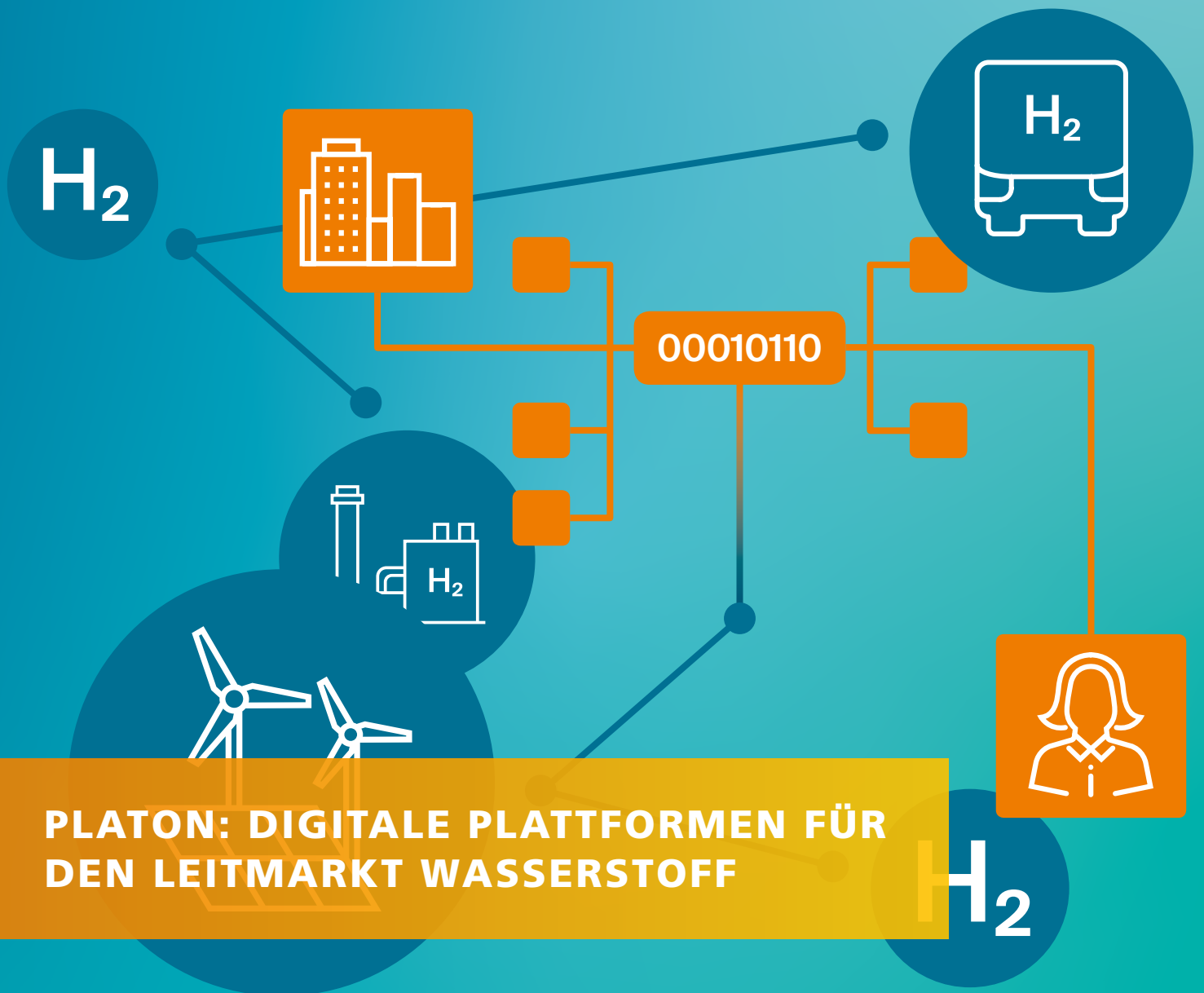


$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

PLATON: DIGITALE PLATTFORMEN FÜR DEN LEITMARKT WASSERSTOFF

Prof. Dr. Heiko Gebauer, Alexander Arzt, Dr. Sebastian Haugk

Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW

Dr. Tassilo Schuster, Lydia Bühler, Prof. Dr. Alexander Pflaum

Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS

Dr. Anna-Lena Klingler, Dr. Nektaria Tagalidou, Nora Fronemann

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Inhalt

1 Wasserstoff x Erneuerbare Energien x Plattformen = Klimaziele	5
2 Hybrides Wertschöpfungsmodell für eine wasserstoffbasierte Wirtschaft	10
3 Plattformen sind Treiber für digitale Wertschöpfung	20
4 Plattformsätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich	22
5 Schlüsselakteure und Endanwendende messen Wasserstoff eine hohe Bedeutung zu ...	36
6 Plattformsätze zur digitalen Wertschöpfung im Kontext von grünem Wasserstoff	39
7 Zukunftsbilder für Plattformen in der wasserstoffbasierten Wirtschaft 2030.....	42
8 Forschungsfragen für den Weg hin zu einem wasserstoffbasierten Wirtschaftssystem	51
9 Glossar	53
10 Verzeichnis der Autorinnen und Autoren	58
11 Abbildungsverzeichnis	60
12 Endnoten	61

1

Wasserstoff x Erneuerbare Energien x Plattformen = Klimaziele

Wasserstoff x Erneuerbare
Energien x Plattformen =
Klimaziele

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ ☀}$$

2016 bis 2020 waren die wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen.

Acht der wärmsten zehn Jahre lagen zwischen 2010 und 2020. Allein 2020 lag die Temperatur weltweit 1,25 °C über dem vorindustriellen Niveau. In Europa war 2020 durch die außergewöhnliche Hitzewelle das mit Abstand wärmste Jahr mit mehr als 2,2 °C über dem vorindustriellen Zeitraum.¹ Folglich wurde 2020 in Europa die festgelegte Temperaturgrenze des Pariser Klimaabkommens überschritten und das Ziel, die globale Erwärmung auf weniger als 2 °C, am besten auf 1,5 °C, gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu beschränken, verfehlt.

Das sind die gegenwärtig unangenehmen Fakten zum Klimawandel. An diesen Fakten ändert selbst die Verringerung der deutschen CO₂-Emissionen um 80 Millionen Tonnen im Pandemiejahr 2020 wenig. Die CO₂-Emissionen werden zweifellos wieder steigen, wenn sich unsere Wirtschaft schrittweise erholt. Nur durch Erreichung der Pariser Klimaziele können wir die Auswirkungen des Klimawandels reduzieren.

Strom macht nur circa 20 Prozent des gesamten Energieverbrauchs aus.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien (z. B. Wind- und Sonnenenergie) reduzierte die CO₂-Emissionen, allerdings betrafen die Einsparungen bisher fast ausschließlich den Stromverbrauch. Strom macht gegenwärtig jedoch nur circa 20 Prozent unseres gesamten Endenergieverbrauchs aus.² Der Stromwende sollte eine Energiewende folgen. Um die CO₂-Emissionen weiter zu senken, müssen zusätzlich zur Reduktion des Energieverbrauchs weitere bisherige Energieträger, wie z. B. Mineralölprodukte in den Bereichen Verkehr, Industrie und Haushalte, durch CO₂-neutrale Energieträger wie Wasserstoff ersetzt werden.

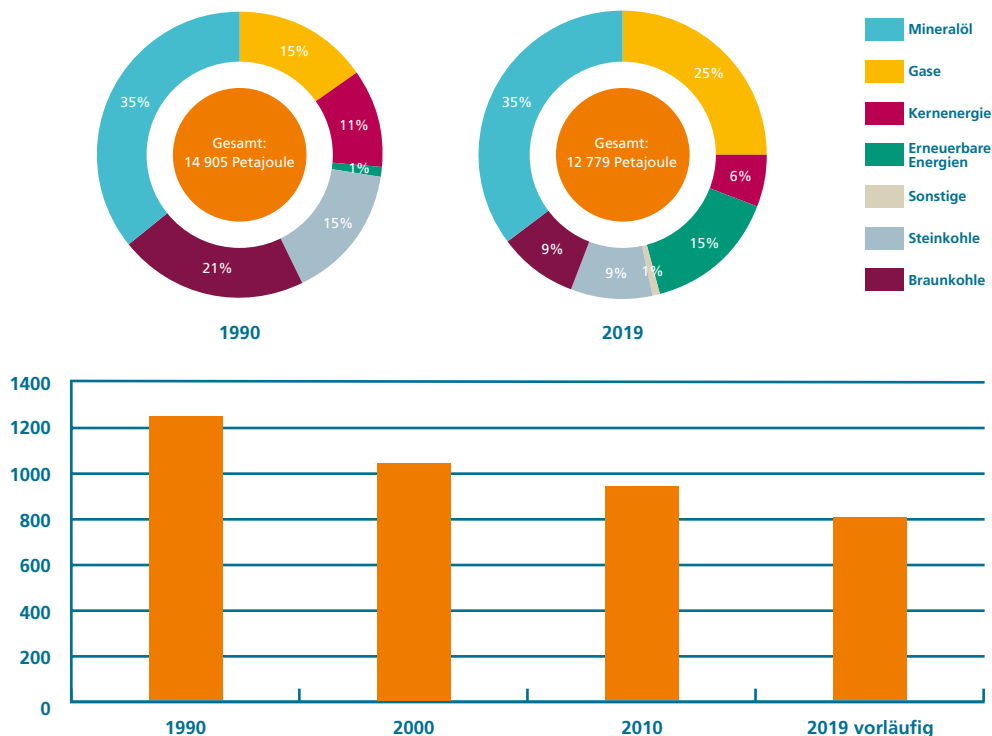


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen (in Mio. t CO₂-Äquivalente), Energieträger und -verbrauch in Deutschland (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Wasserstoff x Erneuerbare
Energien x Plattformen =
Klimaziele

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Mit grünem Wasserstoff erreichen wir unsere Klimaziele.

Wasserstoff, erzeugt durch erneuerbare Energien (»grüner Wasserstoff«), bietet die Möglichkeit, diese Energieträger weiter zu ersetzen, die CO₂-Emissionen zu reduzieren und dadurch die Klimaziele zu erreichen. Wasserstoff hat zwei wesentliche Vorteile:

- Wasserstoff ermöglicht es, erneuerbare Energie zu speichern und nahezu verlustfrei vom Ort der Wasserstoffproduktion zum Ort der Wasserstoffnutzung zu transportieren.
- Wasserstoff kann flexibel in Wirtschaftsbereichen eingesetzt werden, die sich nicht oder nur schwer elektrifizieren lassen. Hierzu zählen beispielsweise die Kälte- und Wärmeversorgung, der Mobilitätsbereich und die Industrien, in denen Wasserstoff als Energieträger, Kraft- und Brennstoff oder als Rohstoff dienen kann.

Die Effizienz bei der Umwandlung von Energie in Wasserstoff bietet jedoch noch Verbesserungspotenzial.

Grauer Wasserstoff

Aus fossilen Brennstoffen gewonnen. CO₂ wird ungenutzt an die Atmosphäre abgegeben.

Blauer Wasserstoff

Auf fossilem Erdgas (Methan CH₄) basierend. CO₂ wird in Kavernen gespeichert, was bilanziell als CO₂-neutral gilt.

Pinker Wasserstoff

Durch Elektrolyse mittels Atomstrom gewonnen.

Türkiser Wasserstoff

Über thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt. Anstelle von CO₂ entsteht fester Kohlenstoff.

Grüner Wasserstoff

Durch Elektrolyse von Wasser hergestellt. Ausschließliche Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien, daher CO₂-frei.

Goldener Wasserstoff

Gesonderte Form von grünem Wasserstoff, bei dessen Herstellung lediglich Überschusskapazitäten von Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt werden.

Wasserstoff ist der alte und neue »Rockstar« unter den Energieträgern.

Über Wasserstoff als Hoffnungsträger sprechen wir schon sehr lange. Jules Verne schrieb 1870: »Die Energie von morgen ist Wasser, das durch elektrischen Strom zerlegt worden ist. Die so zerlegten Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, werden auf unabsehbare Zeit hinaus die Energieversorgung der Erde sichern.«

Für 2050 wird prognostiziert, dass Wasserstoff 10 Prozent bis 23 Prozent des gesamten Energieverbrauchs in der Europäischen Union decken kann.³ Dazu ist es notwendig, allein in Deutschland die Elektrolysekapazität für die Herstellung von Wasserstoff mittelfristig im zweistelligen Gigawattbereich aufzubauen.⁴ Die Produktion von grünem Wasserstoff muss daher als eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe begriffen werden, die nur durch das erfolgreiche Zusammenwirken von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bewältigt werden kann.

Wasserstoff als neuen Leitmarkt in Deutschland zu etablieren, muss deswegen zu einem vorrangigen Ziel werden.

Leitmarkt bedeutet, »grünen« Wasserstoff zu einem bedeutenden neuen Wirtschaftsbereich in Deutschland und Europa aufzubauen und als nachhaltigen Garanten für unseren zukünftigen Wohlstand zu verstehen. Eine erfolgreiche Wasserstoff-Industrie könnte in Europa schätzungsweise 5,4 Millionen Arbeitsplätze schaffen und Unternehmen einen Jahresumsatz von bis zu 800 Milliarden Euro ermöglichen.⁵

Politik fördert grünen Wasserstoff. Aufbauend auf dem European Green Deal der Europäischen Kommission zur Erreichung der europäischen Klimaneutralität bis 2050 möchte die Bundesregierung mit der nationalen Wasserstoffstrategie den Markthochlauf von Wasserstoff bis 2030 erreichen. Einzelne Förderprogramme, die dazu beitragen, sind beispielsweise:

- Das »Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie«,
- Der »Energie- und Klimafonds für anwendungsorientierte Grundlagenforschung zu grünem Wasserstoff«,
- Die »Hyland – Wasserstoffregionen in Deutschland«. ⁶

Weitere Förderprogramme werden folgen. Anfang 2021 gab die Bundesregierung beispielsweise bekannt, bis 2025 weitere 700 Millionen Euro in die Forschung rund um Wasserstoff zu investieren. Dies soll Deutschland befähigen, sich als Leitmarkt und globaler Leitanbieter für Wasserstofftechnologien zu etablieren. Diese Investitionen haben das Ziel, die EU-Wasserstoffinitiativen weiter zu beschleunigen und die unternehmerischen Anstrengungen zu stärken, um so zur Umsetzung der europäischen Wasserstoffstrategie beizutragen. ⁷

Unternehmen investieren zunehmend in Wasserstoff. Unternehmen haben die Vorteile von Wasserstoff erkannt. Dies wird nicht nur durch den kurzfristigen Boom von Wasserstoffaktien und die seit längerem anhaltende hohe Anzahl an Patentanmeldungen, sondern auch durch gegenwärtige Investitionen, Pilotprojekte und Aktivitäten von Unternehmen im Wasserstoffbereich deutlich. Der Boom der Wasserstoffaktien erfreut nicht nur die Anleger, sondern vereinfacht es den Wasserstoffunternehmen, ihren Finanzmittelbedarf zu decken und Innovationen weiter voranzutreiben. Bei den Patentanmeldungen sind deutsche Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen in der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie international führend. Beim Vergleich der Patentanmeldungen für Elektrolyse-Technologien belegt Deutschland beispielsweise den zweiten Platz nach Japan, aber vor China, Frankreich und den USA. ⁸

Wasserstoff benötigt Kraftanstrengungen bei den erneuerbaren Energien. Unternehmen und Politik investieren und fördern nicht nur Technologien und Wertschöpfungsaktivitäten zur Herstellung (Elektrolyseure), zum Transport (Wasserstoffträgermaterialien wie Liquid organic hydrogen carriers) und zur Nutzung (Brennstoffzelle) von Wasserstoff, sondern auch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien – von großen, zentralen Offshore-Windparks bis hin zu kleinen, dezentralen Solaranlagen. ⁹ Ohne einen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien wird der Aufbau eines nachhaltigen, auf grünem Wasserstoff basierenden Wirtschaftssystems nicht zu realisieren sein.

.....

Datenökonomie bezieht sich auf die wirtschaftliche Nutzung von Daten auf Basis digitaler Ökosysteme, in denen Daten gesammelt, organisiert und ausgetauscht werden mit dem Ziel, einen ökonomischen Wert zu generieren.

Plattformökonomie bezieht sich auf wirtschaftliche und soziale Aktivitäten mit Wertschöpfungsmechaniken, die primär über digitale Plattformen abgewickelt werden.

.....

Wasserstoff x Erneuerbare
Energien x Plattformen =
Klimaziele
 $H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$ ☀

Wasserstoff x Erneuerbare
Energien x Plattformen =
Klimaziele

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\circ}$$

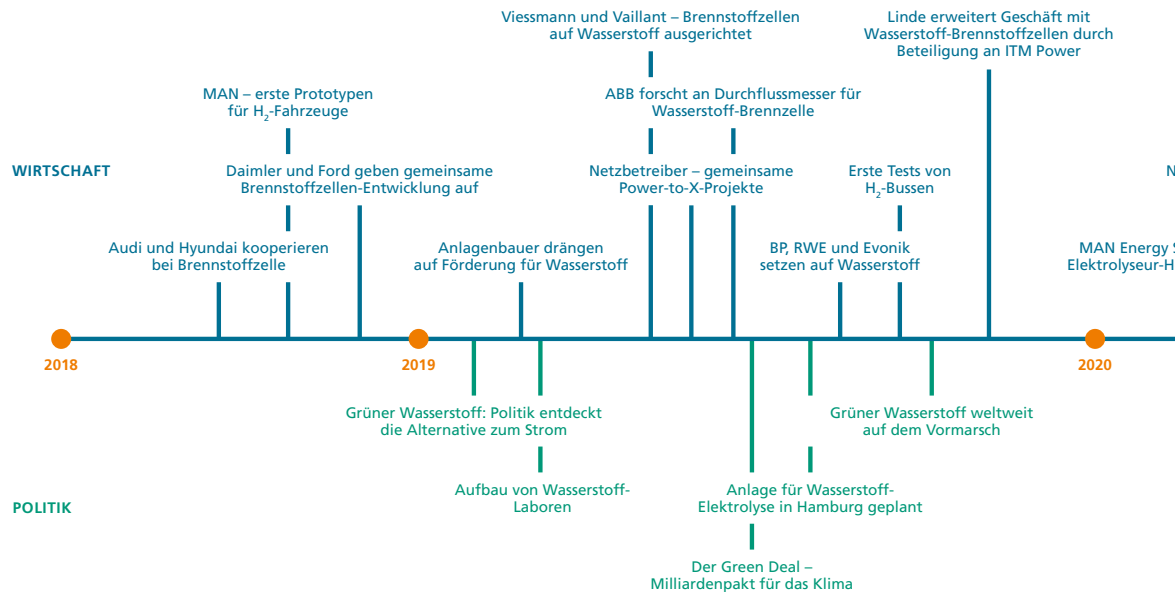


Abbildung 2: Produktion grüner Wasserstoff als gesamtgesellschaftliche Herausforderung
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

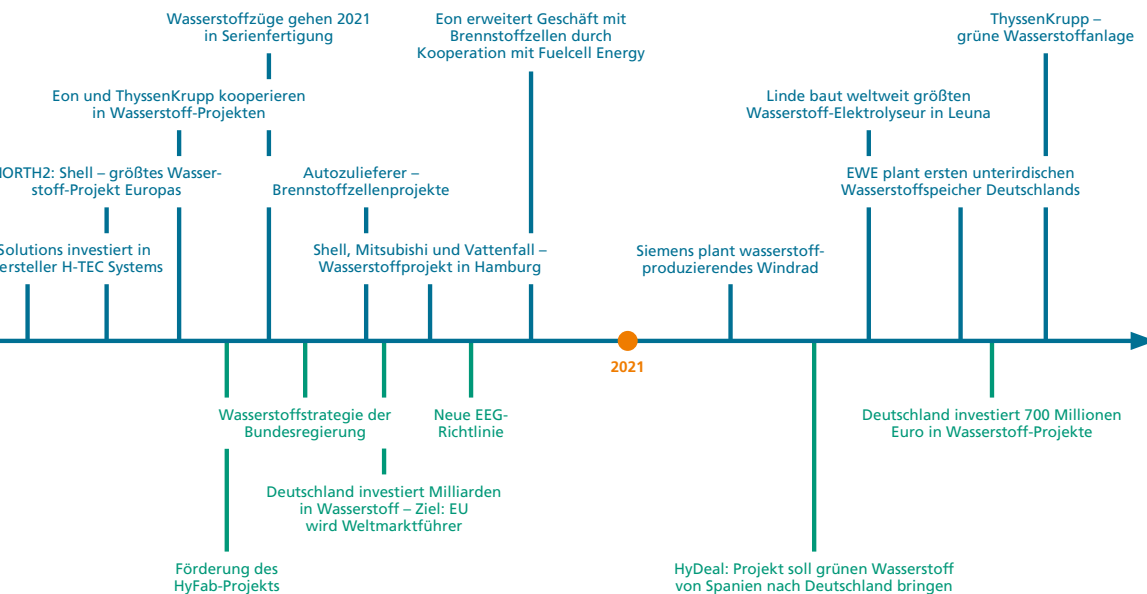
Durch ein Mitdenken der digitalen Wertschöpfung zahlen sich erneuerbare Energien und Wasserstoff mehr aus. Erst durch das Mitdenken der digitalen Realität (beginnend mit Daten bis hin zu plattformbasierten Ansätzen) werden sich die hohen Investitionen in den Leitmarkt für grünen Wasserstoff auszahlen ($H_2 \times EE \times P_{1011} \leq +1,5^\circ$). Dies zeigen jedenfalls Erfahrungen aus anderen Wirtschaftsbereichen (z. B. Fertigungsindustrie, Mobilitätsbereich), in denen sich die Wertschöpfungsanteile zunehmend von der physischen in die digitale Welt verschieben. Attraktive Gewinne, rapides Umsatzwachstum und hohe Marktkapitalisierung erzielen nicht mehr die Unternehmen, die nur physische Produkte und Dienstleistungen entwickeln und vermarkten, sondern diejenigen, die ebenfalls Ideen der Daten- und Plattformökonomie erfolgreich in digitale Technologien wie Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen, Big Data und das Internet der Dinge umsetzen (IoT), massiv investieren und neuartige Geschäftsmodelle entwickeln.

Stimmen zu Grünem Wasserstoff aus Politik und Wirtschaft

»Ich sehe im Grünen Wasserstoff eine innovations- und industriepolitische Jahrhundertchance für Deutschland. Wir wollen unser Land zum Leitmarkt (...) für Wasserstofftechnologien machen.«¹⁰
Anja Karliczek, Bundesministerin für Bildung und Forschung

»Grüner Wasserstoff ist ein zentraler Energieträger der Zukunft, den wir auf dem Weg zur Klimaneutralität brauchen.«¹¹
Peter Altmaier, Bundesminister für Wirtschaft und Energie

»Heutige Wasserstoff-Anwendungen müssen raus aus den Reallaboren und rein in die Realwirtschaft.«¹²
Dr. rer. nat. Volkmar Denner, Vorsitzender der Geschäftsführung der Robert Bosch GmbH



Wasserstoff x Erneuerbare
Energien x Plattformen =
Klimaziele

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ } \left[\text{with sun icon} \right]$$

Das Forschungsprojekt »**PLATON**« (**Plattformökonomie** in der Wasserstoffwirtschaft) greift Ideen der Daten- und Plattformökonomie auf und transferiert bestehende Logiken und Mechanismen in den Anwendungskontext von »Grünem Wasserstoff«. Es beschreibt, erklärt und gibt Hinweise für die Gestaltung der digitalen, daten- und plattformbasierten Wertschöpfung im Kontext von erneuerbaren Energien und Wasserstoff.

Ausgehend von einem hybriden Wertschöpfungsmodell wurden im Forschungsprojekt »**PLATON**« folgende Kernergebnisse erarbeitet:

- Die PLATON-Taxonomie systematisiert daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle.
- Das PLATON-Canvas schafft einen fokussierten konzeptionellen Rahmen, das 25 heutige und zukünftige Plattformen aus Unternehmensperspektive beschreibt.
- Sechs Use Cases illustrieren daten- bzw. plattformbasierte Geschäftsmodelle anhand der Ebenen Ökosystem, Geschäftsmodell, Datenmanagement und Technologie.
- Die Befragung von Schlüsselakteuren und Endanwendenden gibt Einblicke über deren Aufgeschlossenheit gegenüber Wasserstoff und daten- bzw. plattformbasierten Geschäftsmodellen.
- Implikationen für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft nebst offenen Fragen werden aufgezeigt.

2 Hybrides Wertschöpfungsmodell für eine wasserstoffbasierte Wirtschaft

Drei Wertschöpfungsdimensionen entscheiden über den Erfolg einer wasserstoffbasierten Wirtschaft. Der Erfolg Deutschlands bzw. Europas als globaler Leitanbieter für Wasserstofftechnologien hängt von den drei Wertschöpfungsdimensionen ab. Die ersten beiden Dimensionen beinhalten die physische Wertschöpfung und die dritte Dimension umfasst die digitale Wertschöpfung.

- **Horizontale Wertschöpfung:** Von den erneuerbaren Energien über den Strom zur Herstellung und Nutzung von (»grünem«) Wasserstoff.
- **Vertikale Wertschöpfung:** Von einzelnen Komponenten über Baugruppen zu kompletten Systemen.
- **Digitale Wertschöpfung:** Von Daten aus der physischen Welt über die Konnektivität zu daten- und plattformbasierten Geschäftsmodellen.

Alle drei Wertschöpfungsdimensionen tragen dazu bei, die ambitionierte Vision einer wasserstoffbasierten Wirtschaft zu erreichen.

Die **horizontale (physische) Wertschöpfung** umfasst alle direkten Wertschöpfungsaktivitäten beginnend mit (1) Erzeugung von erneuerbaren Energien (z. B. Wind, Sonne, Biomasse), (2) Übertragung von Strom, (3) Herstellung, Speicherung und Transport von Wasserstoff bis zur (4) Nutzung des Wasserstoffs in der Industrie, im Verkehr oder in Gebäuden. Eine wasserstoffbasierte Wirtschaft beginnt bereits mit erneuerbaren Energien, da nur über deren Fortführung und Steigerung ein Ausbau von Wasserstoff für die Erreichung der angestrebten Klimaziele langfristig sinnvoll ist.

Dieser Ausbau von erneuerbaren Energien kann sowohl in Deutschland als auch in anderen, für Wind- oder Solarenergie besser geeigneten Regionen, wie Afrika, dem Mittleren Osten oder Südeuropa, erfolgen. In diesen Regionen kann Strom aus erneuerbaren Energien sehr kostengünstig hergestellt werden, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit von Wasserstoff im Vergleich zu konventionellen Energieträgern steigt. Deutschland könnte den Import von Öl und Gas mit Wasserstoff substituieren. Dafür ist jedoch der Aufbau einer geeigneten Infrastruktur für ein transnationales Energiesystem für grünen Wasserstoff notwendig.

Die **vertikale (physische) Wertschöpfung** beinhaltet die notwendigen vorgelagerten Komponenten, Baugruppen und Systeme zur Erzeugung von erneuerbaren Energien, zur Übertragung von Strom, zur Herstellung, Speicherung und zum Transport von Wasserstoff bis zur Nutzung des Wasserstoffs.

All diese Wertschöpfungsaktivitäten sind wichtig (siehe Abbildung 4), da viele Schlüsselemente wie Elektrolyse-Anlagen oder Brennstoffzellen noch in der Entwicklung bzw. im Prozess hin zur Serienreife und Markteinführung sind. Teil der Strategie zum Aufbau einer wasserstoffbasierten Wirtschaft sollte die schnelle Weiterentwicklung der kritischen Komponenten, Software-Applikationen, Baugruppen und Systeme sein. Wertschöpfungsketten zur Herstellung von Elektrolyse-Anlagen oder Brennstoffzellen sind zu schaffen oder zu optimieren.

Die **digitale Wertschöpfung** stellt die digitale Welt eines wasserstoffbasierten Wirtschaftssystems dar – ausgehend von digitalen Technologien werden Daten aus den physischen Wertschöpfungsaktivitäten generiert und wertstiftend in digitalen Geschäftsmodellen eingesetzt. Diese Geschäftsmodelle werden häufig mit den Stichworten Daten- bzw. Plattformökonomie assoziiert. Digitale Geschäftsmodelle profitieren von der zunehmenden Generierung und Verfügbarkeit von kritischen Daten sowie von den schnellen Fortschritten in der Datenanalyse durch Technologien wie Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen.

 Hybrides Wertschöpfungsmodell
 für eine wasserstoffbasierte
 Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ €}$$

Verbreitete datenorientierte Ansätze und Wertschöpfungsaktivitäten sind beispielsweise:

- Investoren und Betreiber von Wind- und Solarparks nutzen Daten über Wetterbedingungen (u. a. Windstärke, Sonnenstunden), um die Attraktivität von Standorten für Windkraft- und Solaranlagen besser bewerten und Anlagen besser dimensionieren zu können.
- Hersteller nutzen zunehmend Maschinelles Lernen, um Ausfälle von Windkraft- und Solaranlagen besser vorherzusagen und Schäden beispielsweise mittels Bilddaten von Flugdrohnen zu identifizieren.
- Intelligente Stromnetze (Smart Grid) ermöglichen ein besseres Zusammenspiel von Stromerzeugern, Stromverbrauchern und Netzmanagement, sodass Schwankungen in der Energieversorgung besser ausgeglichen und Stromnetze gleichmäßiger ausgelastet werden.
- Netzbetreiber kooperieren mit Spezialisten wie z. B. Microsoft, um mit Hilfe von künstlicher Intelligenz ihre Stromnetze besser zu stabilisieren.
- Industrieunternehmen beginnen, Künstliche Intelligenz für ein zerstörungsfreies Monitoring von Brennstoffzellen im Produktionsprozess zu nutzen.
- Betreiber von Gasnetzen nutzen Datenanalysen, um schneller Lecks in Gasleitungen zu identifizieren, um Flussmodelle zu simulieren und um Versorgungsnetze zu optimieren.

Datenorientierte Ansätze nehmen zu und werden ein wichtiger Teil der Wertschöpfung. Bei Plattformen lässt sich ebenfalls eine hohe Dynamik erkennen. So hat sich die Anzahl von IoT-Plattformen als eine Art von Plattformen von 2015 bis 2019 mehr als verdoppelt (620). Ein Drittel der IoT-Plattformen konzentriert sich auf Anwendungsfälle für den Energiebereich, ein weiteres Drittel auf den Bereich Mobilität und ein Sechstel auf den Bereich Gebäude.¹³ Es existieren viele verschiedene Plattformen, die eine Schlüsselrolle für ein wasserstoffbasiertes Wirtschaftssystem einnehmen können und neuartige Geschäftsmodelle ermöglichen. So vereinfachen Daten und Plattformen den Einstieg in ergebnisorientierte »as-a-Service«-Geschäftsmodelle, wie Windkraft »as a Service«, Wasserstoff »as a Service« und Brennstoffzelle »as a Service« und die Entwicklung smarter Produkt-Service-Systeme.

Hybrides Wertschöpfungsmodell
für eine wasserstoffbasierte
Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

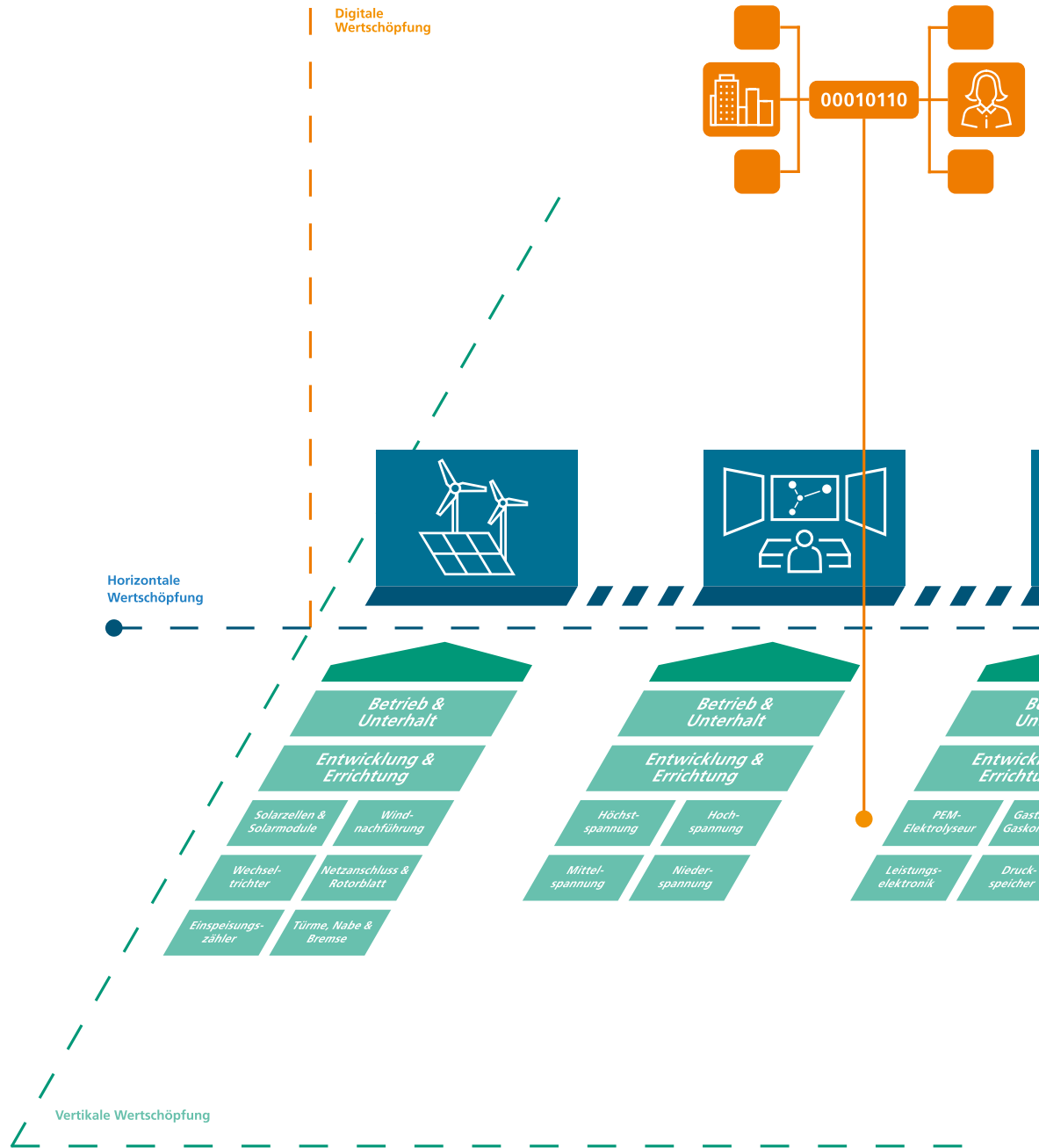
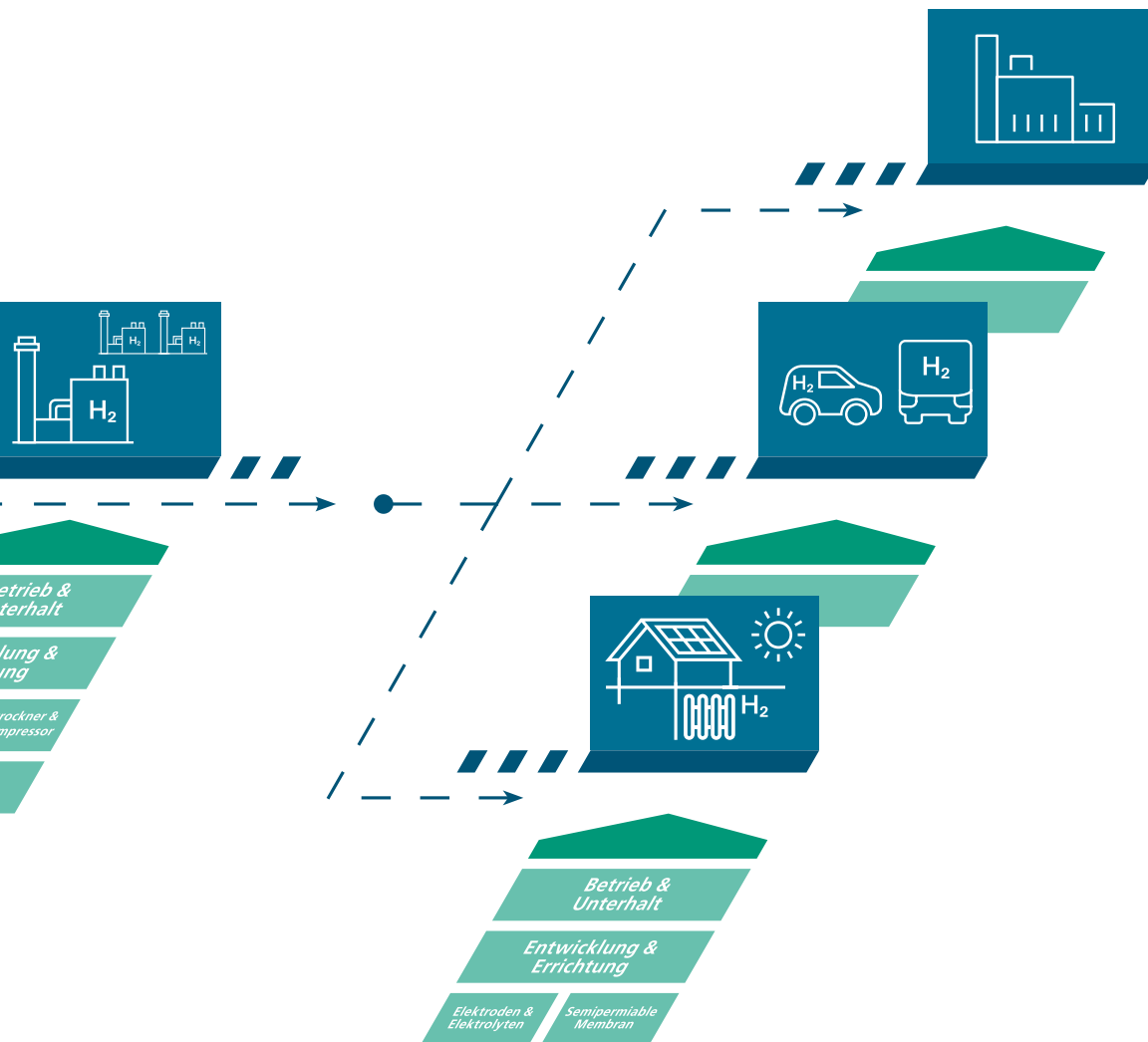


Abbildung 3: Hybrides Wertschöpfungsmodell für grünen Wasserstoff
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Hybrides Wertschöpfungsmodell
für eine wasserstoffbasierte
Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ €}$$



Hybrides Wertschöpfungsmodell
für eine wasserstoffbasierte

Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

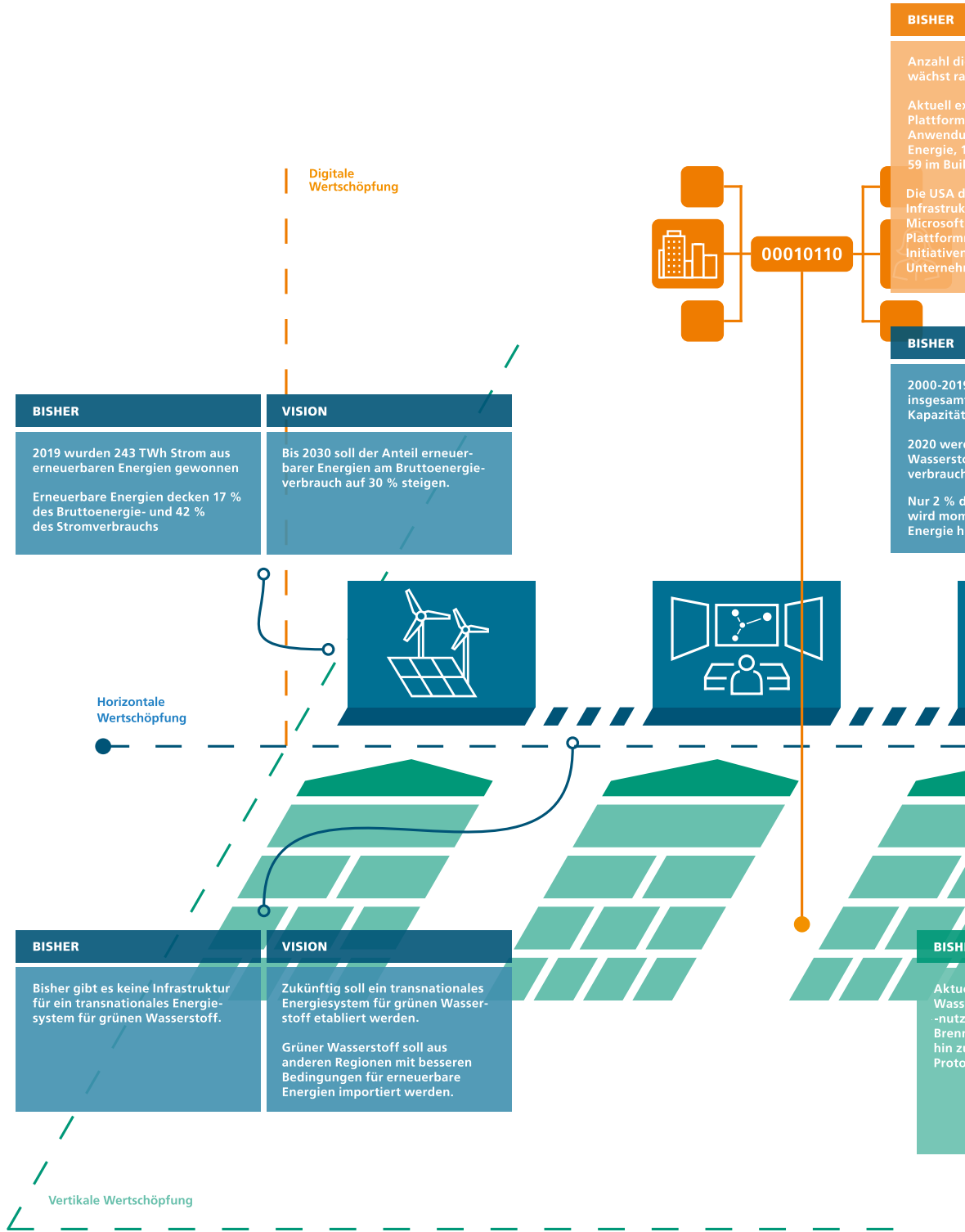
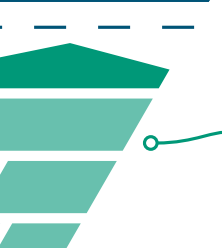
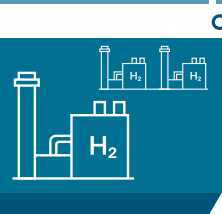


Abbildung 4: Wasserstoffbasierte Wirtschaft heutiger Stand und Vision¹⁴
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

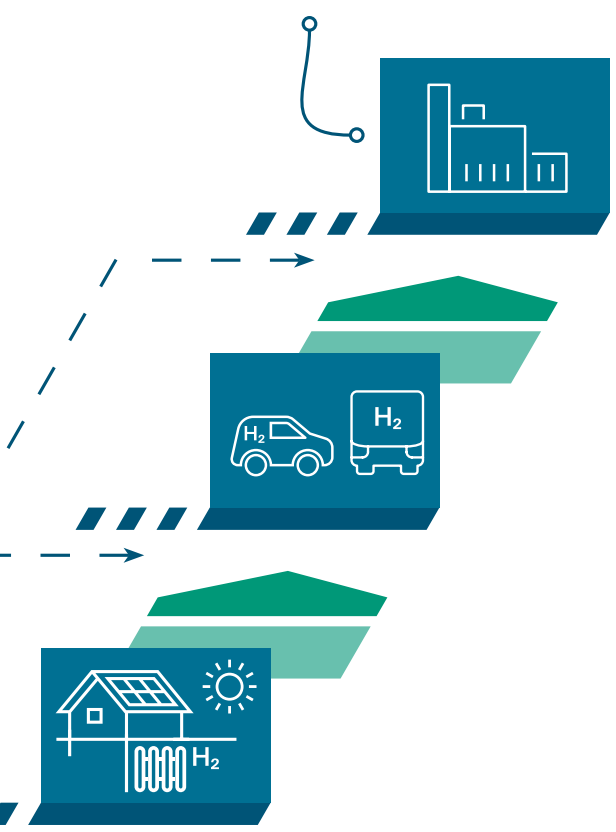
	VISION
<p>digitaler Plattformenasant.</p> <p>existieren 620 IoT-en, davon 212 mit en im Bereich 98 in Mobilität, ding-Bereich.</p> <p>ominieren mit Cloud-turanbietern wie Azure und AWS den markt trotz zahlreicher europäischer en.</p>	<p>Etablierung von europäischen Plattformen für eine wasserstoff-basierte Wirtschaft.</p> <p>Die digitale Wertschöpfung und Plattformen werden zum Treiber der Wasserstoffwirtschaft.</p>

	VISION
<p>9 existierte nur 0,25 GW Elektrolyse-weltweit.</p> <p>den ca. 55 TWh wasserstoff in Deutschland at.</p> <p>es Wasserstoffs entan mit erneuerbarer hergestellt.</p>	<p>Bis 2030 soll die Elektrolyse-Kapazität auf 5 GW in Deutschland und 40 GW in der EU erhöht werden.</p> <p>Wasserstoff soll zu 100 % aus erneuerbarer Energie gewonnen werden.</p> <p>Bis 2050 soll der Anteil von Wasserstoff am Energieverbrauch auf 10 % bis 23 % ansteigen.</p>



	VISION
<p>ell sind Kernsysteme für die wasserstoffherstellung und ung (z. B. Elektrolyse, wasserstoffzelle) noch im Prozess ur Serienreife – in Form von typen und Pilotprojekten.</p>	<p>Zukünftig soll die industrielle Serienreife mit entsprechenden Wertschöpfungsketten zur Herstellung der Komponenten, Baugruppen und Systeme für grünen Wasserstoff erreicht werden.</p> <p>Dadurch wird die breite Anwendung der Brennstoffzellentechnologie in den Bereichen Haushalte, Verkehr und Industrie ermöglicht.</p>

BISHER	VISION
<p>Aktuell kommt Wasserstoff vor allem in der Chemieindustrie (z. B. als Rohstoff in Raffinerien) zum Einsatz.</p>	<p>Zukünftig soll grüner Wasserstoff in weiteren Bereichen genutzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> in der Stahl- und Zementindustrie für Prozesswärme in der Glas-, Papier- und Kupferindustrie in der Mobilität (z. B. LKW, Bus) zur Bereitstellung von Strom und Wärme in Gebäuden.



Hybrides Wertschöpfungsmodell für eine wasserstoffbasierte Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Systematik für digitale Geschäftsmodelle in der Wasserstoffwirtschaft.

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, dass insbesondere die digitale Dimension weiter in den Fokus von Politik und Unternehmen rücken sollte, um Deutschland erfolgreich als Leitmarkt für grünen Wasserstoff zu positionieren. Digitale Geschäftsmodelle und damit verbundene Plattformen werden einen entscheidenden Teil der Wertschöpfung in der grünen Wasserstoffwirtschaft ausmachen.

Digitale Geschäftsmodelle sind eng verbunden mit dem Begriff der **digitalen Wertschöpfung**. Obwohl in der wissenschaftlichen Literatur bislang noch keine allgemeingültige Definition und konzeptionelle Klarheit zu digitalen Geschäftsmodellen besteht, nehmen unterschiedliche Autoren eine Abgrenzung zu nahestehenden Begrifflichkeiten wie datenbasierten und plattformbasierten Geschäftsmodellen vor und weisen auf eine Ordnungsrelation zwischen diesen hin.¹⁵ Digitale Geschäftsmodelle werden in der Literatur mit folgenden Merkmalen assoziiert:

- Einsatz digitaler Technologie¹⁶
- Nutzung von Daten¹⁷
- Austauschbeziehungen über Plattformen in einem komplexen Ökosystem¹⁸

Im Rahmen des Projekts »PLATON« werden datenbasierte Geschäftsmodelle als eine spezifische Form von digitalen Geschäftsmodellen und plattformbasierte Geschäftsmodelle wiederum als eine spezifische Form datenbasierter Geschäftsmodelle verstanden.

Digitale Geschäftsmodelle verändern die Art und Weise der Wertschöpfung und das Wertversprechen von Unternehmen. Das Wertversprechen basiert zunehmend auf Grundlage eines Datenaustauschs zwischen den beteiligten Akteuren im Ökosystem, insbesondere einer wertstiftenden Datenanalyse und der entsprechenden Aufbereitung der Daten für den Nutzungskontext. Dies setzt die Verwendung verschiedener Technologien und den Einsatz einer passenden technologischen Infrastruktur voraus. Für ein gesamtheitliches Verständnis von digitalen Geschäftsmodellen im Kontext des entwickelten hybriden Wertschöpfungsmodells für grünen Wasserstoff (diese beinhalten auch daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle) sind daher folgende vier ineinander verwobene Ebenen zu betrachten:

- (1) **Die Ökosystemebene**, die auf die Ausgestaltung von Interaktionen zwischen den verschiedenen Akteuren eingeht.
- (2) **Die Geschäftsmodellebene**, die die Art und Weise der Wertschöpfung beschreibt und Aufschluss gibt, welches Wertangebot für welche Konsumentengruppen angeboten wird und wie sich das Wertangebot monetarisieren lässt.
- (3) **Die Datenmanagementebene**, die die Prozesse und Aktivitäten aufzeigt, welche zu einem Mehrwert aus Daten führt.

(4) **Die Technologieebene**, welche die technologische Infrastruktur aufzeigt, die Wertschöpfung erst möglich macht.

Hybrides Wertschöpfungsmodell
für eine wasserstoffbasierte
Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ €}$$



Abbildung 5: Ebenen von digitalen Geschäftsmodellen (Eigene Darstellung © Fraunhofer IIS)

Ökosystemebene:

Unter Berücksichtigung der »Theory of Ecosystems«¹⁹ ergeben sich folgende Kernfragen: Wie müssen Unternehmen das Ökosystem ausgestalten? Mit welcher Ökosystemdynamik sind sie konfrontiert?

Die Meta-Dimension »Ökosystemdesign« bezieht sich auf die Ausgestaltung der Interaktionen im Ökosystem und betrachtet die Verbindung zwischen den Akteuren, die Offenheit des Ökosystems, die Ausgestaltung der digitalen Plattform und die Einbettung in die Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff. Die Meta-Dimension »Ökosystemdynamik« betrachtet Veränderungen im Ökosystem und bezieht sich auf die Häufigkeit (Frequenz), den Umfang (Amplitude) und die Geschwindigkeit von Veränderungen.

Vorgehen zur Entwicklung des Systematisierungsschemas

- Strukturierte Literaturanalyse
- Taxonomieentwicklung (Nickerson et al., 2013)
- Iteratives Vorgehen (conceptual-to-empirical; empirical-to-conceptual)
- Darstellung der Ergebnisse in einem morphologischen Kasten
- Theoretisch fundierte Meta-Dimensionen
 - Business Ecosystem Theory
 - Business Model Navigator
 - Data Value Chain

Geschäftsmodellebene: Geschäftsmodelle umschreiben die typische Geschäftslogik eines Unternehmens und beinhalten verschiedene Komponenten.²⁰ Geläufige Konzepte variieren zwischen den drei Kernkomponenten Wertversprechen, Wertschöpfungsaktivitäten und Ertragsmechanik («Magisches Dreieck»)²¹ und weiteren Elementen wie beispielsweise Distribution, Schlüsselpartner sowie Umsatz- und Kostenstrukturen (z. B. Business Model Canvas)²². Aus der Geschäftsmodellebene ergeben sich folgende Kernfragen: Welche Kundengruppen sollten angesprochen werden? Welches Wertversprechen kann diesen geboten werden? Wie sollte die Wertschöpfung gestaltet sein und wie lässt sich das Wertangebot monetarisieren? In Anlehnung an den Business Model Navigator²¹ wird zwischen den vier Metadimensionen »Konsumentenzielgruppe«, »Wertversprechen«, »Wertschöpfung« und »Ertragsmechanik« unterschieden.

Ebene	Meta-Dimension	Dimension	Attribute				
Ökosystem	Ökosystem-design	Verbindung zw. Akteuren	Vertikal verbunden	Horizontal verbunden	Komplexe Verbindungen		
		Offenheit des Ökosystems	Offenes Ökosystem		Zugangsbeschränktes Ökosystem	Geschlossenes Ökosystem	
		Plattformtyp	Keine Plattform	Transaktions-plattform	Innovations-plattform	Investment-plattform	Hybride Plattform
		Plattformseiten	Keine Plattform	Einseitige Plattform	Zweiseitige Plattform	Mehreseitige Plattform	
		Plattformziele	Produkt/Serviceinnovationen		Produkt/Serviceverbesserungen	Prozesseffizienz	
		Netzwerkeffekte	Keine Netzwerkeffekte	Direkte Netzwerkeffekte	Indirekte Netzwerkeffekte	Beide Netzwerkeffekte	
		Unterstützung von Partnern	Finanzielle Unterstützung		Technische Werkzeuge	Bereitstellung von Informationen/Wissen	
	Ökosystem-dynamik	Wertschöpfungskette	Energieerzeugung	Wasserstoffherzeugung	Wasserstofftransport/-speicherung	Endverwendung von Wasserstoff	
		Frequenz	selten			häufig	
		Amplitude	inkrementell			radikal	
		Geschwindigkeit	langsam			schnell	

Abbildung 6: Ökosystemebene (Eigene Darstellung © Fraunhofer IIS)

Ebene	Meta-Dimension	Dimension	Attribute					
Business Model Geschäftsmodell	Konsumenten-zielgruppe	Kundenzielgruppe	Private Haushalte	Prosumenten	Genossenschaften/ Vereinigungen	Wirtschaftssektor	Öffentliche Hand	
		Region	Global	International	National	Lokal		
	Nutzen-versprechen	Leistungsangebot	Digitale Dienstleistung		Digitale und physische Dienstleistung	Smartes Produkt-Service System		
		Monetärer Mehrwert	Kosteneinsparung		Zusätzlicher Umsatz	Kein monetärer Mehrwert		
		Nicht-monetärer Mehrwert	Flexibilität	Benutzer-freundlichkeit	Zeitersparnis	Höhere Sicherheit	Kein nicht-monetärer Mehrwert	
	Wertschöpfung	Betreibermodelle	On premises	IaaS	PaaS	SaaS	EaaS	AaaS
		Wertschöpfungsstrukturen	Orchestrator	Integrator		Layer Player	Market Maker	
		Wertschöpfungsbereich	Produktionsorientiert		Prozessorientiert	Anwendungsorientiert		
	Ertragsmechanik	Erlösmechanik	Subskriptionsbasiert	Transaktionsbasiert	Hybride Preisgestaltung		Anderes Erlösmodell	
		Erlösquelle	Käufer/Kunde	Verkäufer/Anbieter	Drittpartei		Nutzer	
		Kostenstruktur	Kosten für technische Infrastruktur	Personalkosten	Softwarekosten		Anderere Kosten	

Abbildung 7: Geschäftsmodellebene (Eigene Darstellung © Fraunhofer IIS)

Datenmanagementebene: Die Datenmanagementebene geht der Frage nach, wie sich aus den Daten für Unternehmen und Kundengruppen ein Mehrwert generieren lässt. Basierend auf der »Data Value Chain« sind folgende Überlegungen für das Datenmanagement wichtig, die sich in sechs Meta-Dimensionen gliedern lassen:²³ Wie werden Daten generiert (Datenerzeugung), erfasst (Datenerfassung),

aufbereitet (Datenvorverarbeitung), analysiert (Datenanalyse), visualisiert (Datenvisualisierung) und genutzt bzw. geteilt (Datennutzung)?

Hybrides Wertschöpfungsmodell für eine wasserstoffbasierte Wirtschaft

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Technologieebene: Digitale Geschäftsmodelle basieren auf einer technologischen Infrastruktur, die verschiedene Bausteine, wie Identifikationstechnologien zur automatischen Identifikation, Datenerfassung und Datenübertragung (z. B. RFID, Mioty, ZigBee) sowie Technologien zur Datenverarbeitung (z. B. Künstliche Intelligenz, Big Data Analytics) und -interaktion (z. B. Augmented Reality, Virtual Reality) beinhaltet. Diese Technologien können anhand des Einsatzzweckes in verschiedene Technologiegruppen eingeordnet werden. Die Technologieebene geht den Kernfragen nach: Welche Technologiegruppen kommen zum Einsatz und wie weit sind die entsprechenden Technologien im sogenannten Technology-Readiness-Level (TRL)?

Ebene	Meta-Dimension	Dimension	Attribute
Datenmanagement	Datenerzeugung	Datenquelle	Interne Daten Externe Daten
		Datenherkunft	Vorhandene Daten Neugenerierte Daten Gekaufte Daten Bereitgestellte Daten Frei zugängliche Daten
		Datentypen	Mensch Technisches System Umwelt
	Datenerfassung	Datenvelocity	Unstrukturiert Semi-strukturiert Strukturiert Vielfältig
		Schlüsseldatenaktivitäten	Batch Intervall Echtzeit
	Datenanalyse	Analytische Aktivitäten	Datenbereinigung Datenreduktion Daten-transformation Datenintegration Daten-diskretisierung
	Datenvisualisierung	Visualisierungsform	Descriptive Diagnostic Predictive Prescriptive
	Datennutzung	Datenaustausch	Dashboards Monitoring Graphen Karten 3D-Modelle
			Interner Verbleib Austausch mit Partnern Open Data

Abbildung 8: Datenmanagementebene (Eigene Darstellung © Fraunhofer IIS)

Ebene	Meta-Dimension	Dimension	Attribute
Technologie	Technologiereife	Technology-Readiness-Level	TRL1 TRL2 TRL3 TRL4 TRL5 TRL6 TRL7 TRL8 TRL9
	Digitale Technologie	Sensorik (Messgrößen)	Mechanische Thermische Optische Akustische Chemische Magnetische und Elektrische Andere
		Kommunikation	Mobilfunk LPWAN IEEE 802.11 IEEE 802.15.1 IEEE 802.15.4 Nahfeld Andere
	Wertschöpfungs-technologie	Datenverarbeitung	Datensammelungs-tools Datenspeicherungs-tools Datenfilterungs- und Extraktionstools Datenbereinigungs- und Validierungstools Andere
		Energieerzeugung	Windenergie Sonnenenergie Biomasse Wasserkraft Fossile Brennstoffe Andere
		Wasserstoffherzeugung	Alkaline PEM AEM Hochtemperatur Andere
		Wasserstofftransport	Pipeline Schiffsverkehr Schienenverkehr Straßenverkehr Multimodal
		Wasserstoffspeicherung	Reinform gasförmig Reinform flüssig Reinform kryokomprimiert Chemisch gebunden in Feststoffen Chemisch gebunden in Flüssigkeiten Als Gas Andere (z. B. Oberflächenadsorption)
Wasserstoffnutzung	Gasförmiger H ₂ Flüssiger H ₂ Methan Methanol Ammoniak Andere		

Abbildung 9: Technologieebene (Eigene Darstellung © Fraunhofer IIS)

Das entwickelte Systematisierungsschema (Platon-Taxonomie) stellt die Basis für die empirische Auseinandersetzung mit dem hybriden Wertschöpfungsmodell für grünen Wasserstoff dar und ermöglicht eine systematische Analyse von Plattformen als Treiber für die digitale Wertschöpfung.

3

Plattformen sind Treiber für digitale Wertschöpfung

Der Begriff »Plattform« ist mit dem rasanten Erfolg von digitalen Pionieren wie Amazon, Alibaba, Facebook, Google oder Microsoft populär geworden. Diese Unternehmen haben Pionierarbeit mit Marktplätzen geleistet, die Transaktionen zwischen unabhängigen Teilnehmenden der Angebots- und Nachfrageseite ermöglichen und unterstützen.²⁴ Plattformen verändern die bestehende Wettbewerbslandschaft in vielen B2C-Märkten grundlegend. Auch im B2B-Bereich gewinnen sie zunehmend an Bedeutung (z. B. Predix-Plattform von General Electric, Siemens MindSphere, Bosch IoT Suite, Hitachi Lumada, ABB Ability). Trotz der hohen Anzahl an Plattformen dominieren nur sehr wenige Unternehmen die digitale Wertschöpfung. Im Hinblick auf Cloud-Infrastrukturen haben Hyperscaler wie Microsoft Azure oder Amazon Web Services eine marktbeherrschende Stellung. Im Bereich Data Analytics nehmen Unternehmen wie Google und Amazon eine dominante Rolle ein. Diese Unternehmen investieren zudem enorm in den Ausbau erneuerbarer Energien, um ihren zunehmenden Energiebedarf zu decken. Durch die Beteiligung an Programmen wie Climate Pledge möchte beispielsweise Amazon in allen Geschäftsbereichen bis 2025 zu 100 Prozent mit erneuerbaren Energien arbeiten. So steigt Amazon zu einem der größten Kunden für erneuerbare Energien und möglicherweise zu einem der größten Erzeuger auf (z. B. 35 Projekte mit mehr als 4 GW Kapazität im Jahr 2020) und könnte durch bestehende plattformbasierte Ansätze auch die Energie- und Wasserstoffwirtschaft maßgeblich verändern.

Zum besseren Verständnis werden folgende Arten von Plattformen²⁵ unterschieden:

- **Transaktionsplattformen:** Transaktionsplattformen fungieren als Vermittler und ermöglichen Transaktionen zwischen verschiedenen Akteursgruppen auf den einzelnen Seiten der Plattform (z. B. Ebay als Marktplatz zur Vermittlung zwischen Käufer und Verkäufer, Uber als Vermittler zwischen Fahrgästen und Fahrern). Die über die Transaktionsplattform verbundenen Akteursgruppen bilden ein Ökosystem.
- **Innovationsplattformen:** Innovationsplattformen schaffen für andere Unternehmen im Ökosystem ein technologisches Fundament, um komplementäre Technologien, Produkte oder Dienstleistungen zu entwickeln (z. B. Google Android und Apple iOS als technische Grundlage für App-Entwickler, Microsoft Xbox als technische Grundlage für Spieleentwickler).
- **Integrierte Plattformen:** Integrierte Plattformen verbinden Elemente von Transaktions- und Innovationsplattformen (z. B. ist der Apple App-Store ein Marktplatz für Transaktionen zwischen App-Anbietenden und -Nutzenden und bietet gleichzeitig Partnern im Ökosystem technische Hilfsmittel zur Erstellung von Inhalten).

Aufgrund der besonderen Merkmale dieser Plattformarten werden aus der PLATON-Taxonomie folgende Kernkomponenten für eine prägnante Beschreibung von Plattformen herausgegriffen:

- **Interaktion:** Die Interaktion beschreibt die wechselseitigen Beziehungen zwischen der digitalen Plattform und weiteren Akteuren im Ökosystem und umfasst Elemente wie die Anzahl von Interaktionspartnern (Plattformseiten), die Beziehung zwischen den Interaktionspartnern (Verbindung zwischen Akteuren), Stellung der Plattform im Ökosystem

(Wertschöpfungsstrukturen) und Interaktionsmöglichkeiten von Akteuren (Offenheit des Ökosystems). Die Ausgestaltung der Interaktion hat maßgebliche Auswirkungen auf das Wertversprechen, die Möglichkeit der Erzielung von Netzwerkeffekten, die Skalierung und auf die Ertragsmechanik.

- **Wertversprechen:** Das Wertversprechen zeigt auf, wie auf Plattformen ein Wert für Kunden und Partner geschaffen wird. Dieser wird maßgeblich durch die Interaktionen zwischen den Akteuren determiniert.
- **Netzwerkeffekte:** Direkte und indirekte Netzwerkeffekte bewirken, dass der auf der Plattform geschaffene Wert mit einer zunehmenden Anzahl von Akteuren steigt.
- **Skalierung:** Die Skalierung bezeichnet unterschiedliche Wachstumsoptionen für das Geschäftsmodell und Maßnahmen, mit denen der geschaffene Wert für Akteure gesteigert werden kann. Dies ist in klassischen Geschäftsmodell-Konzepten oft nicht explizit enthalten. Netzwerkeffekte sorgen für die Dynamik der Skalierung, die über die Seite der Nutzer und der Partner erfolgen kann. Dabei verläuft sie bei Plattformen typischerweise nicht proportional, sondern progressiv.
- **Ertragsmechanik:** Eine wesentliche Herausforderung von Plattformen besteht in der Ertragsmechanik, d. h. die Art und Weise, wie Unternehmen über die Plattform Umsatz generieren bzw. Kosten einsparen können.

 Plattformen sind Treiber für digitale Wertschöpfung

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{**}$$

Aus diesen Kernkomponenten ergibt sich das **PLATON-Canvas** zur Analyse von plattformbasierten Geschäftsmodellen in der Energie- und Wasserstoffwirtschaft:



Abbildung 10: PLATON-Canvas (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

4 Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

Vorgehen

- Mithilfe von Sekundärdaten wurden ca. 150 daten- und plattformbasierten Lösungen untersucht
- Mithilfe von Interviews wurden Ergebnisse ergänzt
- Einteilung der 150 daten- und plattformbasierten Lösungen in Transaktions- und Innovationsplattformen und integrierte Plattformen
- Beschreibung ausgewählter Lösungen anhand der Komponenten Interaktion, Wertversprechen, Netzwerkeffekte, Skalierung, Ertragsmechanik
- Ableitung von typischen Mustern

Daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle existieren an verschiedenen Punkten entlang der Wertschöpfungsaktivitäten in der horizontalen und vertikalen Dimension. Plattformansätze nehmen im Energiebereich eine zunehmend wichtige Rolle ein. Im Bereich der Erzeugung erneuerbarer Energien, der Übertragung von Strom und der Energieendnutzung sind Plattformansätze bereits fortgeschritten. Plattformanwendungen für Wasserstoff können perspektivisch in diese Plattformen integriert werden und andere Energieträger ersetzen, z. B. in energieintensiven Industrien oder im Kontext Smart Building.

Im Folgenden werden Beispiele von Transaktionsplattformen, Innovationsplattformen und integrierten Plattformen beschrieben.

Transaktionsplattformen

Transaktionsplattformen dominieren den Energiehandel und werden zunehmend wichtig für die Stromversorgung.

Der deutsche Energieversorger enviaM vermittelt mithilfe seiner Plattform »MEIN Community Strom« Strom zwischen (privaten, regionalen) Stromproduzenten und Stromverbrauchern (Haushalten). Verbraucher können ihren Energiemix individuell anpassen und per Blockchain nachvollziehen. Einnahmen erzielt die Plattform über Transaktionsgebühren. Die Skalierung erfolgt sowohl über die Seite der Stromanbieter als auch über die Seite der Stromnachfrager. Netzwerkeffekte ergeben sich über die Verbesserung des Matchings zwischen den Plattformseiten und durch die Erhöhung der Attraktivität der Plattform für beide Seiten, wenn die Zahl der Stromproduzenten und -verbraucher zunimmt.

Weitere Beispiele von Transaktionsplattformen im Bereich des Energiehandels sind RWE ECT, innogy WebMarket oder enmacc. Zudem existieren zahlreiche Vergleichsportale, wie Verivox für Haushalte oder e.less für Unternehmen, die eine höhere Transparenz im Strommarkt schaffen und Umsätze durch Vermittlungsprovisionen erzielen. Vermutlich spielen diese Plattformen perspektivisch im Bereich Wasserstoff eine bedeutende Rolle.

enviaM MEIN Community Strom



Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ €}$$

Abbildung 11: PLATON-Canvas für die Transaktionsplattform MEIN Community Strom von enviaM (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Innovationsplattformen

Innovationsplattformen, insbesondere IoT-Plattformen, existieren bereits in nahezu allen Bereichen des hybriden Wertschöpfungsmodells, außer im Bereich Transport und Verteilung von Wasserstoff. Im Folgenden werden Plattformansätze im Bereich Erzeugung erneuerbarer Energien, Übertragung von Strom, Elektrolyse, energieintensive Anlagen, Wärmeversorgung und Smart Cities näher beschrieben.

Erzeugung von Windenergie:

Im Bereich der Erzeugung von Windenergie betreibt Vestas, ein dänischer Hersteller von Windkraftanlagen, die Plattform Utopus Insights/Scipher zur Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit und der damit verbundenen Leistungssteigerung der eigenen Anlagen. Vestas tauscht mit den Betreibern der Windkraftanlagen Zustandsdaten der betriebenen Anlagen aus, um datengetriebene Services zur Steigerung der Produktion von Windenergie anzubieten. Diese Services monetarisiert Vestas als Teil seiner bestehenden Serviceverträge. Vereinzelt werden außerdem »as-a-Service«-Ansätze verfolgt, bei denen Windkraftanlagenbetreiber je nach Verfügbarkeit der Anlagen oder der produzierten Windenergie zahlen. Zur Skalierung konzentriert sich Vestas auf die Gewinnung weiterer Anlagenbetreiber. Netzwerkeffekte ergeben sich dadurch, dass Vestas durch eine höhere Zahl von Plattformnutzern und die dadurch verfügbaren Daten bestehende Services optimieren und weitere Services zur Leistungsverbesserung von Windkraftanlagen entwickeln kann.

Andere Hersteller von Windkraftanlagen, wie Siemens Gamesa, Nordex oder General Electric, verfolgen ähnliche Plattformansätze.

Vestas – Utopus Insights/Scipher



Abbildung 12: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform Utopus Insights/Scipher von Vestas (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Erzeugung von Solarenergie:

Unternehmen im Bereich Solarenergie für dezentrale Energieerzeugung betreiben z. B. Plattformen zur Stabilisierung des Stromnetzes. SENEK, ein deutscher Anbieter von Solarmodulen und Stromspeichern, nutzt Daten zu Stromerzeugung und -verbrauch, um über ein virtuelles Stromkonto in der SENEK.Cloud Strombedarfe zwischen Stromversorgern und Haushalten auszugleichen. Haushalte mit Photovoltaik-Anlagen und Stromspeichern speisen überschüssigen Öko-Strom ins Stromnetz ein und erhalten dafür ein virtuelles Stromguthaben. Dieses Stromguthaben können sie für die eigene Strom- und Wärmeversorgung z. B. in den Wintermonaten und für andere Gebäude oder E-Auto-Ladestationen einsetzen. Dadurch erhöhen beteiligte Nutzer ihre Unabhängigkeit von steigenden Strompreisen und externen Lieferanten. Stromversorger profitieren von einer höheren Stabilität des Stromnetzes. SENEK monetarisiert die Cloud-Lösung als Erweiterung seiner Vertragspakete für Solarmodule, Stromspeicher oder Ladestationen. Die Skalierung erfolgt über die Gewinnung weiterer Haushalte. Als Resultat von Netzwerkeffekten kann SENEK die Öko-Stromproduktion und den -verbrauch besser ausgleichen und bestehende Vertragspakete für Solarmodule, Stromspeicher und Ladestationen optimieren.

 Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ ☀}$$

SENEK – Senec.Cloud

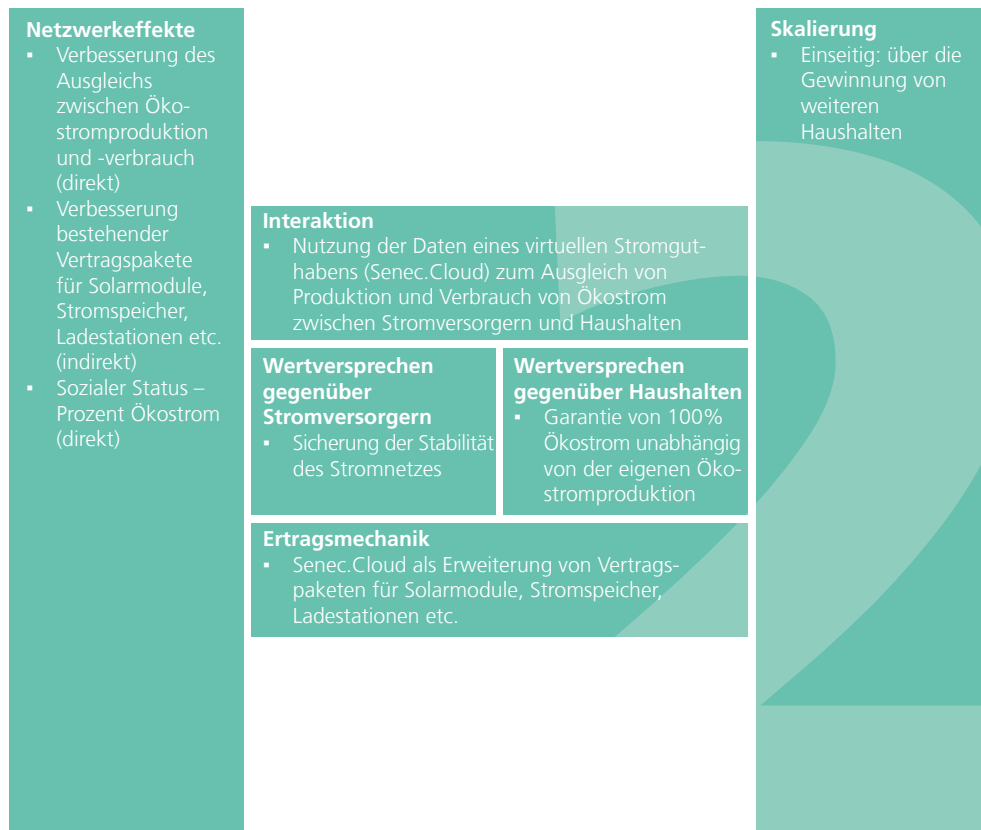


Abbildung 13: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform Senec.Cloud von SENEK
 (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Plattformsätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Übertragung von Strom:

Der deutsche Hersteller von Batteriespeichern namens sonnen und TenneT, ein niederländischer Spezialist für Stromübertragung, stabilisieren innerhalb eines Pilotprojekts das Stromnetz mithilfe einer Plattformlösung für dezentrale Heimspeicher. Dabei nutzen sie Daten zur Netzauslastung und zu Heimspeicherkapazitäten, um bei Bedarf überschüssige Energie in Heimspeichern zu lagern oder von Heimspeichern Strom in das Stromnetz einzuspeisen. Die Transparenz und Nachvollziehbarkeit wird durch die Protokollierung aller Vorgänge der Speicherung und Einspeisung über Blockchain sichergestellt.

sonnen/TenneT



Abbildung 14: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform von sonnen und TenneT (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Plattformen ermöglichen zudem die Steigerung der Energieeffizienz, indem Energie auf Basis von Datenanalysen sparsamer und zielgerichteter eingesetzt wird.

 Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ €}$$

Wasserstoffherzeugung:

Im Bereich der Wasserstoffherzeugung wertet Enapter, ein deutscher Anbieter von Elektrolyseuren, die Daten seiner Elektrolyseure zur Optimierung des Energiemanagements aus. Betreiber der Elektrolyseure können dadurch ihre Energiekosten senken und Risiken (z. B. Ausfälle) reduzieren.

Enapter



Abbildung 15: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform von Enapter (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Energieintensive Anlagen:

In ähnlicher Weise analysieren Plattformen im industriellen Kontext, wie Siemens MindSphere, ABB Ability oder Hitachi Lumada, Zustands- und Prozessdaten von energieintensiven Anlagen. Anlagenhersteller als Partner dieser Plattformen profitieren von der Kompatibilität mit Daten anderer Herstellerplattformen und der Offenheit gegenüber Applikationen von Dritten.

ABB Ability/Siemens MindSphere/Hitachi Lumada



Abbildung 16: PLATON-Canvas für die IoT-Plattformen Ability von ABB, MindSphere von Siemens, Lumada von Hitachi (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Wärmeversorgung:

Der Energieverbrauch in Gebäuden und Haushalten kann ebenfalls über Plattformen erfasst und optimiert werden (z. B. Smart Metering, Smart Building/Home). Im Bereich der Wärmeversorgung nutzt Mixergy, ein britischer Anbieter intelligenter strombetriebener Warmwassertanks, Daten zum Warmwasserverbrauch (Zeit und Volumen), um den Energieverbrauch zu reduzieren bzw. die Energieeffizienz zu erhöhen. Nutzer von angebundenen Warmwassertanks sparen dadurch Warmwasserkosten ein. Die Kosten für die Konnektivität der Tanks und entsprechende Applikationen zum Datenaustausch sind im Preis für die Warmwasser-Lösungen von Mixergy eingebettet. Mixergy skaliert über die Einbindung von möglichst vielen Nutzern von Warmwassertanks bzw. über die Einbindung von Versorgungsunternehmen oder Wohnungsgesellschaften. Netzwerkeffekte ergeben sich für Mixergy durch datenbasierte Serviceoptimierung und durch die Aufwertung der Warmwassertanks durch datenbasierte Services.

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \text{ €}$$

Mixergy



Abbildung 17: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform von Mixergy
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

In ähnlicher Weise bindet Viessmann, ein deutscher Hersteller von Wärmesystemen, seine Vitocal Brennstoffzellen-Heizgeräte an eine Cloud an, um mithilfe von Zustands- und Verbrauchsdaten über einen »selbstlernenden Energiemanager« den Energieverbrauch von Haushalten zu senken. Aktuell sind die Kosten für die Cloudlösung im Heizungspreis integriert. Perspektivisch kann das Unternehmen auf Basis der Konnektivität Wärme »as a Service« anbieten.

Viessmann Vitocalor/ViShare

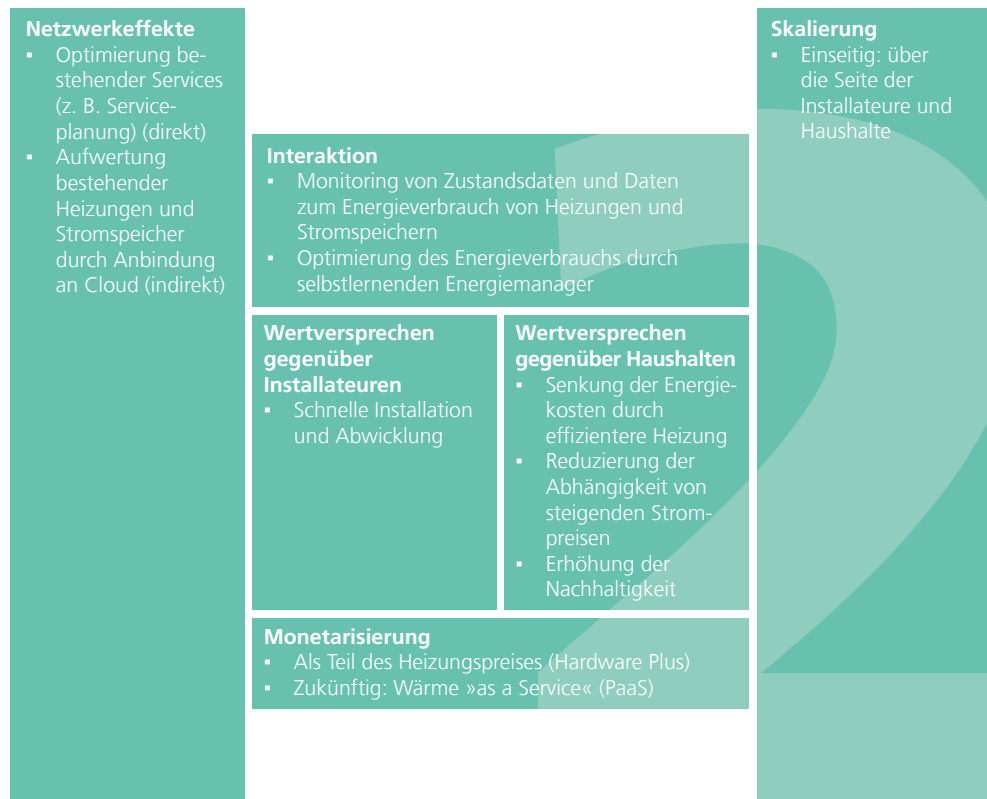


Abbildung 18: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform Vitocalor / ViShare von Viessmann (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Smart Contracting und Smart City:

Verfügbare Daten zum Energieverbrauch und zum Energieangebot können Unternehmen nutzen, um Kunden automatisch bedarfsgerecht und kosteneffizient Strom zu vermitteln (Smart Contracting). Entsprechende Blockchain-basierte Ansätze verfolgen die deutschen Start-ups Lition.io und freel.io. SMIGHT, ein Start-up der EnBW, wertet auf seiner Plattform SMIGHT IQ Daten von vernetzten Geräten aus, um den Weg zu *Smart Cities* zu ebnen und so das Verkehrsmanagement, die Stromnetzsteuerung oder öffentliche WLAN-Netze zu optimieren.

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

EnBW-SMIGHT IQ/Bosch IoT Suite



Abbildung 19: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform SMIGHT IQ von EnBW (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Plattformsätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Integrierte Plattformen

Integrierte Plattformen konnten beispielsweise im Bereich *Elektromobilität* identifiziert werden.

Elektromobilität:

Innogy, ein zu E.ON gehörender deutscher Betreiber von Verteilnetzen, nutzt auf seiner Elektromobilitätsplattform Share & Charge Verfügbarkeitsdaten (Ort und Zeit) von Ladestationen verschiedener Betreiber, um Elektroauto-Nutzenden per App »freie« Ladestationen zu vermitteln. Sie profitieren durch das schnellere Auffinden »freier« Ladestationen, die einfache Aufladung des Elektroautos und die sichere Blockchain-basierte Bezahlung. Betreiber von Ladestationen profitieren von einer höheren Auslastung der Ladestationen. Innogy skaliert seine Plattform sowohl über die Gewinnung von Elektroauto-Nutzenden als auch über die Gewinnung von Betreibern von Ladestationen. Innogy bietet innovative Lösungen im Bereich Smart Charging an, vermittelt Lade-Transaktionen und wickelt über die Plattform Zahlungen per Blockchain-Technologie ab.

Innogy Share & Charge

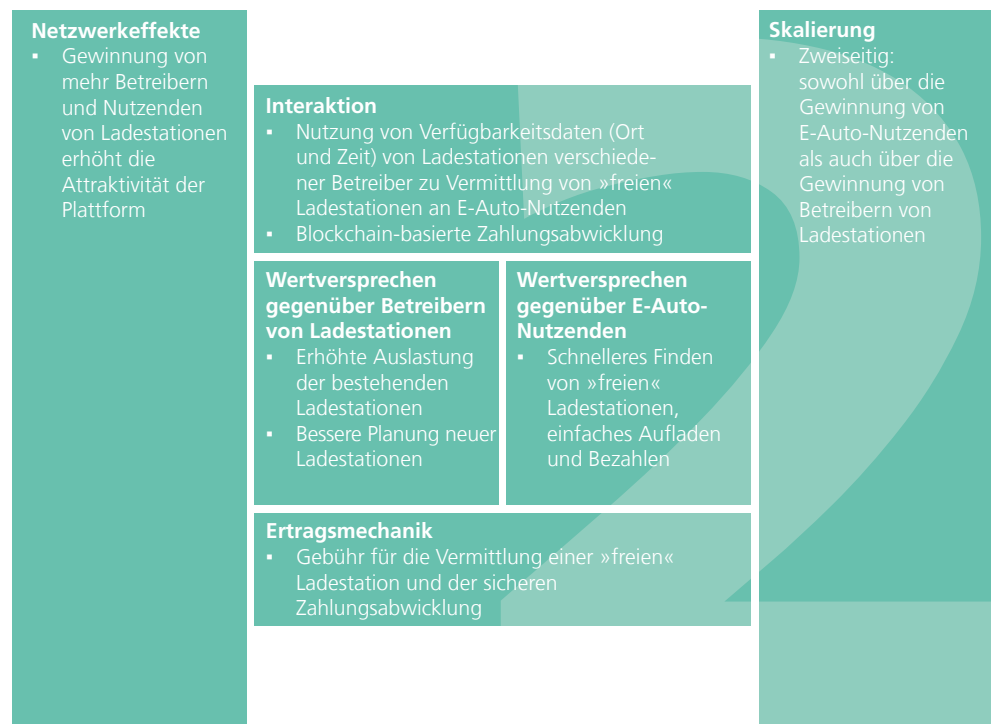


Abbildung 20: PLATON-Canvas für die integrierte Plattform Share & Charge von Innogy (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Weitere PLATON-Canvases zu anderen bestehenden Plattformsätzen können der begleitenden Broschüre **»Empirische Studienergebnisse«** entnommen werden.

Typische Muster der Ausgestaltung von Plattformsätzen

Mithilfe der PLATON-Canvas wurden die wichtigsten Komponenten der analysierten Plattformen beschrieben. Innerhalb dieser Komponenten lassen sich folgende Muster zur Ausgestaltung der Plattform ableiten.

Interaktion

Bezüglich der Interaktion auf Plattformen wurden zwei typische Muster identifiziert:

Austausch und Analyse von Produkt- und Prozessdaten: Daten von Anlagen (z. B. Zustands- und Prozessdaten, Daten zu Energieverbrauch, Stromnetzauslastung) werden zwischen Anlagenbetreibern und Anlagenherstellern über die Plattform geteilt und zur Anlagen- bzw. Prozessoptimierung analysiert. Diese Interaktion ist typisch für IoT-Plattformen.

- Nordex: Nordex tauscht mit Windparkbetreibern Zustandsdaten von Windkraftanlagen aus, die dann über die Plattform Cumulocity IoT (Software AG) analysiert werden.
- Siemens MindSphere: Daten von energieintensiven Anlagen werden zwischen Anlagenherstellern und Betreibern über die MindSphere-Plattform gesammelt und ausgewertet.

Austausch und Analyse von Marktdaten: Daten zu Angebot und Nachfrage werden auf der Plattform zur Ermöglichung von Transaktionen ausgetauscht und aufbereitet. Häufig schließt dies ein Matching passender Transaktionspartner ein.

- enviaM MEIN Community Strom: Die Plattform matcht auf Basis der von Anbietern bereitgestellten Daten des verfügbaren Stroms und den von Haushalten gewählten Präferenzen bezüglich des Strommix zueinander passende Transaktionspartner für Ökostrom.
- e.less: Die Plattform matcht Daten zum Strombedarf von Gewerbekunden mit passenden Angeboten von Energieversorgern.

Wertversprechen

Bezüglich des Wertversprechens auf Plattformen wurden drei wesentliche Muster identifiziert:

Verfügbarkeits- und Leistungssteigerung: Über die Datenanalyse auf der Plattform wird die Anlagenverfügbarkeit und -leistung gesteigert.

- Siemens GAMESA: Über die Plattform steigert Siemens GAMESA die Produktion von Windenergie, indem die Verfügbarkeit der Windkraftanlagen erhöht wird.
- Hitachi Lumada: Über die Plattform steigert Hitachi die Verfügbarkeit und die Leistung von energieintensiven Anlagen.

Steigerung der Energieeffizienz: Über die Datenanalyse auf der Plattform wird die Energieeffizienz von Anlagen, Geräten und Prozessen gesteigert.

- Vaillant Smart Home: Durch intelligente Heizungen im Smart Home steigert Vaillant die Energieeffizienz von Haushalten.
- Enapter Energy Management: Durch die Verbindung verschiedener Geräte in einem Energienetzwerk erhöht Enapter die Energieeffizienz von Energiesystemen.

Bedarfsgerechtes Matching: Über die Datenanalyse auf der Plattform werden bedarfsgerecht/präferenzbasiert Verkäufe und Käufe vermittelt oder es findet ein bedarfsgerechter Ausgleich zwischen Energieüberschuss und -bedarf statt.

- Power Ledger: Über die Plattform ermöglicht Power Ledger den Blockchain-basierten dezentralen Verkauf und Kauf von erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung individueller Kundenpräferenzen.
- sonnen/TenneT: Die Plattform matcht Strombedarfe und -überschüsse zur Stabilisierung des Stromnetzes mithilfe dezentraler Heimspeicher.

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Weitere Wertversprechen sind die Reduzierung von Kosten (z. B. Stromkosten), die Reduzierung von Risiken (z. B. Stromausfälle, Schäden an Anlagen), die Optimierung eigener Wertschöpfungsaktivitäten (z. B. Serviceaktivitäten, Produktverbesserung) und die Erweiterung des Angebots durch Dritte (z. B. Applikationen, die Produktfunktionen erweitern und den Kundennutzen erhöhen).

Ertragsmechanik

Bezüglich der Ertragsmechanik wurden drei wesentliche Muster identifiziert:

Produktpreis: Die Kosten der Plattform werden in den Produktpreis eingebettet.

- Mixergy: Die Kosten für die Konnektivität und die Applikation zur Optimierung des Warmwasserverbrauchs sind im Preis des Warmwassertanks integriert.
- Viessmann: Die Kosten für die Konnektivität und die Applikation zur Optimierung des Energieverbrauchs von Brennstoffzellenheizungen sind im Preis der Brennstoffzellenheizung integriert.

Serviceverträge: Die Kosten der Plattform werden in Serviceverträge zwischen Anlagen- und Geräteherstellern und -betreibern integriert und darüber abgerechnet.

- Vestas Utopus Insights/Scipher: Die datenbasierten Angebote Scipher.VX Visualization, Scipher.VX+ Performance, Scipher.FX Forecasting werden als Bestandteil von Serviceverträgen abgerechnet.
- SENECloud: Die datenbasierten Angebote der SENECloud werden als Erweiterung von Vertragspaketen für Solarmodule, Stromspeicher, Ladestationen etc. monetarisiert.

Transaktionsgebühren: Für erfolgreich vermittelte Transaktionen werden Gebühren berechnet. Diese Ertragsmechanik ist typisch für digitale Marktplätze.

- Milk the Sun: Auf dem digitalen Marktplatz wird eine Provision für den erfolgreich vermittelten Kauf von PV-Anlagen berechnet.
- Innogy Share & Charge: Die Plattform berechnet eine Gebühr für die Vermittlung einer »freien« Ladestation für die sichere Zahlungsabwicklung.

Ertragsmechaniken von »Product-as-a-Service«-(PaaS) und »Software-as-a-Service« (SaaS)-Ansätzen (z. B. subscription, pay-per-use, outcome-/performance-based pricing) werden zunehmend von Unternehmen getestet, sind aber in der Praxis noch selten implementiert. Powerpeers, ein niederländischer peer-to-peer Marktplatz für regionalen Strom, nutzt beispielsweise monatliche Subscriptions zur Finanzierung der Plattform.

Netzwerkeffekte

Bezüglich Netzwerkeffekten wurden drei wesentliche Muster identifiziert:

Aufwertung von Produkten: Über datenbasierte Services werden bestehende Produkte aufgewertet. Der Kundennutzen wird beispielsweise durch erweiterte Funktionalitäten, Leistungsverbesserungen oder Risikoreduzierung erhöht.

- Mixergy: Die datenbasierten Angebote von Mixergy erhöhen den Kundenwert der Warmwassertanks, indem die Leistung verbessert, die Energieeffizienz erhöht und Kosten für Warmwasser gesenkt werden.
- Viessmann: Die Cloud-Anbindung und ein »selbstlernender Energiemanager« erhöhen den Kundenwert von Vitovalor Brennstoffzellen-Heizgeräten, indem dadurch die Energiekosten des Haushalts gesenkt werden.

Optimierung von Serviceaktivitäten: Auf Basis der steigenden Anzahl verfügbarer Daten werden eigene Serviceaktivitäten und Serviceaktivitäten von Partnern verbessert oder erweitert.

- General Electric Predix: Auf Basis der steigenden Anzahl verfügbarer Industrieanlagendaten verbessert General Electric bestehende Services zur Wartung und Instandhaltung und entwickelt zusätzliche datenbasierte Serviceangebote.
- Solarwatt: Auf Basis der steigenden Anzahl verfügbarer Daten von vernetzten PV-Anlagen und Stromspeichern sowie Daten des Energieverbrauchs verbessert Solarwatt Serviceaktivitäten und stimmt Anwendungen im Smart Home zielgerichteter aufeinander ab.

Plattformansätze spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\frac{1}{2}}$$

Steigerung der Plattformattraktivität: Auf Transaktionsplattformen steigt die Attraktivität der Plattform, je mehr Akteure die Plattform auf beiden Seiten (Anbieter, Nachfrager) nutzen. Anbieter profitieren von der steigenden Nachfrage auf der Kundenseite. Kunden profitieren von der wachsenden Auswahl und dem Preiswettbewerb auf der Anbieterseite.

- Tender 365: Die Attraktivität des digitalen Marktplatzes für Energieprodukte und OTC-Handel steigt, je mehr Akteure (u. a. Stadtwerke, Energieversorger, Netzbetreiber, Produzenten, Industrieunternehmen) sich am Handel von Strom und Gas beteiligen.
- innogy Share & Charge: Für Betreiber von Ladestationen erhöht sich die Attraktivität der Plattform, je mehr Elektroauto-Besitzende die Plattform für Ladevorgänge nutzen.

Skalierung

Bezüglich der Skalierung wurden zwei wesentliche Muster identifiziert:

Fokus auf eine Plattformseite: Plattformanbieter fokussieren eine Plattformseite (z. B. Anbindung weiterer Anlagen und Geräte an die Plattform). Häufig liegt der Fokus auf der Kundenseite. Wichtige Kunden werden über günstige Preise gewonnen. Für bestehende Kunden werden Anreize geschaffen, damit diese der Plattform treu bleiben.

- Vestas Utopus Insights/Scipher: Vestas skaliert seine Plattform über die Gewinnung weiterer Windkraftanlagenbetreiber.
- SENECloud: SENECloud skaliert seine Plattform über die Gewinnung weiterer Haushalte mit SENECloud Stromspeichern.

Fokus auf mehrere Plattformseiten: Die Skalierung findet über mehrere Plattformseiten statt. Diese Skalierungsstrategie wird häufig auf Transaktionsplattformen verfolgt.

- enyway: Enyway skaliert seinen Marktplatz für regionalen Ökostrom und CO₂-Kompensation sowohl über die Seite der Stromanbieter als auch über die Seite der Stromnachfrager.
- Milk the Sun: Milk the Sun skaliert seinen Marktplatz für Photovoltaik-Anlagen. Das erfolgt sowohl über die Seite der Anbieter als auch über die Seite der Nachfrager von PV-Anlagen.

Die analysierten Plattformansätze wurden aus der Perspektive der Plattformunternehmen beschrieben. Die Skalierung erfolgt jedoch häufig über die Kundenseite und über Partner. Daher ist es wichtig, die Perspektive der Schlüsselakteure und Endanwendenden zu verstehen.

5 Schlüsselakteure und Endanwendende messen Wasserstoff eine hohe Bedeutung zu

Die Perspektive der Schlüsselakteure

Vorgehen

- Leitfadengestützte Experteninterviews – Kontrastierte Stichprobe durch Unternehmen aus den Bereichen Energie, Gas- und Stromnetzbetrieb, Immobilien
- Bestandteile des Interviews:
 - 1) Allgemeine Fragen zu Wasserstoff als Energieträger,
 - 2) Plattformspezifische Fragen zur Offenheit für plattformbasierte Kooperationen,
 - 3) Fragen zur Umsetzbarkeit eines Wasserstoff-Quartiers als konkreter Use Case.

Eine wasserstoffbasierte Wirtschaft lebt von den Schlüsselakteuren, die entsprechenden Entwicklungen vorantreiben und die notwendigen Bedingungen schaffen. Im Rahmen des Projekts »PLATON« wurden daher Schlüsselakteure aus unterschiedlichen Wertschöpfungsbereichen befragt.

Zahlreiche Wasserstoff-Anwendungsbereiche

Wasserstoff wurde von allen Befragten als relevanter Energieträger erachtet. Meinungsunterschiede wurden jedoch bei der Einschätzung der Anwendungsbereiche und der Größenordnung des zukünftig erwarteten Einsatzes deutlich.

Während einige Fachleute Bedarf für Wasserstoff vor allem in der Industrie und im Schwerlastverkehr sehen, glauben andere an ein breiteres Anwendungsspektrum, das auch Gebäudewärme, Energietransport und -speicherung einschließt. Ebenfalls genannt wurden dezentrale Ansätze von Wasserstoff-Produktion und -Verbrauch (z. B. zur Versorgung von Wasserstoff-Tankstellen), allerdings weniger im Quartier. Wasserstoff zur Anwendung in Quartieren bzw. Haushalten wird allgemein als zu teuer erachtet. Insbesondere die dezentrale Energieversorgung mit Wasserstoff bliebe eine Technologie »für die oberen Zehntausend«. Ein Teil der Expertinnen und Experten erwartet allerdings, dass zukünftig Wasserstoff als Ersatz für Erdgas in den Heizsystemen genutzt wird, da sich der Umstieg auf eine strombasierte Heizung bei wenig sanierten Häusern und bestehenden Gasanschlüssen schwierig gestalten würde.

Plattformen ja, aber (noch) nicht bei Wasserstoff?

Ebenso wie Wasserstoff wurden auch Plattform-Ökosysteme von allen Befragten als relevant erachtet. Bei den Unternehmen der Interviewten werden bereits verschiedenste plattformbasierte Anwendungen, beispielsweise für Predictive Maintenance, Vermarktung und verschiedene Dienstleistungsangebote, eingesetzt oder entwickelt. Als wichtiges Ziel für den Einsatz von plattformbasierten Anwendungen wurde die Verbesserung bestehender Abläufe genannt. Eine von mehreren Fachleuten genannte Schwierigkeit sei es, darüber hinaus »mit Daten Geld zu verdienen«. Insbesondere erweise es sich als schwierig, die Endverbraucher bzw. die Haushalte zur Nutzung der Plattformen und zur Weitergabe ihrer Daten zu animieren. Im Anwendungsfall Wasserstoff wurde darüber hinaus die Marktdominanz von wenigen etablierten Akteuren als Hemmnis genannt. Diese erschweren durch ihre standardisierten Produkte neuen und kleineren Akteuren den Zugang zum Markt. Nur eine der befragten Personen gab an, die Entwicklung einer Plattform im Bereich Wasserstoff zu verfolgen.

Die Perspektive der Endanwendenden

Vorgehen

- 350 Personen wurden im Dezember 2020 mithilfe eines Fragebogens befragt.
- Die Stichprobe wurde hinsichtlich ihres Innovationspotenzials mithilfe der Diffusionstheorie (Roger, 1962) eingeteilt,
- 38 Personen (10,86 Prozent) wurden als Innovatoren bestimmt.
- Mit einem Gaussian Naive Bayes Classifier konnte mit einer Genauigkeit von 74,7 Prozent, 95 Prozent-Cl [61,4 Prozent, 87,6 Prozent] vorhergesagt werden, welche Merkmale Innovatoren von Nicht-Innovatoren unterschieden.

Damit sich grüner Wasserstoff und damit verbundene Plattformanwendungen erfolgreich am Markt etablieren, ist die breite gesellschaftliche Akzeptanz eine wichtige Voraussetzung. Daher wurde die Perspektive der Endanwendenden von Wasserstoff, mit Fokus auf folgende Themen, untersucht:

- Aufgeschlossenheit der Befragten gegenüber Wasserstofftechnologien
- Einschätzung der Bedeutung von Wasserstoff, möglicher Anwendungen und Befürchtungen gegenüber Wasserstoff
- Interesse an einer aktiveren Rolle (z. B. durch Datenaustausch oder den Verkauf von selbst produziertem Wasserstoff), notwendige Voraussetzungen und Vertrauen gegenüber Unternehmen im Energiebereich

Schlüsselakteure und Endanwendende messen Wasserstoff eine hohe Bedeutung zu

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$$

Stichprobenszusammensetzung

- 52 Prozent männlich, 48 Prozent weiblich, 0 Prozent divers
- 63 Prozent über 50 Jahre alt
- 38 Prozent Hausbesitzende mit PV-Anlage, 31 Prozent Hausbesitzende ohne PV-Anlage, 30 Prozent Mietende

Innovatoren sind aufgeschlossener gegenüber Wasserstoff

Unter den befragten Endanwendenden wurden 38 Personen (10,86 Prozent) als Innovatoren identifiziert. Sie besitzen eine PV-Anlage, haben Interesse an einer Wasserstoffanlage und wären bereit, für eine solche Anlage auch mehr zu investieren als für andere Energieoptionen. Sie unterscheiden sich gegenüber Nicht-Innovatoren hinsichtlich verschiedener Merkmale, die in Abbildung 11 dargestellt sind.

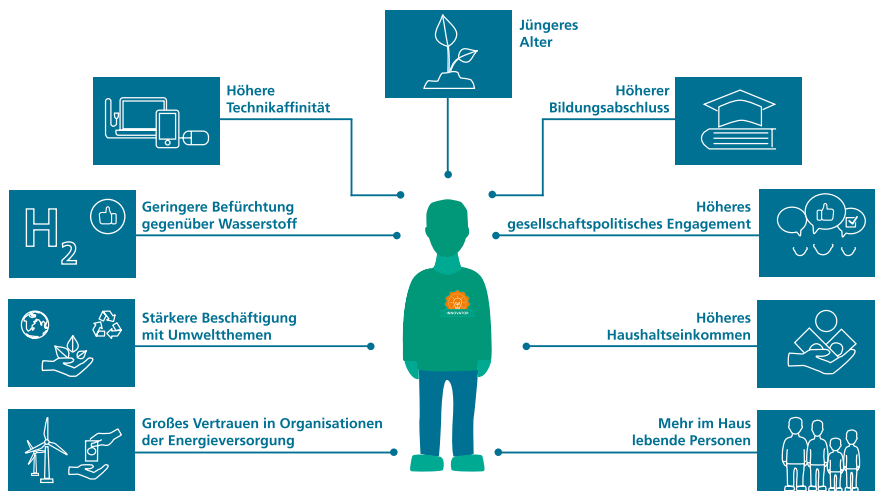


Abbildung 21: Innovator und die identifizierten Merkmale
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IAO)

Endanwendende fürchten hohe Investitionen

Alle Befragten (unabhängig ob Innovatoren oder Nicht-Innovatoren) messen Wasserstoff eine große Bedeutung zu und glauben, dass er in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Als mögliche Anwendungen für Wasserstoff wurden am häufigsten eine hauseigene Wasserstofftankstelle (56 Prozent) und die Einspeisung von lokal erzeugtem Wasserstoff ins Erdgasnetz (47 Prozent) genannt. Die größten Befürchtungen gegenüber Wasserstoff beziehen sich auf einen hohen Investitionsaufwand, technische Probleme und einen hohen Wartungsbedarf.

Beim Vergleich der Ergebnisse getrennt nach Mietenden und Immobilienbesitzenden (Hausbesitzenden) mit PV-Anlage und ohne PV-Anlage wird deutlich, dass Hausbesitzende mit PV-Anlage eher bereit dazu sind, in eine Wasserstoff-Anlage zu investieren als Hausbesitzende ohne PV-Anlage und Mietende. Mehr als die Hälfte der Personen dieser Gruppe bevorzugt individuelle Anlagen gegenüber Miet- und Sharing-Modellen. Außerdem wurde deutlich, dass Hausbesitzende mit PV-Anlage mehr Anwendungen für Wasserstoff sehen als die anderen Gruppen.

Digitale Partizipation muss sich rechnen und vertrauenswürdig sein

Die Befragten sind in hohem Maße interessiert, durch digitale Partizipation Stromausfälle abzusichern, das Energiemanagement für eine effiziente Steuerung der Heizung zu optimieren sowie die Wartung beziehungsweise den Betrieb einer Wasserstoff-Anlage zu unterstützen. Für die aktive Mitwirkung wird allerdings von den Befragten vorausgesetzt, dass dadurch insgesamt Geld gespart werden kann. Zwei weitere wichtige Bedingungen beziehen sich auf die Möglichkeit, die Weitergabe persönlicher Daten an Dritte zu verhindern und auf das klimafreundliche Handeln kooperierender Energieversorger. Das größte Vertrauen bringen die Befragten in diesem Zusammenhang mit Abstand regionalen oder lokalen Energieversorgern entgegen, gefolgt von Technologie-Herstellern und Energiegenossenschaften. Demgegenüber schätzen die Befragten Wohnungsbaugesellschaften als weniger vertrauenswürdig ein.

Beim Vergleich der Ergebnisse getrennt nach Mietenden, Hausbesitzenden mit PV-Anlage und Hausbesitzenden ohne PV-Anlage wurde auch hier deutlich, dass Hausbesitzende mit PV-Anlage an fast allen Angeboten interessierter sind als Mietende. Es ist ihnen wichtiger, durch die Datenweitergabe Vorteile (in Form von niedrigeren Energiepreisen) zu bekommen, dass kooperierende Energiepartner klimafreundlich handeln und die gesammelten Daten als Chance für neue Ideen und Produkte wahrgenommen werden. Zudem vertrauen sie Technologie-Herstellern und Energiegenossenschaften deutlich mehr als Mietende, die wiederum Wohnungsbaugesellschaften größeres Vertrauen entgegenbringen.

Eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse aus der gesamten Endanwendendenbefragung (mitsamt deskriptiver und statistischer Kennwerte) findet sich in der begleitenden Broschüre **»Empirische Studienergebnisse«**.

6

Plattformansätze zur digitalen Wertschöpfung im Kontext von grünem Wasserstoff

Plattformansätze zur digitalen Wertschöpfung im Kontext von grünem Wasserstoff

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{€}}$$

Die digitale Wertschöpfung steht erst am Anfang

Daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle im Kontext von grünem Wasserstoff stehen erst am Anfang. Schlüsselakteure und Endanwendende sind jedoch bereits von der hohen Bedeutung von grünem Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem überzeugt. Um daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle für die wasserstoffbasierte Wirtschaft weiter voranzutreiben, gilt es allerdings noch zahlreiche Herausforderungen zu überwinden. Darunter zählt der Aufbau von Vertrauen, die Klärung von Fragen zu Nutzungsrechten von Daten und die Erprobung geeigneter Ertragsmechaniken.

Sechs Demonstrationsprojekte im Bereich Anomalieerkennung, Post-Construction Yield Analysis, Wärmebedarf, Virtuelles Kraftwerk, digitale Plattform für Betriebsdaten und Betankungsmanagement werden gegenwärtig erprobt. Sie zeigen zukünftige Entwicklungspfade von daten- und plattformbasierten Geschäftsmodellen im Kontext von grünem Wasserstoff. Basierend auf der PLATON-Taxonomie wird ein gesamtheitliches Bild der vier Ebenen Technologie, Datenmanagement, Geschäftsmodell und Ökosystem gezeichnet. Eine detailliertere Darstellung der Demonstrationsprojekte findet sich in der begleitenden Broschüre **»Empirische Studienergebnisse«**.

Blick in die Zukunft

Die unterschiedlichen Industrien im Kontext von grünem Wasserstoff weisen verschiedene Dynamiken auf. Der Bereich Elektrolyse ist von jungen Unternehmen geprägt und entwickelt sich sehr dynamisch. Der Bereich der Solar- und Windenergie ist im Vergleich zu anderen Industriezweigen zwar ebenfalls noch relativ jung, ist aber bereits stärker etabliert. Industrien, die von älteren, traditionsreicheren Unternehmen geprägt sind (z. B. der Bereich energieintensive Industrieanlagen), greifen auf einen umfassenden Erfahrungsschatz zurück und entwickeln sich tendenziell weniger dynamisch.

Plattformansätze sind je nach Bereich unterschiedlich stark verbreitet und fortgeschritten. Es existieren aktuell kaum Plattformen, die grünen Wasserstoff als Kernelement fokussieren. Bestehende daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle im Energiebereich können jedoch um Wasserstoff erweitert und digitale Lösungen, z. B. zur Steigerung der Verfügbarkeit und Leistung von Anlagen, zur Erhöhung der Energieeffizienz oder zum intelligenten Matching von Energiebedarf und -produktion, auf den Kontext von grünem Wasserstoff übertragen werden. Gleichzeitig können neue Plattformen entstehen.

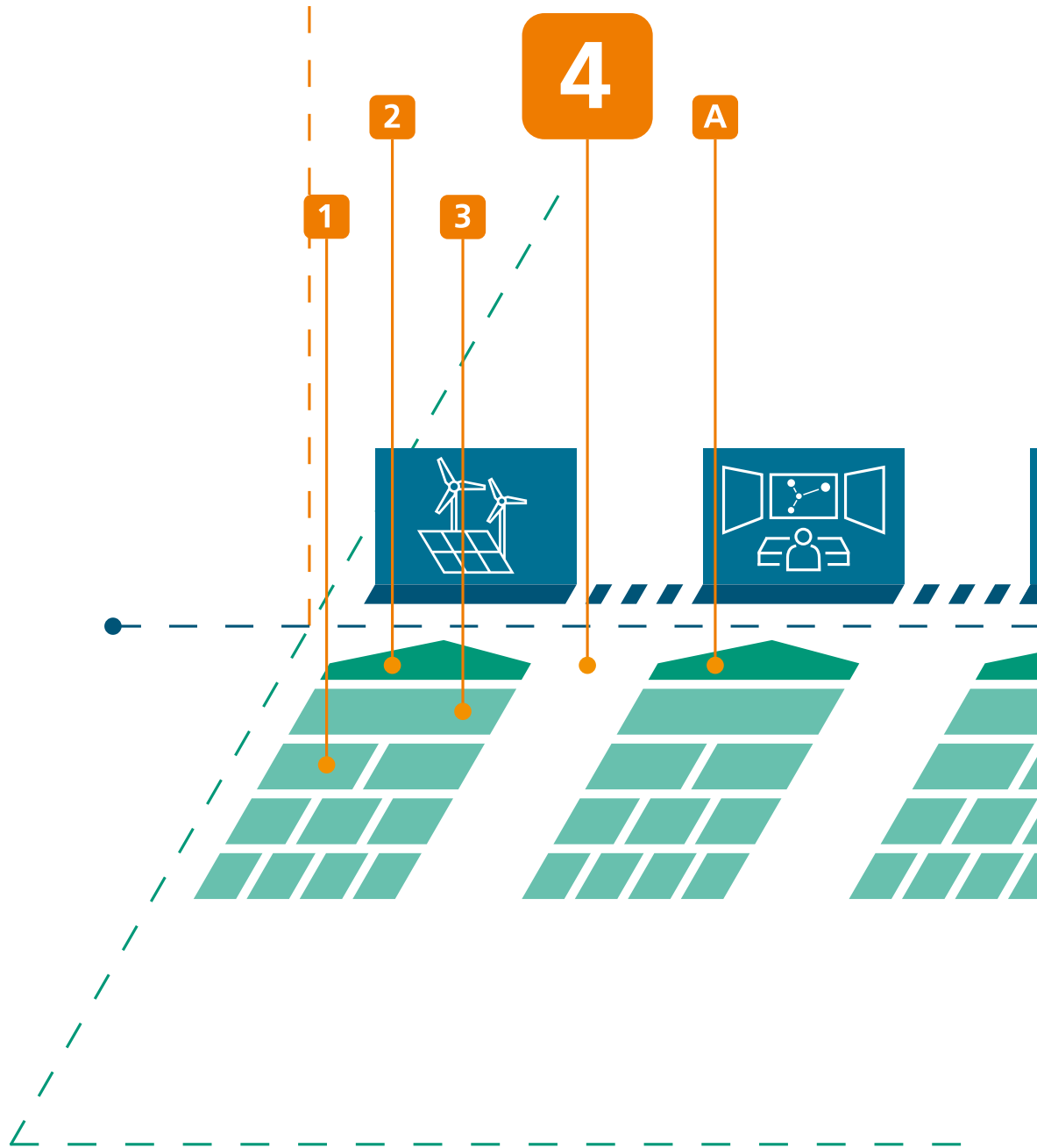


Abbildung 22: Erweiterung bestehender Plattformen, Entwicklung neuer Plattformen
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

1-10 **Bestehende Plattformsätze**
Die Größe der Kästen symbolisiert die Skalierung der jeweiligen Plattform.

A-F **Mögliche neu entstehende Plattformsätze**
Die Größe der Kästen symbolisiert die Skalierung der jeweiligen Plattform.

→ **Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff**

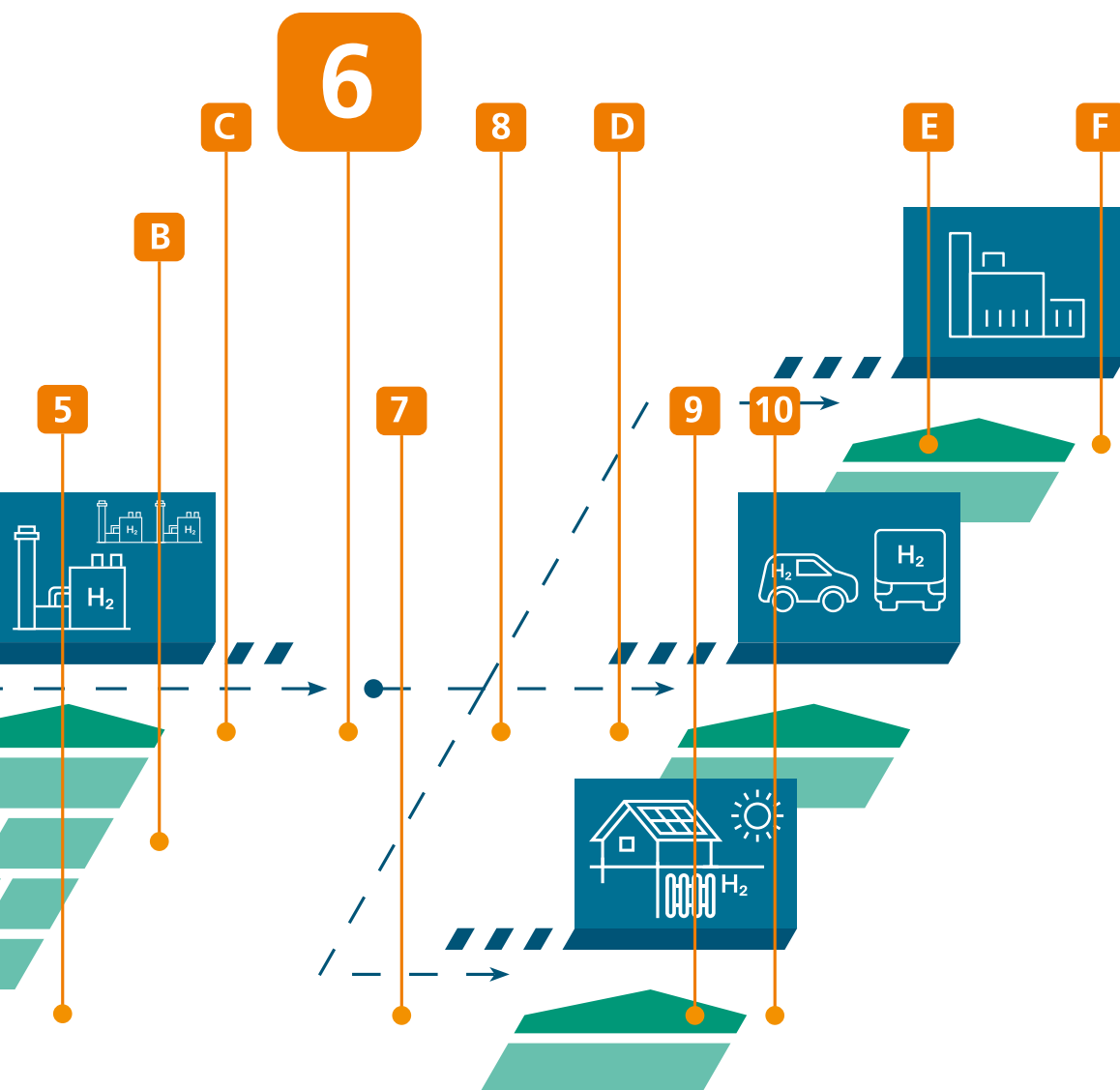


Abbildung 22 stellt schematisch dar, an welchen Stellen der Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff bereits Plattformansätze existieren und wo sich zukünftig weitere Plattformen etablieren könnten. Die mit den Zahlen 1-10 bezeichneten Kästen repräsentieren bestehende Plattformansätze. Dabei symbolisieren größere Kästen die Skalierung der Plattformen, beispielsweise durch die Vernetzung weiterer Geräte und Anlagen, die Gewinnung weiterer Plattformnutzer und die Integration datenbasierter Lösungen im Bereich der Wasserstoffwirtschaft. Die mit den Buchstaben A-F bezeichneten Kästen repräsentieren mögliche neu entstehende Plattformen, die im folgenden Kapitel näher beschrieben werden.

7 Zukunftsbilder für Plattformen in der wasserstoffbasierten Wirtschaft 2030

Um Deutschland als Leitmarkt für grünen Wasserstoff und Leitanbieter von Wasserstofftechnologien zu etablieren, braucht es neben dem Verständnis für bestehende Plattformansätze auch ein Vordenken der digitalen Wertschöpfung anhand möglicher Zukunftsbilder. Sieben Plattform-Visionen geben einen Einblick, wie die hybride Wertschöpfung von grünem Wasserstoff 2030 ausgestaltet sein könnte.

Vorgehen

- Literaturrecherche
- Analogiebildung
- Expertenbefragung
- Bildung von Szenarien auf Basis von identifizierten Schlüsselfaktoren, Konsistenz- und Clusteranalyse

Zukunftsbild 1: »Selbst ist das Stadtwerk« – Vom Energieversorger zum Plattformbetreiber

Stadtwerke haben sich als grüne Energieerzeuger (u. a. Betreiber von Windparks und Elektrolyseanlagen am Rand von Städten) und grüne Verkehrsbetriebe proaktiv innerhalb der digitalen Wertschöpfung positioniert. Über ihre eigens initialisierte Plattform planen und organisieren sie ihren Energiehandel, prognostizieren den Bedarf an grünem Wasserstoff ihrer unterschiedlichen Kundengruppen und generieren passgenaue Fahrpläne für die automatisierte Steuerung ihrer Elektrolyseanlagen. Als einen der ersten digitalen Services bilden sie ihr entwickeltes Flotten- und Betankungsmanagement (FBM) umfassend auf der Plattform ab und versorgen den öffentlichen Nahverkehr flächendeckend mit grünem Wasserstoff als Energieträger. Die Wärme- und Kälteversorgung von öffentlichen Gebäuden wird durch Abwärme aus der Elektrolyse und aus Wasserstoffkraftwerken gedeckt. Durch intelligente Vernetzung relevanter Systeme und Datenaustausch mit unterschiedlichen Akteuren im Ökosystem werden Effizienzpotenziale entlang des hybriden Wertschöpfungsmodells für grünen Wasserstoff ausgeschöpft. Stadtwerke verbessern stetig ihre eigenen Produkt- und Serviceangebote und erweitern diese durch Künstliche Intelligenz (KI)-gestützte Auswertung der gesammelten Daten.

Stadtwerkeigene Plattform für Flotten- und Betankungsmanagement



Zukunftsbilder für Plattformen in der wasserstoffbasierten Wirtschaft 2030

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{***}}$$

Abbildung 23: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare stadtwerkeigene IoT-Plattform für Flotten- und Betankungsmanagement (FBM)
(Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Zukunftsbild 2: Dominanz internationaler Plattformanbieter

Der IoT-Plattformmarkt im Bereich Wasserstoff wird von wenigen internationalen Anbietern dominiert, die sich aufgrund ihrer Kompetenzen im Aufbau von Plattformen, in der Gestaltung von Plattformökosystemen und in Skalierungsstrategien schnell eine marktführende Stellung erarbeitet haben. Der immense Energiebedarf dieser Plattformen wird durch erneuerbare Energien und Wasserstoffspeicher gedeckt. Vielfältige digitale Services werden durch Entwicklungsprogramme der Plattformanbieter und durch Partner im Ökosystem angeboten. Künstliche Intelligenz (KI)-gestützte Auswertungen großer Datenmengen führen zu einer kontinuierlichen Verbesserung der digitalen Services und zu passgenaueren Leistungsangeboten. Stromerzeuger, Betreiber von Elektrolyseanlagen, Gasnetzen und Übertragungsnetzen nebst Stadtwerken und industriellen Endkunden nutzen zunehmend das umfangreiche Angebot der großen Plattformen für eigene smarte Produkt-Service-Systeme.

»Click-and-Collect«-Plattform der Stadtwerke mit externen Lösungen

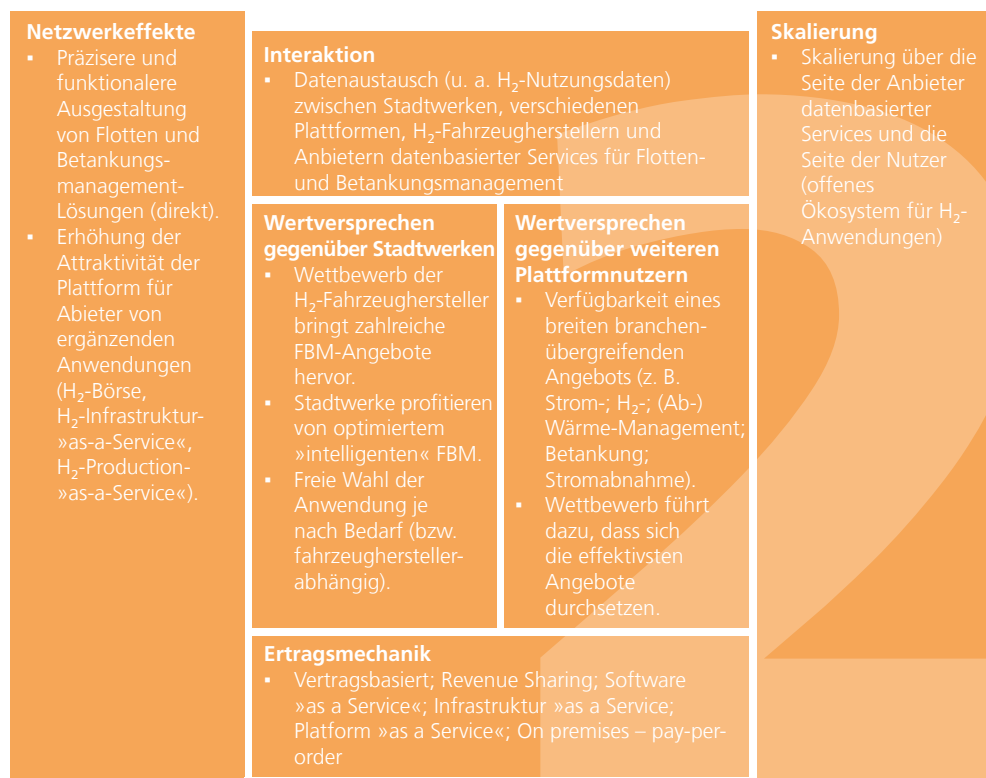


Abbildung 24: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare »Click-and-Collect« IoT-Plattform der Stadtwerke mit externen Lösungen (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Zukunftsbild 3: »Check H₂« – Vergleichsportal von Wasserstoff für Endanwendende

Wasserstoff hat Einzug in zahlreiche Anwendungsgebiete im Mobilitätsbereich, in der metallherzeugenden und chemischen Industrie sowie in Haushalten und Gewerbe gefunden. Endanwendende haben die Möglichkeit, Wasserstoff von zahlreichen Produzenten zu beziehen, die Wasserstoff aus unterschiedlichen Ausgangsstoffen und mit unterschiedlichen Verfahren herstellen. Über Vergleichsportale können Endanwendende Informationen über die Herstellungspfade einsehen, Preise zwischen den Produzenten vergleichen und den ökologischen Fußabdruck der verschiedenen Angebote bestimmen. Von den Kunden zur Verfügung gestellte Daten (Verbrauch, Präferenzen, Zahlungsbereitschaft) ermöglichen es der Plattform, den Kunden zielgruppenspezifische Preismodelle anzubieten.

Zukunftsbilder für Plattformen in der wasserstoffbasierten Wirtschaft 2030

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{€}}$$

Vergleichsportal von Wasserstoff für Endanwendende

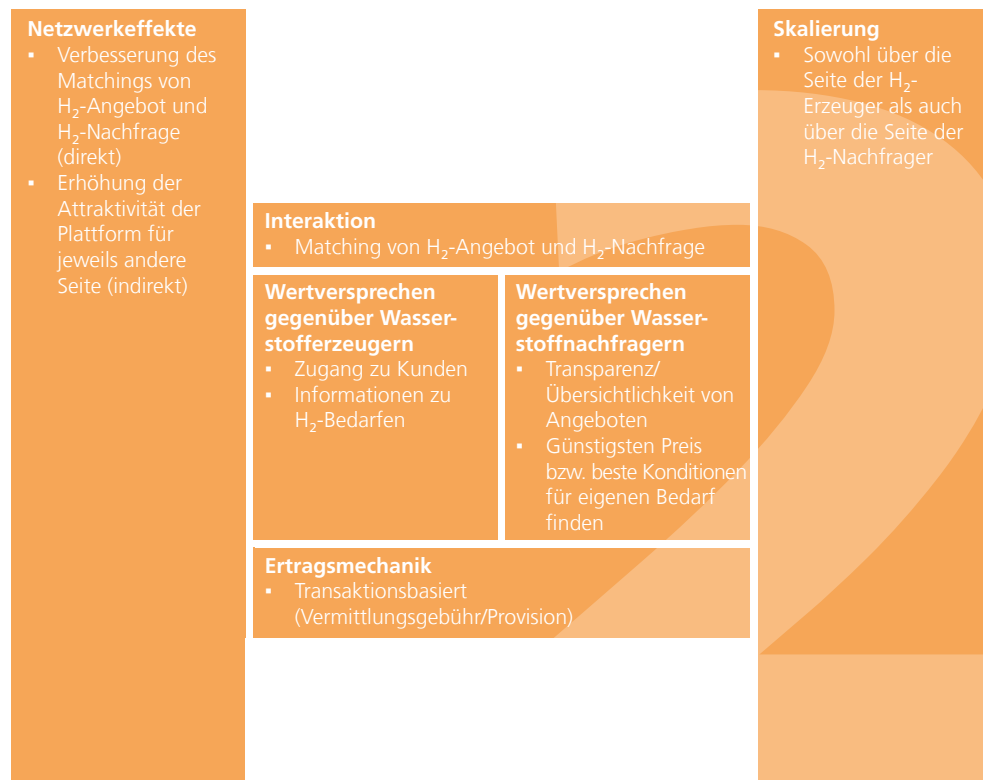


Abbildung 25: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare »Check H₂« Transaktionsplattform als Vergleichsportal von Wasserstoff für Endanwendende (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Zukunftsbild 4: »Vernetzte Energiesysteme« – Von der Stromwende zur nachhaltigen Energiewende

Erneuerbare Energien aus dem In- und Ausland decken den Energiebedarf in Deutschland weitgehend. Da die Erzeugung von erneuerbarer Energie nur begrenzt planbar ist, zeigt sich die Flexibilität auf Seiten der Energieerzeuger gering.

Die Flexibilität des Energiesystems wird daher zunehmend über die Verbraucherseite erreicht, indem überschüssige erneuerbare Energie in Form von grünem Wasserstoff gespeichert wird. Dadurch müssen Anlagen in Zeiten, in denen mehr Strom als benötigt erzeugt wird, nicht mehr herabgeregelt werden. In Zeiten, in denen weniger Strom als benötigt zur Verfügung steht, kann der gespeicherte Wasserstoff dem Energiesystem wieder zugeführt werden.

Dies erfordert, dass ausreichende Elektrolysekapazitäten zur Verfügung stehen und die Speicherung des erzeugten Wasserstoffs kostengünstig und langfristig möglich ist. Sharing-Plattformen für

Wasserstoffproduktionskapazitäten stellen die technologische Basis dar, damit Erzeuger von erneuerbarer Energie ihren überschüssigen Strom zielgerichtet den verfügbaren Elektrolyseanlagen zuführen können.

Diese Sharing-Plattformen schaffen gleichzeitig einen effizienten Ausgleich von Wasserstoffproduktion und Wasserstoffnachfrage, indem sie die jeweiligen Akteure intelligent vernetzen.

Die Sharing-Plattform bietet weitere datenbasierte Services an.

Durch die Anbindung von Wetterdaten werden Prognosen zur Auslastung der Elektrolyseur-Kapazitäten vorgenommen und Standortentscheidungen für weitere Anlagen durch eine Künstliche Intelligenz (KI)-gestützte Data Analytics optimiert.

Sharing-Plattform für Wasserstoffproduktionskapazitäten



Zukunftsbilder für Plattformen in der wasserstoffbasierten Wirtschaft 2030

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{***}}$$

Abbildung 26: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare integrierte Plattform als Sharing-Plattform für Wasserstoffproduktionskapazitäten (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Zukunftsbild 5: »CO₂-Zertifikatshandel«

Wasserstoff wird mit Hilfe unterschiedlicher Energiequellen hergestellt und erzeugt dementsprechend je nach Energiequelle einen unterschiedlichen CO₂-Fußabdruck. Brennstoffzellen können nicht nur mit Wasserstoff, sondern auch mit Erdgas betrieben werden. Daher hängt der CO₂-Fußabdruck vom Mischverhältnis ab. Transaktionsplattformen ermöglichen auf Basis der erfassten Daten den sicheren Handel von CO₂-Zertifikaten. Anbieter von CO₂-Zertifikaten können über den erzielten Preis ihre Wasserstoffinvestitionen refinanzieren.

Plattform für den Handel von CO₂-Zertifikaten



Abbildung 27: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare Transaktionsplattform für den Handel von CO₂-Zertifikaten (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Zukunftsbild 6: »Finanzierungsplattformen – Innovationsfinanzierung«

Der Markthochlauf von Wasserstofftechnologien zur Realisierung einer wasserstoffbasierten Wirtschaft benötigt eine zunehmende Finanzierung, um Innovationen zur Marktreife voranzutreiben. Die Plattform zur Innovationsfinanzierung bringt Innovatoren auf Basis von Daten zum Finanzierungsbedarf und dem technischen Stand von H₂-Innovationen mit passenden Finanzierungsgebern zusammen. Die Plattform ermöglicht nicht nur eine zielgenauere und schnellere Finanzierung von Innovationen entlang des gesamten Wertschöpfungsprozesses, sondern ermöglicht es auch, richtungsweisende Technologien früher zu erkennen und Marktentwicklungen besser abzuschätzen. Finanzmittelgeber erlangen eine höhere Planungssicherheit über getätigte Investitionen.

Zukunftsbilder für Plattformen in der wasserstoffbasierten Wirtschaft 2030

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{***}}$$

Plattform zur Finanzierung von H₂-Innovationen



Abbildung 28: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare Transaktionsplattform für die Finanzierung von H₂-Innovationen (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

Zukunftsbild 7: »Finanzierungsplattformen – Förderfinanzierung«

Neue Wasserstofftechnologien zur Erzeugung und Nutzung von Grünem Wasserstoff benötigen hohe Investitionen, um Innovationen schnell von einem frühen Technology-Readiness-Level (TRL) in Demonstrationsprojekte in Realumgebung zu überführen. Ein großer Anteil dieser Projekte ist berechtigt, sich an öffentlichen Förderprogrammen zu beteiligen. Über eine Plattform werden Förderbedarfe und -angebote zusammengebracht, sodass eine effiziente Allokation von Fördergeldern erfolgen kann und Investitionen schneller für die Weiterentwicklung von Wasserstofftechnologien zur Verfügung stehen.

Plattform zur Vermittlung passender Förderungen für H₂-Investitionen



Abbildung 29: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare Transaktionsplattform für die Vermittlung passender Förderungen für H₂-Investitionen (Eigene Darstellung © Fraunhofer IMW)

8

Forschungsfragen für den Weg hin zu einem wasserstoffbasierten Wirtschaftssystem

Forschungsfragen für den Weg
hin zu einem wasserstoffbasierten
Wirtschaftssystem

$$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{€}}$$

Mithilfe von grünem Wasserstoff können die Klimaziele erreicht werden. Gleichzeitig kann grüner Wasserstoff zu einem bedeutenden neuen Wirtschaftsbereich in Deutschland und Europa aufgebaut werden. Gefördert durch die Politik investieren Unternehmen zunehmend in Wasserstoff. Aber erst durch das Mitdenken der digitalen Welt, beginnend mit Daten bis hin zu plattformbasierten Ansätzen, werden sich die hohen Investitionen in den Leitmarkt für grüne Wasserstofftechnologien auszahlen ($H_2 \times EE \times P_{1011} \leq +1,5^\circ$). Im Projekt »PLATON« wurde die daten- und plattformbasierte Wertschöpfung im Kontext von erneuerbaren Energien und Wasserstoff beleuchtet. Insbesondere wurde verdeutlicht, dass neben der physischen Wertschöpfung (horizontal und vertikal) im hybriden Wertschöpfungsmodell insbesondere die digitale Wertschöpfung verbunden mit der Daten- und Plattformökonomie ein essenzieller Bestandteil eines wasserstoffbasierten Wirtschaftssystems ist.

Für den Erfolg des Leitmarkts »grüner Wasserstoff« ist ein ganzheitliches Verständnis digitaler Geschäftsmodelle in der Wasserstoffwirtschaft und deren aktive Gestaltung unentbehrlich. Plattformen sind dabei Treiber für die digitale Wertschöpfung und spielen eine zunehmend wichtige Rolle im Energiebereich. Schlüsselakteure und Endanwendende sind aufgeschlossen gegenüber Wasserstoff und messen Wasserstofftechnologien eine große zukünftige Bedeutung zu. Gleichzeitig steht die digitale Wertschöpfung erst am Anfang. Neben der Skalierung bestehender Plattformen werden sich zukünftig weitere Plattformen im Kontext von grünem Wasserstoff herausbilden.

Damit sich Deutschland im Bereich der Wasserstoffwirtschaft als Vorreiter etablieren kann, sind mit Blick in die Zukunft bestehende Herausforderungen zu überwinden und zahlreiche offene Fragen zu klären. Die Ergebnisse des »PLATON«-Projekts dienen als Input zur Formulierung zukünftiger Forschungsfragen, die für den Markthochlauf von grünem Wasserstoff beantwortet werden müssen.

Forschungsfragen aus der Perspektive des hybriden Wertschöpfungsmodells

Das Projekt »PLATON« verdeutlicht die zunehmende Relevanz der Ökosystemperspektive für daten- und plattformbasierte Geschäftsmodelle. Daraus ergibt sich folgende **Forschungsfrage**:

»Welche Rolle spielen Ökosysteme in den einzelnen Bereichen der hybriden Wertschöpfung in einer wasserstoffbasierten Wirtschaft?«

Zur Beantwortung dieser Frage bedarf es einer gesamtsystemischen Denkweise, die die Strom- und Gasnetzinfrastruktur sowie Interdependenzen zwischen Sektoren im Sinne der Sektorenkopplung einschließt. Zudem sind geeignete Methoden zur Analyse komplexer Ökosysteme (UML, e3 value Ansatz etc.) entwickelt und erprobt, um Interaktionen zwischen unterschiedlichen Akteuren zu bestimmen und Daten-, Wert,- und Geldströme verstehen und ausgestalten zu können.

In unserer Analyse wurden erste Muster identifiziert, mit denen Plattformen ausgestaltet werden können. Hieraus ergibt sich folgende **Forschungsfrage**:

»Welche Muster sind am besten geeignet, um Plattformen im Bereich des grünen Wasserstoffs zu skalieren?«

Zur Beantwortung dieser Frage sind Wirkzusammenhänge zwischen den Komponenten der Plattformen (PLATON-Canvas) und entsprechenden Mustern zu untersuchen. Darauf aufbauend können passende Strategien zur Skalierung und Ertragsmechanik von Plattformen entwickelt und innerhalb von smarten Produkt-Software-Service-Systemen umgesetzt werden. Dazu ist ebenfalls zu klären, wie Plattformsätze in bestehende Organisationsstrukturen integriert werden können.

Die Projektergebnisse zeigen darüber hinaus, wie wichtig Endanwendende und Schlüsselakteure zur Etablierung von Wasserstofftechnologien sind. Daran schließen sich folgende **Forschungsfragen** an:

»Was sind Voraussetzungen, damit Wasserstofftechnologien möglichst gut von Endanwendenden angenommen werden und wie lässt sich die digitale Partizipation über Plattformen fördern?«

»Wie können Schlüsselakteure mithilfe von Daten und Plattformen den Ausbau der Wasserstoffwirtschaft und entsprechender Wasserstofftechnologien vorantreiben?«

Für Schlüsselakteure kann ein datenbasiertes Markt-Monitoring als Ausgangspunkt für zukünftige Standortentscheidungen zum Aufbau von Elektrolyseurkapazitäten dienen. Plattformen stellen gleichzeitig eine Grundlage dar, um Optimierungspotenziale bei der Skalierung von Wasserstofftechnologien zu erkennen. Datenbasierte Monitoring-Tools und Künstliche Intelligenz (KI)-gestützte Auswertungen können den Weg zur Großserienfertigung von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen ebnen. Als wichtige Voraussetzung für den Erfolg von Plattformen sind Fragen der Datensouveränität und -sicherheit zu klären.

9 Glossar

Glossar

$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$ 

Algorithmus

Ganz allgemein legt ein Algorithmus fest, mit welchen exakten Handlungsvorschriften Probleme gelöst werden. Genau so funktionieren Computerprogramme: Anhand eines (vom Menschen) bestimmten Algorithmus weiß das Programm, wie Daten verarbeitet werden sollen, damit das gewünschte Ergebnis entsteht.

Big Data

Big Data bezeichnet große Mengen an Daten, die mit speziellen Technologien gespeichert, verarbeitet und ausgewertet werden.

Blockchain

Blockchain beschreibt ein dezentral verteiltes Netzwerk zur Verwaltung von Peer-to-Peer-Transaktionen. Die Informationen über eine Transaktion werden in Blöcke geschrieben und über kryptografische Verfahren chronologisch miteinander verkettet (»Blockkette«). Die Blockchain wächst mit der Anzahl der gespeicherten Transaktionsdaten und ist in der Regel für jeden Teilnehmenden des Netzwerkes transparent. Da es keine zentrale administrative Instanz gibt, die Anordnung und Korrektheit der Daten bzw. deren Transfer regelt, gewährleisten sogenannte Konsensverfahren innerhalb des Netzwerkes, dass sich alle Teilnehmenden gemeinsam auf eine identische Version der Blockchain einigen.

Business Model Canvas

Das Business Model Canvas (BMC), entwickelt von Alexander Osterwalder, besteht aus neun Elementen und dient der Definition und Dokumentation eines Geschäftsmodells.

Data Value Chain

Die Data Value Chain beschreibt den Prozess, wie aus Daten ein Mehrwert erzeugt werden kann. Hierbei wird in zahlreichen Modellen in unterschiedlicher Granularität eine bestimmte Anzahl an Schritten bzw. Aktivitäten angeführt. Der Prozess umfasst dabei die Datenerzeugung, Datenerfassung, Datenvorverarbeitung, Datenanalyse, Datenvisualisierung und die Datennutzung.

Digitalisierung

Digitalisierung kann auf zwei Weisen verstanden werden. So wird das deutsche Wort »Digitalisierung« entweder mit »digitization« oder »digitalization« übersetzt. Die Digitalisierung im Sinne von »digitization« ist der Prozess der Umwandlung analoger Informationen in digitale Form. Dokumente, die bisher nur in analoger Form verfügbar waren (z. B. Bücher oder Filme), können nun in digitaler Form gelesen oder heruntergeladen werden. Dadurch können diese Daten gesammelt und analysiert werden. Die Digitalisierung im Sinne von »digitalization« beschreibt jedoch den Prozess der Integration digitaler und datenbasierter Technologien in den Geschäftsbetrieb zur Erschließung neuer Wertschöpfungsmöglichkeiten.

Elektrolyseur

Ein Elektrolyseur ist eine technische Vorrichtung zur Zerlegung von Wasser durch Elektrolyse in seine Grundkomponenten Wasserstoff und Sauerstoff. Die am weitesten entwickelte und bislang einzige kommerziell verfügbare Technologie zur Herstellung von Wasserstoff aus dem Rohstoff Wasser ist die Elektrolyse. Hierbei unterscheidet man zwischen Alkalischer Elektrolyse, Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse und Hochtemperaturelektrolyse.

Geschäftsmodell

Geschäftsmodelle umschreiben die typische Geschäftslogik eines Unternehmens und beinhalten verschiedene Komponenten. Geläufige Konzepte variieren zwischen den drei Kernkomponenten Wertversprechen, Wertschöpfungsaktivitäten und Ertragsmechanik («Magisches Dreieck»)²¹ und weiteren Elementen wie beispielsweise Distribution, Schlüsselpartner sowie Umsatz- und Kostenstrukturen (z. B. Business Model Canvas)²².

Digitales Geschäftsmodell

Als digitale Geschäftsmodelle können all jene Modelle bezeichnet werden, bei denen Produkte und Services, die im Zusammenhang mit der digitalen Welt stehen, monetarisiert werden. Als Beispiele können hier z. B. Applikationen, Software, Remote Services, uvm. genannt werden. Eine Ertragsmechanik dieser Produkte und Services kann auf verschiedenen Wegen wie Subscription, Pay-per-Use und ähnlichen Modellen erfolgen.

Plattformbasiertes Geschäftsmodell

Als plattformbasierte Geschäftsmodelle können all jene Modelle bezeichnet werden, bei denen Interaktionen und Transaktionen über eine Plattform abgewickelt werden. Gegenstand der Interaktion und Transaktion können physische und digitale Produkte bzw. Services, aber auch Daten sein.

Datenbasiertes Geschäftsmodell

Als datenbasierte Geschäftsmodelle können all jene Modelle bezeichnet werden, bei denen Daten der zentrale Bestandteil eines Austauschs zwischen Anbietern und Nachfragern sind. Daten können entweder unverarbeitet oder in verarbeiteter Form, z. B. als Software-Applikationen, Bestandteil dieser Transaktionen sein.

Hybride Wertschöpfung

Als hybride Wertschöpfung werden Modelle bezeichnet, bei denen Produkte und Services aus der physischen und aus der digitalen Welt (z. B. datenbasierte Services, Software-Applikationen) miteinander wertschöpfend kombiniert werden.

IoT/IIoT

Das Internet macht es möglich, Gegenstände (Maschinen, Anlagen, Produkte) und virtuelle Einheiten (Apps) zu verbinden. Über diese Vernetzung – auch Konnektivität genannt – können Daten ausgetauscht werden. Das Internet der Dinge (Internet of Things, kurz: IoT) bezeichnet die Gesamtheit dieser verbundenen Objekte. Über das IoT können physische und virtuelle Objekte untereinander bzw. mit Menschen Daten austauschen oder kommunizieren.

IoT-Plattform

Plattformen, die im Sinne des IoT (Internet of Things) mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien physische und virtuelle Objekte miteinander vernetzen und datenbasierte Services ermöglichen.

Künstliche Intelligenz (KI)

Mittels künstlicher Intelligenz wird menschliches Denken, insbesondere das Lösen von Problemen, auf Programme mithilfe von komplexen Algorithmen und großen Datenmengen übertragen.

Konnektivitätstechnologien

Konnektivität bezeichnet die Vernetzung von Geräten oder virtuellen Einheiten wie Apps über digitale Netze wie das Internet. Konnektivitätstechnologien umfassen all jene Technologien, die eine Anbindung von Maschinen, Computern und anderen Assets möglich machen.

Lock-In-Effekt

Bezeichnet die enge Kundenbindung an Produkte/Dienstleistungen oder einen Anbieter, die es dem Kunden wegen entstehender Wechselkosten und sonstiger Wechselbarrieren erschwert, das Produkt oder den Anbieter zu wechseln.

Glossar

$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{☀}}$

Ertragsmechanik

Bezeichnet die Art und Weise wie z. B. Werte, Daten, Produkte und Dienstleistungen in Geld umgewandelt werden.

Netzwerkeffekte (direkt/indirekt)

Direkte und indirekte Netzwerkeffekte bewirken, dass der auf der Plattform geschaffene Wert mit einer zunehmenden Anzahl von Akteuren steigt.

Direkte Netzwerkeffekte bewirken die Steigerung des Werts für eine Plattformseite durch hinzukommende Nutzer auf der gleichen Plattformseite. Indirekte Netzwerkeffekte bewirken die Steigerung des Werts für die jeweils andere Plattformseite.

Ökosystem

Ökosystem im wirtschaftlichen Sinn beschreibt eine Konstellation von Akteuren, die miteinander interagieren und z. B. Ressourcen und Fähigkeiten teilen, um gemeinsame Wertschöpfungsziele zu verfolgen. Innerhalb von Ökosystemen nehmen die Akteure verschiedene Rollen ein und stehen oftmals in einem komplexen Abhängigkeitsverhältnis zueinander.

Pay-per-Use

Ertragsmechanik, bei der der Preis für den Kunden auf Basis der tatsächlichen Nutzung eines Produkts bzw. einer Dienstleistung berechnet wird.

Predictive Maintenance

Auswertung von Instandhaltungsrelevanten (Echtzeit-)Daten zur Prognose von Fehlern und Ausfällen.

Redispatching

Redispatch ist ein Eingriff zur Anpassung der Leistungseinspeisung mit dem Ziel, Überlastungen im Übertragungsnetz zu vermeiden.

Revenue-Sharing

Ertragsmechanik, bei der Unternehmen einen bestimmten Anteil des Gewinns mit Partnern teilen, die am Erfolg des Produkts oder der Dienstleistung beteiligt sind und zur Umsatzgenerierung beigetragen haben.

Smart Contract

Ein Smart Contract kann automatisierbare Sachverhalte ohne große Wertungsspielräume abbilden. Smart Contracts sind selbstvollziehende Computerprotokolle, die Transaktionen nach programmierten Wenn-Dann-Regeln ausführen. Die bekannteste Plattform für Smart Contracts heißt Ethereum.

Smart Grid

Bezeichnet intelligente Stromnetze durch die Kommunikation aller Energieerzeuger, Energiespeicher und Energieverbraucher im Internet der Energie. Ziel ist die Sicherung der effizienten und zuverlässigen Energieversorgung.

Smart Home

Bezeichnet Systeme und technische Verfahren zur Vernetzung und intelligenten Steuerung von Geräten in Wohnräumen und -häusern zur Steigerung von Energieeffizienz, Wohn- und Lebensqualität sowie Sicherheit.

Smart Metering

Bezeichnet das Messen des Stromverbrauchs durch intelligente vernetzte Strom-, Gas- oder Wasserzähler, die Daten senden und empfangen können.

Smart Service

Smart Services stellen digitale Dienstleistungen dar, die mithilfe technischer Systeme mit Informations- und Kommunikationstechnik und Sensorik sowie einer zunehmenden digitalen Vernetzung realisiert werden.

Skalierung

Skalierung bezeichnet unterschiedliche Wachstumsoptionen für das Geschäftsmodell und Maßnahmen, mit denen der geschaffene Wert für Akteure gesteigert werden kann. Die Skalierung kann über die Seite der Nutzer und der Partner erfolgen. Dabei verläuft die Skalierung bei Plattformen typischerweise nicht proportional, sondern progressiv.

Use Case

Ein Use Case oder Anwendungsfall beschreibt, wie durch eine Technologie, ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein komplexes System ein bestimmtes Ziel erreicht bzw. ein bestehendes Problem gelöst wird, wodurch einem Kunden oder einer anderen externen Instanz ein Mehrwert entsteht.

Wasserstoff

Grauer Wasserstoff

Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Das etablierte Herstellungsverfahren ist die Dampfreformierung, bei der Erdgas unter Hitze in Wasserstoff und CO_2 umgewandelt wird. Das bei der Herstellung erzeugte CO_2 wird ungenutzt an die Atmosphäre abgegeben und trägt so zum Klimawandel bei. Bei der Produktion einer Tonne Wasserstoff entstehen rund 10 Tonnen CO_2 .

Blauer Wasserstoff

Blauer Wasserstoff basiert auf fossilem Erdgas (Methan CH_4). Das Herstellungsverfahren ist mit einem Abschneidungs- bzw. Speicherverfahren gekoppelt, in welchen das entstandene CO_2 bei der Entstehung nicht an die Atmosphäre abgegeben wird, sondern in Kavernen gespeichert wird (engl. Carbon Capture and Storage, CCS). Da das bei der Wasserstoffproduktion erzeugte CO_2 nicht in die Atmosphäre gelangt, wird die Wasserstoffproduktion bilanziell als CO_2 -neutral betrachtet.

Pinker Wasserstoff

Pinker Wasserstoff wird durch Elektrolyse mittels Atomstrom gewonnen. Allerdings findet dieser keine Berücksichtigung in der nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung.

Türkiser Wasserstoff

Türkisfarbiger Wasserstoff ist Wasserstoff, der über die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt wurde. Anstelle von CO_2 entsteht dabei fester Kohlenstoff. Voraussetzungen für die CO_2 -Neutralität des Verfahrens sind die Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors aus erneuerbaren Energiequellen, sowie die dauerhafte Bindung des Kohlenstoffs.

Grüner Wasserstoff

Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Unabhängig von der gewählten Elektrolýsetechnologie erfolgt die Produktion von Wasserstoff CO₂-frei, da der eingesetzte Strom zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen stammt und damit CO₂-frei ist.

Goldener Wasserstoff

Goldener Wasserstoff ist eine gesonderte Form von grünem Wasserstoff, bei dessen Herstellung lediglich wirkliche Überschusskapazitäten von Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt wird.

Wertschöpfung

Unter Wertschöpfung versteht man die wirtschaftliche Leistung, die ein Unternehmen hervorbringt. Die Wertschöpfungskette bezeichnet alle dazu notwendigen Prozesse (verkürzt z. B. Zulieferung – Produktion – Auslieferung). Im Wertschöpfungsnetzwerk verlaufen diese Schritte nicht mehr linear, sondern bewegen sich entlang verschiedener Kanäle, die sich gegenseitig beeinflussen. Beispielsweise erhalten die Kunden so mehr Einfluss auf das herzustellende Produkt.

Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfungskette stellt die zusammenhängenden Aktivitäten zur Werterstellung als eine geordnete Reihung von Tätigkeiten dar.

Wertschöpfungsmodell

Ein Wertschöpfungsmodell stellt den Prozess der Wertschöpfung strukturiert dar.

Wertschöpfungsnetzwerk

Ein Wertschöpfungsnetzwerk bezeichnet die Struktur der an der Wertschöpfung beteiligten Akteure, die oftmals in komplexen Abhängigkeitsverhältnissen zueinanderstehen.

Glossar

$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5^{\text{☀}}$

10

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren



Prof. Dr. Heiko Gebauer,
Fraunhofer IMW



Alexander Arzt,
Fraunhofer IMW



Dr. Sebastian Haugk,
Fraunhofer IMW



Dr. Tassilo Schuster,
Fraunhofer IIS



Lydia Bühler,
Fraunhofer IIS



Prof. Dr. Alexander Pflaum,
Fraunhofer IIS



Dr. Anna-Lena Klingler,
Fraunhofer IAO



Dr. Nektaria Tagalidou,
Fraunhofer IAO



Nora Fronemann,
Fraunhofer IAO

Weitere Beteiligte Personen am Projekt:

Johanna Albers, Fraunhofer IMW
Dr. Yuri Cassio Campbell Borges, Fraunhofer IMW
Philipp Haan, Fraunhofer IIS
Dr. Nadja Hoßbach, Fraunhofer IIS
Philipp Kögler, Fraunhofer IMW
Dr. Christian Leyh, Fraunhofer IMW
Iliyana Madina, Fraunhofer IMW
Lino Markfort, Fraunhofer IMW (extern)
Victor Naumann, Fraunhofer IIS
Dr. Marija Radic, Fraunhofer IMW
Annamaria Riemer, Fraunhofer IMW
Jens Rockel, Fraunhofer IMW
Frieder Schmelzle, Fraunhofer IMW
Frieder Schnabel, Fraunhofer IAO
Claudia Vienken, Fraunhofer IMW
Dr. Juliane Welz, Fraunhofer IMW

Verzeichnis der Autorinnen und
Autoren

$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$ ☼

11

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Treibhausgasemissionen (in Mio. t CO₂-Äquivalente), Energieträger und -Verbrauch in Deutschland
- Abbildung 2: Produktion grüner Wasserstoff als gesamtgesellschaftliche Herausforderung
- Abbildung 3: Hybrides Wertschöpfungsmodell für grünen Wasserstoff
- Abbildung 4: Wasserstoffbasierte Wirtschaft heutiger Stand und Vision²⁶
- Abbildung 5: Ebenen von digitalen Geschäftsmodellen
- Abbildung 6: Ökosystemebene
- Abbildung 7: Geschäftsmodellebene
- Abbildung 8: Datenmanagementebene
- Abbildung 9: Technologieebene
- Abbildung 10: PLATON-Canvas
- Abbildung 11: PLATON-Canvas für die Transaktionsplattform MEIN Community Strom von enviaM
- Abbildung 12: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform Utopus Insights / Scipher von Vestas
- Abbildung 13: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform Senec.Cloud von SENEK
- Abbildung 14: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform von sonnen und TenneT
- Abbildung 15: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform von Enapter
- Abbildung 16: PLATON-Canvas für die IoT-Plattformen Ability von ABB, MindSphere von Siemens, Lumada von Hitachi
- Abbildung 17: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform von Mixergy
- Abbildung 18: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform Vitovvalor / ViShare von Viessmann
- Abbildung 19: PLATON-Canvas für die IoT-Plattform SMIGHT IQ von EnBW
- Abbildung 20: PLATON-Canvas für die integrierte Plattform Share & Charge von Innogy
- Abbildung 21: Innovator und die identifizierten Merkmale
- Abbildung 22: Erweiterung bestehender Plattformen, Entwicklung neuer Plattformen
- Abbildung 23: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare stadtwerkeigene IoT-Plattform für Flotten- und Betankungsmanagement (FBM)
- Abbildung 24: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare »Click-and-Collect« IoT-Plattform der Stadtwerke mit externen Lösungen
- Abbildung 25: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare »Check H₂« Transaktionsplattform als Vergleichsportal von Wasserstoff für Endanwendende
- Abbildung 26: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare integrierte Plattform als Sharing-Plattform für Wasserstoffproduktionskapazitäten
- Abbildung 27: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare Transaktionsplattform für den Handel von CO₂-Zertifikaten
- Abbildung 28: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare Transaktionsplattform für die Finanzierung von H₂-Innovationen
- Abbildung 29: PLATON-Canvas für eine zukünftig denkbare Transaktionsplattform für die Vermittlung passender Förderungen für H₂-Investitionen

12 Endnoten

Endnoten

$H_2 \times EE \times P_{1011} \leq 1,5$ ☀

¹ Copernicus Climate Change Service (2021). 2020 warmest year on record for Europe. Online verfügbar unter: <https://climate.copernicus.eu/2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

² Statista (2021). Energieverbrauch – Anteil der Energieträger in Deutschland 2019. Online verfügbar unter:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/197172/umfrage/anteil-verschiedener-energetraeger-am-endenergieverbrauch-in-deutschland/> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

³ Moya, J.; Tsiropoulos, I.; Tarvydas, D.; Nijs, W. (2019). Hydrogen use in EU decarbonisation scenarios. Online verfügbar unter: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/final_insights_into_hydrogen_use_public_version.pdf [zuletzt geprüft 01.03.2021].

⁴ NOW (2018). Studie IndWEDe. Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme. Hg. v. Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie – NOW GmbH für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin, September 2018.

⁵ BMWi (2020). Wasserstoff: Schlüsselement für die Energiewende. Online verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/wasserstoff.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

⁶ BMWi (2020). Wasserstoff: Schlüsselement für die Energiewende. Online verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/wasserstoff.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

BMU (2020). Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union. Online verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/eu-klimapolitik/> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

⁷ BMBF (2021). BMBF bringt Wasserstoff-Leitprojekte auf den Weg. Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/bmbf-bringt-wasserstoff-leitprojekte-auf-den-weg-13530.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

⁸ Eigene Recherche

⁹ BMBF (2021). BMBF bringt Wasserstoff-Leitprojekte auf den Weg. Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/bmbf-bringt-wasserstoff-leitprojekte-auf-den-weg-13530.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

¹⁰ BMBF (2021). Karliczek: Neue Leitprojekte sind Innovationsbeschleuniger für Wasserstofftechnologien in Deutschland. Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/karliczek-neue-leitprojekte-sind-innovationsbeschleuniger-fuer-wasserstofftechnologien-in-13548.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

¹¹ BMWi (2021). »Grüner Wasserstoff ist der Energieträger der Zukunft« Bundeswirtschaftsminister Altmaier lädt zur hochrangigen Wasserstoff-Konferenz ein. Online verfügbar unter:

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/10/20201005-gruener-wasserstoff-ist-der-energetraeger-der-zukunft-bundeswirtschaftsminister-altmaier-laedt-zur-hochrangigen-wasserstoff-konferenz-ein.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

¹² Bosch (2020). Pressemeldung. Bosch setzt in Corona-Krise auf technische Innovationen und treibt Klimaschutz voran. Online verfügbar unter: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-setzt-in-corona-krise-auf-technische-innovationen-und-treibt-klimaschutz-voran-210816.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].

¹³ IoT Analytics (2020). IoT Platforms Competitive Landscape & Database 2020.

- ¹⁴ BMBF (2020). Potenzialatlas Wasserstoff: Woher soll der Grüne Wasserstoff kommen? Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/woher-soll-der-gruene-wasserstoff-kommen-11766.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].
- IoT Analytics (2020). IoT Platforms Competitive Landscape & Database 2020.
- BMWi (2020). Die Nationale Wasserstoffstrategie. Online verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20 [zuletzt geprüft 01.03.2021].
- ¹⁵ Guggenberger et al. 2020; Fritsch & Krotova 2020
- ¹⁶ Veit et al., 2014; Metzger, 2017; Klötzer & Pflaum 2017
- ¹⁷ Pflaum & Schulz, 2018; Hartmann et al., 2014; Bleicher & Stanley, 2016; Iansiti & Lakhani, 2014
- ¹⁸ Hoffmeister, 2017; Iansiti & Levien, 2004; Weill & Woerner, 2013
- ¹⁹ Gawer/Cusumano 2014; Jacobides et al. 2018; Moore 2006; Parente et al. 2018
- ²⁰ Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. Long Range Planning Vol. 43 Issue 2-3, pp. 172-194.
- ²¹ Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M. (2013). The St. Gallen Business Model Navigator. University of St. Gallen.
- ²² Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers. John Wiley & Sons 2010.
- ²³ Faroukhi, A. Z.; El Alaoui, I.; Gahi, Y. (2020). Big data monetization throughout big data value chain: a comprehensive review. Journal of Big Data 2020.
- Curry, E. (2016). The big data value chain: definitions, concepts, and theoretical approaches. In: Cavanillas, J. M.; Curry, E.; Wahlster, W. (Hg.). New horizons for data-driven economy. Springer International Publishing AG Switzerland 2016, pp. 29-37.
- Miller, H. G.; Mork, P. (2013). From data to decisions: A value chain for big data. IEEE computer society 2013, pp. 57-59.
- Lenk, A., Bonorden, L., Hellmanns, A., Roedder, N., & Jaehnichen, S. (2015, October). Towards a taxonomy of standards in smart data. In 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (pp. 1749-1754). IEEE.
- ²⁴ Parker, G. G.; van Alstyne, M. W.; Choudary, S. P. (2016). Platform Revolution: how networked markets are transforming the economy and how to make them work for you. W. W. Norton & Company 2016.
- ²⁵ In Anlehnung an Evans, P. C.; Gawer, A. (2016): The Rise of the Platform Enterprise. A Global Survey. The emerging platform economy series No. 1, The Center for Global Enterprise
- ²⁶ BMBF (2020). Potenzialatlas Wasserstoff: Woher soll der Grüne Wasserstoff kommen? Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/woher-soll-der-gruene-wasserstoff-kommen-11766.html> [zuletzt geprüft 01.03.2021].
- IoT Analytics (2020). IoT Platforms Competitive Landscape & Database 2020.
- BMWi (2020). Die Nationale Wasserstoffstrategie. Online verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20 [zuletzt geprüft 01.03.2021].

Impressum

Herausgeber:

Das Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW

Neumarkt 9 – 19
04109 Leipzig

ist eine rechtlich nicht selbständige Einrichtung der

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

Hansastraße 27 c
80686 München
Telefon: +49 89 1205- 0
Fax: +49 89 1205-7531
www.fraunhofer.de

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer gemäß § 27 a
Umsatzsteuergesetz: DE 129515865

Registergericht
Amtsgericht München
Eingetragener Verein
Register-Nr. VR 4461

Verantwortliche(r) Redakteur(in):

Prof. Dr. Heiko Gebauer
heiko.gebauer@imw.fraunhofer.de

Vorstand

Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer, Präsident, Unternehmenspolitik und Forschung;
kommissarische Leitung des Vorstandsbereichs Technologiemarketing und Geschäftsmodelle
Prof. Dr. Alexander Kurz, Personal, Recht und Verwertung
Dipl.-Kfm. Andreas Meuer, Finanzen und Digitalisierung

Titelbild

© Eigene Darstellung / Fraunhofer IMW

Layout

Elia Preuss, Frederic Maier, Fraunhofer IMW

Lektorat

Theresa Wenzel, Fraunhofer IMW
Dirk Böttner-Langolf, Fraunhofer IMW

Nutzungsrechte

Copyright © by Fraunhofer-Gesellschaft

Alle Rechte vorbehalten.

Die Urheberrechte dieser Publikation liegen vollständig bei der Fraunhofer-Gesellschaft.

Alle Rechte vorbehalten
© Fraunhofer IMW, 2021

