusätzlich eine Reihe von „offenen“ Fragen/Antwortmöglichkeiten, in denen die Experten ihre Ideen frei ergänzen konnten.

- Die Auswahl der Experten war möglichst breit und heterogen - sowohl in Bezug auf
 - fachlichen Hintergrund (Technik-/Wirtschafts-/Rechtswissenschaften)
 - Marktstellung (Start-ups, Verbände und etablierte Unternehmen)
 - Sektorexpertise (Energie, Mobilität, Industrie, Wärmemarkt)
 - Stufen der Wertschöpfungskette (Erzeugung, Transport, Verteilung, Vertrieb/Endkundengeschäft).
- Die Rücklaufquote der Fragebögen lag bei knapp 50% - insgesamt wurden 36 ausführliche Antworten der rund 80 angeschriebenen Experten ausgewertet.

Einschränkungen der Umfrage

Trotz einer sorgfältigen Durchführung der Umfrage und der Bemühung, die Schwachstellen möglichst zu minimieren, gibt es aus unserer Sicht folgende Einschränkungen zu bedenken:

- Objektivität im Sinne von Unabhängigkeit der Antwort der befragten Personen: Durch die Auswahl der Experten mit breitem Hintergrundwissen versuchen wir ein möglichst objektives Bild der Situation zu erhalten. Dies stellt sich in diesem Kontext jedoch als schwierig dar. Zum einen sind die Fragen sowie Antworten zukunftsbezogen und so per se zu einem gewissen Grad spekulativ. Zum anderen verlangen die Fragen recht branchenspezifisches Wissen ab, so dass auch nicht bei jeder Technologie oder jedem Hemmnis davon ausgegangen werden kann, dass jeder gleichermaßen damit vertraut ist und es deshalb genau zu bewerten weiß. De facto sind einige der Experten auch Mitglieder oder Repräsentanten von privaten Unternehmen oder Verbänden mit eigenen Interessen, d.h. es besteht immer die Gefahr, dass einige Antworten auch durch eigene Interessen oder subjektive Wahrnehmung der einzelnen Experten „eingefärbt“ sind. Dieser Gefahr treten wir durch ein möglichst breites Spektrum an Experten sowie die Einbeziehung von unabhängigen Wissenschaftlern und Beratungsunternehmen entgegen. Zudem unterziehen wir das Umfrageergebnis einem „Faktencheck“, in dem wir die Umfrageergebnisse einordnen.
- Um zusätzlich einen Eindruck dafür zu geben, wie „robust“ bzw. „verstreut“ die Antworten je Frage ausgefallen sind, sind in Annex zusätzliche Boxplot-Diagramme zu den einzelnen Umfrageergebnissen dargestellt.
- Validität: Die Überprüfung der Richtigkeit der Messung ist bei einer auf die Zukunft ausgerichtete Umfrage per se schwierig, da es sich hier nicht um ein objektiv messbares Merkmal, sondern um eine subjektive Einschätzung der Teilnehmer handelt. Was wir jedoch sicherstellen konnten war ein gemeinsames Verständnis der Fragen (siehe dazu den nächsten Abschnitt) sowie der Antworten. Des Weiteren geht die schriftliche und anonyme Umfrage mit einer verringerten Gefahr der Reaktivität einher, also des Abweichens von wahren Antworten, um Sanktionen der Informationen suchenden Institution vorzubeugen.⁴⁰
- Operationalisierung: Die Umfrage wurde weitestgehend schriftlich ausgeführt, was mit einer größeren Unsicherheit bzgl. des Verständnisses seitens der

⁴⁰ Vgl. marktforschung.de (2018).

Experten gegenüber durchgehend telefonischen Interviews einhergeht. Fünf Umfragen wurden per Telefon bzw. persönlich durchgeführt. Es ließ sich keine Abweichung zwischen den persönlich und schriftlich durchgeführten Umfragen erkennen. Für ein dennoch möglichst gemeinsames und richtiges Verständnis der Fragen sind wir wie folgt vorgegangen:

- Bei der Konzeption der Fragen haben wir auf größtmögliche Klarheit geachtet, ohne dabei jedoch den jeweiligen Zusammenhang zu sehr zu vereinfachen.
- Bevor die Umfrage an die Experten verteilt wurde, haben wir einige „Testläufe“ durchgeführt, um Fragen die evtl. genauer definiert werden müssen, weiter zu erklären oder klarer formulieren zu können.
- Die meisten Antworten auf die Umfrage haben wir schriftlich erhalten. Einzelne Umfragen (12 der 36) haben wir jedoch stichprobenartig noch einmal telefonisch nachvollzogen, um zu verstehen, ob die Experten bei einzelnen Fragen Verständnisprobleme hatten. Dabei haben wir keine größeren Verständnisprobleme bei einzelnen Fragen wahrgenommen.
- Des Weiteren haben wir in der Anleitung der Umfrage jedem Experten angeboten, bei Verständnisschwierigkeiten anzurufen.
- Bei der letztendlichen Ergebnisauswertung, haben wir geprüft, dass die Antworten der jeweiligen Sektorexperten keine Ausreißer darstellten.

Unsere Vorgehensweise hat zum Ziel trotz der genannten Einschränkungen eine möglichst hohe Repräsentativität der Umfrage sicher zu stellen.

Bestärkte Aussagekraft der Studie durch Datenauswertungen und Expertenbefragungen

Im Rahmen der Studie konnte zur Validierung der Erkenntnisse und Thesen sowohl auf die Meinung von Experten wie auch auf eine große Datenbasis zu Innovationsdaten zurückgegriffen werden. Die Kombination beider Datensätze gleicht etwaige Schwächen einer Datenerhebungsform aus. Subjektive Einschätzungen eines Experten (etwa weil die komplette Übersicht über technologische Entwicklungen sowie zukünftig relevanter Geschäftsmodelle für einen Experten alleine zu komplex ist) können durch die umfangreichen Datenauswertungen ergänzt werden. Details und punktuelle „Key Facts“, die im Rahmen einer Datenauswertung mit zahlreichen Datensätzen verloren gehen, können durch die Expertenbefragungen herausgearbeitet und pointiert werden. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse beider Datenerhebungsverfahren miteinander verglichen und etwaige Unterschiede kommentiert. Dabei stellen wir eine große Übereinstimmung zwischen objektiven Daten und subjektiver Expertenantworten fest. Gemeinsam mit den oben genannten Vorkehrungen sollte damit hinreichend sicher sein, dass die Umfrage stichhaltige Anhaltspunkte für Hemmnisse und Verbesserungsansätze für Innovationsförderung in Deutschland liefert.

1.2.2 Aufbau des Berichtes

Der vorliegende Bericht ist wie folgt strukturiert:

- Im **Kapitel 2** stellen wir kurz Hintergrund und einfache Mengengerüste zum heutigen und zukünftigen Zielen der Energiewende vor, um die Größenordnung und sektorale Bedeutung der Energiewende – und damit verbunden den möglichen Bedarf an Innovationen zu skizzieren. Dies umfasst die Sektoren
 - Energie/Strom;
 - Verkehr;
 - Industrie; und
 - Gebäude.
- In **Kapitel 3** diskutieren wir, welche Technologien und Geschäftsfelder voraussichtlich für die Energiewende in den einzelnen Sektoren eine wichtige Rolle spielen werden.
- In **Kapitel 4** identifizieren und diskutieren wir je Sektor mögliche bestehende Hemmnisse und sich durch die Energiewende ergebenden Hemmnisse für die Innovation, Entwicklung und Marktdurchdringung der in Kapitel 3 diskutierten Technologien.
- In **Kapitel 5** präsentieren wir Handlungsoptionen für einen Abbau der regulatorischen Hemmnisse, die sich aus der Expertenbefragung, der Datenanalyse sowie der Literatur ableiten lassen.

2 HEUTIGE SITUATION UND ZIELE DER ENERGIEWENDE

Deutschland und die Europäische Union haben sich ambitionierte Energie- und Klimaziele gesetzt. Im Jahr 2010 hat die Bundesregierung beschlossen, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zum Referenzjahr 1990 zu senken. Der Ende 2016 verabschiedete Klimaschutzplan 2050 zeigt die Grundlinien zur Umsetzung der langfristigen Klimaschutzstrategie der Bundesregierung auf. Abbildung 3 zeigt in der Übersicht den derzeitigen Stand und die jeweiligen Zielvorgaben für Primärenergieverbrauch, Endenergieverbrauch, Erneuerbare Energien und Treibhausgasemissionen.

Abbildung 3 Primärenergieverbrauch, Emissionen und Erneuerbaren Anteile heute (Datenbasis 2016) und langfristige Ziele

	2016	2020	2030	2040	2050
Treibhausgasemissionen					
Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	-27,3%*	mind. -40%	mind. -55%	mind. -70%	weitgehend treibhausgas-neutral -80 bis -95%
Erneuerbare Energien					
Anteil am Bruttoendenergieverbrauch	14,8%	18%	30%	45%	60%
Anteil am Bruttostromverbrauch	31,6%	mind. 35%**	mind. 50% EEG 2017: 40 bis 45% bis 2025**	mind. 65% EEG 2017: 55 bis 60% bis 2035	mind. 80%
Anteil am Wärmeverbrauch	13,2%	14%			
Effizienz und Verbrauch					
Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	-6,5%	-20%			-50%
Endenergieproduktivität (2008-2050)	1,1% pro Jahr (2008-2016)	2,1% pro Jahr (2008-2050)			
Bruttostromverbrauch (ggü. 2008)	-3,6%	-10%			-25%
Primärenergiebedarf Gebäude (ggü. 2008)	-18,3%				-80%
Wärmebedarf Gebäude (ggü. 2008)	-6,3%	-20%			
Endenergieverbrauch Verkehr (ggü. 2005)	4,2%	-10%			-40%
Quelle: eigene Darstellung BMWi 03/2018					
* vorläufiger Wert für 2016					
** Mit dem Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD wurde ein weiterer zielstrebig, effizienter, netzsynchroner und zunehmender marktorientierter Ausbau der erneuerbaren Energien beschlossen. Unter diesen Voraussetzungen ist ein Anteil von etwa 65 Prozent erneuerbare Energien bis 2030 angestrebt; entsprechende Anpassungen werden vorgenommen. Sonderausschreibungen im Bereich Wind und Solarenergie sollen zum Klimaschutzziel 2020 beitragen. Die Herausforderung besteht in einer besseren Synchronisierung von erneuerbaren Energien und Netzkapazitäten.					

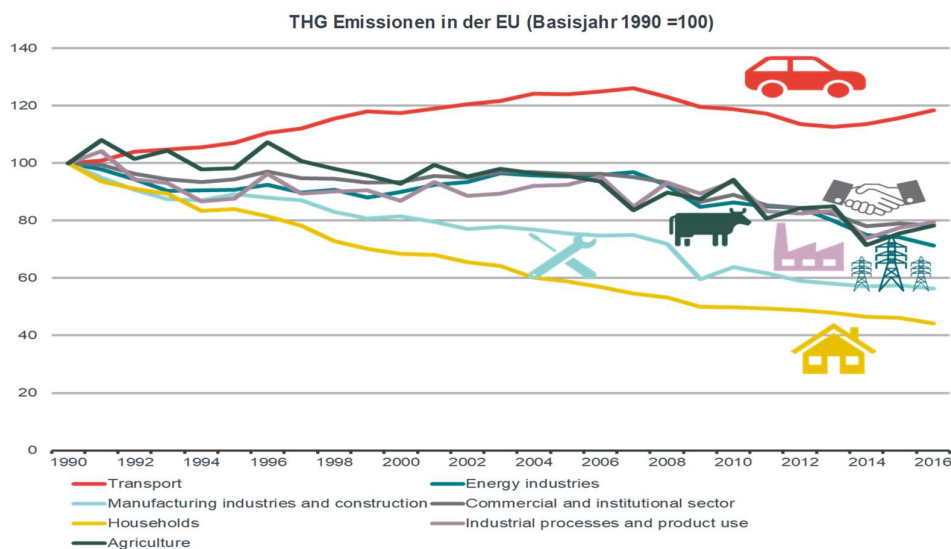
Quelle: Eigene Darstellung nach BMWi (2018a).

Die Langfristziele für das Jahr 2050 erfordern, dass die Sektoren Energie, Verkehr und Gebäude nahezu klimaneutral werden. Davon sind sie heute noch weit entfernt: Im Jahr 2016 betrug der Endenergieverbrauch in Deutschland insgesamt rund 2540 TWh, davon 29,5% im Verkehr, 28,1% in der Industrie, 26,2% in Haushalten und 16,2% im Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. In allen Bereichen ist die Verbrennung von fossilen (zu großen Teilen importierten) Energieträgern dominant.

Im gleichen Jahr wurden in Deutschland 188,2 TWh Strom aus Erneuerbaren Energien (EE)-Anlagen produziert, bei einer installierten EE-Leistung von 103,6 GW⁴¹.

Ähnliche Herausforderungen stellen sich auch auf europäischer Ebene, wo zwar in den letzten Jahren im Bereich der Industrie, Haushalte und Energiewirtschaft einige Emissionsreduktionen (trotz gleichzeitig steigender Wirtschaftskraft) erzielt werden konnten, aber weitere Anstrengungen erforderlich sind, um die ambitionierten Ziele zu erreichen (siehe Textbox - Exkurs: Energiewende beyond Germany).

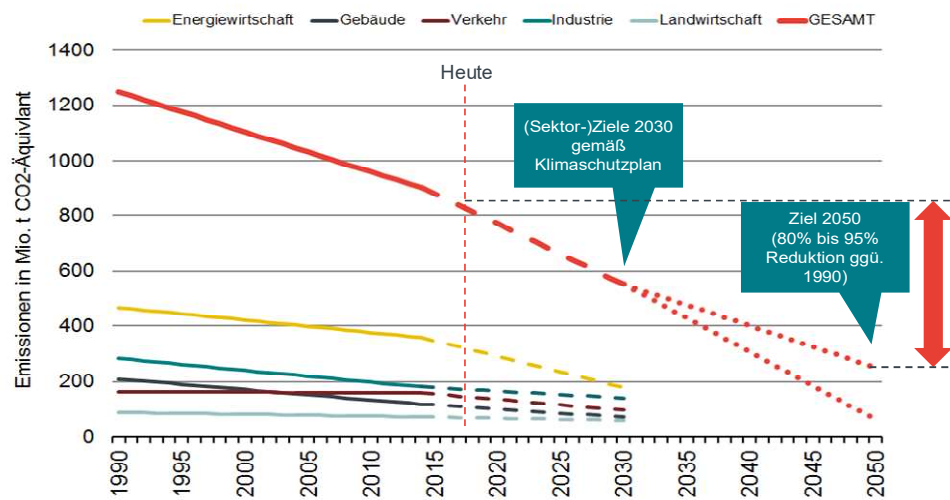
Abbildung 4 Entwicklung der THG Emissionen in der EU seit 1990



Quelle: Frontier Economics (2018)

⁴¹ Teilt man die jährlich produzierte Strommenge durch die installierte Leistung, dann ergibt sich eine Vollastbenutzungsstruktur von 1817 h/a.

Abbildung 5 Heutige Emissionen in Deutschland und Minderungsziele gemäß Klimaschutzplan bis zum Jahr 2050



Quelle: Frontier Economics auf Basis des Klimaschutzplans 2050 des BMUs, siehe BMU (2016).

Allerdings handelt es sich beim Klimaschutzplan 2050 und bei langfristigen nationalen Sektorzielen nicht um verbindliche Vorgaben nach EU Recht. Die EU hat jüngst mit der Reform der Erneuerbaren Direktive (sog. RED II) ein verbindliches Erneuerbare-Energien-Ziel für Europa in Höhe von 32% (am Gesamtprimärenergieverbrauch – nicht nur Strom!) im Jahr 2030 ausgerufen. Dieses europäische Gesamtziel ist dagegen verbindlich und es wird u.a. durch die sog. „Governance Directive“ auch ein stärkeres Monitoring und eine schärfere Kontrolle der einzelnen Mitgliedsstaaten etabliert⁴².

⁴² Vgl. acatech/Leopoldina/Akademienunion (2018).

EXKURS: ENERGIEWENDE BEYOND GERMANY- DIE ENERGIEUNION⁴³

Als Teil des Clean Energy Packages hat die EU Kommission auch die sog. Governance-Verordnung etabliert. Die früheren, verbindlichen nationalen Ziele für den EE Ausbau werden ersetzt durch ein verbindliches Ziel auf EU Ebene in Verbindung mit unverbindlichen mitgliedstaatlichen Zielsetzungen, die im Rahmen von integrierten nationalen Energie- und Klimaplänen festzulegen sind und durch einen neuen Monitoring Mechanismus der „Governance Verordnung“ überwacht werden soll (inkl. Pönalen). Die Ziele auf EU Ebene für das Jahr 2030 lauten⁴⁴:

- 40% Treibhausgasreduktion ggü. 1990
- Erreichung eines Anteils erneuerbarer Energie an der Energienachfrage (insgesamt – nicht nur Strom) von 32%
- Steigerung der Energieeffizienz auf 32.5% (im Vergleich zu einer zugrunde gelegten Referenzentwicklung)
- Erreichung eines Stromverbundgrades jedes Mitgliedstaates von 15% (Verbundgrad = Importkapazität/installierte Kapazität eines Mitgliedstaates)

Dies zeigt, dass die genannten Ziele und Herausforderungen nicht nur Deutschland betreffen, sondern in ähnlicher Form auch in den anderen Mitgliedsstaaten zu erwarten sind.

Folgende einfache Rechnung zeigt illustrativ die enorme Herausforderung der Energiewende: Nimmt man vereinfacht an, dass der Energiebedarf in ähnlicher Größenordnung verbleiben würde und zudem aus CO₂ freier einheimischer Erzeugung gedeckt werden sollte (also unter Ausblendung von Importen synthetischer Brennstoffe) wäre eine installierte Leistung an Windanlagen von rund 1400 GW (= $2542/188,2 \cdot 103,6$ GW) notwendig. Hierbei sind höhere Umwandlungsverluste von Sektorkopplungstechnologien wie Power-to-Gas noch nicht berücksichtigt.

Zum Vergleich: In Deutschland wurden im Zeitraum von 1990-2016 (26 Jahre) ca. 100 GW EE-Anlagen installiert. Für den Zeitraum bis 2050 (32 Jahre) müssten also noch 1300 GW installiert werden. Dieses erscheint wegen knapper Flächen- und Baukapazitäten kaum möglich, so dass man davon ausgehen kann, dass auch zukünftig Energieimporte eine große Rolle spielen werden (allerdings dann synthetische Brennstoffe anstelle von Erdöl, Kohle oder Erdgas)⁴⁵.

Die von der Bundesregierung identifizierten Eckpfeiler für die geplante Dekarbonisierung der Volkswirtschaft sind⁴⁶

- die Senkung des Energieverbrauchs durch Erhöhung der Energieeffizienz (Technologie und Verbraucherverhalten);
- die direkte Nutzung erneuerbarer Energien und

⁴³ Vgl. acatech/Leopoldina/Akademienunion (2018).

⁴⁴ Vgl. BMWi (2018b).

⁴⁵ Vgl. Frontier Economics/Agora (2018).

⁴⁶ Vgl. BMU (2016).

- der verstärkte Einsatz von erneuerbarem Strom in den Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie („Sektorkopplung“).

Den innovativen Technologien und Geschäftsmodelle kommen hierbei mit Blick auf alle drei Säulen angesichts der ambitionierten Ziele eine wichtige Rolle zu, um die Ziele möglichst kosteneffizient und sozialverträglich für den Wirtschaftsstandort Deutschland/Europa zu erreichen⁴⁷.

Im Folgenden diskutieren wir deshalb:

- Welche (innovativen) Technologien und Geschäftsmodelle in den einzelnen Sektoren eine wichtige Rolle spielen werden?
- Welche Hemmnisse (insbesondere in regulatorischer Sicht) der erfolgreichen Anwendung von (effizienten) innovativen Technologien und Geschäftsmodellen im Wege sein könnten?
- Welche Lösungskonzepte mit Blick auf eine erforderliche Anpassung des regulatorischen Rahmens verfolgt werden könnten?

⁴⁷ Siehe auch BMWi (2018a).

3 ÜBERBLICK - TECHNOLOGIEN UND GESCHÄFTSMODELLE FÜR DIE ENERGIEWENDE

3.1 Was bestimmt die Technologie- und Geschäftsmodellauswahl?

Die Energiewende ist ein langfristiger Prozess. Verschiedene Technologien und Geschäftsmodelle, deren Rolle heute noch unklar sein mögen, können ggfs. in Zukunft einen wichtigen Beitrag leisten. Im Bereich des Energiesektors mit Netzinfrastrukturen, komplexen und sich schnell entwickelnden Technologien (siehe z.B. Lernkurven PV, Windkraft, Batterietechnologie), internationalen Wertschöpfungsketten und langlebigen und kapitalintensiven Assets und mit Schnittstellen zu vielen anderen Sektoren sind die Herausforderungen an Innovationspolitik besonders hoch⁴⁸.

Heute bereits abzusehen ist jedoch, dass das Spektrum der aus heutiger Sicht wichtigen Technologien und Geschäftsfelder vermutlich recht breit sein wird. Diese Technologievielfalt bzw. Technologieoffenheit ist mit verschiedenen Vorteilen verbunden:

- **Kosteneffiziente Energiewende:** Die Energiewende zu möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten kann in einem technologieoffenen System leichter erreicht werden, da Verbraucher aus einer Vielzahl von Optionen die für sie kostengünstigste auswählen können. Diese Abwägung kann sehr subjektiv und somit von Verbraucher zu Verbraucher sehr unterschiedlich sein. Nur eine Vielfalt an Technologien kann den heterogenen Ansprüchen gerecht werden. Der optimale Mix an Technologien und Geschäftsmodellen kann sich zudem im Verlauf der Energiewende ändern und ist heute schwierig abzusehen (siehe zum Beispiel die unerwartet schnelle Lernkurve bei PV-Modulen oder Batterien in den letzten Jahren). Daher wirkt Vielfalt wie eine Versicherung gegen unsichere zukünftige Entwicklungen und erhöht somit die systemweite Versorgungssicherheit. Aus Sicht einer effizienten Innovationspolitik kann es deshalb problematisch sein, wenn die Politik die zukünftig relevanten Technologien und Geschäftsmodelle selbst „bestimmt“, ohne die Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen zu berücksichtigen. Andererseits könnte auch eine Förderung nach dem „Gießkannenprinzip“ zu Ineffizienzen führen. Die Herausforderung für politische Entscheidungsträger liegt also darin, eine „austarierten Mittelweg“ zu beschreiten.
- **Akzeptanz und Kundenverhalten:** Die Akzeptanz auf Kundenseite ist ein wichtiger Treiber für die Durchdringung von Technologien und Geschäftsmodellen. So kann bspw. aufgrund des starken öffentlichen Widerstands gegen den Ausbau von Stromübertragungsnetzen eine zweitbeste (teurere) Lösung, wie die Nutzung der bestehenden Gasinfrastruktur mit synthetischem Wasserstoff und/oder Methan, sinnvoll

⁴⁸ Vgl. Levi (2013).

sein. Solche eher „soften“ Eigenschaften von Technologien oder Geschäftsmodellen sollten neben der Ökonomie ebenfalls berücksichtigt werden.

Aufbau der Analyse

Im Folgenden stellen wir kurz die in den einzelnen Sektoren zur Wahl gestellten (bzw. von den Experten zusätzlich angeführten) Technologien und Geschäftsmodelle vor und weisen aus, welche davon aus Sicht der befragten Experten bei geeigneten Regulierungsrahmen zukünftig eine bedeutende Rolle für die Energiewende spielen werden (und somit vermutlich auch ein signifikantes Marktvolumen erreichen).

Hierbei unterscheiden wir die Bereiche⁴⁹

- Strom/Energiesektor;
- Industriesektor;
- Gebäudesektor (Wärme); und
- Verkehrssektor.

3.2 Auswahl der in der Studie untersuchten Technologien und Geschäftsmodelle

Den Startpunkt für die Auswahl der in der Studie/Umfrage verwendeten Technologien bilden die oben genannten Quellen. Auf Basis der Erwähnungen der Technologien/Geschäftsmodelle in diesen Studien/Berichten/Artikeln wurde eine Zusammenstellung ausgearbeitet, die möglichst vielen Quellen gerecht wird (also Technologien/Geschäftsmodelle, die dort häufig thematisiert wurden) und trotzdem sollen auch innovative Nischentechnologien und Geschäftsmodelle, welche in der bekannten Literatur mitunter keine Erwähnungen finden, berücksichtigt werden. Exemplarisch seien hier folgende Studien genannt:

- 1) Erwähnung von Technologien/Geschäftsmodellen in relevanten Studien, Maßnahmenkatalogen der Bundesregierung, z.B.
 - a. Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende „Die Energie der Zukunft“, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Juni 2018, Seiten 29-36, 46-49, 66-69, 81-89, 151-158
 - b. Technologien für die Energiewende. Politikbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), April 2018⁵⁰
 - c. Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz „Mehr aus Energie machen“, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Dezember 2014, Seiten 13-18, 19-32, 40-43
- 2) Erwähnung von Technologien/Geschäftsmodellen in relevanten Studien von bekannten Institutionen oder Forschungseinrichtungen, z.B.

⁴⁹ Für die Bekämpfung des Klimawandels sind natürlich auch noch viele andere Bereiche relevant, die aber nicht direkt mit der Energiewende zu tun haben (z.B. Landwirtschaft, Raumplanung, etc.).

⁵⁰ Siehe Viebahn et al. (2018a).

- a. Smart-Market-Design in deutschen Verteilnetzen Entwicklung und Bewertung von Smart Markets und Ableitung einer Regulatory Roadmap, Agora Energiewende, Ecofys Germany, Fraunhofer IWES, März 2017, Seiten 3, 41-68
 - b. Energietechnologien der Zukunft, Springer-Verlag, Wietschel, M., Ullrich, S., Markewitz, P., Schulte, F., Genoese, F., 2015, Kapitel 5, 7-14, 16-19, 21
 - c. Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft: Ein Kompendium von der Methodik bis zur Anwendung, Hochschule Reutlingen, Mai 2017, Seiten 36-41
- 3) Erwähnung in Datenbanken
- a. EnArgus Datenbank, Projektträger Jülich, <https://www.enargus.de>, letzter Aufruf 12.08.2018
 - b. Energieloft-Datenbank, Innoloft GmbH, <https://www.energieloft.de>, letzter Aufruf 12.08.2018

Anhand der zuvor beschriebenen Quellen, weiterer Literaturangaben und eigenen Erkenntnissen wurde die folgende Technologie- und Geschäftsmodellauflistung als Grundlage der Studie/Expertenumfrage erstellt.

Abbildung 6 Übersicht – Technologien und Geschäftsmodelle in der Expertenumfrage

Stromsektor		Gebäudesektor	
Technologien	Geschäftsmodelle	Technologien	Geschäftsmodelle
Photovoltaik	Quartiers-Speicherkonzepte	Wärmerückgewinnung	Mieterstrom
Solarthermie (CSP)	Virtuelle Kraftwerke	Gebäudeautomatisierung	Quartierslösungen (Pooling)
Biomasse (flüssig, fest)	Peer-to-Peer Stromhandel	Energieeffizientes Bauen	Smart Meter, Big Data
Windenergie (on-, offshore)	Smart Meter, Big Data	Fass. Energierückgewinnung	
Kleinwindanlagen		Power-to-Heat	
Power-to-Gas		KWK	
KWK		Solarthermie	
Power-to-Liquids		Smart Home	
Pumpspeicherkraftwerk		Kälte-/ Wärmespeicher	
Dezentrale Speicher		Niedertemp. Heizsysteme	
Smart Grid		Wärmepumpe	
Übertragungsnetztechnologien		Brennstoffzellen (LOHC)	
CCS, CCU			

Verkehrssektor		Industriesektor	
Technologien	Geschäftsmodelle	Technologien	Geschäftsmodelle
Elektrofahrzeuge	Verkehrsmittel-Sharing	Energieeffizienz	Virtuelle Kraftwerke
Hybridfahrzeuge	Mobilitätsaggregatoren	Reduktion Prozessemissionen	Langfristige klimapol. Rahmenbedingungen
Wasserstoffmobilität	Verkehrsflussoptimierung	Power-to-Heat	
Ladeinfrastruktur	Flottenmanagement	Power-to-Gas	
ÖPNV		Power-to-Liquids	
Power-to-Fuel		Power-to-Chemicals	
PV-Straßen		Biomasse	
Autonomes Fahren		Dezentrale Speicher	
		Energierückgewinnung	

Quelle: Frontier Economics

Hinweis: Da eine eindeutige Zuordnung mancher Forschungsprojekte und Produktkonzepte in on- oder offshore nicht möglich war, wurden alle Windenergiethemen im Bereich der Datenauswertung kumuliert betrachtet.

Beurteilung des Reifegrads von Technologien (TRL – Technology Readiness Level)

Zur Beurteilung des technologischen Reifegrads einer Technologie wird in der Literatur zumeist die 9-stufige TRL-Einteilung verwendet. Die Einteilung geht zurück auf eine ursprüngliche Festsetzung der NASA⁵¹, welche mit Hilfe der TRL Stufen den Fortschritt von Raumfahrttechnologien bewertet hat. Diese Einteilung wurde anschließend von der Europäischen Raumfahrtbehörde übernommen und in eine Norm überführt⁵². Im Folgenden haben weitere Institutionen die Einteilung für die Beurteilung von Forschungsprojekten übernommen, bis letztendlich die EU die Einteilung der Technologie-Reifegrade auch für das Förderprogramm Horizon 2020 festlegte⁵³. Die folgende Grafik zeigt die Einteilung der TRL nach NASA inklusive Erläuterung.

Abbildung 7 – Technology Readiness Levels (TRL) nach NASA/ESA



Quelle: [https://www.ev.com/Media/vwLUIimages/RE_Technology_Readiness_Level/\\$FILE/tech_read_level.jpg](https://www.ev.com/Media/vwLUIimages/RE_Technology_Readiness_Level/$FILE/tech_read_level.jpg)

Beurteilung des Reifegrads von Geschäftsmodellen in der Energieloft Datenbank

Energieloft hat die Einteilung der TRL für die Energieloft Datenbank in Bezug auf Start-up-Vorhaben angepasst, um auch eine realitätsnahe Fortschrittsbeurteilung für neuartige Geschäftsmodelle (und nicht nur Technologien) zu erhalten.

⁵¹ Für eine Definition siehe https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf.

⁵² DIN ISO 16290:2016-09, siehe <https://www.beuth.de/de/norm/din-iso-16290/257081734>, zuletzt abgerufen am 12.08.2018.

⁵³ Vgl. European Commission (2014).

Abbildung 8: TRLs nach Energieloft zur Einordnung von Geschäftsmodellen in der Energieloft Datenbank



Quelle: Innoloft GmbH, <https://www.energieloft.de>

Beurteilung des Reifegrads im Rahmen der Expertenumfrage

In den „Testumfragen“ haben wir festgestellt, dass es den Experten häufig schwerfällt, den technologischen Reifegrad einer Technologie/Geschäftsmodell in einer eher feinen Skala von 0-9 einzuordnen. Zur Vereinfachung der Beurteilung des Fortschritts von Technologien und Geschäftsmodellen durch die Experten, wurde für die dieser Studie zugrunde liegende Befragung deshalb eine vereinfachte TRL-Einordnung (Skala 0-3) für die Zwecke der Studie ausgearbeitet. Die Zuordnung kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 1 - Darlegung vereinfachte TRL-Einteilung für Studie, eigene Darstellung

TRL in Studie	Bezeichnung	NASA TRL	Energieloft TRL
0	Grundlegende Forschung	0-2	---
1	Technologieentwicklung, Test und Pilotierung	3-5	---
2	Produktkonzept und Businessplan vorhanden	6-7	1-3
3	Marktreifes Produkt vorhanden	8-9	4-5

Die nachfolgenden Auswertungen zeigen sowohl die Expertenmeinungen, in welchem Stadium sich eine Technologie bzw. ein Geschäftsmodell befindet als auch die Auswertungen der Datenauswertungen.

Exkurs: Zuordnung einzelner Datensätze zu TRL-Stufen

Die folgende Abbildung stellt einen typischen Datensatz der EnArgus Datenbank dar. Zwar sind die Datensätze teilweise lückenhaft und in einigen Fällen fehlt eine detaillierte Projektbeschreibung, dennoch lassen sich aus den Kurzbeschreibungen sowie den Titeln der Projektvorhaben meist die benötigten

Informationen ableiten, um eine indikative Beurteilung des Projektvorhabens vorzunehmen. Die Zuordnung erfolgt durch einen Algorithmus, welcher anhand von Schlagworten in den Titeln und Beschreibungen der Themen die Zuordnung vornimmt. So wurde beispielsweise die Kombination der Wörter „Erprobung und Betrieb“ einem Testbetrieb gleichgesetzt und ergo TRL 1 in der Studie zugeordnet. Um eine klare Trennung von Forschungsthemen und Marktkonzepten zu erhalten, werden Forschungsthemen der EnArgus-Datenbank grundsätzlich nicht den TRL 2 oder 3 der Studie zugeordnet. Im Umkehrschluss fallen Geschäftsmodelle und Produktideen von Startups nicht in die TRL-Klassen 1 und 2 der Studie. Die Datenbank beinhaltet alle geförderten Projekte – abgelehnte Projektanträge zu Forschungsprojekten sind nicht enthalten.

Abbildung 9: Beispiel Projektdatensatz für ein Projekt aus der EnArgus Datenbank zu Förderprojekten



The screenshot shows the 'Detailsansicht' (Detailed view) of a project in the EnArgus database. At the top, there are navigation buttons: 'Zurück zur Ergebnisliste', 'Vorheriges Ergebnis', and 'Nächstes Ergebnis'. The project title is 'Verbundprojekt: Integrierter Pilotversuch der Stadtwerke Düsseldorf AG und Partner in der Modellregion Rhein Ruhr. Der Projektantrag zielt auf die Erprobung und den Ausbau der Ladeinfrastruktur sowie dem Betrieb von Elektrofahrzeugen.' Below the title, a table lists various project details.

Förderzeitraum	2009-12-01 – 2011-06-30
Bewilligte Summe	22.684,00 EUR
Ausführende Stelle	Drive-CarSharing GmbH, Solingen, Nordrhein-Westfalen
Förderkennzeichen	03KP567D
Leistungsplansystematik	Automobilelektronik, IAE, E/ENOVA [GC2040]
Verbundvorhaben	01077866/1 – KoPa II - EMobil-NRW
Zuwendungsgeber	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI.G21)
Projekträger	Forschungszentrum Jülich GmbH (PT-J.ESN6)
Förderprogramm	Energie
Weitere Informationen	→ Technische Informationsbibliothek Hannover: Abschlussbericht

At the bottom of the interface, the 'enArgus' logo is visible on the left, and 'IMPRESSUM' and 'DATENSCHUTZ' links are on the right.

Quelle: <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Carsharing&v=10&id=3240374>

Die Start-up-Einteilung (nach Reifegrad des Start-ups bzw. dessen Geschäftsmodells) erfolgt zunächst an der gemachten Angabe der Unternehmen selbst. Bei Unternehmen, bei denen eine Beurteilung nicht vorlag, wurden folgende Kriterien verwendet:

1. Angabe von mind. zwei Produktbeschreibungen
2. Mitarbeiteranzahl größer 10
3. Abgeschlossene Finanzierungsrunden mit einem Volumen von mehr als 250.000€
4. Angabe von Referenzen und Pilotkunden
5. Persönliche Erkenntnisse, Presseartikel, etc.

3.3 Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Stromsektor

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Expertenbefragung sowie der Datenauswertung auf Basis der Datenbank für den Stromsektor dargestellt und

diskutiert. Aus Praktikabilitätsgründen wurden für die Umfrage einzelne der identifizierten Detailtechnologien in Oberbegriffe zusammengefasst⁵⁴, beispielsweise wird bei PV nicht zwischen mono- oder polykristallinen Anlagen unterschieden oder bei Elektrolysen nicht zwischen Niedrig- und Hochtemperaturelektrolyse. Insgesamt wurden für den Stromsektor 21 Obertechnologien in der Umfrage vorgegeben, zudem bestand für die Experten die Möglichkeit, weitere Technologien als Schlüsseltechnologie der Energiewende proaktiv zu nennen. Für die 21 vorgegebenen Obertechnologien wurde jeweils deren Bedeutung für die Energiewende sowie deren „Reifegrad“ erfragt.

Die Bedeutung der Technologien wurde unterschieden in vier Kategorien (von unwichtig bis sehr wichtig), der technologische Reifegrad konnte mit den Kategorien 0 („Grundlagenforschung“) bis 3 („Marktreifes Produkt vorhanden“) eingestuft werden

Im Rahmen der Umfrage erfolgt zunächst keine ex ante Einteilung der Technologien nach Reifegrad (um hier die Antworten nicht zu verzerren). Aus Sicht der F&I Politik sind am Ende natürlich gerade die Technologien/Geschäftsmodelle relevant, die für die Energiewende sehr wichtig/wichtig sind, aber vom Reifegrad her noch eher am Anfang stehen.

Überblick und Kurzbeschreibung der wichtigsten Technologien/ Geschäftsmodelle im Stromsektor

Im Bereich Strom wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle abgefragt:

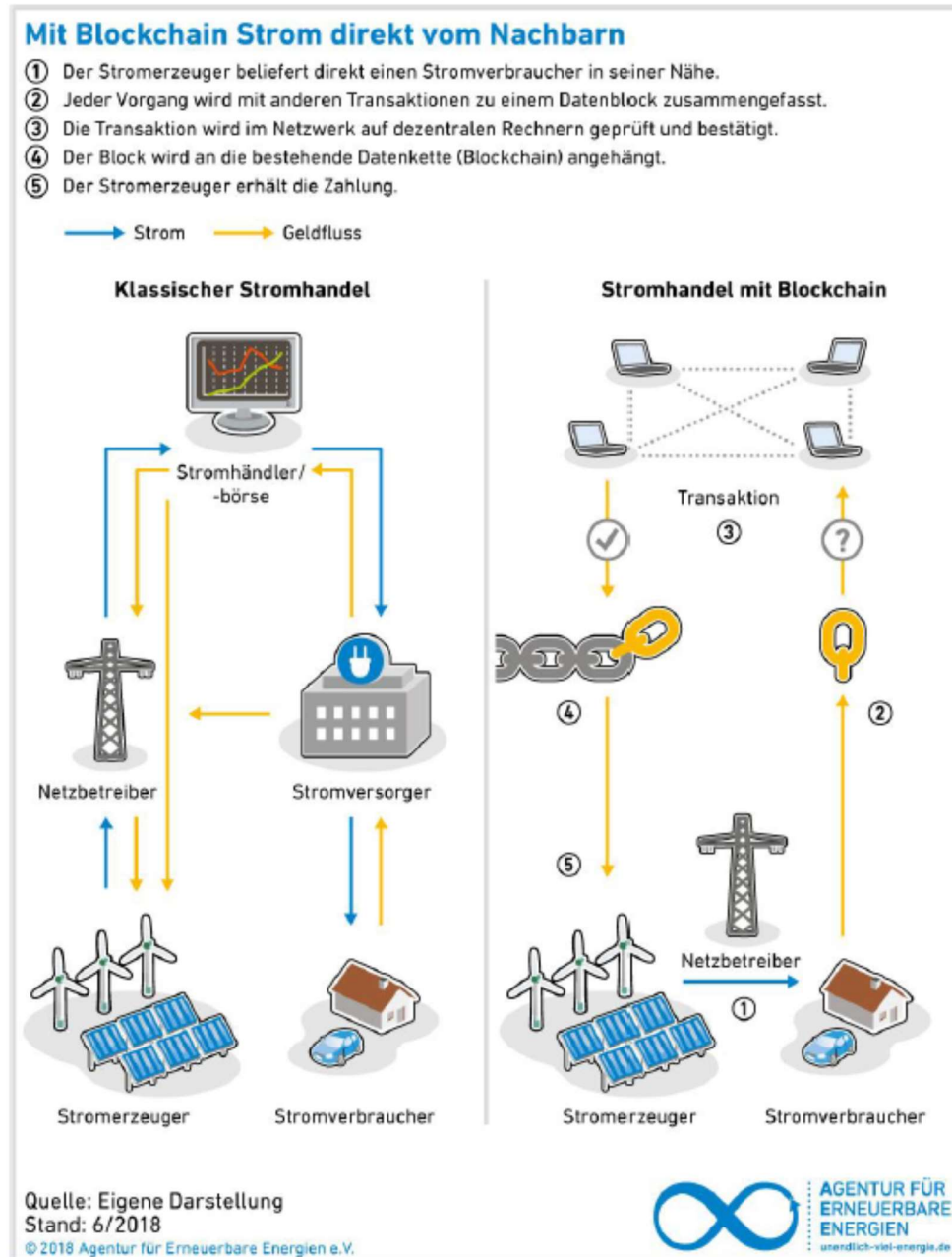
- Technologien:
 - Photovoltaik (alle technischen Varianten wie mono oder polykristallin oder Dünnschicht)
 - Concentrated Solar Power (z.B. Stromerzeugung über Spiegel und Parabolrinnen mit Ölen und Salzen als Speicher)
 - Biomasseverbrennung, - vergasung
 - Onshore Wind (alle Größen/Varianten im MW-Bereich), Offshore Wind (alle Größen/Varianten)
 - Kleinwindanlagen (im kW-Bereich)
 - Power-to-Gas (Umwandlung von Strom (und Wasserstoff und CO₂) in ein synthetisches Gas (z.B. Methan, DME))⁵⁵
 - Kraft-Wärme-Kopplung (gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme) und Power-to-Heat (Umwandlung von Strom in Wärme, z.B. über Wärmepumpe, Elektrodenkessel)

⁵⁴ Die Aggregation zu Oberkategorien geht mit einem gewissen Risiko einher, dass unterschiedlich wichtige Technologien und Geschäftsfelder aggregiert werden und so die Einschätzung der Experten eine Tendenz zu moderateren Einschätzungen haben. Bspw. könnte es sein, dass Experten zwar polykristalline PV-Anlagen „sehr wichtig“ finden, monokristalline jedoch „nicht wichtig“. Von den Expertenaussagen her zu urteilen, mit denen die Umfrage telefonisch stattgefunden hat, tendieren die Experten in dem Fall zwar eher dazu dennoch „sehr wichtig“ anzukreuzen. Ein Risiko der Tendenz zum Mittelwert besteht. In den offenen Fragen haben die Experten jedoch die Möglichkeit ihre Angabe zu spezifizieren. Zudem ist eine Zusammenfassung der Begriffe die einzige Möglichkeit, die zeitliche Belastung der Experten im Rahmen der Umfrage in einem erträglichen Umfang zu halten, d.h. das Risiko eines Informationsverlustes bzw. von Unschärfen musste hier bewusst eingegangen werden.

⁵⁵ Vgl. zum Beispiel Ontras (2017).

- Power-to-Liquids (Umwandlung von Strom (und Wasserstoff und CO₂) in ein synthetische Flüssigkraftstoffe (z.B. OME))
- Pumpspeicherkraftwerke
- Dezentrale Stromspeicher (Elektroautos, verschiedene Batterien,...)
- Virtuelle Kraftwerke (alle Größen/Varianten)
- Pumpspeicherkraftwerke
- Smart Grid Technologien (alle Größen/Varianten im Netzbereich, aber exklusive Smart Meter); Smart Meter (Echtzeit und hochgranulare Messung von kleineren Stromverbräuchen)
- Innovative Übertragungsnetztechnologien (Netztechnologien für Höchstspannung inkl. Gleichstrom, Wechselstrom, Leiterseilmonitoring,...)
- Carbon Capture and Storage (Auffangen von CO₂-Emissionen) z.B. aus fossilen Kraftwerken und unterirdische Einlagerung in Kavernen; Carbon Capture and Utilisation (Auffangen von CO₂-Emissionen) z. B. aus Industrieanlagen zur weiteren Verwendung (z.B. synthetische Kraftstoffe, Getränkeindustrie, Matratzenherstellung,...)
- Geschäftsmodelle
 - Quartierspeicherlösungen (Nutzung von Skaleneffekten „Im Kleinen“ durch Speicher (Strom, Wärme) im Quartier)
 - Peer-to-Peer Stromhandel (direkter Stromhandel unter Prosumern oder Nutzern von Elektrofahrzeugen, z.B. über Blockchain – setzt häufig hohen Grad an Digitalisierung voraus). Peer-to-Peer-Handel - häufig in Kombination mit Blockchain Technologie – ist häufig Gegenstand von innovativen Geschäftsmodellen, insbesondere dann, wenn viele verteilte dezentrale Erzeugungsanlagen oder Elektroautos (also Verbraucher, die häufig ihren Standort und „Versorger“ wechseln) eine Rolle spielen (siehe Abbildung 10).
 - Geschäftsmodelle im Kontext von Smart Grids und Smart Metering.
 - Big Data Anwendungen (Erfassung, Verarbeitung und Auswertung großer Datenmengen)

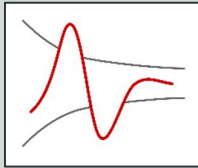
Abbildung 10 Peer-to-Peer Handel mit Blockchain



Quelle: Forschungsradar Energiewende (2018)

Die in der Datenbank enthaltenen Geschäftsmodelle sind häufig recht komplex - exemplarisch beschreiben wir in den folgenden Exkursen Start-ups, die im Stromsektor tätig sind, deren Geschäftsmodelle jedoch durch politische Rahmenbedingungen gehemmt werden.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Verteilnetz-Monitoring



Gridhound UG (haftungsbeschränkt)

Aachen

Spinn-Off RWTH Aachen

Gegründet 2015

Kurzbeschreibung

Mit einem machine-learning Ansatz zum Monitoring und zur Abschätzung des Status des Mittel- und Niederspannungsnetzes in Echtzeit ermöglicht es Gridhound Verteilnetzbetreibern problematische Netzzustände frühzeitig zu erkennen und so den Netzbetrieb zu optimieren.

Technologie

Über eine Sensitivitätsanalyse (SeAn) werden die optimalen Punkte zum Einbau von Messtechnik im Feld bestimmt. Darauf aufbauend liefert eine Netzzustandsabschätzung und ein Echtzeit-Monitoring der Mittel- und Niederspannungsnetze - MoSES (Monitoring, State Estimation and Services) wertvolle Netzdaten wie bspw. eine Vorhersage des Netzzustands (z.B. vor einem Schaltvorgang). Als Weiterentwicklung sind selbstheilenden Netzkonzepten (Fehlerlokalisierung, -Isolierung und Wiederherstellung der Versorgung (FLISR)) geplant. Die Software basiert auf einem maschinellen Lernverfahren. Bei Bedarf wird neben der Software auch entsprechende Hardware mitgeliefert.

Geschäftsmodell

Pilotprojekte zur Bestimmung der optimalen Messpunkte im Feld (SeAn - Sensitivitätsanalyse), sowie Analysen kleinerer Netzgebiete werden projektorientiert angeboten. MoSES (Monitoring, State Estimation und Services) wird als SaaS (Software as a Service) angeboten und kann bei Bedarf leistungsbezogen abgerechnet werden. Die SaaS wird sowohl einzeln als auch zusammen mit der notwendigen Messtechnik bepreist.

Relevanz für das Energiesystem

In Europa gibt es etwa 2500 Verteilnetzbetreiber, über 800 davon in Deutschland. Die jährliche Entschädigungszahlung für Ausfallarbeit von den Verteilnetzbetreibern an die Betreiber von EEG-Anlagen in Deutschland betrug 2016 laut dem Quartalsbericht zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen „Viertes Quartal und Gesamtjahr 2016“ EUR 373 Mio. (Seite 6). Diese Kosten können mit einem dynamischen Einspeisemanagement reduziert werden. So senkt sich auch der Strompreis für den Endkunden.

Regulatorische Hemmnisse

Trotz des fortschreitenden Bedarfs an digitalen Smart Grid Technologie und Dienstleistungen wird der CAPEX durch die Verzinsung von Hardware-Investitionen bei der Bundesnetzagentur durch Regulierung weiterhin bevorzugt. Dies hemmt den Innovationswillen von VNBs in digitale Dienstleistungs- oder Softwareangebote bspw. von Start-ups.

Das Konzept der langfristigen Planung auf Basis eines Fotojahres erschwert es den VNBs bedarfsgemäß auch kurzfristig in neue Technologien zu investieren. Im digitalen Zeitalter sind Planungshorizonte von 4 Jahren nicht mehr zeitgemäß.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Smart Metering



Fresh Energy GmbH

Berlin

Gegründet 2017

Kurzbeschreibung

Fresh Energy ist ein digitaler Ökostrom-Versorger, der durch Einsatz von Smart Meter und App den Kunden ermöglicht, den Stromverbrauch in Echtzeit zu überwachen und Geräte mit hohem Verbrauch zu erkennen.

Technologie

Das Unternehmen stellt seinen Kunden einen kostenlosen intelligenten Zähler (Smart Meter) und eine App zur Live-Visualisierung des Stromverbrauchs zur Verfügung. Mithilfe von Algorithmen, die auf maschinellem Lernen beruhen, kann dann der Stromverbrauch einzelner Geräte im Haushalt festgestellt werden (Disaggregation). Über die App wird der Verbrauch in Echtzeit angezeigt. Fresh Energy hilft dem Kunden damit potentielle Stromfresser zu identifizieren oder z.B. verschwenderische Muster im eigenen Verhalten zu erkennen.

Geschäftsmodell

Neben den erreichten Einsparungen im Verbrauch generiert das Unternehmen weitere Mehrwert aus Verbrauchsdaten. Von unterwegs kann der Kunde z.B. durch einen Blick in die App erkennen, ob sein Bügeleisen ausgeschaltet ist. Im nächsten Schritt werden innovative Mehrwert-Services angeboten, wie beispielsweise eine automatische Nachbestellung von Spülmaschinentabs oder anderer Verbrauchsgüter. Die Services sind in der monatlichen Öko-Stromlieferung eingepreist.

Relevanz für das Energiesystem

Smart Meter bieten VNB den Vorteil, in Echtzeit Live-Daten über den aktuellen Verbrauch in Haushalten und Industriegebäuden zu erhalten. Die Verbreitung der Geräte läuft jedoch nicht wie geplant. Neben technischen Schwierigkeiten ist auch der Wille der Bevölkerung zum Einbau der Geräte begrenzt, da nur durch die Geräte alleine keine konkreten Mehrwerte für den Endverbraucher geliefert werden. Mit digitalen Mehrwertangeboten wie bspw. von Fresh Energy werden den Kunden echte Vorteile geboten und die Smart Meter kostenlos miteingebaut.

Regulatorische Hemmnisse

Der Smart Meter Rollout geht langsam voran und die vorgesehenen modernen Messeinrichtungen (mME) haben aus Sicht vieler Lösungsanbieter zu wenige Funktionalitäten. Wichtig für digitale Geschäftsmodelle im Smart Meter Bereich sind bspw. sekundliche Daten, da viele Mehrwertdienste, die mit Smart Metern möglich werden (Advertisement oder Echtzeit-Benachrichtigung) auf sekundengenaue Daten angewiesen sind. Ein Benachrichtigungsservice, dass der Herd noch an ist, mit 15-minütiger Verzögerung kann nicht mehr als Echtzeit-Benachrichtigung vertrieben werden. Anforderungen an Sicherheit und Datenschutz können auch bei kürzeren Sendeintervallen gewahrt bleiben.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Dezentrale Speicher, P2P-Netzwerke, Blockchain



Clean Energy Global GmbH

Halenbeck

Gegründet 2015

Kurzbeschreibung

Clean Energy Global GmbH realisiert seit Oktober 2016 einen globalen, lizenzierbaren Standard für Wechselbatteriepakete, die eine smarte und flexible Brücke zwischen stationären und mobilen Speichern schlagen.

Technologie

cleanenergypack (cep) ist ein modular skalierbares, wechselbares und smartes Batteriesystem für den mobilen und stationären Einsatz und ist patentrechtlich geschützt. Es kann für Solarspeicher, Microgrids, Industriespeicher, Anlagen, mobile Maschinen, Busse, Transporter, E-Autos, elektrische Fluggeräte usw. eingesetzt werden. Ein cleanenergypack verfügt über 5 kWh bei 48V Nennspannung. Durch die flexible, patentierte Elektro-, Luft- oder Kontakttemperierung wird der schnelle Batterietausch technisch ermöglicht und das Systemgewicht begrenzt. Ebenso wird ein einfacher Plug & Play Standard realisiert, um stationäre Anwendungen einfach und schnell zu skalieren sowie in mobilen Anwendungen eine schnelle und sichere Ladung durch Austausch von Batteriepaketen zu ermöglichen. Die ceps bilden ein integriertes Smart-Grid mit fälschungssicherer Blockchain-Technologie für Erfassung, Steuerung und Abrechnung über das cep-net.

Geschäftsmodell

Das Geschäftsmodell besteht aus einer B2B-Lizenzierung oder dem Verkauf von cleanenergypacks als Standard an Anlagenbauer, Energieversorger, Tankstellenbetreiber, Automobilhersteller oder Elektronikhersteller. Zu den cep gehört auch ein Smart-Grid Ökosystem mit cep-net, das durch Clean Energy Global weltweit betrieben wird.

Relevanz für die Energiewende

Die flexiblen und modular skalierbaren Einsatzmöglichkeiten von cep reichen von stationären Anwendungen bspw. zur Stabilisierung lokaler Netze für die Energiewende im Stromnetz über den Einsatz in Industriebetrieben zur Sicherung der Stromversorgung bis hin zum Einsatz als Ladelösung für Elektromobilität zur Unterstützung der Energiewende im Verkehr.

Regulatorische Hemmnisse

. In diesem Zusammenhang müsste der lokale Stromhandel zwischen lokalen Produzenten, Consumern und Prosumern (bspw. per Blockchain-Token) legalisiert und normiert werden, damit ein rechtssicherer Rahmen für neue Geschäftsmodelle entsteht. Die aktuelle Grauzone führt zu Unsicherheit und Skepsis gegenüber zukunftsrelevanten Technologien.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Strom-Communities, P2P-Netzwerke und Smart Meter



gridX GmbH

München

Gegründet 2016

Kurzbeschreibung

gridX ist der erste digitale Energieversorger, der dezentrale Energieproduzenten - z.B. Photovoltaikanlagen und Batteriespeicher - mit Verbrauchern auf einer Plattform zusammenbringt.

Technologie

gridX stellt mit der gridBox einen Adapter her, der die herstellerübergreifende Anbindung einer Batterie an den Strommarkt und die gridX-Cloud im Internet ermöglicht. Die Hardware wird selbst entwickelt und mit spezieller Steuerungssoftware ausgestattet. Mit Hilfe der gridBox wird die Kommunikation zwischen Batterie und Energievermarkter ermöglicht. So können durch ein intelligentes Steuerungskonzept freie Kapazitäten am Strommarkt angeboten und die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems für den Endverbraucher bedeutend erhöht werden.

Geschäftsmodell

GridX erzielt aus Erlöse aus dem regulären Stromvertrieb von Ökostrom aus der Community. Weiterhin werden Einnahmen durch den Verkauf der gridBox Hardware sowie dem Verkauf von digitalen Zusatzservices erzielt. Mit der gridBox bindet gridX den Speicher des Kunden in den Regelenenergiemarkt ein und generiert damit Zusatzerlöse für den Kunden. Über die eigene Community, gridX-Pool kann künftig der Überschussstrom vermarktet werden. Dadurch kann der Eigenverbrauch der Kunden erhöht und die Stromkosten nachhaltig gesenkt werden.

Relevanz für die Energiewende

Durch Strom-Communities und den Handel von dezentral erzeugter Energie zwischen Prosumern kann erstmalig direkt Einfluss auf die Erzeugung und den Verbrauch von dezentraler Energie genommen werden. Die so gewonnene Flexibilität kann bspw. die Einbindung von EE-Strom verbessern. Weiterhin wird durch das Community-Angebot die Sichtbarkeit von grünem Strom erhöht, was zu mehr Umweltbewusstsein bei den Verbrauchern führt.

Regulatorische Hindernisse

Ein Hemmnis im Bereich P2P Communities ist nach wie vor eine fehlende Dynamisierung der Umlagen/Steuern („SIP“) und Netzentgelte. So bekommt ein Prosumer laut gridX heute 12,2 ct/kWh für den eingespeisten Strom vom Netzbetreiber - der reine Beschaffungspreis (also ohne Umlagen/Steuern und Netzentgelte) von Strom beim normalen Endkunden liegt aber nur bei ca. 3-4ct/kWh. Das bedeutet das Peer2Peer (neben weiteren regulatorischen Hürden) bis dato nicht wirtschaftlich wird - unabhängig davon, ob eine Blockchain eingesetzt wird oder nicht. Wenn Netzentgelte + Umlagen/Steuern im Rahmen von Peer2Peer verringert würden, da der Strom in unmittelbarer Nähe der Produktion verbraucht wird, könnte sich eine Wirtschaftlichkeit von P2P-Netzwerken ergeben.

Darstellung der Expertenmeinung zu den der wichtigsten Technologien/Geschäftsmodelle im Stromsektor

Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse für die Technologien/Geschäftsmodelle im Stromsektor – geordnet nach ihrer durch die Experten zugewiesenen Bedeutung (vgl. Annex 6.2 für eine Darstellung der Verteilung der Ergebnisse).

Abbildung 11 Expertenbefragung: Technologien und deren Reifegrad im Stromsektor



Quelle: Frontier Economics auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent.

In Ergänzung der von uns vorgegebenen Technologien/Geschäftsmodelle wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle von den Experten aufgeworfen:

- **Bereich Erzeugung:** Geothermie (auch als tiefe Geothermie, insbesondere in städtischen Wärmenetzen, punktuell auch für gekoppelte Strom-Wärme-Versorgung).
- **Bereich Speicher:** Skalierbare Speicher; Kombi-Produkte Solar-Wind-Batterie für kleine/individuelle Einheiten
- **Bereich Umwandlung:** PtL aus der MENA Region (Mittler Osten, Nord Afrika); Brennstoffzellen

Einordnung der Experteneinschätzung zur Marktreife der Technologien durch die Autoren

In der Umfrage wurden die Experten gebeten, ihre Einschätzung zum Reifegrad der Technologien und Geschäftsmodell abzugeben. Zusätzlich wurden die Anzahl der Forschungsprojekte sowie die Anzahl der Produktkonzepte von Startups ausgewertet. Die nachfolgende Abbildung stellt die Ergebnisse der Befragung sowie die Ergebnisse der Datenauswertung für die, laut Expertenumfrage, sechs wichtigsten Technologien im Stromsektor dar.

Folgende Erkenntnisse in Bezug auf die bedeutendsten Technologien und deren Reifegrad lassen sich aus Sicht der Autoren ableiten:

Photovoltaik

Die Experten beurteilen die technologische Reife der Photovoltaik höher als die Datenauswertung auf Basis der Energieloft- und PtJ-Datenbank. Diese Einschätzung ist durchaus nachvollziehbar, da zahlreiche PV-Anwendungen auf dem Markt sind und Experten daher auf eine nahezu marktreife Technologie schließen. Das Spektrum an Photovoltaiktechnologien ist recht breit und reicht von etablierten monokristallinen Zellen bis hin zu neuartigen Farbstoffsolarzellen mit weiterem Entwicklungsbedarf und -potenzial⁵⁶. Hieraus lässt sich eine unterschiedliche Einordnung der Experten (mit Fokus auf Praxisrelevanz und auf die etablierten Photovoltaiktechnologien) und Datenbank (mit Fokus auf die neuartigen PV-Technologien) erklären.

Virtuelle Kraftwerke

Die Experten beurteilen die Marktreife des Geschäftsmodells durchschnittlich mit 2,4. Auch die Datenauswertungen kommen mit dem Durchschnittswert von 2,20 zu einem ähnlichen Ergebnis. Die Anzahl der Forschungsprojekte (absolut 87) liegt deutlich hinter der Anzahl an Praxisprojekten (absolut 14, Gewichtung 227, Erläuterungen zur Gewichtung mit Hilfe des Normungsfaktors in Kapitel 1.2.1) zurück. Signifikante Entwicklungen sind auf Basis der vorliegenden Datengrundlage der Energieloft-Datenbank nicht zu erkennen. Im Bereich der Forschung lässt die vergleichsweise hohe Anzahl an Forschungsprojekten im TRL 1 (Test und Pilotierung) in der EnArgus-Datenbank darauf schließen, dass es in absehbarer Zeit noch neue Erkenntnisse durch aktuelle Pilotversuche geben wird. Hier lassen sich beispielsweise die zahlreichen Verbundvorhaben wie bspw. „EnEff“ oder „In2VPP“ nennen.⁵⁷

Smart Grid

Die Experten beurteilen die Marktreife von Smart Grids mit 2,05 am schlechtesten in der vorliegenden Reihe der sechs wichtigsten Technologien und Geschäftsmodelle im Stromsektor. Die Datenauswertung kommt zu einem noch geringeren Wert von 1,57. Dies lässt sich vor allem mit der hohen Anzahl von Forschungsprojekten (Anzahl 253) auf Seiten der Institute erklären. Institute wie auch Start-ups erarbeiten aktuell zahlreiche Vorhaben im Bereich des Verteilnetz-Monitorings, sowie der intelligenten Netzplanung und -steuerung (vgl. Exkurse am Anfang des Kapitels).

Offshore und Onshore Windenergie

Die Experten beurteilen die Marktreife von Offshore und Onshore Windenergie mit 2,89 bzw. 2,91 sehr hoch. Dies ist verständlich, da beide Technologien bereits langjährige Erfahrungen im Energiemarkt aufweisen können. Aus Innovationssicht

⁵⁶ Vgl. ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (2018) Seiten 6-9 und espazium (2012).

⁵⁷ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/26?op=enargus.eps2&q=virtuelle+kraftwerke>, abgerufen 12.09.2018

sind hier dennoch noch zahlreiche Veränderungen zu erwarten. Wie wird Windstrom im Post-EEG Zeitalter vermarktet? Setzt sich der Handel von Windstrom über online Plattform-Marktplätze durch und welche Verbesserung ergeben sich beispielsweise durch den Einsatz von Drohnen beim Monitoring von Offshore-Windparks⁵⁸. Mit diesen Fragen befassen sich laufende Forschungsprojekte und zahlreiche Produktkonzepte warten auf die flächendeckende Realisierung im Markt. Daher kommt die Datenauswertung lediglich auf einen Wert von 1,96 im Rahmen der Reifegrad-Beurteilung. Da eine eindeutige Zuordnung mancher Forschungsprojekte und Produktkonzepte in on- oder offshore nicht möglich war, wurden alle Windenergiethemen im Bereich der Datenauswertung kumuliert betrachtet.

Dezentrale Speicher

Sowohl Experten wie auch die Datenerhebung kommen zu dem Schluss, dass die Marktreife von dezentralen Speichern noch ausbaufähig ist. So beurteilen die Experten die Marktreife mit 2,2, die Datenauswertung attestiert der Technologie einen Reifegrad von 1,16. Dies ist mit der sehr hohen Anzahl an Forschungsprojekten beispielsweise im Bereich der Nutzung von Flexibilität von E-Autos, die Einsatzoptimierung von Speichern im Privathaushalt oder auch das allgemeine Batteriemangement zu begründen.

Abbildung 12 Abgleich Expertenmeinung zum Reifegrad der Technologien/Geschäftsmodelle und Energieloftdatenbank



Quelle: Frontier/Energieloft

Hinweis: Darstellung der sechs wichtigsten Technologien / Geschäftsmodelle laut Expertenbefragung. Links Darstellung der Mittelwerte der Expertenbefragung (x) sowie Mittelwerte der Datenauswertung (o). Mittelwert der Datenauswertung ergibt sich aus der Berechnung des gewichteten Mittelwertes (Nach TRL gewichtete Addition der absoluten Projektanzahlen geteilt durch die Gesamtsumme der Projektanzahlen). TRL 0 und TRL 1 beschreiben Anzahl der Förderprojekte in der EnArgus Datenbank, TRL 2 und TRL 3 beschreiben Anzahl der Startups in der Energieloft-Datenbank. Rechts: Darstellung des Anteils der Vorhaben (Förderprojekte und Entwicklungen von Startups) in Prozent in den

⁵⁸ <https://energieloft.de/de/startups/list/#reference=4459>, abgerufen am 12.09.2018

Balkendiagrammen. Mitte: Nennung von Innovationsfeldern im Themengebiet, an den Startups und Forschungsinstitute aktuell arbeiten.

Fazit der Autoren zum Reifegrad

- Expertenmeinungen und Datensatz der Energieloft-Datenbank decken sich recht gut. Im Schnitt sehen die Experten den TRL etwas optimistischer als es die Datenbank vermuten lassen.
- Das Bild mit Blick auf den Reifegrad ist aus Sicht der Autoren recht positiv – die wichtigen Technologien haben in der Regel bereits einen eher hohen TRL erreicht. Insgesamt scheint es vor allem im Bereich der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien viele reife Optionen zu geben – ebenso gibt es aus technischer Sicht keine „Show Stopper“ im Bereich Smart Grids oder Dezentrale Speichertechnologien: die Herausforderung liegt in der Praxis dann eher im Bereich eines positiven Business Cases. Hierbei kann Forschung auch helfen Kosten der Technologien weiter zu senken. Allerdings erscheinen aus der Erfahrung der Industrialisierung (z.B. Massenproduktion von Autos, Batterie Gigafactory) die Skaleneffekte aus Massenproduktion oder auch der rechtliche Rahmen für die Anwendung (siehe Diskussion zu Hemmnissen) oft entscheidender für den Erfolg im Sinne eines breiten Einsatzes.
- Steigerungsbedarf im Bereich der technologischen Reife werden in den Bereichen Power-to-Liquids und CCS/CCU gesehen.

Einordnung durch die Autoren bezüglich der Experteneinschätzung zur zukünftigen Bedeutung der Technologien

- **Erneuerbare Energien Wind und PV sind Schlüsseltechnologien** – Photovoltaik und Windenergie (On- und Offshore) werden als Schlüsselerzeugungstechnologie der Zukunft gesehen. Der Einsatz von fester Biomasse zur reinen Stromerzeugung wird eher nachrangig angesehen⁵⁹. (Bereits heute erfolgt das Gros der Biomassenutzung im Bereich Wärme und weniger zur reinen Stromerzeugung⁶⁰).
- **Smarte Koordination (mittels Digitalisierung und Smart Grids) spielt eine wichtige Rolle** – Das Gros der Experten (> 90%) hält Smart Grid Technologien und Geschäftsmodelle für sehr wichtig oder wichtig. Dies ist aus unserer Sicht gut nachvollziehbar: Das Strom- und Energiesystem wird immer komplexer. Kleinere Einheiten, volatile und Dargebots abhängige Erzeugung, für Netzbetreiber, schwerer zu planendes Abnahme- und Einspeiseverhalten der „Prosumer“, der Roll-Out der Elektromobilität und Energieträgerübergreifende Wertschöpfung im Zuge der Sektorkopplung (Power-to-Gas, Power-to-Heat, Power-to-Chemicals) erfordern immer mehr Datenaustausch und automatisierte Koordination des Netzbetriebes, um das bekannte Niveau der Versorgungssicherheit und Versorgungszuverlässigkeit zu erhalten. Dies gilt für Smarte Netze, dezentrale Speicher, Smart Meter als auch Koordination von kleineren Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten

⁵⁹ Vermutlich ist die kritische Sicht der Experten u.a. auf die Nutzungskonkurrenz der Flächen mit der Lebensmittelproduktion zurückzuführen („Teller statt Tank“).

⁶⁰ Vgl. Brellocks und Specht (2013), S. 15: „Energie-Biomasse“ und biogene Reststoffe werden in erster Linie als Kohlenstoff-Ressource benötigt und erst in zweiter Linie als Energie-Ressource. [...]“

- **Energiespeicher werden in allen Größenklassen benötigt** – Im Bereich der Energiespeicherung wird für Pumpspeicher (typischerweise 100's MW bis GW Bereich), Quartierspeicher (1 bis 10's MW) und dezentrale kleine Speicher (kW Bereich) von jeweils mehr als 60% der Experten eine wichtige oder sehr wichtige Rolle gesehen.
- **Sektorkopplungstechnologien auf dem Vormarsch** - Mehr als 80% der Experten erwarten von den Sektorkopplungstechnologien Power-to-Gas und Power-to-Heat wichtige Beiträge zur Energiewende. Unklarer ist das Bild bei Power-to-Liquids Technologien, wo gut 50% der Experten wesentliche Beiträge im Stromsektor erwarten (siehe auch spätere Ausführungen zum Verkehrssektor in Kapitel 3.5).
- **Eher Nischendasein für CCS, Kleinwindanlagen und Concentrated Solar Power** – Folgenden Technologien wird für Deutschland keine so hohe Bedeutung zugemessen:
 - CCS - Während für Carbon Capture and Utilisation etwa die Hälfte der Experten eine wichtige Rolle erwarten, sieht weniger als jeder dritte Experte eine wichtige Rolle für Carbon Capture und Storage. De facto ist der Schritt von CCS zu CCU sehr kurz: Insbesondere im Bereich synthetische Brennstoff in der Langfrist wird häufig auf den Kohlenstoffbedarf zur Herstellung vieler synthetischer Kraftstoffe (OME, Methanol) oder Gase (DME, Methan) hingewiesen⁶¹.
 - Kleinwindanlagen – Hier lassen sich auch in der Literatur viele skeptische Stimmen finden⁶² – die Kosten der Anlagen (rund 5,000 EUR/kW) liegen deutlich über den Kosten von Windanlagen in MW Größe (1,500 bis 2,000 EUR/kW⁶³) oder auch kleinen PV Anlagen⁶⁴. Dennoch gibt es einige Start-ups, die auf eine deutliche Absenkung der spezifischen Kosten für Kleinwindanlagen abzielen.
 - Concentrated Solar Power (CSP) – CSP Anlagen sind im Vergleich zu PV Anlagen deutlich teurer (in sonnigen Regionen 15-33 ct/kWh vs. 4 ct/kWh⁶⁵) – in Kombination mit einem Speicher (z.B. Flüssigsalz) allerdings steuerbarer⁶⁶. Mit fallenden Kosten für PV und Batterien und der Möglichkeit Flexibilität aus den Stromnetzen zu „ziehen“, dürfte bei den klimatischen Bedingungen in Deutschland die CSP Technologie auch zukünftig keine große Rolle spielen. Wesentliche Beiträge zur Nutzung der Sonnenkraft in Deutschland kämen dann vermutlich via PV(Strom) oder Solarthermie (als Wärmeanwendung). In anderen Weltregionen (z.B. Südafrika) wird weiterhin auf CSP als Alternative zur PV Erzeugung gesetzt u.a. zur

⁶¹ Vgl. Solarify(2018): „CCU und CCS für Klimaziele neu denken“ <https://www.solarify.eu/2017/11/07/483-ccu-und-ccs-fuer-klimaziele-neu-denken/>

⁶² Vgl. Landwirtschaftskammer NRW (2018).

⁶³ Vgl. Fraunhofer ISE (2018), Enbausa (2017) und C.A.R.M.E.N. (2015).

⁶⁴ Vgl. Handelsblatt (2017).

⁶⁵ Vgl. IRENA (2017).

⁶⁶ Steuerbarkeit hat ggü. nicht steuerbaren Anlagen (z.B. PV) einen Wert – die Höhe dieses Wertes hängt vom Stromsystem ab, aber auch davon, ob der Regulierungsrahmen den Wert von Flexibilität fair vergütet. De facto stellen aber Speicher (z.B. Batterien) sowie die Gesamtflexibilität im vernetzten System auch Flexibilität zur Verfügung, so dass der Zusatzwert von CSP ggü. PV begrenzt sein wird und die Mehrkosten voraussichtlich nicht aufwiegen kann.

Netzentlastung und als steuerbare Technologie zur Stromerzeugung in den Morgen- und Abendstunden⁶⁷.

Im Bereich der Geschäftsfelder werden Smart Grids Konzepte (Koordination Netz/Netznutzer) sowie Quartierspeicher als wichtig erachtet. Die Meinung zu Peer-to-Peer-Stromhandel scheint gespalten. Hier spielen zukünftig sicherlich Fortschritt der Digitalisierung und Regulierungsrahmen eine wichtige Rolle. Zudem kann Peer-to-Peer auch durch eine starke Rolle der Elektromobilität an Bedeutung gewinnen. Da hier in beiden Bereichen derzeit noch eine hohe Unsicherheit herrscht, ist auch hier die nicht eindeutige Sichtweise der Expertengruppe aus Autorensicht nachvollziehbar.

Abbildung 13 zeigt noch einmal zusammenfassend die unterschiedlichen Technologien und Geschäftsmodelle sortiert nach:

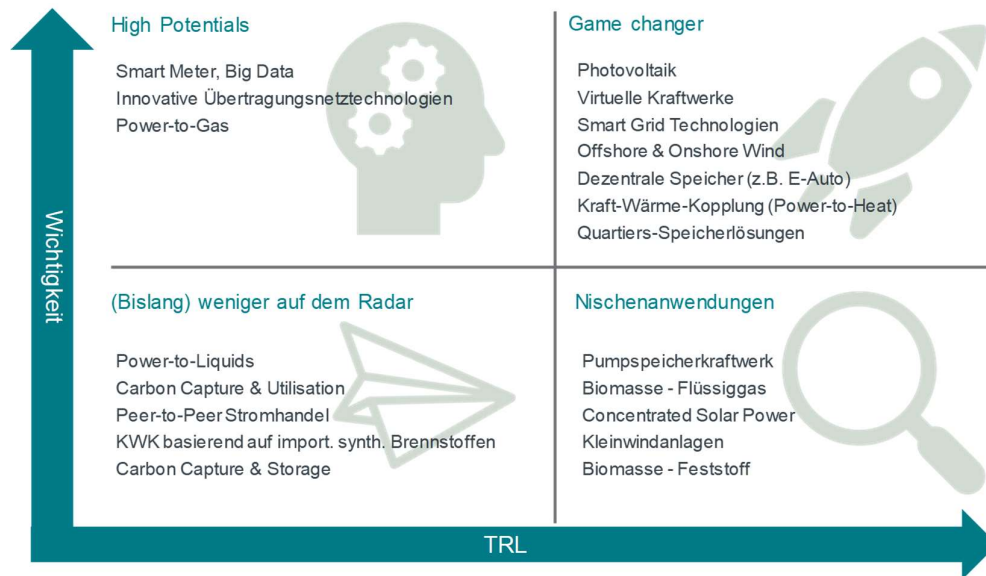
- **„Game changer“** - Technologien mit hoher Bedeutung (mehr als 70% der Experten haben „wichtig/sehr wichtig“ eingestuft) und hohem Reifegrad („Marktreifes Produkt“ vorhanden, TRL 2-3)
- **„High potentials“** - Technologien/Geschäftsmodelle, mit hoher Bedeutung (mehr als 70% der Experten haben „wichtig/sehr wichtig“ eingestuft), aber bisher noch keine Marktreifenprodukte (TRL 0-2)).
- **„Nischenanwendungen“** - Technologien/Geschäftsmodelle, mit geringerer Bedeutung (bis zu 70% der Experten haben „wichtig/sehr wichtig“ eingestuft) und hohem Reifegrad („Marktreifes Produkt“ vorhanden, TRL 2-3).
- **„(Noch) weniger auf dem Radar“** erscheinende Geschäftsmodelle - Technologien/Geschäftsmodelle, mit geringerer Bedeutung (bis zu 70% der Experten haben „wichtig/sehr wichtig“ eingestuft) und niedrigem Reifegrad („Marktreifes Produkt“ vorhanden, TRL 0-2).

Handlungsbedarf aus Sicht der F&I Politik besteht dann insbesondere

- bei den „High Potentials“ im Bereich Forschungsförderung, Pilotprojekte etc.); und
- mit Blick auf die „Eckpfeiler der Energiewende“ beim Abbau von Hemmnissen am Markt (siehe Kapitel 4), die einen Business Case marktreifer Technologien unnötig erschweren.

⁶⁷ Vgl. Eskom (2018), südafrikanisches Energieversorgungsunternehmen

Abbildung 13 Technologien/Geschäftsmodelle im Stromsektor nach Wichtigkeit für die Energiewende und Technologischen Reifegrad



Quelle: Frontier basierend auf Expertenbefragung

Hinweis: Einordnung nach TRL 0-2 links, 2-3 rechts. Wichtigkeit nach Anteil der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle: mehr als 70% oben, Rest unten

3.4 Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Industriesektor

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Expertenbefragung sowie der Datenauswertung für den Industriesektor dargestellt und diskutiert.

Überblick und Kurzbeschreibung der wichtigsten Technologien/Geschäftsmodelle im Industriesektor

Im Bereich Industrie wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle abgefragt:

- Technologien:
 - Power-to-Chemicals (Nutzung von günstigem (Überschuss-)Strom bzw. grünem Strom zur Herstellung von Chemikalien)
 - Power-to-Heat-Steam-Cold (Nutzung von günstigem (Überschuss-)Strom bzw. grünem Strom zur Herstellung von Wärme⁶⁸/Kälte im Industriebereich)
 - Power-to-Liquids
 - Power-to-Gas
 - Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz
 - Biomasse zur CO₂-freien Strom/Wärmeerzeugung im Industriebereich

⁶⁸ In der Praxis spielt das Temperaturniveau der Wärme eine wichtige Rolle – Power-to-Heat spielt in der Regel bei Niedrigtemperaturanwendungen eine größere Rolle als bei hohen Temperaturen (diese Unterscheidung wurde hier ausgeblendet).

■ Geschäftsmodelle

- Neue Konzepte zur Steigerung der Energieeffizienz (Automatisierung, Messung etc.)
- Neue Konzepte zur Energierückgewinnung
- Neue Konzepte zur Reduktion von Prozessemissionen (siehe auch Power-to-Chemicals, CCU,...)

Exemplarisch stellen die folgenden Seiten Exkursen zu Start-ups dar, die im Industriesektor tätig sind, deren Geschäftsmodelle jedoch durch politische Rahmenbedingungen gehemmt werden.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Power-to-Liquid, dezentrale Stromspeicher, Wasserstoffmobilität



Hydrogenious Technologies GmbH

Erlangen

Gegründet 2013

Kurzbeschreibung

Hydrogenious Technologies ist ein Technologieführer im Bereich der Wasserstoffspeicherung in Form von flüssigen organischen Wasserstoffträgern (LOHC). Basierend auf der LOHC-Technologie entwickelt und baut Hydrogenious Technologies containerbasierte Ein- und Ausspeichersysteme für die Wasserstoffspeicherung.

Technologie

Hydrogenious ist ein weltweiter Pionier im Bereich der flüssigen Wasserstoffträger (Liquid Organic Hydrogen Carrier - LOHC). Hierbei wird Wasserstoff chemisch an ein sicheres und schwer entflammables Trägeröl gebunden. Dadurch ist eine sichere und kostengünstige Handhabung von Wasserstoff möglich. Bei Bedarf wieder dieser vom Trägeröl gelöst und zur Nutzung freigesetzt. Das Öl ist mehrere hundert Mal wiederverwendbar und kann in der bestehenden Infrastruktur für fossile Kraftstoffe gelagert und transportiert werden.

Geschäftsmodell

Hydrogenious ist eine Technologiefirma, d.h. der Fokus liegt auf der Kommerzialisierung der Technologie. Dies geschieht sowohl durch den Verkauf von Anlagen und Service, aber auch durch die Lizenzierung von Intellectual Property und Know-How. Der aktuelle Fokus von Hydrogenious liegt im Bereich der industriellen Wasserstofflogistik und der Infrastruktur für Wasserstofftankstellen.

Relevanz für die Energiewende

Ein bereits seit längerem diskutiertes Thema in der Energiewende ist die Nutzung von Wasserstoff als sauberer chemischer Energieträger. Existierende Speichertechnologien benötigen entweder hohen Druck oder niedrige Temperaturen zur kompakten Speicherung. Hydrogenious Technologies bietet hierfür eine Lösung durch LOHC-basierte Speicherung von Wasserstoff. Damit schließt das Unternehmen eine Lücke auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft.

Regulatorische Hemmnisse

Hydrogenious als kapitalintensive Technologiegründung leidet unter der Bonitätsprüfung bei Förderprojekten. Start-ups, die eben noch nicht profitabel sind, fallen oft bei der Bonitätsprüfung durch, obwohl die Programme eigentlich explizit für sie konzipiert wurden.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Abwärmenutzung



Bipolymere Systeme

Düsseldorf

Gegründet 2017

Kurzbeschreibung

Bipolymere sind ein neuer Kunststoff, der aus Abwärme Strom gewinnt. Damit kann aus Solarwärme und ungenutzter Abwärme günstiger Strom produziert werden. Das Unternehmen hat einen Prototyp zur Herstellung von Bipolymeren nach dem Rolle-zu-Rolle-Verfahren entwickelt sowie einen Prototyp einer Wärmekraftmaschine.

Technologie

Bipolymere sind Kunststoffstreifen, die sich bei Temperaturveränderung stark verbiegen. Dieser Effekt wird in einer Wärmekraftmaschine nutzbar gemacht, indem die Biegung der Bipolymere in eine Drehbewegung umgesetzt und aus dieser mit Hilfe eines Generators letztendlich Strom erzeugt wird. Somit kann unter anderem aus Solarwärme sehr günstig Strom erzeugt werden. Bis zu dreimal günstiger als mit Photovoltaik. Die Bipolymere können aus marktüblichen Kunststoffen in einem kostengünstigen Rolle-zu-Rolle-Verfahren hergestellt werden.

Geschäftsmodell

Haupteinnahmequelle ist die Produktion der Bipolymere und der Wärmekraftmaschine und deren Verkauf. Weitere Einnahmequellen können sich aus Services rund um die Bipolymere, wie Sonderanfertigungen, Lehrveranstaltungen etc. ergeben. Außerdem kann Forschung und Entwicklung neuer Anwendungen als Dienstleistung angeboten werden bzw. als Kooperation. Durch das Patent können Einnahmen durch Lizenzgebühren oder Beteiligung am Gewinn jeder produzierten Einheit generiert werden. Wärmekraftmaschine aus Bipolymeren können bspw. in Solarthermieranlagen integriert werden. Später kann die Wärmekraftmaschine auch in der Industrie eingesetzt werden, um die Abwärme von Produktionsprozessen zu verstromen und damit die Herstellkosten zu senken.

Relevanz für die Energiewende

Durch die besser Abwärmenutzung können nicht nur Kosten in Industrieproduktionsanlagen gesenkt, sondern auch die Emission von Abgasen durch bessere Ressourcennutzung reduziert werden. Dies fördert das Klima und zugleich die erneuerbare Stromerzeugung.

Politische Hemmnisse

Für die Herstellung von Bipolymeren sind Kohlenstofffasern aus dem Ausland (Japan, Südkorea) notwendig. Allerdings besteht eine Export-/Importbeschränkung auf Kohlefasern, da diese bei der Urananreicherung verwendet werden. Die Beschränkung hemmt die Entwicklung der Technologie.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Industrielle Stromversorgung



Energy Cortex

Aachen

Gegründet 2018

Kurzbeschreibung

EnergyCortex entwickelt eine cloud-basierte, sektorübergreifende Energiedatenplattform für Industriekunden, Stadtwerke sowie Betreiber von dezentralen Anlagen (z. B. Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen).

Technologie

Das System sammelt und visualisiert Daten verschiedener Quellen und neuer energiewirtschaftlicher Formate, wie beispielweise Smart-Meter-Daten und übernimmt für den Kunden die Aufbereitung, Verarbeitung sowie Plausibilisierung dieser Daten (z. B. im Rahmen der Abrechnung von Netzentgelten im Bereich Strom oder Gas). Mittels der aufbereiteten Daten werden Services zur Kostensenkung und Performancesteigerung, auf Basis von Artificial Intelligence und Optimierungsmodellen angeboten. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang u. a. die Identifikation von Anomalien (z. B. beim Blindleistungsbezug), die Analyse von Abgabenreduktionen (z. B. Netzentgeltoptimierung oder Strom- und Energiesteuerrückerstattung), Verbrauchs- und Erzeugungsprognosen, auch zur Unterstützung bei Liquiditätsprognosen bzw. Controlling, Tools zur Bewertung von Investitionen und Analyse von Optimierungspotenzialen oder Predictive Maintenance.

Geschäftsmodell

Je nach Plattform-Modul unterscheiden Energy Cortex zwischen einer Fix Fee, Pay-per-Usage oder Erfolgsbeteiligung. Bei bestimmten Modulen kann es auch zu einer Kopplung kommen (Fix Fee + Erfolgsbeteiligung).

Relevanz für die Energiewende

Durch die Visualisierung und Auswertung von Verbrauchsdaten in der Industrie können Energieeffizienzen erkannt werden, welche den Energieverbrauch drastisch reduzieren können.

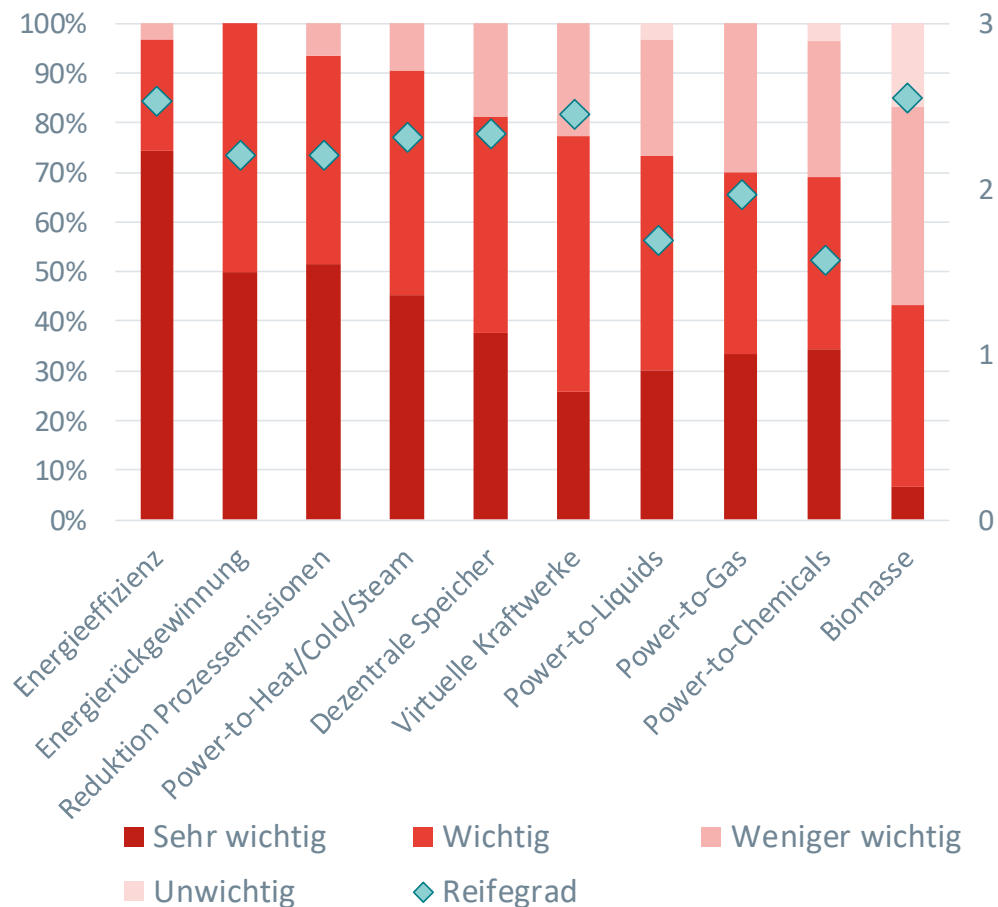
Politische Hemmnisse

Die Bundesregierung und die BNetzA haben die Absicht, dass die datengetriebene Digitalisierung der Energiewirtschaft vorangebracht wird. Dafür wurde unter anderem die Entscheidung getroffen, digitale Datenformate (Edifact) einzuführen, die nun auch Kunden zur Verfügung zu stellen sind und Papierrechnungen ablösen sollen. Die Formate sollen Verbraucher und dezentrale Erzeuger befähigen, nachzuprüfen, ob ihre Abrechnungen von Lieferanten, Netzbetreibern oder Vermarktern korrekt sind (u. a. Höhe je Viertelstunde, max. Leistung, Energiemenge). Obwohl es sich um Standardformate handelt und die Politik sich nach eigener Aussage eine rasche Digitalisierung wünscht, sind eine Großzahl von Stadtwerken, Netzbetreibern bzw. EVU derzeit scheinbar nicht in der Lage, diese Daten an ihre Kunden oder deren Dienstleister zu versenden. Dies führt dazu, dass energiedatengetriebene Geschäftsmodelle von jungen Start-ups, die auf eine Übersendung der Daten ihrer Kunden angewiesen sind, stagnieren.

Darstellung der Expertenmeinung zu den der wichtigsten Technologien/Geschäftsmodelle im Industriesektor

Abbildung 14 zeigt die Ergebnisse für die Technologien und Geschäftsmodelle im Industriesektor – geordnet nach ihrer durch die Experten zugewiesenen Bedeutung (vgl. Annex 6.2 für eine Darstellung der Verteilung der Ergebnisse).

Abbildung 14 Technologien und deren Reifegrad im Industriesektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent.

Die Experten ordnen den folgenden Technologien und Geschäftsmodellen die höchste Wichtigkeit im Industriesektor zu:

1. Energieeffizienz
2. Energierückgewinnung
3. Reduktion Prozessemissionen
4. Power-to-Heat
5. Dezentrale Speicher
6. Virtuelle Kraftwerke

In Ergänzung der von uns vorgegebenen Technologien/Geschäftsmodelle wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle im Industriebereich von den Experten aufgeworfen:

- Digitalisierung von Produktionsprozessen, Automatisierung und künstliche Intelligenz
- EU-übergreifende Abstimmung für ein Level Playing Field
- Smart Grids in Industrieparks

Einordnung der Expertenmeinung zu Marktreife der Technologien/Geschäftsmodelle im Industriesektor

Abbildung 15 Abgleich Einschätzung Marktreife Expertengruppe und Datenbank im Industriesektor



Quelle: Frontier Economics/Energieloft

Hinweis: Darstellung der sechs wichtigsten Technologien / Geschäftsmodelle laut Expertenbefragung. Links Darstellung der Mittelwerte der Expertenbefragung (x) sowie Mittelwerte der Datenbankauswertung (o). Mittelwert der Datenbankauswertung ergibt sich aus der Berechnung des gewichteten Mittelwertes (Nach TRL gewichtete Addition der absoluten Projektanzahlen geteilt durch die Gesamtsumme der Projektanzahlen). TRL 0 und TRL 1 beschreiben Anzahl der Förderprojekte in der EnArgus Datenbank, TRL 2 und TRL 3 beschreiben Anzahl der Startups in der Energieloft-Datenbank. Rechts: Darstellung des Anteils der Vorhaben (Förderprojekte und Entwicklungen von Startups) in Prozent in den Balkendiagrammen. Mitte: Nennung von Innovationsfeldern im Themengebiet, an den Startups und Forschungsinstitute aktuell arbeiten.

Energieeffizienz

Die Experten beurteilen die Marktreife der Technologie durchschnittlich mit 2,55. Die Datenbankauswertungen kommen zu einem anderen Ergebnis. Mit einem Reifegrad von 1,46 liegt hier die Beurteilung deutlich unter der, der Experten. Dies ist vor allem auf die hohe Anzahl von Forschungsvorhaben⁶⁹ (absolut 1825) zurückzuführen. 33,97% aller Forschungsvorhaben liegen laut Datenbankauswertung im TRL 1. Dies zeigt, dass zahlreiche wissenschaftliche Entwicklungen bereits den

⁶⁹ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/26?op=enargus.eps2&m=0&v=10&p=0&s=0&q=Energieeffizienz>, abgerufen am 12.09.2018

Status der Pilotierung erreicht haben. Ein derzeit von vielen Akteuren behandeltes Thema ist beispielsweise der Bereich Energiemanagementsysteme, welche die neuen Potentiale der vernetzten Industrie 4.0 besser nutzen können. Mit diesem Thema befassen sich sowohl Forschungsvorhaben wie beispielsweise das „Verbundvorhaben: Energieeffizienz und Prozessbeschleunigung für die chemische Industrie“⁷⁰ oder auch Startups wie das im Exkurs erwähnte Unternehmen energy cortex.

Energierückgewinnung

Die Experten beurteilen die Marktreife der Technologie durchschnittlich mit 2,2. Auch die Datenauswertungen kommen mit 1,88 zu einem ähnlichen Ergebnis. Auffällig ist die hohe Anzahl von unvollendeten Produktkonzepten (36,04% aller Projekt- und Produktvorhaben), welche eine erhöhte Anzahl an marktreifen Innovationen in naher Zukunft erhoffen lässt. Startups, die in diesem Bereich tätig sind, beschäftigen sich beispielsweise mit innovativen Entwicklungen zur Abwärmenutzung, wie das im Exkurs vorgestellte Startup Biopolymere Systeme, mit der Thematik der Rückverstromung von Prozessdämpfen oder Abwasser, wie das Startup ENVA Energy⁷¹ sowie allgemein im Bereich „Energy Harvesting“ (Mikro-Energiegewinnung bei Routinevorgängen), wie das Startup otego⁷².

Reduktion und Nutzung von Prozessemissionen

Die Experten beurteilen die Marktreife der Technologie mit 2,20. Die Datenauswertungen bestätigen dieses Ergebnis mit einem TRL von 2,21. Auffällig ist die hohe Anzahl von existierenden marktreifen Lösungen (46,22% aller Projekte und Startups). Auf der Forschungsseite konnte die EnArgus-Datenbank 83 relevante geförderte Forschungsvorhaben aufweisen, wie beispielsweise das „Verbundvorhaben: ACT ALIGN-CCUS - Beschleunigung des Wachstums CO₂-armer Industrien durch CCU; Teilvorhaben: Nutzung von strombasierten Kraftstoffen in Industrie und Verkehr“⁷³ Innovationspotential sehen Startups zum Beispiel noch im Bereich der Optimierung von Prozessabläufen, wie beispielsweise das Startup PrimeUnit⁷⁴.

Power-to-Heat

Die Marktreife der Power-to-Heat Technologie wird von den Experten mit 2,3 und demnach sehr weit fortgeschritten beurteilt. Die Datenauswertung kommt mit 0,85 zu einem deutlich anderen Ergebnis. Damit liegt die Datenauswertung konform mit aktuellen Studien. So hat beispielsweise das BMWi in „Energiedaten 2017“ attestiert, dass der Wärmebedarf in der Industrie nur zu 8,3% aus Strom gedeckt wird (vgl. Abbildung 16). Eine Erklärung für die Diskrepanz wäre, dass eine Vielzahl der Experten „Marktreife“ in diesem Fall lediglich mit technologischer

⁷⁰ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&id=2807853&p=1&v=10&q=Energieeffizienz>

⁷¹ <https://energieloft.de/de/startups/ENVAEnergyGmbH/>

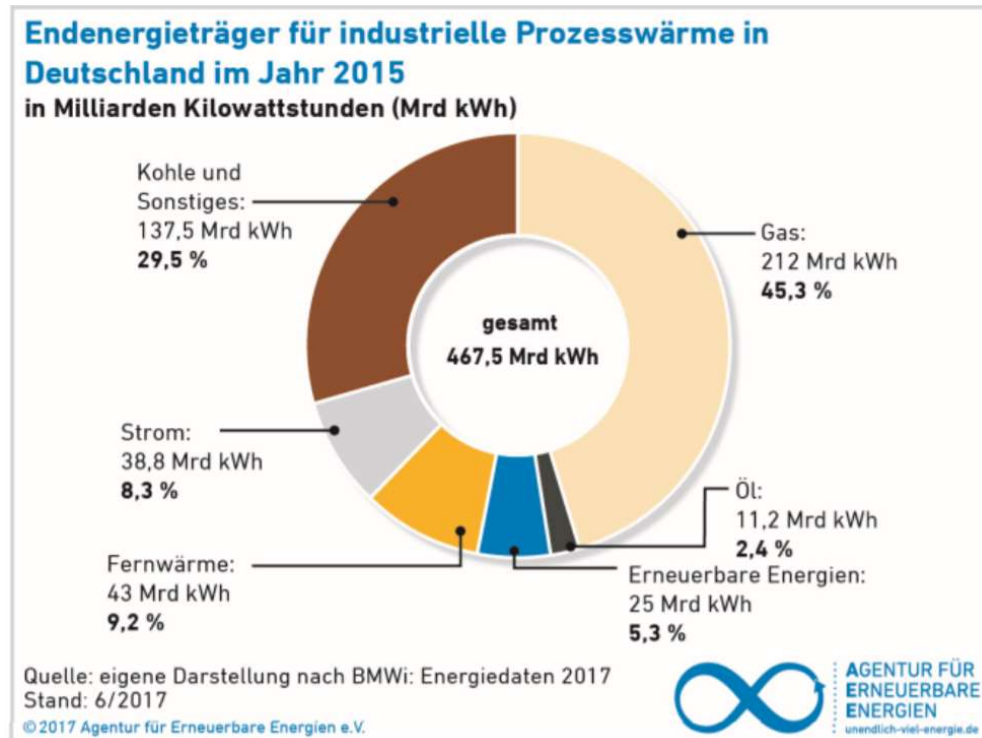
⁷² <https://energieloft.de/de/startups/otegoGmbH/>

⁷³ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Industrie%20Emissionen&id=26573182&v=10>,
abgerufen am 12.09.2018

⁷⁴ <https://energieloft.de/de/startups/PrimeUnitGmbH/>

Funktionsfähigkeit, nicht jedoch mit wirtschaftlicher Tragfähigkeit der Technologie assoziiert haben.

Abbildung 16 Endenergieträger für industrielle Prozesse in Deutschland (Stand 2015)



Quelle: https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/1131.Renews_Kompakt_Prozesswaerme.pdf, Seite 2

Dezentrale Speicher

Sowohl Experten wie auch die Datenerhebung kommen zu dem Schluss, dass die Marktreife von dezentralen Speichern noch ausbaufähig ist. So beurteilen die Experten die Marktreife von dezentralen Speichern in der Industrie mit 2,2, die Datenauswertung attestiert der Technologie einen Reifegrad von 1,16. Aufgrund von fehlenden Datensätzen konnte in der Auswertung nicht zwischen dezentralen Speichern im Stromsystem und dezentralen Speichern in der Industrie unterschieden werden. Es wurden daher für beide Bereiche die gleichen Daten herangezogen.

Virtuelle Kraftwerke

Die Experten beurteilen die Marktreife des Geschäftsmodells durchschnittlich mit 2,4. Auch die Datenauswertungen kommen zu einem ähnlichen Ergebnis (2,1). Die Anzahl der Forschungsprojekte liegt deutlich hinter der Anzahl an Praxisprojekten. Aufgrund von fehlenden Datensätzen konnte in der Auswertung nicht zwischen dezentralen Speichern im Stromsystem und dezentralen Speichern in der Industrie unterschieden werden. Es wurden daher für beide Bereiche die gleichen Daten herangezogen.

Einordnung durch die Autoren bezüglich der Experteneinschätzung zur Bedeutung der Technologien

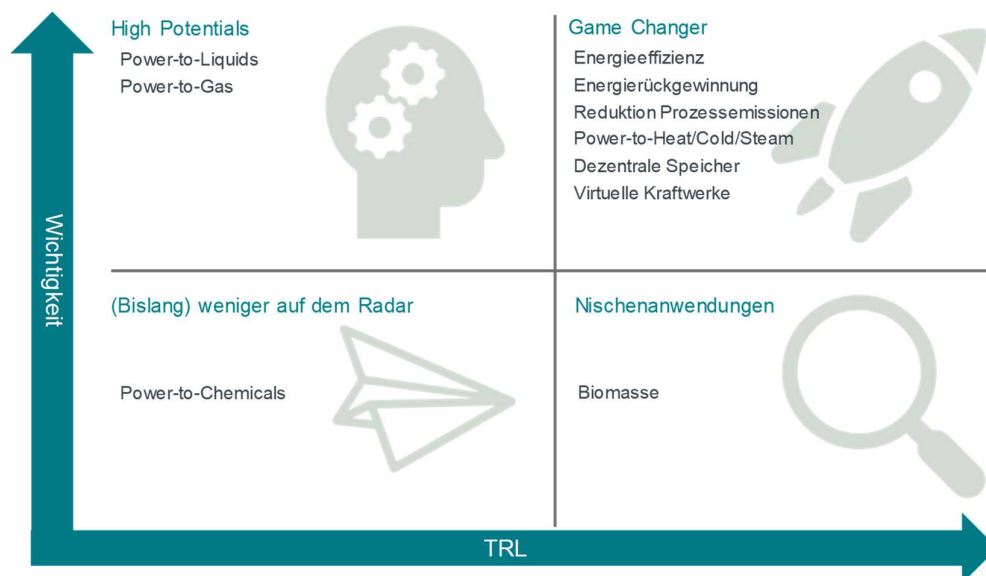
Im Bereich der Industrie leiten wir folgende Aussagen ab:

- **Energieeffizienz und Energierückgewinnung mit großer Bedeutung** – Verbrauchsseitig sehen Experten eine große Bedeutung von zusätzlichen Effizienzsteigerungsmaßnahmen bzw. Prozessen für die Energierückgewinnung. Effizienzsteigerungen stellen neben der Nutzung von „low carbon technologies“ einen wichtigen Grundpfeiler der Dekarbonisierung dar. Der Grad der noch zu erzielenden Effizienzsteigerungen hängt im sehr heterogenen Industriesektor von den einzelnen Untersektoren und Prozessen ab. Z.B. gibt es bei der traditionellen Stahlproduktion in Europa kaum mehr Möglichkeiten CO₂ Ausstoß (pro Tonne produzierten Stahls) weiter zu verringern. Eine drastische Reduktion des CO₂ Ausstoßes ist nur durch einen kompletten Wechsel der Produktionstechnologie (z.B. durch sehr energieintensive Elektrolyse) oder durch den Einsatz von CCU denkbar.⁷⁵
- **Sektorkopplungstechnologien spielen eine wichtige Rolle** – Ein Teil dieser Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bzw. Verminderung von Emissionen wird über die Nutzung von Power-to-X erfolgen: 80% der Experten halten die Elektrifizierung und Nutzung von EE-Strom im Bereich Wärme/Kälte/Dampferzeugung für eine wichtige oder sehr wichtige Technologieoption.
- **Reduktion von Prozessemissionen mit wichtigem Beitrag zur Dekarbonisierung** – Hohe Prozessemissionen von Treibhausgasen sind oft vermeidbar (z.B. durch Sekundärnutzung von Wärme oder Anwendung alternativer chemischer Prozesse). Die technische Machbarkeit scheint durch den bereits hohen Entwicklungsgrades (laut Experten und Datenbankauswertung) durchaus möglich. Dem Auffangen und Nutzen von CO₂ (CCU) wird hier (im Gegensatz zu CCS) im Sinne der „circular economy“ eine Rolle in der Zukunft zugesprochen (z.B. im Kontext der Herstellung von synthetischen Kraftstoffen).
- **Eingeschränkte Rolle der Biomasse erwartet** – Auch im Industriebereich wird (wie im Strombereich; siehe Abschnitt 3.3) die reine Verbrennung von Biomasse nicht als wichtige Zukunftstechnologie betrachtet.

Abbildung 17 zeigt noch einmal zusammenfassend die unterschiedlichen Technologien und Geschäftsmodelle sortiert nach Wichtigkeit und technologischem Reifegrad.

⁷⁵ Vgl. European Commission (2016b) Seite 38ff

Abbildung 17 Technologien/Geschäftsmodelle im Industriesektor sortiert nach Wichtigkeit und technologischem Reifegrad



Quelle: Frontier basierend auf Expertenbefragung

Hinweis: Einordnung nach TRL 0-2 links, 2-3 rechts. Wichtigkeit nach Anteil der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle: mehr als 70% oben, Rest unten

Fazit der Autoren zum Industriesektor

Auch im Industriesektor kommen wir nach Sichtung der Ergebnisse der Expertenbefragung bzw. Datenbanken zum Schluss - der technologische Reifegrad der wichtigeren Technologien ist in der Regel bereits recht hoch (nahe am etablierten Produkt). Den unterschiedlichen Formen von Sektorkopplungstechnologien (Power-to-X) wird eine hohe Bedeutung zugemessen. Ebenso wird (was aus unserer Sicht angesichts der Herausforderung aus den langfristigen Zielen - siehe Kapitel 2 – nachvollziehbar ist) auch den Technologien/Geschäftsmodellen zur Steigerung der Energieeffizienz eine große Rolle zugemessen. In den Bereichen Power-to-Chemicals und Power-to-Liquids gibt es aus Sicht der Experten (und nach Auswertung der Datenbank) noch weiteren Entwicklungsbedarf im Industriebereich. Hier gibt es erste Pilotprojekte und vielversprechende Ansätze (siehe auch vorangegangene Exkurse zum Industriesektor).

3.5 Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Verkehrssektor

Überblick und Kurzbeschreibung der wichtigsten Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrssektor

Basierend auf den Studien und der Energieloft Datenbank wurden die Experten um ihre Einschätzung zu Relevanz und Marktreife der folgenden Technologien und Geschäftsfelder gebeten:

- Technologien
 - Ladeinfrastruktur für Elektromobilität allgemein (alle Technologien und Spannungsebenen, inkl. privater Ladepunkte)
 - Induktives Laden über Parkplätze/Straße
 - Elektrofahrzeuge (vollelektrisch)
 - Hybridfahrzeuge
 - Wasserstoffmobilität (Brennstoffzellenfahrzeuge)
 - Power-to-Liquid (synthetische Kraftstoffe, z.B. Dieselmotorkraftstoff auf OME Basis)
 - Autonomes Fahren
 - Fahrbahn zur Stromgewinnung (via Photovoltaik)
- Geschäftsmodelle
 - Ausbau und Optimierung des ÖPNV (Auslastung, Modalwahl und Routen)
 - Sharingmodelle und Mobilitätsaggregatoren (Auslastung)
 - Datenaggregation und Verkehrsflussoptimierung (Straßenverkehr)
 - Flottenmanagementsysteme (Unternehmen)

Exemplarisch stellen die folgenden Seiten Exkursen zu Start-ups dar, die im Industriesektor tätig sind, deren Geschäftsmodelle jedoch durch politische Rahmenbedingungen gehemmt werden.

Exkurs: Geschäftsmodelle im Bereich Corporate Car-Sharing



Digital Mobility Solutions GmbH (MOQO)

Aachen

Gegründet 2016

Kurzbeschreibung

MOQO ist eine cloud-basierte Plattform, die es Unternehmen ermöglicht, Flottenfahrzeuge zu digitalisieren, so dass diese von Mitarbeitern privat nach Dienstschluss benutzt werden können. Für die Nutzung fällt eine Mietgebühr an, welche die Mitarbeiter an das Unternehmen als Kostenkompensation zahlen. Durch die Zahlung können die Betriebskosten von Flottenfahrzeugen für Unternehmen reduziert werden.

Technologie

Die Mobilitätsplattform ermöglicht es Stadtwerken, der Immobilienwirtschaft, Unternehmen und Vereinen Shared Mobility Services anzubieten. Sie bildet also die Schnittstelle zwischen Fahrzeuganbietern und Nutzern und verknüpft Zahlungsdienste sowie Datenauswertung. Die Technologie bietet Möglichkeiten für die Integration weiterer Smart Services oder aktueller Trends wie bspw. autonomes Fahren.

Geschäftsmodell

Das Geschäftsmodell besteht aus einem Software-as-a-Service Paket, zahlbar pro Fahrzeug und Monat. Zusätzlich dazu sind weitere Services, wie White-Label Apps, Führerscheinprüfungen oder die Reinigung optional buchbar.

Relevanz für die Energiewende

Durch die Verknüpfung von Car-Sharing Angeboten zu einer Mobilitätsplattform kann das lokale Mobilitätsangebot erhöht, die Anzahl der Fahrzeuge in den Städten reduziert und durch die Einbindung von elektrischen Fahrzeugen Emissionen in der Stadt reduziert werden. Auch im Bereich von Wohnimmobilien kann durch das Angebot von Immobilien-Carsharing die Anzahl von Fahrzeugen in den Städten reduziert, das Parkplatzangebot erweitert und dadurch der Parkplatzsuchverkehr drastisch reduziert werden, was eine Minderung der Verkehrsemissionen zur Folge hat.

Regulatorische Hemmnisse

Im Verkehrsbereich gilt in Deutschland noch immer die Halterhaftung. Diese besagt, dass im Schadensfall nicht der Fahrer, sondern der Halter die Verantwortung trägt. Dies ist vergleichbar mit der Haftung von Anbietern öffentlicher WIFI-Hotspots, welche bis vor kurzem Verstöße gegen die Nutzungsbedingungen von Nutzern selbst zu verantworten hatten. Würde die Halterhaftung für Fahrzeuge in Deutschland abgeschafft, oder zumindest für Car-Sharing Angebote ausgesetzt werden, würden sich mehr Unternehmen und gewerbliche Fahrzeugbesitzer für die Bereitstellung von Autos auf Mobilitätsplattformen entscheiden. Weiterhin gibt es aktuell noch keine gesetzliche Regelung (nur richterliche Urteile), die das Corporate Carsharing auch vor den Steuerbehörden legitimieren. Hier sollten klare Regelungen getroffen werden, die Einnahmen für Unternehmen zur Kostenkompensation von Betriebskosten für Fahrzeugflotten ohne Gewinnabsicht erlauben.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich smarte Verkehrssteuerung, Sensorsysteme & Smart Lightning



Sonah UG (haftungsbeschränkt)

Aachen

Gegründet 2016

Kurzbeschreibung

Sonah entwickelt flexible, optische Sensoren für verschiedenste Use-Cases im Bereich der smarten Stadt von Morgen, beispielsweise im Bereich Parkraumüberwachung, E-Ladesäulen-Monitoring oder für intelligente Verkehrsleitsysteme verwendet werden können. Die Sensoren können in bestehende Infrastruktur wie Straßenlaternen oder an Gebäude angebracht werden.

Technologie

Sonah entwickelt ein dezentrales Sensornetzwerk, um urbane Herausforderungen wie das Parkplatzproblem, E-Ladesäulen-Monitoring oder Verkehrsleitung zu lösen. Dabei setzt Sonah auf die Entwicklungen von optischer Sensorik. Im Vergleich zu binären Sensoren können die optischen Sensoren eine Straßensituation datenschutzkonform vor Ort analysieren, interpretieren und für unterschiedliche Use-Cases relevante Metadaten senden. Diese werden von einem Embedded-System, basierend auf machine learning Algorithmen, ausgewertet und in neuen Geschäftsmodellen verarbeitet.

Geschäftsmodell

Der Fokus liegt vorerst im Bereich Parkraumüberwachung in Städten. Besonders der Verkauf von Sensoren und monatliche Gebühren für das Parkplatz-Tracking stellen für Stadtplaner oder Parkhausbesitzer attraktive Anwendungsfälle dar. In der Zukunft sollen Einnahmen durch die Bereitstellung von Park- und Verkehrsdaten bspw. über APIs erzielt werden.

Relevanz für die Energiewende

Der Parkplatzsuchverkehr ist bereits heute für einen signifikanten Anteil der Luftverschmutzung im urbanen Raum verantwortlich. Durch die Überwachung von Parkräumen und die Überführung der Daten in bspw. Navigationsanwendungen kann dieser Suchverkehr und damit die Luftbelastungen reduziert werden.

Regulatorische Hemmnisse

Datengetriebene Geschäftsmodelle im öffentlichen Raum sind eine Herausforderung, da es noch keine Vorgabe gibt, wem die Daten tatsächlich gehören. Aufgrund dieser Unsicherheit sind potentielle Partner wie Kommunen oder Stadtwerke derzeit nur bedingt bereit, in Innovationsprojekte zu investieren. Hier sollte ein breitgesteckter Rahmen vorgegeben werden, welcher die Datenhoheit regelt und so klare Rahmenbedingungen für die Datennutzung schafft, welche die Umsetzung von datengetriebenen Geschäftsmodellen ermöglicht.

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Sensorsysteme und Klimaschutz



Breeze GmbH
Hamburg
Gegründet 2015

Kurzbeschreibung

Breeze Technologies liefert flächendeckende Luftqualitäts- und Klimadaten, generiert daraus Handlungsempfehlungen und hilft damit Städten und Unternehmen eine lebenswerte Umwelt zu schaffen.

Technologie

Breeze entwickelt kleine, kostengünstige Luftqualitätssensoren, die alle gängigen Luftschadstoffe in Echtzeit erfassen. Per innovativer Funktechnologien wie bspw. LoraWAN werden die gewonnenen Daten zentral erfasst und in einer Cloud gespeichert. Daneben integriert Breeze auch andere Datenquellen, wie z.B. Satellitendaten um ein bestmögliches Abbild der Luftqualität in Städten zu erzielen. Anhand von künstlicher Intelligenz werden die Daten ausgewertet und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der lokalen Luftqualität geliefert.

Geschäftsmodell

Breeze vermietet die Sensoren an Unternehmen sowie Städte und stellt hierfür eine jährlich anfallende Miet- und Wartungsgebühr in Rechnung. Für die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität werden Dienstleister und Hersteller als Partner gewonnen, welche eine Vermittlungsgebühr für erzielte Umsätze zahlen. Hierbei richten sich die Produkte insbesondere an HSE- und Facility-Manager in größeren Unternehmen sowie die kommunale Verwaltung.

Relevanz für die Energiewende

Durch die Handlungsempfehlungen von Breeze kann die Luftqualität in Städten verbessert werden. Dies trägt nachhaltig zum Klimaschutz bei. Diese Empfehlungen werden aus einem Katalog von über 3500 Einzelmaßnahmen spezifisch ausgesucht. Die Einzelmaßnahmen reichen von photokatalytischem Asphalt im Straßenbau bis hin zur intelligenten Verkehrssteuerung auf Basis von Luftqualitätsdaten.

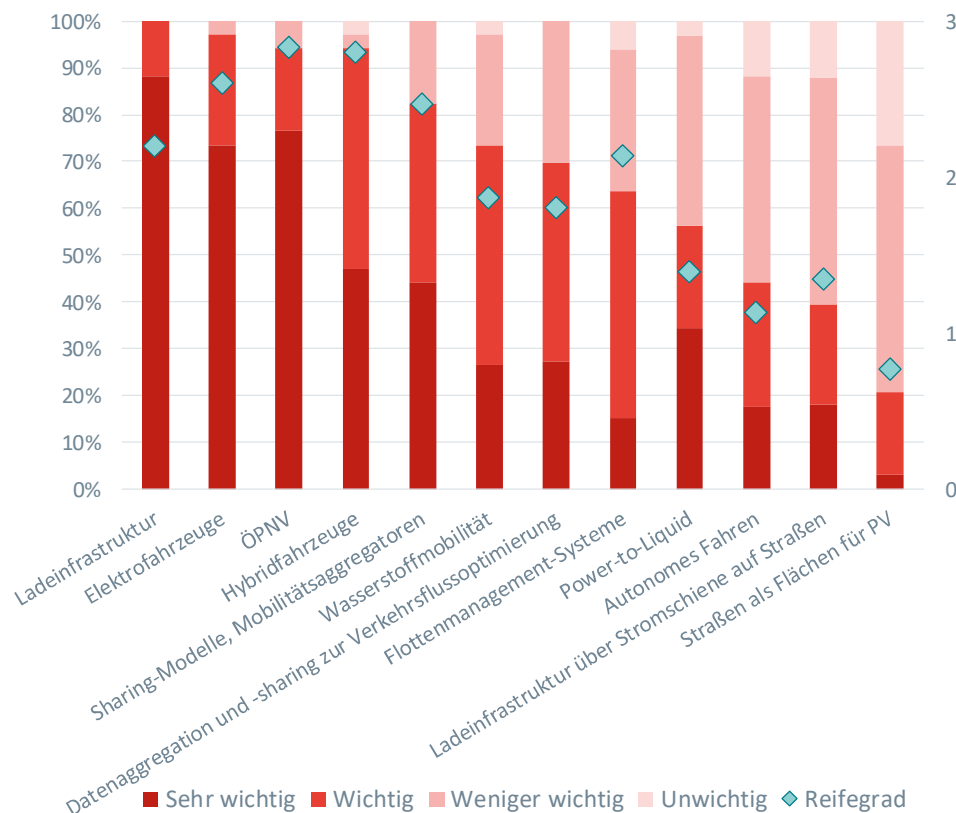
Regulatorische Hemmnisse

Datengetriebene Geschäftsmodelle im öffentlichen Raum sind eine Herausforderung, da es noch keine Vorgabe gibt, wem die Daten tatsächlich gehören. Aufgrund dieser Unsicherheit sind potentielle Partner wie Kommunen oder Stadtwerke derzeit nur bedingt bereit, in Innovationsprojekte zu investieren. Hier sollte ein breitgesteckter Rahmen vorgegeben werden, welcher die Datenhoheit regelt und so klare Rahmenbedingungen für die Datennutzung schafft, welche die Umsetzung von datengetriebenen Geschäftsmodellen ermöglicht.

Darstellung der Expertenmeinung zu den der wichtigsten Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrssektor

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Ergebnisse für die Technologien und Geschäftsmodelle im Verkehrssektor – geordnet nach ihrer durch die Experten zugewiesenen Bedeutung (vgl. Annex 6.2 für eine Darstellung der Verteilung der Ergebnisse).

Abbildung 18 Technologien und deren Reifegrad im Verkehrssektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent.

Die Experten ordnen den folgenden Technologien und Geschäftsmodellen die größte Bedeutung im Verkehrssektor zu:

1. Ladeinfrastruktur
2. Elektrofahrzeuge
3. ÖPNV
4. Hybridfahrzeuge
5. Sharing-Modelle
6. Wasserstoffmobilität

In Ergänzung der von uns vorgegebenen Technologien/Geschäftsmodelle wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrsbereich von den Experten aufgeworfen:

- **Nachfragereduktion:** Konzepte zur Vermeidung von Verkehr, z. B. durch flexible Arbeitsplatz-/zeitmodelle; Ridesharing; Vermeidung von Verkehr durch Augmented Reality
- **Elektromobilität:** PV/EV-Integration, Elektrobusse; Produktionsforschung Batterien (gesamte Wertschöpfungskette); Durchbruch in der Batterietechnologie
- **Ladeinfrastruktur:** Smart Charging; Vehicle-to-Grid; induktives Laden
- **Sonstiges:** Schaffung einer optimierten Park-Infrastruktur; Ausweitung der Verkehrswege, z.B. auf Individualluftverkehr, LNG und CNG (Erdgasmobilität).

Einordnung der Expertenmeinung zu Marktreife der Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrssektor

Die nachfolgende Abbildung stellt die Ergebnisse der Expertenbefragung sowie der Datenauswertung bezüglich der Einordnung zum technologischen Reifegrad dar.

Abbildung 19: Abgleich Einschätzung der Expertengruppe und Datenbank zu Reifegrad der Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrssektor



Quelle: Frontier/Energieloft auf Basis der Umfrage und Datenauswertung

Hinweis: Darstellung der sechs wichtigsten Technologien / Geschäftsmodelle laut Expertenbefragung. Links Darstellung der Mittelwerte der Expertenbefragung (x) sowie Mittelwerte der Datenauswertung (o). Mittelwert der Datenauswertung ergibt sich aus der Berechnung des gewichteten Mittelwertes (Nach TRL gewichtete Addition der absoluten Projektanzahlen geteilt durch die Gesamtsumme der Projektanzahlen). TRL 0 und TRL 1 beschreiben Anzahl der Förderprojekte in der EnArgus Datenbank, TRL 2 und TRL 3 beschreiben Anzahl der Startups in der Energieloft-Datenbank. Rechts: Darstellung des Anteils der Vorhaben (Förderprojekte und Entwicklungen von Startups) in Prozent in den Balkendiagrammen. Mitte: Nennung von Innovationsfeldern im Themengebiet, an den Startups und Forschungsinstitute aktuell arbeiten.

Ladeinfrastruktur

Die Marktreife der Ladeinfrastruktur wird von den Experten durchschnittlich mit 2,20 bewertet. Die Datenauswertungen kommen zu einem leicht niedrigeren Wert von 1,70. Eine Anzahl von 36 Startups (Stand Oktober 2018)⁷⁶ in diesem Bereich alleine in Deutschland zeigt die wirtschaftliche Relevanz dieses Themas. Auch wenn die technologische Entwicklung bereits weit vorangeschritten ist, gibt es aus Start-up Sicht im Bereich der Geschäftsmodelle noch erhebliches Innovationspotential, so zum Beispiel im Bereich der Abrechnung von Netzdienstleistungen wie das Startup eeMobility⁷⁷ aus München sowie der Aggregation der Ladesäulen in App-Anwendungen, wie beispielsweise das Startup Cirrantic oder Chargepoint^{78, 79}.

Elektrofahrzeuge

Die Marktreife von Elektrofahrzeugen wird von den Experten mit 2,6 als weit vorangeschritten beurteilt. Die Datenauswertungen kommen mit 1,56 zu einem niedrigeren Ergebnis. Dies lässt sich vor allem mit der hohen Anzahl an Forschungsvorhaben erklären (absolut 1381 geförderte Projektvorhaben), welche sich zum Beispiel mit der Integration von Elektrofahrzeugen in Bestandsflotten, Netzdienstleistungen, Schnellladevorgängen wie das „Verbundprojekt: D-SEe - Durchgängiges Schnellladekonzept für Elektrofahrzeuge; Teilvorhaben: Physikalische Modellierung des Ladevorgangs, wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Kontaktierung innerhalb der Ladestation sowie Aufbau eines Demonstrationsfahrzeuges mit den Entwicklungskomponenten“⁸⁰ im TRL 1 oder die kostengünstige Produktion von Elektroautos befassen.

ÖPNV

Die Marktreife des ÖPNV wird von den Experten mit 2,8 als sehr weit vorangeschritten beurteilt. Die Datenauswertungen kommen mit 1,54 zu einem anderen Wert. Eine Begründung für die Diskrepanz könnte die Tatsache sein, dass die Experten in der Praxis ein marktreifes Produkt „ÖPNV“ seit langem kennen. Aus Innovationssicht besteht aber ein breites Entwicklungspotential, so zum Beispiel im Bereich der intelligenten Routenoptimierung für Busse (mobility on demand), beispielsweise durch das Startup Door2Door⁸¹ oder der Elektrifizierung von Fahrzeugen wie beispielsweise im Forschungsvorhaben „BEEDeL - Bewertung des Einsatzes von Elektrobussen mit Dezentraler Ladeinfrastruktur in Metropolen am Beispiel der HOCHBAHN - Teilvorhaben: Linienanalysen.“⁸²

⁷⁶ <https://energieloft.de/de/startups/list/#reference=4382>

⁷⁷ <https://energieloft.de/de/startups/eeMobilityGmbH/>

⁷⁸ <https://www.chargepoint.com/en-gb/>

⁷⁹ <https://energieloft.de/de/startups/CirranticGmbH/>

⁸⁰ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&id=26615860&q=Elektromobilit%C3%A4t%20Integration&y=1&v=10>

⁸¹ <https://energieloft.de/de/startups/Door2DoorGmbH/>

⁸² <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Elektrobusse&id=3229422&y=1&v=10>

Hybridfahrzeuge

Hybridfahrzeuge attestieren die Experten mit einem Wert von 2,80 eine hohe Marktreife. Dieser Wert wird von den Datenauswertungen nicht ganz bestätigt. Mit 2,06 wird ein niedrigerer Wert ermittelt. Trotzdem konnten einige Vorhaben identifiziert werden, welche bereits in der Praxis Anwendung finden. Die Marktdurchdringung der Fahrzeuge ist aktuell die größte Herausforderung. Dies zeigt auch eine Studie des Kraftfahrbundesamtes. Laut Behörde sind am 01. Januar 2018 236.710 Hybridfahrzeuge auf deutschen Straßen zugelassen. Bei einer Gesamtzahl von 63,7 Mio. Fahrzeugen entspricht dies gerade mal einem prozentualen Anteil von 0,37%⁸³. Bei den Neuzulassungen im Jahr 2017 zeigt sich eine Steigerung auf 2,5% (84.675 Hybridfahrzeuge von insgesamt 3,44 Mio. Fahrzeugen).⁸⁴

Sharing-Konzepte

Die Marktreife von Sharing-Konzepten wird von den Experten mit 2,45 als weit vorangeschritten beurteilt. Die Datenauswertungen bestätigt diesen Wert und attestiert Sharingkonzepten eine Marktreife von 2,41. Sharing-Konzepte haben in den letzten Jahren stark an Beliebtheit gewonnen. Viele junge Unternehmen aber auch etablierte Player bieten Sharingkonzepte vor allen in den Metropolen in Deutschland an (vgl. car2Go, drive now, evo sharing, eddy sharing, stella sharing, emmy sharing, etc.). Die Marktdurchdringung der Angebote muss allerdings in Städten außerhalb der Metropolen noch weiter steigen. Auch im Bereich Corporate-Car-Sharing gibt es derzeit noch zahlreiche nicht marktreife Produktkonzepte.

Wasserstoffmobilität

Die Marktreife von Wasserstoffmobilität wird von den Experten mit 1,85 als mäßig bewertet. Die Datenauswertung bestätigt diesen Wert (1,95). Das Innovationspotential liegt auf der Hand. Im Bereich der Sicherheitsarchitektur sowie im Bereich des Versorgungssystems gibt es derzeit viele ungelöste Fragen und demnach auch eine Vielzahl von Forschungsvorhaben, die sich mit dieser Thematik auseinandersetzen. Langfristig wird aber der Wasserstoffmobilität von vielen Experten eine hohe Bedeutung zugemessen⁸⁵.

Einordnung durch die Autoren bezüglich der Experteneinschätzung zur Bedeutung der Technologien

Die Umfrageergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- **Elektromobilität als eine Schlüsseltechnologie** – innovative Technologien im Bereich Ladeinfrastruktur (Schnellladen, Bordnetze, Batterien, koordiniertes Laden) werden eine wichtige Rolle spielen. Mehr als 80% der Experten schreiben dieser Technologie sowohl bei den Fahrzeugen als auch bei Ladeinfrastruktur eine hohe oder sehr hohe Bedeutung zu. Reine

⁸³ Siehe Kraftfahrbundesamt (2018a).

⁸⁴ Siehe Kraftfahrbundesamt (2018b).

⁸⁵ <https://emcel.com/de/welche-vorteile-bietet-wasserstoffmobilitaet/>

Elektrofahrzeuge als auch Hybridmodelle werden laut Expertengruppe eine ebenfalls wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors spielen.

- **Wasserstoffmobilität hat auch hohe Bedeutung** – Die Anwendungen/Nachfrage im Verkehrssektor sind heterogen und reichen vom kleinen Familienzweitwagen für kurze Distanzen in der Stadt über Pendlerfahrzeuge, Maschinen/Unternehmensfuhrparks, Busse oder Schwertransport. In einigen Bereichen (z.B. bei Anwendungen mit hohen Reichweitenanforderungen, hohen Gewichten der Fahrzeuge/Ladung oder kurzen Ladezeiten) wird es auch Anwendungsgebiete für Wasserstoff betriebene Fahrzeuge geben (Oder andere synthetische Kraftstoffe). Ein weiterer Vorteil von synthetischen Kraftstoffen wäre die Möglichkeit der Nutzung von vorhandenen Ladeinfrastrukturen (Tankstellen) und eine Entlastung der Stromverteilnetze (im Vergleich zu einem Szenario mit nahezu 100% Elektromobilität)⁸⁶.

Die Erwartung, dass viele verschiedene alternative Antriebskonzepte im Verkehrssektor erforderlich sein werden deckt sich auch mit dem von uns im Kapitel 2 dargestellten Handlungsdruck: es wird deutlich, dass der Verkehrssektor in der letzten Dekade im Gegensatz zu allen anderen Sektoren sogar seine Emissionen leicht gesteigert hat (u.a. um eine höhere Mobilitätsnachfrage zu bedienen, die wiederum auch volkswirtschaftliche Vorteile, z.B. durch Besetzung von offenen Stellen mit Fachkräften, die zur Arbeit pendeln, mit sich bringt). Die EU geht übrigens von einer weiteren Zunahme der Nachfrage nach Mobilität aus⁸⁷. In diesem Kontext werden auch Digitalisierung und Automatisierung eine wichtige Rolle spielen, um Ladevorgänge und Netzinfrastrukturen oder auch Stromerzeugung in Einklang zu bringen.

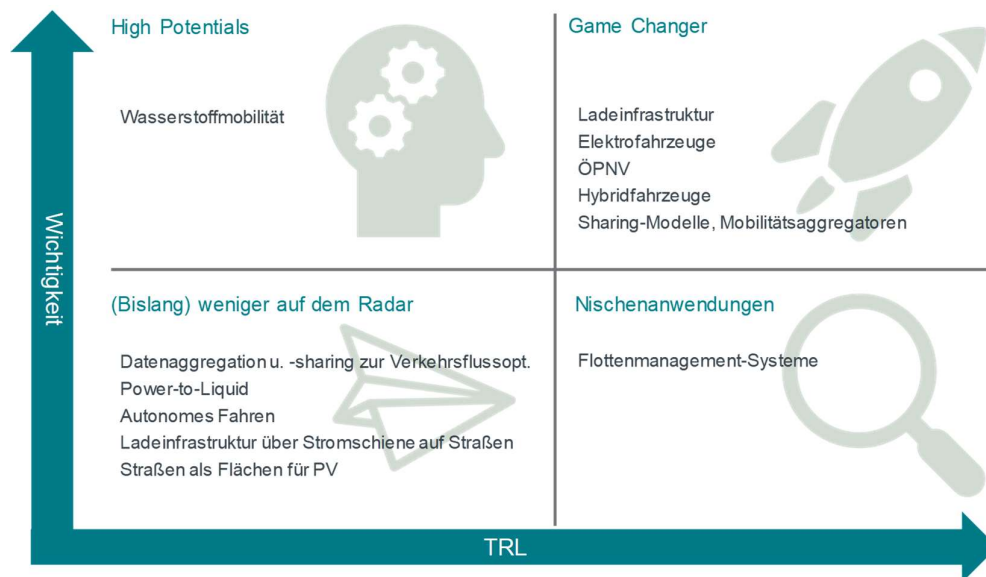
- **Optimierung des Verkehrs** – Neben der Nutzung von CO₂-armen „Kraftstoffen“ wie Strom oder Wasserstoff (oder mit Abstrichen Power-to-Liquids) erwarten die Experten einen deutlichen Zubau von Verkehrsoptimierungstechnologien bzw. Geschäftsmodellen. Hierbei spielen Konzepte, die verschiedene Verkehrsmedien koordinieren, eine wichtige Rolle wie
 - Ausbau des ÖPNV
 - Verkehrsflussoptimierung (u.a. zur Stauvermeidung) und Fokus auf Deckung der Verkehrsnachfrage, auch durch Kopplung unterschiedlicher Verkehrsmittel (z.B. Kombination von ÖPNV, Privat-PKW oder Leihfahrrad in einer App)
 - Sharing-Modelle und Flottenmanagementsysteme zur Reduktion der benötigten Fahrzeugflotte und besseren „Auslastung“ der Fahrzeuge
 - Autonomes Fahren für ein effizienteres Fahrverhalten (Anfahren, Stauverhalten, Brems- und Beschleunigungsvorgänge).

⁸⁶ Vgl. Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018b)

⁸⁷ Siehe European Commission (2013).

Abbildung 20 zeigt noch einmal zusammenfassend die unterschiedlichen Technologien und Geschäftsmodelle sortiert nach Wichtigkeit und technologischem Reifegrad.

Abbildung 20 Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrssektor sortiert nach Wichtigkeit und technologischem Reifegrad



Quelle: Frontier basierend auf Expertenumfrage

Hinweis: Einordnung nach TRL 0-2 links, 2-3 rechts. Wichtigkeit nach Anteil der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle: mehr als 70% oben, Rest unten

Fazit der Autoren zum Verkehrssektor

Im Bereich des Verkehrssektors spielen die Elektromobilität und Wasserstoffmobilität aus Expertensicht eine große Rolle. Flankiert wird dies durch innovative Konzepte zur Optimierung des Verkehrs bzw. der Kohlenstoffintensität je Personenkilometer (z.B. via ÖPNV, Sharingmodelle, autonomes Fahren oder Verkehrsflussoptimierung).

Als weniger relevant wurden Nischenanwendungen wie „PV aus Straßenflächen“ oder Ladeinfrastruktur via Schienen eingeordnet (was aus unserer Sicht auch nachvollziehbar ist, da es sich hier strenggenommen um Sonderanwendungen ohnehin bereits diskutierter Technologien (PV, Ladeinfrastruktur) handelt).

Der technologische Reifegrad der Technologien wird meist auch als unproblematisch angesehen – Entwicklungsbedarf mit Blick auf den Reifegrad gibt es laut Expertengruppe in den relevanteren Bereichen (> 50%) insbesondere bei Power-to-Liquids und „autonomen Fahren“. Dies deckt sich auch mit unseren persönlichen Erfahrungen aus dem Beratungsgeschäft, wo vermehrt von Stakeholdern aus dem Automobilsektor (Hersteller, Zulieferer, Verbände) Analysen zu synthetischen Kraftstoffen geordert werden. Viele Hersteller sind auch aktiv im Bereich des autonomen Fahrens (Pilotprojekte) - allerdings wird auch

in anderen Quellen über noch zu überwindende Hemmnisse (Akzeptanz, fehlende Regulierung) in diesem Bereich berichtet⁸⁸.

3.6 Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle im Gebäudesektor

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Expertenbefragung sowie der Datenauswertung für den Gebäudesektor dargestellt und diskutiert.

Überblick und Kurzbeschreibung der wichtigsten Technologien/Geschäftsmodelle im Gebäudesektor

Im Bereich Gebäudesektor wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle abgefragt:

- Technologien:
 - Wärmepumpen
 - Sonstige Power-to-Heat (z.B. Elektrodenkessel)
 - Energieeffizientes Bauen/Sanieren (Maßnahmen/Dämmung Gebäudehülle)
 - Ausbau der Kraft-Wärme Kopplung und Fernwärme (KWK)
 - Dezentrale Brennstoffzellensysteme (lokale Wärme-/Stromerzeugung)
 - Smart Meter
 - Technologien zur Gebäudeautomation (Kühlung, Wärme, Belüftung)
 - Kälte/Wärmespeicher
 - Niedertemperaturheizsysteme (Nahwärme mit BHKW im Quartier)
 - Solarthermie
 - Technologien zur Wärmerückgewinnung
 - Technologien zur fassadenintegrierten Energiegewinnung (Solarziegel, Fassaden PV)⁸⁹
- Geschäftsmodelle
 - Mieterstrom und Quartierslösungen (z. B via BHKWs)
 - Geschäftsmodelle im Kontext von Smart Meter (Monitoring zum Erkennen von Potenzialen zur Verbrauchssenkung oder Flexibilisierung des Verbrauchs)

Exemplarisch stellen die folgenden Seiten Exkursen zu Start-ups dar, die im Industriesektor tätig sind, deren Geschäftsmodelle jedoch durch politische Rahmenbedingungen gehemmt werden.

⁸⁸ Siehe u.a. auto, motor und sport (2016) und ZEIT Online (2018).

⁸⁹ Siehe z.B. ZSW (2017).

Exkurs: Beispielhafte Geschäftsmodelle im Bereich Mieterstrom und Strom-Communities

P Mit Energie die Welt
verändern. Wirklich.
polarstern

Polarstern GmbH
München
Gegründet 2011

Kurzbeschreibung

Polarstern ist ein Energieversorger, der als Social Business richtungsweisende Energieprodukte stets aus 100% erneuerbaren Energien anbietet: Ökostrom- / Ökogas, Spezialtarife u.a. für Wärmepumpen sowie für E-Autos und Produkte zur dezentralen Stromversorgung von Eigenheimen und Mehrparteienhäuser wie Mieterstrommodelle.

Technologie

Polarstern digitalisiert den Kauf von Ökostrom und Ökogas. Mit einem digitalen Abwicklungsprozess, kundenfreundlichen Monitoring-System fürs Handy und einem abgestimmten Gesamtsystem aus PV-Anlage, Speicher und E-Auto Anschluss werden den Kunden Alternativen im Bereich Eigenstromverbrauchsoptimierung gegeben. Zudem werden deutschlandweit Mieterstromprojekte geplant, finanziert und realisiert. Ein Smart Meter wird kostenlos mitgeliefert.

Geschäftsmodell

Für Haushalte und Unternehmen ist Polarstern ein Partner für erneuerbare Energieversorgung. Das betrifft sowohl das zentrale und öffentliche Stromnetz, als auch dezentrale Angebote zur eigenen Energieversorgung von Gebäuden und Anlagen. Das Unternehmen erzielt Einnahmen aus monatlichen Entgelten für die Ökostrom-Lieferung sowie Beiträge für die Wirklich Eigenstrom Community, welche garantiert, dass Community-Teilnehmer nur in der Community erzeugten Ökostrom beziehen.

Relevanz für die Energiewende

Alle Produkte und Services haben die Gemeinsamkeit, dass 100% erneuerbare Energien verwendet werden. Darüber hinaus beteiligt sich Polarstern nicht nur lokal an der Verringerung der Schadstoffemissionen, sondern international durch Investitionen für den Bau von Biogasanlagen in Entwicklungsländern.

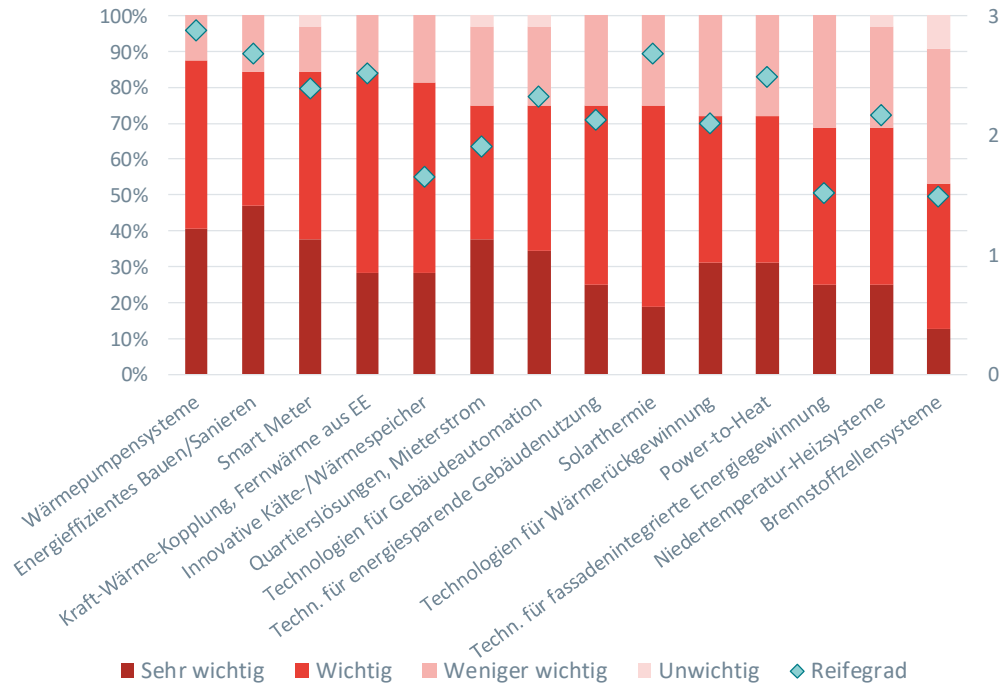
Regulatorische Hemmnisse

Das Mieterstromgesetz hat sich im vergangenen Jahr für eine Förderlösung von Mieterstrom entschieden. Diese schaffte zunächst einmal Rechtsicherheit. Die Bundesverbände der Bioenergie sowie der Kraft-Wärme-Kopplung bemängeln, dass das Gesetz bis dato nur Photovoltaik als Technologie zulässt. Durch die technologische Begrenzung auf eine Technologie wird das volle Potential von Mieterstrom nicht ausgeschöpft.

Darstellung der Expertenmeinung zu den wichtigsten Technologien/Geschäftsmodellen im Gebäudesektor

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Expertenbefragung sowie der Datenauswertung für den Gebäudesektor dargestellt und diskutiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Ergebnisse geordnet nach ihrer durch die Experten zugewiesenen Bedeutung (vgl. Annex 6.2 für eine Darstellung der Verteilung der Ergebnisse).

Abbildung 21 Technologien und deren Reifegrad im Gebäudesektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent.

Die Experten ordnen den folgenden Technologien und Geschäftsmodellen die höchste Wichtigkeit im Gebäudesektor zu:

1. Wärmepumpen
2. Energieeffizientes Bauen/Sanieren (Gebäudehülle)
3. Smart Meter und Energy Awareness Services zur Beanreizung des Nutzerverhaltens
4. Zentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Fernwärme
5. Kälte- und Wärmespeicher
6. Geschäftsmodelle und Technologien im Bereich Mieterstrom und Quartierslösungen

In Ergänzung der von uns vorgegebenen Technologien/Geschäftsmodelle wurden folgende Technologien/Geschäftsmodelle im Gebäudebereich von den Experten aufgeworfen:

- Lokale Power-to-Gas Stationen (Quartierslevel)
- Brennersysteme auf Basis von synthetischen Kraftstoffen
- Integration von EE (insbesondere PV, Solarthermie) in Gebäude und bebaute Umwelt (unter Einbeziehung architektonischer/ästhetischer Gesichtspunkte)

Einordnung der Expertenmeinung zu Marktreife der Technologien/Geschäftsmodelle im Gebäudesektor

Die nachfolgende Abbildung stellt die Ergebnisse der Expertenbefragung sowie der Datenauswertung bezüglich der Einordnung zum technologischen Reifegrad dar.

Abbildung 22: Abgleich Experteneinordnung und Datenbankauswertung in Bezug auf Reifegrad von Technologien/Geschäftsmodellen im Gebäudesektor



Quelle: Frontier/Energieloft auf Basis der Umfrage und Datenauswertung

Hinweis: Darstellung der sechs wichtigsten Technologien / Geschäftsmodelle laut Expertenbefragung. Links Darstellung der Mittelwerte der Expertenbefragung (x) sowie Mittelwerte der Datenauswertung (o). Mittelwert der Datenauswertung ergibt sich aus der Berechnung des gewichteten Mittelwertes (Nach TRL gewichtete Addition der absoluten Projektanzahlen geteilt durch die Gesamtsumme der Projektanzahlen). TRL 0 und TRL 1 beschreiben Anzahl der Förderprojekte in der EnArgus Datenbank, TRL 2 und TRL 3 beschreiben Anzahl der Startups in der Energieloft-Datenbank. Rechts: Darstellung des Anteils der Vorhaben (Förderprojekte und Entwicklungen von Startups) in Prozent in den Balkendiagrammen. Mitte: Nennung von Innovationsfeldern im Themengebiet, an den Startups und Forschungsinstitute aktuell arbeiten.

Wärmepumpe

Die Marktreife von Wärmepumpen wird von den Experten durchschnittlich mit 2,86 bewertet. Eine valide Datenauswertung kann an dieser Stelle aufgrund einer zu geringen Anzahl an vorliegenden Informationen zu aktuellen Forschungsvorhaben nicht durchgeführt werden (es ist in der enargus-Datenbank nicht vollständig ersichtlich, welche Projekte sich mit Wärmepumpen befassen). Einzelne Forschungsvorhaben behandeln jedoch oft die effiziente und kostengünstige Wärmeversorgung von Privathäusern durch Wärmepumpen, wie beispielsweise

das Verbundvorhaben HEAVEN: LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden (LowEx-Bestand); Modulierende Sole-Wärmepumpe mit Mehrquellensystem und dezentrale Lüftungsanlagen; Teilvorhaben: Wärmepumpenentwicklung und Systeme für bedarfsgerechte Wohnungslüftung⁹⁰

Energieeffizientes Bauen

Technologien zum energieeffizienten Bauen werden von Experten allgemein mit einer Marktreife von 2,70 bewertet. Die Datenauswertungen kommen mit 1,54 zu einem niedrigeren Ergebnis. Dies lässt sich vor allem mit der hohen Anzahl an Forschungsvorhaben erklären (insgesamt absolut 682 laut EnArgus), welche bspw. zur Thematik von Null-Energie-Häusern wie zum Beispiel das Vorhaben „EnOB: Demonstrationsgebäude: Rathaus Freiburg - Netzdienliches Netto-Nullenergie Bürogebäude; Teilvorhaben: Erweiterte Inbetriebnahme und Prozessleitfaden“⁹¹ oder auch zur verbesserten Abwärmenutzung forschen, wie zum Beispiel das Vorhaben „EnEff:Wärme: InnoA2-UP: Umsetzungsplanung für Pilotanlagen zur innovativen Abwasserwärmenutzung und -verteilung über die Kanalisation; Teilvorhaben: Bewertung und Übertragbarkeit.“⁹²

Smart Meter

Die Marktreife von Smart Metern wird von den Experten mit 2,40 als weit vorangeschritten beurteilt. Die Datenauswertungen bestätigen den Wert mit 2,27. Starkes Innovationspotential besteht wie zu vor erwähnt im Bereich der Geschäftsmodellentwicklung (bspw. Disaggregation und Mehrwertdienste für den Endkunden, siehe auch Exkurs: Geschäftsmodelle im Bereich Smart Meter). Auch die Forschung widmet sich dem Thema, beispielsweise mit dem Vorhaben „EG2050: EMGIMO - Neue Energieversorgungskonzepte für Mehr-Mieter-Gewerbeimmobilien: Integration und Management flexibler Lasten, einschließlich Elektromobilität, gepaart mit mieterfreundlichen innovativen Energievermarktungskonzepten. Teilvorhaben: Smart Metering.“⁹³

KWK

Der KWK-Technologie attestieren die Experten mit einem Wert von 2,50 einen hohen Marktreifwert. Dieser Wert wird von den Datenauswertungen nicht bestätigt. Mit 1,74 wird ein niedrigerer Wert ermittelt. EnArgus ermittelt zudem auch mehr als 280 geförderten Forschungsvorhaben im Bereich KWK. Trotzdem konnten einige Vorhaben identifiziert werden, welche bereits in der Praxis Anwendung finden. Starkes Innovationspotential gibt es aktuell noch im Bereich der Integration in Heizungssysteme sowie im Bereich Verbraucher-Pooling oder Brennstoffzellenanwendungen wie bspw. das Verbundvorhaben: Entwicklung eines hocheffizienten, kompakten Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-

⁹⁰ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&id=26615075&y=1&q=W%C3%A4rmepumpe&v=10>

⁹¹ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&v=10&id=2814238&q=Null-Energie&y=1>

⁹²

<https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&v=10&id=27406837&y=1&q=Abw%C3%A4rmeeinrichtung&p=4>

⁹³ <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Smart%20Meter&y=1&id=26603699&v=10>

Brennstoffzellenheizgeräts (BZHG) auf Basis des Brennstoffs LPG (Liquefied Petroleum Gas, Flüssiggas) zur Hausenergieversorgung; Teilvorhaben: Systementwicklung, LPG-Infrastruktur und Haustechnik“⁹⁴

Wärme- und Kältespeicher

Die Marktreife von Wärme- und Kältespeichern wird von den Experten mit 1,65 als mäßig vorangeschritten beurteilt. Die Datenauswertungen kommt zu einem noch geringeren Wert von 0,65. Dieser Wert ist mit der hohen Anzahl von Forschungsthemen zu erklären, welchem nur eine geringe Anzahl von Praxisprojekten gegenübersteht.

Quartierslösungen und Mieterstrom

Die Marktreife von Quartierslösungen und Mieterstrom wird von den Experten mit 1,90 als mäßig bewertet. Die Datenauswertung bestätigt diesen Wert (1,95). Das Innovationspotential lässt sich vor allem in zahlreichen Forschungsvorhaben zur Optimierung von Quartiersversorgungen erkennen, aber auch in Praxisprojekte bspw. im Bereich Peer-to-Peer Netzwerken.

⁹⁴

<https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&y=1&id=2830535&q=Kraft%20W%C3%A4rme%20Kopplung&v=10>

Einordnung durch die Autoren bezüglich der Experteneinschätzung zur Bedeutung der Technologien

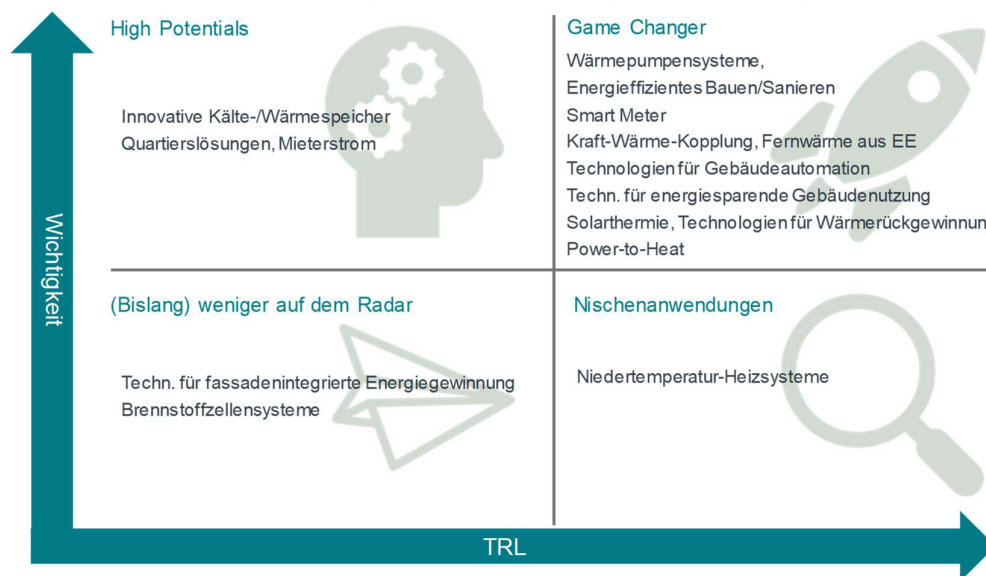
Im Gebäudesektor wurden alle der genannten Technologien von mehr als 70% der Experten als relevant betrachtet. Es lassen sich Technologien unterscheiden in:

- **Technologien/Geschäftsmodelle zur effizienten und klimafreundlichen Energiebereitstellung** – Das Portfolio an Technologien zur klimafreundlichen Energiebereitstellung beinhaltet insbesondere Wärmepumpen (und sonstige Power-to-Heat), KWK-Anwendungen (Fernwärme, Nahwärme oder wasserstoffbasierte Brennstoffzellensysteme⁹⁵), Solarthermie sowie innovative Wärme- und Kältespeicher. Innovative Geschäftsmodelle wie Quartierslösungen und Mieterstrommodelle können helfen, „Economies of Scale“ im Kleinen zu heben und Blockheizkraftwerke, Photovoltaik/Wärmepumpe oder Solarthermie-Anwendungen in Mietshäusern zu ermöglichen. Ansätze zur verbesserten Nutzung von Abwärme können ebenfalls zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen.
- **Technologien zur Senkung des Energiebedarfs** – Zur Senkung des Energiebedarfs kann einerseits an der Gebäudehülle angesetzt werden (z.B. durch energieeffizientes Bauen, Dämmung und Sanierung von Außenwand, Bodenplatte, Fenster oder Dach) oder andererseits am Nutzerverhalten. Beispiele für Verbesserungen vom Nutzerverhalten können sein
 - Gebäudeautomation (z.B. Koordination Fenster/Belüftung mit Heizung/Kühlung)
 - Energy Awareness Services wie Smart Metering des Verbrauchs von Heizstrom oder Heizenergie⁹⁶
- Abbildung 23 zeigt noch einmal zusammenfassend die unterschiedlichen Technologien und Geschäftsmodelle sortiert nach Wichtigkeit und technologischem Reifegrad.

⁹⁵ Siehe Schubert et. al. (2014).

⁹⁶ Siehe auch Hacke (2010).

Abbildung 23 Technologien/Geschäftsmodelle im Gebäudesektor sortiert nach Wichtigkeit und technologischem Reifegrad



Quelle: Frontier basierend auf Expertenurfrage

Hinweis: Einordnung nach TRL 0-2 links, 2-3 rechts. Wichtigkeit nach Anteil der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle: mehr als 70% oben, Rest unten

Fazit der Autoren zum Gebäudesektor

Die Expertengruppe erwartet, dass sowohl im Bereich der Energiebereitstellung als auch des Energiebedarfs wichtige Beiträge erfolgen können. Der Reifegrad der Technologien ist in der Regel hoch (mit Abstrichen bei Brennstoffzelle, fassadenintegrierte Erzeugung und einigen Wärme-/Kältespeichern). Das Konzept der Quartierlösungen/Mieterstromkonzepte bedarf ebenfalls noch einer Weiterentwicklung⁹⁷.

3.7 Fazit – Breites und reifes Technologieportfolio in den Sektoren vorhanden

Nach Auswertung der Expertenurfrage und „Cross Checks“ mit verfügbaren Datenbanken, Forschungsprogrammen und Studien kommen wir zu folgendem Zwischenfazit:

- In allen Sektoren ist eine signifikante Anzahl technologisch reifer Konzepte vorhanden.
- Die Sektoren wachsen weiter zusammen („Sektorkopplung“) mit einer wachsenden Bedeutung des Stromsektors und der Erzeugung aus (technisch etablierten) erneuerbaren Energien. Es wird ein Mix aus direkten und indirekten Elektrifizierungstechnologien erwartet. Insbesondere bei den „Kopplungstechnologien“ (Power-to-Gas, Power-to-Liquids, Wasserstoff,

⁹⁷ Siehe auch EUWID (2018).

Power-to-Chemicals) sind noch signifikante technische Fortschritte (von der Pilotanlage zur Massenproduktion) notwendig.

- Energieeinsparung und Energieeffizienz spielen ebenso eine Rolle wie „clean technologies“ zur Energieerzeugung.
- Die Digitalisierung der Wirtschaft macht auch in der Energiebranche weitere Fortschritte und ermöglicht dadurch neue Geschäftsmodelle.
- Energiespeichern (Strom, Wärme, Kälte) wird eine hohe Bedeutung zugemessen - auch hier sind viele technische Konzepte (insbesondere bei Stromspeichern) vorhanden. Bei Wärme- und Kältespeichern werden noch weitere technische Fortschritte erwartet. Die noch zögerliche Anwendung wird derzeit durch den mangelnden Business Case verhindert. Ein Ansatzpunkt (neben den in Kapitel 4 beschriebenen regulatorischen Hemmnissen) können auch erwartete Kostendegressionen durch die großflächige Anwendung und Massenproduktion sein.

4 IDENTIFIZIERTE HEMMNISSE IM REGULATORISCHEN UMFELD

Technische Lösungen und Geschäftsmodelle sind also in allen betrachteten Sektoren in weitem Umfang vorhanden – es fehlt also häufig nicht an der Verfügbarkeit und Beherrschung der Technik, sondern am Business Case aus betriebswirtschaftlicher Sicht der Anwender (und Kunden/Käufer der innovativen Technologien). Der Fokus unserer Analyse liegt im Folgenden auf den Hemmnissen, die vorhandene und marktreife (d.h. auf der Kostenseite ggü. etablierten Lösungen konkurrenzfähige) Technologien/Geschäftsfelder in ihrer Marktpenetration potenziell „ausbremsen“. Zudem diskutieren wir Hemmnisse, die bei noch nicht reifen Technologien/Geschäftsmodellen den weiteren Entwicklungsprozess potenziell hemmen. Allgemeine Innovationshemmnisse wie Fachkräftemangel, Fehlanreize aus Steuer etc. werden punktuell ergänzt, stehen aber nicht im Fokus der Umfrage. Letztlich soll die Umfrage vor allem dazu dienen, Handlungsempfehlungen im Bereich Energiepolitik und nicht Innovation im Allgemeinen herzuleiten⁹⁸.

Dies kann unterschiedliche Gründe haben, z.B.:

- **Regulatorische/rechtliche Hemmnisse** – Diese Hemmnisse können unterschiedlicher Art sein, z.B.
 - eine aus Sicht der innovativen Unternehmen zu strikte Regulierung (z.B. im Falle von sehr hohen Zugriffs- bzw. Verwendungseinschränkungen durch Datenschutzanforderungen)
 - eine fehlende Regulierung, die aus Sicht der innovativen Unternehmen ein hohes Risiko darstellt oder eine Monetarisierung von Nutzen/Dienstleistungen erschwert, oder
 - eine fehlerhafte Regulierung, z.B. da die Regulierungsdetails nicht an sich ändernde Märkte/Technologien angepasst worden sind (z.B. Sektorkopplung).
- **Unzureichende Internalisierung externer Effekte** – Im Kontext der sog. öffentlichen Güter⁹⁹ wie Versorgungssicherheit oder Klima/Umwelt kommt es häufig zu sog. Externen Effekten, bei denen ein privater Nutzer/Unternehmen mangels Individualisierbarkeit diese Güter „konsumiert“ ohne dafür entsprechend zu „bezahlen“. Beispiele im Bereich Energie sind z.B. umweltschädliche Emissionen (die in einigen Sektoren durch den EU ETS internalisiert werden, aber in anderen Sektoren oder für kleinere Anlagen fehlen) oder Versorgungssicherheit (System Adequacy, die im Strombereich durch das Ausgleichsenergiesystem¹⁰⁰ internalisiert werden soll).
- **Externe Skaleneffekte (Lern & F&E/Innovationsspillover)** – Unternehmen können Angst vor sog. free riding der Konkurrenz haben und deshalb zögerlich in Forschung und Entwicklung investieren. In unseren Interviews wurde dies häufig auch als ein Hemmnis für die Nutzung von öffentlichen

⁹⁸ Hierzu gibt es bereits detaillierte Ausführungen, u.a. der Expertenkommission, z.B. im Jahresgutachten 2018

⁹⁹ Vgl. Gabler Wirtschaftslexikon (2018).

¹⁰⁰ Vgl. Frontier Economics (2014).

Förderprogrammen genannt (neben der Komplexität und der hohen Transaktions- und Monitoringkosten der Programme), die häufig mit Offenlegungspflichten verbunden sind.

- **Behinderung beim Marktzugang (z.B. durch Marktmacht der etablierten Marktteilnehmer)** – Während eine fehlende Größe/Skalierbarkeit ein Innovationshemmnis darstellen kann, kann umgekehrt ein oligopolistisch strukturierter Markt mit wenigen großen Teilnehmern auch Innovation/Marktzutritt erschweren¹⁰¹.

Im Rahmen der Expertenbefragung wurden nun mögliche Hemmnisse (unterschiedlicher Art aus der oben genannten Kategorien) abgefragt¹⁰²:

- **Abprüfen der Relevanz von Hemmnissen** – Wir haben aus vorhergehenden Diskussionen und Studien mögliche Hemmnisse für Innovation im Energiesektor in Folge des derzeitigen Marktrahmens zusammengestellt und die Expertengruppe befragt, ob sie diese Hemmnisse ebenfalls als relevant einstufen¹⁰³.
- **Abprüfen möglicher zusätzlicher Hemmnisse** – Den Experten wurde je Sektor die Gelegenheit gegeben proaktiv weitere Hemmnisse, die sie aus ihrer täglichen Arbeit kennengelernt haben, zu nennen.

Im Folgenden beschreiben und erklären wir die potenziellen Hemmnisse, die wir in unseren Interviews und den Studien als „mögliches Hemmnis“ identifiziert haben. Anschließend stellen wir die Ergebnisse der Expertenbefragung dar und ordnen diese ein.

4.1 Hemmnisse im Stromsektor

Überblick – Abgefragte potentielle Hemmnisse

Im Bereich des Stromsektors wurden die folgenden möglichen Hemmnisse auf Relevanz abgefragt:

Regulatorisches Hemmnis – Fehlende Regulierung

- Fehlt es an Koordination (durch Unbundling) von Netzkosten bei der Standortwahl und dem Einspeise-/Verbrauchsverhalten von Erzeugern und Verbrauchern?
- Fehlendes Koordinationsmodell zum Engpassmanagement zur Nutzung dezentraler Flexibilitäten (PtH, Speicher, PtG, EE Einspeisung)?
- Fehlt es an einem adäquaten Anreizsystem für Versorgungssicherheit („System Adequacy“), z.B. über das Ausgleichsenergiesystem und die Bilanzgruppenverantwortung?

¹⁰¹ Siehe auch EY (2015).

¹⁰² Weitere Details zum Fragebogen und den abgefragten Hemmnissen sowie den erhaltenen Antworten siehe Annex.

¹⁰³ Siehe z.B. ESYS (2017): „Sektorkopplung - Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems“, AEE(2018): „Metastudie Digitalisierung“ oder auch Monopolkommission (2017): „Sondergutachten 77: Energie 2017: Gezielt vorgehen, Stückwerk vermeiden“. Eine vollständige Liste der verwendeten Quellen kann im Literaturverzeichnis eingesehen werden.

- Fehlen Reserveprodukte für den Handel von "gesicherter" Leistung (neben etablierten Instrumenten wie Sicherheitsreserve, Kapazitätsreserve, Netzreserve, BnBM)?

Regulatorisches Hemmnis – Fehlerhafte Regulierung

- Verwässerung bzw. zu niedriges Preisniveau im EU ETS durch unberücksichtigte Wechselwirkung mit nationalen Instrumenten und Förderung Erneuerbarer Energien (EE) als Hemmnis für Nicht-EE Technologien ("low carbon technologies")?¹⁰⁴
- Hohe staatlich induzierte Preisbestandteile (Steuern, Abgaben und Umlagen) für Strom (und andere Brennstoffe) als Hindernis für Sektorkopplung und Nutzung von Flexibilitäten?
- Fehlende zeitvariable Preissignale beim Endkunden ein Hemmnis für EE-Integration, Finanzierung/Vermarktung von innovativen Flexibilitäten und Energieeffizienz?
- Fehlende Anreize für Übertragungs- bzw. Verteilnetzbetreiber für innovative Technologielösungen?

Rechtliches Hemmnis – zu strikte Regulierung

- Wird die Netzsicherheit durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt (dezentraler Erzeuger und Prosumer)?

Hemmnis – Externe Effekte

- Fehlt es an Ausbau der IKT Infrastruktur ("GigaNetz") für Smart Grids und Smart Meter?

Im Folgenden erläutern wir jeweils die einzelnen Hemmnisse und ergänzen weitere Hintergrundinformationen bevor wir dann die Ergebnisse der Experteneinschätzungen darstellen und einordnen.

4.1.1 Verwässerung der Preissignale im EU ETS durch zusätzliche Förderprogramme und inkonsistente CO2 Bepreisung innerhalb der Volkswirtschaft?

Problemaufriss

Vor mehr als einem Jahrzehnt wurde in den Sektoren Energie und Industrie der Europäische Emissionshandel (EU ETS) eingeführt. Der EU ETS ist ein sog. Cap & Trade Regime und gibt (als Mengensteuerung) die in einem Jahr maximal zu emittierende CO2-Obergrenze¹⁰⁵ für die Sektoren Industrie und Energie (für Anlagen mit einer Feuerungsleistung > 20 MW) in Europa vor. Das System

¹⁰⁴ Im Bereich des EU ETS und der konsistenten Bepreisung von Emissionen werden häufig unterschiedliche Hemmnisse diskutiert (fehlende Bepreisung in nicht EU ETS Bepreisung oder zu niedriges Preisniveau im EU ETS, das zu Lock in Effekten führen kann). Wir erläutern dies im folgenden Kapitel.

¹⁰⁵ Es gibt eine gewisse Flexibilität durch Banking & Borrowing der Zertifikate und die neu eingeführte Marktstabilitätsreserve für die vierte Handelsperiode.

fokussiert also auf Europa und nicht auf einzelne Mitgliedsstaaten. Der Preis für ein Zertifikat bildet sich aus Angebot (ausgegebene Zertifikate) und Nachfrage (von Industrie und Stromerzeugern, die im Zuge ihrer Aktivität CO₂ emittieren).¹⁰⁶

Der Preis für die Erlaubnis zur Emission einer Tonne CO₂ (EUA) liegt derzeit (nach der EU ETS Reform für die vierte Handelsperiode) bei rund 20 EUR/t, nachdem er vorher lange Zeit bei deutlich unter 10 EUR/t gelegen hatte¹⁰⁷.

In den Diskussionen um den EU ETS hört man häufig folgende Position:

- „Der EU ETS funktioniert nicht, da das Preisniveau zu niedrig sei, um langfristige Investitionen in „low carbon technologies“ oder einen sog. Fuel Switch von Kohle- zu Gasverstromung zu beanreizen.“

Dieser Kritik schließen wir uns an dieser Stelle nicht an – die Tatsache, dass EUA Preise niedriger sind (bzw. in den letzten Jahren waren) als von der Politik erwartet ist kein Zeichen dafür, dass der EU ETS nicht funktioniert. Im Gegenteil, der EU ETS begrenzt effektiv die maximale Menge an Emissionen aus Großanlagen (> 20 MW) in den Sektoren Energie und Industrie. Das vergleichsweise niedrige Preisniveau im EU ETS ist durch folgende Mechanismen entstanden:¹⁰⁸

- Die erlaubten Emissionsmengen wurden in Europa für die Sektoren Energie und Industrie erstmals unter Annahme eines bestimmten Wirtschaftswachstums und einer Stromnachfrage Anfang des Jahrtausends festgelegt und Senkungspfade definiert.
- Parallel wurden mit Milliardenbeträgen der Ausbau erneuerbarer Energien gefördert, die heute signifikante Anteile der Stromnachfrage decken (ohne aus dem „Topf“ Zertifikate zu benötigen).
- Zusätzlich kam es 2008/2009 zur Wirtschaftskrise in Europa, die zu einer Absenkung der Stromnachfrage geführt hat.
- In einigen Ländern wurden in Ergänzung zum EU ETS nationale Maßnahmen (z.B. Carbon Preis Floor in UK, Stilllegung einiger Braunkohlekraftwerke in Deutschland) durchgeführt, die tendenziell das EUA Preisniveau senken.
- Die Menge an erlaubten Emissionen (die ohne Antizipation der Wirtschaftskrise, ohne den starken Ausbau an Erneuerbaren Energien und ohne Antizipation der nationalen Maßnahmen der Mitgliedsstaaten festgelegt wurde), wurde jedoch nicht angepasst.
- Insgesamt gab es in der Folge einen Zertifikatüberschuss, der es erlaubt weiterhin relativ günstig CO₂ zu emittieren (das genehmigte Emissionsbudget war von Anfang an nicht sehr knapp). Das Preisniveau im EU ETS war niedriger als von vielen Politikern bei der Einführung erwartet (die Reduktionsziele wurden aber erreicht).
- Ergänzend kommt noch ein Effekt hinzu - häufige Änderungen im Regulierungsrahmen (wie sie im Kontext der Klimapolitik in der Vergangenheit der Fall waren), können die Glaubwürdigkeit eines Systems unterwandern. Spekuliert ein Emittent beispielsweise auf einen Eingriff des Staates oder den

¹⁰⁶ Siehe auch ERCST et al. (2018) für einen Überblick über den momentanen Stand des EU ETS, möglicher Problemfelder und entsprechender Lösungsansätze.

¹⁰⁷ Vgl. Emissionshaendler.com (2018).

¹⁰⁸ Siehe hierzu auch Böhringer (2014).

Kollaps des EU ETS, ist er nicht bereit, hohe Preise für eine Emissionsberechtigung zu zahlen.

Mit der jüngsten Reform des EU ETS wurden die erlaubten Mengen deutlich reduziert und Überschusszertifikate aus dem Markt genommen – dies hat zu einem deutlichen Anstieg des EUA-Preisniveaus in jüngster Vergangenheit geführt.¹⁰⁹

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Viele langfristig ausgelegte Investitionen in sog. „low carbon technologies“ benötigen auf lange Sicht sichere Rahmenbedingungen mit ausreichend und dauerhaft hohen CO₂-Preisniveaus, um eine Lenkungswirkung zu entfalten. Werden nun parallel durch weitere (teure) nationale oder europäische Subventionsmaßnahmen oder Eingriffe (z.B. forcierter Kohleausstieg) bestimmte Technologien (z.B. Erneuerbare Stromerzeugung, Energieeffizienzmaßnahmen zur Senkung der Stromnachfrage) in den Markt gebracht, ohne dass die erlaubte Emissionsmenge angepasst wird, sinkt der EUA Preis und damit die Marktchancen für andere low carbon technologies¹¹⁰. Saubere Technologie kann dann ihre Umweltvorteile ggü. anderen Technologien nicht wirklich ausspielen¹¹¹ (indirekt hat also der starke Ausbau der Erneuerbaren zu einem „künstlich“ niedrigen EUA Preisniveau geführt, von dem emissionsintensive Technologien (z.B. Kohle) ggü. emissionsärmeren (nicht EE) Technologien (z.B. Erdgaskraftwerke) profitieren.

Eine weitere Komplexität liegt an einer inkonsistenten Anwendung der CO₂ Bepreisung – in den Sektoren außerhalb des EU ETS Sektoren (Industrie und Energie), also z.B. im Verkehrs- oder Wärmesektor erfolgt keine konsistente Bepreisung. „Inkonsistent“ bedeutet nicht notwendigerweise „gleiches Preisniveau für alle Sektoren“, da hier jeweils Verteilungs- und Mitnahmeeffekte der Verursacher bedacht werden müssen, bei denen die Grenzvermeidungskosten teilweise deutlich auseinanderfallen (z.B. sind die Grenzvermeidungskosten im Stromsektor deutlich geringer als im Verkehrssektor).¹¹²

Als Beispiele für unterschiedliche und nicht Sektorübergreifend koordinierte CO₂ Bepreisung können genannt werden:

- Emissionen aus Gasbrennwertthermen (die in der Regel eine Feuerungsleistung von < 20 MW aufweisen) werden nicht analog mit CO₂ Abgaben belastet – d.h. es gibt für Hausbesitzer mit Brennwerttherme keinen Anreiz auf grünes Methan¹¹³ umzusteigen.
- Die Regulierung im Verkehrssektor ist sehr heterogen: Hersteller von Neuwagen werden über die sog. Flottenziele zur CO₂ Reduktion beanreizt. Hier liegen die Pönale teils deutlich über den Preisen im EU ETS. Die Autofahrer und Bestands-PKW werden nicht explizit für ihre Emissionen während der Nutzung belangt (allerdings geben ihnen die hohen Anteile an SIP im Kraftstoffpreis indirekt Anreize zur sparsamen Verwendung und die KFZ-

¹⁰⁹ Siehe energate messenger (2018).

¹¹⁰ Vgl. IETA (2015).

¹¹¹ Vgl. Böhringer und Rosendahl (2010).

¹¹² Vgl. Wackerbauer et al. (2011).

¹¹³ Mit „grünem“ Methan ist klimaneutrales, d.h. keine Treibhausgase emittierendes, Methan gemeint. Klimaneutrales Methan kann entweder durch Biomasse oder synthetisch mit Hilfe von erneuerbarem Strom hergestellt werden.

Steuer für den Besitz des PKWs folgt einer gewissen CO₂-Ausstoß orientierten Logik)¹¹⁴.

Mit der von vielen Experten erwarteten wachsenden Bedeutung der Sektorkopplungstechnologien und dem weiteren Ausbau kleinerer Anlagen (< 20 MW) spielt diese inkonsistente Bepreisung von CO₂ (in allen Sektoren) eine Rolle und kann potenziell ein Hemmnis für innovative „saubere“ Technologien spielen.

Zudem stellt die Mengensteuerung innerhalb der EU ETS Sektoren sicher, dass die vorgegebenen Reduktionspfade innerhalb dieser Sektoren erreicht werden, in den Sektoren außerhalb des EU ETS (also ohne Mengenbegrenzung) ist dies aber nicht „automatisch“ der Fall - hier spielt die Bepreisung des CO₂ eine wesentliche Rolle für den sich einstellenden Reduktionsmengenpfad.

4.1.2 Tarifstruktur Strom mit hohen Anteilen an staatlich induzierten Preisbestandteilen (SIP)?

Problemaufriss

Die Endkundentarifstrukturen für die Nutzung von Energieträgern wie Strom, Gas oder Heizöl sind historisch gewachsen und setzen sich zusammen aus

- den Herstellungs- bzw. Importkosten frei Grenze (diese werden teilweise reflektiert durch die Großhandelspreise);
- nationale Infrastrukturkosten (Stromnetze, Gasnetze); und
- staatlich induzierte Abgaben wie Steuern, Abgaben oder Umlagen.

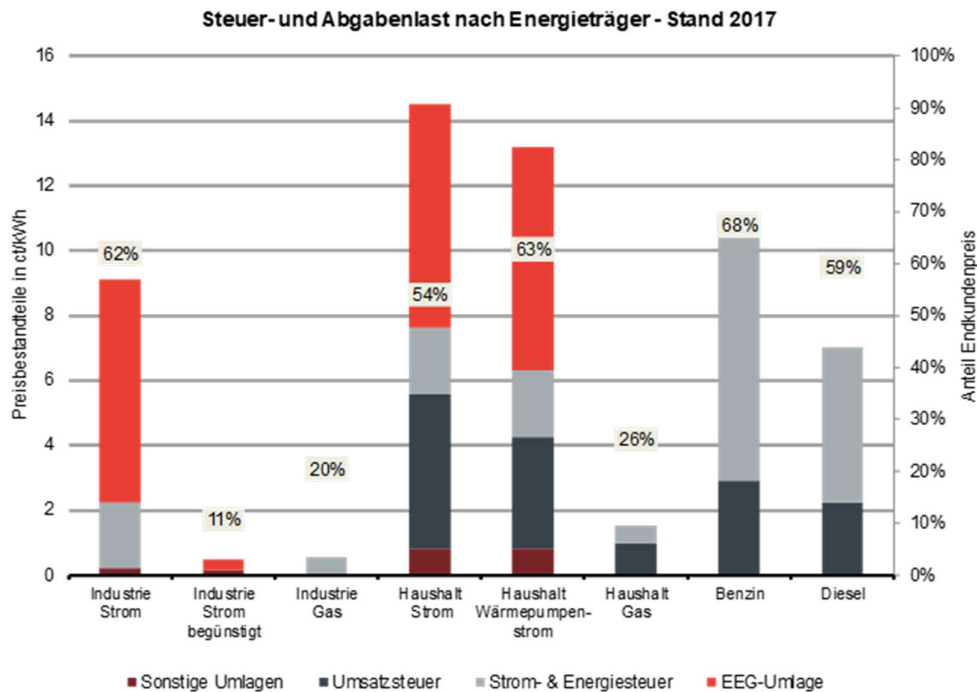
Im Zuge der ökologischen Steuerreform wurden Steuern bewusst gewählt, um zur sparsamen Nutzung der Energie anzureizen. Mit der zusätzlichen Förderung von erneuerbaren Energien sind dann signifikante Anteile an Umlagen (z.B. EEG-Umlage) hinzugekommen.

Abbildung 24 zeigt die Höhe der Steuer- und Abgabenlast für unterschiedliche Energieträger als Anteil der Endverbraucherpreise. Netzentgelte sind hier nicht als Anteil der staatlich induzierten Preisbestandteile (SIP) betrachtet (sie sind regulierte Anteile am Endkundenpreis). Die Grafik zeigt deutlich, dass

- die Anteile der SIP nach Energieträgern und Kundengruppe sehr stark variieren; und
- die SIP Anteile signifikant hoch sind. Beim Haushaltsstrompreis entsprechen die SIP fast dem Vierfachen des derzeitigen Preisniveaus an der Strombörse.

¹¹⁴ Siehe VDA (2017).

Abbildung 24 Unterschiedliche Steuer – und Abgabelast je Energieträger



Quelle: Frontier Economics

Hinweis: Netznutzungsentgelte sind aus Konsistenzgründen nicht dargestellt, da sie z.B. auch Energietransportkosten und -bereitstellungskosten beinhalten.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Die hohe Belastung insbesondere des Endkundenpreises für Strom mit SIP erschwert für viele Kundengruppen (Haushalte, Gewerbe, nicht privilegierte Industrie) signifikant die erfolgreiche Anwendung bzw. mindert die Wirtschaftlichkeit für

- alle direkten Sektorkopplungstechnologien (Elektroauto, Wärmepumpe, PtH);
- alle indirekten Sektorkopplungstechnologien (PtG, PtL, PtC, PtX); und
- Stromflexibilitäten wie beispielsweise Stromspeicher (Batterien, Pumpspeicher)¹¹⁵.

Mit Ausbau der Sektorkopplung „wechseln“ die Energieträger zwischen den Systemgrenzen. Abbildung 26 zeigt exemplarisch die Wertschöpfungskette für den Bereich Mobilität für unterschiedliche Antriebskonzepte:

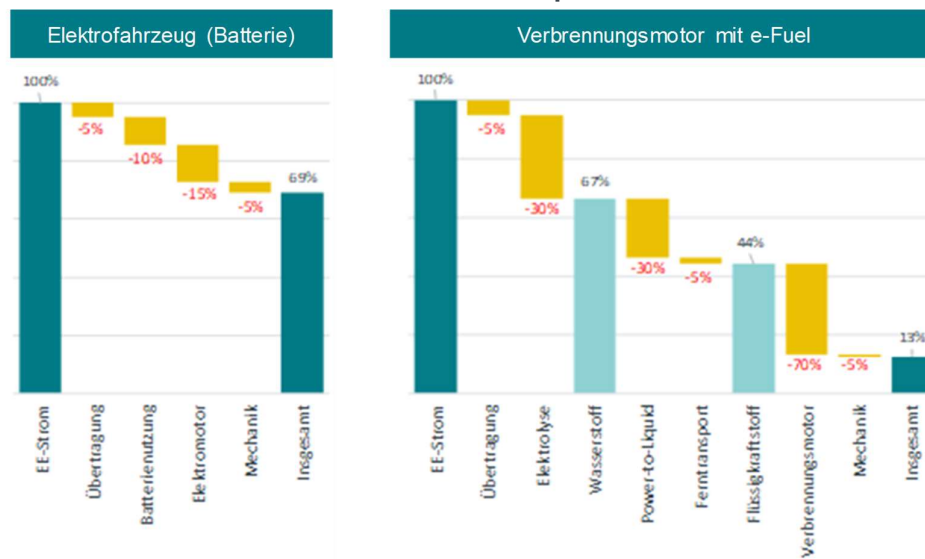
- Elektrofahrzeug (gelb)
- Wasserstoffantrieb (z.B. Brennstoffzelle) (lila)

¹¹⁵ Für einige Anwendungsfälle und/oder Technologien gibt es (befristete) Sonderregelungen. Des Weiteren führt die aktuelle Einordnung von Energiespeicheranlagen als „Letztverbraucher“ im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes steuerrechtlich zur faktischen Doppelbesteuerung ein und derselben Energiemenge: Die Entstehung der Stromsteuer ist daran gekoppelt, dass „der vom Versorger geleistete Strom durch einen Letztverbraucher aus dem Versorgungsnetz entnommen wird“. Dies geschieht zum einen durch den Bezug des EE-Stroms durch die Anlage, wenn die Versorgung unter Nutzung des Netzes der allgemeinen Versorgung erfolgt. Kommt es dann zur Rückverstromung und erneuten Einspeisung der zwischengespeicherten Energiemenge in das Netz der allgemeinen Versorgung, entsteht die Stromsteuer erneut bei der Entnahme dieser Strommenge aus dem Netz durch den „Endverbraucher“.

■ Synthetischer Kraftstoff (rot)

Im Beispiel erfolgt die ursprüngliche (klimaneutrale) Primärenergiebereitstellung auf Basis von Erneuerbaren Stromerzeugung (z.B. Wind oder PV). Allerdings werden auf dem Weg zur Endanwendung dann unterschiedliche Pfade (und Netze) genutzt. Zudem variiert natürlich die Endanwendung (Elektrofahrzeug vs. Verbrenner vs. Brennstoffzelle). Im derzeitigen Regulierungsrahmen gilt die Herstellung von PtL und PtH2 als Endverbrauch, d.h. je nach Netzebene und Kundengruppe fallen (variable) Netzentgelte und staatlich induzierte Steuern und Abgaben an (wie EEG Umlage, Stromsteuer, etc.), obwohl der eigentliche Endverbrauch an Energie erst auf der letzten Stufe (beim Fahrzeug) erfolgt. Wie oben dargestellt können diese Abgaben signifikant sein und somit (insbesondere wenn man den Wirkungsgradverlust bei der Herstellung von PtL oder PtH2 bedenkt) sehr hohe Belastungen für diese innovativen Sektorkopplungsansätze bedeuten.

Abbildung 25 Wirkungsgrade „Well to Wheel“ für unterschiedliche strombasierte Antriebskonzepte



Quelle: Frontier Economics/Agora (2018)

Aus den unterschiedlichen Wirkungsgraden wird deutlich: hohe Abgabenlasten (und hohe variable Netzentgelte) treffen die unterschiedlichen Antriebe in unterschiedlichem Maße. Hinzu kommen noch „Verzerrungen“ ggü. herkömmlichen Kraftstoffen wie Benzin und Diesel (siehe Abbildung 24).

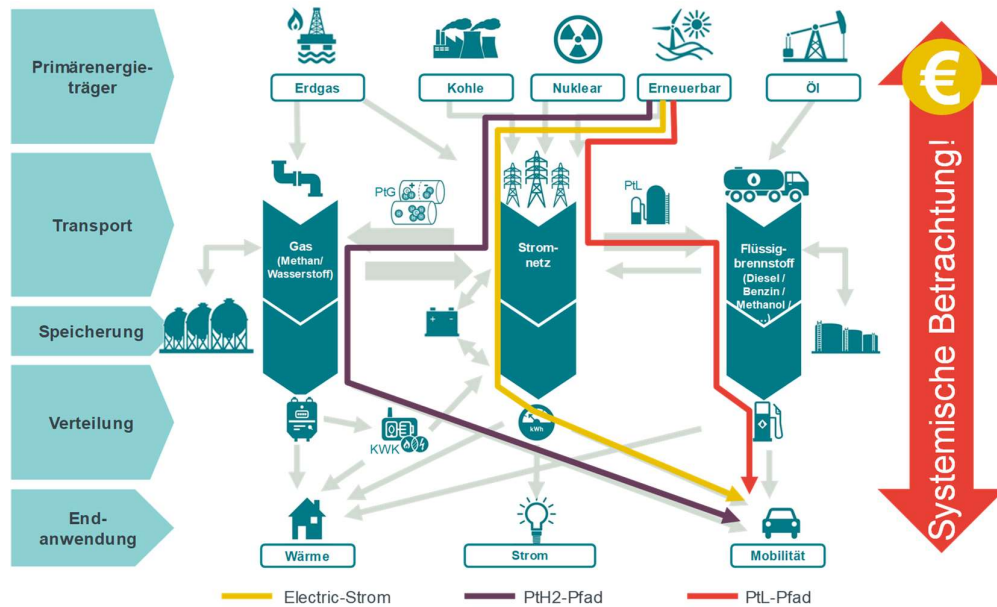
Dies ist insbesondere kritisch, wenn diese innovativen Sektorkopplungstechnologien ihren Nutzen (z.B. Klimaneutralität, Entlastung der Stromnetze, vermiedene Kosten für Ladeinfrastruktur im Strombereich im Vergleich zu einer Welt aus 100% Elektrofahrzeugen) nicht monetarisieren können¹¹⁶.

¹¹⁶ Vgl. Fraunhofer IEE (2018) für eine Analyse der Rückkopplungen einer Elektrifizierung des Verkehrssystems auf das Energiesystem.

INDIKATIVE BEISPIELRECHNUNG – SIP BELASTUNG BEI DEZENTRALER WASSERSTOFFERZEUGUNG DURCH HAUSHALTE

Bei einem Wirkungsgrad von 67% und einer SIP Belastung von rund 14 ct/kWh (aus EEG Umlage, Stromsteuer und Mehrwertsteuer, etc.) enthält also eine kWh Wasserstoff einen SIP Anteil von $14/0,67 = 21$ ct/kWh (oder 210 EUR/MWh).

Abbildung 26 Sektorkopplung erfordert Möglichkeit des flexiblen Wechsels der Energieträger bzw. Infrastrukturen (hier Beispiel: direkte und indirekte Elektrifizierung des Verkehrssektors)



Quelle: Frontier Economics

Das Hemmnis wirkt also auf eine Fülle von Technologien und Kundengruppen. Erschwerend kommt hinzu, dass bei vielen Kundengruppen auch die Netzentgelte stark kWh-lastig ausgestaltet sind (obwohl die Netzkostenstruktur eher Fixkosten dominiert ist – „Stromnetze kosten vor allem, weil sie da sind (Investitionskosten) – nicht weil sie genutzt werden (ggf. Verluste und Engpassmanagement).

Eine vollständige Befreiung von den SIP oder Netzentgelten für Stromverbrauch von Sektorkopplungstechnologien zu fordern (de facto verbrauchen diese Technologien Strom), ist nicht unbedingt sinnvoll, allerdings wäre eine Überarbeitung des derzeitigen SIP Regimes angebracht. Z.B. sollten Netzentgelte die tatsächlichen (zeitabhängigen) Kosten der Stromnetznutzung abbilden und nicht einen Mittelwert über große Zeiträume.

4.1.3 Fehlende Koordination Netzkosten und flexibler Einspeisung/Verbrauch nach Unbundling?

Problemaufriss

Mit Aufbrechen der ehemals vertikal integrierten Verbundunternehmen ist die bis dahin unternehmensintern erfolgte Koordination von Netzkosten und Standortwahl, Dimensionierung und Einspeisung von Erzeugungsanlagen (und Verbrauchern) entfallen. Zudem erweist sich in der Praxis die Umsetzung von Netzausbau sehr komplex, da es häufig zu lokalen Widerständen kommt. Mangelnde Netzkapazitäten (zu schwache Netze) weisen Engpässe auf, die wiederum durch den Netzbetreiber durch Eingriffe in den kostenoptimalen Erzeugungsmix aufgelöst werden müssen. Es erfolgt dann der sog. Redispatch von Kraftwerken und es kommt als „last resort“ auch zur Abregelung von Erneuerbaren Energie Anlagen und KWK Anlagen (d.h. wirtschaftlich erzeugende Kraftwerke werden abgeregelt und teurere kurzfristig angeschaltet).

Diese Kraftwerke und EE Anlagen erhalten in der Regel eine (nahezu) kostendeckende Vergütung (Ersatz des entgangenen Einspeisetarifs/Marktprämie), was aber umgekehrt bedeutet, dass Netznutzer diese Kosten für „nicht genutzten“ EE-Strom bezahlen müssen. Das derzeitige Regime ist hierbei also nicht unbedingt kosteneffizient, da es

- Vorrangregeln beinhaltet;
- Einige Technologien für das Engpassmanagement ausschließt; und
- es keine Anreize und Prozesse für innovative Engpassmanagementlösungen gibt.

Kürzlich wurden unter dem Stichwort „Nutzen statt Abregeln“ erste Schritte für die Nutzung von Power-to-Heat als Engpassmanagementoption untersucht und entsprechende Flexibilitäten kontrahiert¹¹⁷. Zudem arbeiten einige ÜNBs aus der Strom- und Gasbranche (u.a. Amprion und OGE) derzeit an einer ersten größeren Power-to-Gas Pilotanlage zur Auflösung von Netzengpässen im Stromnetz durch „Umschichten“ in das vorhandene Gasnetz¹¹⁸.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Fehlende Regelungen zum Prozedere und zur Vergütung von netzdienlichem Einsatz von innovativen Anlagen (z.B. PtH, PtG, Speicher) erlauben es diesen innovativen Technologien oder Anwendungskonzepten nicht, den potenziellen volkswirtschaftlichen Nutzen aus einem netzdienlichen Einsatz zu monetarisieren. Die Anlagen könnten Netzkosten oder Engpassmanagementkosten senken, es gibt aber kein klares Koordinationsmodell, wie dieser Nutzen durch die Anlagenbetreiber erbracht und in Erlöse umgemünzt werden kann.

¹¹⁷ Siehe beispielsweise Ausführungen des ÜNB 50Hz: <https://www.50hertz.com/de/Maerkte/Nutzen-statt-Abregeln>

¹¹⁸ https://www.amprion.net/Presse/Presse-Detailseite_14983.html

EXKURS BATTERIE IM VERTEILNETZ. AUSEINANDERFALLEN VON VOLKSWIRTSCHAFTLICHEM UND BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHEM NUTZEN

Verteilnetzbetreiber haben in Netzen mit einer hohen Konzentration an Photovoltaik oder Windanlagen (z.B. PV in Bayern) in Zeiten hoher PV-Einspeisung und niedrigem lokalen Verbrauch mit Engpässen im Stromnetz zu kämpfen und müssen (kostengünstigen und sauberen) PV-Strom abregeln („wegwerfen“).

Nach dem Motto „Nutzen statt Abregeln“¹¹⁹ könnte z.B. ein Batteriespeicher (oder P-to-X Anwendungen) diese ansonsten verlorenen Strommengen aufnehmen und in Zeiten einer „entspannteren“ Netzsituation oder Strommangels im Gesamtsystem abgeben.

Die Speicher haben also grundsätzlich zwei Arten von Nutzen – die zeitliche Arbitrage am Strommarkt (Einlagern bei günstigen Strompreisen und Erzeugung bei hohen Strompreisen – sog „marktdienlicher Betrieb“) und den sog. netzdienlichen Betrieb, bei dem im Zeiten von Netzengpässen andernfalls verworfener Strom aufgenommen wird.

Aufgrund von Unbundlingvorschriften dürfen Netzbetreiber mit ihren Batterien nicht am Markt teilnehmen. Andersherum können Marktteilnehmer keinen monetären Nutzen aus einem netzdienlichen Betrieb der Batterie ziehen, da es a) keine Regeln für ein solche Koordinationsmodell Speicher/Netz gibt (und es b) aus Sicht der Netzbetreiber keine Anreize gibt, über solche Modelle nachzudenken oder diese zu etablieren (siehe nächstes Kapitel zur Anreizregulierung für Netzbetreiber).

Der potenzielle volkswirtschaftliche Nutzen eines Speichers aus einer Kombination aus markt- und Netzdienlichem Betrieb kann also aus Sicht des Speicherbetreibers oder des Netzbetreibers nicht adäquat in betriebswirtschaftlichen Nutzen umgelegt werden – dies führt systematisch zu einer Unterinvestition in diese Technologien (es wird weniger investiert als es volkswirtschaftlich angezeigt wäre).

4.1.4 Fehlende Anreize für Netzbetreiber in Smarte Technologien zu investieren (Smart Grids)?

Problemaufriss

Zusätzlich zu fehlenden Koordinationsmodellen zwischen netzdienlicher Flexibilität im Eigentum eines Marktteilnehmers und einer Netzkostenoptimierung durch einen regulierten, (entbündelten) Netzbetreiber fehlt es im Rahmen der Anreizregulierungsverordnung, die die Erlöse für Netzbetreiber reguliert, auch an entsprechenden Anreizen für Netzbetreiber über innovative Konzepte zum Engpassmanagement nachzudenken.

¹¹⁹ Erste Schritte in diese Richtung sind bereits erfolgt. Siehe BNetzA (2016).

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Es gibt im derzeitigen Regulierungsregime keinerlei Partizipationsmodell, wenn z.B. ein innovativer Netzbetreiber Engpässe günstiger auflösen würde als über die Standardlösung. Engpasskosten werden als dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten behandelt und fallen somit auch außerhalb des Effizienzbenchmarks. Die Anreize für Netzbetreiber auf innovative Lösungen zu setzen sind also derzeit kaum vorhanden. Zudem werden sog. OPEX Kosten der Netzbetreiber (z.B. Engpasskosten) anders behandelt als CAPEX (Investitionen in Netzausbau) der Netzbetreiber¹²⁰. Durch diese fehlenden bzw. verzerrenden Anreize des starren Regulierungsrahmen werden innovative Engpassmanagementoptionen von Netzbetreibern nicht in Erwägung gezogen. Die lukrative Handlungsoption aus Sicht der Netzbetreiber ist in der Regel der Netzausbau (wo dies möglich ist).

4.1.5 Belohnung bzw. Bestrafung von Beiträgen zur Versorgungssicherheit und Bedarf an weiteren Reserveprodukten („System Adequacy“)?

Problemaufriss

In Deutschland wird (im Gegensatz bspw. zu Frankreich) das System des Energy Only Marktes (EOM) verfolgt. Kraftwerke und Erzeuger erhalten vornehmlich eine Vergütung für eingespeiste Energie (EUR/MWh Stromerzeugung) – es gibt im Allgemeinen keine Vergütung über einen „offiziellen Kapazitätsmarkt“ (EUR/MW sicher verfügbare Kraftwerksleistung), der bereits die Vorhaltung von Erzeugungsleistung für kritische Stunden („trockene Dunkelflaute“) vergüten würde.

Der Markt regelt über sog „Bilanzkreisverantwortung“ der Versorger in Verbindung mit einem Ausgleichsenergiesystem, dass Vertrieber nicht „blauäugig“ Energie verkaufen und sich über die Knappheit in kritischen Stunden keine Gedanken machen. Bilanzkreisverantwortliche oder Vertriebe können sich „gesicherte Leistung“ freiwillig über Optionsverträge zukaufen und so an die kontrahierten Flexibilitäten frei verhandelte Leistungspreise zahlen: im Gegenzug sind sie dann dank der Verträge in sehr knappen Stunden gegen sehr hohe Energiepreise von mehreren 1000 EUR/MWh geschützt. Diese Verträge sind also eine Art Versicherung für Vertriebe gegen extrem hohe Preise auf dem Energy Only Markt in Zeiten knappen Stromangebotes (wenn z.B. kein Strom aus PV oder Wind zur Verfügung steht, aber in Kälteperioden eine hohe Stromnachfrage entsteht).

Es gibt also keinen umfassenden Kapazitätsmarkt in Deutschland, in dem vom Gesetzgeber dem Vertrieb vorgeschrieben wird, welche standardisierten Kapazitäten er kontrahiert (wie es z.B. in Frankreich der Fall ist)¹²¹.

Der Gesetzgeber in Deutschland möchte sich aber nicht alleine auf diesen dezentralen über den Markt koordinierten Mechanismus des EOM und der freien

¹²⁰ Vgl. Dena (2018): „Ergebnispapier Task Force Netzentgelte“
[https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9238_Ergebnispapier_der_Taskfor
ce_Netzentgelte_Impulse_zur>Weiterentwicklung_der_Netzentgeltsyst.pdf](https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9238_Ergebnispapier_der_Taskforce_Netzentgelte_Impulse_zur>Weiterentwicklung_der_Netzentgeltsyst.pdf)

¹²¹ Vgl. Next Kraftwerke (2018).

Verträge zur Absicherung verlassen und hat u.a. die folgenden beiden Reserveprodukte etabliert:

- Kapazitätsreserve; und
- Sicherheitsbereitstellung (Braunkohle).

Diese Reserven sind aber nicht für alle Vertriebe verpflichtend, sondern werden als Absicherung von den Netzbetreibern kontrahiert¹²².

Zusätzlich zu diesen Reserven zur Absicherung der gesicherten Leistung in Zeiten knappen Stromangebotes gibt es noch andere Reserveprodukte, die aus Netzgründen beschafft werden (zur Sicherung von Redispatchpotenzial im Falle von Netzengpässen). Dies sind¹²³:

- Netzreserve; und
- besondere netztechnische Betriebsmittel.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation

In den Beschaffungsprozessen der oben genannten Reserven sind häufig innovative Technologielösungen über die Präqualifikationsregeln und/oder die Produktdefinition ausgeschlossen.¹²⁴ Zudem sinkt tendenziell der Wert dieser Flexibilität außerhalb der offiziellen Reserven, wenn der Staat die Eintrittswahrscheinlichkeit oder das Preisniveau in einer Knappheitssituation senkt oder limitiert.

4.1.6 Fehlende IKT Infrastruktur für Smart Grids und Smart Meter („Giganetz“)?

Problemaufriss

Der Ausbau der Datennetzinfrastruktur ist in den letzten Jahren deutlich unter dem gewünschten Tempo zurückgeblieben¹²⁵.

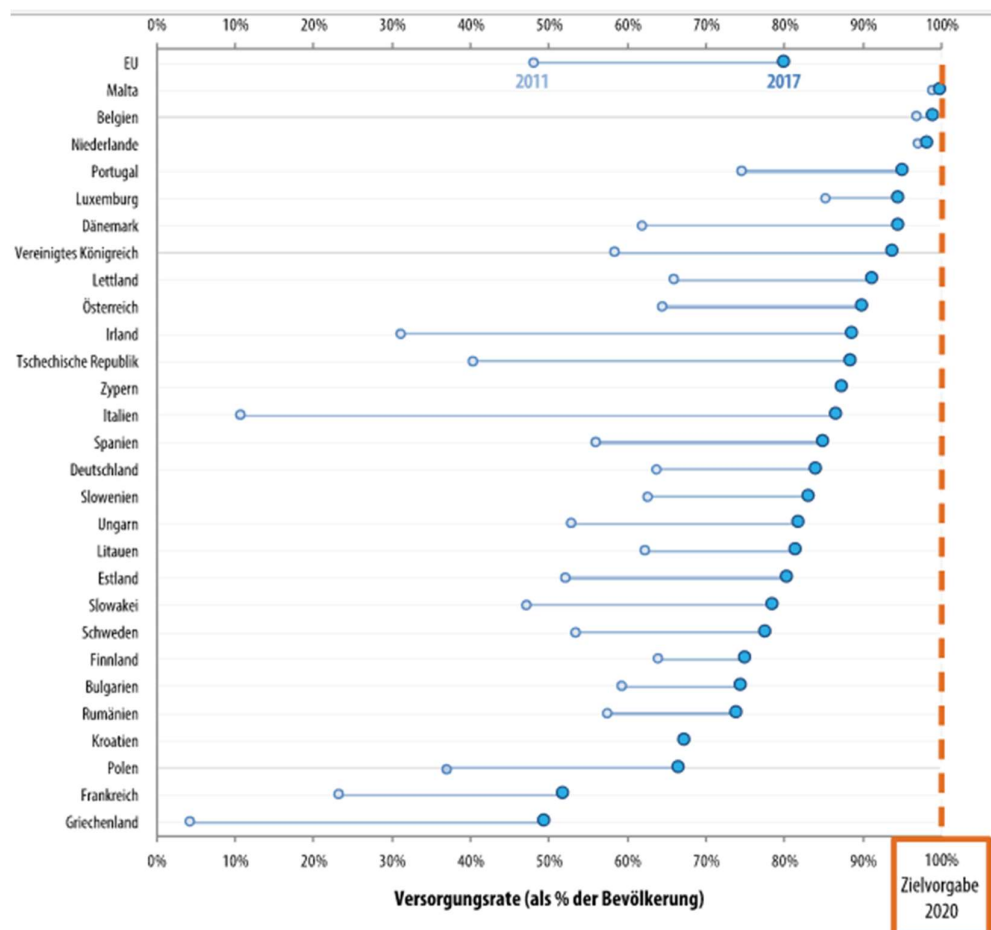
¹²² Siehe BMWi (2018c).

¹²³ Siehe z.B. BNetzA (2017a).

¹²⁴ Siehe z.B. Kritik des BDEW an Präqualifikationsbedingungen für die besonderen netztechnischen Betriebsmittel; <https://www.energate-messenger.de/news/184297/netzbetreiber-schreiben-besondere-netztechnische-betriebsmittel-aus>

¹²⁵ Vgl. netzpolitik.org (2018) und Fraunhofer FOKUS (2016).

Abbildung 27 Versorgung mit 30 Mbit/s in allen Mitgliedstaaten in den Jahren 2011 und 2017



Quelle: Europäischer Rechnungshof (2018)

Deutschland liegt auf europäischer Ebene also im unteren Mittelfeld in puncto Breitbandausbau und ist von den Zielen für das Jahr 2020 noch deutlich entfernt¹²⁶. Passend dazu hatte u.a. die Expertenkommission E-FI in ihrem Jahresgutachten 2018 bereits auf eine notwendige Forcierung des Ausbaus hingewiesen¹²⁷.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Smart Meter (Messung und Fernsteuerung) erfordern einen sicheren und leistungsfähigen Anschluss an die IKT-Infrastruktur. Ist diese nicht oder nur eingeschränkt vorhanden, sind Geschäftsmodelle und Technologien, die einen hohen Grad an Digitalisierung erfordern, unter Umständen gefährdet. Exemplarisch seien hier genannt:

- Peer-to-Peer Stromhandel zwischen Prosumern (z.B. via Blockchain)
- Elektromobilität (Messung und Abrechnung von räumlich variablen Verbrauchern)

¹²⁶ Hinzu kommt häufig auch noch die Problematik der ungleichen Verteilung der Infrastruktur, z.B. das „Abhängen“ von ländlichen Regionen, was wiederum an anderer Stelle zu Problemen führt (Wohnungsmangel in Städten).

¹²⁷ Vgl. Expertenkommission Forschung und Innovation „Jahresgutachten 2018“

- Netzbetrieb („Netzbetreiber müssen auch in einer Welt mit 2 Mio. kleinen Einspeisern wissen, was in ihrem Netz vor sich geht“)
- Sämtliche Geschäftsmodelle, die auf Optimierung von Verkehrsströmen abzielen
- Alle Arten von Sharing Modellen mit einer hohen Zahl an Endkunden

Andererseits sind die aus der Stromwirtschaft kommenden Datenströme im Vergleich zu Datenströmen aus der Unterhaltungsindustrie eher gering – es geht also im Stromsektor (anders als beim automatisierten Fahren und Verkehrsflussoptimierung) vermutlich eher um die Sicherheit von Dateninfrastruktur als um die Leistungsfähigkeit der Datennetze.

DIGITALISIERUNG – VORTEILE UND HERAUSFORDERUNGEN

Die Digitalisierung kann in diesem Zusammenhang theoretisch ein offen zugängliches Abbild der kompletten energetischen Infrastruktur ermöglichen. Dies würde

- nicht nur den heute existierenden Netzbetreibern nutzen, weil sie weitreichende Transparenz über die Nutzung des Stromnetzes (d.h. nicht nur Information von Verbraucherdaten durch bspw. Smart Meter, sondern Live-Daten über Netzauslastung etc.) erhalten,
- sondern auch innovative neue Applikationen ermöglichen, weil so Zugang für viele Akteure entstünde, neue Applikationen für effiziente Netznutzung aufzubauen. Bspw. könnten mehrere kleine Akteure mit Hilfe von Algorithmen dem Netzbetreiber ihre Flexibilität zur Steuerung des Stromnetzes zur Verfügung stellen¹²⁸.

Allerdings nimmt mit zunehmend intelligenten Stromversorgungsnetzen die Anfälligkeit für Cyberattacken zu. Daher muss im Sinne der sogenannten Cyber Security abgewogen werden, wo Datenschutz, der nicht personenbezogen ist, gelockert werden kann und durch andere Sicherheitsmaßnahmen ersetzt werden kann. Bspw. kann durch risikobewusstes technisches „Security by Design“¹²⁹ bereits im Ansatz darauf geachtet werden, dass digital verknüpfte Anwendungen gegen vorsätzlich böswillige Angriffe gewappnet sind. Auch auf EU Ebene wird bereits das „EU cybersecurity certification framework“ entwickelt, um EU-weit ein einheitliches und verständliches Regelwerk für technische und mit Cybersecurity zusammenhängende Anforderungen zu etablieren.¹³⁰

Zusätzlich lässt sich im Energiebereich der Vorteil nutzen, dass das digitale Stromnetz physisch auf digitale Risiken reagieren kann: Bspw. könnte bei einem Angriff ein Notfallmodus (inkl. Trennung zum Internet) eingeschaltet werden, der wie bisher von den physikalischen Parametern des Stroms allein gesteuert würde.¹³¹

¹²⁸ Vgl. Reetz (2017).

¹²⁹ Vgl. UK Government (2018).

¹³⁰ Vgl. European Commission (2017).

¹³¹ Vgl. Reetz (2017).

4.1.7 Eingeschränkter Zugriff auf Verbrauchs-/Einspeisedaten zur Energieeffizienzsteigerung und für einen sicheren Netzbetrieb (Datenschutz)?

Problemaufriss

Netzbetreiber müssen wissen, was in ihren Netzen passiert. Der Strukturwandel von wenigen zentralen Großanlagen hin zu Millionen von dezentralen Einspeisern und „Prosumern“ macht die Koordinationsaufgabe für Netzbetreiber immer komplexer- mit steigender Tendenz. Netzbetreiber müssen also in der Lage sein, den Zustand und die Einspeisung/Entnahme einzelner Verbraucher bzw. eines regionalen Schwarms an kleinen Einspeisern und Verbrauchern zu verfolgen und ggf. auch steuern zu können.

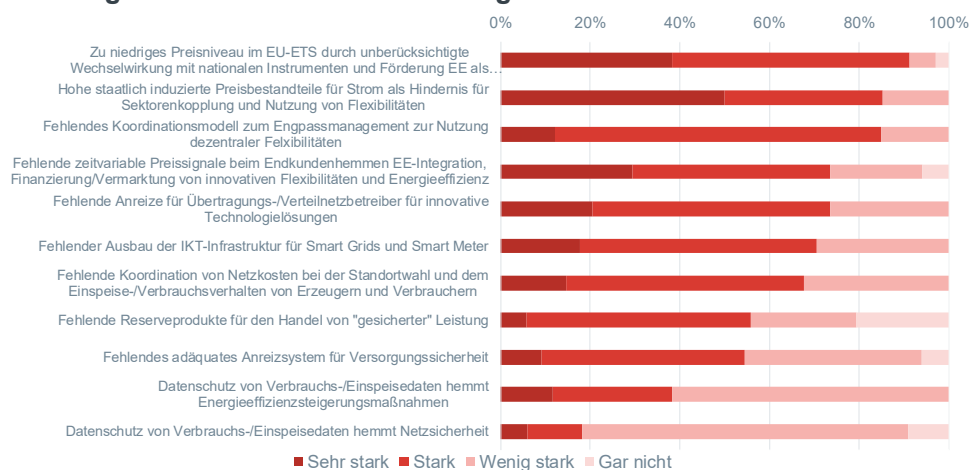
Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Hohe Datenschutzanforderungen sind in erster Linie ein Hemmnis für innovative Nutzung von verfügbaren Daten (vgl. Textbox zu Digitalisierung auf Seite 88). Denn hohe Datenschutzanforderungen könnten dazu führen, dass Netzbetreiber auf verfügbare Daten zum „Zustand“ der Netzanschlussnehmer und einzelner Anlagen nicht zugreifen dürfen und den Netzbetrieb sozusagen „blind“ fahren müssen.

Im Folgenden stellen wir dar, inwiefern die Expertengruppe die oben diskutierten potenziellen Hemmnisse als relevant einstufen. Überblick – Einordnung der potentiellen Hemmnisse durch die Expertengruppe

Abbildung 28 zeigt die Einordnung der Experten in Bezug auf potenzielle Hemmnisse aus dem Regulierungsumfeld.

Abbildung 28 Hemmnisse für die Energiewende im Stromsektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent.

Als bedeutende („sehr starke“ und „starke“) Hemmnisse wurden von den Experten eingeordnet (Schwellenwert wiederum >60% („klare Mehrheit“) angesetzt):

- Schwache Preissignale aus dem EU ETS in Folge der Verwässerung des Preissignals aus anderen Politikmaßnahmen (EE Förderung, nationale Maßnahmen,..)
- Hohe staatlich induzierte Preisebestandteile bei Strom
- Fehlendes Koordinationsmodell Netzkosten und Flexibilität der Netznutzer
- Fehlende zeitvariable Tarife für Endkunden
- Fehlende Anreize für Netzbetreiber für den Einsatz von Smarten Lösungen
- Fehlender Ausbau der IKT Infrastruktur
- Fehlende Koordination von Netzkosten und Standortwahl

Als weniger relevant wurden eingeordnet:

- Themen rund um die Frage von umfassenden Kapazitätsmärkten; und
- Themen rund um das Thema Datenschutz.

Einordnung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung durch die Autoren

Insgesamt bestätigen die Experten die aus den Studien gefundenen potenziellen Hemmnisse. Hierbei sind insbesondere die Hemmnisse relevant, die

- eine starke Ausprägung haben („Intensität“); und
- eine hohe Reichweite (d.h. viele relevante Technologien und Geschäftsfelder betreffen).

Angesichts der Bedeutung in den Medien, ist es etwas überraschend, dass Datenschutzerfordernisse nicht als „show stopper“ für innovative Technologien im Stromsektor angesehen werden. Ebenso hat die in den letzten Jahren so „heiß“ geführte Diskussion um umfassende Kapazitätsmärkte scheinbar an Bedeutung verloren (sofern ein gut ausgestalteter EOM 2.0 die Anreize zur Kapazitätsabsicherung für die Vertriebe setzt bzw. kleinere Reserveprodukte etabliert sind).

Abbildung 29 und Abbildung 30 zeigen die relevanten Technologien/Geschäftsmodelle im Stromsektor und ordnen die Hemmnisse den jeweiligen Technologien bzw. Geschäftsmodellen zu. Die Zuordnung von Hemmnissen zu Technologien bzw. Geschäftsmodellen folgt aufgrund logischer Überlegungen: z.B. wirkt die fehlende nationale Abstimmung mit EU ETS auf fast alle Technologien im Strombereich.. Hohe SIP hingegen wirken besonders hemmend auf Sektorkopplungstechnologien

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN UND NEUE GESCHÄFTSMODELLE FÜR DIE ENERGIEWENDE - DIE ROLLE DER DEUTSCHEN F&I POLITIK

Abbildung 29 Stromsektor - Technologie Hemmnis Matching

Technologien	Hemmnisse
Photovoltaik	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Concentrated Solar Power	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Biomasse - Feststoff	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Biomasse - Flüssiggas	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Onshore Wind	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Offshore Wind	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Kleinwindanlagen	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Power-to-Gas (z.B. Wasserstoff, synt Methan)	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) aus EE generell (Power-to-Heat)	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2);
KWK basierend auf importierten synth. Brennstoffen (z.B basierend auf PV Strom aus Mittlerem Osten)	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2);
Power-to-Liquids (z.B. OME, DME, Methanol)	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Pumpspeicherkraftwerk	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Dezentrale Speicher (E-Auto, PV-Batterien, Stand-Alone-Batterien, Schwungmassenspeicher)	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Smart Grid Technologien (Data Monitoring & intelligente Netzführung)	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende IKT Infrastruktur (H.s.9); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10); Mangelnde eSkills (H.ü.5); Mangelnde Cyber Resilience (H.ü.6); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Innovative Übertragungsnetztechnologien (Höchstspannungsnetz)	Fehlende IKT Infrastruktur (H.s.9); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10);
Carbon Capture & Storage	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Carbon Capture & Utilisation	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS (H.s.2); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Smart Meter, Big Data (Analyse Verbraucher- & Einspeiseverhalten)	Fehlende IKT Infrastruktur (H.s.9); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10); Mangelnde eSkills (H.ü.5); Mangelnde Cyber Resilience (H.ü.6); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);

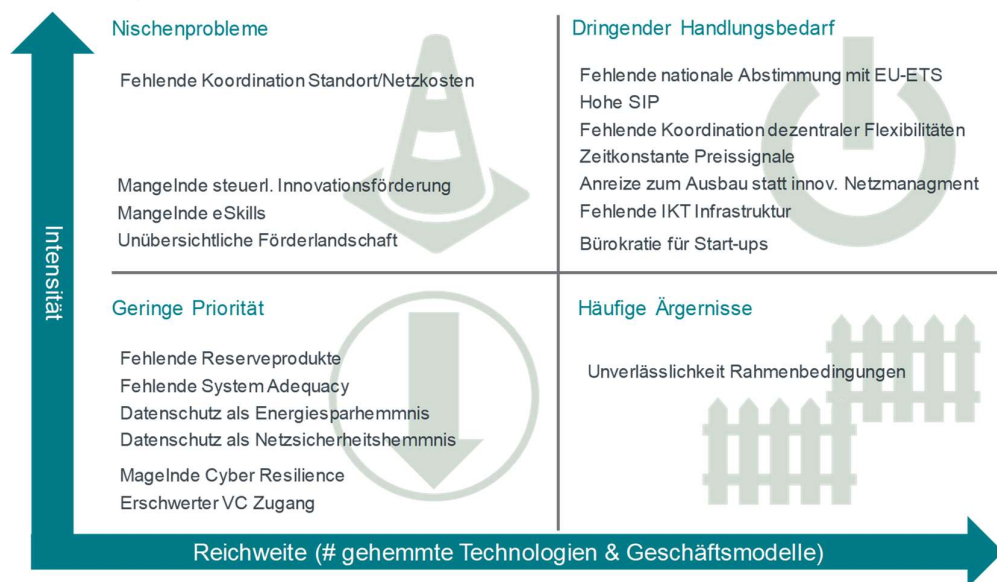
Abbildung 30 Stromsektor – Geschäftsmodell Hemmnis Matching

Geschäftsmodelle	Hemmnisse
Quartiers-Speicherlösungen	Hohe SIP (H.s.1); Fehlende Koordination Standort/Netzkosten (H.s.3); Datenschutz als Energiesparhemmnis (H.s.4); Fehlende Reserveprodukte (H.s.7); Zeitkonstante Preissignale (H.s.8); Fehlende IKT Infrastruktur (H.s.9); Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement (H.s.10); Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität (H.s.11); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Mangelnde eSkills (H.ü.5); Mangelnde Cyber Resilience (H.ü.6);
Virtuelle Kraftwerke (Pooling u. Vermarktung kleiner Anlagen)	
Peer-to-Peer Stromhandel (z.B. Blockchain basiert)	

Quelle: Frontier Economics

Abbildung 31 zeigt die Hemmnisse im Stromsektor nach Intensität und potenzieller Reichweite. Ein Hemmnis ist dabei umso kritischer, je höher die Intensität (sehr stark/stark) und Reichweite des Hemmnisses (Menge der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle) ist.

Abbildung 31 Hemmnisse im Stromsektor nach Intensität und Reichweite



Quelle: Frontier basierend auf Expertenbefragung

Hinweis: Einordnung nach Reichweite rechts: mindestens 50% der Technologien und Geschäftsmodelle sind gehemmt, links: Rest; und Intensität oben: mindestens 60% der Experten halten das Hemmnis für sehr wichtig oder wichtig. Sektorübergreifende Hemmnisse wurden je nach Sektoreinfluss eigens bzgl. Reichweite beurteilt.

4.2 Innovationshemmnisse im Industriesektor

Überblick – Abgefragte potentielle Hemmnisse

Im Bereich der Industrie wurden ähnliche Hemmnisse wie im Stromsektor abgefragt:

- Hemmnis aus hohen SIP Anteilen im Endkundenpreis bei nicht privilegierten Unternehmen;

- Verwässerung des EU ETS Preisniveaus durch nationale Maßnahmen oder Parallelsubventionen; und
- Kompensationsregeln für Unternehmen im internationalen Wettbewerb („Carbon Leakage Protection“).

4.2.1 Hoher Anteil an SIP am Endkundenpreis (Industrie)

Problemaufriss

Die Problemstellung in der Industrie entspricht strukturell den im Stromsektor beschriebenen Wirkungsketten. Im Industriebereich ist jedoch zu unterscheiden zwischen privilegierten und nicht privilegierten Nutzern. Bei einigen privilegierten Unternehmen ist die Belastung in Folge von Industriepolitischen Überlegungen (Internationale Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland) z.B. aus EEG-Umlage und Netzentgelten deutlich geringer (geprüft unter den Beihilferichtlinien).

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Auch im Industriebereich gilt: dort wo die direkte oder indirekte Elektrifizierung von Prozessen mit hohen SIP belegt wird, erschwert dies neue Technologien, z.B. Sektorkopplung oder Stromspeicherung.

4.2.2 Keine adäquate Belohnung für Dekarbonisierung durch innovative Technologien durch verwässertes EU ETS Preissignal?

Auch hier gilt die oben beschriebene Logik zum EUA-Preisniveau. Die Industrie orientiert sich an Business Cases und benötigt verlässliche und ausreichende Preissignale zur Dekarbonisierung - Investitionen müssen sich betriebswirtschaftlich lohnen. Solange die Emissionsreduktionsziele durch Parallelförderung (teurerer Technologien) erreicht werden, werden nicht die volkswirtschaftlich günstigsten Dekarbonisierungsoptionen im Industriesektor umgesetzt.

4.2.3 Kompensation von direkten Emissionen für abwanderungsgefährdete Unternehmen?

Problemaufriss

Häufig wird die (anteilige) Kompensation von Industrien, die im internationalen Wettbewerb stehen (sog. Carbon Leakage Risiko) als mögliches Hemmnis für Dekarbonisierungsanstrengungen dieser Industrien genannt. „Abwanderungsgefährdete“ Industrien erhalten in Deutschland (im Rahmen der europäischen Vorgaben für mögliche Beihilfen) u.a. folgende Kompensationsleistungen:

- Direkte Kompensation – Einige Industriebetriebe bestimmter Sektoren erhalten nach europäischen Vorgaben eine kostenlose Zuteilung von Emissionsberechtigungen basierend auf historischen Emissionen und einem Best Available Technology Benchmark. Dies beinhaltet die Industrien auf der

sog. Carbon Leakage Liste der EU, z.B. Eisen/Stahl, „Non Ferrous Metals (Aluminium, Kupfer...), Zement, Chemie“).¹³²

- Indirekte Kompensation - Einige Industriebetriebe bestimmter Sektoren erhalten basierend auf nationalen Vorgaben eine Kompensation für erhöhte Strombezugskosten (da die Stromerzeuger ihre Kosten für die EUAs in den Strompreis einpreisen, steigt in der Regel mit höherem EUA Preis auch der Strompreis an).

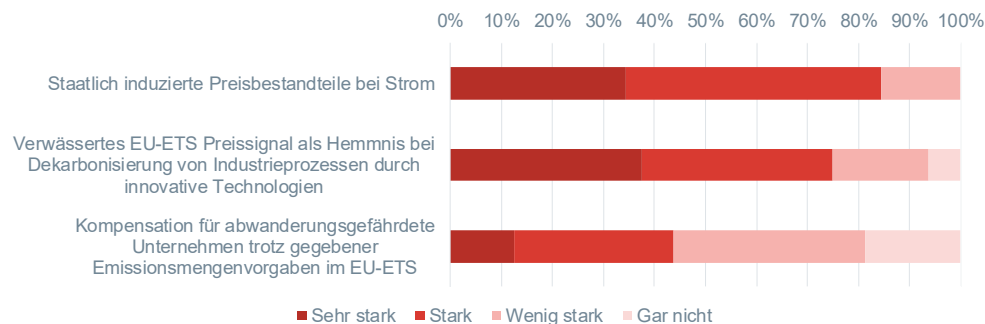
Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Durch die kostenlose Zuteilung könnte der Anreiz, Emissionen zu vermeiden gesenkt werden.

Überblick – Einordnung der potentiellen Hemmnisse durch die Expertengruppe

Die Einordnung der Expertengruppe ist wie folgt:

Abbildung 32 Hemmnisse für die Energiewende im Industriesektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent

Analog zum Stromsektor wurden die Hemmnisse „hohe SIP Anteile im Endkundenpreis“ und „verwässertes CO2 Preissignal im EU ETS“ von der Mehrheit der Experten als relevantes Hemmnis eingeordnet.

Das Gros der Experten hält die Furcht vor Anreizverlusten durch kostenlose Zuteilung für Abwanderungsgefährdete Industrien für nicht relevant.

Einordnung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung durch die Autoren

Diese Ansicht teilen wir aus ökonomischen Überlegungen: Für die Anreizwirkung der privilegierten Industrie ist es irrelevant, ob die Industriebetriebe ihre Kosten für die Beschaffung der EUAs senken oder ob sie bei freier Zuteilung zusätzliche Erlöse generieren könnten – in beiden Fällen wäre der Anreiz, Emissionen zu senken, weiterhin vorhanden¹³³. Die Bedeutung der SIP und Verwässerung der Preissignal wurde in Kapitel 4.1 bereits ausreichend thematisiert und eingeordnet.

¹³² Siehe auch European Commission (2018).

¹³³ Vgl. auch Böhringer und Lange (2005).

Abbildung 33 zeigt die relevanten Technologien/Geschäftsmodelle im Industriesektor und ordnet die Hemmnisse den jeweiligen Technologien bzw. Geschäftsmodellen zu. Die Zuordnung von Hemmnissen zu Technologien erfolgt nach eigener Einschätzung von Frontier (siehe auch Abbildung 29).

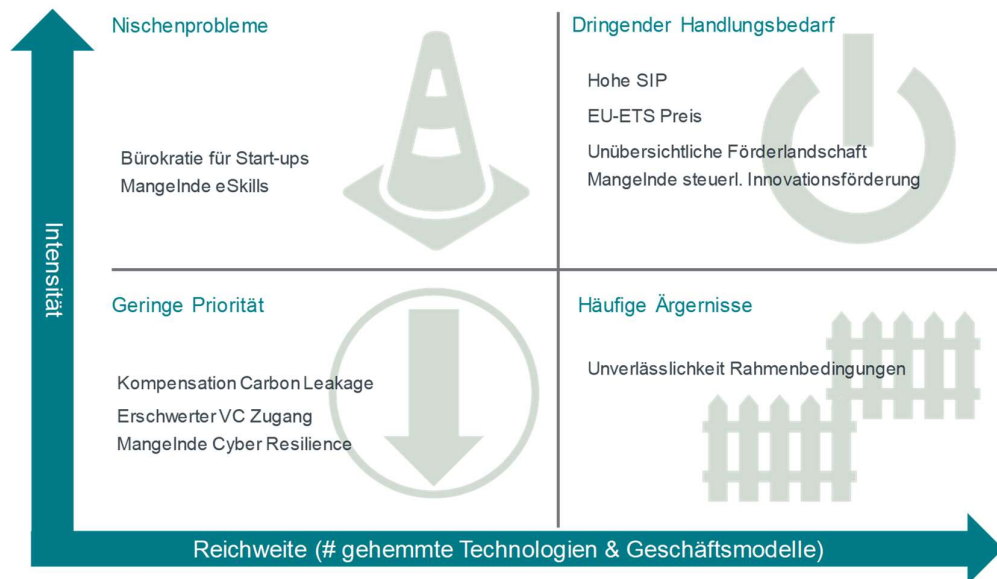
Abbildung 33 Industriesektor - Technologie Hemmnis Matching

Technologien	Hemmnisse
Energieeffizienz	Kompensation Carbon Leakage (H.i.1); EU-ETS Preis (H.i.2); Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Reduktion Prozessemissionen	Kompensation Carbon Leakage (H.i.1); EU-ETS Preis (H.i.2); Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Power-to-Heat/Cold/Steam	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Power-to-Gas	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Power-to-Liquids	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Power-to-Chemicals	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Biomasse	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Virtuelle Kraftwerke	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Mangelnde eSkills (H.ü.5); Mangelnde Cyber Resilience (H.ü.6); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Dezentrale Speicher	Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Energierückgewinnung	Kompensation Carbon Leakage (H.i.1); EU-ETS Preis (H.i.2); Hohe SIP (H.i.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);

Quelle: Frontier Economics

Abbildung 34 zeigt die Hemmnisse im Industriesektor nach Intensität und potenzieller Reichweite. Ein Hemmnis ist dabei umso kritischer, je höher die Intensität (sehr stark/stark) und Reichweite des Hemmnisses (Menge der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle) ist.

Abbildung 34 Hemmnisse im Industriesektor nach Intensität und potenzieller Reichweite



Quelle: Frontier basierend auf Expertenumfrage

Hinweis: Einordnung nach Reichweite rechts: mindestens 50% der Technologien und Geschäftsmodelle sind gehemmt, links: Rest; und Intensität oben: mindestens 60% der Experten halten das Hemmnis für sehr wichtig oder wichtig. Sektorübergreifende Hemmnisse wurden je nach Sektoreinfluss eigens bzgl. Reichweite beurteilt.

4.3 Hemmnisse für Innovation im Verkehrssektor

Überblick – Abgefragte potentielle Hemmnisse

Im Bereich des Verkehrssektors wurden den Experten folgende mögliche Hemmnisse zur Auswahl gestellt¹³⁴:

- Fehlende und nicht proaktiv kommunizierte Verfügbarkeit von Lade-/Tankinfrastruktur für Elektro- und CO₂-neutrale Fahrzeuge?
- Fehlende Technologieneutralität („Positivlisten“) für die CO₂ Flottenziele im Verkehrssektor (z.B. erhalten E-Autos Gutschriften, während andere alternative Antriebe nicht definiert sind)?
- Unzureichende Fokussierung der Regulierung (z.B. CO₂ Flottenziele) auf den Fahrzeugbestand?
- Unzureichende Fokussierung der Regulierung (z.B. CO₂ Flottenziele) auf das Fahrverhalten bzw. das Mobilitätsverhalten insgesamt?
- Fehlende Koordination von Ladesäulenausbauplanung und Verteilnetzausbau (z.B. für Strom- und Gasnetze)?
- Fehlende Regulierung in Bezug auf CO₂ Vorschriften für importierte synthetische Brennstoffe in der EU (und in DE)?
- Fehlende Berücksichtigung von CO₂ Implikationen von Transport- und Verkehrsoptionen (Schiff-, Schienen-, Auto-, Bus- u. Fahrradstrecken,

¹³⁴ Vgl. auch Prognos et al. (2018), Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende.

Bahnhöfe,...) bei der Planung von Bundesverkehrswegen, kommunalen Infrastrukturplanungen, etc. (z.B. Fahrradwegeninfrastruktur in den Niederlanden oder Dänemark)?

- Steuerliche Privilegierung von Dienstwagen?

Im Folgenden erläutern wir die Wirkung der potenziellen Hemmnisse.

4.3.1 Fehlen von Lade-/Tankinfrastruktur für CO2 neutrale Fahrzeuge?

Problemaufriss

Sobald die Dekarbonisierung des Verkehrssektors darauf abzielt, dass Autofahrer in alternative Antriebe investieren (z.B. Elektrofahrzeuge, CNG, H2, andere CO2 neutrale Kraftstoffe...), erfordert dies gleichzeitig das Vorhandensein einer entsprechenden Ladeinfrastruktur¹³⁵. Hierbei müssen auch „Extremsituationen“ (z.B. Urlaubsreisen zu Ferienstart) mit langen Reichweiten und hohen Kapazitäten abgedeckt werden. Autofahrer sehen ihr Auto als eine „Option auf Mobilität“ – d.h. sie wollen flexibel sein, kurzfristig eine Fahrt zu einem bestimmten Ort anzutreten; alleine die Option auf diese Fahrt ist aus ihrer Sicht ein Nutzen (im Zweifel auch, ohne dass diese Fahrt jemals angetreten wird). Ohne eine sicher verfügbare Reichweite/Infrastruktur ist deshalb eine freiwillige Marktpenetration alternativer Antriebe nur schwer umsetzbar¹³⁶.

Aus ökonomischer Sicht können Netzwerkexternalitäten den Umstieg auf CO2 neutrale Antriebsarten hemmen: es stellt sich eine Art „Henne/Ei Problem“ – der Aufbau einer Lade-/Tankinfrastruktur ist zu teuer für wenige Nutzer und gleichzeitig haben Nutzer keine Umstiegsanreize ohne breit verfügbare Infrastruktur.

Gleichzeitig besteht die Gefahr bei einer wenig durchdachten Förderung durch den Staat ungewollt oder frühzeitig alles auf eine Karte zu setzen und „Gewinnertechnologien“ zu definieren. Fällt die Wahl auf die „falsche Technologie“ so kann dies zu hohen volkswirtschaftlichen Mehrkosten führen: Der entstehende Lock-in Effekt hält die Nutzer dann davon ab, zur effizientesten und umweltfreundlichsten Technologie zu wechseln. CO2 Einsparungspotentiale werden dann nicht voll oder nur sehr teuer gehoben.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Am Beispiel der Elektromobilität zeigt sich, dass fehlende Infrastruktur (passend zur Reichweite der Fahrzeuge) den Durchbruch der Technologie erschwert – und deshalb auch Kaufpreisanreize kaum Wirkung entfalten. Innovationen auf einer Seite (z.B. bei Fahrzeugen) bedürfen deshalb immer gleichzeitig Investitionen und Innovationen im anderen Bereich (bei der Infrastruktur). Deshalb sind zusätzliche Hemmnisse z.B. für den Ausbau und den Zugang zur Infrastruktur doppelt hinderlich; zum Beispiel:

¹³⁵ Siehe auch Kompetenzzentrum (2018).

¹³⁶ Siehe auch Hannoversche Allgemeine (2018).

- Fehlende oder fehlerhafte Regulierung der Ladesäulen bzw. Verteilnetze (Payment-Lösungen, Tarifstrukturen, Netzausbau, koordiniertes Laden, Mess- und Eichwesen,...)¹³⁷; und
- Umweltauflagen (z.B. REACH Directive¹³⁸ bei synthetischen Kraftstoffen).

Die oben genannten Lock-in Effekte können unterschiedliche Effekte auf Innovationen haben:

- Erstinnovationen können beschleunigt werden, da sie dem ersten erfolgreichen und tragbaren Konzept einen gewissen Schutz vor Imitation bieten.
- Kehrseite ist ein zu früher Markteintritt, bevor die Technologie optimal gereift ist, da es für den Innovator lohnender sein kann, der erste am Markt zu sein als das beste Produkt anzubieten.
- Folgeinnovationen können durch Lock-in Effekte verringert werden, da Innovatoren auf die Kooperation des oder der Grundtechnologie angewiesen sind.

4.3.2 Fehlende Koordination Ladeinfrastrukturausbau und Verteilnetzausbau

Problemaufriss

Ein Grund für den schleppenden Ausbau der Ladeinfrastruktur kann auch der zögerliche Ausbau der dafür notwendigen Strominfrastruktur sein¹³⁹. Dies gilt zum einen für öffentliche Ladepunkte (z.B. Schnellladesäulen an der Autobahn mit Anschluss an ein Mittelspannungsnetz), aber auch bei räumlich konzentrierter Nutzung von E-Fahrzeugen mit privaten Ladeinfrastrukturen (in den Diskussionen auch die sog. „Zahnarztsackgasse“ genannt).

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Ladeinfrastruktur ist nicht Teil der regulierten Energienetzinfrastruktur – d.h. sie unterliegt dem Wettbewerb und die Eigentümerschaft ist nicht bei den Strom- oder Erdgasnetzverteilnetzbetreibern. Insbesondere sog. Schnellladesäulen können jedoch durch ihre vergleichsweise hohen Leistungen Herausforderungen an die Verteilnetzinfrastruktur stellen - d.h. der Rollout von Ladeinfrastruktur und Verteilnetzausbau muss koordiniert erfolgen¹⁴⁰. Wenn sich also entweder der Business Case der Ladeinfrastruktur nicht trägt oder es auf Netzbetreiberseite zu Schwierigkeiten beim erforderlichen Netzintegration kommt, wird ein solcher Ladepunkt (ohne Zusatzförderung) nicht realisiert. Neben den Anreizen für den Ladeinfrastrukturbetreiber spielen also auch die Vorschriften und Anreize für Verteilnetzbetreiber eine wichtige Rolle für die Existenz ausreichender Ladeinfrastruktur (siehe auch Diskussion zu „Smart Grids“ in Kapitel 4.1.4).

¹³⁷ Siehe auch VDI Nachrichten (2017).

¹³⁸ Siehe European Commission (2016).

¹³⁹ Die Installation von Ladepunkten ist nach den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Netzbetreiber ab einer Anschlussleistung > 4,6 kW (kVA) anmeldepflichtig. Dabei ist es unerheblich, ob sich die Ladeeinrichtung im privaten oder öffentlichen Raum befindet. Dies gilt auch für die Erweiterung bestehender Einrichtungen: Ladesäulen mit einer Anschlussleistung > 12 kVA sind genehmigungspflichtig.

¹⁴⁰ Vgl. TEAG (2018).

4.3.3 Fehlende Belohnung für Nutzung von CO₂-freien synthetischen Brennstoffen als Well-to-Wheel Betrachtung

Problemaufriss

Neben der direkten Elektrifizierung spielt für bestimmte Mobilitätsformen auch die Frage nach innovativen CO₂ neutralen Kraftstoffen („grüne“ Kraftstoffe wie bspw. „eFuels“) eine wichtige Rolle (z.B. bei höheren Reichweitenerfordernissen im ländlichen Raum, Schwerlastverkehr, etc.). Für diese relativ neuen Technologien gibt es noch keine ausreichende bzw. klare Regulierung.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Neben dem bereits angeführten Hemmnis aus der Tarifstruktur (hohe SIP Anteile im Strompreis und stark kWh-basierte Netzentgelte) spielen fehlende Regelungen eine Rolle, die es „grünen“ Kraftstoffen erlauben würden, den Wert, den sie durch Emissionsminderung für die Volkswirtschaft schaffen¹⁴¹, zu monetarisieren. Mit der im Juni 2018 auf EU Ebene veröffentlichten neuen „Renewable Energy Directive II) wird ein erster Schritt in diese Richtung gemacht¹⁴².

Im jetzigen Regulierungsrahmen erfolgt jedoch keine Monetarisierung der Umweltvorteile bei der Nutzung synthetischer (aus EE-Strom hergestellter) Kraftstoffe.

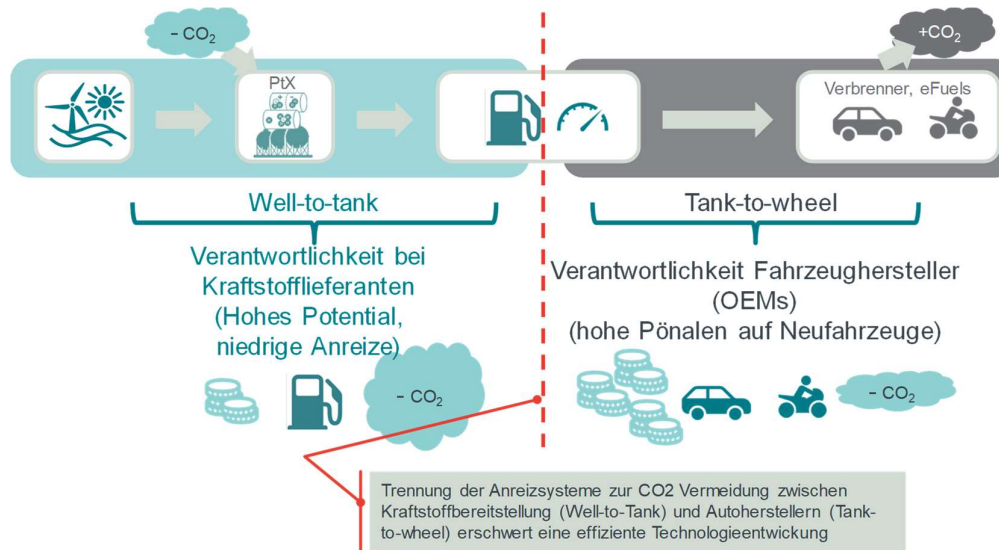
- **CO₂-Minderung zahlt sich nur bei Fahrzeugen, nicht bei Kraftstoffen aus:** Die KFZ Steuer ist zwar nach CO₂ Ausstoß gegliedert – bezieht sich jedoch auf das Fahrzeug an sich und nicht auf den eingesetzten Kraftstoff. Damit wird die CO₂-Externalität nicht verursachungsgerecht bepreist. Die Regelung lässt das Fahrverhalten und den verwendeten Kraftstoff weitestgehend außer Acht - man könnte z.B. auch einen Verbrennungsmotor mit emissionsarmen Kraftstoffen betreiben – nicht nur Elektrofahrzeuge und Plug-in Hybride.
- **CO₂ Ausstoß fossiler Kraftstoffe mangelhaft pönalisiert:** Die Steuerbelastung für Diesel und Benzin spiegelt nicht den CO₂ Footprint der Kraftstoffe wider. Derzeit können (die ohnehin noch teureren) synthetischen Kraftstoffe (eFuels) ihren Umweltvorteil nicht ausspielen¹⁴³.

¹⁴¹ Vgl. Bothe und Janssen (2018).

¹⁴² http://artfuelsforum.eu/wp-content/uploads/2017/12/ART_Fuels_Forum_Position_Paper_PtX_Dec_2017.pdf

¹⁴³ Vgl. Alternative Antriebe und Kraftstoffe (2018).

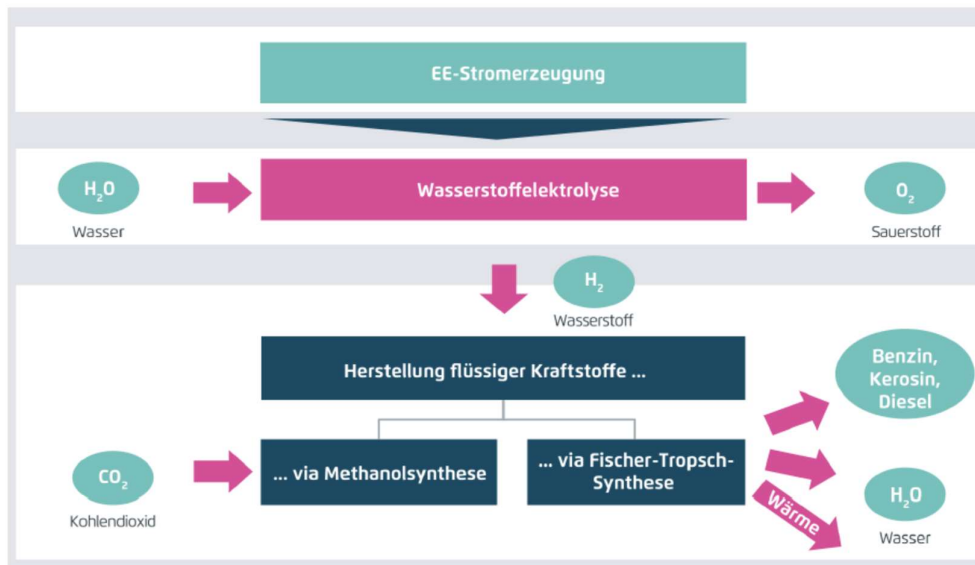
Abbildung 35 Getrennte Anreizsysteme für Kraftstoffhersteller und Autoindustrie



Quelle: Frontier Economics

Zudem gelten synthetische Kraftstoffe bisher nur dann als "grün", d.h. vollständig klimaneutral, wenn sie mit Hilfe von direkt angeschlossenen erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen vor Ort hergestellt werden. Das bedeutet, ein wichtiger Vorteil der synthetischen Brennstoffe, nämlich das Stromnetz bspw. bei lokalem Stromengpass¹⁴⁴ durch zunehmend auseinanderfallender Erzeugung und Bedarf zu stabilisieren, ist bisher nicht in vollem Umfang möglich.

Abbildung 36 Beispiel: Herstellung von synthetischen Kraftstoffen



Quelle: Frontier Economics/Agora (2018)

¹⁴⁴ Möglichst an einer Stelle mit direktem Anschluss an die Gasinfrastruktur, wie z.B. Gasnetze oder -kraftwerke.

Die dadurch kreierte Abhängigkeit der PtG-Anlage von einem einzelnen Erzeugungsstandort, führt zu niedriger Auslastung der PtG-Anlage – sie kann sich schließlich nur des Überschussstroms dieses Erzeugungsstandorts bedienen -, was die Wirtschaftlichkeit deutlich erschwert. Ein einfaches Beispiel zeigt: Würde man eine Elektrolyseanlage oder eine Methanisierungsanlage mit Photovoltaik in Deutschland betreiben, so läge die erreichbare Vollaststundenzahl/Auslastung bei ca. 1000 h/a – dies würde die Kosten der Erzeugung stark verteuern, da die Fixkosten des Elektrolyseurs und der Methanisierungsanlage nur auf wenige Stunden verteilt werden können¹⁴⁵.

4.3.4 Regulierung fokussiert auf Neuwagen – Bestand und Fahrverhalten werden nicht adressiert und es besteht eine nicht technologie neutrale „Positivliste“ für die CO2 Flottenziele im Verkehrssektor

Problemaufriss

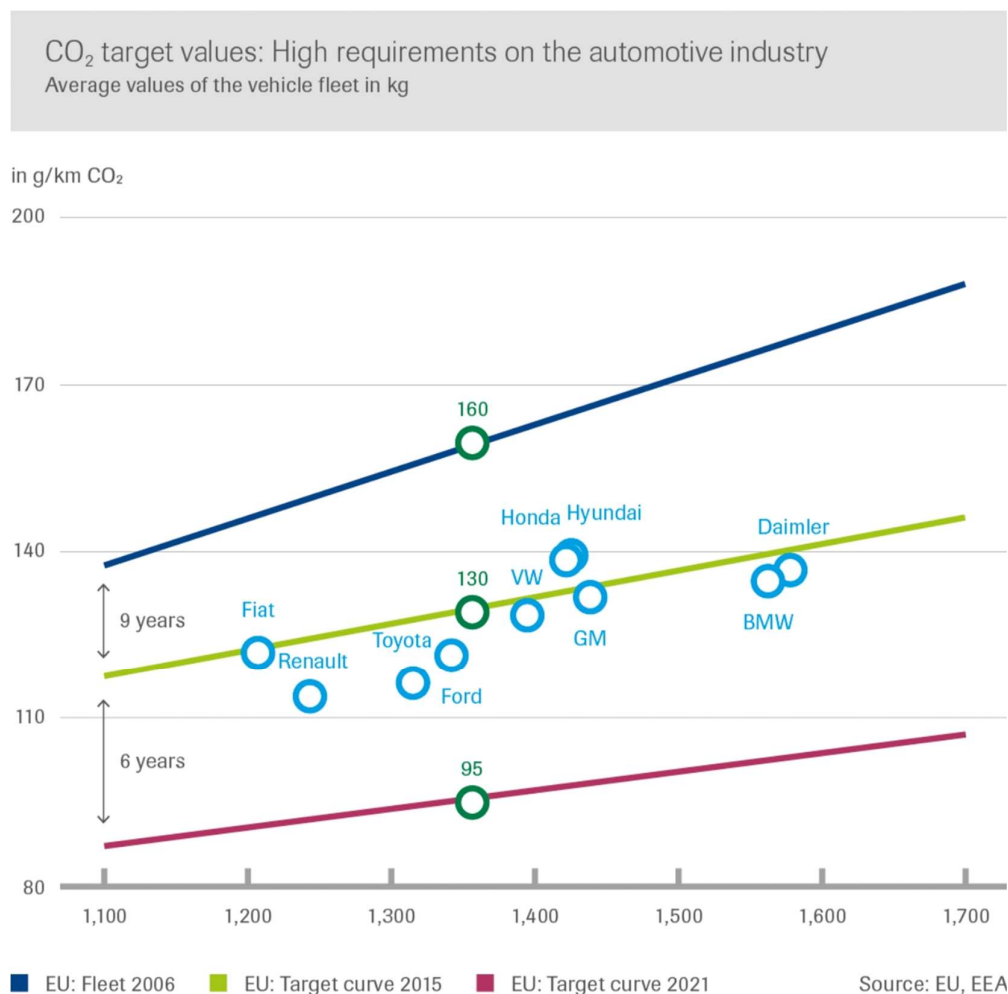
Eine Reihe der abgefragten Hemmnisse im Verkehrssektor zielen auf die oben bereits kritisierte regulatorische Handhabung im Kontext der CO2 Flottenziele für Neuwagen. Die genannten Zielwerte beziehen sich auf die durchschnittlichen Emissionen der Neuwagen eines Herstellers innerhalb Europas unter Annahme eines fiktiven Fahrverhaltens. Die erlaubten Emissionswerte der Neuwagenflotte werden zudem nach Fahrzeuggewicht angepasst. Bis zum Jahr 2021 dürfen alle neu zugelassenen Pkw in der EU im Schnitt maximal 95g CO2/km ausstoßen: Dies entspricht einem durchschnittlichen Verbrauch auf 100 km von 3,6 Liter Diesel bzw. 4,1 Liter Benzin¹⁴⁶. Für den Verkauf von Elektrofahrzeugen gilt ein sog. off - setting: verkaufen Hersteller im Jahr 2025 mehr als 15 % oder im Jahr 2030 mehr als 30 % solcher „emissionsarmer“ Fahrzeuge, werden im Gegenzug ihre CO2-Vorgaben abgeschwächt¹⁴⁷.

¹⁴⁵ Siehe Frontier Economics/Agora (2018).

¹⁴⁶ Siehe VCD (2018).

¹⁴⁷ Im Jahr 2025 sollen 15% aller verkauften Neuwagen eines Herstellers emissionsarme Fahrzeuge sein, im Jahr 2030 sogar 30%. Verkaufen Hersteller mehr emissionsarme Fahrzeuge, erhalten sie einen Bonus: Ihr Flottenziel wird um bis zu fünf Prozent abgeschwächt. Als emissionsarm gelten dabei Fahrzeuge mit einem CO2-Ausstoß von unter 50 g/km - neben vollelektrischen Fahrzeugen also auch entsprechende Plug-In-Hybride.

Abbildung 37 Derzeitige (aktuelle Regulierung aus dem Jahr 2015) und zukünftige (nach 2021) Flottenziele und Erreichungsgrad nach Hersteller



Quelle: VDA, <https://www.vda.de/en/topics/environment-and-climate/co2-regulation-for-passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/co2-regulation-of-passenger-cars-and-light-commercial-vehicles-in-europe.html>

Hinweis: Flottenziele und Anpassung an das Fahrzeuggewicht

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Sowohl die alte als auch die neue Regelung bezieht sich ausschließlich auf die Neuwagenflotte in Europa – das Gros der Fahrzeugflotte in Europa sind jedoch Bestandsfahrzeuge (so wurden in Deutschland im Jahr 2017 rund 3,4 Mio. PKW zugelassen, bei einem PKW Bestand von über 63 Mio. Fahrzeugen.¹⁴⁸). Die technische Lebensdauer von PKW liegt heute bei rund 18 Jahren (allerdings liegt die Nutzungsdauer innerhalb Deutschlands deutlich darunter - das Durchschnittsalter der PKW in Deutschland liegt bei knapp 10 Jahren)^{149 150}.

¹⁴⁸ Siehe Kraftfahrtbundesamt (2018b).

¹⁴⁹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/316498/umfrage/lebensdauer-von-autos-deutschland/>

¹⁵⁰ https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/fahrzeugalter_node.html

Die Erfüllung dieser Regeln sind technisch aufwändig und verteuern Neuwagen, was Anreize zum Umstieg auf neuere Modelle behindert und tendenziell das Durchschnittsalter der Gesamtflotte (und damit den durchschnittlichen CO₂ Ausstoß) erhöht. Die Einrichtung von Umweltzonen und Fahrverboten in Städten haben ebenfalls einen Einfluss auf das Kaufverhalten (der von Stadtfahrten betroffenen PKW Besitzer). Die aktuellen Diskussionen um Dieselfahrzeuge hat dazu geführt, dass sich Fahrzeuge mit Benzinmotor wieder größerer Beliebtheit erfreuen (obwohl sie in der Regel mehr Kraftstoff benötigen als Dieselfahrzeuge). Dies erschwert die Einhaltung der Flottenziele für die Hersteller zusätzlich¹⁵¹.

4.3.5 Ineffiziente/verzerrende Steuervorteile für Firmenwagen

Problemaufriss

Es gibt steuerliche Anreize für Firmen und Angestellte, einen Teil des Gehaltes nicht direkt auszubezahlen, sondern über die Bereitstellung eines Firmenwagens abzudecken. Die teilweise steuerliche Anrechnung (als „geldwerter Vorteil“) hat diese Vorteile nur reduziert (es bleiben substanzielle Vorteile bei Versicherung, Unfallkosten,...). Die Steuervorteile wirken wie eine Subvention des Autokaufs.

Gleichzeitig schließen größere Firmen dazu typischerweise Rahmenverträge mit Herstellern/Dienstleistern ab. Da es gerade bei Fahrzeugen mit innovativen Antriebstechnologien (zumindest anfangs) nur eine kleine Auswahl an Modellen pro Hersteller gibt, reduziert dies die Wahrscheinlichkeit der Wahl eines umweltfreundlichen Modells. Die neu geplante Förderung der Elektromobilität im Rahmen der Dienstwagenregelung gleicht die Verzerrung der „alten“ Regelung teilweise aus (es bleiben aber die extensiven Effekte sowie neue Verzerrungen z.B. im Vergleich Elektromobilität vs. eFuels)¹⁵².

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Die Steuervorteile von Firmenwagen haben zwei Kernausswirkungen auf Innovationen im Verkehrsbereich:

- Extensiver Effekt: Andere Mobilitätskonzepte (wie ÖPNV, Carsharing-Modelle, etc.) werden behindert, weil Autobesitz durch das Steuerprivileg vergünstigt wird. Die Auswirkungen werden durch Netzwerkeffekte verstärkt: mehr Autobesitz führt zu einer geringeren Nutzung z.B. des ÖPNV und von Carsharing, was aufgrund von Fixkosten deren Ausbau unrentabler macht.
- Intensiver Effekt: Es wird eine Tendenz zu großen Autos mit tendenziell höheren Emissionen befördert. Kostengünstigerer Autobesitz führt auch zur vermehrten Wahl relativ teurerer und leistungsstärkerer Fahrzeuge bei Neuwagen (mit entsprechend nachgelagerten Auswirkungen auf den Gebrauchtwagenmarkt). Dies wird, wie diskutiert, zusätzlich durch die eingeschränkte Modellwahl durch Rahmenverträge der Arbeitgeber mit einzelnen Herstellern verstärkt.

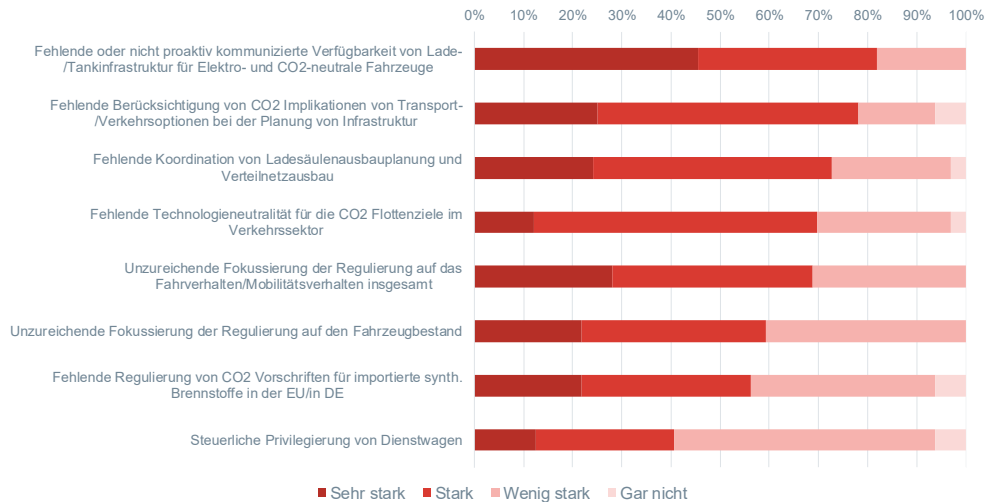
¹⁵¹ https://www.uni-due.de/~hk0378/publikationen/2018/20180604_Handelsblatt.pdf

¹⁵² <https://ecomento.de/2018/08/01/steuerbonus-fuer-elektroauto-dienstwagen-kommt-2019/>

Überblick – Einordnung der potentiellen Hemmnisse durch die Expertengruppe

Abbildung 38 zeigt die Einschätzung der Expertengruppe in Bezug auf die vorgestellten potenziellen Hemmnisse.

Abbildung 38 Hemmnisse für die Energiewende im Verkehrssektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent

Besonders kritisch gesehen werden (von mehr als 60% der Experten):

- Fehlende Infrastruktur für alternative Antriebe;
- Fehlende Berücksichtigung von CO2 Implikationen bei der Planung von Infrastruktur;
- Fehlende Koordination von Ladeinfrastruktur und Netzplanung
- Unzureichende Fokussierung auf Fahrverhalten; und
- Fehlende Technologieneutralität bei der Formulierung der CO2 Flottenziele.

Eher unkritisch (mit Blick auf die Energiewende) wird die steuerliche Privilegierung der Dienstwagen gesehen.

Einordnung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung durch die Autoren

Im Verkehrssektor sind insbesondere externe Effekte und Koordinationsmängel relevante Hemmnisse. Herausforderung für die F&I Politik dürfte es sein, „das „Henne/Ei“ Problem bei der Ladeinfrastruktur aufzubrechen (ohne Kunden keine kommerziell betriebene Ladesäule, ohne Ladesäule keine E-Autos). Herausforderung ist hier, nicht durch frühzeitige Schaffung von Infrastruktur „Gewinner“ festzulegen (siehe Diskussion um E-Autos, Wasserstoff oder PtL). Die bessere Koordination der Infrastrukturen Strom, Gas, Wasserstoff, Verkehrswege kann hier einen Beitrag leisten.

Wie in den anderen Sektoren spielt der externe Effekt zu CO2 Bepreisung und Steuerprivilegien für fossile Kraftstoffe ebenfalls eine wichtige Rolle (dies gilt nicht

nur für den Straßenverkehr (Dieselprivileg bei der Steuer), sondern auch für den Flugverkehr (Kerosin)). Diese Einschätzung wird durch viele Studien gestützt¹⁵³.

Die steuerliche Förderung zu Dienstwagen wurde noch der Durchführung der Umfrage bereits abgeändert (mit einem zusätzlichen Privileg für Elektrofahrzeuge und Hybride), so dass dieses Hemmnis vermutlich (mit Blick auf die potenziell hemmende Wirkung für die Energiewende, nicht im Hinblick von Steuergerechtigkeit) weiter entschärft (aber nicht behoben) wurde.

Abbildung 39 und Abbildung 40 zeigen die relevanten Technologien/Geschäftsmodelle im Verkehrssektor und ordnen die Hemmnisse den jeweiligen Technologien bzw. Geschäftsmodellen zu. Die Zuordnung von Hemmnissen zu Technologien erfolgt nach eigener Einschätzung von Frontier (siehe auch Abbildung 29).

¹⁵³ Siehe u.a. Sachverständigenrat (2017), Umweltbundesamt (2017) und bdew (2018b).

Abbildung 39 Verkehrssektor - Technologie Hemmnis Matching

Technologien	Hemmnisse
Elektrofahrzeuge	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur (H.v.1); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.v.2); Geringer Fokus auf Bestand (H.v.3); Geringer Fokus auf Fahr-/Mobilitätsverhalten (H.v.4); Fehlende Koordination Ladeinfrastruktur (H.v.5); Unzureichende Verkehrswegplanung (H.v.7); Privilegierung von Dienstwagen (H.v.8); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Hybridfahrzeuge	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur (H.v.1); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.v.2); Geringer Fokus auf Bestand (H.v.3); Fehlende Koordination Ladeinfrastruktur (H.v.5); Fehlende Regulierung CO2 eFuels (H.v.6); Unzureichende Verkehrswegplanung (H.v.7); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Wasserstoffmobilität	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur (H.v.1); Geringer Fokus auf Bestand (H.v.3); Geringer Fokus auf Fahr-/Mobilitätsverhalten (H.v.4); Fehlende Koordination Ladeinfrastruktur (H.v.5); Fehlende Regulierung CO2 eFuels (H.v.6); Unzureichende Verkehrswegplanung (H.v.7); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Ladeinfrastruktur (Strom, Wasserstoff, PtG, PtL)	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur (H.v.1); Geringer Fokus auf Bestand (H.v.3); Geringer Fokus auf Fahr-/Mobilitätsverhalten (H.v.4); Fehlende Koordination Ladeinfrastruktur (H.v.5); Fehlende Regulierung CO2 eFuels (H.v.6); Unzureichende Verkehrswegplanung (H.v.7); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Ladeinfrastruktur über Stromschiene auf Straßen für Straßenverkehrsmittel	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur (H.v.1); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
ÖPNV	Unzureichende Verkehrswegplanung (H.v.7); Privilegierung von Dienstwagen (H.v.8); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
PtL (importiert bzw. in Deutschland synthetisch auf Basis von EE hergestellt, z.B. via Elektrolyse)	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur (H.v.1); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.v.2); Fehlende Koordination Ladeinfrastruktur (H.v.5); Fehlende Regulierung CO2 eFuels (H.v.6); Unzureichende Verkehrswegplanung (H.v.7); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Straßen als Flächen für PV	Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);
Autonomes Fahren	Geringer Fokus auf Fahr-/Mobilitätsverhalten (H.v.4); Erschwerter VC Zugang (H.ü.1); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4); Mangelnde eSkills (H.ü.5); Mangelnde Cyber Resilience (H.ü.6); Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen (H.ü.7);

Quelle: Frontier Economics

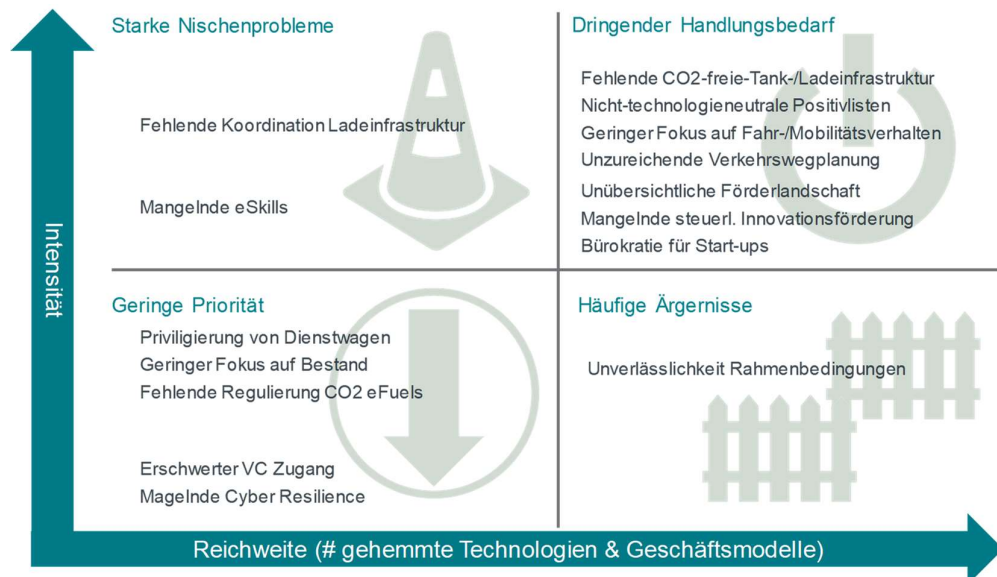
Abbildung 40 Verkehrssektor - Geschäftsmodell Hemmnis Matching

Geschäftsmodelle	Hemmnisse
Verkehrsmittel-Sharing-Modelle, Mobilitätsaggregatoren	
Datenaggregation und Sharing zur Verkehrsflussoptimierung	Geringer Fokus auf Fahr-/Mobilitätsverhalten (H.v.4); Privilegierung von Dienstwagen (H.v.8); Mangelnde eSkills (H.ü.5);
Flottenmanagement-Systeme	

Quelle: Frontier Economics

Abbildung 41 zeigt die Hemmnisse im Verkehrssektor - je höher die Intensität (sehr stark/stark) und Reichweite des Hemmnisses (Menge der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle) ist, desto kritischer ist es einzuordnen.

Abbildung 41 Hemmnisse im Verkehrssektor nach Intensität und Reichweite



Quelle: Frontier basierend auf Expertenumfrage

Hinweis: Einordnung nach Reichweite rechts: mindestens 50% der Technologien und Geschäftsmodelle sind gehemmt, links: Rest; und Intensität oben: mindestens 60% der Experten halten das Hemmnis für sehr wichtig oder wichtig. Sektorübergreifende Hemmnisse wurden je nach Sektoreinfluss eigens bzgl. Reichweite beurteilt.

4.4 Hemmnisse für Innovation im Gebäudesektor

Abgefragte potentielle Hemmnisse

Im Bereich des Gebäudesektors wurden folgenden potenziellen Hemmnisse abgefragt:

- Fehlende oder nicht konsistente Bepreisung von CO2 Emissionen für Wärmetechnologien (z.B. via CO2 Steuer)?

- Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten für Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen (z.B. Abschreibungsregeln)?
- Zu starke Fokussierung des Ordnungsrechts (EnEV) auf Neubauten bzw. unzureichende Anwendung auf Bestandsgebäude (inkl. großzügiger Ausnahmeregelungen bei Modernisierung)?
- Nicht-technologieneutrale „Positivlisten“ wie die Primärenergiefaktoren aus der EnEV oder „Gutschriften“ für EE nach EEWärmeG als Hemmnis für innovative "low carbon" Einzelmaßnahmen?
- Derzeitige Tarifstruktur (siehe Stromsektor) als Hemmnis für Innovationen im Gebäudesektor (z.B. durch direkte oder indirekte Elektrifizierung)?
- Fehlende Verständlichkeit und Erreichbarkeit oder falsche Adressaten von Förderungen für die Energiewende im Gebäudesektor (z.B. bei Programmen für technologieoffene Einzelmaßnahmenförderung im Bestand)?
- Bestehendes Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht als Hemmnis für Energieeffizienz oder den Einsatz von EE im Quartier bzw. bei Nutzung von „Skaleneffekten im Kleinen“ (Hemmnis für Eigenverbrauchslösungen?)?
- Limitierter/zu komplizierter Zugang zu Fördermitteln für Bestandsbauten und Ersatzneubauten (letzteres als eine Extremform der „Sanierung“)?

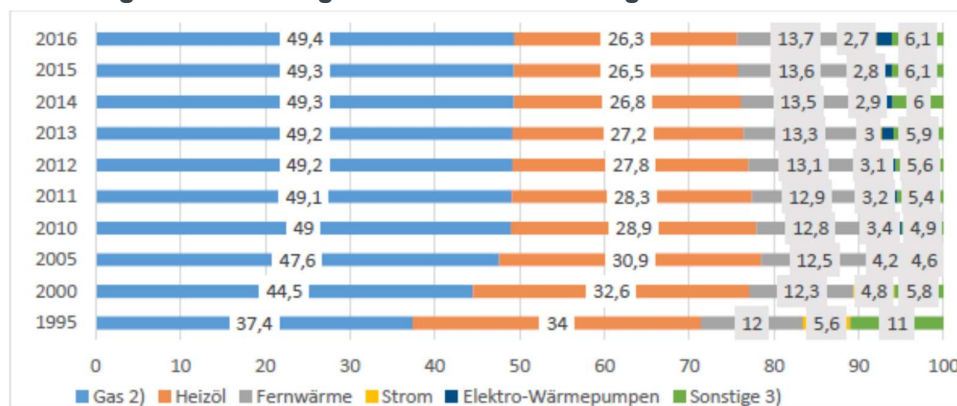
Im Folgenden erläutern wir die potenziellen Hemmnisse und ergänzen weitere Hintergrundinformationen.

4.4.1 Fehlende oder nicht konsistente Bepreisung von CO₂ Emissionen für Wärmetechnologien?

Problemaufriss

Im Bereich der dezentralen Wärmeerzeugung fehlt es, wie in Abbildung 43 dargestellt, an einer konsistenten Bepreisung von CO₂-Emissionen je nach Gebäudetyp und verwendetem Brennstoff bzw. Technologie. Bei der sehr heterogenen Struktur der Wärmetechnologien (siehe Abbildung 42) spielt dies eine wichtige Rolle.

Abbildung 42 Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland



Quelle: IW Köln (2018)

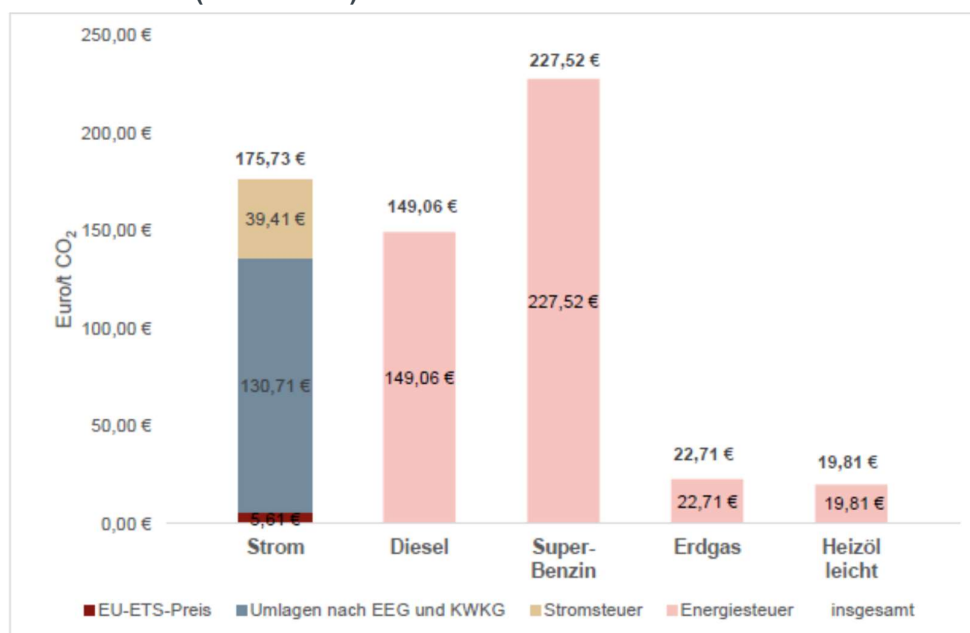
Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Die uneinheitliche Behandlung der Technologien führt zu Verzerrungen bei der Technologiewahl – oft zu Ungunsten der innovativen und klimaneutralen Technologien wie die folgenden beiden Beispiele zeigen:

- Betreiber von Wärmepumpen zahlen mit ihrem Stromverbrauch EEG-Umlage und CO₂ Preise – Gasthermen und Heizölbrenner zahlen zwar ebenfalls Abgaben, diese sind aber deutlich geringer als im Strom (siehe SIP Diskussion).¹⁵⁴
- Aus Sicht der Verbraucher ist es in Bestandsgebäuden nicht attraktiv, von der Nutzung herkömmlichen Erdgases oder Heizöl auf klimaneutrale synthetische Brennstoffe umzustellen (kleine Anlagen mit einer Feuerungsleistung <20 MW fallen nicht unter den EU ETS). Diese sind derzeit in der Regel zwar ohnehin teurer als herkömmliches Methan (und auch nicht über das Erdgasnetz zu beziehen), aber es gibt auch keine Möglichkeit den Klimavorteil „gegenzurechnen“.

Abbildung 43 zeigt die verzerrende Wirkung der derzeitigen Bepreisung im Wärmemarkt: Leichtes Heizöl, Erdgas und Diesel kommen in puncto Emissionspönalisierung deutlich besser weg als andere Energieträger.

Abbildung 43 Implizite CO₂ Preise nach Energieträger im Wärmemarkt (Stand 2016)



Quelle: IW Köln (2018)

¹⁵⁴ Vgl. IW Köln (2018).

4.4.2 Ordnungsrecht findet Anwendung auf Neubauten, aber wenig auf Bestandsgebäude?

Problemaufriss

Ordnungsrechtliche Vorgaben zu Primärenergieverbräuchen etc. richten sich in erster Linie auf Neubauten. Für Bestandsbauten gibt es keine signifikanten Nachrüstverpflichtungen, im Falle eines Kaufes können laut EnEV Sanierungspflichten entstehen, allerdings gibt es auch einige Ausnahmeregelungen¹⁵⁵. Eine Ausnahme bildet die Effizienzverordnung in Baden Württemberg - hier wird auch der Bestand bei der Pflicht zu Heizungsnachrüstungen weitestgehend eingezogen.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Derzeit werden die Verpflichtungen und Anforderungen für Neubauten immer weiter „angezogen“, allerdings steht der Gebäudebestand nicht im Fokus schärferer ordnungsrechtlicher Vorgaben.

Die praktische Herausforderung ist dabei im Vergleich zum KFZ Bestand hierbei aber ungleich höher: Politikmaßnahmen im Bereich Bestandsbauten dringen in existentielle Grundrechte und hochemotionale Bereiche der „Wähler“ ein. Zudem sind die ebenfalls wichtigen (sozialen) Politikziele wie „günstiger Wohnraum“ in die Energiediskussion einzubeziehen. Bleibt man bei den ambitionierten Klimazielen, so müssten die aus einer stringenten CO₂-Bepreisung resultierenden Konflikte mit anderen (vorwiegend) verteilungspolitischen Ziele von anderen Politikbereichen durch flankierende Maßnahmen adressiert werden. Aus Sicht der Autoren ist mit Blick auf die ambitionierten Minderungsziele zwingend Handlungsbedarf bei Bestandsgebäuden geboten¹⁵⁶. Dies kann durch „Druck“ (also ordnungspolitische Maßnahmen) oder „Anreize“ (also Förderprogramme) erfolgen. Derzeit liegt der Fokus bei Bestandsgebäuden eher im Bereich „Förderprogramme“ wie beispielsweise das Marktanreizprogramm des BMWI¹⁵⁷ oder Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)¹⁵⁸.

¹⁵⁵ Ein- und Zweifamilienhäuser, die der Verkäufer bereits vor dem 1. Februar 2002 bewohnt hat, waren bislang von einer Sanierungspflicht befreit. Hier kann für Käufer innerhalb von zwei Jahren nach dem Einzug ein hoher Sanierungsaufwand anfallen. Häuser, die nach dem 1. Februar 2002 errichtet wurden oder bei denen seitdem schon ein Eigentümerwechsel war, müssen gewisse Anforderungen der EnEV bereits erfüllen. Vgl. hierzu Effizienzhaus-online (2017).

¹⁵⁶ Die Zahl der in Deutschland pro Jahr in Einfamilien-, Zweifamilien- oder Mehrfamilienhäuser fertiggestellten neuen Wohneinheiten liegt in einer Größenordnung von 300.000 WE/a. Demgegenüber beträgt der Bestand an Wohneinheiten in Deutschland knapp 42 Mio. WE.

¹⁵⁷ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faktenblatt-zum-marktanreizprogramm-map.pdf?__blob=publicationFile&v=9

¹⁵⁸ Eine Liste der Fördermittel der KfW für Bestandsgebäude ist hier verfügbar:
<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/F%C3%B6rderprodukte-f%C3%BCr-Bestandsimmobilien.html>

4.4.3 Nicht technologie neutrale „Positivliste“ Primärenergiefaktoren nach EEWärmeG bzw. EnEV (zukünftig Gebäudeenergiegesetz)

Problemaufriss

In der Praxis werden häufig Formen von „Positivlisten“ verwendet. Diese sind meist Teil von Gesetzen (im Anhang) oder Verordnungen und weisen recht kleinteilig den „Nutzen“ einzelner Technologien ggü. einem bestimmten vorgegebenen Ziel aus. Beispiele für solche „Positivlisten“ sind u.a.:

- Anrechenbarkeit von einzelnen Technologien auf den Primärenergieverbrauch von Gebäuden (und die daraus resultierende Konformität der Technologie bzw. des Gebäudekonzeptes mit EnEV, EEWärmeG oder GEG).
- Anrechenbarkeit von alternativen Antrieben auf das CO₂ Flottenziele der Hersteller (z.B. mögliche Erleichterungen für Hersteller auf Flottenzielvorgaben ab einem gewissen Anteil an Elektroautos – ohne dass ähnliche Regeln für anderen Antriebe existieren).
- Anrechenbarkeit von synthetischen Brennstoffen auf die Vorgaben aus der Biogasverordnung. Im Rahmen der Baugenehmigung und der Anforderungen nach der Energieeffizienzverordnung (EnEV) an Neubauten und umfangreiche Sanierungen werden den einzelnen Wärmetechnologien zur Gebäudeversorgung sog. Primärenergiefaktoren zugerechnet, die gegen bestimmte Vorgaben (Obergrenzen für den Primärenergiebedarf) für die Energieversorgung von Gebäuden gerechnet werden¹⁵⁹.

Wie wirkt das potentielle Hemmnis auf Innovation?

Ungewollt können solche Positivlisten Innovationshemmend sein – ist eine neue und innovative Technologie nicht Teil der Positivliste oder wird sie „unter Wert“ gelistet, kann dies ein starkes Eintrittshemmnis darstellen.

Zwei Hemmnisse liegen hierbei vor:

- Volkswirtschaftlich gesehen ist fraglich, ob die Förderung durch den Eintrag auf der Positivliste (bzw. sogar der genau ermittelte Wert der Primärenergiefaktoren) dem tatsächlichen volkswirtschaftlichen Nutzen ausreichend genau entsprechen kann. Selbst unter der Annahme, dass die richtigen Technologien für eine Förderung ausgewählt werden (d.h. keine nicht-innovativen Technologien auf der Positivliste stehen, was ein weiteres Hemmnis wäre), ist die Validität der unterschiedlichen Förderungshöhe je Technologie in einem so dynamischen Umfeld wie der Energiewirtschaft unsicher.
- Auf Seiten der Entwickler stellt die Unsicherheit, ob eine neue Technologie nach Markteintritt auf die Positivliste aufgenommen wird und wenn ja, mit welchem Wert, bereits ein Hemmnis dar, was die Dynamik von Innovation entschleunigen kann.

Im Jahr 2017 sollte die EnEV und das EEWärmeG in einem sog Gebäudeenergiegesetz zusammengeführt werden. Der Gesetzesentwurf konnte

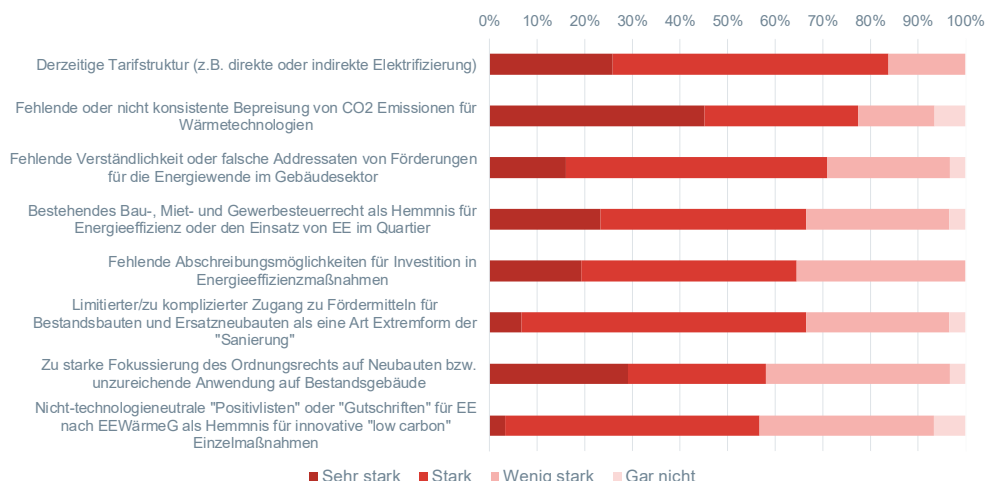
¹⁵⁹ Siehe Energieeinsparverordnung (EnEV 2014), abrufbar unter http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/enev_2014_verkuendung_bundesgesetzblatt_21.11.2013_lesversion.pdf.

jedoch nicht die erforderliche Mehrheit im Bundestag erzielen. Der Prozess soll aber Ende 2018 wieder aufgegriffen werden¹⁶⁰.

Überblick – Einordnung der potentiellen Hemmnisse durch die Expertengruppe

Abbildung 44 zeigt die Einschätzung der Expertengruppe in Bezug auf die vorgestellten potenziellen Hemmnisse.

Abbildung 44 Hemmnisse für die Energiewende im Gebäudesektor



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent

Besonders kritisch gesehen werden (von mehr als 60% der Experten):

- Tarifstruktur (SIP)
- Inkonsistente CO2 Bepreisung/Besteuerung
- Zu komplexe Förderung und limitierter Zugang im Bereich Bestandsbauten
- Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (als Ergänzung oder Alternative zu Förderprogrammen)
- Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht, das Geschäftsmodelle wie Mieterstrom oder Quartierstromlösungen aus dem Markt drängen.

Zudem hat mehr als die Hälfte der Experten (>50%, aber < 60%) nicht technologieneutrale Positivisten und eine zu starke Fokussierung auf Bestandsgebäude als relevante Hemmnisse identifiziert.

Einordnung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung durch die Autoren

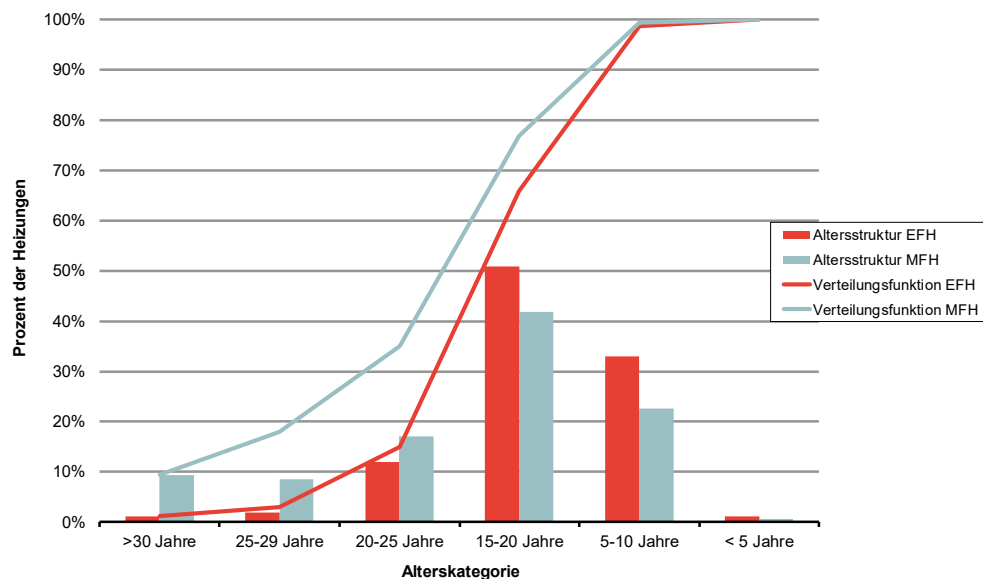
Die Einschätzung der Experten ist basierend auf unseren Erfahrungen, der Sichtung der zitierten Studien und Hintergrundinformationen plausibel. Abweichend zu den Experten sehen wir jedoch einen stärkeren Fokus auf den Gebäudebestand als sehr relevant/wesentlich für die Zielerreichung der Energiewende an. Die Zahl der in Deutschland pro Jahr in Einfamilien-,

¹⁶⁰ Siehe EnEV-online (2018).

Zweifamilien- oder Mehrfamilienhäuser fertiggestellten neuen Wohneinheiten liegt in einer Größenordnung von 300,000 WE/a.¹⁶¹ Demgegenüber beträgt der Bestand an Wohneinheiten in Deutschland knapp 42 Mio. WE.¹⁶²

Ruft man sich die in Abbildung 5 dargestellten Ziele für die Emissionsreduktion im Gebäudebereich in Erinnerung, wird deutlich, dass eine reine Fokussierung auf Neubauten nicht mit einer Zielerreichung einher gehen wird, d.h. auch aus dem Gebäudebestand müssen signifikante Reduktionsbeiträge kommen.

Abbildung 45 Altersstruktur der Heizungen im EFH und MFH in Deutschland sowie Verteilungsfunktion



Quelle: Frontier Economics basierend auf Zentralinnungsverbandes der Schornsteinfeger 2008

Aus Interviews mit Praktikern (Ingenieuren, Architekten) in Ergänzung zur Expertenbefragung wurde zudem proaktiv auf die hemmende Wirkung der Positivlisten hingewiesen. Dies erscheint uns nachvollziehbar: Wird der tatsächliche Beitrag zur klimaneutralen Wärmeversorgung einer bestimmten Technologie/eines Geschäftsmodells im Rahmen der EnEV bzw. des Planungsrechts nicht „fair“ bzw. angemessen berücksichtigt, führt dies zu einem Hemmnis aus Sicht der innovativen Technologie und einem „bias“ zu Gunsten der etablierten Technologien, die Teil der Positivliste sind.

Abbildung 46 und Abbildung 47 zeigen die relevanten Technologien/Geschäftsmodelle im Gebäudesektor und ordnen die Hemmnisse den jeweiligen Technologien bzw. Geschäftsmodellen zu. Die Zuordnung von Hemmnissen zu Technologien erfolgt nach eigener Einschätzung von Frontier (siehe auch Abbildung 29).

¹⁶¹ Siehe ifo Schnelldienst (2016).

¹⁶² Siehe Statistisches Bundesamt (2017).

Abbildung 46 Gebäudesektor - Technologie Hemmnis Matching

Technologien	Hemmnisse
Smart Meter	Mangelnde eSkills (H.ü.5); Mangelnde Cyber Resilience (H.ü.6);
Technologien für Wärmerückgewinnung	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Technologien für Gebäudeautomation	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (H.g.2); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Diverse rechtl. Barriere für EE (H.g.7); Bestand-Fördermittel limitiert (H.g.8); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Technologien für energieeffiziente/s Bauen/Sanierung (Dämmung, Gebäudehülle)	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (H.g.2); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Diverse rechtl. Barriere für EE (H.g.7); Bestand-Fördermittel limitiert (H.g.8); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Technologien für fassadenintegrierte Energiegewinnung (z.B. PV-Folien)	Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Diverse rechtl. Barriere für EE (H.g.7); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Power-to-Heat	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (H.g.2); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Kraft-Wärme-Kopplung und/oder Fernwärme aus EE generell	Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Solarthermie	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Innovative Kältespeicher/Wärmespeicher	Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);
Niedertemperatur Heizsysteme (über große Flächen wie Wand, Boden)	Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (H.g.2); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Diverse rechtl. Barriere für EE (H.g.7);
Wärmepumpensysteme	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (H.g.2); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Diverse rechtl. Barriere für EE (H.g.7);
Brennstoffzellensysteme (H2 bspw. mit LOHC Konzept)	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand (H.g.3); Nicht-technologieneutrale Positivlisten (H.g.4); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Bestand-Fördermittel limitiert (H.g.8); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde steuerl. Innovationsförderung (H.ü.4);

Quelle: Frontier Economics

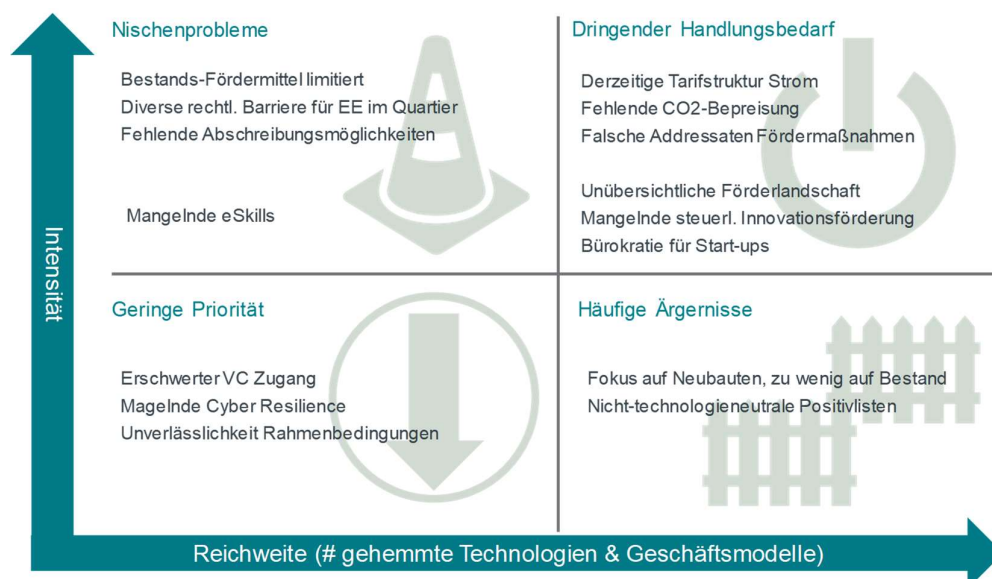
Abbildung 47 Gebäudesektor - Geschäftsmodell Hemmnis Matching

Geschäftsmodelle	Hemmnisse
Technologien für energiesparende Gebäudenutzung (Smart Home)	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten (H.g.2); Derzeitige Tarifstruktur Strom (H.g.5); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Bürokratie für Start-ups (H.ü.2);
Geschäftsmodelle für Quartierslösungen, Mieterstrom	Fehlende CO2-Bepreisung (H.g.1); Falsche Adressaten Fördermaßnahmen (H.g.6); Unübersichtliche Förderlandschaft (H.ü.3); Mangelnde eSkills (H.ü.5);

Quelle: Frontier Economics

Abbildung 48 zeigt die Hemmnisse im Gebäudesektor - je höher die Intensität (sehr stark/stark) und Reichweite des Hemmnisses (Menge der betroffenen Technologien/Geschäftsmodelle) ist, desto kritischer ist es.

Abbildung 48 Hemmnisse im Gebäudesektor nach Intensität und Reichweite



Quelle: Frontier basierend auf Expertenurfrage

Hinweis: Einordnung nach Reichweite rechts: mindestens 50% der Technologien und Geschäftsmodelle sind gehemmt, links: Rest; und Intensität oben: mindestens 60% der Experten halten das Hemmnis für sehr wichtig oder wichtig. Sektorübergreifende Hemmnisse wurden je nach Sektoreinfluss eigens bzgl. Reichweite beurteilt.

4.5 Sektorübergreifende Hemmnisse für Innovation

Überblick – Abgefragte potentielle Hemmnisse

Neben den Sektor spezifischen Hemmnissen gibt es auch Hemmnisse, die potenziell sektorübergreifend (also auf Wärme, Strom, Gebäude und Industrie wirken) wirken können, z.B. sehr hohe Anforderungen an den Datenschutz, komplexe oder zu strikte Bürokratie (Förderprogramme, Planungs- und

Genehmigungsrecht,...) oder auch fehlendes Fachpersonal im Bereich Digitalisierung. Einige dieser Hemmnisse werden darüber hinaus auch „nicht Energiesektoren“ betreffen – dies wird im Rahmen der Studie vernachlässigt.

Als mögliche (Energie-)sektorübergreifende Hemmnisse wurden bei der Expertengruppe folgende potenziellen Kandidaten abgefragt:

- Erschwerter Zugang zu Venture Capital und Business Angels in Deutschland für spätere Start-up Phasen (go-to-market und growth phase)?
- Bürokratie und fehlende Absicherung in der frühen Start-up Phase (pre-seed und seed phase)?
- Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft für Unternehmen, hoher Bürokratieaufwand?
- Mangelnde Verlässlichkeit/Langfristigkeit klimapolitischer Rahmenbedingungen?
- Vernachlässigung steuerlicher Innovationsförderung?
- Mangelnde Kompetenz bzgl. Digitalisierung von Prozessen in den einzelnen Sektoren (Entscheidungsebene und Fachkräfteebene)?
- Mangelnde „Cyber Resilience“?

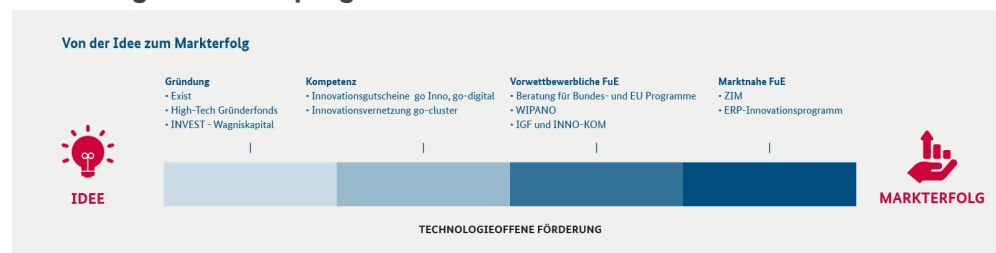
Im Folgenden beschreiben wir die einzelnen Hemmnisse und stellen ergänzende Hintergrundinformationen dar.

4.5.1 Unübersichtliche Förderlandschaft für Unternehmen, hoher Bürokratieaufwand bei der Beantragung von Förderprojekten

Problemaufriss und Wirkung

Forschungsförderung und Innovation sind komplexe Prozesse. Auf verschiedenen Ebenen (EU, Bund, Land) als auch auf unterschiedlichen Stufen der Innovation werden Forschungsprogramme aufgesetzt (siehe beispielhaft die Programme des BMWi in Abbildung 49).

Abbildung 49 Förderprogramme des BMWi nach Innovationsstufe



Quelle: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/innovationspolitik.html>

Hinweis: Details zu den Programmen sind unter dem angegebenen Link nachzulesen.

In den folgenden Textboxen sind kurz die wichtigsten Energieforschungsprogramme auf EU Ebene und Bundesebene skizziert. Nicht dargestellt sind hierbei:

- Programme auf Landesebene (Beispielhaft seien hier auch die sog. Reallabore der Länder genannt¹⁶³); oder
- Programme, deren Hauptfokus eher breit oder außerhalb der Energiewirtschaft angelegt ist (z.B. Digitalisierungsfonds, Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen¹⁶⁴, Umweltschutz, Verkehr, regionale Förderung strukturschwacher Regionen¹⁶⁵, Mittelstandsförderung¹⁶⁶, etc.), die aber auch einen Einfluss auf die Energieforschung bzw. Innovation im Energiesektor haben können.

FORSCHUNGSFÖRDERUNG DURCH DIE EUROPÄISCHE UNION¹⁶⁷

Auf europäischer Ebene gilt seit Januar 2014 das Forschungs- und Innovationsrahmenprogramm Horizon 2020. Das Programm hat ein Volumen von insgesamt fast 80 Milliarden Euro und konzentriert sich auf die Felder Wissenschaftsexzellenz, die führende Rolle der Industrie und gesellschaftliche Herausforderungen. Dem letztgenannten Feld ist der Themenbereich „sichere, saubere und effiziente Energieversorgung“ zugeordnet.

Das Programm beinhaltet für den Bereich Energie unter anderem folgende Schwerpunkte:

- Reduktion des Energieverbrauchs durch intelligente Nutzung bei Konsumenten und Produzenten;
- Weiterentwicklung der Stromversorgung durch Erneuerbare Energien;
- Flexibilisierung durch verbesserte Speichersysteme;
- Dekarbonisierung bei der Nutzung fossiler Brennstoffe; und
- ein modernes pan-europäisches Elektrizitätsnetz.

Die Weiterentwicklung der Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien soll durch die Technologieentwicklung Erneuerbarer Energiequellen und ihre Integration in das europäische Energiesystem ermöglicht werden. Die Fördermaßnahmen werden dabei eng abgestimmt mit den Zielen und Strategien des Strategic Energy Technology Plans (SET Plan) der Europäischen Union¹⁶⁸.

¹⁶³ Vgl. Bundesbericht Energieforschung: Der vorliegenden Untersuchung für das Jahr 2016 zufolge summieren sich die Aufwendungen der Länder für die Projektförderung sowie die institutionelle Förderung insgesamt auf über 248 Millionen Euro (vgl. Abb. 17). Die entsprechenden Ausgaben der Bundesregierung summieren sich nach Angabe des BMWi auf fast 665 Millionen Euro. Die gesamtstaatliche Forschungsförderung im Bereich der nichtnuklearen Energietechnologien im Jahre 2016 beläuft sich demnach auf über 913 Millionen Euro. https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=8

¹⁶⁴ Siehe BMBF (2018).

¹⁶⁵ Siehe Agora Energiewende (2017).

¹⁶⁶ Siehe Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi: <https://www.zim.de/ZIM/Navigation/DE/Home/home.html>

¹⁶⁷ Siehe auch www.forschungsradar.de.

¹⁶⁸ Siehe Strategic Energy Technology Plan der Europäischen Kommission: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>

STAATLICHE FÖRDERUNG DER ENERGIEFORSCHUNG IN DEUTSCHLAND – DAS ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM DER BUNDESREGIERUNG¹⁶⁹

Das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

Die Grundlagen für die Förderung der Energieforschung durch die Bundesregierung werden im Energieforschungsprogramm festgelegt. Aktuell (September 2018) gilt das 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Innovationen für die Energiewende“. Es verfolgt im Vergleich zur Vergangenheit einen neuen strategischen Ansatz und legt einen Schwerpunkt auf Technologie- und Innovationstransfer. Neue, vielversprechende Technologien sollen schnell an die Praxis des Marktes herangeführt werden, um wichtige Erkenntnisse für eine großflächige Umsetzung zu gewinnen. Besonders für Startups soll der Zugang zu diesen Fördermitteln erleichtert werden. Daneben wird Technologie- und Innovationsförderung im Energiebereich um eine systemische Komponente ergänzt, um die großen Trends im Energiebereich – Sektorkopplung und Digitalisierung – besser zu erfassen. (Gesamtumfang ca. 1,3 Mrd. Euro pro Jahr)

- Das BMWi ist dabei für die angewandte Forschung und technologische Entwicklung von Erneuerbaren Energien und von Energieeffizienz-Maßnahmen zuständig.
- Die Projektförderung für die Entwicklung der Bioenergienutzung liegt in der Zuständigkeit des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).
- Das BMBF ist zuständig für die „Grundlagenforschung Energie“ sowie für die institutionelle Förderung der Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren - HGF-Zentren, der Fraunhofer Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft sowie der Leibnitz-Gemeinschaft¹⁷⁰.

Dabei werden folgende energiepolitischen Herausforderungen adressiert:

- Marktorientierter Ausbau erneuerbarer Energien
- Energieeffizienz auf allen Systemebenen heben
- (Bestehende) Energieinfrastruktur wo möglich nutzen
- Versorgungssicherheit sicherstellen
- Umwelt- und Klimaschutz voranbringen
- Gesellschaftliche Auswirkungen berücksichtigen

¹⁶⁹ Siehe https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/7-energieforschungsprogramm-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=8.

¹⁷⁰ Ausnahme ist das DLR, dass über das BMWi gefördert wird.

BEISPIELE – WEITERE ENERGIEFÖRDERPROGRAMME DES BUNDES

Schaufenster intelligente Energie (SINTEG)

Das BMWi fördert mit dem Programm "Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende" (SINTEG) fünf ausgewählte Regionen bei der Forschung, Entwicklung und Demonstration innovativer Anwendungen, Strukturen und Konzepte für ein intelligentes Energiesystem der Zukunft. Der Zeitraum erstreckt sich über vier Jahre mit einem Fördervolumen von 200 Mio. Euro. Die beteiligten Unternehmen stellen zusätzlich 300 Mio. Euro zur Verfügung.

Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- u. Brennstoffzellentechnologie (NIP)

Dieses auf zehn Jahre angelegte, ressortübergreifende Förderprogramm dient der Marktvorbereitung von Produkten und Anwendungen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Von 2007 bis 2016 haben die Bundesregierung und die Industrie 1,4 Mrd. Euro bereit gestellt. Bis 2019 stellt das Bundesverkehrsministerium BMVI weitere 250 Mio. Euro bereit, das BMWi jährlich 25 Mio. Euro. Das Förderprogramm läuft bis 2026 und soll die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bis zur Mitte des nächsten Jahrzehnts wirtschaftlich wettbewerbsfähig im Verkehrssektor und auf den Energiemärkten machen.

EnEff.Gebäude.2050

Die BMWi-Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050 – Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050“ aus dem Jahr 2016 fördert modellhafte Projekte, in denen noch nicht am Markt etablierten Technologien zur Senkung des Primärenergiebedarfs eingesetzt werden und die zeigen, wie Hemmnisse bei der Umsetzung nahezu klimaneutraler Gebäude überwunden werden können. Mit der Initiative sollen Forschung und Anwendung in der Praxis stärker verknüpft werden. Das gesamte Budget der Förderinitiative umfasst 35 Millionen Euro.

Forschungscampus - öffentlich-private Partnerschaften für Innovation

Diese Förderinitiative des BMBF unterstützt Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen bei groß angelegten und langfristigen Ansätzen der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft zu komplexen Forschungsfeldern mit hohem Forschungsrisiko und Innovationspotenzial. Die Förderung erfolgt in mehreren aufeinanderfolgenden bis zu fünfjährigen Phasen (insgesamt maximal 15 Jahre) mit bis zu zwei Mio. Euro jährlich. Im Energiebereich fördert das BMBF derzeit zwei Forschungscampi („FEN – Flexible elektrische Netze“ in Aachen, „Mobility2Grid“ in Berlin.)

Vom Material zur Innovation

Das BMBF-Programm beinhaltet neben vielen anderen Feldern auch Beiträge zur Energieforschung, zum Beispiel im Rahmen der Initiativen „Batterie 2020“ oder „NanoMatFutur“.

EXKURS - UNÜBERSICHTLICHKEIT DER FÖRDERLANDSCHAFT

Wird eine Förderung angestrebt, sind folgende u.U. recht aufwendige Schritte nötig: 1. Erfordert ein erster Überblick über generell verfügbare Förderungen bereits eine Menge Rechercheaufwand. 2. Muss überprüft werden, ob es eine potentielle Förderberechtigung gibt. 3. Danach folgt dann die Detailrecherche dazu, ob alle Bedingungen (deren Definition manchmal schwammig sind oder erst recherchiert werden müssen) erfüllt sind.

1. **Welche Förderungen** gibt es? Hier müssen folgende Kategorien durchgegangen werden:

- Welcher **Fördergeber** bietet was? EU, Bund und Länder haben unterschiedliche Ausschreibungen. Gibt man in Förderdatenbanken, die die Suche erleichtern sollen, jeweils eine Kategorie ein, öffnen sich seitenweise Ergebnisse¹⁷¹.
- Welche **Förderart** steckt hinter dem jeweiligen Programm? Zuschuss, Darlehen, Garantie, Beteiligung, etc.
- Welche Programme gibt es für die **Kategorie des Förderberechtigten**? Unternehmer, Existenzgründer, öffentliche Einrichtung, Privatperson, etc.
- In welchem Programm ist der jeweilige **Fördergegenstand** potenziell zu finden? Bspw. können Wärmepumpen neben einem spezifischen Programm auch möglicherweise in ein allgemeines Effizienzprogramm fallen. Hier muss genau überlegt werden, wie die Recherche strukturiert wird. (Bspw. fördert das BMWi durch das „Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)“ u.a. auch Wärmepumpen)

2. Wer ist **potenziell förderberechtigt**?

- Welche Kriterien gibt es an die **Unternehmensgröße**, an die **Branche** oder das **Alter** des Unternehmens? Viele Förderprogramme richten sich bspw. nur an kleinere Unternehmen, an bestimmte Branchen oder Unternehmen, die in einer bestimmten Existenzphase sind
- Welches **Fördergebiet** ist mit dem Programm abgedeckt? Das Gebiet, in dem das (geplante) Vorhaben stattfinden soll, kann entscheidend sein, wenn Förderprogramme eine geografische Beschränkung vorsehen.

3. Welche **Detailbedingungen** werden im speziellen Fall erfüllt sein? Durch die Vielzahl an Förderprogrammen sind die Bedingungen nicht allgemein bekannt (wie bspw. bei der Steuererklärung) und der Aufwand der Detailrecherche muss jeweils wieder neu betrieben werden.

- Manchmal muss die Richtlinie komplett interpretiert werden
- Manchmal wird im Aufbau des Förderprogramms selber oder durch die Förderdatenbank schon eine Hilfestellung in Form von bspw. Checklisten gegeben. Diese tragen sicherlich zur Übersicht bei, allerdings kommen auch da Begriffe vor, die schwammig bzw. erst zu definieren sind. In dem Beispiel der APEE wird in der Checkliste auf der Seite foerderdatenbank.de abgefragt, ob es sich bei der alten Heizung, die ausgetauscht werden soll, um eine „ineffiziente“ Heizung handelt. Hier wird der Förderbegünstigte erst im Regelwerk herausfinden müssen, ab wann eine Heizung als ineffizient definiert ist.

Unübersichtliche Förderprogramme bzw. Förderprogramme mit komplexen Dokumentations- und Monitoringpflichten steigern die Transaktionskosten für Antragssteller, so dass es passieren kann, dass die Programme nicht ausgeschöpft werden und in der Folge die mit dem Aufsetzen des Förderprogramms verfolgten Ziele nicht erreicht werden. Zu spezifische Förderbedingungen, die z.B. eine neue innovative Lösung gar nicht explizit nennen, können diese „ungewollt“ ausschließen (siehe Punkt zu „Positivliste“). Selbst offizielle Informationsportale wie BINE¹⁷² oder aufwendige Datenbanken wie www.foerderdatenbank.de erlauben aufgrund der großen Menge an unterschiedlichen Förderprogrammen, Fördergebern, Themenfeldern und der dadurch entstehenden Komplexität und Heterogenität der Förderprogramme keine einfache und schnelle Information¹⁷³. Dies führt zu Suchkosten und Transaktionskosten auf Seiten der potenziellen Fördermittelnutzer.

Die hemmende Wirkung der komplexen Förderlandschaft bzw. der aufwendigen Transaktionskosten für die Beantragung und Nutzung von Förderprogrammen kann dabei auf unterschiedliche Stakeholder unterschiedliche Wirkung haben:

- Privatpersonen und kleine Unternehmen werden durch hohen Transaktions- und Verwaltungsaufwand und hohe Suchkosten nach dem besten Förderprogramm abgeschreckt. Zudem scheuen sie (je höher der Aufwand für Antrag und Berichtspflichten in Vergleich zur Förderhöhe ist) auch dann von einer Antragstellung ab, wenn es auch noch ein „Zuschlagsrisiko“ gibt.
- Größere Unternehmen können Experten für die Beantragung und das Management von Förderprogrammen abstellen. Zudem können Sie im Portfolio auch das Zuschlagsrisiko besser tragen. Interviewpartner haben allerdings zu hohe Veröffentlichungspflichten (Angst vor Spillover und Free Riding der Konkurrenz) als ein wichtiges Hemmnis im Zusammenhang mit Förderprogrammen genannt.

4.5.2 Anforderungen aus Datenschutz und Nutzung von Open Source/Open Data

Problemaufriss

Damit die Vorteile der Digitalisierung¹⁷⁴ (nicht nur der Energiewirtschaft) ausgeschöpft werden können, sollten Barrieren entdeckt und minimiert werden. Während die Europäische Kommission (EC 2015) eine Reihe von Barrieren nennt, sind im Kontext des Energiesektors vor allem zu nennen:

- mangelnde Unterstützung und Vertrauen in Open Source/Open Data sowie
- mangelnde e-Skills.

¹⁷¹ Wir verweisen hierzu auf die Internetseiten www.foerderdatenbank.de, www.energiefoerderung.info und www.bafa.de.

¹⁷² <https://www.bine.info/publikationen/bestellen/bine-shop/foerderkompass-energie/>

¹⁷³ Wir empfehlen einen „Selbsttest“, z.B. durch Nutzung der Internetseite www.foerderdatenbank.de.

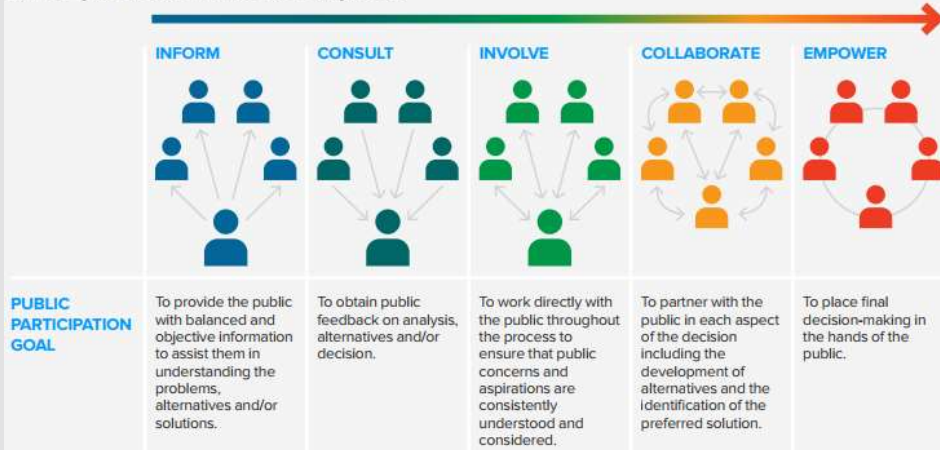
¹⁷⁴ Reduktion von Transaktionskosten, Zeitersparnis, Kostenersparnis, Verbreitung von e-Skills, Unabhängigkeit und Wettbewerb. Vgl. European Commission (2015).

DEMOKRATISIERUNG UND TRANSPARENZ DURCH OPEN SOURCE/DATA

Eine adäquate Nutzung von Daten und Software, die nach dem Open Data oder Open Source Prinzip bereitgestellt werden, ermöglicht

- die Mitentscheidungsmöglichkeit durch einfache Teilnahme der Öffentlichkeit.
- Transparenz/ Überprüfbarkeit des Fortschritts von politischen Richtlinien oder Forschungsergebnissen.

IAP2 Spectrum of Public Participation



Quelle: Open Government Partnership (2018)

DATENSCHUTZ ALS QUALITÄTSMERKMAL – „PRIVACY BY DESIGN“

„Privacy by design“ ist Datenschutz durch Technikgestaltung, dessen Beachtung und Kommunikation wichtig ist, um Vertrauen in den Datenschutz aufzubauen.

„Technische Vorschläge müssen Gestaltungsspielräume für rechtliche Regelungen schaffen. Es müssen technische Entwicklungen vorangetrieben werden, die gewährleisten, dass Grundsätze datenschutzgerechter Datenverarbeitung soweit wie möglich umsetzbar bleiben.“ Friedrich-Ebert-Stiftung (2007)

Ein Beispiel aus dem Verkehrssektor ist autonomes Fahren.

- Das Sammeln von Daten macht autonomes Fahren und viele andere Vorteile erst möglich. Bspw. möchte VW für mehr Sicherheit im Straßenverkehr ab 2019 sorgen, indem eine Modellreihe mit einer Technologie ausgerüstet wird, mit der Autos untereinander kommunizieren und so Unfälle vermeiden (vgl. VW (2017)).
- Um bei Datenerhebungen den personenbezogenen Datenschutz zu gewährleisten, könnten bspw. eine aufzeichnende Kamera in einem autonom fahrenden Auto per Technikdesign das Gesicht der Personen verschwommen/gar nicht aufzeichnen. Technik, die Datenschutz berücksichtigt, könnte zum Qualitätsmerkmal oder zur Selbstverständlichkeit werden (vgl. Datenschutzbeauftragter-Info (2017)).

4.5.3 Bürokratie und fehlende Absicherung in der frühen Start-up Phase (pre-seed und seed phase)?

Problemaufriss und Wirkung

Hohe Anforderungen an Rechnungslegung können (kleine) Start-ups in der Frühphase abschrecken¹⁷⁵. Insbesondere zu Beginn eines Start-ups fehlt es häufig an Zeit und Kompetenz im Bereich Buchhaltung/Rechnungslegung. Hier könnten z.B. Erleichterungen in den Dokumentationsanforderungen helfen, ebenso auch die kostengünstigen Bereitstellung der benötigten Expertise für die Start ups. Diese Herausforderung stellt sich aber allgemein für „Kleinunternehmer“ und nicht spezifisch für Start-ups im Energiebereich.

4.5.4 Erschwerter Zugang zu Venture Capital in späteren Start-up Phasen (go-to-market und growth phase)?

Problemaufriss und Wirkung

Während es mittlerweile kaum mehr an Kapital in der Frühphase von Start-Ups fehlt¹⁷⁶, mangelt es deutschen Start-ups immer noch erheblich an Wachstumskapital. Gemeint ist die Finanzierung von erwachsenen Start-up-Unternehmen, die ihr Geschäftsmodell mindestens in Deutschland bereits erfolgreich bewiesen haben und nun international oder auch in andere Geschäftsbereiche expandieren möchten. Das Gelingen einer vorbörslichen Finanzierungsstufe entscheidet oft darüber, ob aus einem Start-up ein großes mittelständisches Unternehmen oder sogar ein globaler Marktführer entsteht. Eine drohende Lücke in der Wachstumsfinanzierung ist gleichzeitig ein Hemmnis für die Frühphasenfinanzierung, da Start-ups befürchten müssen, auch bei anfänglichem Erfolg schnell an (Finanzierungs-)Grenzen zu stoßen. Dies kann im Zweifel sogar zum Unterlassen oder Scheitern einer Unternehmensgründung führen.

KOMMERZIALISIERUNG DURCH FÖRDERUNG VON START-UPS AM BEISPIEL VON POWER-TO-LIQUIDS (VIEHBACH ET AL. (2018))

„Aus verschiedenen Ländern sind Start-Ups mit POWER-TO-LIQUIDS (PTL) [befasst]. Beispiele dafür sind die deutsche Sunfire, aber auch die israelische NewCO2Fuels oder die US-amerikanische LanzaTech. Die drei Beispiele zeigen, dass es mit einer entsprechenden Förderung, die alle drei Unternehmen bisher erhalten haben, möglich ist, eine PTL-Technologie bis zur Kommerzialisierung zu bringen.“¹⁷⁷

¹⁷⁵ <https://www.gruenderszene.de/allgemein/buchhaltung-tipps-fuer-startups-lexoffice-2016-8544>

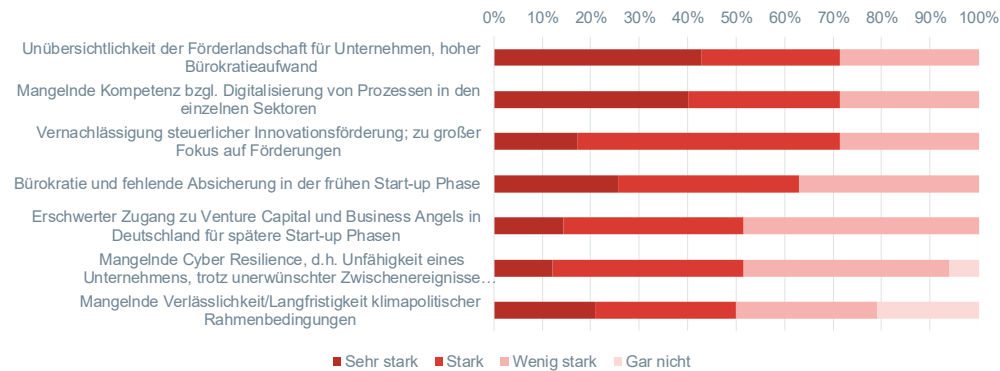
¹⁷⁶ In diesem Kontext ist das EXIST Programm des BMWi zu erwähnen, siehe <https://www.exist.de/DE/Home/inhalt.html>.

¹⁷⁷ Vgl. Viebahn et al. (2018a).

Überblick – Einordnung der potentiellen Hemmnisse durch die Expertengruppe

Abbildung 50 zeigt die Einschätzung der Expertengruppe in Bezug auf die vorgestellten potenziellen Hemmnisse.

Abbildung 50 Generelle Hemmnisse für die Energiewende im Innovationsbereich



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Hinweis: Die Reihenfolge bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig“ und „wichtig“. Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig“ als „wichtig“ Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent

Als wichtige Hemmnisse angesehen werden:

- Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft und zu komplexe Förderprogramme; sowie
- Mangelnde Kompetenz bei e-Skills (Zugang zu Fachpersonal)
- Vernachlässigung steuerlicher Innovationsförderung (zu großer Fokus auf Förderungen)
- Bürokratie und fehlende Absicherung in der Start-up Phase

Zugang zu Venture Capital, mangelnde Cyber Resilience und die fehlende Verlässlichkeit der Rahmenbedingungen wurden nur von rund der Hälfte der Experten als wichtiges Hemmnis anerkannt.

Einordnung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung durch die Autoren

Aus unserer Sicht decken sich die Einschätzungen der befragten Experten mit den Ausführungen in den von uns gesichteten Studien und unseren Erfahrungen aus der Beratungspraxis:

- Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft verbunden mit entweder hohen Transaktionskosten, Monitoringpflichten oder Offenlegungspflichten kann diese Programme aus Sicht der Projektierer unattraktiv machen und somit ihre Wirkung verfehlen. Förderung über Abschreibung oder steuerliche Anreize erscheint hier als ein gangbarer Weg zur Vereinfachung.
- Wie auch andere Wirtschaftsfelder scheint es im Bereich der Energiewirtschaft ebenfalls einen Mangel an eSkills zu haben – insbesondere auf

Entscheidungsträgerebene. Es erfordert in der Praxis ja nicht nur kompetente Fachkräfte im Unternehmen (oder Berater), sondern auch das Management muss die Risiken neuer Technologien verstehen können bevor es sich für die Anwendung einer neuen Technologie entscheidet.

5 STOßRICHTUNG ZUM ABBAU VON INNOVATIONSCHEMMNISSEN

Zunächst geben wir einen Überblick über die Ergebnisse aus der Expertenbefragung, ordnen diese dann ein und entwickeln darauf aufbauend Handlungsempfehlungen. Bei der Herleitung der Handlungsempfehlungen beziehen wir uns auf (mindestens) folgende Begründungen aus den vorhergehenden Kapiteln:

- Ergebnisse/Handlungsempfehlungen durch die Expertengruppe bzw. unserer Einordnung dieser Ergebnisse; und/oder
- Erläuterungen zur Wirkung der Hemmnisse und deren logische Zusammenhänge; und/oder
- Ergebnisse/Empfehlungen aus den gesichteten Studien.

5.1 Überblick - Ergebnisse aus der Expertenbefragung

Überblick – Abgefragte potentielle Lösungsansätze

Als Teil der Umfrage wurden den Experten auch eine Reihe von möglichen Lösungsansätzen skizziert (eine Detailausgestaltung der jeweiligen Lösungsansätze ist komplex und kann im Rahmen der Studie nicht geleistet werden. Zudem würde das auch den Zeitbedarf auf Expertenseite sprengen).

Da viele der Lösungsansätze sektorübergreifend wirken sollen (ein Grund für die Existenz des Hemmnisses ist vielleicht gerade die sektorübergreifende Wirkung, die die Regulierung zunehmend komplex machen und Expertise in vielen Bereichen erfordert. Mit dem Zusammenwachsen der Sektoren werden die Hemmnisse dann virulent), wurden die Lösungsansätze nicht nach Sektoren getrennt abgefragt. Folgende Lösungsansätze wurden der Expertengruppe vorgeschlagen:

- Konsistentere Bepreisung von CO₂-Emissionen in den Nicht- EU ETS Sektoren
- Steuerliche Anreize für die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden
- Stärkere Vorbildfunktion der öffentlichen Hand in puncto Energieeffizienz und EE-Einsatz
- Nutzung verfügbarer (anonymisierter) Daten zur Optimierung von Energieeffizienzmaßnahmen
- Einbeziehung der Rückwirkungen von Parallelförderungen auf EU ETS
- Stärkere Koordination von Infrastrukturplanungen (Strom/Gas/Wärme/Verkehr)
- Schaffung von Anreizen für Netzbetreiber, Alternativen zum Netzausbau zu prüfen und Koordinationsmodell für Beschaffung und Nutzung der dafür erforderlichen Flexibilitäten
- Reform des Endkundertariffsystems und der SIP in den Sektoren
- Bürokratieabbau für Start-ups

- Fortführung, aber Vereinfachung staatlicher Förderprogramme für Energieeffizienz
- Adressierung von Bestandsgebäuden mit Hilfe von freiwilliger Förderung und/oder Ordnungsrecht.

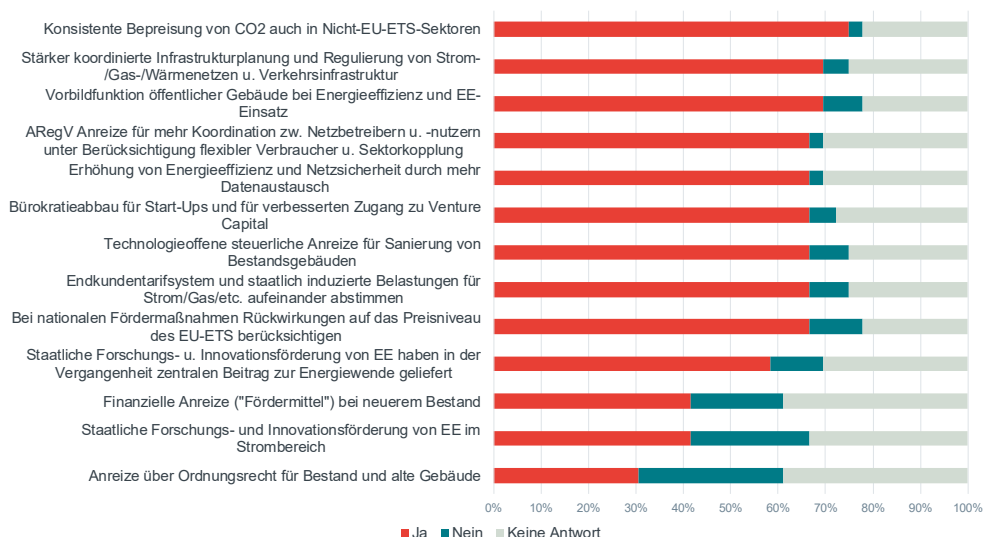
Überblick – Abgefragte anwendbare Best Practice Beispiele für bestehende Hemmnisse

Die Experten wurden gezielt nach Best Practice Beispielen gefragt (vgl. Annex 6.2). Diese Abfrage erfolgte in offenen Fragen. Dafür konnten Sie identifizierte Hemmnisse auswählen und für diese Lösungsansätze vorschlagen. Auch eigene Hemmnisse, die sie in den offenen Fragen angeben konnten, konnten hier ausgewählt und Lösungsansätze präsentiert werden.

Überblick – Einordnung der potentiellen Lösungsansätze durch die Expertengruppe

Die Einschätzung der Expertengruppe zu den vorgeschlagenen Lösungsansätzen ist in **Abbildung 51** zusammengefasst.

Abbildung 51 Einschätzung von Lösungsansätzen



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Die Antworten der Expertengruppe lassen sich wie folgt charakterisieren:

- **Große Zustimmung** erhalten die Konzepte
 - Konsistente CO2 Bepreisung in Nicht-EU ETS Sektoren
 - Koordinierte Infrastrukturplanung
 - Vorbildfunktion des Staates stärken
- **Überwiegende Zustimmung** erhalten Konzepte wie
 - Vereinfachung der Förderprogramme und Bürokratieabbau für Start-ups
 - Tarifreformen/Koordination der Endkundentarife über die Sektoren

- Wechselwirkung des EU ETS mit sonstigen nationalen oder europäischen Parallelsubventionen beachten
- **Eher kritisch gesehen werden**
 - Ansätze, die auf ordnungspolitische Vorgaben im Gebäudebestand abzielen als auch Fördermittel für die Sanierung neuerer Bestandsgebäude; und
 - Zu weit gehende staatliche Forschungs- und Innovationsförderung (hier im EE Bereich) – vermutlich, da hier die technologische Reife schon sehr weit fortgeschritten ist und der Wettbewerb der Innovation seine Wirkung frei entfalten soll.

Im Bereich der „Lösungsansätze“ wurden durch die Expertengruppe eine Reihe von zusätzlichen Vorschlägen pro aktiv ergänzt:

Strom- und Industriesektor

- Verzerrungen in Folge von **staatlich induzierte Preisbestandteile** könnten nach Meinung der Experten gelöst werden durch
 - Abschaffung anteiliger EEG-Umlage für PV-Eigenverbrauch;
 - Fokus auf das Ziel der CO₂-Reduktion;
 - Sektorübergreifende Regulierung; und
 - klare Ausrichtung der Besteuerung an CO₂-Emissionen.
- **Anreize für Übertragungsnetzbetreiber** und Verteilnetzbetreiber für Investitionen könnten nach Meinung der Experten geschaffen werden durch
 - Eine Ermöglichung eines wirtschaftlichen Betriebs von Quartiersspeichern durch die Abschaffung doppelter Durchleitungsgebühren;
 - Eine Umstellung der ARegV, die neben der CAPEX-Förderung auch die OPEX nicht vernachlässigt, wodurch OPEX-basierte Künstliche Intelligenz Technologien profitieren würden; und
 - Die richtige Nutzung von Smart Metern.
- **Zeitvariable Preissignale** beim Endkunden könnten nach Meinung der Experten erreicht werden durch
 - eine Leistungspreiskomponente;
 - eine Dynamisierung der starren Tarife der Standardlastprofile durch eine
 - Smart Meter und die Einführung von Time of use Tarifen, z.B. analog zu Kalifornien
 - smarten Zählern in einzelnen Geräten wie in Ladesäulen.

die Entwicklung eines Marktrahmens für Flexibilitäten.

- Das **EU ETS Design** kann nach Meinung der Experten verbessert werden durch
 - die Löschung von Überkapazitäten,
 - einen Anpassungsmechanismus;
 - einen europaweit einheitlichen CO₂-Mindestpreis;
 - CO₂ Preis auf alle Energieträger;
- CO₂-Besteuerung und effizienteres Tracking.

Gebäudesektor

Im Gebäudesektor wurde lediglich das Hemmnis des mangelnden Fokus auf Bestandsgebäude aufgeworfen und betont, dass neben einer stärkeren Beachtung des Bestandes nicht weniger Fokus auf Neubauten gelegt werden sollte.

Verkehrssektor

Auch im Verkehr wurde der mangelnde Fokus auf den Fahrzeugbestand aufgegriffen und vorgeschlagen, verpflichtende Flottenziele für E-Autos und damit Investitionssicherheit für Fahrzeuge und Infrastruktur zu schaffen. Diese Maßnahme könne auch Wettbewerbsfähigkeit gegenüber bspw. China wiedererlangt werden. Daneben wurde als Schlüssel für eine größere Nachfrage nach E-Mobilität das „Right to the plug“ genannt. So würde einem/r Experten/Expertin zufolge, die Nachfrage nach E-Mobilität steigen, wenn Mieter bzw. Wohnungseigentümer ein Anrecht wie auf einen TV-Anschluss auch auf Ladeinfrastruktur für E-Mobilität erhielten.

Innovationen generell

Datenschutzherausforderungen überwinden durch

- standardisierte Verbrauchsdatenplattform mit Opt-In-Möglichkeit;
- Digitale Elemente in den Netzkodizes;
- Bürokratie und Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft könnte nach Vorbild der baltischen und skandinavischen Länder abgebaut werden - Digitale Behörden wären ein erster wichtiger Schritt zum Bürokratieabbau;
- Zugang zu Venture Capital könnte anhand des Positivbeispiels Kalifornien erleichtert werden (Green Button in den USA):

Interessant ist hierbei, dass die meisten Lösungsvorschläge dem Stromsektor zuzuordnen sind - 20 der ausgewählten Hemmnisse von insgesamt 36 Hemmnissen betreffen den Stromsektor (vgl. Abbildung 71 für eine detaillierte Tabellierung der Hemmnisse). Weitere pro aktiv vorgebrachte Lösungsvorschläge betreffen überwiegend sektorübergreifende Hemmnisse wie Bürokratie oder unklare Rahmenbedingungen für die Energiewende generell.

5.2 Einordnung und Handlungsempfehlungen aus Sicht der Autoren

Wie dargestellt existieren in einigen kritischen Bereichen bedeutende Innovationshemmnisse, die sowohl eine hohe Reichweite als auch Intensität aufweisen (siehe Ausführungen zu den einzelnen Sektoren in Kapitel 4.1 bis 4.5. Lösungsvorschläge zum Abbau dieser Hemmnisse werden nach ihrem logischem Ursprung kategorisiert. Dabei unterscheiden wir zwischen

- regulatorischen Hemmnissen (Abschnitt 5.2.1),
- rechtlichen Hemmnissen (Abschnitt 5.2.2),
- Hemmnissen aufgrund (positiver und negativer) externer Effekte (Abschnitt 5.2.3); und
- Hemmnissen aufgrund asymmetrischer Informationsprobleme (Abschnitt 5.2.4).

Tabellen am Ende der Unterabschnitte zeigen jeweils eine Zusammenfassung der wichtigsten Hemmnisse aus den diskutierten Sektoren und stellen die Verbindung zu den Lösungsansätzen her, die aus Sicht der Autoren nach Sichtung der Fakten und der Auswertung der Ergebnisse der Expertenumfrage sinnvoll erschienen.

5.2.1 Handlungsoptionen zum Abbau von regulatorischen Hemmnissen

Tarifstrukturen fit für die Sektorkopplung machen – staatlich induzierte Preisbestandteile auf Energieträgern im Ganzen denken

Die derzeitigen Endkumentarife für Strom, Gas und anderen Brennstoffe sind historisch mehr oder weniger isoliert voneinander entwickelt worden. Fokus hierbei waren Refinanzierungsfragen (z.B. EEG Umlage) oder die ökologische Steuerreform, die zum bewussten Umgang mit Energie anleiten wollte. Mittlerweile hat der Anteil der staatlich induzierten Preisbestandteile im Stromsektor beispielsweise einen Anteil von rund 50% erreicht (knapp 16 ct/kWh entfallen auf Strom bzw. Mehrwertsteuer, EEG-Umlage und sonstige Umlagen). Bei der Sektorkopplung und der Dekarbonisierung der einzelnen Sektoren wird die CO₂-freie Stromerzeugung und der Transport über unterschiedliche Infrastrukturen (Strom, Gas, Wasserstoff, synth. Brennstoffe) eine wichtige Rolle spielen – egal ob dies über direkte (z.B. Wärmepumpen, E-Autos) oder indirekte Elektrifizierung (z.B. PtX, Wasserstoff) erfolgt¹⁷⁸. Die Endkumentarifsysteme und staatlich induzierten Belastungen müssen besser aufeinander abgestimmt sein¹⁷⁹ und „systemisch“ gedacht werden¹⁸⁰, um effiziente und effektive Maßnahmen zu ermöglichen. Andernfalls drohen einseitige und ineffiziente Entwicklungen (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik hoher staatlich induzierter Preisbestandteile für Strom; siehe Abbildung 28).

Mit dem Ausbau der volatilen Erneuerbaren Energien wie Wind und PV ist der systemische Wert von Energieeffizienz zudem Zeitpunkt abhängig: In windstarken und sonnenreichen Stunden kann es sogar hilfreich sein, wenn Strom verbraucht wird (überschüssiger Strom führt sonst zu negativen Strompreisen). Zu Zeiten der sog. Dunkelflaute kann umgekehrt jeder kWh-Mehrverbrauch sehr teuer sein; insbesondere auch längerfristig, wenn dadurch weitere Investitionen in Kapazitäten erforderlich sind. Um Knappheit und Überfluss an den Markt und die (dezentralen) Verbraucher/Prosumer zu signalisieren, wird ein entsprechendes Preissignal, d.h. zeitvariable Tarife, für den Großteil der Nutzer dringend benötigt (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik fehlender zeitvariabler Preissignale beim Endkunden; siehe Abbildung 28).

¹⁷⁸ Siehe Abschnitte 4.1.2, 4.2.1 und 4.4.1 für eine detaillierte Problembeschreibung jeweils im Strombereich, in der Industrie und im Gebäudesektor.

¹⁷⁹ Vgl. z.B. eurelectric (2017).

¹⁸⁰ Vgl. z.B. dena (2017b).

ZEITVARIABLE STROMTARIFE ALS VORAUSSETZUNG FÜR FLEXIBLE ERZEUGUNG UND VERBRAUCH AUF ENDKUNDENEBENE

Bisher hat der Großteil der Stromnachfrage aufgrund von fehlenden Preissignalen nicht auf Knappheit bei der Stromerzeugung reagiert, sondern umgekehrt Erzeugungskapazitäten auf Änderungen der Nachfrage. Durch die Energiewende kommt es zu einer Verlagerung zu unflexiblen Erzeugungsquellen wie Wind und Sonne. Eine Nachfrageflexibilisierung durch zeitvariable Preissignale hilft Kosten für Speicherung, konventionelle Kapazitätsvorhaltung und Netzeingriffe zu reduzieren oder zu vermeiden. Endkunden können durch eine Verlagerung von nicht zeitkritischem Verbrauch (z.B. durch Geschirrspüler oder Waschmaschine) Stromkosten sparen.

Smart-Meter ermöglichen solche zeitvariablen Tarifsysteme. In Kalifornien gibt es eine Verpflichtung für Energieversorger solche Tarife zusätzlich anzubieten („Time-Of-Use Rate Plans“¹⁸¹).

Anreizregulierungsverordnung überarbeiten – Anreize zur Koordination Netz-/Netznutzer setzen

Die ARegV setzt keine adäquaten Anreize zur Engpasskostenminimierung durch Nutzung von innovativen Konzepten (z.B. Speicher, PtH oder PtX) als Alternative zum Netzausbau¹⁸². Noch dramatischer stellt sich die Situation unter Umständen dar, wenn der erforderliche Netzausbau zeitnah nicht möglich ist. Dies hat in der jüngeren Vergangenheit zu einem starken Anstieg der Engpasskosten in Deutschland geführt¹⁸³ (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik fehlender Nutzung dezentraler Flexibilitäten für das Engpassmanagement und zu fehlenden Anreizen für Netzbetreiber zum Einsatz innovativer Technologielösungen; siehe Abbildung 28).

Nach der Liberalisierung und dem „Unbundling“ von Netz und Markt ist die in den Verbundunternehmen vormals „automatisch“ stattfindende Koordination „Standort/Einspeiseverhalten“ und Netzkosten entfallen – diese Koordination müsste durch geeignete Tarifstrukturen oder Koordinationsmodelle wieder hergestellt werden. Hierbei sollten auch flexible Verbraucher und die Möglichkeiten und Randbedingungen aus der Sektorkopplung berücksichtigt werden.

Um eine schnelle Reaktion der Regulierung auf neue innovative Konzepte zur Engpasskostenminimierung zu ermöglichen, könnte der BNetzA entsprechender Regulierungsspielraum ermöglicht werden (bei klarer gesetzlicher Definition der Zielsetzungen dieses Gestaltungsfreiraumes) bzw. entsprechende Verordnungen, die die Details zu Prozessen (Beschaffung und Abruf von netzdienlicher Flexibilität) und Vergütungsstrukturen entsprechen spezifizieren, müssten etabliert werden. Dieses Ergebnis wird auch von Drittstudien befürwortet. Bspw. fordert die

¹⁸¹ Siehe California Public Utilities Commission (2018).

¹⁸² Siehe Abschnitte 4.1.3 und 4.1.4 für eine detaillierte Problembeschreibung sowohl fehlender Koordination von Netzkosten bei Standortwahl bzgl. flexibler Einspeisung/Verbrauch als auch fehlender Anreize für Netzbetreiber, Netzausbau durch intelligente Technologielösungen teilweise zu ersetzen.

¹⁸³ Siehe z.B. BNetzA (2018).

dena-Leitstudie, dass neben dem Netzausbau intelligente Lösungen forciert werden sollten¹⁸⁴.

Anreize für System Adequacy weiter stärken

In Folge der Diskussion um den EOM 2.0 und mit der jüngsten Reform des Ausgleichsenergiesystems werden Schritte zur Stärkung der Preissignale für Bilanzkreisverantwortliche und Vertriebe verfolgt¹⁸⁵. Gleichzeitig werden neue Reserveprodukte etabliert (Kapazitätsreserve, besondere netztechnische Netzbetriebsmittel)¹⁸⁶. Hier ist bei der Detailausgestaltung und insbesondere den Teilnahmevoraussetzungen auf Konsistenz und Integration innovativer Lösungen und Geschäftsmodelle zu achten, um innovative Konzepte nicht unnötig auszuschließen (vgl. Zustimmung der Experten zur Problematik fehlender Reserveprodukte und fehlender Anreize für Versorgungssicherheit; siehe Abbildung 28).

„Positivlisten“ mit großer Vorsicht und bewusst anwenden – Technologieneutralität wahren

In der Praxis werden häufig Formen von „Positivlisten“ verwendet. Diese sind meist Teil von Gesetzen (im Anhang) oder Verordnungen und weisen recht kleinteilig den „Nutzen“ einzelnen Technologien gegenüber einem bestimmten vorgegebenen Ziel aus. Beispiele für solche „Positivlisten“ sind u.a.:

- Anrechenbarkeit von einzelnen Technologien auf den Primärenergieverbrauch von Gebäuden (und die daraus resultierende Konformität der Technologie bzw. des Gebäudekonzeptes mit EnEV, EEWärmeG oder GEG).
- Anrechenbarkeit von alternativen Antrieben auf das CO₂ Flottenziele der Hersteller (z.B. mögliche Erleichterungen für Hersteller auf Flottenzielvorgaben ab einem gewissen Anteil an Elektroautos – ohne dass ähnliche Regeln für anderen Antriebe existieren).
- die enge Definition im Bundesimmissionsschutzgesetz, nach dem die (nach EU Richtlinie eigentlich erlaubte) Beimischung von synthetischen Kraftstoffen in der deutschen Umsetzung des Immissionsschutzgesetzes nicht zur Beimischung (z.B. in E10) zugelassen sind¹⁸⁷. Der deutsche Markt für synthetische Kraftstoffe zur Beimischung ist damit verschlossen und den (nach BImSchG

¹⁸⁴ Vgl. dena (2017a).

¹⁸⁵ Vgl. BMWi (2015a). Siehe auch: Übersichtsseite des BMWi zum Strommarktdesign

<https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Dossier/strommarkt-der-zukunft.html>

¹⁸⁶ Siehe Abschnitt 4.1.5 zum Hintergrund zu fehlender Belohnung bzw. Bestrafung von Beiträgen zur Versorgungssicherheit und zum Bedarf an weiteren Reserveprodukten („System Adequacy“).

¹⁸⁷ Gemäß dem Bundes-Immissionsschutzgesetzes gelten folgende Stoffe als reine Biokraftstoffe: Fettsäuremethylester (FAME, Biodiesel), wenn sie durch Veresterung von pflanzlichen oder tierischen Ölen oder Fetten hergestellt werden, die selbst Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung sind. Bioethanol, wenn es sich um Ethylalkohol ex Unterposition 2207 1000 der Kombinierten Nomenklatur handelt. Pflanzenöl gilt dann als Biokraftstoff, wenn seine Eigenschaften mindestens den Anforderungen für Pflanzenölkraftstoff nach der „Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraft- und Brennstoffen“ entsprechen. Biomethan gilt nur als Biokraftstoff, wenn es den Anforderungen für Erdgas nach der „Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraft- und Brennstoffen“ entspricht.

zugelassenen) Biokraftstoffen vorbehalten (die allerdings bei manchen Verbrauchern auf Akzeptanzprobleme stoßen¹⁸⁸).

- Anrechenbarkeit von synthetischen Brennstoffen auf die Vorgaben aus der Biogasverordnung.

Ungewollt können solche Positivlisten Innovationshemmend sein – ist eine neue Technologie nicht Teil der Positivliste oder wird sie „unter Wert“ gelistet, kann dies ein starkes Eintrittshemmnis darstellen¹⁸⁹. Auch Drittstudien betonen, dass selbst in modellierten Extremszenarien (Extremszenario bedeutet, dass primär auf einen Energieträger, meist Strom, abgestellt wird) immer auch eine Gas- und Ölinfrastruktur gebraucht wird. Ein ausgewogener Technologiemix ermöglicht dagegen Kostenersparnisse und eine bessere Auslastung der Infrastrukturen.¹⁹⁰

Start-ups, Unternehmen und Privatleute unterstützen durch Bürokratieabbau

Die Förderung von innovativen Start-ups muss nicht durch teure Subventionen erfolgen¹⁹¹. Insbesondere in der Frühphase (Seed-Phase und „Proof-of-Concept“) können Erleichterungen im Bereich der Bürokratieanforderungen (z.B. „One stop shop“ zur Firmengründung¹⁹², Erleichterungen bei Buchhaltungspflichten oder weniger regelmäßige Umsatzsteuervoranmeldung) förderlich sein (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik hoher Bürokratie für Start-ups und fehlender Absicherung in der Start-up Phase und Zustimmung zum Problemen bei fehlendem Venture Capital und Business Angels; siehe Abbildung 50).

„Ausmisten“ und Vereinfachung der Förderlandschaft und der Förderprogramme

Die Komplexität der Förderlandschaft, der Aufwand bei der Beantragung und Monitoringpflichten von einzelnen Förderprogrammen können prohibitiv hoch sein¹⁹³ (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik der Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft; siehe Abbildung 50). Zwar gibt es Initiativen wie die Förderdatenbank des BMWi¹⁹⁴ oder sog „Förderlotsen“¹⁹⁵, die die Suche nach geeigneten Förderprogrammen erleichtern. Trotzdem erschweren z.B. unterschiedliche Detailanforderungen den Vergleich verschiedener Förderungen. Dies ist insbesondere für Privatpersonen oder kleine Gewerbe problematisch, weil ein signifikantes Risiko der Förderantragsablehnung besteht oder wenn das Fördervolumen im Vergleich zum Transaktionsaufwand begrenzt ist¹⁹⁶.

¹⁸⁸ Siehe Bundestag (2017).

¹⁸⁹ Siehe Abschnitt 4.4.3 zum Hintergrund zu Positivlisten am Beispiel des Gebäudesektors.

¹⁹⁰ Vgl. z.B. dena (2017a).

¹⁹¹ Vgl. z.B. Egel und Müller (2012).

¹⁹² D.h. das Startups in der Gründungsphase nur mit einer Behördenstelle Kontakt haben, die die Koordination aller Gründungsaktivitäten übernimmt. Vorbild hierfür könnte die eGründung (vollständig elektr. Gründung für Einzelunternehmen) in Österreich sein.

¹⁹³ Siehe Abschnitt 4.5.1 zum Hintergrund der Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft und des hohen bürokratischen Aufwandes bei Fördermittelanträgen.

¹⁹⁴ <http://www.foerderdatenbank.de>

¹⁹⁵ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Mittelstand/foerderlotse.pdf?__blob=publicationFile&v=16

¹⁹⁶ Siehe z.B. Tabellen 8 und 9 in IW Köln (2007) zu dem hohen Aufwand speziell für kleinere Unternehmen.

Aus Sicht von größeren Unternehmen sind Transaktionskosten und Zuschlagsrisiken leichter zu tragen – hier spielt nach Aussagen der Experten die Angst vor Informations-Spillover und Free Riding der Konkurrenz eine wichtige Rolle¹⁹⁷. Einschränkungen bei den Veröffentlichungspflichten (z.B. durch Sperrfristen) der Ergebnisse können hier helfen.

Optimal wäre natürlich eine europaweite Koordination der Förderprogramme, um Doppelgleisigkeiten zu verhindern und um eine effiziente Durchführung von (größeren) Forschungsvorhaben zu erreichen. Gerade große EU Mitgliedsländer haben in der Vergangenheit aber tendenziell nationalen Maßnahmen den Vorrang gegeben¹⁹⁸. Häufig stehen dann Anreize für eine nationale Industriepolitik und die effiziente Allokation von Fördermitteln in der EU (z.B. im Horizon 2020 Programm) in Konkurrenz. Ähnliche „Reibungsverluste“ bei der effizienten Fördermittelallokation kann es auch an der Schnittstelle Bund/Länder innerhalb der Bundesrepublik geben – hier ist eine gute Koordination erforderlich.

Steuerliche Förderung und Abschreibungsregeln können ein Alternative zu Förderprogrammen sein

Ein Weg, um die Such- und Transaktionskosten für kleinere Förderberechtigte zu senken, könnte die Etablierung von steuerlichen Förder- und Abschreibungsmodelle für innovative Technologien/Projekte sein¹⁹⁹. Das Monitoring (oder ein Großteil davon) kann durch die ohnehin erforderliche Steuererklärung erfolgen. Der Berichtsaufwand wird dadurch verringert und zudem ist das Zuschlagsrisiko für die Innovatoren besser abzuschätzen (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Frage fehlender Abschreibungsmöglichkeiten für Investitionen in Energieeffizienz; siehe Abbildung 44). Auch im Gebäudebereich könnten steuerliche Förderungen helfen, Amortisationszeiträume drastisch zu verringern und so durch geringere Unsicherheiten zu höheren Investitionsanreizen für Energieeffizienz führen²⁰⁰.

PKW-Bestand adressieren – Ohne Eingriffe (via Förderung oder Ordnungsrecht) sind aufgrund der Lebensdauern der Bestands-PKW die ambitionierten Ziele nicht zu erreichen

Wie dargestellt²⁰¹ adressiert die Regulierung über Flottenziele vornehmlich die Neuwagenflotte (in Europa sind dies derzeit rund 12 Mio. Fahrzeuge im Jahr bei einem Bestand von ca. 240 Mio. Fahrzeugen, in Deutschland sind es rund 3 Mio. Fahrzeuge im Jahr ggü. einem Bestand von gut 60 Mio. PKW).

Das Durchschnittsalter der PKW in Deutschland liegt bei knapp 10 Jahren – insgesamt steigt derzeit noch die Anzahl der PKWs in Deutschland an. Die jährliche Gesamtfahrleistung aller in Deutschland zugelassenen Kraftfahrzeuge

¹⁹⁷ IW Köln (2007) berichtet auch von weniger gravierenden Probleme von Großunternehmen mit Bürokratie und Förderdschungel. Allerdings berichten Großunternehmen stärker davon, dass „Förderprogramme nicht zum Unternehmen passen“.

¹⁹⁸ Vgl. BBAW (2014).

¹⁹⁹ Vgl. IW Köln (2007) für großes Interesse von Firmen an steuerlicher Innovationsförderung.

²⁰⁰ Vgl. DHI (2014).

²⁰¹ Siehe Abschnitt 4.3.4 zum Hintergrund der Fokussierung von Regulierung auf Neuwagen bei gleichzeitiger Vernachlässigung des Fahrzeugbestandes.

(KFZ) stieg 2017 bedingt durch Zuwächse im Fahrzeugbestand auf 732,9 Milliarden Kilometer (+1,0 % zum Vorjahr). Die durchschnittliche Fahrleistung eines Fahrzeugs in 2017 verringerte sich hingegen weiter leicht auf 13.257 Kilometer (-0,6 % zum Vorjahr).²⁰²

Blickt man nun auf die ambitionierten Ziele der Energiewende und die bisher eher spärlichen Erfolge bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors dürften diese Ziele alleine mit der Fokussierung auf Neuwagen nicht erreichbar sein. Flankierende Maßnahmen, sei es via Förderung („Zuckerbrot“) oder Ordnungsrecht („Peitsche“), die auch auf den Bestand abzielen, wären – sofern man nach einer Gesamtabwägung auch sonstiger, konkurrierender Politikziele wie Industriepolitik, Arbeitsmarktpolitik, Verkehrspolitik, Luftreinhaltung (NOx, Feinstaub) insgesamt etc. an den ambitionierten Zielen festhält – aus unserer Sicht von Nöten (vgl. Zustimmung der Experten zum Problem unzureichender Fokussierung auf den Fahrzeugbestand; siehe Abbildung 38). Lösungen können z.B. auch im Blending von emissionsarmen Kraftstoffen bestehen, so dass auch im Bereich der Bestands-PKW erste Emissionsreduktionen angeregt werden²⁰³. Zusätzlich könnte auch eine verstärkte steuerliche Benachteiligung von Fahrzeugen mit hohem CO₂ Ausstoß (z.B. über KFZ Steuer, Maut, etc.) bzw. eine Belohnung CO₂ armer Fahrzeuge eine Lenkungswirkung Richtung schnellerer Erneuerung der Fahrzeugflotte haben.

Bestandsgebäude adressieren – Reduktionsziele ohne Anpassungen im Bestand vermutlich nicht zu erreichen (Lock-in Effekte durch lange Lebensdauern)

Ähnlich dem drohenden Lock-in Effekt bzw. der Zielverfehlung im Verkehrssektor droht eine Zielverfehlung ebenfalls im Gebäudesektor²⁰⁴, wenn der Fokus ausschließlich auf Neubauten und öffentliche Bauten gelegt wird²⁰⁵ (vgl. Zustimmung der Experten bzgl. zu großer Fokussierung auf den Neubau anstelle des Bestands im Gebäudesektor; siehe Abbildung 44). Hierbei ist die Herausforderung ggf. sogar noch größer, da die Nutzungsdauern von Gebäuden in der Regel noch langfristiger ist²⁰⁶ und die benötigten Investitionen noch deutlich höher wären. Zudem können Mieter und Hauseigentümer auch deutlich schlechter auf erhöhte Wohnkosten reagieren als PKW Nutzer. Politikmaßnahmen im Bereich Bestandsbauten dringen in existentielle Grundrechte und hochemotionale Bereiche der Bürger ein. Zudem sind die ebenfalls wichtigen (sozialen) Politikziele wie „günstiger Wohnraum“ in die Energiediskussion einzubeziehen. Bleibt man bei den ambitionierten Klimazielen, so müssten die daraus resultierenden Nachteile in anderen Politikbereichen durch flankierende Maßnahmen adressiert werden. Dies erklärt die bisherige Zurückhaltung der Politik und auch die eher zurückhaltende Reaktion der Expertengruppe, den regulatorischen Rahmen im Gebäudebestandsbereich signifikant zu schärfen, um innovativen Technologien und Geschäftsfeldern zur Dekarbonisierung mehr Raum zu geben. Allerdings

²⁰² Siehe Kickhöfer und Brokate (2017).

²⁰³ Siehe auch Viebahn et al. (2018b).

²⁰⁴ Vgl. z.B. Fraunhofer IBP/IWES (2017).

²⁰⁵ Siehe Abschnitt 4.4.2 zur geringen Konzentration auf Bestandsgebäude versus Neubauten im Ordnungsrecht.

²⁰⁶ Ca. 20 bis 30 Jahre, vgl. dena (2017a).

würde z.B. eine Reform der Tarifstruktur im Strombereich auch im Gebäudebereich helfen, da z.B. Wärmepumpen (sofern im Bestand enthalten) davon profitieren würden. Großflächige Ansätze zur Förderung von Energieeffizienz (Hülle und Nutzung), breite Nutzung klimafreundlicherer Energieträger (synthetische Brennstoffe, grüner Strom) zu Heizzwecken im Bestand würden dagegen weitere Eingriffe erfordern (z.B. konsistente CO₂-Bepreisung, Streichung von Privilegien für Heizöl oder Ordnungsrechtliche Vorgaben an Bestandsgebäude). Wie beschrieben sind aber in einer Abwägung auch nicht-energiewirtschaftliche Politikziele, politische Umsetzbarkeit und Grenzen bei Eingriffen in das Eigentumsrecht zu berücksichtigen.

Abbildung 52 fasst die jeweiligen Lösungsansätze für die aktuellen regulatorischen Hemmnisse zusammen und nennt die hierfür federführenden bzw. wesentlichen Ministerien.

Abbildung 52 Regulatorische Hemmnisse und jeweils vorgeschlagene Lösungsansätze

ID	Abkürzung	Handlungsempfehlungen	Zuständigkeit
H.s.1 & H.i.3	Hohe SIP	Tarifstrukturen fit für die Sektorenkopplung machen – staatlich induzierte Preisbestandteile auf Energieträgern im Ganzen denken	BMWi
H.s.3	Fehlende Koordination Standort/Netzkosten	Anreizregulierungsverordnung überarbeiten – Anreize zur Koordination Netz-/Netznutzer setzen	BMWi
H.s.6	Fehlende System Adequacy	Anreize für System Adequacy weiter stärken	BMWi
H.s.7	Fehlende Reserveprodukte	Anreize für System Adequacy weiter stärken	BMWi
H.s.8 & H.g.5	Zeitkonstante Preissignale	Tarifstrukturen fit für die Sektorenkopplung machen – staatlich induzierte Preisbestandteile auf Energieträgern im Ganzen denken	BMWi
H.s.10	Anreize zum Ausbau statt innovatives Netzmanagement	Anreizregulierungsverordnung überarbeiten – Anreize zur Koordination Netz-/Netznutzer setzen; Tarifstrukturen fit für die Sektorenkopplung machen – staatlich induzierte Preisbestandteile auf Energieträgern im Ganzen denken;	BMWi, BMI
H.s.11	Fehlende Koordination dezentraler Flexibilitäten	Datenaustausch im sinnvollen Maße erlauben – Energieeffizienzpotentiale nutzen und Netzbetrieb sichern.	
H.ü.2	Bürokratie für Start-ups	Start-ups, Unternehmen und Privatleute unterstützen durch Bürokratieabbau; „Ausmisten“ und Vereinfachung der Förderlandschaft und der Förderprogramme	BMF, BMWi
H.v.2 & H.g.4	Nicht-technologie-neutrale Positivlisten	„Positivlisten“ mit großer Vorsicht und bewusst anwenden – Technologieneutralität wahren	übergreifend
H.g.3	Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand	Bestandsgebäude adressieren – Reduktionsziele ohne Anpassungen im Bestand vermutlich nicht zu erreichen (Lock-in Effekte durch lange Lebensdauern)	BMWi, BMU
H.ü.3	Unübersichtliche Förderlandschaft	„Ausmisten“ und Vereinfachung der Förderlandschaft und der Förderprogramme	BMBF, BMU, BMWi, BMVI, BMI

Quelle: Frontier Economics

5.2.2 Handlungsoptionen zum Abbau von rechtlichen Hemmnissen

Datenaustausch im sinnvollen Maße erlauben – Energieeffizienzpotenziale nutzen und Netzbetrieb sichern

Eine sinnvolle Balance aus Datenschutz und Nutzung von (anonymisierten und ggf. geclusterten) Daten sollte gefunden werden²⁰⁷ (vgl. hohe Zustimmung der Experten zu Problemen für Energieeffizienzmaßnahmen und sicheren Netzbetrieb durch zu hohen Datenschutz (Verbrauchs-/Einspeisedaten); siehe **Abbildung 51**). Exemplarisch seien an dieser Stelle die Vorteile der Datennutzung anhand von zwei Beispielen genannt²⁰⁸:

- **Netzbereich und Angebot von Flexibilität** - Netzbetreiber mit mehreren Millionen kleinen (aber teilweise korrelierten) Einspeisern und Verbrauchern müssen in jeder Situation wissen, was in Ihrem Netz „vorgeht“, um das bekannte Niveau der Versorgungszuverlässigkeit auch zukünftig aufrechterhalten zu können. Einspeiser/Verbraucher, die ihre Flexibilität systemdienlich oder netzdienlich anpassen möchten, müssen ihrerseits über die System- oder Netzsituation informiert sein, damit sie wissen, ob und welche Flexibilität gerade in welchem Umfang, wo benötigt wird.
- **Optimierung von Energieeffizienzmaßnahmen** – Das Potenzial und die Wirkung von Energieeffizienzmaßnahmen könnte durch die Verwendung von „echten Verbrauchsdaten“ besser eingeschätzt werden. Sieht ein Reihenhausbesitzer an echten Positivbeispielen eine realistisch erzielbare Einsparung durch eine bestimmte Maßnahme, die ihm ebenfalls zur Verfügung steht, ist seine Bereitschaft zur Investition ggf. größer als wenn er auf Versprechen/Schätzungen reagieren muss. Ggf. etablieren sich auch Dienstleister, die infolge der besseren Informationslage bestimmte Garantien für Einsparungen übernehmen (z.B. via Contracting), und somit zusätzliche sinnvolle Energieeffizienzmaßnahmen auslösen.

²⁰⁷ Vgl. z.B. dena (2018).

²⁰⁸ Siehe Abschnitt 4.5.2 für eine Diskussion der Relevanz von Verbrauchs-/Einspeisedaten für Energieeffizienzmaßnahmen und Netzsicherheit.

BEST PRACTICE: DATENSCHUTZREGELN BEI SMART GRIDS IN UK

Datenschutzherausforderungen auf dem Weg zum Smart-Grid überwinden

Die Kenntnis aktueller Stromverbrauchsdaten würde Netzbetreibern beim sicheren und effizienten Betrieb der Verteil- und Übertragungsnetze helfen. Früher wurden Verbrauchsdaten nur jährlich im Nachhinein zu Abrechnungszwecken erhoben. Die Einführung von Smart-Metern²⁰⁹ stellt nun diese Daten erstmals (nahezu) in Echtzeit zur Verfügung. Das neue Messstellenbetriebsgesetz verhindert aber den standardmäßigen Zugriff für Zwecke des Netzbetriebs um Datenschutzbedenken zuvorkommen. Die Weitergabe dieser Daten datenschutzrechtlich unbedenklich umzusetzen wäre zwar technisch (über kryptographisch gesicherte Aggregationsmethoden) möglich, ist aber sehr aufwändig.

Das Beispiel des Vorgehens im Vereinigten Königreich zeigt, dass sich ein ähnliches Schutzniveau einfacher erreichen lässt: eine Vermittlungsinstanz („Trusted third party“, der Smart DCC Ltd), die durch das Ofgem reguliert wird, sammelt die individuellen Daten der Smart-Meter und gibt diese in aggregierter Form an die Netzbetreiber weiter²¹⁰. Die Netzbetreiber erhalten die für die Netzsteuerung wichtigen Daten ohne direkt Zugriff auf personenbezogene Daten zu erhalten. Diese Vermittlungsinstanz ist für den gesamten Betrieb der entsprechenden Daten und Kommunikationsinfrastruktur verantwortlich, und ermöglicht auf Kundenwunsch auch den einfachen aber sicheren Zugriff Dritter (z.B. Energiesparapps) auf Nutzungsdaten.

Überprüfung und Überarbeitung von Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht

Experten und verschiedene Studien²¹¹ kommen zu dem Schluss, dass existierende Detailregeln aus dem Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht innovative Geschäftsmodelle einschränken. Hier sollte entsprechend geprüft und Abhilfe geschaffen werden. Die „Mieterstrom“-Novelle vom 2017 stellt dazu einen ersten Schritt dar: Der Mieterstromzuschlag²¹² vereinfacht die Nutzung von Strom aus Solaranlagen (am Dach) durch Mieter (hier gibt es z.B. auch Kritik, u.a. dass hier eine Einschränkung der Technologieoptionen erfolgt²¹³). Ein ähnlicher Hemmnisabbau wäre auch für die Tragbarkeit von Quartierslösungen nötig. So könnten beispielsweise Ausnahmen im Gewerbe- und Steuerrecht für gemeinschaftlich betriebene, lokale EE-Anlagen (und dezentraler Speicher) geprüft werden, um eine Belastung lokaler Nachbarschaftsinitiativen durch

²⁰⁹ Vorrangige Ziele sind Anreize zum Energiesparen durch Bewusstseinsbildung zu schaffen und eine Reaktion der Stromnachfrage auf Preissignale zu ermöglichen.

²¹⁰ Im Rahmen der Green-Button-Initiative in den USA erhält der Netzbetreiber diese Daten direkt. Green-Button standardisiert dabei nur den sicheren Zugriff auf diese Daten durch Dritte.

²¹¹ Siehe z.B. BDI (2017).

²¹² Der Zuschlag kann für Strom aus nach dem 24. Juli 2017 neu in Betrieb genommenen Solaranlagen auf einem Wohngebäude kann in Anspruch genommen werden, wenn er direkt an Hausbewohner geliefert wird. Für Details siehe BNetzA (2017b).

²¹³ <https://www.energiezukunft.eu/buergerenergie/nachbesserung-beim-mieterstromgesetz-gefordert/>

Bürokratie und zusätzlicher Steuerlast (Körperschaftsteuer, Gewerbesteuer) zu vermeiden oder zu minimieren.

Teil dieser Überarbeitung von steuerlichen Maßnahmen sollte auch eine umfangreiche Überprüfung der Steuerungswirkung des bestehenden Steuersystems mit Blick auf die Energiewende sein. Als Beispiel kann die weiterhin teilweise bestehende Privilegierung von Dienstautos (zukünftig werden schwere Hybridfahrzeuge genau wie andere Elektrofahrzeuge bevorzugt behandelt) genannt werden, wenn auch bei diesem konkreten Beispiel laut Experten relativ gesehen ein weniger großer Handlungsbedarf besteht (siehe Abbildung 38).

Verbesserte Koordination der Verkehrswege- und Infrastrukturplanung

Mit dem Fortschreiten der Sektorenkopplung und dem Zusammenwachsen der Abhängigkeit bei den Infrastrukturen ist eine verbesserte Koordination der Infrastrukturplanung erforderlich. Zum Beispiel müssen im Verkehrsbereich Straßen-, Lade- und Strominfrastruktur koordiniert werden, zudem bei zunehmender Bedeutung von synthetischen Kraftstoffen oder der Wasserstoffwirtschaft auch die dort benötigten Infrastrukturen (Speicher, Leitungen etc.). Zusätzlich spielt auch die Digitalisierung des Verkehrssektors eine wichtige Rolle – mit entsprechenden Anforderungen an die Infrastruktur.

Abbildung 53 fasst die jeweiligen Lösungsansätze für die aktuellen rechtlichen Hemmnisse zusammen und nennt die hierfür federführenden bzw. wesentlichen Ministerien.

Abbildung 53 Rechtliche Hemmnisse und jeweils vorgeschlagene Lösungsansätze

ID	Abkürzung	Handlungsempfehlungen	Zuständigkeit
H.s.4	Datenschutz als Energiesparhemmnis	Datenaustausch im sinnvollen Maße erlauben – Energieeffizienzpotentiale nutzen und Netzbetrieb sichern.	BMI
H.s.5	Datenschutz als Netzsicherheits-hemmnis	Datenaustausch im sinnvollen Maße erlauben – Energieeffizienzpotentiale nutzen und Netzbetrieb sichern	BMI
H.g.7	Diverse rechtl. Barriere für EE und Steuergesetzgebung	Überprüfung und Überarbeitung von Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht sowie Energie- und Stromsteuergesetze	BMF, BMWi
H.ü.7	Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen	„Ausmisten“ und Vereinfachung der Förderlandschaft und der Förderprogramme; Klare Marktregeln sind wichtiger als weitere Förderprogramme	übergreifend
H.v.7	Unzureichende Koordination der Verkehrswege- und Infrastrukturplanung	Bessere Koordination bei der Infrastrukturplanung	BMWi, BMVI, Länder, Kommunen

Quelle: *Frontier Economics*

5.2.3 Handlungsoptionen zur Internalisierung von externen Effekten

EU ETS stärken – bei nationalen Sonderwegen oder ergänzenden nationalen Instrumenten Rückwirkungen bedenken

Das Preisniveau im EU ETS ist in den letzten Jahren hinter den Erwartungen der Politik geblieben und es wurde häufig die mangelnde Steuerwirkung des EU ETS kritisiert²¹⁴ (vgl. hohe Zustimmung der Experten zu Problemen durch Verwässerung des EU ETS Preissignals durch unkoordinierte, nationale Maßnahmen; siehe Abbildung 28, Abbildung 32 und Abbildung 51). Mit der Reform des EU ETS für die vierte Handelsperiode (2021 bis 2030) hat sich das Preisniveau im EU ETS deutlich verschärft (derzeit bei rund 20 EUR/t), u.a. in Folge der sog. Marktstabilitätsreserve und einem beschleunigten Reduktionspfad. Grund für die zwischenzeitlich niedrigen EU ETS Preise sind neben der Wirtschaftskrise 2011 vor allem ergänzende Politikinstrumente wie die EE-Förderung, Energieeffizienzmaßnahmen oder forcierte Stilllegung der Kohleverstromung²¹⁵. Nationale Maßnahmen führen also – sofern sie nicht mit den EU ETS Mengen koordiniert werden – zu einer Verwässerung des EU ETS ohne eine zusätzliche Tonne CO₂ zu reduzieren. Solche unkoordinierten Maßnahmen drohen ineffektiv und unnötig teuer zu werden. Unabhängig von der Frage der Ineffizienz von Parallelförderungen von Subgruppen von „Low Carbon Technologies“, sollte mindestens deren Rückwirkung auf den EU ETS bedacht werden – mit der genannten Reform des EU ETS für die vierte Handelsperiode ist hier bereits ein erster Schritt in diese Richtung erfolgt. Dieser Effekt kann im Übrigen auch in die andere Richtung eintreten – bisher kam es durch die Parallelförderung von EE zu einer Verwässerung des Preissignals – wird nun im Zuge der Sektorkopplung der Strombedarf durch Förderung von direkten oder indirekten Elektrifizierungstechnologien erhöht, werden quasi Dekarbonisierungsanstrengungen aus diesen Sektoren in das Cap & Trade Regime des EU ETS integriert²¹⁶.

Aus klimapolitischer Sicht macht diese Elektrifizierung allerdings auch nur dann Sinn, wenn der dafür benötigte Strom langfristig auch klimaneutral erzeugt wird. In der Übergangsphase sind diese Wechselwirkungen zwischen EU ETS und nicht EU ETS Sektoren allerdings komplex und müssen mit Bedacht gesteuert werden.

Bepreisung von CO₂ auch in Nicht-EU ETS Sektoren konsequent einführen bzw. möglichst konsistent machen

Mit Fortgang der Sektorkopplung spielt die Konsistenz der Tarifsysteme wie oben dargelegt eine wichtige Rolle. Ebenso wird eine konsistente Bepreisung der CO₂ Vermeidungsoptionen in den einzelnen Sektoren mit steigenden Vermeidungskosten immer wichtiger. Während Strom- und Industriesektor einheitliche Signale über den EU ETS erhalten, gibt es in den Nicht-ETS Sektoren

²¹⁴ Vgl. z.B. eurelectric (2017).

²¹⁵ Vgl. Frontier Economics (2015).

²¹⁶ Siehe Abschnitt 4.1.1 für eine Diskussion der Wirkung einer Verwässerung des EU ETS Preises und Abschnitt 4.2.2 für einen Kurzausschnitt des Themas im Industriebereich.

national und sektoral sehr unterschiedliche Instrumente und Preissysteme²¹⁷. Als Beispiele seien an dieser Stelle genannt:

- Mit den neuen Flottenzielen gibt es bei Neuwagen ein Pönale auf zu hohe CO₂ Emissionen von umgerechnet rund 600 EUR/t. Folgendes Beispiel für die zukünftigen Flottenziele verdeutlicht die hohe Pönalisierung der Fahrzeughersteller im Falle einer Überschreitung der Grenzwerte²¹⁸:
 - Herstellerspezifische Grenzwerte für die Flottenemissionen:
 - aktueller Zielwert: 130 g/km (EU-Durchschnitt)
 - ab 2020: 95 g/km
 - Strafzahlungen bei Überschreitung: 95 EUR je Gramm
 - Umgerechnet auf eine Fahrleistung von 150'000 km entspricht dies einem Preis von über 600 EUR/t (Vergleich mit Preis EUA-Zertifikat: derzeit ca. 20 EUR/t)
 - Auf die Automobilindustrie dürften Sanktionen in Milliardenhöhe zukommen (Premiumhersteller sind besonders betroffen).
- Es ist allerdings zu bedenken, dass die Hersteller ihre Flottenzielwerte europaweit ausgleichen können (d.h. zum Beispiel Kleinwagen in Italien können Oberklassefahrzeuge in Deutschland teilweise ausgleichen)²¹⁹.
- Auf Bestands-PKW wirkt dagegen keine echten Pönale (indirekt nur eine niedrige Wertung über die – vom Fahrverhalten unabhängige KFZ-Steuer (vgl. Zustimmung der Experten zum Punkt „zu geringer Fokus auf den Fahrzeugbestand“; siehe Abbildung 38).
- Im Gebäudebestand werden Emissionen aus Gas oder Heizöl nicht konsistent besteuert bzw. pönalisiert²²⁰.
- Bei Neubauten erfolgt über das Ordnungsrecht eine Beschränkung der Emissionen (wiederum unabhängig vom Nutzerverhalten)²²¹.

Dies führt zu Verzerrungen und kann effiziente Technologien ausbremsen – so wird z.B. der Strom, den eine Wärmepumpe zur Wärmeversorgung eines Gebäudes bezieht, entsprechend mit CO₂ belastet, während die Gastherme ohne entsprechende CO₂ Abgabe mit konventionellem Erdgas betrieben werden kann. Ebenso wenig könnten innovative, CO₂ freie synthetische Brennstoffe ihren Umweltvorteil ggü. konventionellem Erdgas ausspielen (es sei denn über eine Art (ebenfalls nicht unproblematische) „Positivliste“ im EEWärmeG, der EnEV oder zukünftig dem Gebäudeenergiegesetz (GEG)).

Ausbau von Lade- und Netz- und IKT-Infrastrukturen unterstützen

Die Energiewende induziert einen hohen Bedarf an neuen Infrastrukturen, wie

²¹⁷ Vgl. z.B. BMWi (2016b).

²¹⁸ Siehe Schürle (2018).

²¹⁹ Siehe auch Abschnitt 4.3.4 für eine Diskussion von Flottenzielen.

²²⁰ Siehe Abschnitt 4.4.1 für Details zu Wärmeerzeugung und impliziten CO₂-Preisen nach Energieträgern.

²²¹ Vgl. Diskussion in Abschnitt 4.4.2 zur Diskussion des fehlenden Fokus auf Bestandsbauten.

- Öffentliche und private Ladepunkte (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik fehlender Lade-/Tankinfrastruktur; siehe Abbildung 38. Diskussion des Themas in Abschnitt 4.3.1)
- Ausbau der Stromübertragungs- und Verteilnetze (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik fehlender Koordination von Verteilnetzausbau und Ladeinfrastruktur; siehe Abbildung 38. Diskussion des Themas in Abschnitt 4.3.2)
- Umstrukturierung der Gasnetze zur Integration synthetischer Gase
- Tankinfrastruktur für neue synthetische Kraftstoffe (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik fehlender Lade-/Tankinfrastruktur; siehe Abbildung 38. Diskussion des Themas in Abschnitt 4.3.1)
- Ausbau der Datennetzinfrastruktur (vgl. hohe Zustimmung der Experten zur Problematik fehlenden IKT Ausbaus; siehe Abbildung 28)

Häufig ist der Ausbau dieser Infrastrukturen sehr komplex - folgende Maßnahmen können hierbei aus Sicht der Autoren sinnvoll sein:

- Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung vor Ort für Infrastruktur
- Vereinfachung für Privatleute, z.B. das Recht private Ladepunkte auf eigene Kosten zu schaffen („right to the plug“)
- Hilfe bei der Koordination von Infrastruktur (z.B., Ladesäule mit Stromverteilnetz oder Straßennetz mit Strom-Gas- oder Wasserstoffnetzen)
- Förderung, um das Henne/Ei Problem bei der Ladeinfrastruktur zu lindern (ohne durch zu große Fokussierung auf eine Technologie schon „Gewinner“ zu definieren)
- Überarbeitung der Anreizregulierung und der Planungsprozesse für Energienetze, um Koordination zu ermöglichen (z.B. werden seit einiger Zeit auf Übertragungsebene der Netzentwicklungsplan Gas und der Netzentwicklungsplan Strom miteinander abgestimmt).

Pilotprojekte in wichtigen Bereichen mit Entwicklungsbedarf fördern

Die Studie hat zwar gezeigt, dass die meisten wichtigen Technologien bereits einen hohen Reifegrad erreicht haben (siehe Kapitel 3 für Auswertungen der Expertenumfrage und der Datenbanken), allerdings gibt es einige innovative Technologien/Konzepte die noch weitere Entwicklung erfordern. Insbesondere im Bereich einiger Sektorkopplungstechnologien (PtL, PtC) könnte die Förderung von Pilotanlagen einen wichtigen Beitrag leisten²²². Ähnliches gilt auch für innovative Geschäftsideen im Bereich der Digitalisierung, wo oft das Konzept steht, aber der (kapitalintensive) Praxistest noch erfolgen muss. (Es gibt eine Fülle an Förderprogrammen für den Bereich Digitalisierung allgemein, so dass hier der richtige Weg eingeschlagen wird – ein Liste der Förderprogramme ist auf www.transformation-it.de einsehbar²²³)

²²² Vgl. ESYS (2017).

²²³ Vgl. <https://transformation-it.de/foerderprogramme-digitalisierungsprojekten-durch-die-bundeslaender/>

E-Skills und Cyber Resilience fördern

In der Energiebranche spielt Sicherheit nicht zuletzt aufgrund der Höhe von potenziellen Schäden eine große Rolle. Fach- und Führungskräfte müssen innovative digitale Lösungen kennen, verstehen und Vertrauen aufbauen können²²⁴. Dazu sind zusätzliche staatliche und private Investitionen in digitale Kompetenzen und die Steigerung in die Resilienz der digitalen Infrastruktur (durch Förderung, Koordination und Regulierung) nötig (vgl. hohe Zustimmung der Experten bzgl. entsprechender Mängel; siehe Abbildung 50).

Abbildung 54 und Abbildung 55 fassen die jeweiligen Lösungsansätze für die aktuellen positiven bzw. negativen externen Effekte zusammen und nennt die hierfür federführenden bzw. wesentlichen Ministerien.

Abbildung 54 Übersicht Hemmnisse aus positiven externen Effekten und jeweils vorgeschlagener Lösungsansätze

ID	Abkürzung	Handlungsempfehlungen	Zuständigkeit
H.v.1	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfra-struktur	Ausbau von Lade-, Netz- und IKT-Infrastruktur unterstützen	BMVI
H.ü.5	Mangelnde E-Skills	E-Skills und Cyber Resilience fördern	BMI, BMBF
H.v.5	Fehlende Koordination Ladeinfra-struktur	Anreizregulierungsverordnung überarbeiten – Anreize zur Koordination Netz-/Netznutzer setzen	BMWi, BMVI
H.s.9	Fehlende IKT Infrastruktur	Datenaustausch im sinnvollen Maße erlauben – Energieeffizienzpotenziale nutzen und Netzbetrieb sichern	BMJV

Quelle: Frontier Economics

Abbildung 55 Übersicht Hemmnisse aus negativen externen Effekten und jeweils vorgeschlagener Lösungsansätze

ID	Abkürzung	Handlungsempfehlungen	Zuständigkeit
H.g.1	Fehlende CO2-Bepreisung	Bepreisung von CO2 auch in Nicht-ETS Sektoren konsequent einführen bzw. möglichst konsistent machen	BMWi, BMU, BMVI, BMF
H.g.2	Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten	Steuerliche Förderung und Abschreibungsregeln können eine Alternative zu Förderprogrammen sein	BMF
H.s.2 & H.i.2	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS	EU ETS stärken – bei nationalen Sonderwegen oder ergänzenden nationalen Instrumenten Rückwirkungen bedenken	BMU, BMWi
H.ü.6	Mangelnde Cyber Resilience	E-Skills und Cyber Resilience fördern	BMI, BSI

Quelle: Frontier Economics

²²⁴ Vgl. PWC (2014).

5.2.4 Handlungsoptionen zur Verringerung der Auswirkungen asymmetrischer Information

Finanzierung von Start-ups erleichtern (Zugang zu Venture Capital) In den späteren Start-up Phasen, in denen erhebliche Investition für das Roll-out benötigt werden, ist Zugang zu Venture Capital erforderlich. Das finanzielle Risiko privater Investoren im Start-up Bereich ist allerdings nicht unerheblich. Zudem besteht das Hemmnis der asymmetrischen Information zwischen Start-up und Investor (vgl. Zustimmung der Experten zum Problem des erschwerten Zugangs zu Venture Capital und Business Angels; siehe Abbildung 50). Steuerliche Begünstigung bei Bereitstellung von VC für Start-ups und attraktivere Gestaltung des Standort Deutschland für Fondsgesellschaften durch Steuerabbau können zur Bereitschaft privater Investoren beitragen, dieses Risiko zu übernehmen. Direkte staatliche Hilfestellungen (z.B. durch Garantien) sollten auf Bereiche mit potentiell sehr großen gesellschaftlichen Erträgen bei gleichzeitig sehr großem Risiko fokussiert werden. Finanzielle Förderung von etablierten Unternehmen, die schnell Pilotinvestitionen in Pilotprojekte mit Start-ups tätigen möchten (Förderentscheidung innerhalb von 4 Wochen).

Mit Ansätzen wie den „Digitalisierungsfond“, dem ERP-Digitalisierungs- und Innovationskredit²²⁵ oder Programmen wie „EXIST“ oder „German Accelerator“²²⁶ sind bereits Schritte in diese Richtung gestartet worden.

Abbildung 56 fasst die jeweiligen Lösungsansätze für die aktuellen Hemmnisse aus asymmetrischer Information zusammen und nennt die hierfür federführenden bzw. wesentlichen Ministerien.

Abbildung 56 Hemmnisse basierend auf asymmetrischen Informationsproblemen und jeweils vorgeschlagene Lösungsansätze

ID	Abkürzung	Handlungsempfehlungen	Zuständigkeit
H.ü.1	Erschwerter VC Zugang	Finanzierung von Start-ups erleichtern (Zugang zu Venture Capital)	BMF, BMWi
H.ü.4	Mangelnde steuerl. Innovationsförderung	Steuerliche Förderung und Abschreibungsregeln können eine Alternative zu Förderprogrammen sein	BMF, BMBF, BMWi

Quelle: Frontier Economics

²²⁵ Siehe BMWi (2017b).

²²⁶ <http://www.germanaccelerator.com>

5.3 Fazit - Klare Marktregeln sind wichtiger als weitere Förderprogramme

Die Energiewende ist ein Innovationstreiber für den Standort Deutschland. Im Jahr 2014 wurden hierzulande rund 1.600 Patente im Bereich Erneuerbare Energien angemeldet (das sind vier Mal so viel wie neun Jahre zuvor)²²⁷. Auch im internationalen Vergleich liegt das Fördervolumen des Staates und der deutschen Unternehmen für den Bereich Umwelt/Energie im Spitzenbereich²²⁸. Es lässt sich nach Sichtung der Studien, der Auswertung der Expertenurfrage und eigenen Analysen feststellen:

- Die Hemmnisse für Innovation liegen unserem Verständnis zu Folge nach Sichtung der Literatur und der Auswertung der Expertenurfrage weniger im Bereich der Grundlagenforschung und Technikentwicklung, sondern in den späteren Phasen – bei Pilotprojekten und Marktpenetration.
- Es bedarf also nicht notwendigerweise zusätzlicher Förderprogramme, sondern eher einer Vereinfachung der Förderlandschaft und ggf. einfachere Förderwege (z.B. über Steuer-bzw. Abschreibungsmodelle). Transaktionskosten und Offenlegungspflichten der Förderprogramme sollten kritisch geprüft werden, da sie Akzeptanz hemmend sein können.
- Zur effizienten Fördermittelverwendung, zur Förderung von größeren Projekten (z.B. CCU Pilotanlagen im industriellen Maßstab) und zum Erhalt eines „level playing fields“ ist eine noch stärkere Koordination²²⁹ der Förderansätze sinnvoll (das gilt sowohl vor dem Hintergrund der Bildung von „Europäischen Champions“, die sich im Weltmarkt behaupten können sollen (Stichwort Batterien) auf EU Ebene, als auch auf Bundesebene (Abstimmung zwischen Ministerien und den Programmen mit unterschiedlichen Förderzielen) als auch auf Länderebene (Bund vs. Land, Land vs. Land). Aufgrund der Komplexität von Innovationsprozessen sowie aufgrund der übergreifenden Bedeutung von Energie in alle Wirtschaftszweige erscheint uns diese Koordination für eine effiziente Innovationspolitik unabdinglich²³⁰.
- Der bisher verfolgte Ansatz (z.B. des BMWi), nach Möglichkeit technologieneutral zu fördern, erscheint uns vor dem Hintergrund der Komplexität des Technologieportfolios im Energiesektors, des aufgrund der Langlebigkeit der Assets in der Energiewirtschaft drohenden Lock-in Effektes und der generellen Unsicherheit über die Markt- und

²²⁷ Vgl. BMWi (2015).

²²⁸ Vgl. UBA (2017b): Bloomberg New Finance veröffentlicht seit 2007 jährlich eigene Schätzungen zu den globalen FuE Aufwendungen für erneuerbare Energien von Staat und Unternehmen nach Weltregionen und beruft sich dabei vor allem auf Geschäftsberichte großer, multinational agierender Unternehmen. Danach liegt Europa bei den FuE-Aufwendungen der Wirtschaft mit rund 1,7 Mrd. US-\$ noch immer klar an der Spitze vor China und den USA mit jeweils rund 1 Mrd. (2015). Der Vergleich mit den jeweiligen Anteilen an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft zeigt, dass deutsche Unternehmen vor allem in den Bereichen Solarenergie und Energiespeicherung herausragend hohe Anteile an den gesamten Forschungsaufwendungen erzielen. Aber auch in den Forschungsfeldern Kernspaltung, Brennstoff- und Wasserstoffzellen sowie Bioenergie.

²²⁹ Koordination bedeutet hier nicht „Einengung“ oder „picking winners“, sondern Informationsaustausch und beispielsweise gemeinsame Finanzierung von (größeren und komplexeren) Projekten.

²³⁰ Diese Herausforderung ist sozusagen „systemimmanent“ im Bereich der Innovationspolitik, Vgl. z.B. Tamtik (2016).

Technologieentwicklungen sinnvoll. In diesem Kontext herausfordernd sind die Netzwerkeffekte, die insbesondere im Verkehrsbereich immanent wichtig sind (ohne Ladesäule kein E-Auto - ohne E-Auto keine kommerziellen Ladesäule). Herausforderung hier ist es, diese Hemmnisse aus Netzwerkeffekten kosteneffizient zu durchbrechen, ohne gleichzeitig schon die „Gewinnertechnologie“ dadurch festzulegen.

- Einige Technologien und Geschäftsmodelle haben die Marktreife noch nicht ganz erreicht (z.B. Sektorkopplung und Digitalisierung, innovative Energiespeicher) – hier kann die Unterstützung ausgewählter Pilotanlagen in einigen Technologien sinnvoll sein, insbesondere da bei Projekten im Bereich Sektorkopplung häufig viele unterschiedliche Stakeholder mit unterschiedlichem Hintergrund zusammenkommen müssen. Ausweitung von Programmansätzen wie SINTEG oder Reallaboransätze erscheinen hier sinnvoll. Solche praxisnahe Förderansätze erlauben es
 - die Technik im „größeren Maßstab außerhalb der Labors zu testen“;
 - den notwendigen regulatorischen Rahmen im Markt zu entwickeln; und
 - insbesondere bei den Sektorkopplungstechnologien, wo unterschiedliche Unternehmen mit unterschiedlichem Hintergrund, Interessen und Erfahrungsschatz zusammen kommen müssen, Kooperation und Know-How Transfer zu ermöglichen.
- Der weitere Aufbau von e-Skills (Kompetenz im Bereich der Digitalisierung) ist für den Energiesektor wie für andere Sektoren sinnvoll. Stakeholder (auf Fach- und Managementebene) müssen die Nutzen und Risiken der Digitalisierung („cyber resilience“) verstehen.
- Die wichtigsten Maßnahmen betreffen aber eine Überarbeitung des Regulierungsrahmens:
 - Überarbeitung der Tarifstrukturen für Energie mit Blick auf staatlich induzierte Preisbestandteile (SIPs) und die Einführung zeitvariabler Tarife für das Gros der Endkunden.
 - Konsistente Bepreisung von externen Effekten (z.B. CO2 Emissionen) über alle Sektoren und Anwendungen.
 - Überarbeitung der Anreizregulierung und Schaffung eines Koordinationsmodells zwischen Netznutzern und Netzbetreibern, um vorhandene Flexibilität auch zur Netzkostenoptimierung nutzen zu können.
 - Maßnahmen im Bestand (Gebäude und PKW) über Ordnungsrecht oder Förderung, da die Ziele der Energiewende ohne signifikante Anpassungen im Bestand nicht erreicht werden können.
- Die Energiewende benötigt in hohem Maße neue Infrastrukturen in den Bereichen Lade-, Strom-, Gas- und IKT-Infrastruktur. Die Koordination, die Akzeptanz und der Ausbau dieser Infrastrukturen sollte unterstützt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- acatech/Leopoldina/Akademienunion (2018), Governance für die Europäische Energieunion: Gestaltungsoptionen für die Steuerung der EU-Klima- und Energiepolitik bis 2030 (Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung), 2018
- Agora Energiewende (2014), Stromspeicher in der Energiewende, Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2013/speicher-in-der-energiewende/Agora_Speicherstudie_Web.pdf
- Agora Energiewende (2017), Eine Zukunft für die Lausitz. Elemente eines Strukturwandelkonzepts für das Lausitzer Braunkohlerevier, https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/Strukturwandel_Lausitz/Agora_Impulse_Strukturwandel-Lausitz_WEB.pdf
- Alternative Antriebe und Kraftstoffe (2018), Die Technologieoption Synthetische Kraftstoffe stärken - industrielle Wertschöpfungsketten in Europa sichern, Arbeitspapier des Arbeitskreises „Alternative Antriebe und Kraftstoffe“, <https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/180301-Synthetische-Kraftstoffe-und-die-Wersch%C3%B6pfungskette-Fahrzeugindustrie.pdf>
- auto, motor und sport (2016), Autonomes Fahren kommt ab 2012 - Wo BMW, Mercedes und Volvo testen, <https://www.auto-motor-und-sport.de/news/bmw-mercedes-volvo-testen-autonom-innnenstadt/>
- BBAW (2014), Europas Forschungsförderung und Forschungspolitik - Auf dem Weg zu neuen Horizonten?, Julia Stamm, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, http://www.bbaw.de/publikationen/wissenschaftspolitik_im_dialog/BBAW_Wissenschaftspolitik-im-Dialog-9.pdf
- BBH (2017), Studie zur Digitalisierung der Energiewirtschaft, https://www.beckerbuettnerheld.de/fileadmin/user_upload/documents/press/bh_studie_digitalisierung_2017_ONLINE.pdf
- bdew (2017), Blockchain in der Energiewirtschaft, https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Blockchain_Energiewirtschaft_10_2017.pdf
- bdew (2018a), Entwicklung der Strompreise, <https://www.bdew.de/presse/pressemappen/entwicklung-der-strompreise/>
- bdew (2018b), Positionspapier CO₂ – Bepreisung, https://www.bdew.de/media/documents/20180131_Positionspapier_CO2-Bepreisung.pdf
- BDI (2017), Handlungsempfehlungen der Deutschen Industrie für die 19. Wahlperiode des Deutschen Bundestages, https://bdi.eu/media/bdi/Bundespolitik_Bewertung/20170110_Publikation_Handlungsempfehlungen_19._Wahlperiode.pdf

- BMBF (2018), Startschuss für Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen, Pressemitteilung 075/2018, <https://www.bmbf.de/de/bundeskabinett-beschliesst-agentur-zur-foerderung-von-sprunginnovationen-6817.html>
- BMU (2016), Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- BMWi (2015a), Patentanmeldungen vervierfacht, <https://www.BMWi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/17/Meldung/infografik-patentanmeldungen.html> | BMWi (2015b), Ein Strommarkt für die Energiewende, Ergebnispapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Weißbuch)
- BMWi (2016a), Grünbuch Energieeffizienz, Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, https://www.bmbf.de/pub_https/gruenbuch_energieeffizienz.pdf
- BMWi (2016b), Die essenzielle Rolle des CO₂-Preises für eine effektive Klimapolitik, Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/wissenschaftlicher-beirat-rolle-co2-preis-fuer-klimapolitik.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- BMWi (2016c), Impulspapier Strom 2030. Langfristige Trends - Aufgaben für die kommenden Jahre, https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/strom-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=18
- BMWi (2017a), Innovationspolitische Eckpunkte - Mehr Ideen in den Markt bringen, <https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/innovationspolitische-eckpunkte-lang.html>
- BMWi (2017b), KfW erweitert Innovationsförderung um den Schwerpunkt Digitalisierung, Gemeinsame Pressemitteilung - Innovationsförderung, <https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170505-gem-kfw-erweitert-innovationsfoerderung.html>
- BMWi (2018a): Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende, Die Energie der Zukunft - Berichtsjahr 2016, https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/sechster-monitoring-bericht-zur-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=22
- BMWi (2018b), Europäische Energiepolitik, <https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/europaeische-energiepolitik.html>
- BMWi (2018c), Pressemitteilung – Strommarkt der Zukunft, EU-Kommission genehmigt Reserve zur Absicherung des Strommarktes, <https://www.BMWi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20180207-eu-kommission-genehmigt-reserve-zur-absicherung-des-strommarktes.html>
- BMWi (2018d), Bundesbericht Energieforschung, https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bundesbericht-energieforschung-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=8

- BNetzA (2016), Erörterung Umsetzung Entwurf des § 13 Abs. 6a EnWG „Nutzen statt Abregeln“, Workshop 07.09.2016 Bonn, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/VortraegeVeranstaltungen/%C3%9CNB_zuschaltbare_Lasten.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- BNetzA (2017a), Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen - Überblick zum Ersten Quartal 2017, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/System-_u_Netzsicherheit/Kurzinformationen_Q1_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- BNetzA (2017b), Hinweis zum Mieterstromzuschlag als eine Sonderform der EEG-Förderung, Hinweis 2017/3, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Mieterstrom/Hinweis_Mieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- BNetzA (2017c), Monitoringbericht 2017, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/Monitoringbericht_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- BNetzA (2018), Bericht zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html
- Böhringer und Lange (2005): On the Design of Optimal Grandfathering Schemes for Emission Allowances, European Economic Review 49, S. 2041-2055.
- Böhringer und Rosendahl (2010): Green Promotes the Dirtiest: On the Interaction between Black and Green Quotas in Energy Markets, Journal of Regulatory Economics, 37(3), S. 316-325.
- Böhringer (2014), Two Decades of European Climate Policy: A Critical Appraisal, Review Of Environmental Economics And Policy, 8(1), S. 1-17.
- Bothe und Janssen (2018), Gasinfrastruktur – notwendiger Baustein einer erfolgreichen Energiewende in Deutschland, *erscheint in* gwf Gas + Energie 10/2018, Fachberichte Gasnetz.
- Brellochs und Specht (2013), Konzeption für die (Neu-)Ausrichtung der energetischen Verwertung von Biomasse und der Bioenergie-Forschung in Baden-Württemberg, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/ZSW_Biomasse_Studie.pdf
- Bundesregierung (2018), Energiewende - Energie-Lexikon - CO2-Emission, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Lexikon/EnergieLexikon/C/2013-09-18-co2-emission.html>
- Bundestag (2016), Sachstand: Primärenergiefaktoren, Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages, <https://www.bundestag.de/blob/487664/1a1c2135f782ff50b84eb3e7e0c85ef3/wd-5-103-16-pdf-data.pdf>

- Bundestag (2017), Sachstand: Die Einführung von Quoten für Biokraftstoff und von E 10-Benzin in Deutschland - Zielsetzung, Zielerreichung und Akzeptanz durch die Verbraucher, Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages,
<https://www.bundestag.de/blob/500976/a64461967a35f371573cd7397c39196a/wd-8-007-17-pdf-data.pdf>
- Burns (2000), Introduction to Research Methods, 4. Auflage, Sage, London
- California Public Utilities Commission (2018), What are TOU rates?,
<http://www.cpuc.ca.gov/General.aspx?id=12194>
- C.A.R.M.E.N. (2015) Kleinwindanlagen - Hintergrundinformationen und Handlungsempfehlungen,
<https://www.carmen-ev.de/files/informationen/Brosch%C3%BCren/Kleinwindkraftanlagen.pdf>
- Datenschutzbeauftragter-Info (2017), Datenschutz in vernetzten Fahrzeugen, Fachbeitrag,
<https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/datenschutz-in-vernetzten-fahrzeugen/>
- dena (2017a), dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050,
https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/926_1_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf
- dena (2017b), dena-NETZFLEXSTUDIE, Optimierter Einsatz von Speichern für Netz- und Marktanwendungen in der Stromversorgung,
https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/919_1_dena_Netzflexstudie.pdf
- dena (2018a), dena-ANALYSE, Datenschutz und Datensicherheit - Status quo, Herausforderungen und Handlungsbedarf im Rahmen der Digitalisierung der Energiewirtschaft,
https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/925_5_dena-Analyse_Datenschutz_und_Datensicherheit.pdf
- dena (2018b), Impulse zur Weiterentwicklung der Netzentgeltsystematik,
https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/923_8_Ergebnispapier_der_Taskforce_Netzentgelte_Impulse_zur_Weiterentwicklung_der_Netzentgeltsyst.pdf
- DHI (2014), Effekte einer steuerlichen Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen an Wohngebäuden, Ullrich Kornhardt, Deutsches Handwerksinstitut,
<http://www.ifh.wiwi.uni-goettingen.de/sites/default/files/AH%2074%20Effekte%20einer%20steuerlichen%20F%C3%B6rderung.pdf>
- Effizienzhaus-online (2017), Sanierungspflicht 2018 bei Eigentümerwechsel,
<https://www.effizienzhaus-online.de/sanierungspflicht-bei-eigentuemerwechsel>
- Egel und Müller (2012), Was hemmt das Wachstum junger Unternehmen?, ZEW Wachstums- und Konjunkturanalysen, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim, Band 15, Ausgabe 1, Seiten 8-9,
https://www.econstor.eu/bitstream/10419/126046/1/2012-01_3.pdf
- Emissionshaendler.com (2018), Emissionsbrief 02-2018 – Praktische Informationen zum Emissionshandel - Ausgabe vom 05.03.2018,

https://www.emissionshaendler.com/fileadmin/emissionshaendler/Dateien/Emissionsbriefe/2018_Emissionsbriefe/Emissionsbrief_DE_02-2018_EUA-Preisentwicklung_EuGH_Urteil.pdf

- Enbause (2017), Vorsicht bei der Anschaffung von Kleinwindanlagen, <https://www.enbause.de/solarenergie/aktuelles/artikel/vorsicht-bei-der-anschaffung-von-kleinwindanlagen-1003.html>
- energate messenger (2018), Marktanalyse – CO₂-Preise im Höhenflug, <https://www.energate-messenger.de/news/185501/co2-preise-im-hoehenflug>
- EnEV-online (2018), Auf dem Weg zum GebäudeEnergieGesetz GEG: GebäudeEnergieGesetz in den Diskussionen, Anfragen und Debatten des Bundestages, http://www.enev-online.eu/geg_news/180718_geg_bundestag_diskussion.htm
- ERCST et al. (2018), 2018 State of the EU ETS Report, European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition, https://www.ictsd.org/sites/default/files/research/20180416_2018_state_of_eu_ets_report_-_final_all_logos_0.pdf
- Eskom (2018), Concentrating Solar Power (CSP), http://www.eskom.co.za/AboutElectricity/RenewableEnergy/ConcentratingSolarPower/Pages/Concentrating_Solar_Power_CSP.aspx
- espazium (2012), Photovoltaik-Technologien im Überblick, Stephan Buecheler, <https://www.espazium.ch/photovoltaiktechnologien-im-berblick>
- ESYS (2017), „Sektorkopplung“ - Optionen für die nächste Phase der Energiewende, https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2017_11_14_ESYS_Sektorkopplung.pdf
- ESYS (2018), Governance für eine europäische Energieunion – Bericht aus der Arbeitsgruppe, Prof. Dr. Sabine Schlacke, ESYS-Konferenz, https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Praesentationen/Praesentation_Energieunion_ESYS-Konferenz_2018.pdf
- eurelectric (2017), A Bright Future for Europe - The Value of Electricity in Decarbonising the European Union, https://www.eurelectric.org/media/1136/electrification_report_-_a_bright_future_for_europe-2017-030-0291-01-e.pdf
- Europäischer Rechnungshof (2018), Der Breitbandausbau in den EU-Mitgliedstaaten: Trotz Fortschritten werden nicht alle Ziele der Strategie Europa 2020 erreicht, Sonderbericht, https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_12/SR_BROADBAND_DE.pdf
- European Commission (2013), EU Energy, Transport and GHG Emissions – Trends to 2050 – Reference Scenario 2013, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/trends_to_2050_update_2013.pdf
- European Commission (2014), Horizon 2020 - Work Programme 2014-2015, General Annexes, G. Technology readiness levels (TRL),

http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf

- European Commission (2015), The Economic and Social Impact of Software & Services on Competitiveness and Innovation (SMART 2015/0015), Final Report, https://joinup.ec.europa.eu/sites/default/files/document/2017-03/kk0417206enn_002.pdf
- European Commission (2016a), Environment – Chemicals – Reach, http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_en.htm
- European Commission (2016b), SETIS Magazine No. 11 January 2016, https://setis.ec.europa.eu/system/files/setis-magazine_11_ccus_final.pdf
- European Commission (2017), Policy - The EU cybersecurity certification framework, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/eu-cybersecurity-certification-framework>
- European Commission (2018), Carbon Leakage, https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_de
- EUWID (2018), Mieterstrom: Hemmnisse, Potenziale und Ausblick, Stefan Preiß, <https://www.euwid-energie.de/mieterstrom-hemmnisse-potenziale-und-ausblick/>
- EY (2015), Gewohnte Wege verlassen - Innovation in der Energiewirtschaft - Stadtwerkstudie Juni 2015, <https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Stadtwerkstudie-2015/%24FILE/EY-Stadtwerkstudie-2015.pdf>
- Forschungsradar Energiewende (2018), Metaanalyse - Die Digitalisierung in der Energiewende, http://www.forschungsradar.de/fileadmin/content/bilder/Vergleichsgrafiken/meta_digitalisierung_aug18/AEE_Metanalyse_Digitalisierung_aug18.pdf
- ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (2018), Forschungsziele 2019, <http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Programmbroschuere/fz2019/fz2019.pdf>
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018a), Schweizer Börse setzt auf Blockchain für Wertpapier-Handel, <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/finanzmarkt/schweizer-boerse-setzt-auf-blockchain-fuer-wertpapier-handel-15678116.html>
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2018b), Am Ende kommt der Wasserstoff, Piotr Heller, <http://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-mehr/am-ende-kommt-der-wasserstoff-15456713.html>
- Fraunhofer (2015), Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr, https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iwes-neu/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Veroeffentlichungen/2015/Interaktion_EEStrom_Waerme_Verkehr_Endbericht.pdf
- Fraunhofer FOKUS (2016), Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft, https://cdn2.scrvt.com/fokus/5468ae83a4460bd2/65e3f4ee76ad/Gigabit-Studie_komplett_final_einzelseiten.pdf
- Fraunhofer IBP/IWES (2017), Wärmewende 2030 - Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor, Studie im Auftrag von Agora Energiewende, <https://www.agora-energie-wende.de/>

energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Sektoruebergreifende_EW/Waermewende-2030_WEB.pdf

- Fraunhofer IEE (2018), Entwicklung des Straßenverkehrs und Rückkopplung mit dem Energiesystem in 95% THG-Klimazielszenarien, Teilbericht im Rahmen des Projektes: Klimawirksamkeit Elektromobilität, http://energieversorgung-elektromobilitaet.de/includes/reports/Endbericht_Strassenverkehr_Energiesystem_FraunhoferIEE.pdf
- Fraunhofer ISE (2018), Stromgestehungskosten erneuerbare Energien, https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf
- Friedrich-Ebert-Stiftung (2007), Datenschutz in einem informatisierten Alltag, Gutachten im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung, Prof. Dr. Alexander Roßnagel, <http://library.fes.de/pdf-files/stabsabteilung/04548.pdf>
- Frontier Economics (2014), Strommarkt in Deutschland - Gewährleistet das derzeitige Marktdesign Versorgungssicherheit?, Bericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, <https://www.frontier-economics.com/documents/2014/07/strommarkt-in-deutschland-gewahrleistet-das-derzeitige-marktdesign-versorgungssicherheit-frontier-report.pdf>
- Frontier Economics (2015), Reform der EU-Klimapolitik: Kleiner Schritt oder großer Wurf?, in et – Energiewirtschaftliche Tagesfragen 65(11), November 2015, <http://www.et-energie-online.de/AktuellesHeft/Topthema/tabid/70/NewsId/1560/Reform-der-EUKlimapolitik-Kleiner-Schritt-oder-groer-Wurf.aspx>
- Frontier Economics (2017a), Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland https://www.fnb-gas.de/files/fnb_gas_wert_von_gasinfrastruktur-endbericht.pdf
- Frontier Economics (2017b), Smarte neue Energiewelt, veröffentlicht auf bulletin.ch, Dossier Energiezukunft, https://www.bulletin.ch/de/news-detail/smarte-neue-energiwelt.html?file=files/content/news-articles/B_Artikel/2017/1712/B_1712_bothe/B_1712_bothe.pdf
- Frontier Economics (2018), Blockchain jolts the energy Market - A potential power manager, <http://www.frontier-economics.com/documents/2018/06/blockchains.pdf>
- Frontier Economics/Agora (2018), Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe, https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf
- Gabler Wirtschaftslexikon (2018), Öffentliches Gut, Ausführliche Definition, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/oeffentliches-gut-45206>
- Greenpeace Energy (2015), Bedeutung und Notwendigkeit von Windgas für die Energiewende in Deutschland, Windgas-Studie, <https://speicherinitiative.at/assets/Uploads/04-2015-FENES-EBP-GPE-Windgas-Studie.pdf>

- Hacke (2010), Einflussnahme auf das Nutzerverhalten durch „Energy Awareness Services“ - Neue Dienstleistungen zur Förderung des Energiebewusstseins bei Mietern, Informationen zur Raumentwicklung, Heft 12.2010,
http://t3.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Nutzer/04_hacke_bf.pdf
- Handelsblatt (2017), Urban Windmill – Der Wind dreht sich,
<https://www.handelsblatt.com/technik/energie-umwelt/circular-economy/urban-windmill-windkraft-wieder-bezahlbar-machen/20472516-2.html?ticket=ST-15893-aaRWK0NQ0CrLemIFMdhF-ap1>
- Hannoversche Allgemeine (2018), Staatliche Prämie für Elektroautos wirkt kaum, <http://www.haz.de/Nachrichten/Wirtschaft/Niedersachsen/E-Mobilitaet-Staatliche-Praemie-fuer-Elektroautos-wirkt-kaum>
- IASS (2016), Deutschlands Energiewende: Treiber einer globalen Transformation?,
https://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/iass_study_deutschlandsenergiewende-treiber_einer_globalentransformation_de_.pdf
- IETA (2015), Overlapping Policies with the EU ETS - July 2015,
https://www.ieta.org/resources/EU/IETA_overlapping_policies_with_the_EU_ETA.pdf
- ifo Schnelldienst (2016), Wohnungsbauaktivitäten in Europa: Neubau legt 2016 kräftig zu - Ausgewählte Ergebnisse der EUROCONSTRUCT-Sommerkonferenz 2016, ifo Schnelldienst 14/2016 – 69. Jahrgang,
<https://www.cesifo-group.de/DocDL/sd-2016-14-dorffmeister-kocijan-europaeischer-wohnungsbau-2016-07-28.pdf>
- IRENA (2017), Renewable Power Generation Costs in 2017,
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf
- IW Köln (2007), Forschungsförderung des deutschen Mittelstands, IW Analysen, Forschungsberichte aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln,
https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/IW-Analysen/PDF/Bd._32_Forschungsf%C3%B6rderung.pdf
- IW Köln (2018), Möglichkeiten einer CO2 Bepreisung im Wärmemarkt, Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Gutachten für den Zentralen Immobilien Ausschuss,
https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2018/IW-ZIA-Gutachten_CO2-Bepreisung_Waermemarkt.pdf
- Judd et al. (1986), Research Methods in Social Relations, Cengage Learning, 7. Edition
- Kickhöfer und Brokate (2017), Die Entwicklung des deutschen Pkw-Bestandes: Ein Vergleich bestehender Modelle und die Vorstellung eines evolutionären Simulationsansatzes, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR),
https://elib.dlr.de/117666/1/2017-12-20_KickhoeferBrokatePkwBestandsmodell_accepted_ZfV.pdf
- Kompetenzzentrum (2018), Delphi-Befragung Elektromobilitätsstrategie der Bundesregierung - Herausforderungen und Hemmnisse – Ergebnisse und

Ableitungen, Studie des Kompetenzzentrums Öffentliche Wirtschaft, Infrastruktur und Daseinsvorsorge e.V., https://www.verlag-vi-strategie.de/wp-content/uploads/2018/02/studie_emobilitaet_web.pdf

- Kraftfahrtbundesamt (2018a), Jahresbilanz des Fahrzeugbestands am 01.01.2018, https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html
- Kraftfahrtbundesamt (2018b), Jahresbilanz der Neuzulassungen 2017, https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/n_jahresbilanz.html
- Krosnick und Presser (2010), Question and Questionnaire Design, Handbook of Survey Research, Marsden und Wright, 2. Auflage, Emerald Group
- Landwirtschaftskammer NRW (2018), Lohnen sich Kleinwindanlagen?, <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/technik/energie/windkraft/kleinwindanlagen.htm>
- Levi (2013), The Hidden Risks of Energy Innovation, Issues in Science and Technology, Volume XXIX, Ausgabe 2, Winter 2013
- marktforschung.de (2018), Reaktivität, <https://www.marktforschung.de/wiki-lexikon/marktforschung/Reaktivit%C3%A4t/>
- netzpolitik.org (2018), Netze - EU-Rechnungshof: Schwere Mängel beim deutschen Breitbandausbau, <https://netzpolitik.org/2018/eu-rechnungshof-schwere-maengel-beim-deutschen-breitbandausbau/>
- Next Kraftwerke (2018). Was ist der Energy-Only-Markt?, <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/energy-only-markt>
- Ontras (2017), PtG-Potenziale im ONTRAS-Netzgebiet, Endbericht zur Kurzstudie der nymoen|strategieberatung, https://vng.de/sites/default/files/ontras_nymoen_strategieberatung_ptg-potenziale_im_ontras-netzgebiet.pdf
- Open Government Partnership (2018), OGP Participation and Co-Creation Toolkit, https://www.opengovpartnership.org/sites/default/files/OGP_Participation-CoCreation-Toolkit_20180509.pdf
- Öko-Institut/Fraunhofer ISI (2015), Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, <https://www.oeko.de/oekodoc/2451/2015-608-de.pdf>
- Prognos et al. (2018), Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende
- PWC (2014), Die Frage ist nicht ob, sondern wann..., <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/cyber-resilience.html>
- PWC (2016), Blockchain – Chance für Energieverbraucher?, <https://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/blockchain-chance-fuer-energieverbraucher.pdf>
- Quaschnig (2016), Sektorkopplung durch die Energiewende, htw – Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, <https://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2016/05/HTW-2016-Sektorkopplungsstudie.pdf>

- Reetz (2017), Welche Chancen ein digitales Energie-Marktdesign bietet - Erkenntnisse eines Foresight-Prozesses, https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/chancen_eines_digitalen_marktdesigns.pdf
- Reja et al. (2003), Open-ended vs. close-ended questions in web questionnaires, Developments in Applied Statistics 19(1), S. 160-117
- Sachverständigenrat (2017), Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor, Kurzfassung, Sachverständigenrat für Umweltfragen, https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2016_2020/2017_11_SG_Klimaschutz_im_Verkehrssektor_KF.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Schubert et. al. (2014), Mini-/Mikro-KWK im Kontext der deutschen Energiewende - Eine Analyse des soziotechnischen Innovationsfeldes, LITRES Discussion Paper 2014-02, http://www.uni-stuttgart.de/litres/Publikationen/LITRES_Discussion_Paper_2014-02.pdf
- Schuman und Presser (1979), The Open and Closed Question, American Sociological Review, Volume 44, Ausgabe 5, S. 692–712
- Schürle (2018), Expertinnen- und Expertengespräche Power-to-Gas - Ökonomische Aspekte SNG für Strassenverkehr, Institut für Operations Research und Computational Finance, Universität St. Gallen, https://iet.hsr.ch/fileadmin/user_upload/iet.hsr.ch/Power-to-Gas/ExpGespr2018Vortraege/Schuerle_OekonomAspekteSNG.pdf
- Singer und Couper (2017), Some Methodological Uses of Responses to Open Questions and Other Verbatim Comments in Quantitative Surveys, methods, data, analyses: A journal for quantitative methods and survey methodology Volume 11, Ausgabe 2, S. 115-134.
- Statistisches Bundesamt (2017), Gebäude und Wohnungen: Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden - Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden - Lange Reihen ab 1969 – 2017, https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/Wohnsituation/FortschreibungWohnungsbestandPDF_5312301.pdf?__blob=publicationFile
- Tamtik (2016), Policy coordination challenges in governments' innovation policy - The case of Ontario, Canada, Science and Public Policy, Volume 44, Ausgabe 3, S. 417–427
- TEAG (2018), Rollout von Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Torsten Roscher, XXIV. Zählerfachtagung, <https://www.vde-thueringen.de/resource/blob/1678608/d9ed84d0d2b59992b024f408eb48fb35/11--zaehlerfachtagung-herr-roscher-data.pdf>
- UK Government (2018), Secure by Design: Improving the cyber security of consumer Internet of Things Report, Department for Digital, Culture Media & Sport, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/686089/Secure_by_Design_Report_.pdf
- Umweltbundesamt (2017a), Umweltschädliche Subventionen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umweltschaedliche-subventionen#textpart-3>

- Umweltbundesamt (2017b), Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-02-20_uib_02-2018_patente_0.pdf
- VCD (2018), CO2-Grenzwert: EU setzt Vorgaben für Pkw, <https://www.vcd.org/themen/auto-umwelt/co2-grenzwert/>
- VDA (2017), Besteuerung eines Kraftfahrzeugs (Besteuerung von Kraftstoffarten), Verband der Automobilindustrie, https://www.vda.de/dam/vda/Medien/DE/Themen/Wirtschaftspolitik-und-Infrastruktur/Steuern-und-Zoelle/KFZ-Steuer/VDA--bersicht--Besteuerung-KFZ_Kraftsstoffarten/VDA-%C3%9Cbersicht%20%20Besteuerung%20KFZ_Kraftsstoffarten.pdf
- VDI Nachrichten (2017), Netzinfrastruktur: Das Problem mit der Zahnarztsackgasse, <https://www.vdi-nachrichten.com/Fokus/Das-Problem-Zahnarztsackgasse>
- Viebahn et al. (2018a), Technologien für die Energiewende - Politikbericht Teilprojekt A im Rahmen des strategischen BMWi-Leitprojekts „Trends und Perspektiven der Energieforschung“, https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/6DE37995E91843D2E0539A695E86B9AC/current/document/TFE_Politikbericht_komplett.pdf
- Viebahn et al. (2018b), Technologien für die Energiewende - Technologiebericht – Band 2, Teilbericht 2 zum Teilprojekt A im Rahmen des strategischen BMWi-Leitprojekts „Trends und Perspektiven der Energieforschung“, https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/6EACB45347BB710AE0539A695E86C3BD/current/document/20180418_TFE_Teilber2_Bd2.pdf
- VW (2017), Mit dem Ziel, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, lässt Volkswagen Fahrzeuge ab 2019 miteinander kommunizieren, Volkswagen Aktiengesellschaft – Nachrichten, Wolfsburg 28.06.2017, <https://www.volkswagenag.com/de/news/2017/06/pwlan.html>
- Wackerbauer et al. (2011), ifo Forschungsberichte, Bewertung der klimapolitischen Maßnahmen und Instrumente, https://www.cesifo-group.de/DocDL/ifo_Forschungsberichte_51.pdf
- ZEIT Online (2018), Autonomes Fahren - Roboterautos ungewiss, <https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-08/autonomes-fahren-robotik-kuenstliche-intelligenz-auto-mobilitaet>
- ZSW (2017), Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung, Photovoltaik - Dünnschichtphotovoltaik an der Fassade den Weg in den Markt ebnen, <https://www.zsw-bw.de/presse/aktuelles/detailansicht/news/detail/News/duennschichtphotovoltaik-an-der-fassade-den-weg-in-den-markt-ebnen.html>

GLOSSAR

Glossar Abkürzungen und Fachtermini

- ARegV: Anreizregulierungsverordnung
- AA: Auswärtiges Amt
- Besondere netztechnische Betriebsmittel (BnBM): Durch die Übertragungsnetzbetreiber kontrahierte Kraftwerksreserven für Zwecke des Redispatch.
- BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung
- BMEL: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
- BMJV: Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz
- BMU: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
- BMVI: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
- BMWi: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- Big Data: Das Sammeln und Verarbeiten großer Datenmengen zur Analyse von Verbraucher- & Einspeiseverhalten
- bioFuels: CO₂ neutrale aus Biomasse hergestellte Brennstoffe
- Biomasse: Nutzung von Pflanzen, Tieren oder Mikroorganismen zur Energieerzeugung oder zur Erzeugung chemischer Rohstoffe.
- Brennstoffzellensysteme (H₂ bspw. mit LOHC Konzept): Stromgewinnung aus umgekehrter Elektrolyse aus Wasserstoff und Sauerstoff.
- CAPEX: Investitionsausgaben für längerfristige Anlagegüter (z.B. Errichtungskosten von Windkraftanlagen, Hochspannungsleitungen)
- Carbon Capture: CO₂-Abtrennung, die entweder aus den Abgasen der Industrie (bspw. Zementindustrie) oder aus der Umgebungsluft.
- Carbon Capture & Storage (CCS): CO₂ Speicherung. Bei der geologischen CO₂-Speicherung wird Gas durch gasdichte Bodenformationen oder Adsorptionsvorgänge eingeschlossen.
- Carbon Capture & Utilisation (CCU): Der Unterschied zu CCS ist, dass das CO₂ nicht gespeichert sondern weiterverwendet wird, bspw. für die Herstellung von synthetischem Methan oder synthetischen Flüssigkraftstoffen.
- CNG (compressed natural gas): Unter Druck (in der Regel 20–25 MPa) komprimiertes, aber nach wie vor gasförmiges Erdgas, das als Kraftstoff für entsprechend motorisierte Kraftfahrzeuge verwendet werden kann
- Concentrated Solar Power: Dampferzeugung durch über Spiegel konzentrierte Sonneneinstrahlung, siehe auch *solarthermisches Kraftwerk*
- Dezentrale Speicher: Dezentrale Speicherung von Strom z.B. in Akkus von Elektroautos, Akkus in Kombination mit PV Anlagen um den Eigenverbrauch zu erhöhen.
- eFuels: CO₂ neutrale, synthetisch basierend auf erneuerbarem Strom hergestellte Kraftstoffe

- Energieeffizienz: Erhöhung des Wirkungsgrades technischer Prozesse auf das ökonomisch sinnvolle Maß: Grenzkosten = Grenzertrag (unter Berücksichtigung gesamtgesellschaftlicher Kosten und Erträge)
- Energierückgewinnung: Systeme zur Sekundärnutzung bereits eingesetzter Energie, z.B. Umwandlung kinetischer Energie von Fahrzeugen in Strom beim Bremsvorgang, Nutzung von Abwärme z.B. zum Anwärmen von für den Verbrennungsprozess nötigen Umgebungsluft zur Effizienzsteigerung
- Energy Only Market (EOM): Strommarktdesign auf Basis tatsächlich erzeugter und verbrauchter Strommengen, steht im Gegensatz zu Kapazitätsmarktdesign. Eine finanzielle Kompensation erfolgt für die tatsächliche Produktion von Strom.
- EOM 2.0: Diverse Veränderungen am und Ergänzungen zum EOM zur Eingliederung erneuerbarer Energien. Zusätzliche Reserveprodukte werden eingeführt (optimalerweise nur bis nach einer Übergangsfrist die Nachfrage ausreichend flexibilisiert ist).
- EnWG: Energiewirtschaftsgesetz
- EU ETS (European Union Emissions Trading System): Von der EU eingeführtes System zum Handel von Emissionsrechten
- European Emissions Allowances (EUA): Repräsentiert das (verbriefte) Recht innerhalb des EU ETS eine Tonne Kohlenstoffdioxid zu emittieren.
- Grüne Kraftstoffe: CO₂ neutrale Kraftstoffen - entweder synthetisch (siehe eFuels) oder durch Biomasse (siehe bioFuels) hergestellt
- Innovative Kältespeicher/Wärmespeicher: Speicher erlauben die Produktion von Wärme/Kälte (teilweise) vom Verbrauch zu entkoppeln. Z.B. unter Nutzung chemischer Eigenschaften von Salzen
- Innovative Übertragungsnetztechnologien (Höchstspannungsnetz): Z.B. Supraleiter.
- Kapazitätsmarktdesign: Bei diesem Strommarktdesign werden im Vorhinein bestimmte Produktionskapazitäten anstelle von Produktionsmengen kontrahiert. Eine finanzielle Kompensation erfolgt für die Bereitstellung von Kapazität.
- Kapazitätsreserve: Von den Übertragungsnetzbetreibern zu vorzuhaltende Kraftwerksreserve für den Ausgleich eines nichträumenden Marktergebnisses auf dem day-ahead Markt.
- Kleinwindanlagen: Kleine Windanlagen zur Stromerzeugung, typischerweise an Land
- Kraft-Wärme-Kopplung (KWK): Gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme in derselben Anlage. Höherer Wirkungsgrad z.B. durch Nutzung der Abwärme bei der Stromproduktion als Heizwärme
- LNG: Durch starke Abkühlung verflüssigtes und durch Lagerung in speziellen Kryotanks kühl und flüssig gehaltenes Erdgas, das nur etwa ein Sechshundertstel des Volumens von gasförmigem Erdgas aufweist
- Mieterstrom: Nutzung lokal produzierten Stroms (meist aus erneuerbaren Energien stammend) durch Wohnungsmieter oder gewerbliche Nutzer vor Ort.

- Mobilitätsaggregatoren: Geschäftsmodelle zur Bündelung verschiedener Mobilitätsdienste unter einem Dach/einer App (z.B. Flinkster + Bahn + Rad etc.)
- Netzreserve, auch Winterreserve genannt: Für die Wintermonate gebildete Kraftwerksreserve um Redispatch-Eingriffe der Netzbetreiber zu erleichtern.
- Niedertemperatur Heizsysteme: Heizsystem mit geringer Vorlauftemperatur (Temperatur des die Wärme transportierenden Mediums) können Heizwärme effizienter bereitstellen. Allerdings sind große Flächen (Wand, Boden) für die Wärmeabgabe nötig.
- Offshore Wind: Windanlagen zur Stromerzeugung auf See
- Onshore Wind: Windanlagen zur Stromerzeugung an Land
- OPEX: Laufende Betriebskosten (von Anlagen). Z.B. Brennstoffkosten, Wartungskosten, Personalkosten
- ÖPNV: Öffentlicher Personennahverkehr
- Peer-to-Peer Stromhandel: Direktvermarktung des erzeugten Stroms an Endkunden ohne Zwischenschaltung von Intermediären (z.B. Blockchain basiert)
- PtC (Power-to-Chemicals): Herstellung von chemischen Rohstoffen unter Nutzung von Strom
- PtG (Power-to-Gas): Mit Hilfe von (erneuerbarem) Strom hergestelltes synthetisches Gas zur energetischen Nutzung (z.B. synthetischer Wasserstoff, synthetisches Methan)
- PtH₂ (Power-to-Hydrogen): Für die Herstellung von Wasserstoff wird unter Einsatz von (erneuerbarem) Strom Wasser in die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten
- PtCH₄ (Power-to-Methane): Bei der Herstellung von synthetischem Methan wird Wasserstoff via „Methanisierung“ in Methan umgewandelt. Das hierfür erforderliche CO₂ kann aus der Luft gewonnen werden (sog. Direct Air Capture) oder aus anderen Quellen stammen (z.B. aus Industrieprozessen, Biomasse)
- Power-to-Heat/Cold/Steam: Umwandlung (und damit kurzfristige Speicherung) von Strom in Wärme, Kälte oder Dampf.
- PtL (Power-to-Liquids): (z.B. OME, DME, Methanol) Synthetische Flüssigkraftstoffe werden aus Wasserstoff (siehe PtH₂) und Kohlenstoff via Methanol-Synthese oder Fischer-Tropsch-Synthese hergestellt
- Pumpspeicherkraftwerk: Speicherkraftwerk, das der Speicherung von elektrischer Energie durch Hinaufpumpen von Wasser dient
- PV (Photovoltaik): Direkte Stromerzeugung aus Sonnenenergie
- Quartiers-Speicherlösungen: Dienen zur lokalen Speicherung von Strom (meist aus PV-Anlagen) mit dem Ziel das Übertragungsnetz zu entlasten
- Reduktion der Prozessemissionen: Verringerung von Abfallprodukten und Emissionen bei verschiedensten Fertigungsprozessen
- Security by Design: Entwicklung von Software und/oder Systemen unter sofortiger Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten und unter der Grundannahme bössartiger Nutzer und Angriffe auf das System

- Sicherheitsreserve: Dieser werden zwischen 2016 und 2023 acht Braunkohlekraftwerksblöcke zugeteilt, die nur in Ausnahmesituationen (10 Tage Vorwarnung) wieder aktiviert werden und nach 2023 stillgelegt werden müssen.
- Smart Grid Technologien: Besseres Netzmanagement durch genauere Echtzeitmessungen, genauere Eingriffsmöglichkeiten in (dezentrale) Erzeugung und Verbrauch, etc.
- Smart Meter: Elektronische Stromzähler, die mittels einer Kommunikationseinheit Verbrauchs- und Erzeugungsdaten typischerweise in Echtzeit auslesen und (für Endnutzer, Netzbetreiber etc.) verfügbar machen können
- Solarthermie: Direkte Nutzung von Strahlungswärme der Sonne, z.B. zur Warmwassergewinnung durch Sonnenkollektoren
- Staatlich induzierte Preisbestandteile (SIP): Von staatlicher Seite auf den Preis aufgeschlagene Steuern, Abgaben, Umlagen u.ä. Im Strombereich z.B. die Konzessionsabgabe, die EEG-Umlage etc.
- Technologien für Gebäudeautomation: dient zum Einsparen unnötigen Energiebedarfs z.B. durch automatisches Absenken der Wohnungstemperatur bei Abwesenheit.
- Technologien für Wärmerückgewinnung: siehe Energierückgewinnung
- Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB): Betreiber überregionaler Hochspannungsstromnetze (Übertragungsnetz)
- Unbundling: Vertikal integrierte Energieversorgungsunternehmen müssen laut § 7 EnWG sicherstellen, dass der Netzbetrieb von anderen Bereichen der Energieversorgung hinsichtlich der Rechtsform unabhängig ist (mit Ausnahme für kleine Energieversorgungsunternehmen).
- Verteilnetzbetreiber (VNB): Betreiber lokaler Stromverteilnetze mit Niederspannung (Verteilnetz; über Umspannwerke ans Übertragungsnetz angeschlossen).
- Virtuelles Kraftwerk: Gemeinsame Vermarktung vieler kleiner Kraftwerke (auch) unterschiedlichen Typs an verschiedenen Standorten mit dem Ziel flexibel Leistung zur Verfügung zu stellen
- Wärmepumpe: Gewinnung von thermischer Energie aus einem Reservoir niedrigerer Temperatur (z.B. Umgebungsluft, Grundwasser) mit Hilfe von Antriebsenergie wie Strom (elektrische Wärmepumpe) oder Gas (Gaswärmepumpe) und Abgabe als Nutzwärme auf ein zu beheizendes System mit höherer Temperatur
- Wasserstoffmobilität: Fahrzeuge, die mit Wasserstoff angetrieben werden und keine Treibhausgase ausstoßen (Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle)

Glossar Hemmnisse

- Um einer Technologie/einem Geschäftsmodell ggf. mehrere Hemmnisse zuordnen zu können, kürzen wie die Hemmnisse zu diesem Zweck ab. Abbildung 57 stellt ein Glossar dar, in dem für jede Abkürzung das dahinterstehende Hemmnis hinterlegt ist.

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN UND NEUE GESCHÄFTSMODELLE FÜR DIE ENERGIEWENDE - DIE ROLLE DER DEUTSCHEN F&I POLITIK

Abbildung 57 Abkürzungsverzeichnis für die Hemmnisse

Sektor	ID	Abkürzung	Hemmnis im Fragebogen
Strom	H.s.1	Hohe SIP	Hohe staatlich induzierte Preisbestandteile (Steuern, Abgaben und Umlagen) für Strom (und andere Brennstoffe) als Hindernis für Sektorenkopplung und Nutzung
	H.s.2	Fehlende nationale Abstimmung mit EU-ETS	Zu niedriges Preisniveau im EU-ETS durch unberücksichtigte Wechselwirkung mit nationalen Instrumenten und Förderung Erneuerbarer Energien (EE) als Hemmnis
	H.s.3	Fehlende Koordination Standort/Netzkosten	Fehlt es an Koordination (durch Unbundling) von Netzkosten bei der Standortwahl und dem Einspeise-/Verbrauchsverhalten von Erzeugern und Verbrauchern
	H.s.4	Datenschutz als Energiesparhemmnis	Werden Energieeffizienzsteigerungsmaßnahmen durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt?
	H.s.5	Datenschutz als Netzsicherheitshemmnis	Wird die Netzsicherheit durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt (dezentraler Erzeuger und Prosumer)?
	H.s.6	Fehlende System Adequacy	Fehlt es an einem adäquaten Anreizsystem für Versorgungssicherheit („System Adequacy“), z.B. über das Ausgleichsenergiesystem und die
	H.s.7	Fehlende Reserveprodukte	Fehlen Reserveprodukte für den Handel von "gesicherter" Leistung (neben etablierten Instrumenten wie Sicherheitsreserve, Kapazitätsreserve, Netzreserve,
	H.s.8	Zeitkonstante Preissignale	Fehlende zeitvariable Preissignale beim Endkunden ein Hemmnis für EE-Integration, Finanzierung/Vermarktung von innovativen Flexibilität und
	H.s.9	Fehlende IKT Infrastruktur	Fehlt es an Ausbau der IKT Infrastruktur ("GigaNetz") für Smart Grids und Smart Meter?
	H.s.10	Anreize zum Ausbau statt innov. Netzmanagement	Fehlende Anreize für Übertragungs- bzw. Verteilnetzbetreiber für innovative Technologielösungen
	H.s.11	Fehlende Koordination dezentraler Flexibilität	Fehlendes Koordinationsmodell zum Engpassmanagement zur Nutzung dezentraler Flexibilität (PtH, Speicher, PtG, EE Einspeisung)
Gebäude	H.g.1	Fehlende CO2-Bepreisung	Fehlende oder nicht konsistente Bepreisung von CO2 Emissionen für Wärmetechnologien (z.B. via CO2 Steuer)
	H.g.2	Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten	Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten für Investition in Energieeffizienzmaßnahmen (z.B. Abschreibungsregeln)
	H.g.3	Fokus auf Neubauten, zu wenig auf Bestand	Zu starke Fokussierung des Ordnungsrechts (EnEV) auf Neubauten bzw. unzureichende Anwendung auf Bestandsgebäude (inkl. großzügiger
	H.g.4	Nicht-technologieneutrale Positivlisten	Nicht-technologieneutrale „Positivlisten“ wie die Primärenergiefaktoren aus der EnEV oder „Gutschriften“ für EE nach EEWärmeG als Hemmnis für innovative
	H.g.5	Derzeitige Tarifstruktur Strom	Derzeitige Tarifstruktur (siehe Stromsektor) als Hemmnis für Innovationen im Gebäudesektor (z.B. durch direkte oder indirekte Elektrifizierung)
	H.g.6	Unverständliche Fördermaßnahmen	Fehlende Verständlichkeit und Erreichbarkeit oder falsche Adressaten von Förderungen für die Energiewende im Gebäudesektor (z.B. bei Programmen für
	H.g.7	Diverse rechtl. Barrieren für EE	Bestehendes Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht als Hemmnis für Energieeffizienz oder den Einsatz von EE im Quartier bzw. bei Nutzung von
	H.g.8	Bestand-Fördermittel limitiert	Limitierter/zu komplizierter Zugang zu Fördermitteln für Bestandsbauten und Ersatzneubauten als eine Art Extremform der „Sanierung“
Verkehr	H.v.1	Fehlende CO2-freie-Tank-/Ladeinfrastruktur	Fehlende und nicht proaktiv kommunizierte Verfügbarkeit von Lade-/Tankinfrastruktur für Elektro- und CO2-neutrale Fahrzeuge
	H.v.2	Nicht-technologieneutrale Positivlisten	Fehlende Technologieneutralität („Positivlisten“) für die CO2 Flottenziele im Verkehrssektor (z.B. erhalten E-Autos Gutschriften, während andere alternative
	H.v.3	Geringer Fokus auf Bestand	Unzureichende Fokussierung der Regulierung (z.B. CO2 Flottenziele) auf den Fahrzeugbestand
	H.v.4	Geringer Fokus auf Fahr-/Mobilitätsverhalten	Unzureichende Fokussierung der Regulierung (z.B. CO2 Flottenziele) auf das Fahrverhalten bzw. das Mobilitätsverhalten insgesamt?
	H.v.5	Fehlende Koordination Ladeinfrastruktur	Fehlende Koordination von Ladesäulenausbauplanung und Verteilnetzausbau (z.B. für Strom- und Gasnetze)
	H.v.6	Fehlende Regulierung CO2 eFuels	Fehlende Regulierung im Bezug auf CO2 Vorschriften für importierte synthetische Brennstoffe in der EU (und in DE)
	H.v.7	Unzureichende Verkehrswegplanung	Fehlende Berücksichtigung von CO2 Implikationen von Transport- und Verkehrsoptionen (Schiff-, Schienen-, Auto-, Bus- u. Fahrradstrecken,
	H.v.8	Privilegierung von Dienstwagen	Steuerliche Privilegierung von Dienstwagen
Industrie	H.i.1	Kompensation Carbon Leakage	Kompensation für abwanderungsgefährdete Unternehmen trotz gegebener Emissionsmengenvorgaben im EU-ETS
	H.i.2	EU-ETS Preis	Verwässertes EU-ETS Preissignal als Hemmnis bei der Dekarbonisierung von Industrieprozessen durch innovative Technologien (siehe Hemmnisse im
	H.i.3	Hohe SIP	Staatlich induzierten Preisbestandteile bei Strom als Hemmnis für die Dekarbonisierung von Industrieprozessen
Sektorübergreifend	H.ü.1	Erschwerter VC Zugang	Erschwerter Zugang zu Venture Capital und Business Angels in Deutschland für spätere Start-up Phasen (go-to-market und growth phase). Hemmnis, da
	H.ü.2	Bürokratie für Start-ups	Bürokratie und fehlende Absicherung in der frühen Start-up Phase (pre-seed und seed phase)
	H.ü.3	Unübersichtliche Förderlandschaft	Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft für Unternehmen, hoher Bürokratieaufwand
	H.ü.4	Mangelnde steuerl. Innovationsförderung	Vernachlässigung steuerlicher Innovationsförderung. Zu großer Fokus auf Förderungen (z.B. verbunden mit dem Problem von "Positivlisten", zu geringe
	H.ü.5	Mangelnde eSkills	Mangelnde Kompetenz bzgl. Digitalisierung von Prozessen in den einzelnen Sektoren (Entscheidungsebene und Fachkräfteebene)
	H.ü.6	Mangelnde Cyber Resilience	Mangelnde Cyber Resilience, d.h. Unfähigkeit eines Unternehmens, trotz unerwünschter Zwischenereignisse kontinuierlich angestrebte Ergebnisse zu
	H.ü.7	Unverlässlichkeit Rahmenbedingungen	Verlässlichkeit/Langfristigkeit klimapolitische Rahmenbedingungen

Quelle: Frontier Economics

6 ANNEX A - DARSTELLUNG DER DETAILS DER EXPERTENUMFRAGE

6.1 Vorgehen bei der Expertenbefragung

Ziel der Umfrage

Ziel der Umfrage war eine Wissensabfrage von Experten aus denjenigen Sektoren, die von der Energiewende betroffen sind. Die Expertenumfrage haben wir daher in Abstimmung mit den Experten des E-FI folgendermaßen konzipiert.

- Abfrage der Eckpfeiler für Innovation:
 - Technologien/Geschäftsmodelle und deren Wichtigkeit sowie technologische Reife;
 - Hemmnisse für wichtige Innovationen; sowie
 - Lösungsansätze und Best Practice-Beispiele
- Abfrage von detailliertem Wissen aus allen Bereichen, die von der Energiewende betroffen sind. Dafür
 - unterteilten wir den Energiesektor in die thematischen Untersektoren Strom, Industrie, Verkehr und Gebäude: Jeder Untersektor wurde inhaltlich und designtechnisch klar getrennt abgefragt. Dafür erstellten wir jeweils mithilfe von Frontier-internem und externem Expertenwissen sowie Fachliteratur eine Vorauswahl (möglichst) aller wichtigen Technologien und Hemmnisse; und
 - wählten wir einen ausgewogenen und möglichst breiten Adressatenkreis, dessen Fachwissen in der Gesamtheit alle vier Bereiche abdeckte.

Methodik: Balance zwischen angestrebtem Informationsgewinn und Zeitaufwand seitens der Befragten

Hierbei war es wichtig, eine Balance zwischen Informationsgewinn der Umfrage und dem dafür aufzuwendenden Zeitaufwand seitens der Experten zu finden. Wir haben dabei Folgendes abgewogen²³¹:

- Zunächst mussten wir ein möglichst unverzerrtes Expertenwissen durch eine hohe Rücklaufquote sicherstellen. Um die Rücklaufquote zu erhöhen, musste der Zeitaufwand so gering wie möglich gehalten werden: Diesem Zweck dienten
 - geschlossene Fragen: Diese gewährleisteten neben zeitlicher Effizienz auch Vergleichbarkeit zwischen den Fragen und machten die statistische Auswertbarkeit erst möglich. Es standen dabei durchgehend vier Antwortmöglichkeiten (Bewertungsskala) zur Verfügung. Die gerade Anzahl diente dazu, der Tendenz entgegenzuwirken, sich „bequem“ in der Mitte zu positionieren. Falls der Experte sich jedoch tatsächlich nicht

²³¹ Siehe Burns (2000) und Judd et al. (1986) für einen Überblick zur Frage des Umfragedesigns und der Umfrageauswertung.

positionieren wollte, hatte er die Möglichkeit, die Frage gänzlich unbeantwortet zu lassen.²³²

- inhaltliche Zusammenfassungen zu bspw. Technologiegruppen: So aggregierten wir bspw. die erste Technologie im Stromsektor zu „Photovoltaik“ und verzichteten auf eine aufgliederter Abfrage der verschiedenen Arten von PV.
- Allerdings gehen auch Nachteile mit der übersichtlichen Gestaltung der Fragen einher. So könnte man sich unter Anwendung
 - geschlossener Fragen dem Einwand des Framing, sowie mit
 - der inhaltlichen Aggregation dem Vorwurf von Ungenauigkeit aussetzen²³³.
- Alternativ würden allerdings auch eine ausschließlich offene Fragestellung massive Probleme bei der Auswertung verursachen; zum Beispiel: es wäre praktisch unmöglich, Häufigkeiten von Antworten zu berechnen, da aufgrund der Komplexität des Themenbereiches bei abweichender sprachlicher Formulierung Aggregationsprobleme unvermeidlich sind. Außerdem sind Verzerrungen bei offenen Fragen ebenfalls nicht unwahrscheinlich, da z.B. Strommarktexperten spontan viel zu Strommarkthemnissen einfällt, aber weniger zu Hemmnissen im Gebäudesektor. Geschlossene Fragen bieten hier eine gewisse Hilfestellung, um diesem Problem Rechnung zu tragen.
- Um diesen Schwachstellen so weit wie möglich vorzubeugen und weiterhin einen fundierten, möglichst umfassenden Informationsgewinn zu erzielen, wurden die Experten aufgefordert, über die Umfrage hinausgehende Informationen in offenen Antwortmöglichkeiten (zu jedem Themenbereich und am Ende der Umfrage allgemein)²³⁴ zu äußern, sofern sie ihnen vorläge²³⁵.

6.2 Aufbau der Expertenbefragung

Die Expertenumfrage ist wie folgt aufgebaut:

- Anleitung für den Fragebogen und Hintergrund
- Fragen zu den einzelnen Sektoren (Strom, Industrie, Verkehr, Gebäude) – zu Technologien, Geschäftsmodellen und Hemmnissen
- Fragen zu möglichen Lösungsansätze
- Weitere Informationen zur Einordnung des Experten

6.2.1 Anleitung

Den Beginn der Umfrage macht das Sheet „Anleitung“, in dem den Experten die wichtigsten Bestandteile der Umfrage sowie Anleitungen für das Ausfüllen des Fragebogens bereitgestellt werden.

²³² Siehe Krosnick und Presser (2010) für Argumente für vierteilige Antwortskalen.

²³³ Siehe Schuman und Presser (1979) für Vor- und Nachteile von offenen vs. geschlossenen Fragen in Umfragen.

²³⁴ Siehe Singer und Couper (2017) für Vorteile von offenen Fragestellungen und Kommentarmöglichkeiten.

²³⁵ Siehe Reja et al. (2003) für eine Abwägung offener versus geschlossener Fragen im Kontext von Online-Umfragen.

Abbildung 58 Anleitung zum Ausfüllen des Fragebogens



Einordnung der Person

Bitte geben Sie folgende Informationen an, die bei der Auswertung helfen, aber absolut anonym behandelt werden.

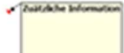
Name

Arbeitgeber & Funktion

Sektor/en (Strom, Gebäude, Verkehr, Industrie) mit größter Expertise

Anleitung

1. Folgen Sie bitte der Nummerierung der Excel-Seiten, d.h. füllen Sie die Seiten von 1 bis 11 nacheinander aus.
2. Innerhalb einer Seite bitte von links nach rechts durch eine Zeile durchgehen (→). So gelangen Sie automatisch zur nächsten Zeile.
3. Füllen Sie bitte alle Felder mit folgender Formatierung aus:
4. Haben Sie eine Frage beantwortet, färbt sich das Feld weiß:
5. Sie können die Felder auf verschiedene Weise ausfüllen:
 - a. Geschlossene Antwortmöglichkeiten - Zeigt sich bei Klicken auf das Feld das Zeichen für eine Drop-Down-Liste, ist nur eine Auswahl aus der Liste möglich. Sie öffnen die Liste entweder mit der Maus oder bequemer durch gleichzeitigen Drücken von & . Die Auswahl bestätigen Sie durch ENTER.
 - b. Offene Antwortmöglichkeiten - Zeigt sich beim Klick auf das Feld kein Drop-Down Zeichen, ist eine offene Antwort möglich.
6. Manche Felder zeigen oben rechts eine rote Ecke . Wenn Sie mit der Maus über dieses Feld fahren, öffnet sich ein Kommentarfeld mit zusätzlichen Informationen.



Herzlichen Dank für Ihre Hilfe!

Anleitung

Sektoren>

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

8.

9. Fragen Innovation

10. Lösungsansätze

11. Einordnung

Quelle: Frontier Economics / Energieloft

6.2.2 Überblick - Fragen je Sektor

Die Teilnehmer werden je Sektor nach Technologien/Geschäftsmodellen und Hemmnissen gefragt.

Technologien und Geschäftsmodelle

Zunächst beantworten die Teilnehmer die geschlossenen Fragen (Abbildung 59 oben). Für jede der vorausgewählten Technologien/Geschäftsmodelle lautet

- die erste Frage: „Für wie wichtig halten Sie die folgenden Technologien/Geschäftsmodelle für die Energiewende im Stromsektor? (Zeithorizont: 2040-50 unter Voraussetzung einer vollständigen Dekarbonisierung) [Bitte ein x je Zeile einfügen]“
- die Antwortmöglichkeiten: „unwichtig; weniger wichtig; wichtig; sehr wichtig“
- die zweite Frage: „An welchem Reifegrad würden Sie die Technologie momentan sehen? [bitte ein x je Zeile einfügen]“
- die vier Antwortmöglichkeiten: „Grundlegende Forschung; Technologieentwicklung/Tests; Produktkonzept/Prototyp vorhanden; marktreifes Produkt“

Abbildung 59 Aufbau der Fragen zu Technologien am Beispiel des Stromsektors

1 Technologien/Geschäftsmodelle im Stromsektor

Stromsektor

Für wie wichtig halten Sie die folgenden Technologien/Geschäftsmodelle für die Energiewende im Stromsektor?
(Zeithorizont: 2040-50 unter Voraussetzung einer vollständigen Dekarbonisierung)
[bitte ein x je Zeile einfügen]

	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	sehr wichtig
Photovoltaik				
Concentrated Solar Power				
Biomasse - Feststoff				
Biomasse - Flüssiggas				
Onshore Wind				
Offshore Wind				
Kleinwindanlagen				
Power-to-Gas (z.B. Wasserstoff, synt. Methan)				

Gibt es weitere sehr wichtige Technologien/Geschäftsmodelle, die Sie gerne nennen würden?
[bitte bis zu drei Techn./Geschäftsmodelle eintragen]

Zusätzliche Technologie

An welchem Reifegrad würden Sie die Technologie momentan sehen?

[bitte ein x je Zeile einfügen]



	Grundlegende Forschung	entwicklung/ Tests	Prototyp vorhanden	marktreifes Produkt

	Grundlegende Forschung	entwicklung/ Tests	Prototyp vorhanden	marktreifes Produkt

Quelle: Expertenurfrage Frontier und Energieloft

Des Weiteren haben die Teilnehmer auch die Möglichkeit, zusätzliche Technologien zu nennen, die sie als sehr wichtig erachten (Offene Antwortmöglichkeit).

- „Gibt es weitere sehr wichtige Technologien/Geschäftsmodelle, die Sie gerne nennen würden?
[bitte bis zu drei Techn./Geschäftsmodelle eintragen]“
- Die Antwort hierauf ist offen. Sobald ein Eintrag erfolgt ist (vgl. beispielhaft „Zusätzliche Technologie“ in der Abbildung 59 unten), wird die Frage nach dem technologischen Reifegrad wie für die vorausgewählten Technologien gestellt.

Dieser Aufbau der Fragen ist für die anderen drei Sektoren identisch. Die im Fragebogen vorausgewählten Technologien sind in Abbildung 60 für die jeweiligen Sektoren dargestellt.

Abbildung 60 Liste der vorgeschlagenen Technologien in allen Sektoren

Strom	Gebäude
Photovoltaik	Smart Meter
Concentrated Solar Power	Technologien für Wärmerückgewinnung
Biomasse - Feststoff	Technologien für Gebäudeautomation
Biomasse - Flüssiggas	Energieeffizientes Bauen/Sanieren
Onshore Wind	Techn. für fassadenintegrierte Energiegewinnung
Offshore Wind	Power-to-Heat
Kleinwindanlagen	Kraft-Wärme-Kopplung, Fernwärme aus EE
Power-to-Gas	Solarthermie
Kraft-Wärme-Kopplung (Power-to-Heat)	Techn. für energiesparende Gebäudenutzung
KWK basierend auf import. synth. Brennstoffen	Quartierslösungen, Mieterstrom
Power-to-Liquids	Innovative Kälte-/Wärmespeicher
Pumpspeicherkraftwerk	Niedertemperatur-Heizsysteme
Dezentrale Speicher (z.B. E-Auto)	Wärmepumpensysteme
Quartiers-Speicherlösungen	Brennstoffzellensysteme
Virtuelle Kraftwerke	
Peer-to-Peer Stromhandel	
Smart Grid Technologien	
Innovative Übertragungsnetztechnologien	
Carbon Capture & Storage	
Carbon Capture & Utilisation	
Smart Meter, Big Data	
Verkehr	Industrie
Elektrofahrzeuge	Energieeffizienz
Hybridfahrzeuge	Reduktion Prozessemissionen
Wasserstoffmobilität	Power-to-Heat/Cold/Steam
Ladeinfrastruktur	Power-to-Gas
Ladeinfrastruktur über Stromschiene auf Straßen	Power-to-Liquids
ÖPNV	Power-to-Chemicals
Sharing-Modelle, Mobilitätsaggregatoren	Biomasse
Datenaggregation u. -sharing zur	Virtuelle Kraftwerke
Flottenmanagement-Systeme	Dezentrale Speicher
Power-to-Liquid	Energierückgewinnung
Straßen als Flächen für PV	
Autonomes Fahren	

Quelle: Expertenumfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: Weitere Technologien können von den Experten in offenen Antworten ergänzt werden.

Methodik zur Auswertung der Ergebnisse

Gewichtung

Die Antworten gingen ungewichtet in die Ergebnisdarstellungen ein. Es wurde während des Scopings der Umfrage diskutiert, diejenigen Antworten stärker zu gewichten, die von einem jeweiligen Sektorexperten für seinen „Heimatsektor“ gegeben wurden. Die Annahme bei dieser Methodik wäre, dass Sektorexperten sich relativ zu den restlichen Experten besser mit diesem Sektor auskennen. Allerdings sind wir zu dem Schluss gekommen, dass eine valide Gewichtung nicht möglich ist, da konkrete Gewichtungsfaktoren immer willkürlich wären und der Sektorbezug nicht genügend sichergestellt werden kann. Die Zuordnung von Experten zu Sektoren basiert auf deren Selbsteinschätzung zu Beginn des Fragebogens (vgl. Anleitung). Allerdings mussten wir nach dem Rücklauf feststellen, dass Experten teilweise keinen Sektorbezug genannt haben. Wie mit

solchen fehlenden Antworten im Rahmen einer Gewichtung umzugehen wäre, wäre unklar gewesen. Bspw. gibt Experte A keinen Sektor an, da er sich in allen sehr gut auskennt. Experte B hingegen gibt bspw. Strom an. Sicher ist, dass Experte B mehr Wissen im Stromsektor als in den anderen Sektoren hat. Nicht sicher ist jedoch, ob Experte B mehr Wissen im Stromsektor hat als Experte A. Zweiteres würde jedoch eine Gewichtung unterstellen. In der Folge haben wir deshalb auf eine Gewichtung verzichtet.

6.3 Zusätzliche Ergebnisdarstellungen

- Die folgenden Boxplot Diagramme stellen zusätzlich zu den Ergebnisabbildungen in Kapitel 3 die Verteilung der Antworten dar. Generell gilt, je weniger verteilt die Antworten, desto übereinstimmender die Meinungen der Experten.
- Die rote Box reicht vom ersten bis zum dritten Quartil. Bei den Verteilungsdiagrammen der Wichtigkeit ist erkennbar, dass die Experten zunehmend in Ihrer Einschätzung übereinstimmen, je wichtiger die Technologie durchschnittlich ist. Beim technologischen Reifegrad ist diese Tendenz etwas schwächer.
- Die grauen Striche reichen bis zu der jeweils höchsten und niedrigsten Antwort.
- Median und arithmetisches Mittel (Durchschnitt im Haupttext) sind in der Abbildungen gekennzeichnet.

Abbildung 61 Strom – Wichtigkeit Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = unwichtig, 1 = weniger wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig

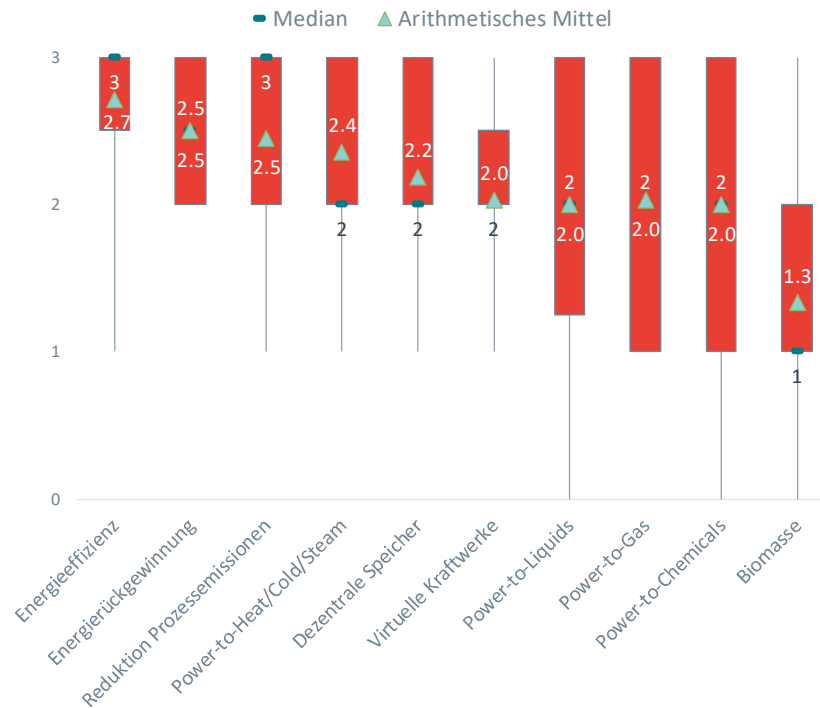
Abbildung 62 Strom – TRL Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = Grundlegende Forschung; 1 = Technologieentwicklung / Tests, 2 = Produktkonzept / Prototyp vorhanden, 3 = marktreifes Produkt

Abbildung 63 Industrie - Wichtigkeit Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = unwichtig, 1 = weniger wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig

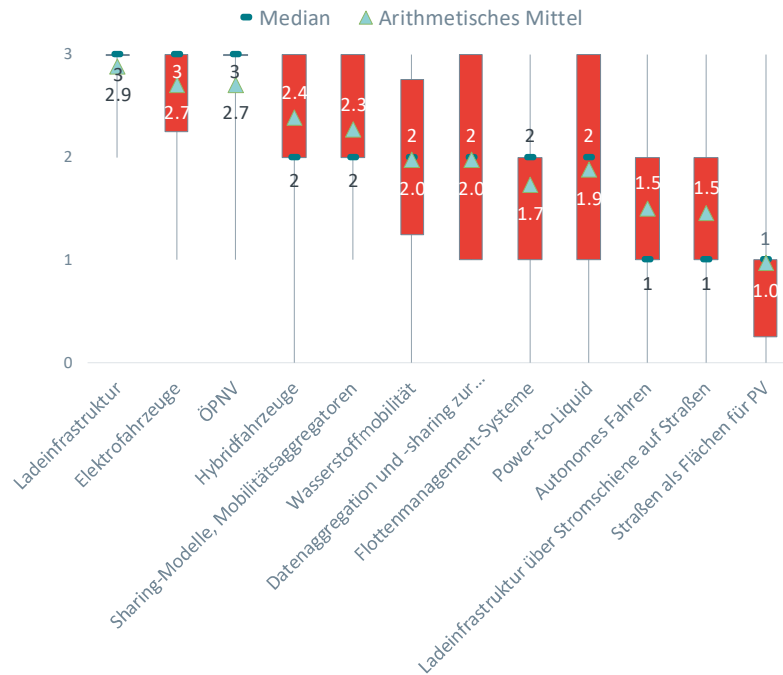
Abbildung 64 Industrie - TRL Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = Grundlegende Forschung; 1 = Technologieentwicklung / Tests, 2 = Produktkonzept / Prototyp vorhanden, 3 = marktreifes Produkt

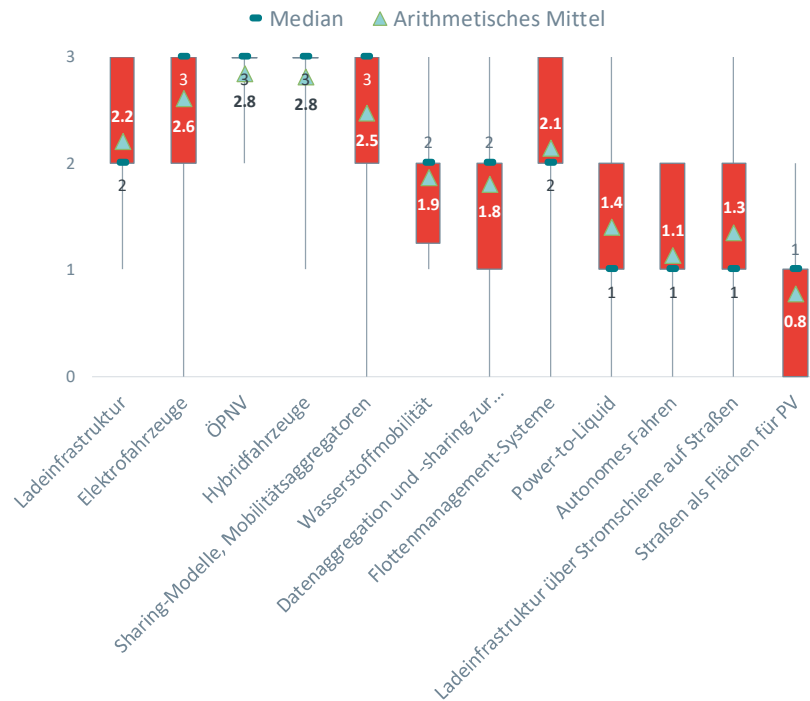
Abbildung 65 Verkehr - Wichtigkeit Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = unwichtig, 1 = weniger wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig

Abbildung 66 Verkehr – TRL Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = Grundlegende Forschung; 1 = Technologieentwicklung / Tests; 2 = Produktkonzept / Prototyp vorhanden; 3 = marktreifes Produkt

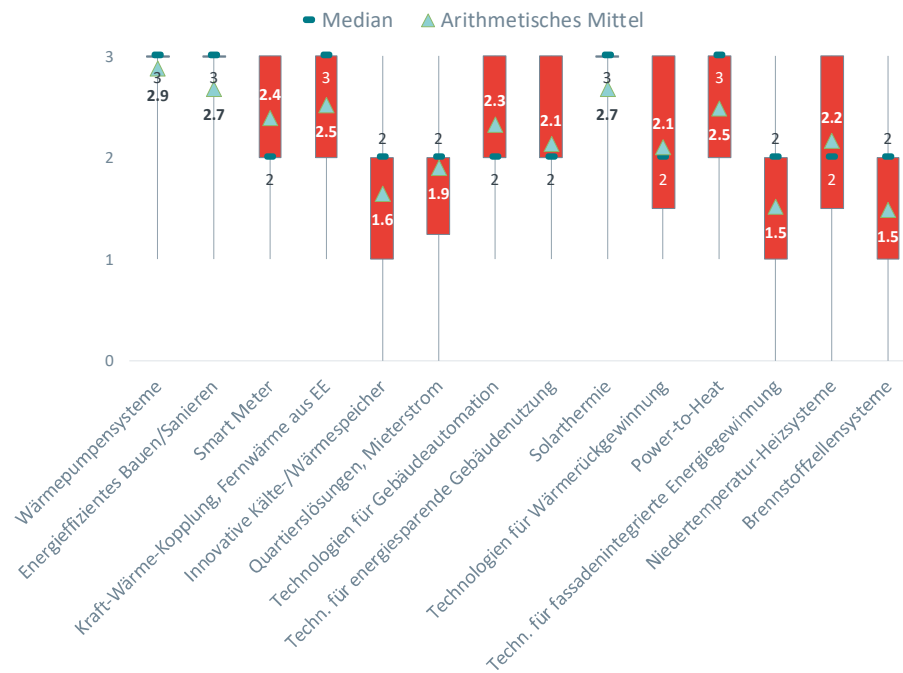
Abbildung 67 Gebäude – Wichtigkeit Boxplot



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = unwichtig, 1 = weniger wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig

Abbildung 68 Gebäude - TRL



Quelle: Umfrage Frontier und Energieloft

Hinweis: 0 = Grundlegende Forschung; 1 = Technologieentwicklung / Tests; 2 = Produktkonzept / Prototyp vorhanden; 3 = marktreifes Produkt

6.3.1 Überblick – Fragen mit Bezug zu Hemmnissen

Ähnlich wie bei den Technologien/Geschäftsmodellen wird den Teilnehmer zunächst eine Vorauswahl an Hemmnissen vorgeschlagen (vgl. Abbildung 69). Da die Hemmnisse oft zu komplex sind, um sie in einem kurzen Satz auszudrücken bzw. um für jeden der Teilnehmer sofort verständlich zu sein, gibt es weitere Erläuterungen zu den Hemmnissen, die sich bei Bedarf öffnen. Für das jeweilige Hemmnis lautet

- die Frage: „Zu welchem Grad bestehen folgende Hemmnisse für die Energiewende im Stromsektor?
(Zeithorizont 2040-50 unter Voraussetzung einer vollständigen Dekarbonisierung) [bitte ein x je Zeile einfügen]“
- und die Antwort: „gar nicht; wenig stark, Stark; Sehr stark“

Falls die Teilnehmer zusätzliche Hemmnisse nennen möchten, können sie diese in einer offenen Antwort erwähnen. Dazu werden sie wie folgt aufgefordert:

„Sehen Sie weitere sehr starke Hemmnisse, die bisher nicht genannt wurden? Wenn ja, welche? [bis zu drei zusätzliche Hemmnisse eintragen]“

- Die Antwort ist wiederum offen gehalten. Sobald ein zusätzlicher Eintrag gemacht worden ist, wird angezeigt, dass das Hemmnis als „sehr stark“ bewertet wird.t.

Abbildung 69 Aufbau der Fragen zu Technologien am Beispiel des Stromsektors

2 Hemmnisse im Stromsektor

Stromsektor

Zu welchem Grad bestehen folgende Hemmnisse für die Energiewende im Stromsektor?
(Zeithorizont 2040-50 unter Voraussetzung einer vollständigen Dekarbonisierung)
[bitte ein x je Zeile einfügen]

Hohe staatlich induzierte Preisbestandteile (Steuern, Abgaben und Umlagen) für Strom (und andere Brennstoffe) als Hindernis für Sektorenkopplung und Nutzung von Flexibilität				
Zu niedriges Preisniveau im EU-ETS durch unberücksichtigte Wechselwirkung mit nationalen Instrumenten und Förderung Erneuerbarer Energien (EE) als Hemmnis für Nicht-EE Technologien ("low carbon technologies")				
Fehlt es an Koordination (durch Unbundling) von Netzkosten bei der Standortwahl und dem Einspeise-/Verbrauchsverhalten von Erzeugern und Verbrauchern				
Werden Energieeffizienzsteigerungsmaßnahmen durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt?				
Wird die Netzsicherheit durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt (dezentraler Erzeuger und Prosumer)?				
Fehlt es an einem adäquaten Anreizsystem für Versorgungssicherheit („System Adequacy“), z.B. über das Ausgleichensystem und die Bilanzgruppenverantwortung?				

Für mehr Information, mit dem Mauszeiger über die jew. Zeile fahren.

gar nicht
wenig stark
stark
sehr stark

Sehen Sie weitere sehr starke Hemmnisse, die bisher nicht genannt wurden? Wenn ja, welche?
[bis zu drei zusätzliche Hemmnisse eintragen]

Zusätzliches Hemmnis

←
Anleitung
Sektoren>
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9. Fragen Innovation
10. Lösungsansätze
11. Einordnung
+

Quelle: Expertenumfrage Frontier und Energieloft

Dieser Aufbau wiederholt sich in den drei anderen Sektoren sowie der sektorübergreifenden Abfrage zu Innovationen. Eine Übersicht über die jeweils vorgeschlagenen Hemmnisse sind in Abbildung 70 dargestellt.

Abbildung 70 Liste der vorgeschlagenen Hemmnisse in allen Sektoren

Strom	Industrie
Hohe staatlich induzierte Preisbestandteile für Strom als Hindernis für Sektorenkopplung und Nutzung von Flexibilität	Kompensation für abwanderungsgefährdete Unternehmen trotz gegebener Emissionsmengenvorgaben im EU-ETS
Zu niedriges Preisniveau im EU-ETS durch unberücksichtigte Wechselwirkung mit nationalen Instrumenten und Förderung EE als Hemmnis für Nicht-EE Technologien	Verwässertes EU-ETS Preissignal als Hemmnis bei Dekarbonisierung von Industrieprozessen durch innovative Technologien
Fehlende Koordination von Netzkosten bei der Standortwahl und dem Einspeise-/Verbrauchsverhalten von Erzeugern und Verbrauchern	Staatlich induzierte Preisbestandteile bei Strom
Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten hemmt Energieeffizienzsteigerungsmaßnahmen	Innovation Erschwerter Zugang zu Venture Capital und Business Angels in Deutschland für spätere Start-up Phasen Bürokratie und fehlende Absicherung in der frühen Start-up Phase Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft für Unternehmen, hoher Bürokratieaufwand Vernachlässigung steuerlicher Innovationsförderung; zu großer Fokus auf Förderungen Mangelnde Kompetenz bzgl. Digitalisierung von Prozessen in den einzelnen Sektoren Mangelnde Cyber Resilience, d.h. Unfähigkeit eines Unternehmens, trotz unerwünschter Zwischenereignisse kontinuierlich angestrebte Ergebnisse zu erzielen Verlässlichkeit/Langfristigkeit klimapolitischer Rahmenbedingungen
Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten hemmt Netzsicherheit	
Fehlendes adäquates Anreizsystem für Versorgungssicherheit	
Fehlende Reserveprodukte für den Handel von "gesicherter" Leistung	
Fehlende zeitvariable Preissignale beim Endkundenhemmen EE-Integration, Finanzierung/Vermarktung von innovativen Flexibilität und Energieeffizienz	
Fehlender Ausbau der IKT-Infrastruktur für Smart Grids und Smart Meter	
Fehlende Anreize für Übertragungs-/Verteilnetzbetreiber für innovative Technologielösungen	
Fehlendes Koordinationsmodell zum Engpassmanagement zur Nutzung dezentraler Flexibilität	
Gebäude	Verkehr
Fehlende oder nicht konsistente Bepreisung von CO2 Emissionen für Wärmetechnologien	Fehlende oder nicht proaktiv kommunizierte Verfügbarkeit von Lade-/Tankinfrastruktur für Elektro- und CO2-neutrale Fahrzeuge
Fehlende Abschreibungsmöglichkeiten für Investition in Energieeffizienzmaßnahmen	Fehlende Technologieneutralität für die CO2 Flottenziele im Verkehrssektor
Zu starke Fokussierung des Ordnungsrechts auf Neubauten bzw. unzureichende Anwendung auf Bestandsgebäude	Unzureichende Fokussierung der Regulierung auf den Fahrzeugbestand
Nicht-technologieneutrale "Positivlisten" oder "Gutschriften" für EE nach EEWärmeG als Hemmnis für innovative "low carbon" Einzelmaßnahmen	Unzureichende Fokussierung der Regulierung auf das Fahrverhalten/Mobilitätsverhalten insgesamt
Derzeitige Tarifstruktur (z.B. direkte oder indirekte Elektrifizierung)	Fehlende Koordination von Ladesäulenausbauplanung und Verteilnetzausbau
Fehlende Verständlichkeit oder falsche Adressaten von Förderungen für die Energiewende im Gebäudesektor	Fehlende Regulierung von CO2 Vorschriften für importierte synth. Brennstoffe in der EU/in DE
Bestehendes Bau-, Miet- und Gewerbesteuerrecht als Hemmnis für Energieeffizienz oder den Einsatz von EE im Quartier	Fehlende Berücksichtigung von CO2 Implikationen von Transport-/Verkehrsoptionen bei der Planung von Infrastruktur
Limitierter/zukomplizierter Zugang zu Fördermitteln für Bestandsbauten und Ersatzneubauten als eine Art Extremform der "Sanierung"	Steuerliche Privilegierung von Dienstwagen

Quelle: *Expertenumfrage Frontier und Energieloft*

6.3.2 Fragen mit Bezug zu möglichen Lösungsansätzen

Die Teilnehmer werden daraufhin gebeten, ihnen bekannte Lösungsvorschläge zu den ihrer Meinung nach stärksten Hemmnissen zu äußern. Hierfür

- wird gefragt: „Sind Ihnen grundsätzliche oder aus dem Ausland/anderen Branchen auf Deutschland übertragbare Lösungsansätze (Förderung, Reformen von Regulierung/ Steuergesetzgebung,...) zum Abbau von Hemmnissen bekannt?“
- wählen die Teilnehmer zunächst bis zu vier Hemmnisse aus, für die sie einen Lösungsvorschlag haben. Dabei haben sie auch die Möglichkeit, diejenigen Hemmnisse auszuwählen, die sie selber zuvor hinzugefügt haben.
- schreiben sie dann den Lösungsvorschlag auf.

Insgesamt wurden 36 zusätzliche Lösungsansätze vorgeschlagen. Dabei wurde jeweils eine Lösung vorgeschlagen für

- 25 vorgegebene Hemmnisse (davon 20 aus dem Stromsektor, je 1 aus dem Verkehrs- und Gebäudesektor und 3 aus den generellen Hemmnissen); und
- 11 von den Experten zuvor selbst genannten Hemmnissen.

Abbildung 71 Hemmnisse, für die von den Experten alternative Lösungen vorgeschlagen wurden

Hausgewähltes Hemmnis	Anzahl der Nennungen
Vorgegebene und ausgewählte Hemmnisse	
Hohe staatlich induzierte Preisbestandteile (Steuern, Abgaben und Umlagen) für Strom (und andere Brennstoffe) als Hindernis für Sektorkopplung und Nutzung von Flexibilitäten	4
Fehlende Anreize für Übertragungs- bzw. Verteilnetzbetreiber für innovative Technologielösungen	4
Zu niedriges Preisniveau im EU ETS durch unberücksichtigte Wechselwirkung mit nationalen Instrumenten und Förderung Erneuerbarer Energien (EE) als Hemmnis für Nicht-EE Technologien ("low carbon technologies")	3
Fehlende zeitvariable Preissignale beim Endkunden ein Hemmnis für EE-Integration, Finanzierung/Vermarktung von innovativen Flexibilitäten und Energieeffizienz	3
Fehlt es an einem adäquaten Anreizsystem für Versorgungssicherheit („System Adequacy“), z.B. über das Ausgleichsenergiesystem und die Bilanzgruppenverantwortung?	2
Fehlt es an Koordination (durch Unbundling) von Netzkosten bei der Standortwahl und dem Einspeise-/Verbrauchsverhalten von Erzeugern und Verbrauchern	1
Werden Energieeffizienzsteigerungsmaßnahmen durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt?	1
Wird die Netzsicherheit durch Datenschutz von Verbrauchs-/Einspeisedaten gehemmt (dezentraler Erzeuger und Prosumer)?	1
Fehlendes Koordinationsmodell zum Engpassmanagement zur Nutzung dezentraler Flexibilitäten (PtH, Speicher, PtG, EE Einspeisung)	1
Zu starke Fokussierung des Ordnungsrechts (EnEV) auf Neubauten bzw. unzureichende Anwendung auf Bestandsgebäude (inkl. großzügiger Ausnahmeregelungen bei Modernisierung)	1
Unzureichende Fokussierung der Regulierung (z.B. CO2 Flottenziele) auf den Fahrzeugbestand	1
Erschwerter Zugang zu Venture Capital und Business Angels in Deutschland für spätere Start-up Phasen (go-to-market und growth phase). Hemmnis, da Innovationen im Energiebereich in der Regel sehr kapitalintensiv.	1
Bürokratie und fehlende Absicherung in der frühen Start-up Phase (pre-seed und seed phase)	1
Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft für Unternehmen, hoher Bürokratieaufwand	1
Von den Experten pro aktiv vorgeschlagene und ausgewählte Hemmnisse:	
Es gibt keine belastbaren ordnungspolitischen Rahmen für die Energiewende, worauf Geschäftsmodelle aufgebaut werden könnten (Beispiel: CO2-Bepreisung mit Eskalation)	1
Unrealistische Energie Einsparkonzepte der EU	1
Mangelnde Investitionsbereitschaft der Unternehmen	1
Opex-Capex-Problematik für Netzbetreiber (Averch-Johnson)	1
Wohneigentumsgesetz und Mietrecht enthalten kein "Right to the plug"	1
Unklare EU Gesetzgebung zur Anrechnung des CO2-Footprints	1
Fehlen eines Sektoren-übergreifenden, wirksamen CO2-Preissignals	1
Physikalisch wissenschaftlich unsinnige Zielsetzungen der EU	1
Im Verkehrssektor besteht eine erhebliche Pfadabhängigkeit in Bezug auf zukünftige Energieträger. Fehlende Richtungsentscheidungen behindern den Fortschritt und erzeugen Kosten	1
Im administrativen Bereich (z.B. Behörden) zu wenig und zu langsame digitale Interaktionsmöglichkeiten für schnelle und innovative Energieunternehmen	1

Quelle: Expertenumfrage Frontier und Energieloft

Ergänzend zur „offenen Antwort“, bei der eigene Lösungsansätze genannt werden konnten wurden in Form von geschlossenen Fragen auch vorausgewählte Lösungsansätze abgeprüft, denen die Teilnehmer zustimmen oder die sie ablehnen können.

- „Wie schätzen Sie folgenden Lösungsansätze für das jeweilige Hemmnis ein?
[Ja/Nein-Antwort sowie eine Erläuterung] "
- Da viele der Lösungsansätze sektorübergreifend wirken sollen (ein Grund für die Existenz des Hemmnisses ist vielleicht gerade die sektorübergreifende Wirkung, die die Regulierung zunehmend komplex machen und Expertise in vielen Bereichen erfordert. Mit dem Zusammenwachsen der Sektoren werden die Hemmnisse dann virulent), wurden die Lösungsansätze nicht nach Sektoren getrennt abgefragt.
- Die Antwort ist offen. Erhofft wird eine ja/nein Antwort mit einer offenen Einschätzung. Die Art der Fragestellung ist pragmatisch gewählt, weil der Teilnehmer zeitlich nicht so lange beschäftigt sein darf, dass er bei diesem wichtigen Teil der Umfrage abbricht. Der Vorschlag von Lösungsvorschlägen könnte als suggestiv kritisiert werden, jedoch haben wir keine bessere Möglichkeit gesehen, einerseits den Zeitaufwand der Experten in Grenzen zu halten und andererseits eine statistische Auswertbarkeit der Antworten sicherzustellen. Die Ergebnisse geben uns jedoch das Indiz, dass die Vorschläge nicht zu suggestiv waren, da es keinesfalls nur Zustimmung gab, sondern auch Ablehnung wie im Kapitel 5 beschrieben.

Abbildung 72 Lösungsansätze

Lösungsansätze zum Hemmnisabbau

Sind Ihnen grundsätzliche oder aus dem Ausland/anderen Branchen auf Deutschland übertragbare Lösungsansätze (Förderung, Reformen von Regulierung/ Steuergesetzgebung, ...) zum Abbau von Hemmnissen bekannt?

Hemmnis [es können auch die von Ihnen auf den vorherigen Seiten vorgeschlagenen Hemmnisse ausgewählt werden] **Lösungsansatz** [offene Antwort zum jeweils links ausgewählten Hemmnis]

Eigenes Hemmnis im Stromsektor	Offene Antwort

Wie schätzen Sie folgenden Lösungsansätze für das jeweilige Hemmnis ein?
[Ja/Nein-Antwort sowie eine Erläuterung]

Lösungsansatz

Einschätzung [Ja/Nein-Antwort sowie Erläuterung]

Wären technologieoffene, an der CO2 Reduktion bemessene steuerliche Anreize für die Sanierung von Bestandsgebäuden aus Ihrer Sicht ein sinnvoller Ansatz?

Stimmen Sie zu, dass für eine politische Umsetzbarkeit der Energiewende im Gebäudesektor für den Bestand sowohl bei alten Gebäuden (z.B. bei Gebäuden mit abgeschriebenen Erstinvestitionen) als auch bei Neubauten eher Anreize/Maßnahmen über das Ordnungsrecht möglich sind?

Stimmen Sie zu, dass für eine politische Umsetzbarkeit der Energiewende im Gebäudesektor im neueren Bestand (z.B. innerhalb der ersten Nutzungsdauer von Heizsystemen) eher mit „Fördermitteln“ Anreize für Maßnahmen auf freiwilliger Basis erfolgen sollten?

Quelle: Expertenumfrage Frontier und Energieloft

6.3.3 Einordnung der Teilnehmer

Zuletzt werden die Teilnehmer gebeten, ihre grundsätzliche Meinung zur Erreichbarkeit der langfristigen Klimaschutzziele zu geben.

Abbildung 73 Einordnung der Teilnehmer

11 Einordnung

Sind Sie der Meinung, dass bis 2050 eine heute noch nicht absehbare Technologie entwickelt wird, die die Energiewende zur leichten Übung machen wird? *[offene Antwort]*

Die Bundesregierung hat sich ambitionierte Klimaschutzziele gesetzt.

- Bis 2050 sollen die CO₂-eq. Emissionen gegenüber 1990 um 80-95% reduziert werden.
- Dies bedeutet, dass nicht nur der Energiesektor nahezu CO₂-frei sein muss, sondern auch der Gebäude-, Verkehrssektor und sogar die Industrie einen starken Reduktionsbeitrag leisten müssen.

Wie realistisch sehen die Erreichbarkeit der anvisierten Klimaschutzziele an (zu erreichen im angegebenen Jahr ggü. 1990)

generell? 2050: 80-95%

Energie?

Gebäude?

Verkehr?

Industrie?

Wenn Sie zum Abschluss den Fragebogen einmal insgesamt betrachten: Sind wichtige Aspekte bzgl. notwendiger Technologien, Geschäftsmodelle und Hemmnisse für die Energiewende nicht thematisiert worden?

Wenn ja, welche? *[offene Antwort]*

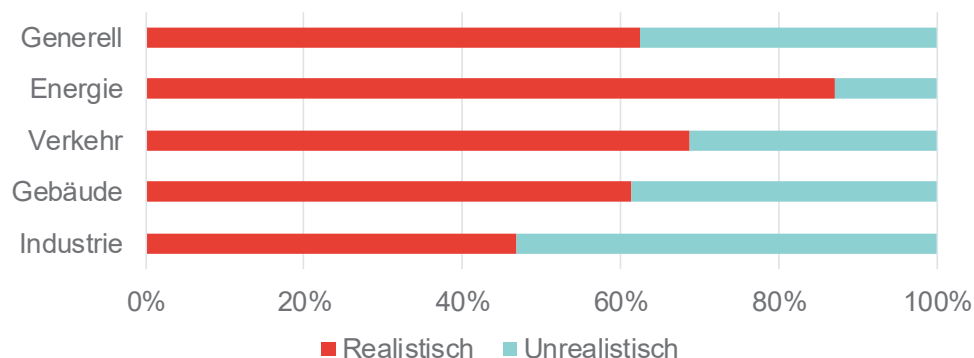
Möglicherweise wenden wir uns nach der Auswertung der Umfrage sowie der quantitativen Datenbankanalyse gezielt an einzelne Befragte, um Gemeinsamkeiten oder Widersprüche der Ergebnisse zu besprechen.
Ggf. Angabe der Telefonnummer

Quelle: Expertenumfrage Frontier und Energieloft

Diese Fragen dienen dazu, einen Eindruck davon zu bekommen, wie die Experten den Kontext der Umfrage bewerten:

Frage: Erreichbarkeit der anvisierten Klimaschutzziele in den einzelnen Sektoren

Abbildung 74 Erreichbarkeit der Klimaschutzziele bis 2050 nach Sektoren



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

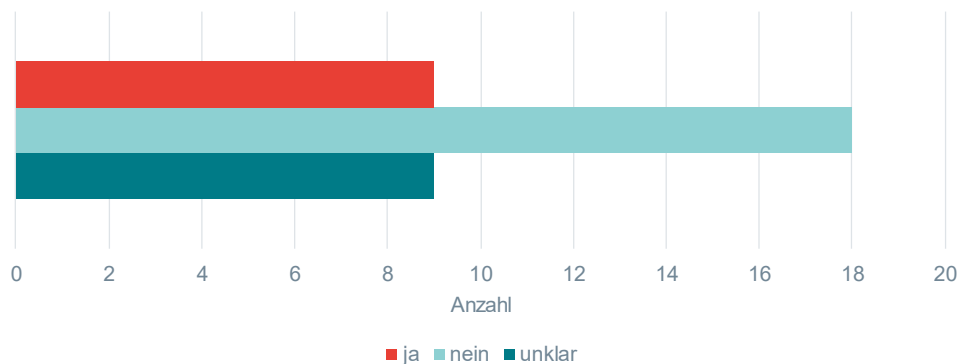
- So ist von der Gesamtheit der Antworten auf die Frage, wie wahrscheinlich das Erreichen der Klimaschutzziele in den einzelnen Sektoren ist, abzuleiten, in welchem Sektor die größten Hemmnisse liegen: Die Umfrage hat hier ergeben,

dass diese im Industrie- und Gebäudesektor liegen, da die Teilnehmer die Erreichbarkeit der Klimaschutzziele in diesen Sektoren als am unrealistischsten einschätzen (vgl. Abbildung 74).

- Zudem war es in der internen Auswertung auch möglich, die individuellen Antworten der Teilnehmer auf Konsistenz zu überprüfen und ggf. die Teilnehmer noch einmal nach ihrem Verständnis zu fragen. Beispielsweise wäre es plausibel, dass ein Teilnehmer, der nicht an die Klimaschutzziele im Verkehrssektor glaubt, starke Hemmnisse im Verkehrssektor sieht.

Frage: Wird eine die Energiewende deutlich vereinfachende Technologie entwickelt werden?

Abbildung 75 Sind Sie der Meinung, dass bis 2050 eine heute noch nicht absehbare Technologie entwickelt wird, die die Energiewende zur leichten Übung machen wird?



Quelle: Frontier auf Basis der Umfrage

Zudem war es für die Auswertung der Umfragebögen interessant zu sehen, ob die Teilnehmer die Klimaschutzziele evtl. aus dem Grund für erreichbar halten, weil sie davon überzeugt sind, dass eine Technologie die Zielerreichung erleichtern wird. Würde also ein Teilnehmer bspw. keine Hemmnisse sehen und gleichzeitig an die Klimaschutzziele glauben, könnte dies darin begründet sein, dass der Teilnehmer überzeugt vom technologischen Fortschritt ist, der alle Hemmnisse wettmacht („Sprunginnovation“).

Im Ergebnis sehen wir, dass zwar einige Teilnehmer auf die Technologien bauen, der Großteil jedoch skeptisch ist und oft auf die Anstrengungen verweist, die für eine erfolgreiche Energiewende unternommen werden müssen.

Frage: Wurden in der Umfrage Aspekte außen vor gelassen?

Abschließend wurden die Teilnehmer außerdem darum gebeten, zu äußern, ob wichtige Aspekte ausgelassen wurden. Hier haben sich fünf der Teilnehmer eine europäischere bzw. globale Perspektive der Fragen gewünscht.

