



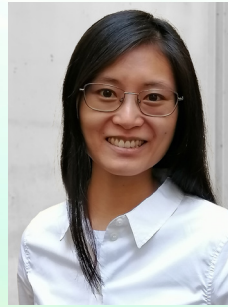
WASSERSTOFF KOMPASS

04/2022

Resultate der Stakeholder*innen-Befragung

**Auf dem Weg in die
Wasserstoffwirtschaft**

Vorwort



Valerie Kwan

Referentin Stakeholder-Dialog,
Wasserstoff-Kompass

Liebe Leser*innen,

Deutschland will spätestens ab 2045 klimaneutral wirtschaften. Dieses Ziel hat die Bundesregierung mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes 2021 festgeschrieben. Wasserstoff wird beim Erreichen dieses Ziels eine wichtige Rolle übernehmen. Aus erneuerbaren Energien erzeugt, bietet er energie- und emissionsintensiven Bereichen eine klimaneutrale Perspektive. Gleichzeitig eröffnet Wasserstoff dem Wirtschaftsstandort Deutschland neue Wachstumsoptionen.

Damit die Politik den Rahmen für eine nachhaltige, erfolgreiche Wasserstoffwirtschaft setzen kann, erarbeiten wir mit unserem Projekt „Wasserstoff-Kompass“ Entwicklungspfade und Handlungsoptionen als Grundlage für eine Wasserstoff-Roadmap der deutschen Bundesregierung. Hierfür wollten wir herausfinden, wie sich Stakeholder*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlicher Verwaltung und Zivilgesellschaft die deutsche Wasserstoffwirtschaft in den Jahren 2030 und 2050 vorstellen. Deshalb haben wir im Herbst 2021 die Stakeholder*innen-Befragung „Wasserstoffwirtschaft 2030/2050: Ziele und Wege“ durchgeführt.

Die vollständigen Ergebnisse präsentieren wir Ihnen im vorliegenden Bericht. Wie auch wir finden sicherlich auch Sie Überraschendes und Neues in diesen Ergebnissen. Ich wünsche Ihnen dabei eine anregende Lektüre und viele interessante Erkenntnisse.





Ihre



Inhalt

Das Wichtigste in Kürze	4
1 Informationen zur Umfragestruktur und zu den Befragten	7
1.1 Aufbau der Umfrage	8
1.2 Unterteilung der Befragten im Rahmen der Umfrageauswertung	9
1.3 Zusammensetzung der Befragten	9
2 Vorstellungen über die künftige deutsche Wasserstoffwirtschaft	14
2.1 Chancen	15
2.2 CO ₂ -Fußabdruck von Wasserstoff	17
Nutzung	
2.3 Nutzung – früh und großflächig	19
2.4 Nutzung – jährlicher inländischer Bedarf	26
Erzeugung	
2.5 Erzeugung – Herstellungspfade	27
2.6 Erzeugung – inländische Elektrolyse-Leistung	29
2.7 Erzeugung – Preisparität	30
Importe	
2.8 Importe – Wasserstoff	31
2.9 Importe – Kriterien	32
2.10 Importe – Exportstandorte	35
Infrastruktur, Transport und Speicherung	
2.11 Infrastruktur – für industrielle und private Verbraucher	37
2.12 Infrastruktur – Speichertechnologien	39
2.13 Infrastruktur – notwendige Faktoren für die Wasserstoff-Infrastruktur	40
2.14 Infrastruktur – Anpassungen für Transport und Verteilung von Wasserstoff	44
3 Voraussetzungen, fördernde und hindernde Faktoren, Akzeptanz	46
3.1 Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt	47
3.2 Aus- und Weiterbildung	48
3.3 Vernetzung	49
3.4 Wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und strategische bundesweite Koordination	51
3.5 Forschungsförderung	56
3.6 Regulatorische Rahmenbedingungen	59
3.7 Hindernisse	62
3.8 Akzeptanzfördernde Maßnahmen	65
Anhang	67
Literatur	68
Impressum	70

Das Wichtigste in Kürze

-  **D**ie Wasserstoff-Community sieht die Senkung der Treibhausgasemissionen als die bei Weitem wichtigste Chance im Hochlauf einer deutschen Wasserstoffwirtschaft. Auf dem zweiten Platz rangieren die Produktion und der Export von Elektrolyseuren. Mehr als ein Viertel der Befragten halten die Erschließung neuer Forschungsfelder, die Produktion und den Export von H₂-basierten Endanwendungen und die sozialverträgliche Transformation des Energiesystems für wesentliche Chancen.
-  **V**iele Befragte erwarten einen sehr schnellen Markthochlauf für klimaneutral erzeugten Wasserstoff: Bereits 2030 soll knapp die Hälfte des hierzulande genutzten Wasserstoffs klimaneutral und 31 Prozent des Wasserstoffs arm an Kohlendioxid (CO₂) erzeugt werden. Dagegen soll weniger als ein Viertel des Wasserstoffs im Jahr 2030 noch herkömmlich hergestellt werden.
-  **Ü**ber die Hälfte der Befragten rechnet mit einem großflächigen Einsatz von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff bis spätestens 2040 in allen abgefragten Anwendungsbereichen. Über drei Viertel schätzen, dass es zu einem frühen großflächigen Einsatz im Industriesektor kommt, wohingegen jeweils 36 Prozent und 46 Prozent der Befragten davon ausgehen, dass es in der Gebäudeheizung und bei PKWs keinen frühen großflächigen Einsatz geben wird.
-  **S**chätzungen zum jährlichen inländischen Bedarf und der künftig installierten Elektrolyse-Leistung fallen teilweise sehr hoch aus. Für 2030 liegen die Mediane für den deutschen Bedarf bei 100 Terawattstunden und für die installierte Leistung in Deutschland bei 8 Gigawatt.

Das Wichtigste in Kürze



Die Befragten erwarten im Durchschnitt einen Importanteil von 36 Prozent im Jahr 2030, der bis 2050 deutlich auf 53 Prozent ansteigt.



Mit Spanien wird lediglich ein Land der Europäischen Union von mindestens einem Drittel der Befragten als mittel- (2030) und langfristig (2050) wichtiger Exportstandort eingeordnet. Drei weitere Exportländer beziehungsweise -regionen erachtet mehr als die Hälfte der Befragten als mindestens eher wichtig: Norwegen, Nordafrika und der Nahe Osten. Viele Exportstandorte gewinnen aus Sicht der Befragten bis 2050 gegenüber 2030 an Bedeutung. Gegenteiliges trifft auf geographisch nahegelegene Länder zu, wie die Niederlande, Frankreich, Norwegen oder Schweden.



Als dringlichste infrastrukturelle Maßnahmen erscheinen der Ausbau von Wasserstoffspeichern und die Umwidmung von Teilen des Erdgasnetzes. Beide werden von mehr als 85 Prozent der Befragten als (bedingt) notwendig und bis spätestens 2030 umzusetzen erachtet. Ein gleich großer Anteil der Befragten bewertet die Anbindung an ein pan-europäisch dediziertes Wasserstoff-Netz als (bedingt) notwendig. 38 Prozent sehen jedoch einen zeitlichen Spielraum für die Umsetzung bis 2040.



Die für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft abgefragten fördernden Faktoren werden fast durchgängig als notwendig erachtet. Mit einer Ausnahme bewerten mindestens fünfzig Prozent der Befragten alle Faktoren als (bedingt) notwendig. Neun Faktoren wurden sogar von mehr als 50 Prozent der Befragten als uneingeschränkt notwendig bewertet.

Das Wichtigste in Kürze



Als unverzichtbar gelten 1) Maßnahmen der Weiter- oder Aus- bildung und Vernetzung, 2) Herkunftsnachweise für klima- neutralen und CO₂-armen Wasserstoff und 3) Maßnahmen der Änderung oder Befreiung von staatlich induzierten Bestandteilen des Strompreises für die Wasserstoffherzeugung.



Der einzige Faktor, der nicht mehrheitlich als notwendig er- achtet wird, ist ein CO₂-Preis von über 300 Euro pro Tonne. Allerdings bewertet etwa ein Drittel der Befragten auch diesen Faktor als notwendig oder bedingt notwendig, und nur ein Viertel hält diesen für kaum oder nicht notwendig.



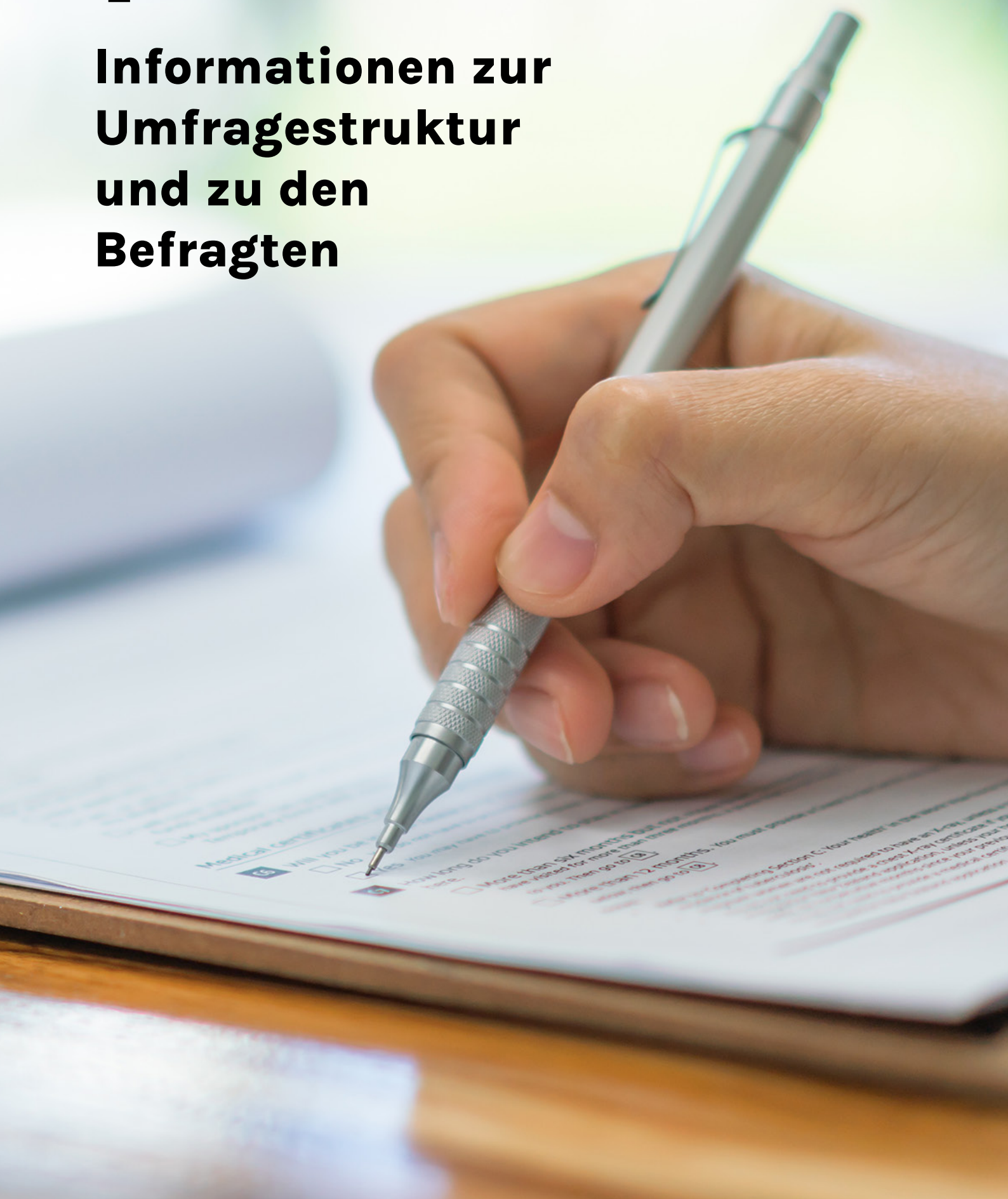
Die beiden größten Hindernisse für eine großskalige klima- neutrale Wasserstoffherzeugung in Deutschland sehen die Befragten in 1) der niedrigen Wirtschaftlichkeit aufgrund hoher Investitions- und Unterhaltskosten (CAPEX/OPEX) sowie 2) den unzureichenden Flächen für die Stromerzeugung aus erneuerba- ren Energien (jeweils von 59 Prozent der Befragten ausgewählt).



Fehlende gesellschaftliche Akzeptanz kann ebenfalls ein Hin- dernis darstellen: Viele Befragte halten akzeptanzfördernde Maßnahmen zugunsten des Ausbaus erneuerbarer Energien für notwendig (von 91 Prozent als notwendig oder bedingt notwendig bewertet).

1

Informationen zur Umfragestruktur und zu den Befragten



1.1

Aufbau der Umfrage

Die Befragung wurde mit einem standardisierten und anonymen Online-Fragebogen durchgeführt, der geschlossene und offene Fragen enthielt. Er gliederte sich in mehrere Teile und Themenbereiche:

- Informationen zum Datenschutz
- Informationen zum Hintergrund der Teilnehmenden
- Einführender Teil (vgl. Tabelle 1)
- Fakultative Teile (vgl. Tabelle 1)

Neben einem ersten Pflichtteil der Umfrage, den alle Teilnehmenden beantwortet haben, gab es vier fakultative Teile, die nicht beantwortet werden mussten. Tabelle 1 zeigt die Themen der (fakultativen) Teile sowie die maximale Anzahl der Fragen pro Teil. Auch jede einzelne Frage konnte übersprungen werden, sodass die Anzahl der Antworten variiert. Wir geben daher zu jeder Frage in den Grafiken die Anzahl n der Antworten mit an. Die im Text gemachten Prozentangaben beziehen sich grundsätzlich auf die Anzahl der Teilnehmenden, die die jeweilige Frage beantwortet haben und nicht auf die gesamte Anzahl der Umfrageteilnehmenden.

An verschiedenen Stellen haben wir die Teilnehmenden nach ihren Einschätzungen zur zeitlichen Entwicklung verschiedener relevanter Faktoren für die deutsche Wasserstoffwirtschaft gefragt. Der Fokus lag dabei vor allem auf den Jahren 2030 (mittelfristiger Zeithorizont) und 2050, wenn Deutschland bereits die Klimaneutralität erreicht haben soll.

Teile der Umfrage, Anzahl der Fragen und Antworten

	Anzahl der Fragen	Anzahl der Antworten pro Frage**
1. Einführung in eine künftige Wasserstoffwirtschaft in Deutschland	5	596
2. Systembetrachtung (Chancen, Akzeptanz, Rahmenbedingungen) - fakultativer Teil	11	545
3. Erzeugung von Wasserstoff und Folgeprodukten - fakultativer Teil	6	341
4. Branchenspezifische Wasserstoffnutzung - fakultativer Teil	6	413
5. Wasserstoffspeicherung, -infrastruktur und -transport/-import - fakultativer Teil	6	435

Tabelle 1: **Die Anzahl der Antworten variiert, da jede Frage optional war und die Sichtbarkeit einiger Fragen von der Antwort auf die vorhergehende Frage abhing.

1.2 Unterteilung der Befragten im Rahmen der Umfrageaus- wertung

Nur in wenigen Fällen unterscheiden sich die Meinungen unter den Befragten signifikant. Hier schlüsseln wir die Antworten nach den folgenden vier Gruppen von Befragten auf: öffentliche Verwaltung, Wissenschaft, Kleinst-, kleine oder mittlere Unternehmen (KMU) sowie Großunternehmen. Diese Befragten machen 92 Prozent der Umfrageteilnehmenden aus. Die Antworten der restlichen acht Prozent der Befragten aus der Wirtschaftsförderung, aus Unternehmensverbänden, aus Nichtregierungs- oder aus sonstigen Organisationen sind Teil der Antworten der gesamten Befragten. Die absolute Zahl der Befragten beziehungsweise Antworten aus diesen kleinen Teilgruppen war zu gering, um statistisch signifikante Unterschiede zu identifizieren.

Da es keine geeigneten statistischen Informationen zur Zusammensetzung der Wasserstoff-Community in Deutschland gibt, haben wir auf eine Gewichtung der einzelnen Gruppen verzichtet. Diese Umfrage erhebt nicht den Anspruch, repräsentativ zu sein, wir verstehen sie als Impulsgeber.

1.3 Zusammen- setzung der Befragten

An der anonymen Umfrage nahmen 596 Personen teil. Um ihren Bezug zum Thema Wasserstoff zu erläutern, wurden die Teilnehmenden gebeten, anzugeben, in welcher Art von Einrichtung sie arbeiten. Dabei konnten sie bis zu zwei Antwortoptionen auswählen. Die Mehrheit der Befragten sind in einer Wirtschaftsorganisation oder im Bereich der Wirtschaftsförderung tätig (vgl. Abbildung 1). Knapp ein Viertel (23 Prozent) arbeitet in einem Großunternehmen, ein knappes weiteres Viertel (24 Prozent) in Kleinst-, kleinen oder mittleren Unternehmen (KMU) und jeweils sechs und sieben Prozent in einem Unternehmensverband oder in der Wirtschaftsförderung. Rund ein Drittel arbeitet in einer Forschungseinrichtung oder Universität. Die übrigen Befragten kommen aus der Verwaltung (8 Prozent) und aus Nichtregierungs- und sonstigen Organisationen (5 Prozent).

Meine Arbeit findet in folgender Art von Einrichtung statt:

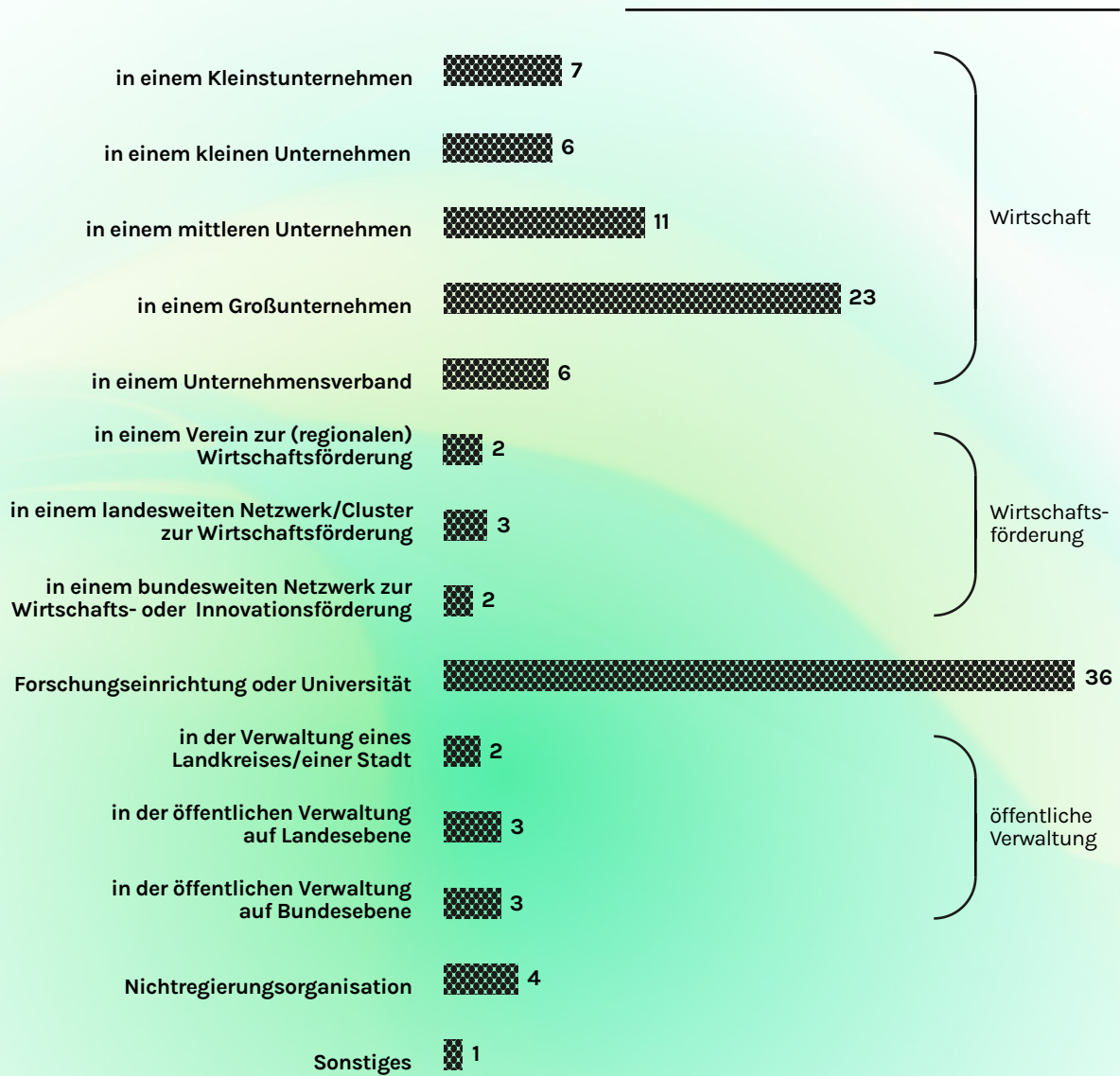


Abbildung 1: Angaben in Prozent, n=596

Wir fragten die Wissenschaftler*innen, in welchen Forschungsfeldern sie tätig sind (vgl. Abbildung 2): Am häufigsten beschäftigen sie sich mit dem Thema Wasserstoffnutzung (47 Prozent), gefolgt von der -erzeugung (44 Prozent), der Systemintegration (40 Prozent), der Materialforschung (34 Prozent), dem Forschungsbereich Transport und Infrastruktur (32 Prozent) sowie der Wasserstoffspeicherung

(31 Prozent). Mehrfachnennungen waren möglich und viele Wissenschaftler*innen gaben an, nicht nur in einem der oben genannten Feldern, sondern auch in einem der folgenden Bereiche zu forschen: 21 Prozent in der Chemie, 16 Prozent im Anlagenbau, 8 Prozent in der Betriebswirtschaftslehre und 7 Prozent in der Volkswirtschaftslehre. 20 Prozent beschäftigen sich mit anderen Forschungsfeldern.

Ich/Meine Organisation forscht im folgenden Bereich:

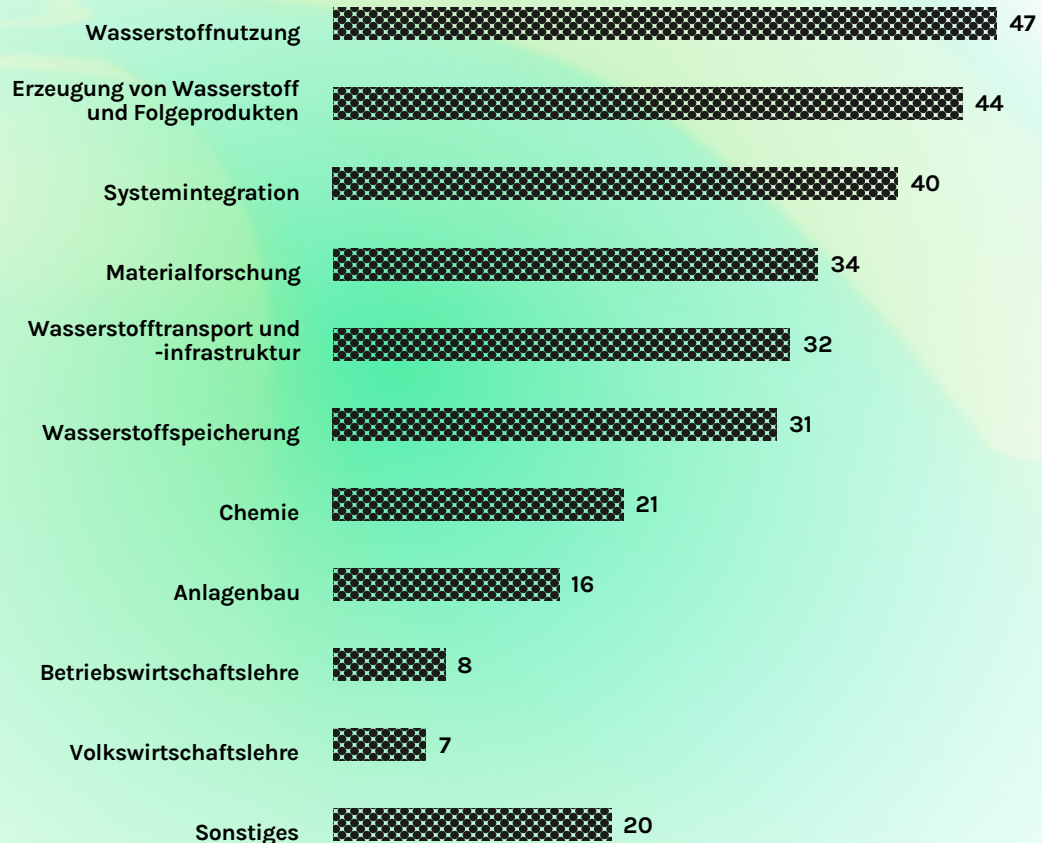


Abbildung 2: Angaben in Prozent, Wissenschaftler*innen n=214

Im fakultativen Teil zur Wasserstoffherzeugung fragten wir die Teilnehmenden nach ihren Aktivitäten in diesem Bereich. Aus 25 Antwortoptionen durften sie beliebig viele auswählen (vgl. Abbildung 3). Etwas mehr als die Hälfte aller Befragten beantworteten die Frage. Diese Personen kamen vorwiegend aus der Wirtschaft (etwas mehr als die Hälfte) oder der Wissenschaft (rund ein Drittel), aber auch aus Nichtregierungsorga-

nisationen oder aus der öffentlichen Verwaltung (rund fünf bzw. zehn Prozent). Ein Drittel von ihnen ist in einer Organisation tätig, die zur Wasserstoffherzeugung oder zu verwandten Prozessen forscht (vgl. Abbildung 3a). 24 Prozent arbeiten in einer Organisation, die eine Wasserstoffherzeugungsanlage plant oder bereits betreibt (vor allem Wasserelektrolyse mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien, 19 Prozent, vgl. Abbildung 3b).

Bitte erläutern Sie Ihre Aktivitäten im Bereich Wasserstoffherzeugung.

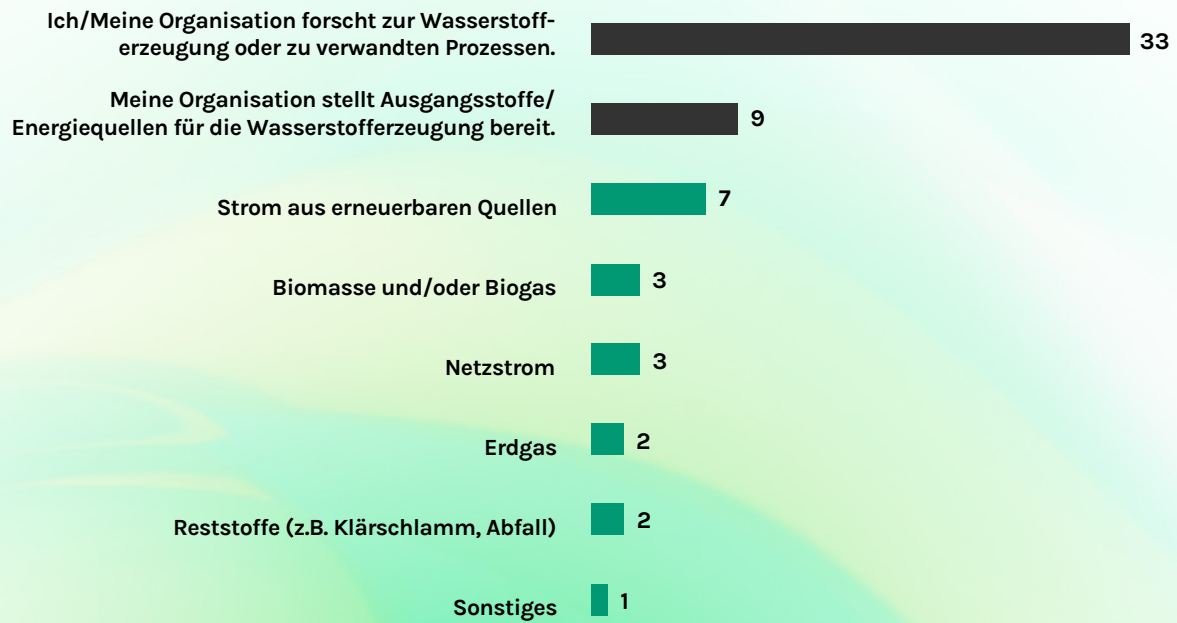


Abbildung 3a: Angaben in Prozent, n=341

■ übergeordnete Kategorie ■ untergeordnete Kategorie

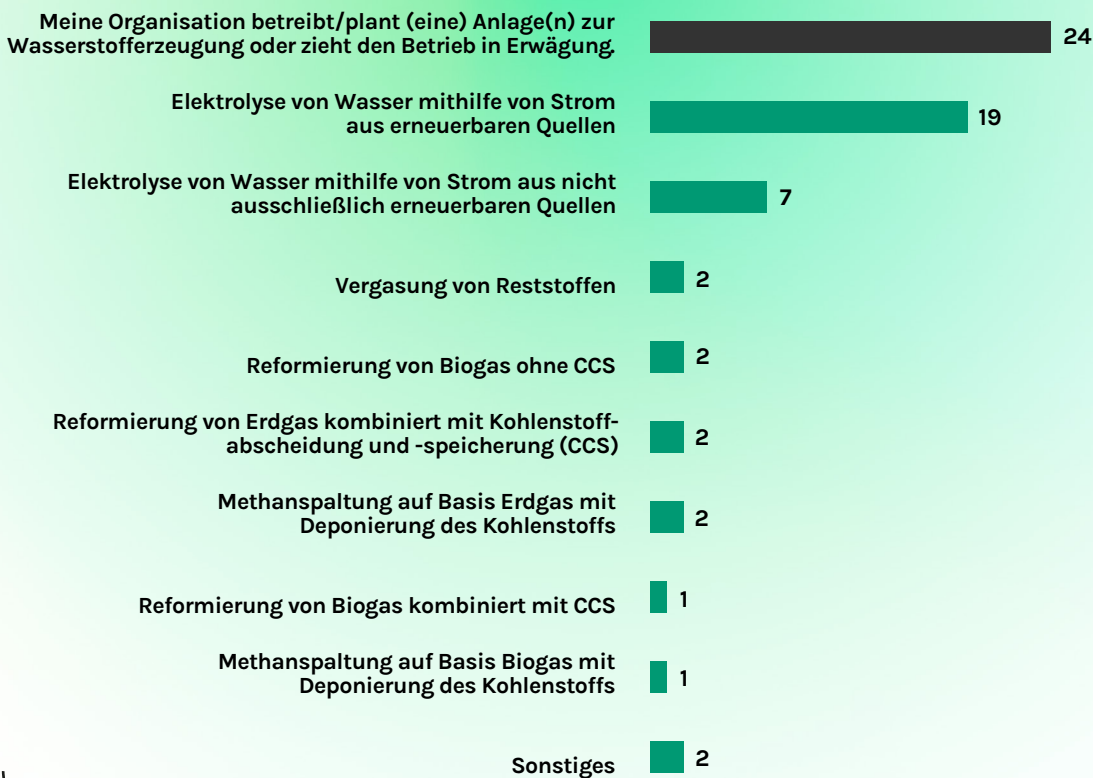


Abbildung 3b: Angaben in Prozent, n=341

■ übergeordnete Kategorie ■ untergeordnete Kategorie

Neun Prozent arbeiten in einer Organisation, die Ausgangsstoffe oder Energiequellen für die Wasserstoffherzeugung bereitstellt (vgl. Abbildung 3a) und 12 Prozent in einer Organisation, die Komponenten und/oder Systeme für die Erzeugung von Wasserstoff oder seinen Derivaten herstellt (vgl. Abbildung 3c). 17 Prozent ar-

beiten für ein Beratungsunternehmen oder einen Projektentwickler (vgl. Abbildung 3d). Jede*r Vierte, die/der diese Frage beantwortete, sagt, dass sie/er durch die Arbeit in der öffentlichen Verwaltung oder für die organisierte Zivilgesellschaft Wasserstoffherzeugungsaktivitäten unterstützt, koordiniert oder beobachtet.

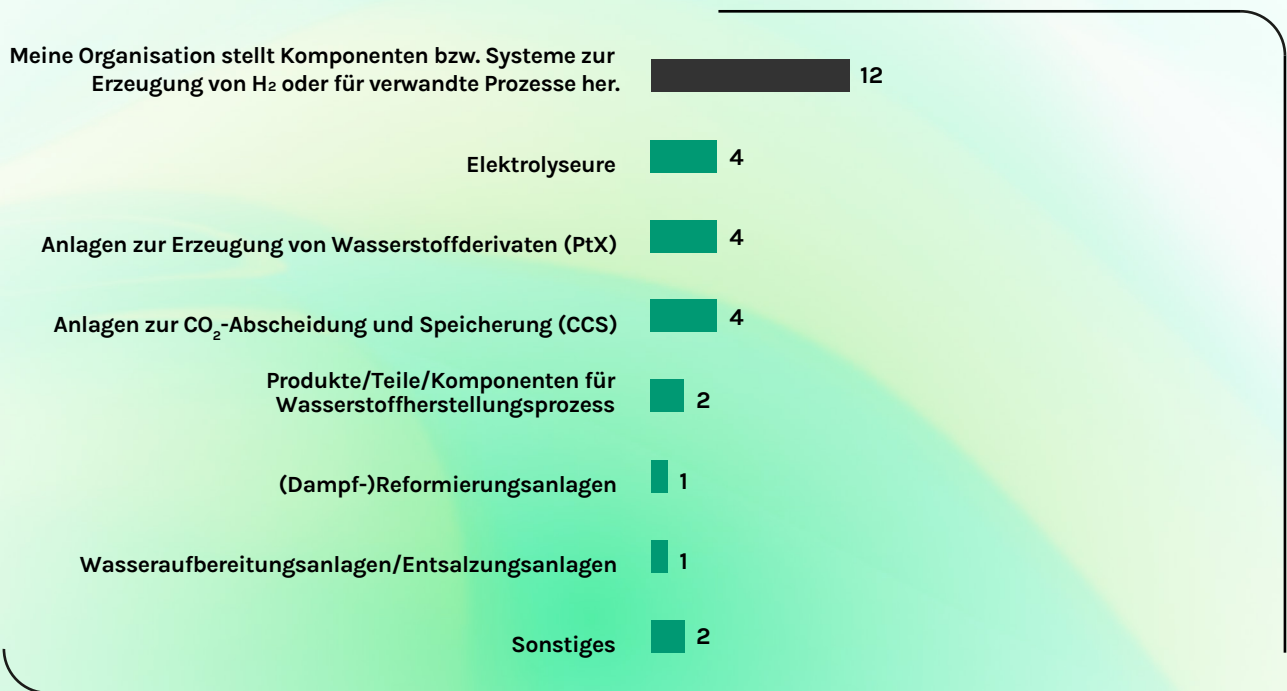


Abbildung 3c: Angaben in Prozent, n=341

■ übergeordnete Kategorie ■ untergeordnete Kategorie

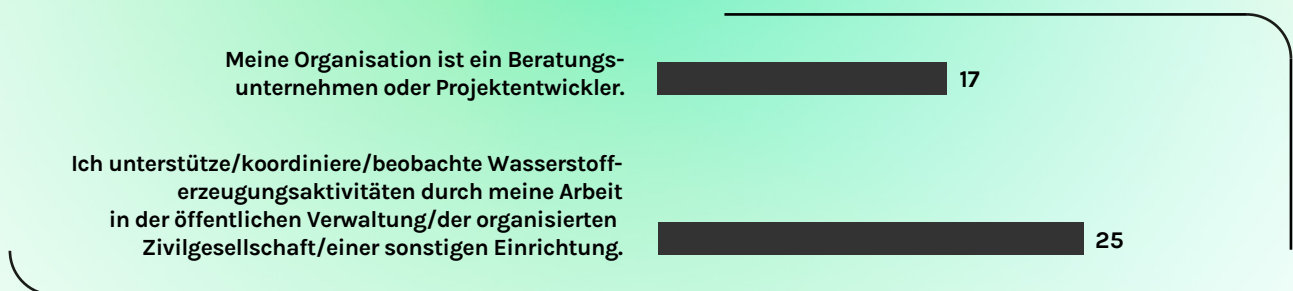
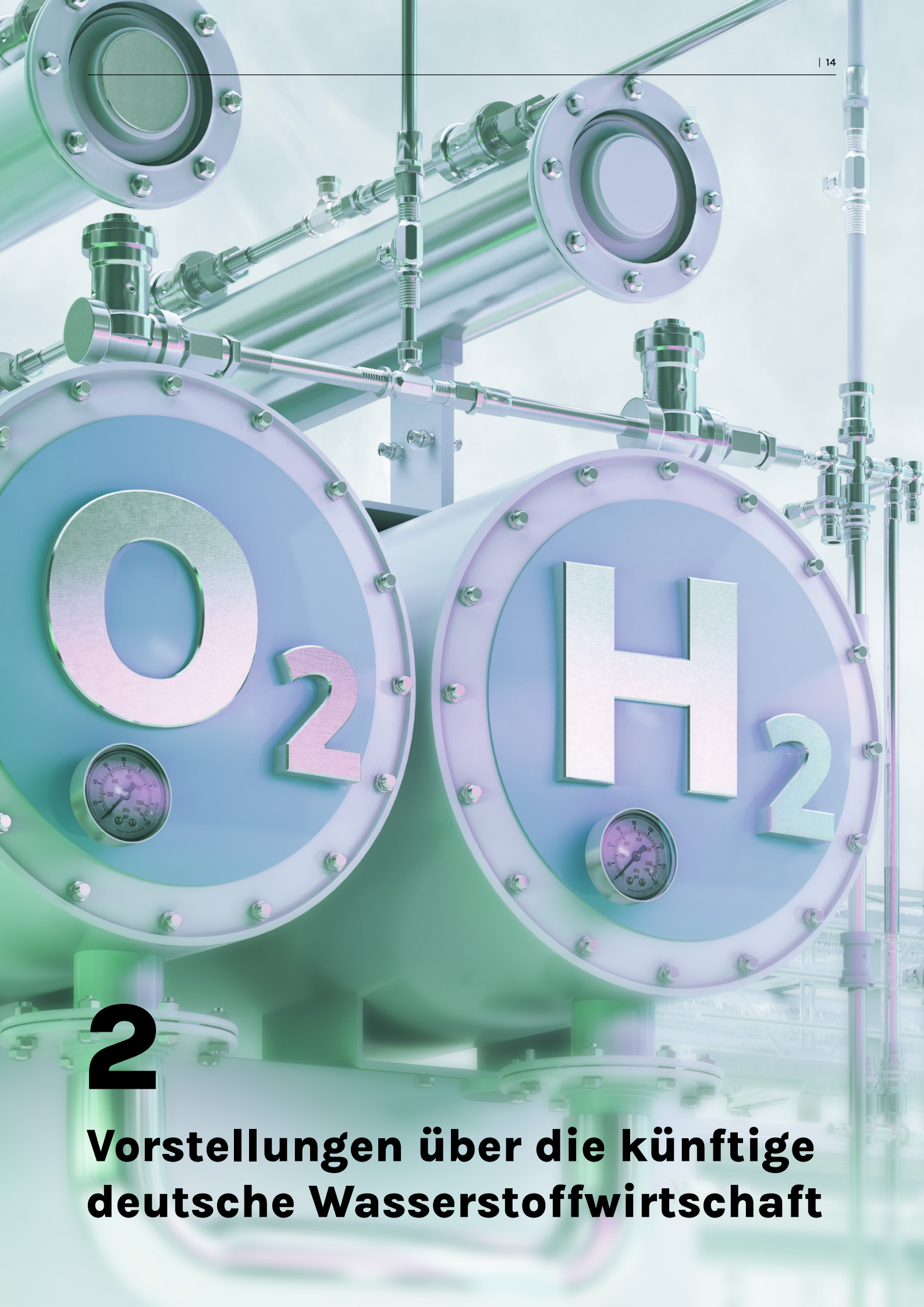


Abbildung 3d: Angaben in Prozent, n=341

■ übergeordnete Kategorie



2

Vorstellungen über die künftige deutsche Wasserstoffwirtschaft

2.1 Chancen

Abbildung 4 zeigt die Chancen, welche die Befragten mit der bis 2030 aufgebauten Wasserstoffwirtschaft verbinden. Von elf vorgegebenen Optionen sowie einem Textfeld für Sonstiges durften sie bis zu drei Chancen nennen. Fast alle Befragten schöpften diese Möglichkeit aus und gaben insgesamt 1.579 Antworten ab. Die Senkung von Treibhausgasemissionen sticht als wichtigste Chance im Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft hervor (75 Prozent). Viele Befragte sehen große Chancen in der Produktion und dem Export von Technologien in Verbindung mit Wasserstoff, wie Elektrolyseuren (37 Prozent), verschiedenen

Welche Chancen sehen Sie im Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland bis 2030? Bitte wählen Sie die drei für Sie wichtigsten Chancen.

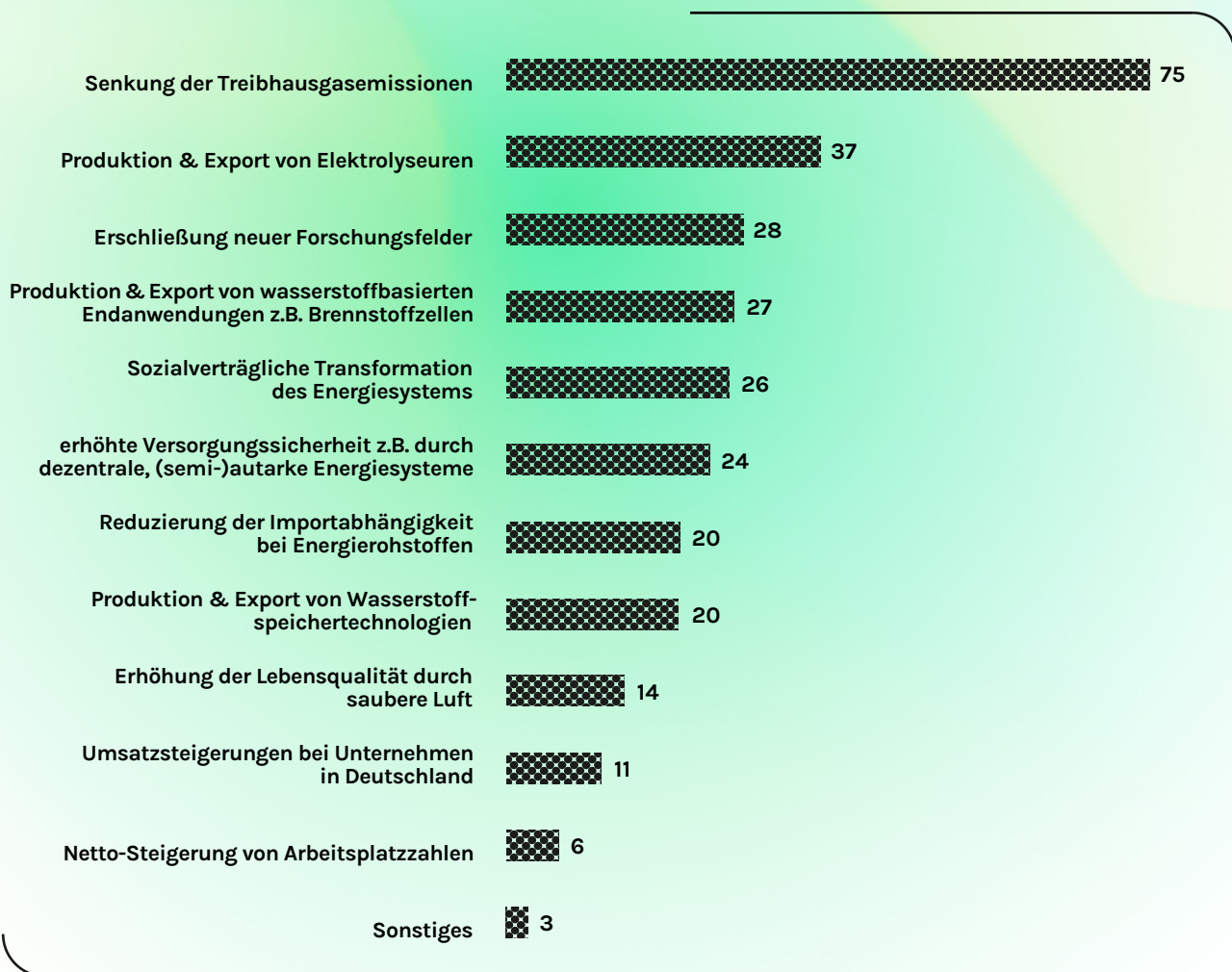


Abbildung 4: Angaben in Prozent, n=545 ; die Kategorie "keine Angabe" wurde von niemandem ausgewählt.

Endanwendungen (27 Prozent) und Speichertechnologien (20 Prozent). Andere Chancen, die gesehen werden, sind die Erschließung neuer Forschungsfelder (28 Prozent) und die sozialverträgliche Transformation des Energiesystems (26 Prozent). Auch die Reduzierung der Importabhängigkeit bei Energierohstoffen (20 Prozent) und eine erhöhte Versorgungssicherheit (24 Prozent) werden als Chancen erachtet. Nur fünf Prozent wählten sowohl eine Verringerung der Abhängigkeit von Energieimporten als auch eine erhöhte Versorgungssicherheit als wichtigste Chance aus. An dieser Stelle merken wir an, dass die Umfrage vor Ausbruch des Ukraine-Kriegs durchgeführt wurde. Es ist

zu vermuten, dass sich die damit verknüpften Entwicklungen auf Meinungen zu Wasserstoff als Chance für die Reduzierung der Importabhängigkeit und für die Erhöhung der Versorgungssicherheit auswirken.

Die Bedeutung der Erschließung neuer Forschungsfelder als Chance wird von den unterschiedlichen Teilgruppen unterschiedlich beurteilt: 38 Prozent der Wissenschaftler*innen bezeichnen die Erschließung neuer Forschungsfelder als eine der wichtigsten Chancen, während nur 18 Prozent der Befragten aus Großunternehmen diese Antwortoption auswählten. Diese Differenzierung wird in der Abbildung an dieser Stelle nicht dargestellt (vgl. Abbildung 4a).

Erschließung neuer Forschungsfelder

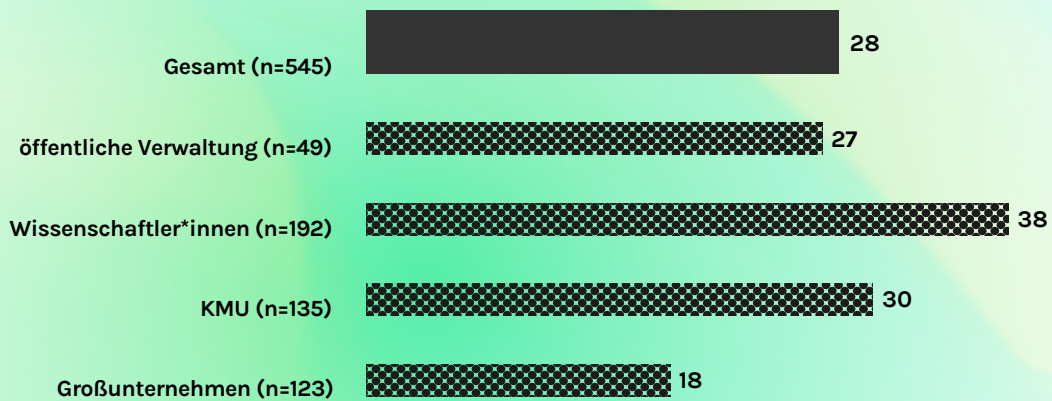


Abbildung 4a: Angaben in Prozent

2.2 CO₂-Fußabdruck von Wasserstoff

Zum Einstieg baten wir die Teilnehmenden darum, die Anteile des zukünftig in Deutschland genutzten Wasserstoffs anzugeben, die klimaneutral, CO₂-arm oder herkömmlich hergestellt werden sollten. Hier konnten sie für die drei Herstellungsformen und je für 2030 und 2050 einen Prozentsatz angeben. Für das Jahr 2030 wünschen sich die Befragten im Mittel, dass 46 Prozent des in Deutschland genutzten Wasserstoffs klimaneutral ist, 31 Prozent soll CO₂-arm und 24 Prozent des Wasserstoffs soll herkömmlich erzeugt werden (vgl. Abbildungen 5a-c). Hier spiegelt sich wider, dass die Befragten für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft einen Mix verschiedener Erzeugungstechniken erwarten. Für das Jahr 2050 verschiebt sich dieser Mix hin zu einem deutlich höheren Anteil klimaneutral erzeugten Wasserstoffs: 86 Prozent des Wasserstoffs soll dann klimaneutral sein (vgl. Abbildung 5a).

Welcher Anteil des in Deutschland genutzten Wasserstoffs sollte aus Ihrer Sicht zukünftig klimaneutral bzw. CO₂-arm sein?

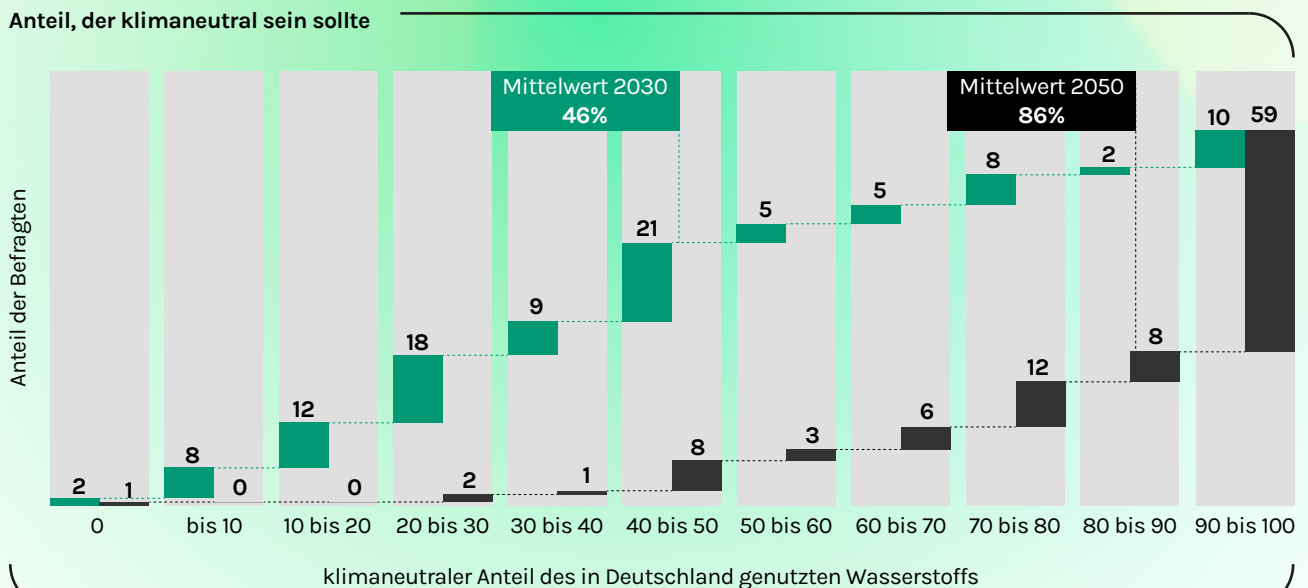


Abbildung 5a: Angaben in Prozent, n=596; die jeweils angegebene obere Grenze zählt zum Intervall, die untere Grenze nicht.

■ 2030 ■ 2050

Der Anteil von CO₂-armem Wasserstoff soll 2050 im Mittel noch 11 Prozent und der von herkömmlich erzeugtem Wasserstoff 2 Prozent betragen (vgl. Abbildungen 5b-c).

Etwa 10 Prozent der Befragten erwarten für 2030, dass Wasserstoff ausschließlich klimaneutral erzeugt wird. Für 2050 erwartet ein größerer Anteil, aber nur knapp über die Hälfte der Befragten (56 Prozent) eine

streng klimaneutrale Wasserstoffproduktion. Zudem interessant: Obwohl die Bundesregierung bekräftigt, dass vor allem grüner beziehungsweise CO₂-frei erzeugter Wasserstoff genutzt werden soll,¹ erwarten immerhin noch 15 Prozent der Befragten, dass ein Anteil des in Deutschland genutzten Wasserstoffs auch 2050 noch herkömmlich hergestellt wird (vgl. Abbildung 5c, schwarze Balken).

Anteil, der CO₂-arm sein sollte

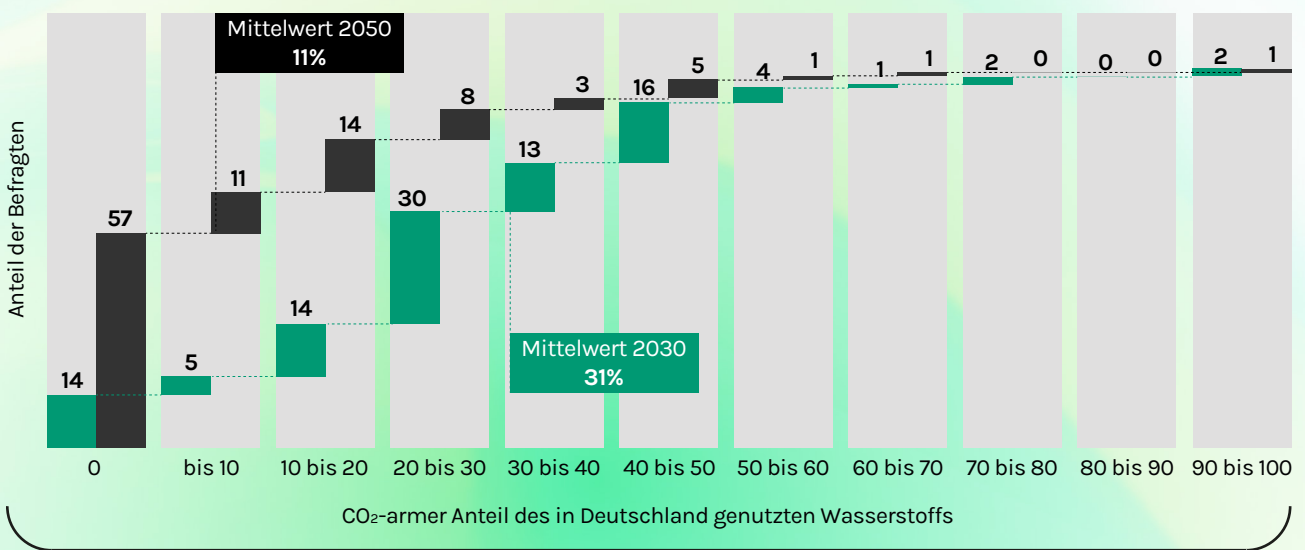


Abbildung 5b: Angaben in Prozent, n=596; die jeweils angegebene obere Grenze zählt zum Intervall, die untere Grenze nicht.

■ 2030 ■ 2050

Anteil, der herkömmlich hergestellt sein sollte

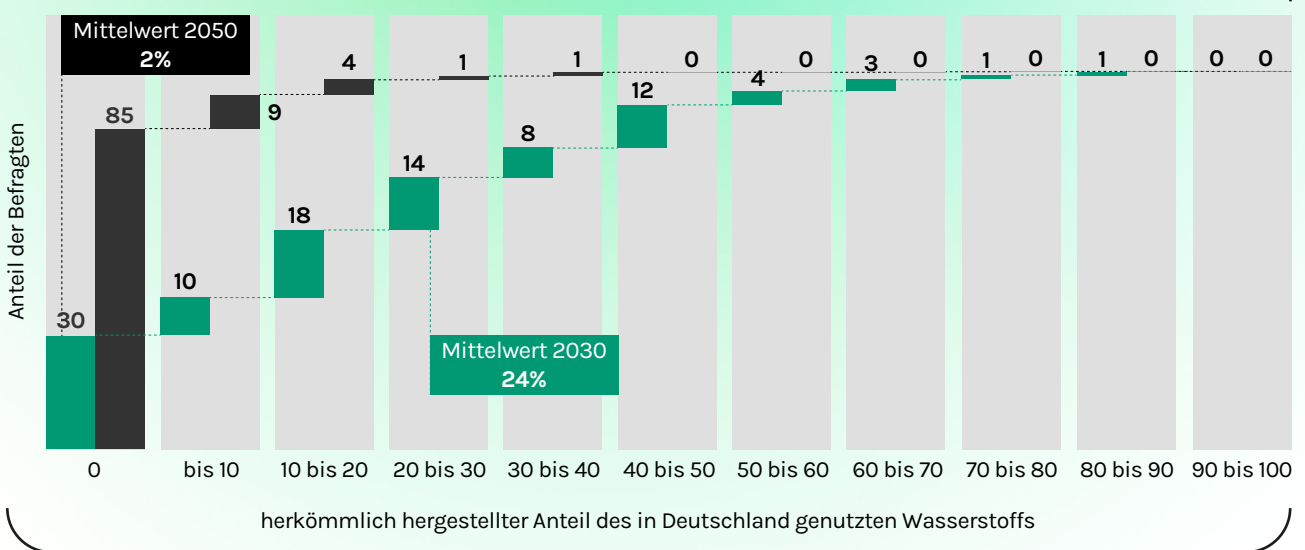


Abbildung 5c: Angaben in Prozent, n=596; die jeweils angegebene obere Grenze zählt zum Intervall, die untere Grenze nicht.

■ 2030 ■ 2050

2.3 Nutzung – früh und großflächig

Wir baten die Teilnehmenden, die Bereiche anzugeben, in denen sie früh mit einem großflächigen Einsatz (mehr als 50 Prozent des Energiebedarfs) von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff/Wasserstoffderivaten rechnen. Dabei sollten sie angeben, bis wann sie einen großflächigen Einsatz erwarten, und konnten zwischen den Antwortoptionen „kein früher großflächiger Einsatz“, „bereits 2025“, „bereits 2030“ und „bereits 2040“ auswählen. Die Frage durften sie ebenfalls teilweise oder komplett überspringen. Bei keinem der abgefragten Anwendungsbereiche wählte eine Mehrheit der Befragten die Antwortmöglichkeit „keinen frühen großflächigen Einsatz“. Für den PKW-Bereich wird am ehesten kein früher, großflächiger Einsatz gesehen – dies sagen 46 Prozent der Befragten; im Bereich der Gebäudeheizung sind es 36 Prozent (vgl. Abbildungen 6a und 6b).

In welchen Bereichen rechnen Sie früh mit einem großflächigen Einsatz (>50% Energiebedarf) von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff/Wasserstoffderivaten?

PKW

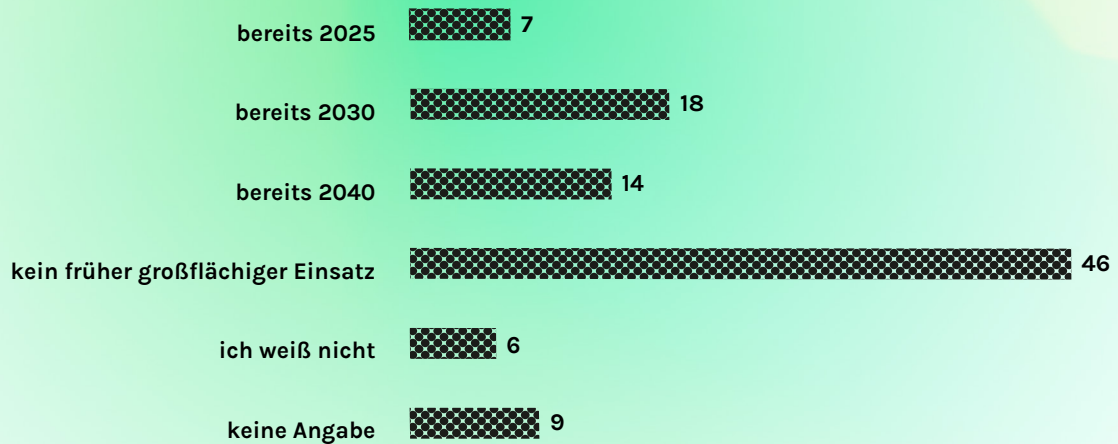


Abbildung 6a: Angaben in Prozent, n=486

Gebäudeheizung



Abbildung 6b: Angaben in Prozent, n=486

Einig sind sich die Befragten in Bezug auf den Einsatz von Wasserstoff in den Industriebranchen (vgl. Abbildungen 6c, d und e). Die meisten Befragten sehen einen großflächigen Einsatz bis spätestens 2040 in der Eisen- und Stahlbranche (90 Prozent), in der

Chemiebranche (87 Prozent) und in den Zement- und Betonbranchen (77 Prozent). Fast 60 Prozent sehen für Eisen und Stahl sowie Chemie bereits bis 2030 einen großflächigen Einsatz, bei Zement und Beton sind es knapp die Hälfte der Befragten.

In welchen Bereichen rechnen Sie früh mit einem großflächigen Einsatz (>50% Energiebedarf) von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff/Wasserstoffderivaten?

Eisen- und Stahlbranche

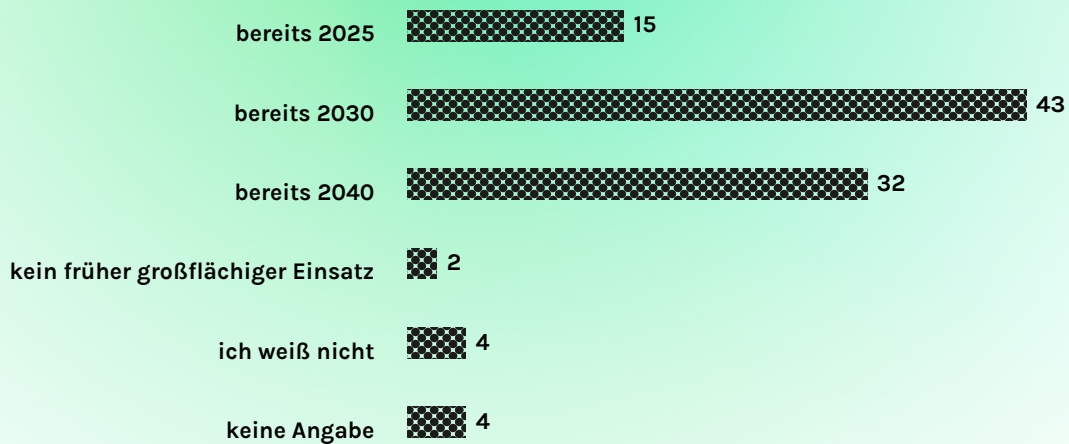


Abbildung 6c: Angaben in Prozent, n=486

Chemiebranche



Abbildung 6d: Angaben in Prozent, n=486

Zement- und Betonbranchen



Abbildung 6e: Angaben in Prozent, n=486

Ähnlich sieht es bei drei Mobilitätsanwendungen aus: je 81 Prozent, 76 Prozent und 70 Prozent der Befragten rechnen mit einem großflächigen Einsatz bis spätestens 2040 bei schweren Nutzfahrzeugen, bei Bussen und dem nicht schienengebundenen ÖPNV sowie im Schiffsverkehr (vgl. Abbildungen 6f, g und h).

In welchen Bereichen rechnen Sie früh mit einem großflächigen Einsatz (>50% Energiebedarf) von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff/Wasserstoffderivaten?

Schwere Nutzfahrzeuge (über 3,5t bis maximal 38t)



Abbildung 6f: Angaben in Prozent, n=486

Busse/ÖPNV

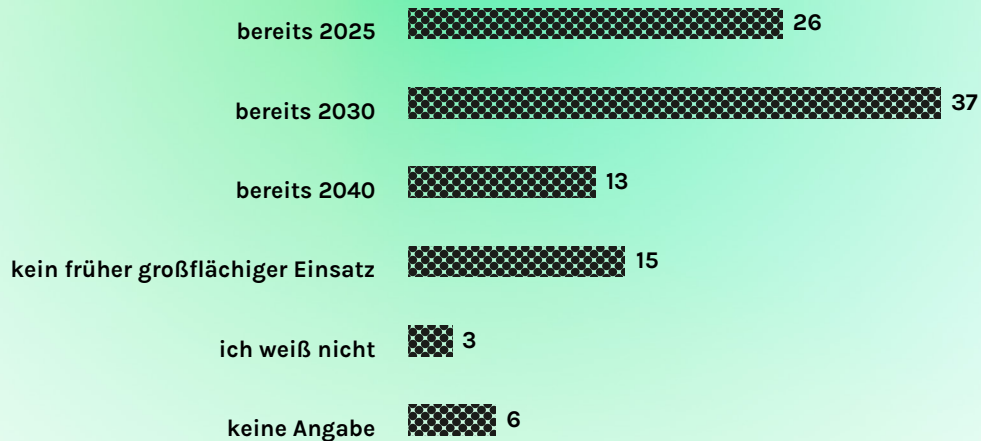


Abbildung 6g: Angaben in Prozent, n=486

Schiffsverkehr

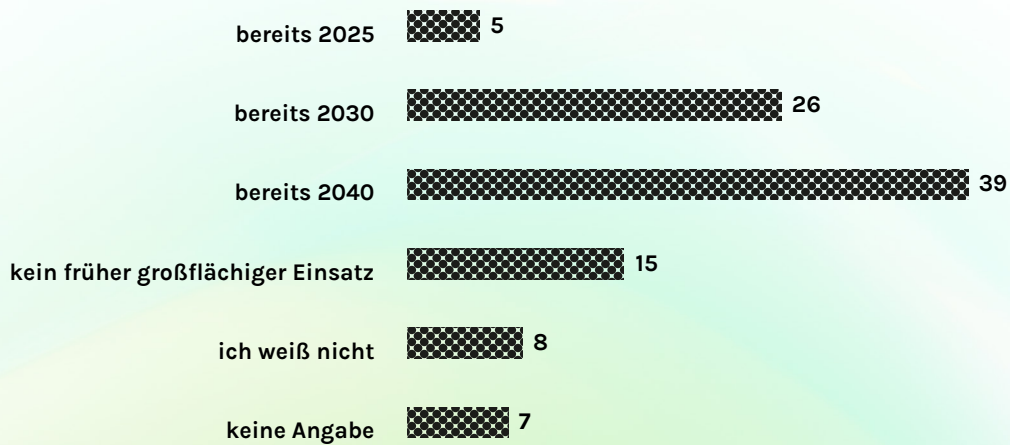


Abbildung 6h: Angaben in Prozent, n=486

In den anderen Bereichen (vgl. Abbildungen 6i bis 6n) sehen über 50 Prozent der Befragten einen breiten Einsatz bis spätestens 2040. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass viele Befragte eine frühe Deckung von mindestens der Hälfte des Energiebedarfs durch Wasserstoff in sehr vielen Bereichen sehen. Diese Bedarfe übersteigen deutlich die in aktuellen Studien²⁻⁶

genannten Mengen. Eine Erklärung für diese Kluft könnte darin liegen, dass viele Befragte „großflächig“ nicht wie vorgesehen mit „>50 Prozent Energiebedarf“ definierten, sondern von einer geringeren Deckung des Energiebedarfs durch Wasserstoff oder auch von einem stofflichen Einsatz ausgingen. Die Ergebnisse zu dieser Frage müssen mit Vorsicht betrachtet werden.

In welchen Bereichen rechnen Sie früh mit einem großflächigen Einsatz (>50% Energiebedarf) von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff/Wasserstoffderivaten?

Personenschienenverkehr

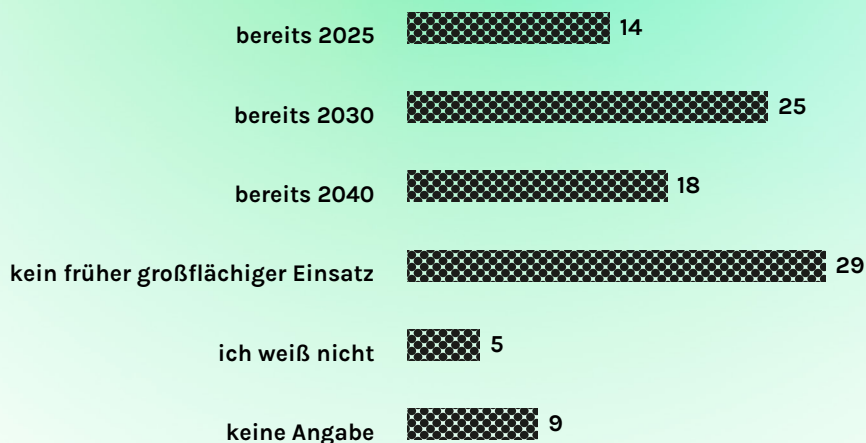


Abbildung 6i: Angaben in Prozent, n=486

Flugverkehr

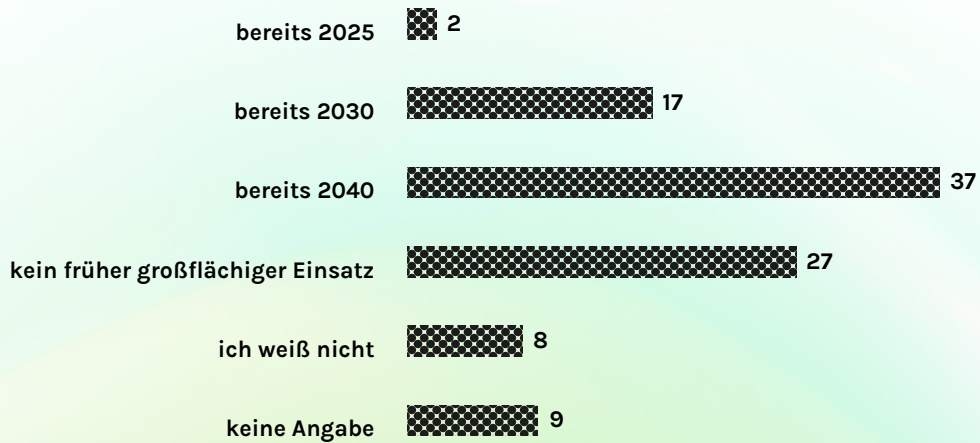


Abbildung 6j: Angaben in Prozent, n=486

Güterschienenverkehr

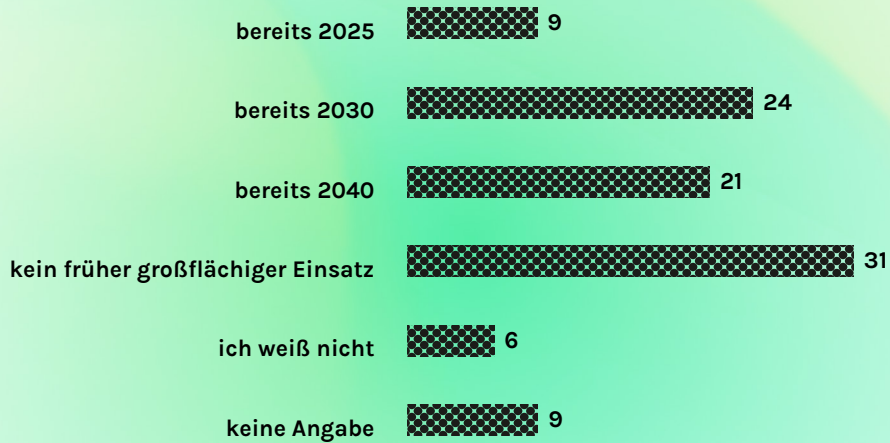


Abbildung 6k: Angaben in Prozent, n=486

Leichte Nutzfahrzeuge (bis zu 3,5t)

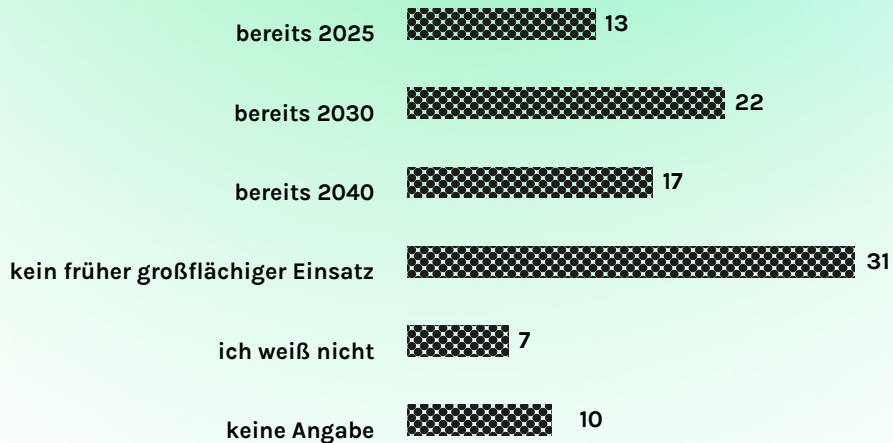


Abbildung 6l: Angaben in Prozent, n=486

Flurförderfahrzeuge (z.B. Gabelstapler)

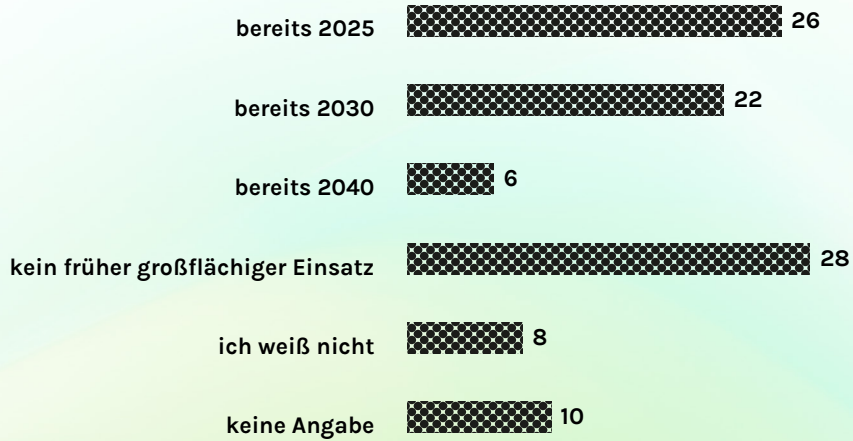


Abbildung 6m: Angaben in Prozent, n=486

Land-, forstwirtschaftliche oder andere Zugmaschinen



Abbildung 6n: Angaben in Prozent, n=486

2.4 Nutzung – jährlicher inländischer Bedarf

Wir baten die Befragten darum, die künftigen nationalen Wasserstoffbedarfe zu mehreren Zeitpunkten zu schätzen. Lediglich ein Drittel der Befragten (197 Personen) machte hier Angaben, wobei die Antworten eine sehr große Streuung aufweisen. Durchschnittlich schätzen die Befragten den zukünftigen jährlichen Bedarf auf circa 900 Terawattstunden im Jahr 2030, 1.800 Terawattstunden im Jahr 2040 und 2.500 Terawattstunden im Jahr 2050. Bei der Auswertung der Ergebnisse fällt auf, dass einzelne Befragte extrem hohe Werte angegeben haben. Wertet man statt des Mittelwertes den Median aus, der durch extreme Werte viel weniger stark beeinflusst wird, liegen die geschätzten Werte im Bereich vorhandener Studien: 100 Terawattstunden im Jahr 2030, 250 Terawattstunden im Jahr 2040 und 500 Terawattstunden im Jahr 2050 (vgl. Abbildung 7). Die Hälfte der Antworten lag für 2030 im Intervall zwischen 50 und 170 Terawattstunden, für 2040 zwischen 125 und 500 Terawattstunden und für 2050 zwischen 250 und 1.000 Terawattstunden.

Wie hoch schätzen Sie den zukünftigen jährlichen Bedarf an Wasserstoff in ganz Deutschland?

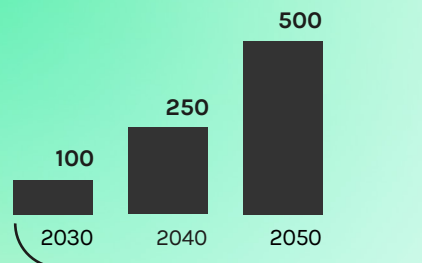


Abbildung 7: Median, Angaben in TWh, n=197

2.5 Erzeugung – Herstellungspfade

Wie auf Seite 17 (Abbildung 5a, Balken 40 bis 50 und größer) dargestellt, denkt rund die Hälfte der Befragten, der Anteil an klimaneutralem Wasserstoff sollte im Jahr 2030 bei mindestens 50 Prozent liegen. Für 2050 finden fast 60 Prozent der Befragten, dieser Anteil solle 100 Prozent betragen. Diese Entwicklung spiegelt sich in den Antworten der Befragten zu den angenommenen zukünftigen Anteilen verschiedener Herstellungspfade von Wasserstoff wider. Während heute der benötigte Wasserstoff fast vollständig durch Dampfreformierung aus Erdgas gewonnen wird, sehen die Befragten für 2030 die Elektrolyse von Wasser als wichtigste Herstellungsmethode – und zwar sowohl mithilfe von erneuerbarem Strom (66 Pro-

Welche Herstellungspfade haben Ihrer Ansicht nach im Jahr 2030 die größten Anteile an der Erzeugung von H_2 und H_2 -Derivaten in Deutschland?

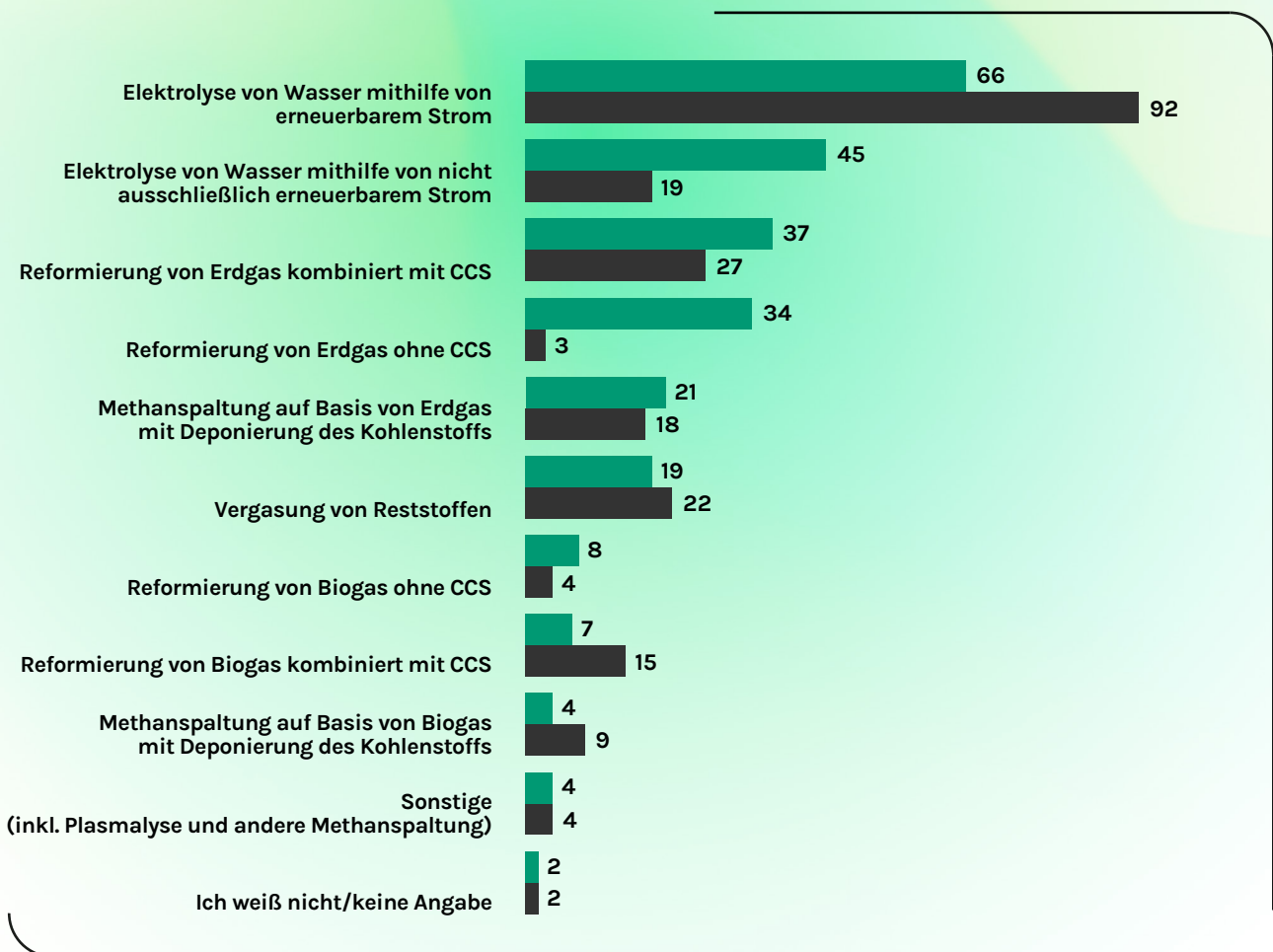


Abbildung 8: Angaben in Prozent, n=596

■ 2030 ■ 2050

zent der Befragten) als auch mit nicht ausschließlich erneuerbarem Strom (45 Prozent) (vgl. Abbildung 8). Die Dampfreformierung (mit und ohne Kohlenstoffabscheidung und -speicherung [CCS]) folgt 2030 auf den Plätzen 3 und 4 (37 beziehungsweise 34 Prozent). Für 2050 verschieben sich die Verhältnisse deutlich hin zu einer geringeren Treibhausgasintensität: Die Elektrolyse mit erneuerbarem Strom dominiert (92 Prozent der Befragten sehen dies als wichtige Technik). Die Dampfreformierung – insbesondere ohne CCS – nimmt in ihrer Bedeutung ab.

Bemerkenswert ist, dass fast 20 Prozent der Befragten meinen, 2050 werde Elektrolyse von Wasser mithilfe von nicht ausschließlich erneuerbarem Strom eine wichtige Rolle spielen. Dieser Teil der Befragten scheint also davon auszugehen, dass 2050

die Stromerzeugung nicht komplett auf der Grundlage regenerativer Quellen erfolgen wird. Die Methanspaltung auf Basis von Erdgas inklusive der Deponierung des Kohlenstoffs sowie die Vergasung von Reststoffen werden für 2030 von jeweils circa 20 Prozent der Befragten als wichtige Erzeugungsmethoden genannt. Für 2050 ändert sich die Einschätzung nur unwesentlich: Die Methanspaltung auf Basis von Erdgas nimmt in ihrer Bedeutung leicht ab, die Reststoffvergasung leicht zu. Der Reformierung oder Spaltung von Methan auf Basis von Biogas wird für 2030 von den Befragten nur eine sehr kleine Bedeutung zugewiesen. Bis 2050 erwarten die Befragten aber, dass diese Techniken, wenn mit CCS beziehungsweise Deponierung des Kohlenstoffs verbunden, in ihrer Bedeutung zunehmen.

2.6 Erzeugung – inländische Elektrolyse- Leistung

Wir baten die Teilnehmenden darum, die künftige installierte Elektrolyse-Leistung (in Deutschland, stromseitig) zu verschiedenen Zeitpunkten zu schätzen. Wie bei den nationalen Wasserstoffbedarfen (vgl. Abbildung 7, Seite 26) machten hier nur rund ein Drittel der Befragten (200 Personen) eine Angabe. Auch hier weisen deren Antworten eine sehr große Streuung auf. Durchschnittlich schätzen die Befragten die installierte Elektrolyseleistung auf circa 80 Gigawatt im Jahr 2030, 700 Gigawatt im Jahr 2040 und 1.800 Gigawatt im Jahr 2050. Auch hier fällt bei der Auswertung der Ergebnisse auf, dass einzelne Befragte extrem hohe Werte angegeben haben. Nutzt man auch hier den Median, der weniger von extremen Werten beeinflusst wird, liegen die geschätzten Werte deutlich niedriger: 8 Gigawatt im Jahr 2030, 30 Gigawatt im Jahr 2040 und 50 Gigawatt im Jahr 2050 (vgl. Abbildung 9). Die Hälfte der Antworten liegt dann jeweils im Intervall zwischen 5 und 15 Gigawatt (2030), zwischen 15 und 50 Gigawatt (2040) und zwischen 30 und 100 Gigawatt (2050).

Interessant ist der Vergleich mit den Bedarfen. Geht man von optimistischen 4.000 Volllaststunden im Jahr für die Elektrolyseure aus und legt eine Effizienz von 70 Prozent zu Grunde, lassen sich mit den geschätzten Kapazitäten (Median) folgende Mengen Wasserstoff inländisch durch Elektrolyse produzieren: 22 Terawattstunden im Jahr 2030, 84 Terawattstunden im Jahr 2040 und 140 Terawattstunden im Jahr 2050. Diese Mengen liegen deutlich unter den geschätzten Bedarfen: Im Jahr 2030 betragen die geschätzten Wasserstoffmengen lediglich rund 22 Prozent der geschätzten Bedarfe; in 2040 und 2050 decken die geschätzten, inländisch erzeugten Mengen circa 30 Prozent der geschätzten Bedarfe.

Wie hoch schätzen Sie die installierte Leistung (stromseitig) im Bereich Wasserstofferzeugung via Elektrolyse in Deutschland?

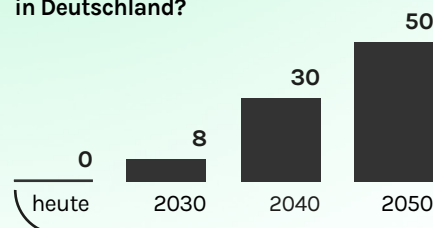


Abbildung 9: Angaben in GW, Median, n=200

2.7 Erzeugung – Preisparität

Für den Hochlauf des klimaneutral erzeugten Wasserstoffs ist die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit hochrelevant. Wir fragten die Teilnehmenden, ob sie denken, dass im Jahr 2030 Wasserstoff, der elektrolytisch mithilfe von regenerativem Strom erzeugt wird, günstiger ist als Wasserstoff, der aus Erdgas gewonnen wird – inklusive Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS). Die Befragten sind uneinig: 45 Prozent erwarten, dass Elektrolyse-Wasserstoff günstiger als Erdgas-Wasserstoff mit CCS sein wird, wohingegen fast der gleiche Anteil (44 Prozent) dies nicht erwartet (vgl. Abbildung 10). Dieser fehlende Konsens kann darauf zurückzuführen sein, dass die Abschätzung von zukünftigen Preisen mit sehr hohen Unsicherheiten verknüpft und damit sehr schwierig ist. Auf der anderen Seite könnte es aber auch auf die Erwartung hindeuten, dass sich die Preisschere schließt.

Aurora energy research schätzt in einer aktuellen Studie⁷, dass nur in wenigen europäischen Ländern eine Preisparität in den dreißiger Jahren erreicht wird; bei dieser Studie wurde allerdings die Wirkung von staatlicher Förderung nicht berücksichtigt.

Wird 2030 Elektrolyse-Wasserstoff (erzeugt mithilfe von Strom aus Erneuerbaren Energien) günstiger sein als Erdgas-Wasserstoff (mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung)?



Abbildung 10: Angaben in Prozent, n=413

2.8 Importe – Wasserstoff

Die große Diskrepanz zwischen Bedarfen und der in Deutschland zu erwartenden Wasserstoff-Produktion macht Wasserstoffimporte notwendig. Wir haben die Umfrage-Teilnehmenden gefragt, welcher Anteil des in Deutschland zukünftig genutzten Wasserstoffs ihrer Meinung nach aus anderen Ländern eingeführt wird. Für das Jahr 2030 erwarten die Befragten im Mittel eine Importquote von 36 Prozent, die bis 2050 deutlich auf 53 Prozent ansteigt. Hierbei konnten die Befragten den Importanteil frei angeben (vgl. Abbildung 11).

Welcher Anteil des in den folgenden Jahren in Deutschland genutzten Wasserstoffs wird Ihrer Ansicht nach aus anderen Ländern importiert?

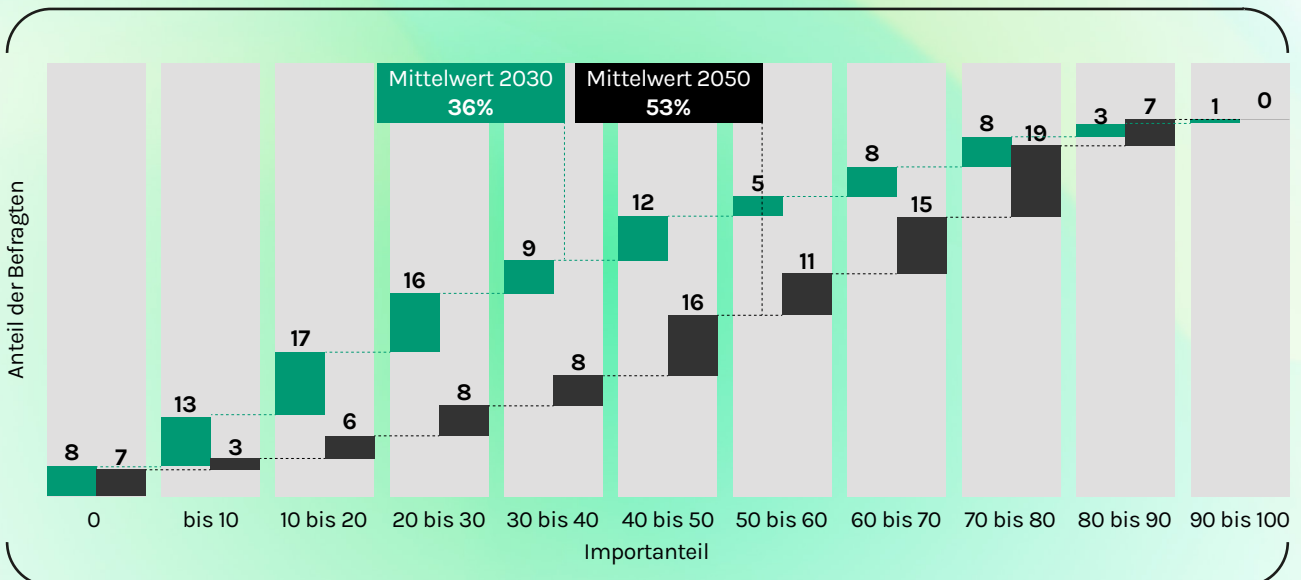


Abbildung 11: Angaben in Prozent, n=596; die jeweils angegebene obere Grenze zählt zum Intervall, die untere Grenze nicht.

■ 2030 ■ 2050

2.9 Importe – Kriterien

Was zeichnet eine Region aus, damit sie sich für den Export von Wasserstoff oder Wasserstoffderivaten nach Deutschland eignet? Die Umfrage stellt elf Kriterien als Antwortoptionen zur Auswahl. Hier bewerteten die Befragten die Relevanz jedes Kriteriums auf einer fünfstufigen Skala (vgl. Abbildung 12). Über 60 Prozent schätzen sieben der elf Kriterien als sehr oder eher wichtig ein. Als maßgebliche Kriterien

Die Auswahlkriterien für Länder, aus denen H₂/H₂-Derivate importiert werden, sind vielfältig. Für wie wichtig halten Sie die folgenden Kriterien?

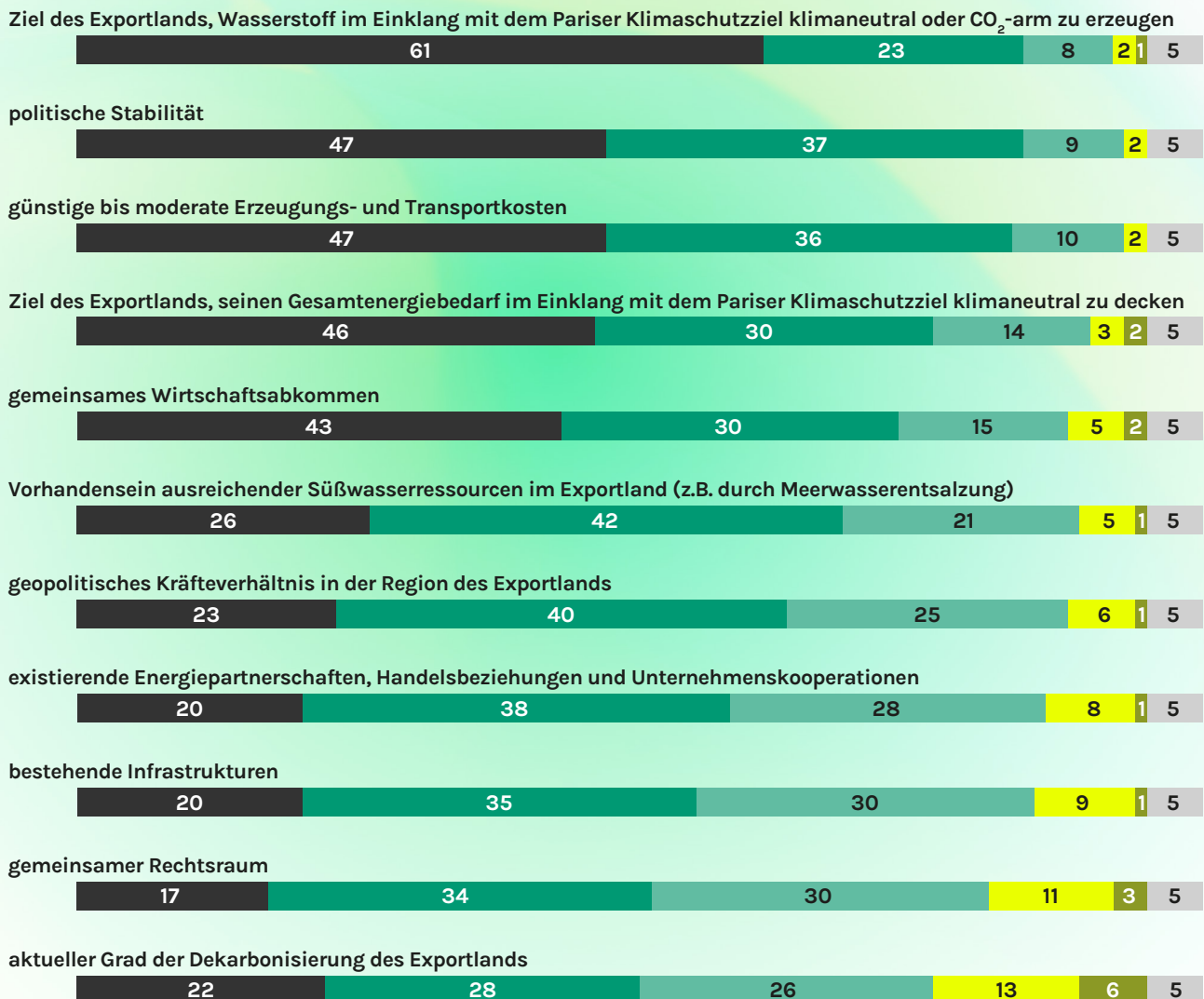


Abbildung 12: Angaben in Prozent, n=596

■ sehr wichtig ■ eher wichtig ■ neutral ■ eher unwichtig ■ völlig unwichtig ■ keine Angabe

sehen die Befragten eine klimaneutrale beziehungsweise CO₂-arme Erzeugung (84 Prozent), politische Stabilität (84 Prozent), sowie günstige bis moderate Erzeugungs- und Transportkosten (83 Prozent). Weitere besonders wichtige Kriterien in Bezug auf mögliche Exportregionen sind das Vorhandensein ausreichender Süßwasserressourcen (76 Prozent), das Ziel einer klimaneutralen Deckung des Gesamtenergiebedarfs (73 Prozent) und das geopolitische Kräfteverhältnis in der Region (68 Prozent). An dieser Stelle merken wir an, dass diese Umfrage vor Ausbruch des Ukraine-Kriegs durchgeführt wurde. Es ist zu vermuten, dass sich die damit verknüpften Entwicklungen auf Meinungen zu Kriterien wie das geopolitische Kräfteverhältnis in der Region rund um das Exportland auswirken.

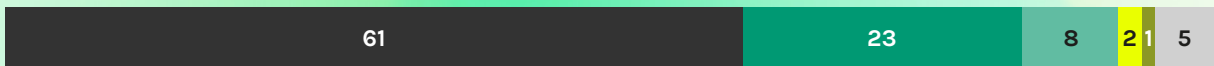
Die vergleichsweise eher zurückhaltende Bewertung einiger Kriterien wirft Fragen auf: Warum werden

günstige bis moderate Erzeugungs- und Transportkosten von 83 Prozent als (eher) wichtig bewertet, bestehende Infrastrukturen, die für günstige bis moderate Transportkosten eine gute Basis darstellen können, hingegen nur von 55 Prozent? Ebenso könnte ein aktuell hoher Dekarbonisierungsgrad ein positives Indiz dafür sein, dass ein Exportland das Ziel verfolgt, seinen Gesamtenergiebedarf klimaneutral zu decken – knapp drei Viertel der Befragten halten dieses Ziel für ein (eher) wichtiges Kriterium. Jedoch hält lediglich die Hälfte der Befragten den aktuellen Dekarbonisierungsgrad für (eher) wichtig.

Weiterhin sind drei leichte, aber dennoch statistisch signifikante Meinungsunterschiede zwischen den Befragten aus öffentlicher Verwaltung und denen aus Kleinst-, kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) anzumerken: 1. Das Ziel des Exportstandortes,

Ziel des Exportlands, Wasserstoff im Einklang mit dem Pariser Klimaschutzziel klimaneutral oder CO₂-arm zu erzeugen

Gesamt (n=596)



öffentliche Verwaltung (n=49)



Wissenschaftler*innen (n=214)



KMU (n=144)



Großunternehmen (n=135)

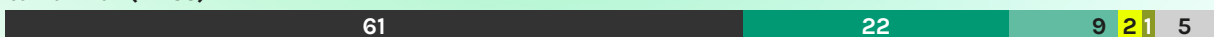


Abbildung 12a: Angaben in Prozent

■ sehr wichtig ■ eher wichtig ■ neutral ■ eher unwichtig ■ völlig unwichtig ■ keine Angabe

Wasserstoff klimaneutral oder CO₂-arm zu erzeugen, finden 80 Prozent der Befragten aus der öffentlichen Verwaltung sehr wichtig. Hingegen sind es nur 52 Prozent bei den Befragten aus KMU (vgl. Abbildung 12a, schwarze Balken). 2. Das Ziel eines Exportlands, seinen Gesamtenergiebedarf klimaneutral zu decken, halten 86 Prozent der Befragten aus Verwaltung für eher oder

sehr wichtig – gegenüber 66 Prozent der Befragten aus KMU (vgl. Abbildung 12b, schwarze und dunkelgrüne Balken). 3. Ein höherer Anteil an Befragten aus der Verwaltung (59 Prozent) als aus KMU (36 Prozent) hält das geopolitische Kräfteverhältnis in der Region rund um das Exportland für eher wichtig (vgl. Abbildung 12c, dunkelgrüne Balken).

Ziel des Exportlands, seinen Gesamtenergiebedarf im Einklang mit dem Pariser Klimaschutzziel klimaneutral zu decken

Gesamt (n=596)



öffentliche Verwaltung (n=49)



Wissenschaftler*innen (n=214)



KMU (n=144)



Großunternehmen (n=135)



Abbildung 12b: Angaben in Prozent

■ sehr wichtig ■ eher wichtig ■ neutral ■ eher unwichtig ■ völlig unwichtig ■ keine Angabe

Geopolitisches Kräfteverhältnis in der Region des Exportlands

Gesamt (n=596)



öffentliche Verwaltung (n=49)



Wissenschaftler*innen (n=214)



KMU (n=144)



Großunternehmen (n=135)



Abbildung 12c: Angaben in Prozent

■ sehr wichtig ■ eher wichtig ■ neutral ■ eher unwichtig ■ völlig unwichtig ■ keine Angabe

2.10 Importe – Exportstandorte

Danach wurde gefragt, welche Wasserstoff-Exportländer beziehungsweise -regionen im Jahr 2030 und im Jahr 2050 wichtig für Importe nach Deutschland sind. Die Umfrage-Teilnehmenden antworteten eher breit gefächert (vgl. Abbildung 13) – auch an dieser Stelle ist anzumerken, dass diese Umfrage vor Ausbruch des Ukraine-Kriegs durchgeführt wurde und dass sich die damit verknüpften Entwicklungen wahrscheinlich auf Meinungen hinsichtlich der Wichtigkeit bestimmter Exportstandorte auswirken. Den Befragten standen hier drei Bewertungsstufen (wichtig, eher wichtig, unwichtig) zur Wahl. Nur zwei Standorte stufen rund die Hälfte der Befragten für 2030 beziehungsweise 2050 als wichtig ein, nämlich Norwegen (für 2030: 54 Prozent; für 2050: 51 Prozent) und Nordafrika (für 2030: 46 Prozent; für 2050: 51 Prozent). Berücksichtigt man außerdem die Antwortoption „eher wichtig“, ergibt sich für zwei weitere Standorte ein Anteil von mehr als 50 Prozent unter den Befragten: Spanien (für 2030: 59 Prozent wichtig oder eher wichtig) und Nordafrika (für 2030: 73 Prozent wichtig oder eher wichtig).

Aus welchen Regionen/Ländern wird Deutschland Ihrer Meinung nach zukünftig Wasserstoff oder Wasserstoffderivate importieren?

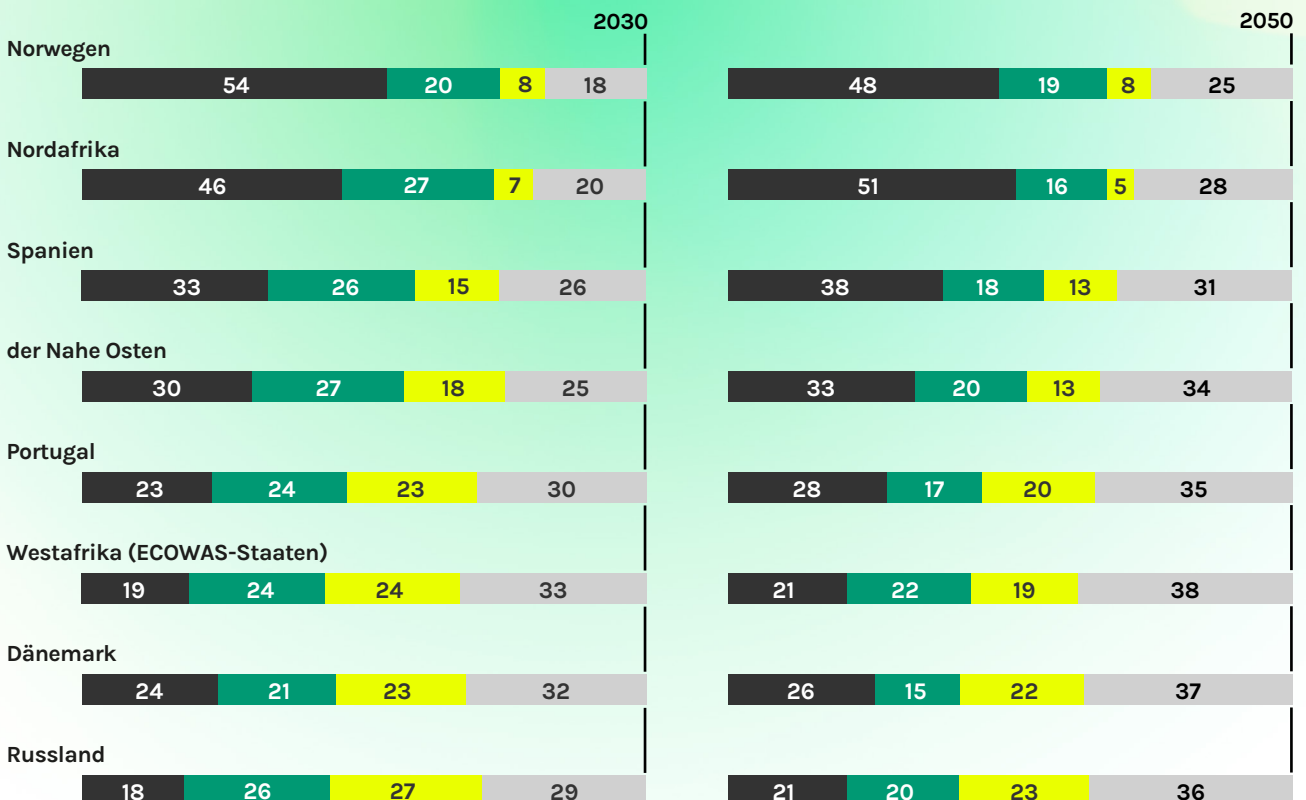
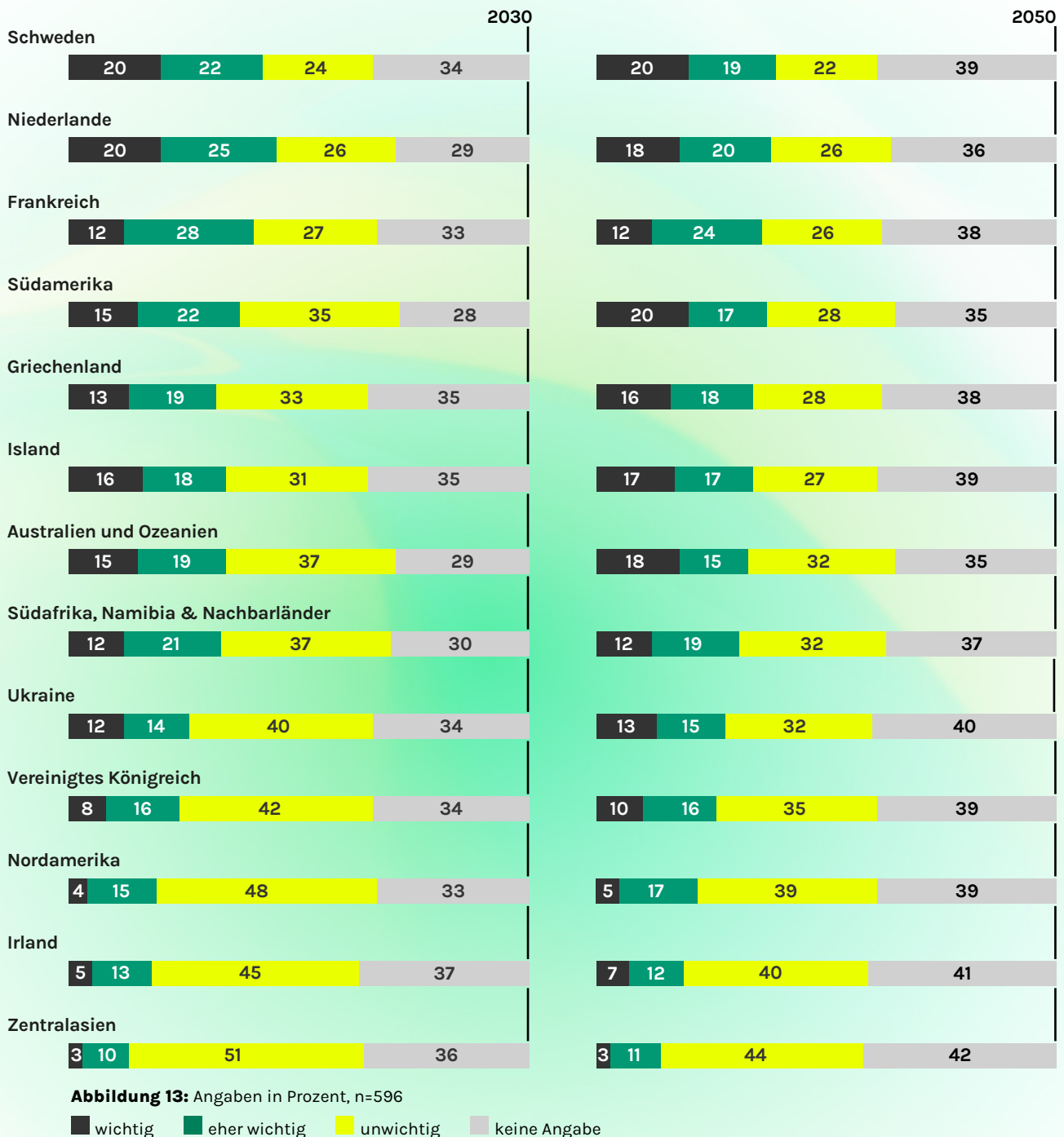


Abbildung 13: Angaben in Prozent, n=596

■ wichtig ■ eher wichtig ■ unwichtig ■ keine Angabe

Aus welchen Regionen/Ländern wird Deutschland Ihrer Meinung nach zukünftig Wasserstoff oder Wasserstoffderivate importieren?



tig; für 2050: 56 Prozent wichtig oder eher wichtig) und der Nahe Osten (für 2030: 57 Prozent wichtig oder eher wichtig; für 2050: 53 Prozent wichtig oder eher wichtig). Insgesamt lässt sich feststellen, dass viele Exportländer und -regionen aus Sicht der Befragten

bis 2050 gegenüber 2030 an Bedeutung gewinnen (analog zur allgemein angenommenen Erhöhung der Wasserstoffimporte bis 2050). Gegenteiliges trifft eher auf geographisch nähere Länder zu, wie die Niederlande, Frankreich, Norwegen oder Schweden.

2.11 Infrastruktur – für industrielle und private Verbraucher

Welche Anpassungen zur bestehenden Infrastruktur, welche weiteren Maßnahmen sind aus Sicht der Befragten notwendig, damit der (importierte) Wasserstoff in Deutschland ankommt beziehungsweise hierzulande gespeichert und verteilt wird? Im Rahmen der Umfrage konnten die Befragten die Wichtigkeit verschiedener Infrastrukturmaßnahmen auf einer fünfstufigen Skala (von sehr wichtig bis völlig unwichtig) bewerten.

Hinsichtlich der Wasserstoffinfrastruktur bis 2050 hält eine große Mehrheit der Befragten (87 Prozent) den Ausbau eines dedizierten Wasserstoff-Pipeline-netzes zur Versorgung von industriellen Anlagen für sehr oder eher wichtig (vgl. Abbildung 14). Dies steht in Einklang mit einem weiteren Ergebnis der Umfrage: Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass Wasserstoff spätestens 2040 großflächig in Industriebranchen zum Einsatz kommt (Abbildungen 6c bis 6e, Seiten 20–21). Auffällig sind jedoch die signifikanten Meinungsunterschiede zwischen Befragten aus Großunternehmen und Wissenschaftler*innen. Während 75 Prozent der Befragten aus Großunternehmen den Ausbau eines dedizierten Wasserstoff-Pipelinenetzes bis spätestens 2050 sogar als sehr wichtig bewerten, ist es nur gut die Hälfte (51 Prozent) der Wissenschaftler*innen.

Einen Anschluss von Privathaushalten an ein Wasserstoff-Verteilnetz halten dagegen weniger als die Hälfte (41 Prozent) für eher (22 Prozent) oder sehr wichtig (19 Prozent, vgl. Abbildung 14). Auch dies deckt sich mit der eher verhaltenen Einschätzung der Befragten zum frühen, großflächigen Wasserstoffeinsatz im Bereich der Gebäudewärme (vgl. Abbildung 6b, Seite 20).

Pipeline-Verteilnetze für industrielle und private Verbraucher

Wie wichtig ist der Ausbau eines nationalen Wasserstoff-Pipelinennetzes (zur Versorgung industrieller Anlagen) bis 2050?

Wie wichtig ist die Versorgung von Privathaushalten über ein Wasserstoff-Verteilnetz bis 2050?

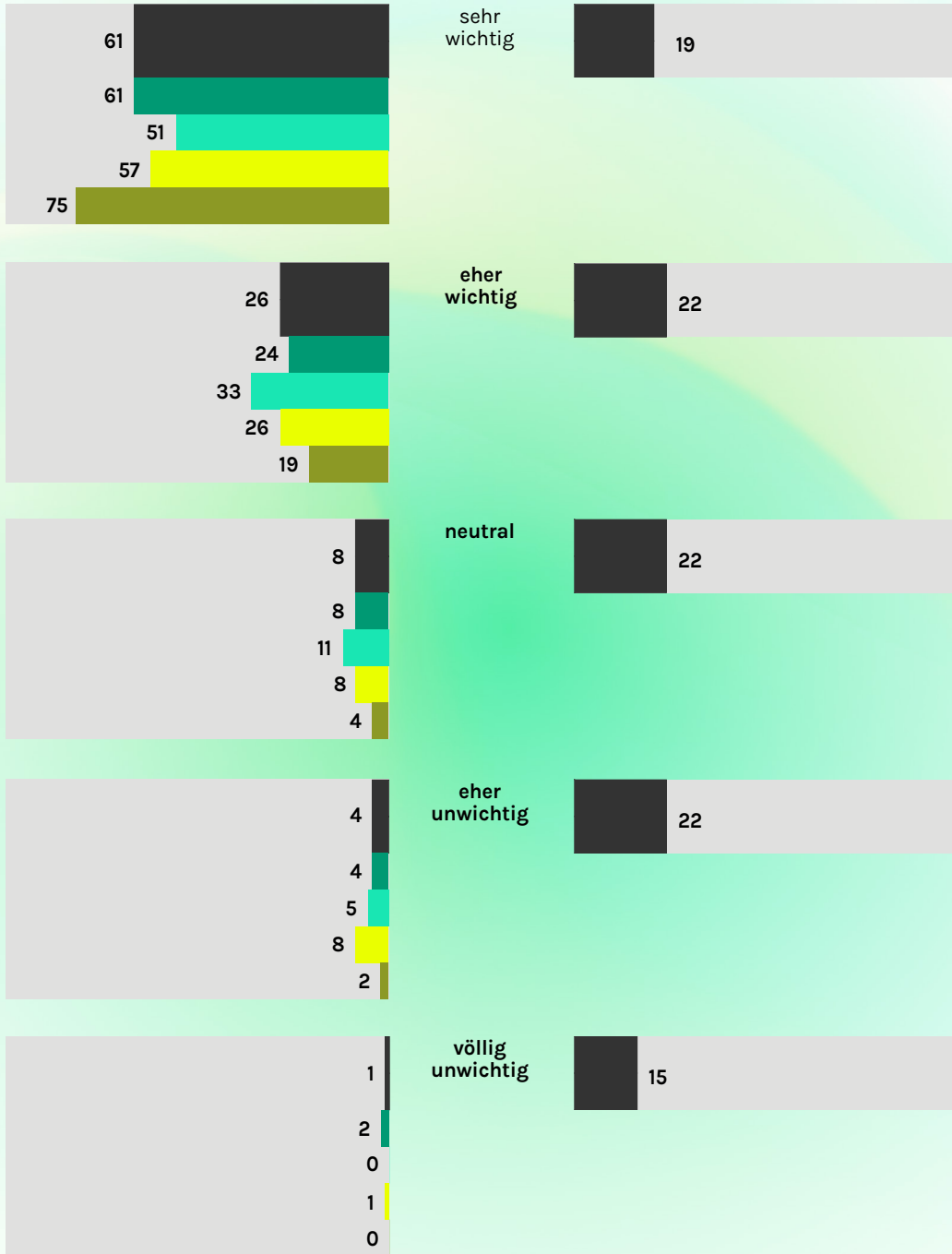


Abbildung 14: Angaben in Prozent; die Kategorie "keine Angabe" wurde von niemandem ausgewählt.

Gesamt (n=596)
 öffentliche Verwaltung (n=49)
 Wissenschaftler*innen (n=214)
 KMU (n=144)
 Großunternehmen (n=135)

2.12 Infrastruktur – Speicher- technologien

Da Wasserstoff auf das Volumen bezogen eine kleinere Energiedichte hat als zum Beispiel Erdgas, ist eine Wasserstoffwirtschaft auf vielfältige Speichertechnologien angewiesen. Wir fragten die Teilnehmenden, welche Technologie bis 2030 von besonderer Bedeutung sein würde. Sie konnten aus drei Möglichkeiten nur eine wählen. 42 Prozent der Befragten sehen die physikalische Speicherung von Wasserstoff (also in Druckgasbehältern) als besonders bedeutsam an (vgl. Abbildung 15). Chemische Speicherung (also zum Beispiel in Form von Ammoniak, Methanol oder gebunden an Liquid Organic Hydrogen Carrier [LOHC]) halten 28 Prozent der Befragten für besonders bedeutsam. Nur 23 Prozent sehen diese besondere Bedeutung für geologische Speicher. Hier spiegelt sich wider, dass nicht alle geologischen Erdgasspeicher für Wasserstoff in Frage kommen. Physikalische Speicher sind sehr vielfältig und erlauben eine hohe Komprimierung des Gases. Sie werden als lokale Speicher Einsatz finden und umso wichtiger werden, je dezentraler die Wasserstoffproduktion und je kleinteiliger ein Energiesystem ist.

Die Nutzung welcher Speichertechnologie ist Ihrer Meinung nach bis 2030 von besonderer Bedeutung für eine Wasserstoffwirtschaft?

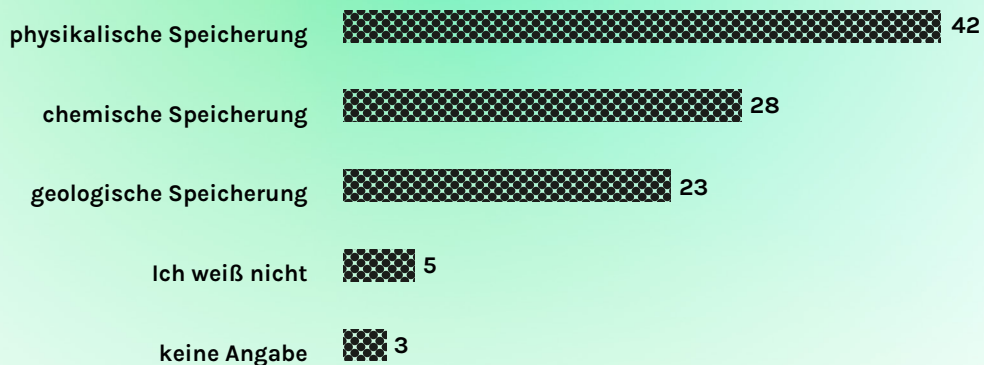


Abbildung 15: Angaben in Prozent, n=435

2.13 Infrastruktur – notwendige Faktoren für die Wasserstoff- Infrastruktur

Eine Wasserstoffinfrastruktur benötigt mehr als Speicher und Verteilinfrastruktur. Wir haben die Teilnehmenden gefragt, wie notwendig sie acht vorgegebene Faktoren für den Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur bewerten (vgl. Abbildung 16). Dazu stand ihnen wieder eine fünfstufige Skala zur Verfügung.

Weitgehend einig waren sie sich über die Unerlässlichkeit von Infrastrukturmaßnahmen. Beispielhaft ist der Ausbau von Wasserstoffspeichern: 91 Prozent halten den Ausbau von Wasserstoffspeichern grundsätzlich für notwendig oder bedingt notwendig. Auch die Verteilinfrastruktur über Pipeline-Netze und über Tankstellen halten die Befragten für notwendig (maximal 16 Prozent neutral, kaum oder nicht notwendig).

Einen signifikanten Meinungsunterschied gibt es nur bei der Bewertung, wie notwendig der Ausbau der Häfen zu H₂-Hubs ist. Während 79 Prozent aller Befragten diese Anpassung als (bedingt notwendig) und 6 Prozent aller Befragten dies als kaum oder nicht

Welche der folgenden Faktoren sind Ihrer Ansicht nach notwendig für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland?

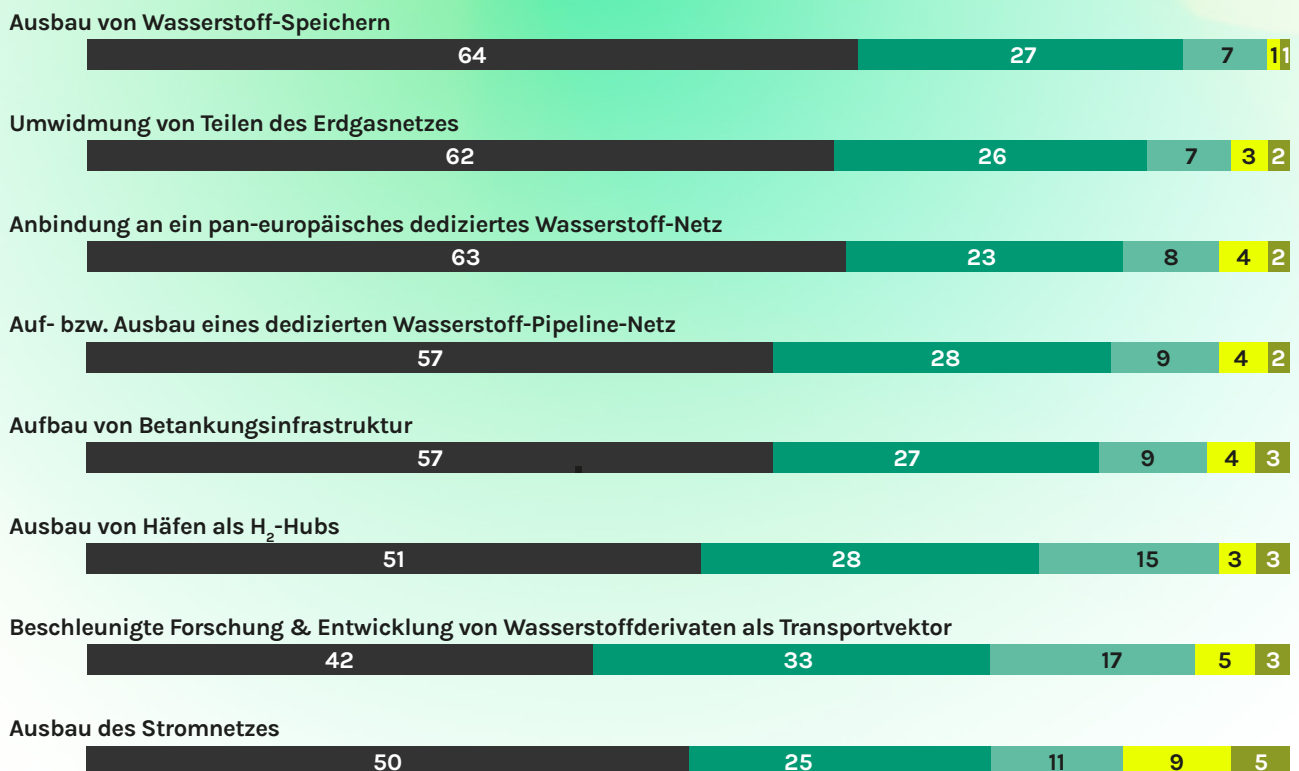


Abbildung 16: Angaben in Prozent, n=435; die Kategorie "keine Angabe" wurde von niemandem ausgewählt.

■ notwendig ■ bedingt notwendig ■ neutral ■ kaum notwendig ■ nicht notwendig

notwendig erachten, bewerten 90 Prozent aus der öffentlichen Verwaltung den Ausbau von Häfen als (bedingt) notwendig und niemand in dieser Teilgruppe findet, dies wäre nicht notwendig. Die niedrigsten Be-

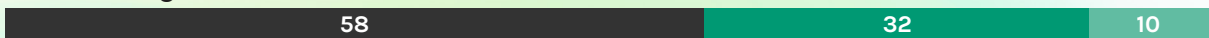
wertungen gaben Befragten aus Kleinst-, kleinen und mittleren Unternehmen ab: nur 67 Prozent finden dies (bedingt) notwendig (vgl. Abbildung 16a schwarze und dunkelgrüne Balken).

Ausbau von Häfen als H₂-Hubs

Gesamt (n=435)



öffentliche Verwaltung (n=40)



Wissenschaftler*innen (n=136)



KMU (n=118)



Großunternehmen (n=103)



Abbildung 16a: Angaben in Prozent

■ notwendig ■ bedingt notwendig ■ neutral ■ kaum notwendig ■ nicht notwendig

Die Teilnehmenden, die die vorherigen Faktoren als neutral bis notwendig bewertet haben, wurden darauffolgend gefragt, bis wann diese Maßnahmen umgesetzt werden sollen. Bei nahezu allen Maßnahmen wird eine Umsetzung bis spätestens 2030 gefordert (vgl. Abbildung 17). Dies betrifft auch die Faktoren, denen für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur eine geringe Priorität zugeordnet wird. Für die beschleunigte Forschung an und die Entwicklung von Wasserstoffderivaten als Transportvektor sowie für den Ausbau des Stromnetzes wird eine besondere Dringlichkeit gesehen: Jeweils mehr als die Hälfte der Befragten meinen, dass diese Maßnahmen schon bis 2025 umgesetzt werden müssen. Lediglich der Ausbau von Häfen als H₂-Hubs, der Auf- beziehungsweise Ausbau eines dedizierten Wasserstoff-Pipeline-Netzes sowie die Anbindung an ein pan-europäisches dediziertes Wasserstoffnetz werden etwas weniger dringlich gesehen. Beim Ausbau von Häfen zu H₂-Hubs sehen

circa 25 Prozent, beim Aufbau eines Wasserstoff-Netzes 30 Prozent und bei der Anbindung an ein europäisches Netz rund 40 Prozent der Befragten einen Zeithorizont bis 2040.

Erwähnenswert sind auch zwei signifikante Meinungsverschiedenheiten zwischen den Stakeholder*innen. Der Ausbau von Häfen zu H₂-Hubs soll laut 73 Prozent der Befragten aus der öffentlichen Verwaltung bereits bis 2030 umgesetzt sein, diese Einschätzung teilen nur 47 Prozent der Befragten aus KMU (vgl. Abbildung 17g). Bezüglich der Anbindung an ein pan-europäisches, dediziertes Wasserstoff-Netz gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen Vertreter*innen von Großunternehmen und Wissenschaftler*innen (vgl. Abbildung 17h): Nur 29 Prozent der Befragten aus Großunternehmen sehen hier einen zeitlichen Horizont bis 2040, während fast die Hälfte der Befragten aus der Wissenschaft dies so sieht.

Bis wann müssen die folgenden notwendigen Faktoren für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland umgesetzt werden?

Beschleunigte F&E von H₂-Derivaten als Transportvektor

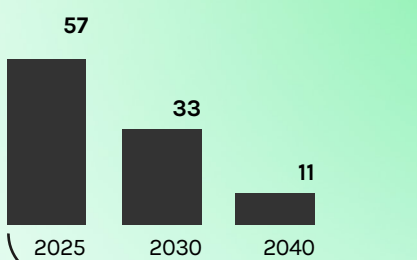


Abbildung 17a: Angaben in Prozent, n=435

Ausbau des Stromnetzes

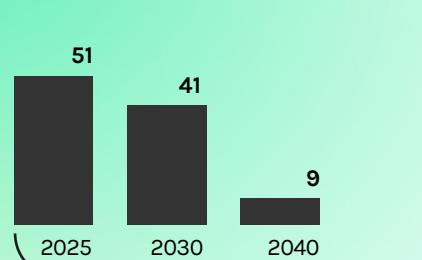


Abbildung 17b: Angaben in Prozent, n=435

Aufbau von Betankungsinfrastruktur

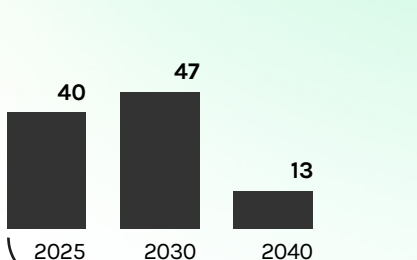


Abbildung 17c: Angaben in Prozent, n=435

Umwidmung von Teilen des Erdgasnetzes

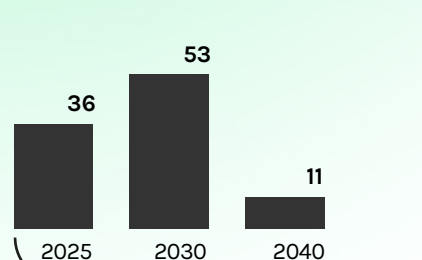


Abbildung 17d: Angaben in Prozent, n=435

Bis wann müssen die folgenden notwendigen Faktoren für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland umgesetzt werden?

Ausbau von Wasserstoff-Speichern

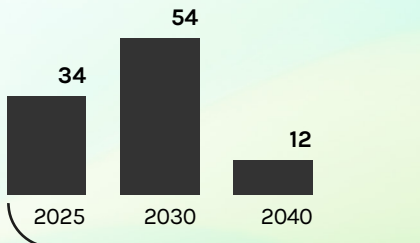


Abbildung 17e: Angaben in Prozent, n=435

Auf- bzw. Ausbau eines dedizierten Wasserstoff-Pipeline-Netz

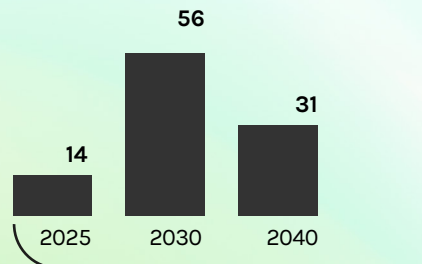


Abbildung 17f: Angaben in Prozent, n=435

Ausbau von Häfen als H₂-Hubs

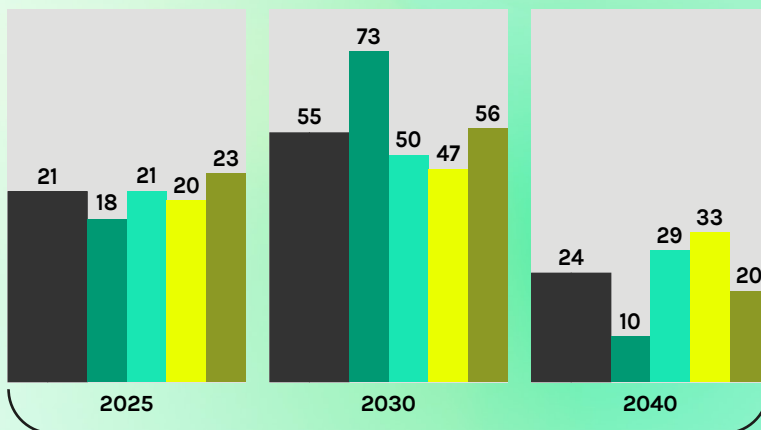


Abbildung 17g: Angaben in Prozent

Gesamt (n=408)
 öffentliche Verwaltung (n=40)
 Wissenschaftler*innen (n=129)
 KMU (n=104)
 Großunternehmen (n=98)

Anbindung an ein pan-europäisches dediziertes Wasserstoff-Netz

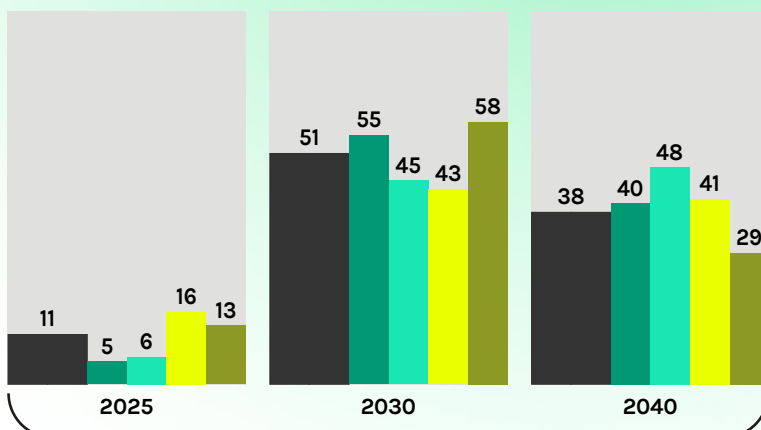


Abbildung 17h: Angaben in Prozent

Gesamt (n=410)
 öffentliche Verwaltung (n=40)
 Wissenschaftler*innen (n=126)
 KMU (n=104)
 Großunternehmen (n=98)

2.14 Infrastruktur – Anpassungen für Transport und Verteilung von Wasserstoff

Bei weiteren infrastrukturellen Anpassungen baten wir die Teilnehmenden, die Maßnahmen nur nach Dringlichkeit zu bewerten, wobei sie angeben konnten, ob sie eine Maßnahme für überhaupt nicht notwendig hielten (vgl. Abbildung 18). Die höchste Dringlichkeit für den Transport und die Verteilung von Wasserstoff hat aus Sicht der Befragten die Beimischung von bis zu 20 Prozent Wasserstoff in die Erdgasverteilnetze (70 Prozent wünschen dies bis 2030). Diese klare Präferenz kann daraus resultieren, dass der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), der technische Regelsetzer im Bereich, eine solche Beimischung für technisch machbar erklärt hat.⁸ Eine derartige Beimischung generiert aber einen entsprechend hohen Bedarf an Wasserstoff (Expert*innen schätzen den Bedarf auf circa 60 Terawattstunden). Dies könnte gerade zu Beginn des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft in

Wie dringend sollen Anpassungen für den Transport und die Verteilung von Wasserstoff über bestehende Erdgasverteilnetze vorgenommen werden?

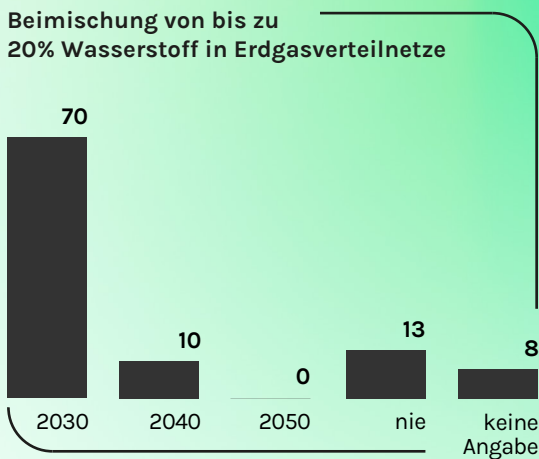


Abbildung 18a: Angaben in Prozent, n=435

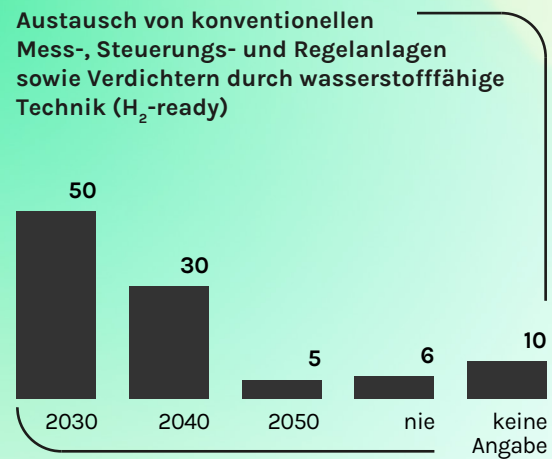


Abbildung 18b: Angaben in Prozent, n=435

Konkurrenz mit anderen Anwendungen treten. Einen Zeithorizont bis 2040 sehen 80 Prozent der Befragten beim Austausch von konventioneller Mess- und Regeltechnik und Verdichtern durch wasserstofffähige Technik (H₂-ready). Bis 2040 erwarten rund drei Viertel der Befragten den Austausch konventioneller Endgeräte durch wasserstofffähige Endgeräte (H₂-ready)

sowie die Beimischung von bis zu 100 Prozent Wasserstoff in die Erdgasverteilnetze, wobei 19 Prozent Letztere überhaupt nicht erwarten.

Da diese Umfrage vor dem Ukraine-Krieg durchgeführt wurde, ist es wahrscheinlich, dass diese Frage heute von den Teilnehmenden anders beantwortet werden würde.

**Austausch von konventionellen
Endgeräten durch wasserstofffähige
Endgeräte in Gebäuden**

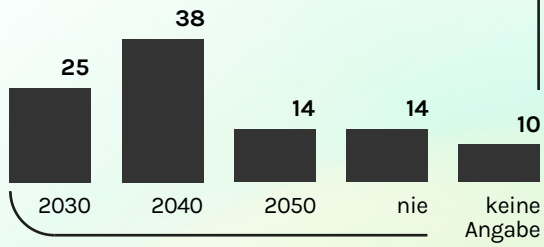


Abbildung 18c: Angaben in Prozent, n=435

**Beimischung von bis zu
100% Wasserstoff in Erdgasverteilnetze**

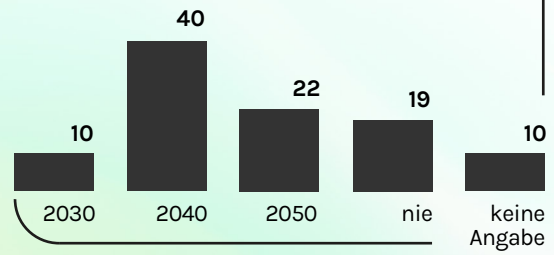


Abbildung 18d: Angaben in Prozent, n=435

3

Voraussetzungen, fördernde und hindernde Faktoren, Akzeptanz



3.1 Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt

Die Netto-Steigerung von Arbeitsplätzen wird im Vergleich zu anderen Chancen (siehe Abbildung 4, Seite 15) als weniger bedeutend eingestuft: Dies wurde lediglich von sechs Prozent der Befragten als eine der wichtigsten Chancen genannt. So ist es nicht verwunderlich, dass die Auswirkungen von klimaneutral erzeugtem Wasserstoff auf den Arbeitsmarkt bis zum Jahr 2030 differenziert beurteilt werden. Fast ein Drittel der Befragten erwartet geringfügig negative oder keine Veränderungen der Netto-Anzahl an Arbeitsplätzen, etwa ein Viertel eine Zunahme um bis zu 100.000 Arbeitsplätzen und ein weiteres Viertel eine Zunahme um mehr als 100.000 Arbeitsplätze (vgl. Abbildung 19). Diese Einschätzungen sind ähnlich den Schätzungen einer Studie von Wuppertal Institut/DIW Econ: bei einer jährlichen Nachfrage nach Elektrolyse-Wasserstoff von 87 Terawattstunden und einer installierten Kapazität von etwa 12 Gigawatt (die Wasserstoffimportquote läge bei rund 50 Prozent) könnten circa 5.500 direkte und mehr als 100.000 indirekte Arbeitsplätze durch die für die Wasserstoffproduktion notwendige Stromerzeugung geschaffen werden⁹.

Wie schätzen Sie die Auswirkungen auf Netto-Arbeitsplätze bis zum Jahr 2030 in Deutschland durch die Einführung von klimaneutral erzeugtem H₂ ein?



Abbildung 19: Angaben in Prozent, n=341

3.2 Aus- und Weiterbildung

Um diese zusätzlichen Stellen auch besetzen zu können, sind Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen notwendig – dies ist die Meinung von mehr als zwei Drittel der Befragten. 17 Prozent halten diese Maßnahmen noch für bedingt notwendig. Nur drei Prozent finden solche kaum oder nicht notwendig (vgl. Abbildung 20a). Die Befragten, die die vorherige Frage mit „(bedingt) notwendig“ oder „neutral“ beantwortet haben, haben wir im Anschluss nach der Dringlichkeit der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften gefragt: 86 Prozent davon finden, diese muss bis spätestens 2025 umgesetzt sein (vgl. Abbildung 20b).

Wie notwendig sind Ihrer Ansicht nach Folgendes für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland?

Aus- und Weiterbildung von Fachkräften



Abbildung 20a: Angaben in Prozent, n=545

■ notwendig ■ bedingt notwendig ■ neutral ■ kaum notwendig ■ nicht notwendig ■ keine Angabe

Bis wann müssen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen umgesetzt werden?

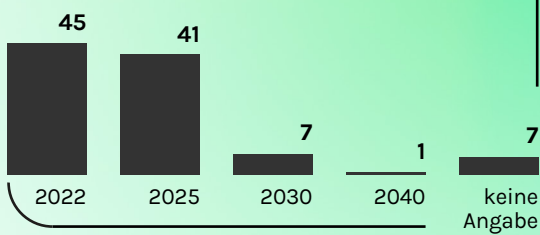


Abbildung 20b: Angaben in Prozent, n=492

3.3 Vernetzung

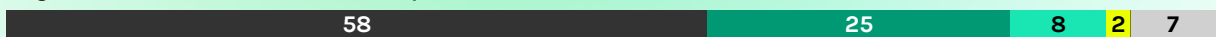
Ob (die Förderung von) Weiterbildung oder Vernetzung zwischen Akteur*innen der Wasserstoffwirtschaft eher in der Verantwortung der Einzelnen oder des Staats liegen, mag umstritten sein. Eins jedoch ist klar: die Vernetzungen von Akteur*innen auf nationaler, europäischer oder internationaler Ebene sind nach der Meinung von mehr als achtzig Prozent der Befragten mindestens bedingt notwendig (Abbildung 21). Auch bezüglich der Dringlichkeit von Vernetzungsaktivitäten herrscht relative Einigkeit: Auf allen Ebenen müssten diese bis 2025 stattfinden (vgl. Abbildung 22). Lediglich bei der Vernetzung auf internationaler Ebene wird etwas mehr Zeit eingeräumt: hier sehen immerhin 17 Prozent einen Zeitrahmen bis 2030 (nur Teilnehmenden, die diese Maßnahme als neutral bis notwendig bewertet haben, wurde diese Frage angezeigt). Dabei gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Akteur*innen: mehr als drei Viertel der Befragten aus Großunternehmen sagen, dass sich die nationalen Netzwerke bereits 2022 bilden müssen (vgl. Abbildung 22b), wohingegen Vertreter*innen der öffentlichen Verwaltung (vgl. Abbildung 22c) anteilig einen dringlicheren Bedarf bei der Vernetzung auf europäischer Ebene sehen.

Wie notwendig sind Ihrer Ansicht nach die folgenden Faktoren für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland?

Vernetzung der inländischen Akteure



Vernetzung mit internationalen Akteuren/Kooperationen mit Partnerländern



Vernetzung/Kooperationen mit europäischen Akteuren

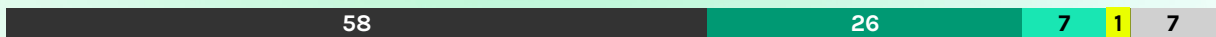


Abbildung 21: Angaben in Prozent, n=545

notwendig
 bedingt notwendig
 neutral
 kaum notwendig
 nicht notwendig
 keine Angabe

Bis wann müssen die folgenden Faktoren umgesetzt werden?

Vernetzung mit internationalen Akteur*innen/Kooperationen mit Partnerländern

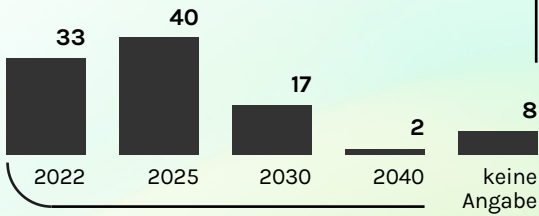


Abbildung 22a: Angaben in Prozent, n=496

Vernetzung der inländischen Akteur*innen

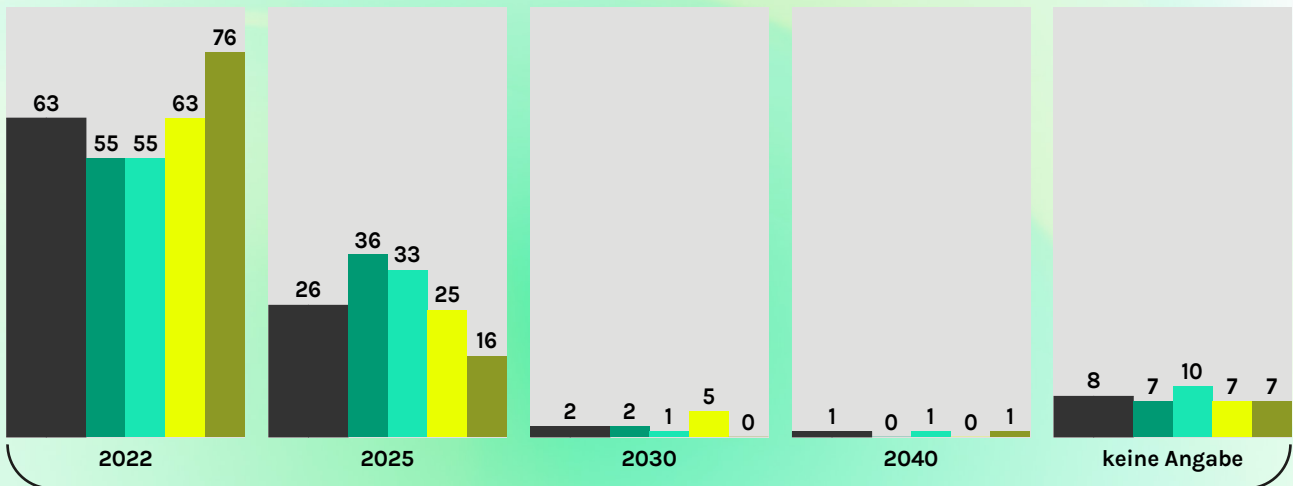


Abbildung 22b: Angaben in Prozent

■ gesamt (n=495) ■ öffentliche Verwaltung (n=44) ■ Wissenschaftler*innen (n=176) ■ KMU (n=124) ■ Großunternehmen (n=113)

Vernetzung/Kooperationen mit europäischen Akteur*innen

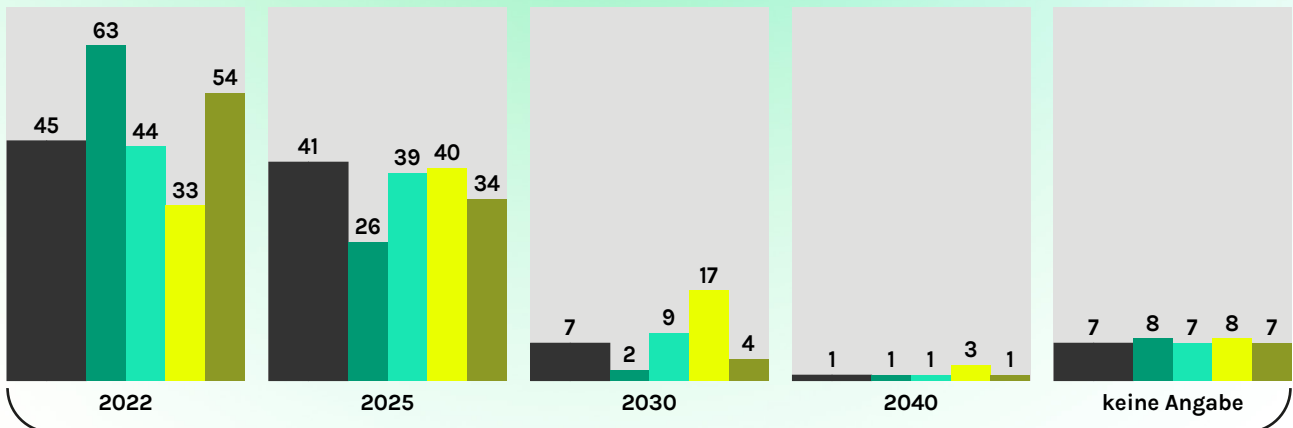


Abbildung 22c: Angaben in Prozent

■ gesamt (n=500) ■ öffentliche Verwaltung (n=46) ■ Wissenschaftler*innen (n=175) ■ KMU (n=125) ■ Großunternehmen (n=114)

3.4 Wirtschaftliche Wettbewerbs- fähigkeit und strategische bundesweite Koordination

Der mittlerweile auch öffentlich geführte Diskurs über die herausragende Bedeutung von Herkunftsnachweisen von Energieträgern, zum Beispiel in der EU-Taxonomie, spiegelt sich in den Umfrageergebnissen wider. Unter den Faktoren, die die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit fördern, und unter denen, welche der strategischen bundesweiten Koordination dienen, sind für die Teilnehmenden die Herkunftsnachweise für klimaneutralen und CO₂-armen Wasserstoff der wichtigste Faktor (für 83 Prozent der Befragten mindestens bedingt notwendig, vgl. Abbildung 23). Auch weitere strukturelle Maßnahmen, wie etwa die Änderung oder Befreiung von den staatlich induzierten Preisbestandteilen (SIP) des Stroms für die Wasserstoffherzeugung (79 Prozent) oder auch staatliche Zuschüsse und Darlehen für Wasserstoffprojekte (77 Prozent), werden von einem Großteil der Teilnehmenden befürwortet.

Während fast zwei Drittel der Teilnehmenden (63 Prozent) einen CO₂-Preis von 100 Euro je Tonne für notwendig oder bedingt notwendig erachten, sehen das bei einem CO₂-Preis von über 300 Euro pro Tonne nur noch etwas mehr als ein Drittel der Befragten so. Für nicht oder kaum notwendig halten allerdings auch nur 25 Prozent der Befragten diesen höheren CO₂-Preis.

Ebenfalls vergleichsweise groß sind die Anteile an Befragten, die der strukturellen Unterstützung für Hydrogen Purchase Agreements (HPA) neutral gegenüberstehen (24 Prozent) oder sie für bedingt notwendig (34 Prozent) statt notwendig erachten. Dieser Sachverhalt ist deshalb interessant, da andere strukturelle Fördermaßnahmen von durchaus größeren Anteilen der Befragten als notwendig eingeschätzt werden.

Abbildungen 24 und 25 zeigen, für wie dringlich die Befragten die Umsetzung dieser Maßnahmen halten. Wir stellten nur Teilnehmenden, die die entsprechende Maßnahme als neutral bis notwendig bewertet haben, diese Folgefrage. Dabei sind in Abbildung 24 diejenigen Maßnahmen dargestellt, für die mindestens drei Viertel der Teilnehmenden eine Umsetzung bis spätestens 2025 als notwendig erachten. Neben den vier wichtigsten Maßnahmen sind dies auch eine über Investitionsausgaben (CAPEX) hinausgehende Förderung der Betriebskosten (OPEX-Förderung) sowie ein CO₂-Preis von mindestens 100 Euro je Tonne.

Mehr als die Hälfte der Befragten aus öffentlicher Verwaltung und Großunternehmen erwarten

noch schnelleres Handeln: Herkunftsnachweise (Abbildung 24c) sowie eine über eine CAPEX-Förderung hinausgehende OPEX-Förderung (Abbildung 24d) müssten aus Sicht dieser Teilgruppen bereits im Jahr 2022 umgesetzt sein.

Für alle weiteren genannten Maßnahmen wird mehrheitlich eine Umsetzung bis spätestens 2030 erwartet (Abbildung 25), wobei die Ergebnisse unterschiedlich deutlich ausfallen. Beispielsweise muss die vollständige Dekarbonisierung des Stromsektors laut

57 Prozent der Befragten bis 2030 abgeschlossen sein. Im Fall der Quoten für den Einsatz von Wasserstoff zum Beispiel im Verkehrs- oder Wärmesektor sehen 82 Prozent die Notwendigkeit, diese bis 2030 umzusetzen.

Hier sind die Meinungen zu der strukturellen Unterstützung für Hydrogen Purchase Agreements wieder interessant. Es zeichnet sich ein deutlicher Unterschied der Einschätzung der Dringlichkeit von HPA zwischen Befragten der öffentlichen Verwaltung und Wissenschaftler*innen (vgl. Abbildung 25d) ab.

Wie notwendig sind Ihrer Ansicht nach die folgenden Faktoren für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland?

Herkunftsnachweise für klimaneutralen und CO₂-armen Wasserstoff



Änderung oder Befreiung von staatlich induzierten Bestandteilen des Strompreises für die Wasserstoffherzeugung



Staatliche Zuschüsse und Darlehen für Wasserstoff-Projekte



Etablierung eines nationalen Wasserstoff-Aktionsplans für 2026–2045



Vollständige Dekarbonisierung des Stromsektors unter Anpassung der Ausbaupläne für Erneuerbare Energien



Contract for Differences



Hochskalierung von Wasserstoffderivaten in den industriellen Maßstab



CO₂-Preis von mindestens 100 EUR/t



Strukturelle Unterstützung für Hydrogen Purchase Agreements



Über eine CAPEX-Förderung hinausgehende OPEX-Förderung



Quoten für den Einsatz von Wasserstoff



CO₂-Preis von über 300 EUR/t



Abbildung 23: Angaben in Prozent, n=545

notwendig bedingt notwendig neutral kaum notwendig nicht notwendig keine Angabe

Bis wann müssen diese Faktoren umgesetzt werden?

Änderung oder Befreiung von staatlich induzierten Bestandteilen des Strompreises für die Wasserstoffherzeugung

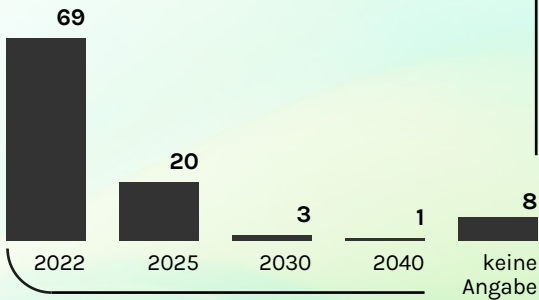


Abbildung 24a: Angaben in Prozent, n=458

Staatliche Zuschüsse und Darlehen für Wasserstoff-Projekte

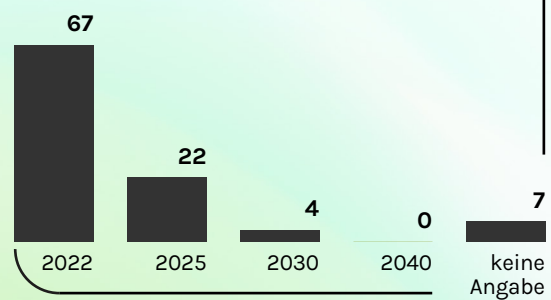


Abbildung 24b: Angaben in Prozent, n=463

Herkunftsnachweise für klimaneutralen und CO₂-armen Wasserstoff

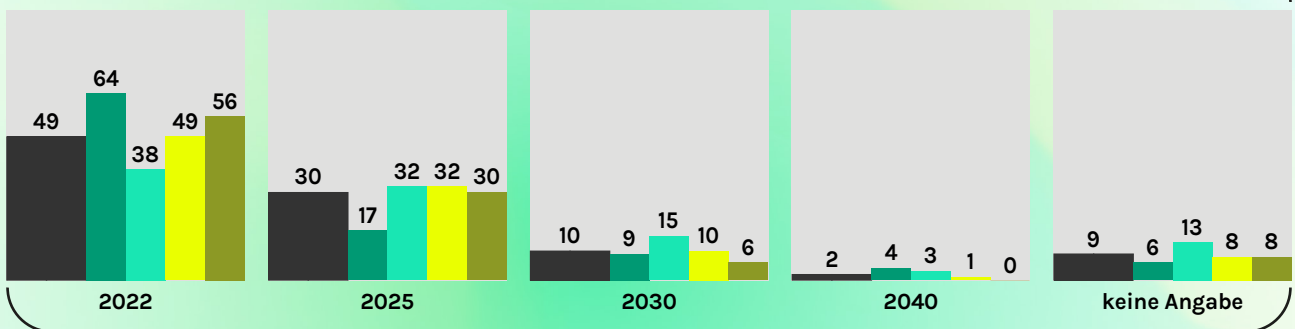


Abbildung 24c: Angaben in Prozent

■ gesamt (n=487) ■ öffentliche Verwaltung (n=47) ■ Wissenschaftler*innen (n=160) ■ KMU (n=120) ■ Großunternehmen (n=116)

Über eine CAPEX-Förderung hinausgehende OPEX-Förderung

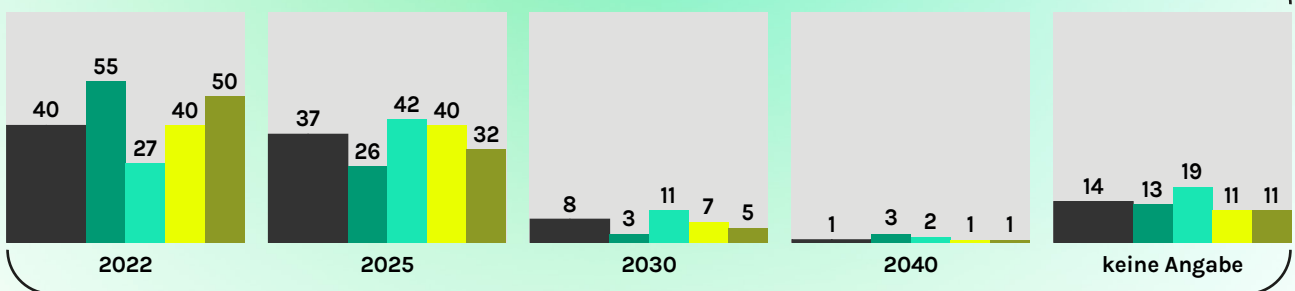


Abbildung 24d: Angaben in Prozent

■ gesamt (n=384) ■ öffentliche Verwaltung (n=31) ■ Wissenschaftler*innen (n=120) ■ KMU (n=99) ■ Großunternehmen (n=96)

Etablierung eines nationalen Wasserstoff-Aktionsplans für 2026-2045

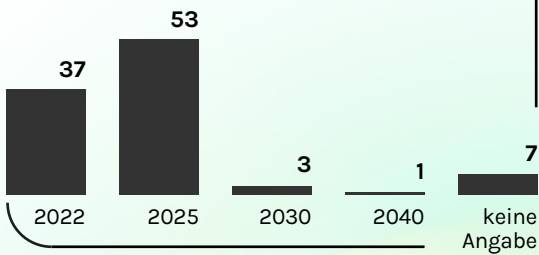


Abbildung 24e: Angaben in Prozent, n=462

CO₂-Preis von mindestens 100 €/t

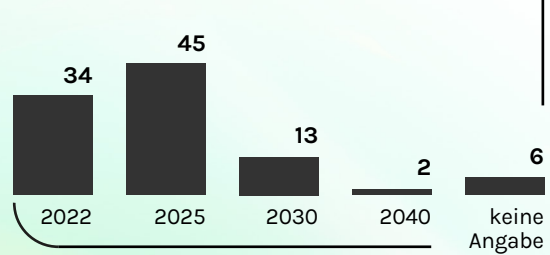


Abbildung 24f: Angaben in Prozent, n=385

Contract for Differences

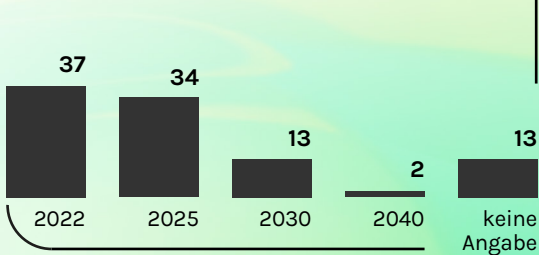


Abbildung 25a: Angaben in Prozent, n=432

Hochskalierung von Wasserstoff-Derivaten in den industriellen Maßstab

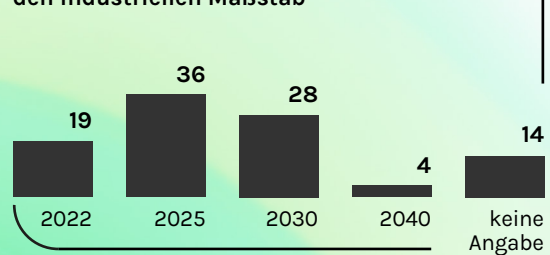


Abbildung 25b: Angaben in Prozent, n=445

Quoten für den Einsatz von Wasserstoff z.B. im Verkehrs- oder Wärmesektor

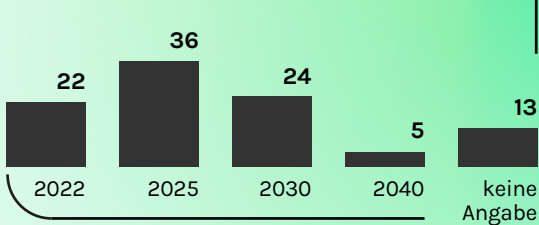


Abbildung 25c: Angaben in Prozent, n=360

Strukturelle Unterstützung für Hydrogen Purchase Agreements

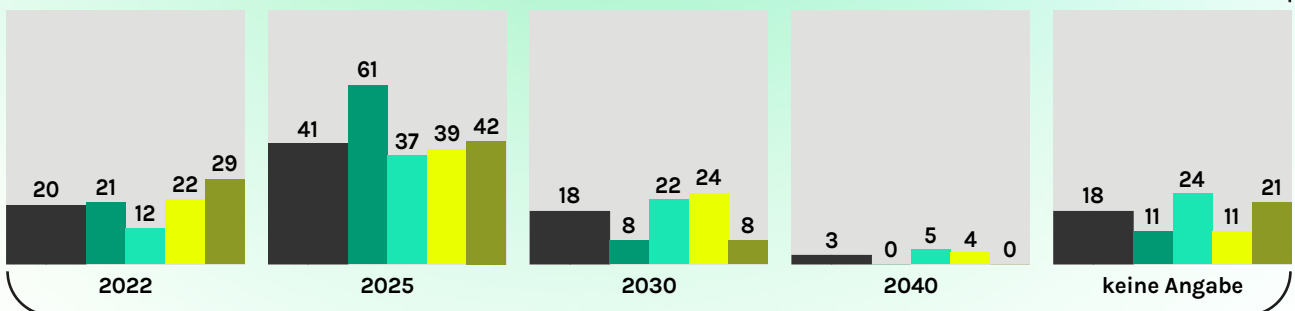


Abbildung 25d: Angaben in Prozent

■ gesamt (n=419) ■ öffentliche Verwaltung (n=38) ■ Wissenschaftler*innen (n=138) ■ KMU (n=105) ■ Großunternehmen (n=98)

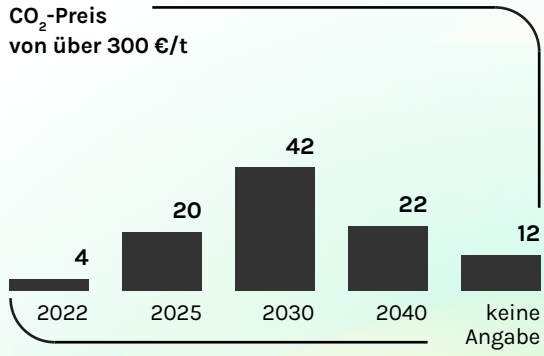


Abbildung 25e: Angaben in Prozent, n=304

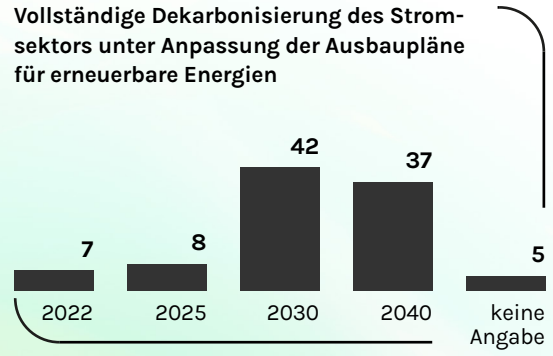


Abbildung 25f: Angaben in Prozent, n=445

3.5 Forschungs- förderung

Wir baten die Befragten, bis zu vier Forschungsfelder frei anzugeben, für die sie eine Förderung für sowohl notwendig als auch dringlich halten. Insgesamt 330 Befragte gaben fast 900 Antworten ab. Diese Freitextantworten wurden übergeordneten Kategorien zugeordnet (vgl. Tabelle 2).

Die Förderung welcher Forschungsfelder ist aus Ihrer Sicht notwendig und dringend für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft?

Technologie (Erzeugung und Nutzung)	76%
Technologie (Erzeugung)	60%
Technologie (Erzeugung inklusive CCS)	60%
Elektrolyse/Elektrolyseure (elektrische Energie)	32%
Methoden H ₂ -Gewinnung allgemein, Umgang mit kritischen Rohstoffen für H ₂ -Produktion	17%
H ₂ -Gewinnung aus Biomasse, Methan (fossile Energie/Brennstoffe, blau), grün(er Strom), erneuerbare/regenerative Energien	15%
Pyrolyse	3%
Erdgas/Methanpyrolyse	2%
CCS	2%
Dezentrale Erzeugung	2%
Standortforschung	1%
Technologie (Erzeugung)	49%
Technologie (Erzeugung inklusive CCS)	49%
Anwendungsforschung	14%
Brennstoffzelle	13%
H ₂ -Kraft-Wärmekopplung, Sektorkopplung, Hybridlösungen	7%
Nutzung für E-Mobilität	6%
Umwandlung	6%
Stahl, Zement, Chemie Anwendungen von H ₂ & CO ₂	4%
Grüner Ammoniak	3%
Rückverstromung	2%
Ammoniakwirtschaft	2%
CCU	1%

Tabelle 2: n=330, Angaben in Prozent, offene Nennungen ab 1%

Die Antworten wurden wie folgt kategorisiert (in absteigender Reihenfolge): Erzeugungstechnologie inklusive Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS, 60 Prozent der Antworten), Nutzungstechnologie (49 Prozent der Antworten) und Technologien der Infrastruktur oder der Speicherung (51 Prozent der Antworten). Von immerhin fast einem Viertel der Befragten

wurde die Forschungsförderung zu anderen Technologiethematen (Material, Konstruktion oder Sicherheit) genannt. Nicht außer Acht zu lassen ist die Forschung zu ökonomischen und regulatorischen Fragestellungen (20 Prozent der Antworten), ebenso wie die Nachhaltigkeitsforschung und die Systemforschung (jeweils 15 und 11 Prozent der Antworten).

Technologie (Speicherung und Infrastruktur)	51%
Technologie (Infrastruktur & Transport)	35%
Technologie (Infrastruktur inkl. Transport und Verteilung)	35%
Transport H ₂ /Energie	19%
H ₂ -Infrastruktur (Aufbau, Harmonisierung)	12%
Pipeline-Strukturen	5%
Integration H ₂ in Erdgasnetz	4%
Betankungslösungen/-systeme	3%
Technologie (Speicherung)	29%
Technologie (Speicherung)	29%
Speicherverfahren allgemein/Speicherung/Speicher	26%
geologische Speicherung	2%
Technologie allgemein	23%
Technologie (übergeordnet)	23%
Technologie allgemein (Material, Konstruktion, Sicherheit)	23%
Explosionsschutz, Sicherheitsaspekte	9%
Materialforschung	8%
Anlagensicherheit, Auswirkungen auf Anlagen, Kybernetik, Steuerung und Regelung von Anlagen	4%
technologische Auswirkungen	2%
Umgang mit H ₂ -Derivaten	2%
Übergreifendes	32%
Nachhaltigkeit & Innovation	21%
Nachhaltigkeit (inklusive Sozialverträglichkeit), Klimaschutz, Ressourceneinsatz	15%
Nachhaltigkeitskriterien	5%
Soziale Verträglichkeit des Umbaus	3%
Emissionen, CO ₂ -Bilanz	3%
Kohlenstoffkreislaufwirtschaft, Dekarbonisierung, Kreislaufwirtschaft EE	2%
CO ₂ -Neutralität	1%

Tabelle 2: n=330, Angaben in Prozent, offene Nennungen ab 1%

Policy (internationale Aspekte)	5%
internationale Konzepte und Regulierungen, Teilhabe von Partnern im Süden, Schutz vor Technologieabwanderung	5%
Sonstiges	16%
Systemforschung	11%
Energiesystemanalyse	6%
Systemanalyse, Systemintegration	5%
Bestimmung Transformationspfade	1%
Sonstiges (Ausbildung, Qualifizierung)	6%
Bildung, Informationspolitik, Kommunikation, Reallabore	5%
Ausbildung, Qualifizierung, Arbeitsmarktanalyse	2%
Gesellschaftliche Aspekte	26%
Gesellschaftliche Aspekte	26%
Ökonomische und regulatorische Fragestellungen	20%
Wirtschaftlichkeitsberechnungen	7%
gesetzlicher Rahmen, Genehmigungsverfahren, Verbote von fossilen Energieträgern, Regulierung	5%
Preisermittlung, Preisanpassung, Abrechnungsmessung	5%
Standardisierung/Normung/Zertifizierung, Herkunftsnachweise	5%
Anpassung Steuern/Abgaben/Umlagen	1%
Akzeptanz	9%
Vorteile für die Bürger/innen und Akzeptanz schaffen	7%
Akzeptanzforschung	2%

Tabelle 2: n=330, Angaben in Prozent, offene Nennungen ab 1%

3.6 Regulatorische Rahmen- bedingungen

Bei der Frage nach notwendigen und dringenden regulatorischen Rahmenbedingungen konnten die Befragten ihre Antwort mit maximalen 200 Zeichen frei angeben. 323 Teilnehmende nannten insgesamt fast 900 Rahmenbedingungen. Wie bei den Bedarfen zur Forschungsförderung wurden diese Antworten zur Auswertung übergeordneten Kategorien zugeordnet (vgl. Tabelle 3).

In erster Linie werden marktwirtschaftliche Instrumente (75 Prozent) gefordert (besonders im Hinblick auf Förderungen, Preise, Steuern und Umlagen), weiterhin fordern 74 Prozent der Teilnehmenden ordnungsrechtliche Instrumente (vor allem Gesetzesreformen, Verordnungen und Richtlinien). Planerische Instrumente nennen 19 Prozent der Befragten (davon bezieht sich ein Großteil der Antworten auf die Netzplanung).

Welche regulatorischen Rahmenbedingungen sind aus Ihrer Sicht notwendig und dringend, um eine Wasserstoffwirtschaft entstehen zu lassen?

Marktwirtschaftliche Instrumente	75%
Preisgestaltung	48%
ökonomische Instrumente: Steuern/Umlagen/Abgaben	48%
Subventionsabbau für konventionelle Energien/Industrien	27%
Steuern für H ₂ senken/anpassen	18%
Einheitliche Tarif-Regelungen, verlässlicher Preis für erneuerbaren Strom	8%
Flexibilisierung der Preisbestandteile	3%
Beimischungsquoten für no-regret Anwendungen	2%
Förderung Erzeugung oder Nutzung	30%
(Finanzielle) Förderung der Nutzung/Infrastruktur/Erzeugung (u.a. CAPEX/OPEX)	30%
Anreize für Nutzung, Kompensation für H ₂ gegenüber fossilen ET	7%
CCfD-Programm	5%
Förderung internationaler Kooperationen / europaweiter Kooperationen	3%
Anerkennung für H ₂ -Readiness Gasnetz/Maßnahmen	2%
Verbraucheranwendungen verbreiten/fördern	2%
EU-weiter Tankstellenaufbau	2%

Tabelle 3: n=330, Angaben in Prozent, offene Nennungen ab 1%

Absicherung H ₂ -Projekte	2%
Förderung Industrieller Umstellung	2%
Vereinfachung Autarkie Quartiere auf H ₂ Basis	2%
H ₂ -Förderung ähnlich dem EE-Gesetz	2%
Förderung Wasserstoffverwendung, Förderung regenerativer Energien	1%
Förderung allgemein	21%
(Finanzielle) Förderung allgemein (u.a. CAPEX / OPEX)	21%
Planungs- und Investitionssicherheit	7%
günstige Kredite/Fördergelder	5%
Anreize für Investitionen	4%
CAPEX/OPEX-Förderung	2%
Förderung Infrastruktur	2%
(Finanzielle) Förderung Speichertechnologien (CAPEX / OPEX)	2%
Energiespeichertechnologien stärken	2%
Ordnungsrechtliche Instrumente	74%
Gesetze	55%
Reform bestehender Gesetze (EnWG, EEG, BEHG, GEG, Eichrecht)	43%
Erneuerbare Energien ausbauen/fördern	18%
EEG-Umlage anpassen/abschaffen, Gleichstellung H ₂ mit EE; Wasserstoff-Gesetz	15%
gemeinsame Finanzierung und Regulierung von H ₂ /CH ₄	5%
Anrechnung H ₂ (z.B. SynBioPTx, VKM, low Carbon)	2%
Ausstieg aus fossilen Brennstoffen	2%
EE-Richtlinie (RED II) umsetzen	2%
Neue politische Ziele	21%
Gesetzliches Grüngasziel, klare Regeln für Gase mit 20%-H ₂ -Anteil, Gesetzgebung, Reform Gas-Regulierung	12%
Integration H ₂ in Energiewirtschaft, Priorisierung, Wasserstoffziele ansetzen	11%
Verordnungen und Richtlinien	41%
Normen/Standards/Zertifizierung	28%
Normen/Standards/Zertifizierung (anpassen), rechtliche Regulierung	7%
Flexibilität in der eingesetzten Technologie, ehrliche/r Bewertung/Vergleich der Technologien, technische Richtlinien	6%
Herkunftszertifizierung, Zertifikate für CO ₂ -Neutralität	5%
Definition grüner Wasserstoff	4%
Internationale Regularien/Zertifizierungen	3%
einheitliche Qualitätsstandards (EU/global)	2%
Zulassung aller alle Wasserstoffarten, Klärung der Farblehre	2%

Tabelle 3: n=330, Angaben in Prozent, offene Nennungen ab 1%

Genehmigungsverfahren	15%
Anpassung/Beschleunigung Genehmigungsverfahren	14%
Harmonisierung euro/globale Genehmigungsverfahren	1%
Planerische Instrumente	19%
Regulatorischer Rahmen	16%
Netzplanung/Gestaltung des Netzbetriebs	16%
H ₂ -Netzentwicklungsplan	6%
Flexibler Verteilnetzbetrieb/Fernleitungsnetztransformation zu H ₂	5%
gemeinsame Gasnetzplanung H ₂ und CH ₄	5%
Verordnungen und Richtlinien	3%
Sicherheitsvorschriften	3%
Sicherheitsvorschriften, Sicherheitsnachweise (generisch/harmonisiert), H ₂ -Warntechnik	3%
Sonstiges	4%
Sonstiges	4%
Sonstiges	4%
Forschung/Entwicklung/Ausbildung, Weiterbildung	4%

Tabelle 3: n=330, Angaben in Prozent, offene Nennungen ab 1%

3.7 Hindernisse

Erneuerbarer Strom ist der Flaschenhals: 59 Prozent der Befragten sehen in den unzureichenden Flächen für Strom aus erneuerbaren Energien eines der vier größten Hindernisse für die großskalige, klimaneutrale Erzeugung von Wasserstoff in Deutschland (vgl. Abbildung 26a). Aber auch die fehlende Infrastruktur für die Verteilung von Wasserstoff und eine unzureichende Zahl von Elektrolyseuren sehen mehr als ein Drittel beziehungsweise ein Viertel der Befragten als ein großes Hindernis.

Mangelnde Verfügbarkeit

Angesichts anderer Hindernisse gerät die Herausforderung des fehlenden Fachpersonals hier in den Hintergrund – nur für 6 Prozent der Befragten gehört dieser Punkt zu den 4 größten Hindernissen. Wir erinnern aber an dieser Stelle an die Ergebnisse aus Abbildung 20, die sowohl die Notwendigkeit als auch die Dringlichkeit von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen nahelegen. Besonders vor dem Hintergrund des Fachkräftemangels könnte dies einen künftigen Engpass darstellen.

Welche der folgenden Faktoren sind die wichtigsten Hindernisse für die großskalige Wasserstoff klimaneutrale Erzeugung von Wasserstoff in Deutschland?

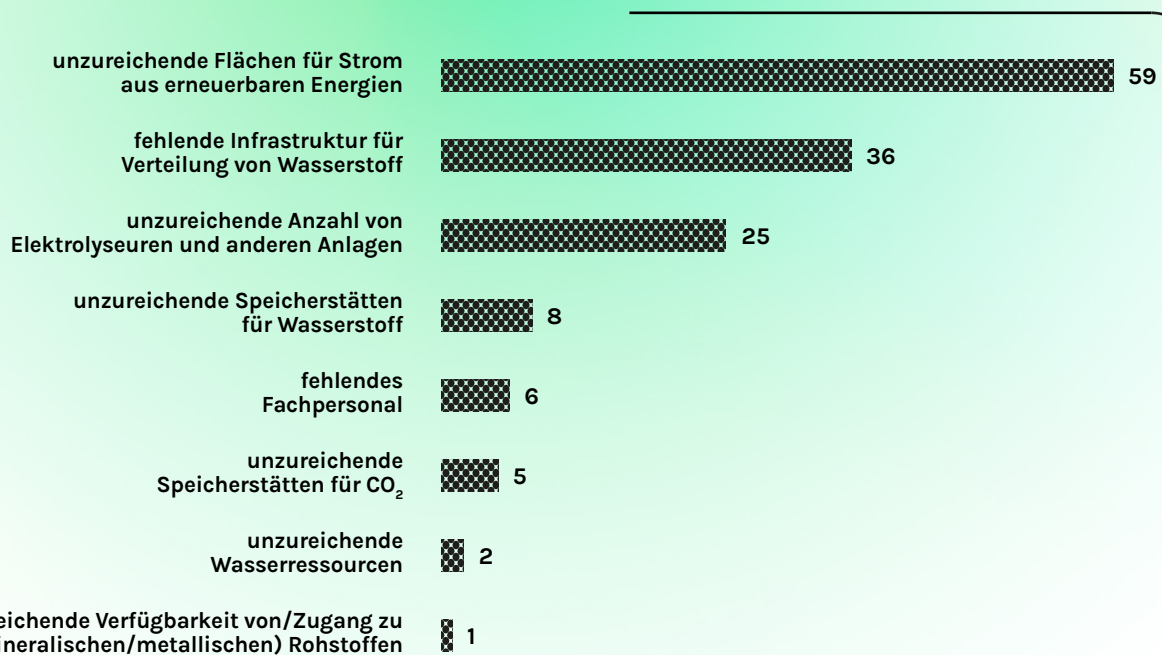


Abbildung 26a: Verfügbarkeit (91%); Angaben in Prozent, n=341

Geringe Wirtschaftlichkeit

Auch nicht zu unterschätzen sind Fragen der Wirtschaftlichkeit: 72 Prozent der Teilnehmenden wählten mindestens eine Antwortoption aus dieser Kategorie. Die geringe Wirtschaftlichkeit aufgrund von Investitions- und Unterhaltskosten wird dabei deutlich als

größtes Hindernis gesehen, während die niedrige Wirtschaftlichkeit aufgrund geringer Wirkungsgrade und die langen Investitionszyklen jeweils nur von circa zehn Prozent der Teilnehmenden als nennenswertes Hindernis beurteilt werden (Abbildung 26b).

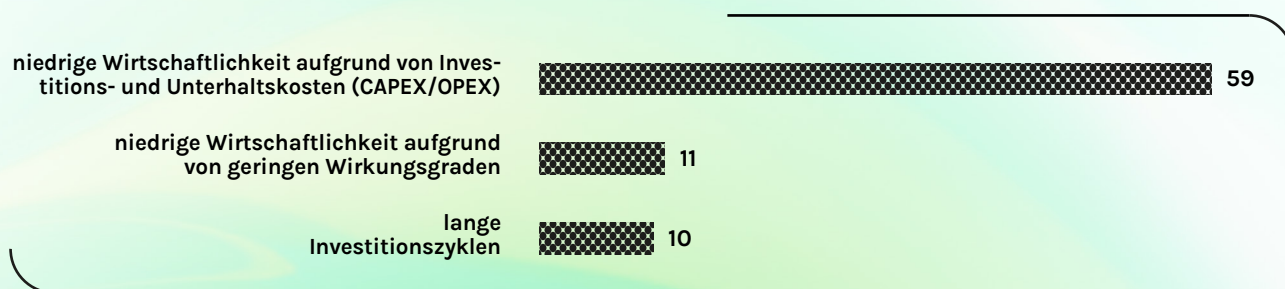


Abbildung 26b: Wirtschaftlichkeit (72%); Angaben in Prozent, n=341

Governance, Forschung und Entwicklung

Mehr als die Hälfte der Teilnehmenden (57 Prozent) sehen erhebliche Hindernisse auf dem Feld der Governance, insbesondere wird in diesen Zusammenhang der fehlende Rechtsrahmen für die Gewährleistung der Geschäftsmodelle im Abschreibungszeitraum genannt (vgl. Abbildung 26c). Auch hier wurden die

3 Antwortmöglichkeiten in dieser Kategorie von mindestens 10 Prozent der Teilnehmenden ausgewählt. Im Gegensatz dazu wurden nur 2 der Hindernisse in der Kategorie Forschung und Entwicklung (F&E) von mindestens 10 Prozent der Teilnehmenden genannt (vgl. Abbildung 26d).

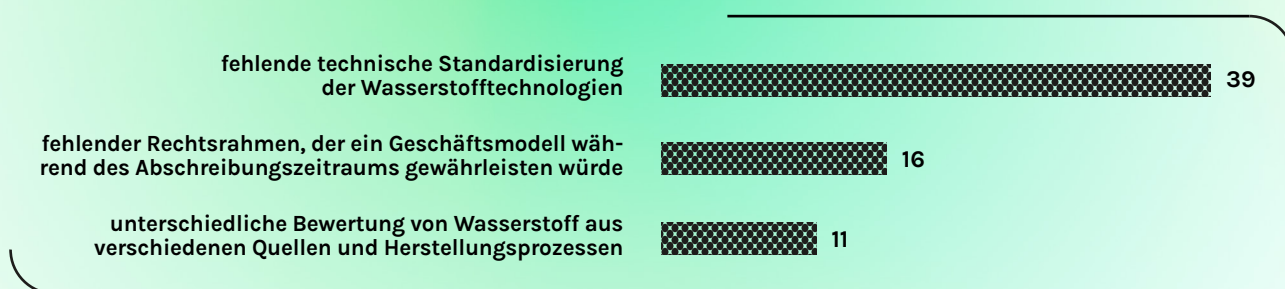


Abbildung 26c: Governance (57%); Angaben in Prozent, n=341



Abbildung 26d: Forschung und Entwicklung (56%); Angaben in Prozent, n=341

3.8 Akzeptanzfördernde Maßnahmen**

Die Bedeutung der erneuerbaren Energien und deren Ausbau für eine erfolgreiche Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland zeigt sich auch eindrücklich bei den Ergebnissen zu notwendigen akzeptanzfördernden Maßnahmen (vgl. Abbildung 27). 91 Prozent der Teilnehmenden halten im Hinblick auf den Ausbau erneuerbarer Energien akzeptanzfördernde Maßnahmen für (bedingt) notwendig, davon erachten 77 Prozent der Teilnehmenden entsprechende Maßnahmen sogar als notwendig ohne Bedingung.

Einige Teilnehmende sehen auch die Notwendigkeit, Akzeptanzförderung für Maßnahmen anzustoßen, die in Deutschland politisch umstritten sind. Dazu gehört die Nutzung von Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) bei Erzeugung von Wasserstoff durch Dampfreformierung (von 47 Prozent der Befragten als (bedingt) notwendig bewertet, vgl. Abbildung 27), die Nutzung von importiertem Wasserstoff aus Kernkraft (30 Prozent) oder von aus fossilen

Für welche der folgenden Aspekte sind akzeptanzfördernde Maßnahmen in Bezug auf die Öffentlichkeit notwendig, damit sich die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland effektiv entwickeln kann?

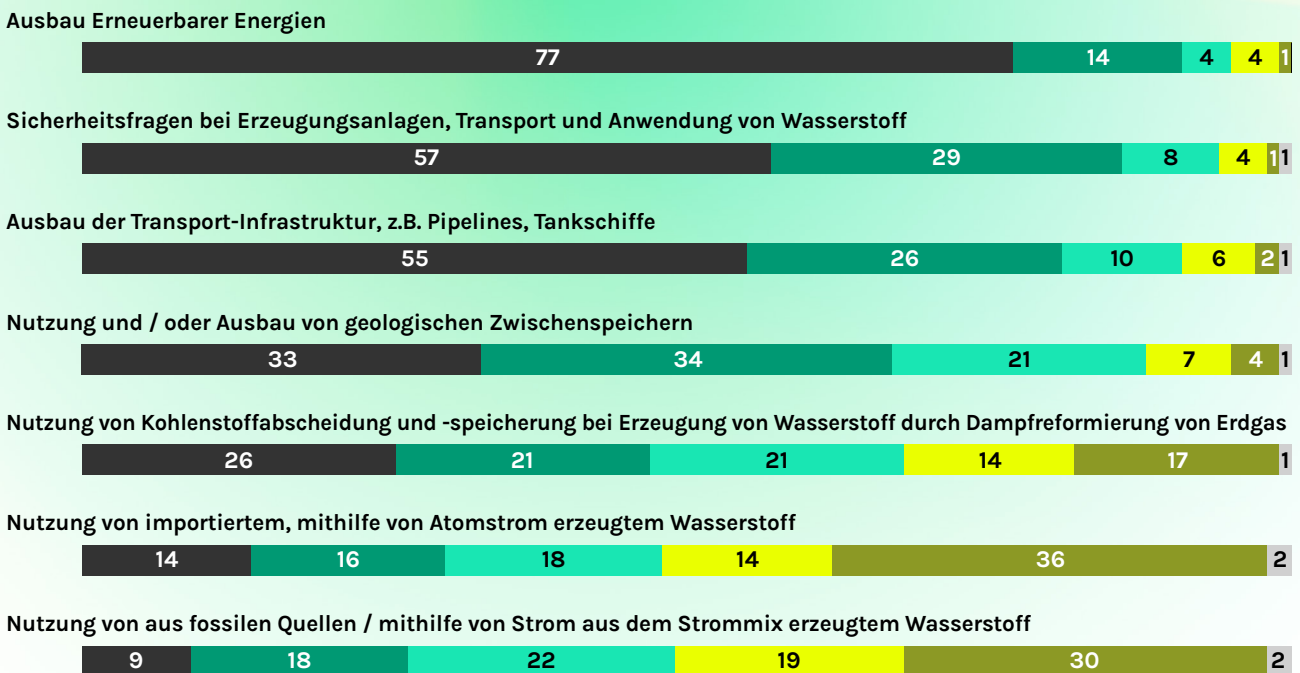


Abbildung 27: Angaben in Prozent, n=545

■ notwendig ■ bedingt notwendig ■ neutral ■ kaum notwendig ■ nicht notwendig ■ keine Angabe

** In der Umfrage benutzen wir den allgemeinen Begriff der Akzeptanzförderung. Genauer genommen handelt es sich hier um das Abbauen von Vorbehalten gegenüber Wasserstofftechnologien, um den künftigen Markthochlauf zu erleichtern.

Quellen erzeugtem Wasserstoff (27 Prozent). Diese Sichtweisen könnten darauf hinweisen, dass die Befragten zumindest übergangsweise eine große Lücke zwischen Wasserstoffbedarfen und erwarteter Verfügbarkeit von Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen erkennen.

Es ist aber nicht nur die Frage nach dem Ob, sondern auch die Frage nach dem Wann, die ein herausragend hohes Votum erhielt: Akzeptanzfördernde Maßnahmen für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien sollten nach Meinung fast aller Teilnehmenden (96 Prozent) bereits im Jahr 2022 angestoßen werden (vgl. Abbildung 28a). Bei der Einführung neuer Technologien sind Vorbehalte in der breiten Bevöl-

kerung häufig an Sicherheitsbedenken geknüpft – ein Zusammenhang, den auch die Umfrage deutlich macht. Fast alle Befragte (94 Prozent) sehen einen Bedarf an akzeptanzfördernden Maßnahmen bei Sicherheitsfragen bis spätestens 2025 – 77 Prozent bereits für 2022 (vgl. Abbildung 28b). Genauso wichtig für einen großflächigen Einsatz von Wasserstoff ist eine entsprechende Infrastruktur. Dringlichen Bedarf an Akzeptanzförderung sehen die Befragten auf diesem Feld ebenfalls, auch wenn der Zeithorizont hier etwas großzügiger bemessen wird: Immerhin 41 Prozent der Befragten vertreten die Auffassung, dass die Akzeptanzförderung für diese Neuerung noch bis mindestens 2025 warten könne (vgl. Abbildung 28c).

Wann sollten aus Ihrer Sicht akzeptanzfördernde Maßnahmen angestoßen werden?

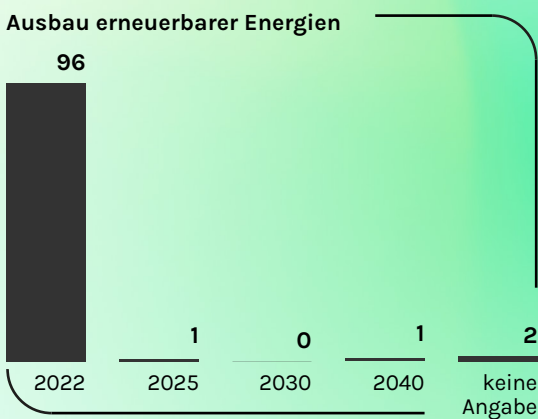


Abbildung 28a n=519

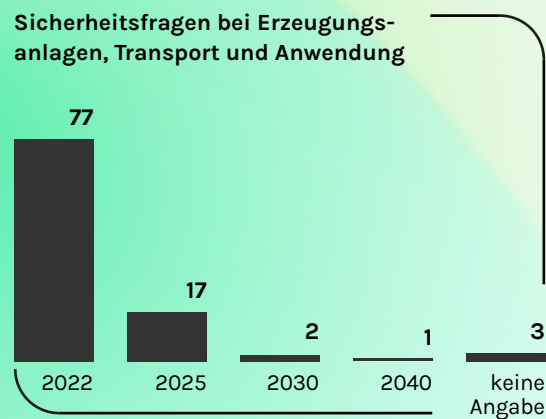


Abbildung 28b n=512

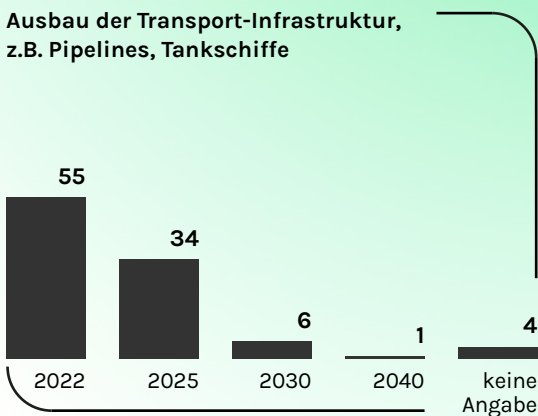


Abbildung 28c n=495

Anhang

Pretests

Der Fragebogen wurde einem konventionellen Pretest (deutsch- und englischsprachig) unterzogen. Im Rahmen des Pretests wurden neun Interviews durchgeführt. Der Pretest des Fragebogens fand vom 14. bis 18.10.2021 statt.

Die Zwecke der Pretests waren es, die Verständlichkeit der Fragen beziehungsweise Antwortoptionen, die Reihenfolge der Fragen und die Zeitdauer der Befragung zu testen sowie Aussagen über die Teilnahmebereitschaft an der Befragung und Antwortbereitschaft bei einzelnen Fragen zu gewinnen. Zugleich konnten die Online-Fragebögen (deutsche und englische Versionen) auf ihre technische Funktionalität und Durchführbarkeit geprüft werden.

Grundgesamtheit und Stichprobenziehung

Die Befragung richtete sich an Stakeholder*innen und Interessierte aus allen Bereichen der Wasserstoffforschung und -wirtschaft sowie aus der öffentlichen Verwaltung und der organisierten Zivilgesellschaft. Insgesamt wurden 2.103 Personen und Einrichtungen gezielt zur Befragung eingeladen.

Für die Einladung spezifischer Zielgruppen wurden geeignete Verteiler der acatech sowie der DECHEMA genutzt, ebenso wie der Newsletter des Forschungsnetzwerks Wasserstoffs. Darüber hinaus wurde die Einladung zur Befragung in den folgenden Kanälen kommuniziert: die Homepage und der Twitter-Kanal von acatech, das Netzwerk Strommarkttreffen. Weiterhin berichteten die Fachzeitschriften photovoltaik sowie die Zeitung für kommunale Wirtschaft über die Umfrage.

Organisation

Hosting, Programmierung und die technische Durchführung der anonymen Befragung wurden durch die INFO GmbH Markt- und Meinungsforschung umgesetzt.

Durch die Registrierung mittels einer E-Mail-Adresse auf einer eigens dafür bereitgestellten Internetseite erhielten die Interessierten einen individuellen Zugang zur Befragung. Auf diese Weise wurden Mehrfachteilnahmen ausgeschlossen und die gezielte Beeinflussung des Meinungsbildes vermieden. Unternehmen und Organisationen hatten auch die Möglichkeit, als Einheit teilzunehmen, das heißt ihre Meinungen vor der Teilnahme abzustimmen und einen

einzelnen Fragebogen mit abgestimmten Aussagen/ Antworten zu füllen. Alle registrierten Personen konnten an der Befragung teilnehmen.

Die Befragung wurde vom 21.10.2021 bis zum 21.11.2021 durchgeführt. Insgesamt haben 907 Personen die Umfrage begonnen und 637 Personen sie vollständig abgeschlossen; hier lag der Median der Bearbeitungs-

dauer bei 30 Minuten. 41 Fragebögen wurden aus Qualitätsgründen von der Analyse ausgeschlossen. Dabei handelte es sich um Doppelteilnahmen und Personen, die die Umfrage in einer unrealistisch kurzen Zeit vollständig ausfüllten – sogenannte „Durchklicker“. Insgesamt wurden 596 vollständig ausgefüllte Onlineformulare in die Datenauswertung und -analyse einbezogen.

Literatur

1. **Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022**
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *Schlaglichter der Wirtschaftspolitik*. Monatsbericht Februar 2022, 2022.
2. **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI et al.**
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI/Consentec GmbH/ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg/ Technische Universität Berlin: *Langfristszenarien 3 – Kurzbericht*, Karlsruhe, 2021.
3. **Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021**
Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut: *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann – Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende*, 2021.
4. **Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG 2021**
Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG: *Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien*, Karlsruhe, Freiburg, Cottbus, 2021.
5. **dena 2021**
Deutsche Energie-Agentur GmbH: *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*, 2021.
6. **Kopernikus-Projekt Ariadne 2021**
Kopernikus-Projekt Ariadne: *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich*, 2021.
7. **Aurora Energy Research 2022**
Aurora Energy Research: *Shades of green (hydrogen) – part 2*, 2022.
8. **DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. 2020**
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V.: *H₂vorOrt*, 2020.
9. **Wuppertal Institut / DIW Econ 2020**
Merten, F./Scholz, A./Krüger, C./Heck, S./Girard, Y./Mecke, Marc, Goerge, Marius: *Bewertung der Vor- und Nachteile von Wasserstoffimporten im Vergleich zur heimischen Erzeugung*, 2020.



Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

www.acatech.de



Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.

Die DECHEMA ist das kompetente Netzwerk für chemische Technik und Biotechnologie in Deutschland. Sie vertritt als gemeinnützige Fachgesellschaft diese Gebiete in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Die DECHEMA fördert den technisch-wissenschaftlichen Austausch von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen, Organisationen und Generationen und bündelt das Know-how von über 5.800 Einzel- und Fördermitgliedern.

www.dechema.de

Kontakt

acatech – Deutsche Akademie der Technik-
wissenschaften
Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

info@acatech.de
www.acatech.de

DECHEMA Gesellschaft für Chemische
Technik und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 2560486 Frankfurt am Main
T +49 (0)69 75 64-0

info@dechema.de
www.dechema.de

Ansprechpartnerinnen:
Dr. Andrea Lübcke
Valerie Kwan

Impressum

»Auf dem Weg in die deutsche Wasserstoffwirtschaft:
Resultate der Stakeholder*innen-Befragung«

Herausgeber:
acatech, Berlin, und DECHEMA, Frankfurt am Main, 2022
V. i. S. d. P.: Christoph Uhlhaas

Geschäftsführendes Gremium des Präsidiums:
Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr.-Ing. Jürgen
Gausemeier, Dr. Stefan Oschmann, Dr.-Ing. Rein-
hard Ploss, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Christoph
M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Prof. Dr.-Ing.
Johann-Dietrich Wörner

Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Prof.
Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Manfred Rauhmeier

Redaktion: Dr. Andrea Lübcke, Jasper Eitze, Valerie Kwan,
Alena Müller, Michaela Löffler, Dr. Benjamin Baur /
acatech, Dominik Blaumeiser / DECHEMA,
Christopher Hecht / ISEA RWTH Aachen
Layout-Konzeption: Lars Ole Reimer
Satz: HeilmeyerundSernau, Berlin

Empfohlene Zitierweise:
acatech, DECHEMA (Hrsg.): Auf dem Weg in die
deutsche Wasserstoffwirtschaft: Resultate der
Stakeholder*innen -Befragung, Berlin 2022.
DOI: https://doi.org/10.48669/h2k_2022-1

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages