

H₂

**Die Potenziale
des Wasserstoffs für
Wirtschaft und Klimaschutz
erschließen**

Eine Strategie für Hessen

Inhalt

H₂

- I. Vorwort
- II. Politische Einordnung
- III. Wasserstoff - elementare Fakten
- IV. Status quo - wo stehen wir in Hessen?
- V. Handlungsbedarfe und Prioritäten
- VI. Künftige Maßnahmen
- VII. Roadmap
- VIII. Strategieprozess



Wer Wasserstoff will,
muss den Ausbau der
Erneuerbaren Energien
massiv beschleunigen.

Liebe Leserinnen und Leser,

Seit der Industriellen Revolution gründet unser Wohlstand auf der Verbrennung fossiler Ressourcen – und immer stärker spüren wir die Folgen. Um die Erderwärmung auf ein handhabbares Maß zu begrenzen, haben wir begonnen, Kohle, Öl und Gas durch regenerative Energien zu ersetzen.

Doch die erneuerbaren Quellen wie Wind- und Solarkraft liefern uns keinen Brennstoff, der sich in Tanks mitnehmen oder auf Halden lagern lässt. Sie liefern Strom, der nicht zur Verfügung steht, wenn das Windrad stoppt oder das Solarpanel sich verschattet. Wir stehen also neben der Frage der Vernetzung und des Lastmanagements vor der Frage der Speicherung.

Eine wesentlich auf volatile Energiequellen ausgelegte Stromversorgung wird ohne Speicher- und Transportmöglichkeiten nicht umsetzbar sein. Aufgrund seiner guten Speicherfähigkeit und seiner guten Transportfähigkeit fällt dem Wasserstoff daher im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle zu. Deshalb wird er ein Teil der Lösung sein. Allerdings ist er nicht von sich aus klima- und umweltfreundlich. Vielmehr muss er unter erheblichem Energieaufwand

erzeugt werden. Erst als „grüner“, also mit Strom aus erneuerbaren Quellen hergestellter Wasserstoff wird er zu einem Kernelement einer zukunftsfähigen Energieversorgung. Das heißt auch: Wer Wasserstoff will, muss den Ausbau der Erneuerbaren Energien massiv beschleunigen.

Bisher wird grüner Wasserstoff nur in Pilotanlagen hergestellt. Eine Produktion in industriellem Maßstab muss erst noch entstehen – ebenso wie eine Infrastruktur zur Verteilung. Grünen Wasserstoff wird es also auf absehbare Zeit nicht im Überfluss geben. Daher muss sich seine Verwendung auf die Bereiche konzentrieren, die nach heutigem technischen Wissen nicht auf andere Weise klimaneutral werden können. Dies sind vor allem die Stahl-, Zement-, und Chemieindustrie, Teilbereiche des ÖPNV und der Logistik sowie die Luftfahrt und der interkontinentale Schiffsverkehr.

Mit dieser Strategie beschreiben wir, was Hessen dazu beitragen wird und wie wir die Voraussetzungen schaffen, damit grüner Wasserstoff – wenn er ab Mitte des Jahrzehnts in größerem Maßstab verfügbar sein wird – dorthin fließt,

wo er einen sinnvollen Beitrag zur Treibhausgasvermeidung leistet. In einer Übergangszeit ist auch der Einsatz von Nebenproduktwasserstoff aus industriellen Prozessen und türkischem Wasserstoff möglich, bei dessen Herstellung der Kohlenstoff gebunden wird, wenn auch dies zu einer besseren und schnelleren CO₂-Reduzierung führen kann. Natürlich identifizieren wir auch die besonderen Akzente, die Hessen bei dieser Aufgabe setzen kann. Diese sehen wir insbesondere beim Thema Luftverkehr. Als Standort von Deutschlands größtem Flughafen hat unser Bundesland größtes Interesse daran, dass der Luftverkehr Kurs auf Klimaneutralität nimmt. Hessen hat deshalb das Kompetenzzentrum Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (**CENA**) eingerichtet. Sein Ziel ist eine Pilotanlage für synthetisches Kerosin – nur eines von mehr als 100 Projekten zur Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, die in Hessen in den vergangenen Jahren umgesetzt wurden.

Tarek Al-Wazir

Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Politische Einordnung

Bedeutung des Wasserstoffs für die Energiewende

Die integrierte Energiewende setzt auf Effizienz, erneuerbare Energie, optimierte Verteilung, Flexibilität, Speicherung, Digitalisierung und Sektorenkopplung. Dabei müssen die vorhandenen Ressourcen gezielt eingesetzt werden. Dies gilt vor allem für regenerative Energien. Die Betrachtung des gesamten Energie- und Wirtschaftssystems - z.B. unter Berücksichtigung der Aspekte Versorgungssicherheit, Flexibilität, ökonomischer, ökologischer sowie gesellschaftlicher Tragfähigkeit - ist entscheidend für eine integrierte Energie- und Ressourcenwende.

Mittels erneuerbarer Energien gewonnener Wasserstoff („grüner Wasserstoff“) kann zu einem wichtigen Element der Energie- und Ressourcenwende werden. In der Rohstoffwirtschaft kann er fossile Ressourcen insbesondere im Bereich petrochemischer Basiskemikalien, im Bereich der Kraftstoffe und in industriellen Prozessen ersetzen. Er ermöglicht darüber hinaus die Speicherung von Überschussstrom aus erneuerbaren Quellen und hilft damit bei der Entkopplung von Stromerzeugung und -verbrauch. Trotz des hohen Energieaufwands für die Gewinnung grünen Wasserstoffs ist der Aufbau einer erneuerbaren Wasserstoffwirtschaft und seine enge Verknüpfung mit dem weiteren Ausbau regenerativer Energien ein erheblicher Beitrag, um die verbindlich vereinbarten Kli-

maziele zu erreichen. Zugleich eröffnen sich Chancen für hessische Unternehmen, die lokal erdachten, entwickelten und erprobten Ideen, Technologien und Dienstleistungen weltweit zu vermarkten und somit den Industriestandort Hessen zu stärken und zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen. Die Nutzung von Nebenprodukt- und türkischem Wasserstoff kann in der Übergangszeit dabei helfen, Anwendungen zu erproben, solange noch nicht genügend grüner Wasserstoff zur Verfügung steht.

Nationaler und internationaler Kontext

Auf europäischer Ebene ist mit der European Hydrogen Strategy im Jahr 2020 ein wichtiger Grundstein für eine europäische Wasserstoffwirtschaft gelegt worden. Bis 2024 sollen mindestens sechs GW (40 GW bis 2030) erneuerbare Elektrolyseleistung in der EU installiert werden (laut EWI¹ 2020 für Deutschland 30 MW installierte Leistung) mit einer Produktion von bis zu 1.000.000 Tonnen er-

neuerbaren Wasserstoffs jährlich. Die erforderlichen Gesamtinvestitionen bis 2050 werden auf etwa 200 bis 500 Mrd. Euro geschätzt.

Auf nationaler Ebene hat die Bundesregierung mit der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) 2020 ebenfalls einen Rahmen für die sektorübergreifende Integration von Wasserstofftechnologien gelegt. In der NWS wurden dabei insgesamt 38 Maßnahmen mit verschiedenen Schwerpunkten formuliert².

Zur Realisierung dieser Maßnahmen sind aktuell etwa neun Mrd. Euro an Fördermitteln über verschiedene Programme hinweg geplant. Konkret sollen in diesem Kontext bereits bis 2030 Wasserstoffherstellungsanlagen mit einer Gesamtleistung von fünf GW mit einem Strombedarf von bis zu 20 TWh errichtet werden.



¹ Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI)

² Nationale Wasserstoffstrategie des BMWI

Auf Basis der vorliegenden Strategien, anhand diverser wissenschaftlicher Studien sowie aus Rückmeldungen von Marktteilnehmern wird erwartet, dass in den kommenden Jahren verstärkt dezentrale Erzeugungsanlagen für Wasserstoff (Elektrolyseure) errichtet werden, um entstehende lokale Bedarfe zu decken. Ab Mitte des laufenden Jahrzehnts erscheint im nächsten Schritt die Bildung erster regionaler Inselnetze möglich, die mehrere Erzeuger und Verbraucher miteinander verbinden. Nach 2030 ist dann mit dem Aufbau eines deutschlandweiten bzw. europäischen Wasserstoffnetzes zu rechnen, ähnlich den heute bekannten Strukturen etwa bei Erdgas, welcher parallel zur Entwicklung eines internationalen Wasserstoffmarktes verläuft. Die Errichtung eines solchen Transportnetzes inkl. zugehöriger Speicher kann über das Jahr 2040 hinaus andauern.

Aus Sicht der Hessischen Landesregierung muss der Stromnetzausbau beschleunigt werden, damit die Stromversorgung bei veränderten Erzeugungsschwerpunkten sichergestellt werden kann, aber auch in Hessen Möglichkeiten zur Elektrolyse geschaffen werden können. Gleichzeitig muss die Wasserstoffproduktion sinnvoll in die Energiewende integriert werden und soll keinen weiteren Stromnetzausbau notwendig machen. Die schon jetzt langen Planungs- und Genehmigungszeiten für die Errichtung von Transport- und Speicherkapazitäten für Wasserstoff müssen rechtzeitig mitgedacht werden.

Die Hessische Wasserstoffstrategie knüpft an diese Rahmenbedingungen sowie an den „Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025“ an. Sie versteht sich als Instrument der Energie- und Ressourcenwende und zeigt auf, wie sich Hessen die Potenziale von Wasserstoff erschließen wird.

Wir verstehen die Transformation hin zu einer effizienten Wasserstoffwirtschaft als einen fortdauernden Prozess, den Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft gemeinsam entwickeln, proaktiv gestalten und verantworten. Die Aufgabe reicht weit über Hessen hinaus, erfordert Kooperationen sowie verlässliche internationale Standards und Rahmenbedingungen. Wesentliche Rechtssetzungsvorhaben und groß angelegte Förderprogramme sind auf Ebene der EU und des Bundes angesiedelt. Wir bringen uns in die Ausgestaltung zugunsten hessischer Interessen ein. Wir schaffen zudem Strukturen, wie sich hessische Akteure erfolgreich aufstellen können und unterstützen Innovationen zugunsten eines wirksamen Klimaschutzes. Ebenso ergänzen wir die auf EU- und Bundesebene vorgesehenen Maßnahmen dort, wo aus hessischer Sicht strategisch besondere Bedarfe bestehen, um die Zukunftsfähigkeit Hessens, seiner Unternehmen und seiner Infrastruktur sicherzustellen.

H₂

Wir verstehen die Transformation hin zu einer grünen Wasserstoffwirtschaft als einen fortdauernden Prozess, den Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft gemeinsam entwickeln, proaktiv gestalten und verantworten.

Wasserstoff - elementare Fakten

Erzeugung und Klassifizierung

Wasserstoff liegt auf der Erde fast ausschließlich nur in gebundener Form vor. So ist er Bestandteil von Wasser und fast allen organischen Verbindungen, zu denen auch die fossilen Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle zählen. Für die unterschiedlichen Anwendungen muss er unter erheblichem Einsatz von Energie aus seinen Verbindungen gelöst werden. Dabei werden je nach Erzeugungsprozess prinzipiell zwei Arten von Wasserstoff unterschieden: strombasierter Wasserstoff, der mittels Elektrolyse von Wasser hergestellt wird, und rohstoffbasierter Wasserstoff, der über verschiedene thermochemische Verfahren aus erneuerbaren oder fossilen Substanzen gewonnen wird.

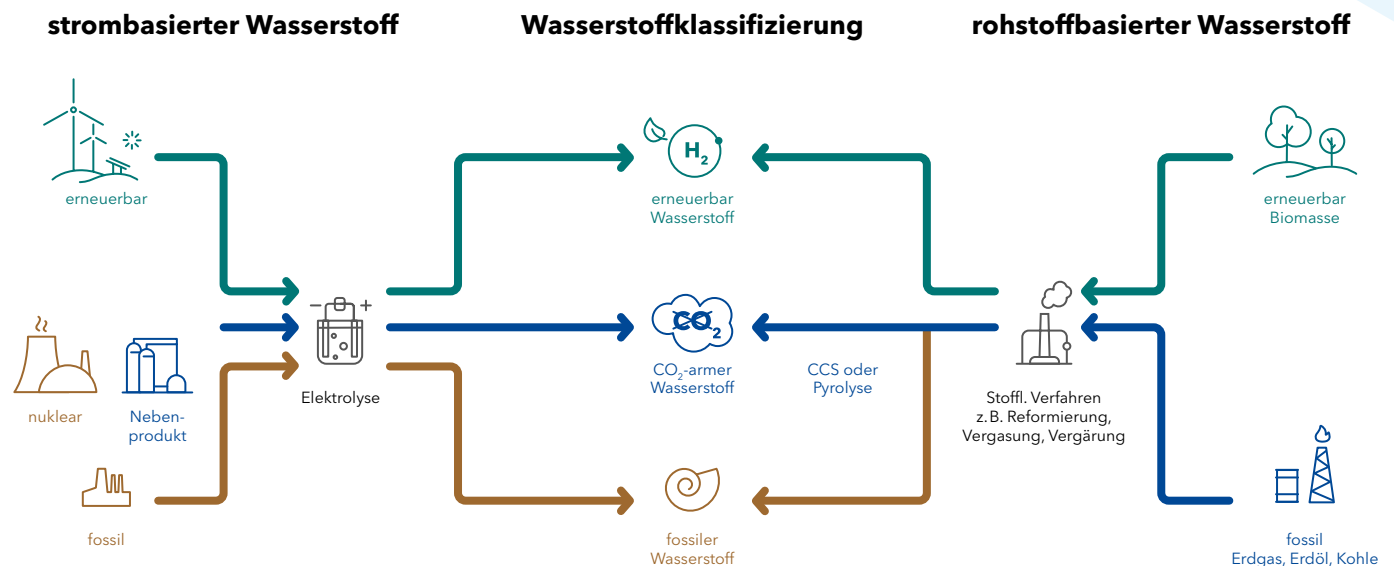
Während bei der strombasierten Erzeugung nur die Elektrolyse als Verfahren genutzt wird, werden bei der rohstoffbasierten Erzeugung mehrere Verfahren wie z. B. Reformierung, Vergasung und Vergärung betrachtet. Bei der Reformierung von Erdgas oder Methan wird bei hohen Temperaturen ein Gemisch aus Wasserstoff, Wasserdampf und Kohlendioxid erzeugt. Dieses Verfahren ist bereits seit Anfang des vergangenen Jahrhunderts erprobt und wird kontinuierlich weiterentwickelt. Der heute industriell verfügbare Wasserstoff wird größtenteils mittels Reformierung hergestellt.

Bei der Vergasung wird Kohle oder Biomasse bei hohen Temperaturen in einer sauerstoffarmen Atmosphäre durch Zugabe eines Vergasungsmediums wie z. B. Wasserdampf in ein

Gasgemisch aus Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid überführt. Auch dieses Verfahren ist in der chemischen Industrie etabliert und in großtechnischem Maßstab verfügbar. Bei der Wasserstoffherzeugung mittels Vergärung werden spezielle Mikroorganismen eingesetzt, um aus Biomasse Wasserstoff statt Methan zu erzeugen. Ein großtechnisches Verfahren wurde bisher nicht entwickelt, die Entwicklung wird aber im Rahmen von zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten vorangetrieben.

Wie treibhausgasneutral Wasserstoff ist, hängt von der Herkunft des zu seiner Gewinnung verwendeten Stroms bzw. der eingesetzten Rohstoffe ab. Werden erneuerbare Rohstoffe oder Energieträger ver-

Wasserstoffherstellung und resultierende Wasserstoffklassifizierung



wendet, so ist der erzeugte Wasserstoff, unabhängig vom Verfahren, ebenfalls als **erneuerbarer Wasserstoff** definiert.

Auf Basis von Atomstrom bzw. Nebenprodukten aus z.B. der chemischen Industrie kann **CO₂-armer Wasserstoff** erzeugt werden. Diese Klassifizierung ist auch zu erreichen, wenn fossile Rohstoffe wie Erdgas, Erdöl oder Kohle eingesetzt werden und das bei der thermochemischen Umwandlung anfallende CO₂ abgetrennt und gespeichert oder genutzt wird (durch CCS³, CCU⁴ oder Pyrolyse-Verfahren). Dabei ist festzuhalten, dass CCS bisher nur vereinzelt im großtechnischen Maßstab erprobt und Pyrolyseverfahren noch in der Entwicklung befindlich sind. Auch ist die Erzeugung von Wasserstoff aus Atomstrom vor dem Hintergrund des beschlossenen Ausstiegs Deutschlands aus der Nutzung der Kernenergie in Deutschland keine Option.

Werden hingegen fossile Energieträger eingesetzt, sei es zur Stromerzeugung, für den Betrieb eines Elektrolyseurs oder als Rohstoffe für die stoffliche Wasserstofferzeugung, so wird dieser Wasserstoff ohne eine entsprechende Kohlenstoffabtrennung oder -nutzung als **fossiler Wasserstoff** bezeichnet.

³ Carbon Capture and Storage: CO₂-Abscheidung und Speicherung des abgeschiedenen CO₂

⁴ Carbon Capture and Usage: CO₂-Abscheidung und Nutzung des abgeschiedenen CO₂

Transport

Typischerweise steht der erzeugte Wasserstoff bei Umgebungstemperatur gasförmig zur Verfügung. Für den Transport haben sich vorrangig drei Verfahren etabliert:

- Gasförmig unter hohem Druck
- Verflüssigt und stark gekühlt
- Chemisch oder physikalisch gebunden

Die Verflüssigung als LH₂⁵ findet meist an Anlagen mit großen Erzeugungsmengen statt, da zur Verflüssigung ein hoher Energieaufwand und eine komplexe Anlagentechnik notwendig sind. Hierbei wird der Wasserstoff auf unter -250 °C abgekühlt und steht bei geringem Überdruck zur Verfügung. Für den Transport flüssigen Wasserstoffs sind neben guten Isolierungen auch erhebliche Energiemengen zur Verflüssigung des Wasserstoffs und kontinuierlichen Kühlung während des Transports erforderlich.

Als chemisch gebundener Wasserstoff werden Träger bezeichnet, bei denen Wasserstoff durch eine chemische Reaktion aufgenommen und bei Bedarf wieder abgegeben wird. Beispielsweise werden flüssige organische Wasserstoffträger (Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) mittels Hydrierung mit Wasserstoff beladen, so dass der gasförmige Wasserstoff in der Flüssigkeit gespeichert wird. Der beladene LOHC kann einfach transportiert werden und der Wasserstoff bei

Bedarf mittels Dehydrierung wieder freigesetzt werden. Der Träger wird dabei nicht verbraucht, sondern im Kreislauf geführt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Be- und Entladung des Trägers mit Wasserstoff in Summe ebenfalls Energie benötigen.

Weiterhin kann Wasserstoff auch in Folgeprodukte, i.d.R. Ammoniak und Kohlenwasserstoffe umgesetzt werden. Auch für diese Umwandlung ist – wie bei der Verdichtung und Verflüssigung – Energie erforderlich. Jedoch lassen sich die resultierenden Medien hinsichtlich Transport- und Lagerfähigkeit deutlich einfacher handhaben.

Gasförmiger, flüssiger und chemisch gebundener Wasserstoff kann auf der Straße, auf der Schiene oder auf dem Wasser transportiert werden. Für den Transport auf der Straße werden meist containerbasierte Module mit einer Kapazität von ca. 1.000 kg gasförmigen Wasserstoff verwendet. Neue Transportmodule können ca. 3.000 kg flüssigen Wasserstoff aufnehmen. Hierbei muss beachtet werden, dass der Wasserstoff energieintensiv gekühlt werden muss, da sonst ein Teil der Menge auf dem Transportweg verdampft.

⁵ Liquid Hydrogen – verflüssigter Wasserstoff



Chemisch gebundener Wasserstoff (LOHC) kann in Tankwagen, wie sie z.B. für den Transport von Kraftstoffen verwendet werden, transportiert werden. Die Tankwagen haben eine Kapazität für ca. 1.500 kg Wasserstoff. Für den Transport auf der Schiene und auf dem Wasser werden aktuell Transportmodule für die verschiedenen Transportformen von Wasserstoff entwickelt.

In großen Mengen kann Wasserstoff gasförmig über das Erdgasnetz transportiert werden. Nach den Aussagen und Plänen der Fernleitungsnetzbetreiber ist mit einem reinen Wasserstoffnetz parallel zum Erdgastransportnetz ab 2030 zu rechnen. Erste lokale Netzprojekte wird es bereits früher geben. Dieses Wasserstofftransportnetz soll aus bestehenden und umgewidmeten Erdgasleitungen sowie neu zu bauenden Leitungsab-

schnitten entstehen. Die Keimzelle für dieses Wasserstofftransportnetz wird derzeit tendenziell im Nordwesten von Deutschland erwartet, der Ausbau soll von Norden nach Süden erfolgen. Für die regionale Versorgung mit Wasserstoff über die Verteilnetze werden aktuell zwei Ansätze verfolgt. Zum einen der Transport von reinem Wasserstoff in den bestehenden Erdgasverteilnetzen und zum anderen die Beimischung von Wasserstoff zu Erdgas oder klimaneutralen Gasen (wie z.B. Biomethan).

Schon heute existieren verschiedene privatwirtschaftliche Wasserstoffinfrastrukturen für den Transport. Für die Wahl des jeweils geeigneten Transportsystems sind insbesondere die Menge und die Distanz zwischen dem Ort der Erzeugung und des Verbrauchs entscheidend.

Speicherung

Gasförmiger und chemisch gebundener Wasserstoff kann über lange Zeiträume ohne Verluste gespeichert werden, flüssiger Wasserstoff hingegen bedarf einer permanenten Kühlung und ist somit für langfristige Speicherung nur bedingt geeignet.

Zur großvolumigen Speicherung von Wasserstoff kann die bestehende Erdgasinfrastruktur dienen. Zum einen kann das geplante Wasserstofftransportnetz große Mengen aufnehmen, zum anderen können bestehende Erdgasspeicher - etwa Kavernenspeicher - zu Wasserstoffspeichern umgewidmet werden. Dies ist insbesondere für Ost- und Nordhessen eine Option. Die Umwidmung bestehender Transport- und Speicherinfrastruktur wird aktuell in Projekten adressiert und ist mittel- bis langfristig als wesentliche Voraussetzung für eine Wasserstoffnutzung in größerem Maßstab anzusehen.



Status quo - wo stehen wir in Hessen?

Derzeitiger Einsatz von Wasserstoff in Hessen

Eine nennenswerte Nachfrage nach Wasserstoff entwickelt sich gerade erst. Ein größeres Angebot besteht im Industriepark Höchst. Dort fallen als Nebenprodukt bei der Chloralkali-Elektrolyse jährlich 4.500 Tonnen H_2 an. Mit dieser Menge ließen sich beispielsweise mehrere hundert Brennstoffzellenbusse betreiben. Dies erlaubt es, die 2022 startenden Brennstoffzellenzüge im Taunusnetz dort zu betanken. Für die Übergangszeit

zu 100% grünem Wasserstoff stellt der Industriepark Höchst eine erste wichtige Wasserstoffquelle dar.

Technologisch spielt Wasserstoff in Hessen bereits eine wichtige Rolle für die Transformation der Energieversorgung. Viele innovative hessische Unternehmen wie Zulieferer, Material- und Komponentenhersteller sowie kommunale Unternehmen und Hochschulen haben sich dem Thema zugewandt. Vernetzt werden

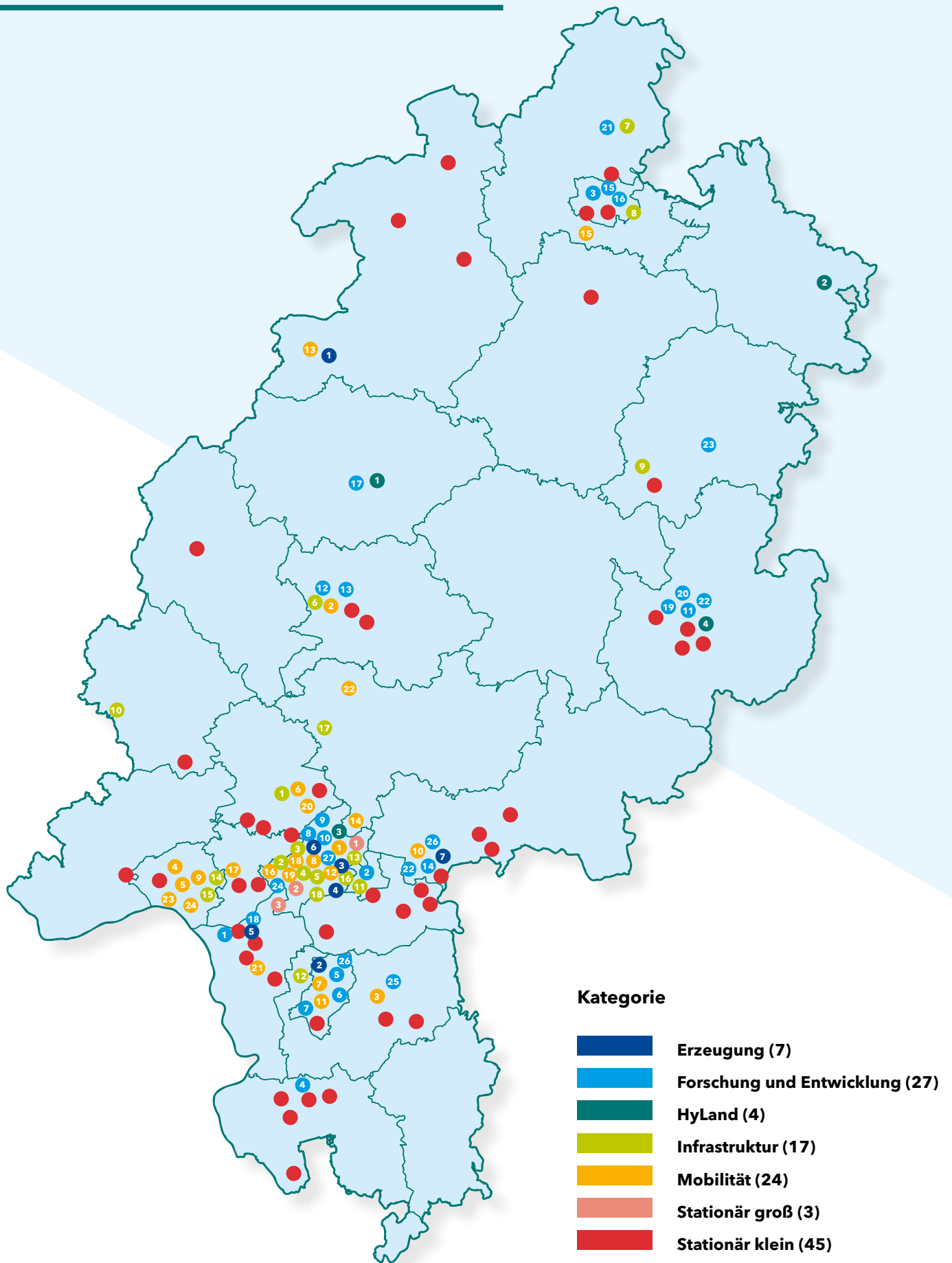
diese Akteure über die LandesEnergieAgentur (LEA) und die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e.V. (H_2 BZ-Initiative Hessen). In den letzten Jahren wurden bereits über 100 Projekte im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle umgesetzt.

H_2 BZ-INITIATIVE HESSEN

Von Beginn an werden die Aktivitäten der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e.V. (gegründet 2002) durch das Land Hessen unterstützt.

Sie ist ein Zusammenschluss von Unternehmen, Hochschulen, Institutionen und Privatpersonen und bildet damit ein Netzwerk von Kompetenzträgern der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.

Projekte in Hessen



H₂

Erzeugung von Wasserstoff

1. **Biologische Methanisierung**, Allendorf (Eder)
2. **Elektrolyse**, Darmstadt
3. **Elektrolyse**, Frankfurt
4. **Elektrolyse**, Frankfurt
5. **Elektrolyse**, Mainz/Rüsselsheim
6. **Erneuerbares Methan**, Frankfurt
7. **Test-Elektrolyseur**, Hanau

HyLand - Wasserstoffregionen

1. **HyStarter**, Marburg
2. **HyExpert**, Eschwege
3. **HyExpert**, Frankfurt
4. **HyExpert**, Fulda

Wasserstoffinfrastruktur

1. **Tankstelle**, Bad Homburg
2. **Tankstelle**, Frankfurt
3. **Tankstelle**, Frankfurt
4. **Tankstelle**, Frankfurt
5. **Tankstelle**, Frankfurt
6. **Tankstelle**, Gießen
7. **Tankstelle**, Immenhausen
8. **Tankstelle**, Kassel
9. **Tankstelle**, Kirchheim
10. **Tankstelle**, Limburg
11. **Tankstelle**, Offenbach
12. **Tankstelle**, Weiterstadt
13. **Tankstelle (Bus)**, Frankfurt
14. **Tankstelle (Bus)**, Wiesbaden
15. **Tankstelle**, Wiesbaden
16. **Tankstelle (Zug)**, Frankfurt
17. **Tankstelle mobil (PKW)**, Ober-Mörlen
18. **Tankstelle mobil (Zug)**, Frankfurt

Forschung und Entwicklung, Bildung

1. **Automotive**, Rüsselsheim
2. **Betankungskonzept**, Offenbach
3. **Drucktankentwicklung**, Kassel
4. **Erfinderlabor**, Bensheim
5. **Forschung und Ausbildung**, Darmstadt
6. **Forschung und Ausbildung**, Darmstadt
7. **Forschung und Ausbildung**, Darmstadt
8. **Forschung und Ausbildung**, Frankfurt
9. **Forschung und Ausbildung**, Frankfurt
10. **Forschung und Ausbildung**, Frankfurt
11. **Forschung und Ausbildung**, Fulda
12. **Forschung und Ausbildung**, Gießen
13. **Forschung und Ausbildung**, Gießen
14. **Forschung und Ausbildung**, Hanau
15. **Forschung und Ausbildung**, Kassel
16. **Forschung und Ausbildung**, Kassel
17. **Forschung und Ausbildung**, Marburg
18. **Forschung und Ausbildung**, Rüsselsheim
19. **Hybridspeicher-Modul**, Fulda
20. **Integrationsentwicklung Automotive**, Fulda
21. **Kompressortechnologie**, Immenhausen
22. **Konzeptstudie**, Fulda
23. **Power-to-Gas-Anlage**, Bad Hersfeld
24. **Power-to-Liquid**, Frankfurt
25. **Prüf- und Testverfahren Drucktank**, Groß-Zimmern
26. **Wasserstoff-Leistungszentrum**, Darmstadt/Hanau
27. **Werkstoffentwicklung**, Frankfurt

Mobilität

1. **Busse**, Frankfurt
2. **Busse**, Gießen
3. **Busse**, Groß-Zimmern
4. **Busse**, Wiesbaden
5. **Busse**, Wiesbaden
6. **Carsharing**, Bad Homburg
7. **Carsharing**, Darmstadt
8. **Carsharing**, Frankfurt
9. **Carsharing**, Wiesbaden
10. **Demonstrationsprojekt Logistik**, Hanau
11. **Demonstrationsprojekt ÖPNV**, Darmstadt
12. **Demonstrationsprojekt PKW**, Frankfurt
13. **Gabelstapler**, Allendorf
14. **Gabelstapler**, Bad Vilbel
15. **Gabelstapler**, Baunatal/Volkmarren
16. **Gepäckschlepper Flughafen**, Frankfurt
17. **Nahverkehrszüge**, Hofheim
18. **PKW**, Frankfurt
19. **PKW**, Frankfurt
20. **PKW**, Bad Homburg
21. **PKW**, Groß-Gerau
22. **PKW**, Rockenberg
23. **PKW**, Wiesbaden
24. **Taxi**, Wiesbaden

Stationär groß - Energieversorgung KWKK* mit Brennstoffzelle

1. **Hotel**, Frankfurt
2. **Krankenhaus**, Frankfurt
3. **Rechenzentrum**, Frankfurt

Stationär klein - Energieversorgung KWKK* mit Brennstoffzelle (< 10 kW el.)

* KWKK: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Besondere Projekte:

KOMPETENZZENTRUM FÜR KLIMA - UND LÄRMSCHUTZ IM LUFTVERKEHR (CENA):

In Hessen spielt der Luftverkehr mit dem Frankfurter Flughafen eine zentrale Rolle. Die Hessische Landesregierung hat mit der entsprechenden Finanzierung im Jahr 2020 das CENA (Centre of Competence for Climate, Environment and Noise Protection in Aviation) etabliert, um mit innovativen Ideen die Zukunft des nachhaltigen Fliegens zu sichern.

CENA vernetzt die interessierten Akteure und hilft dabei, innovative Projekte zu realisieren. CENA arbeitet an Themen wie CO₂-neutralem Fliegen, alternativen Kraftstoffe (Sustainable Aviation Fuels, SAF), Power to Liquid (PtL) sowie an Technologien für Lärm- und Umweltschutz in der Luftfahrt. Im Industriepark Höchst (Frankfurt am Main) ist noch in 2022 die Inbetriebnahme der PTL-Pilotanlage mit einer Kapazität von bis zu 3.500 t/a vorgesehen.

27 BRENNSTOFFZELLENZÜGE FÜR DAS TAUNUSNETZ

Derzeit ist jeder dritte der knapp 2600 Schienenkilometer in Hessen ohne Oberleitung. Die möglichst flächendeckende

Elektrifizierung auch von Nebenstrecken ist zwar anzustreben, allerdings kurzfristig kaum zu bewältigen und auf manchen Strecken auch technisch nahezu unmöglich (z.B. wegen niedriger Tunnel). Daher werden alternative Antriebe zum klassischen Dieselantrieb erforderlich.

Der RMV wird ab Ende 2022 27 Brennstoffzellenzüge in Betrieb nehmen. Die für den Bau der dann weltweit größten Wasserstoffzugflotte nötige Wasserstofftankstelle wird vom Land Hessen mit gut drei Mio. Euro gefördert.

BRENNSTOFFZELLENBUSSE BEI DER ESWE IN WIESBADEN

Ende 2020 fuhren ca. 25 wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenbusse in Deutschland im Regelbetrieb, davon alleine sechs in Hessen. Die Wiesbadener ESWE Verkehrsgesellschaft mbH hat seit Oktober 2021 weitere zehn Brennstoffzellenbusse in Betrieb genommen. Die dafür erforderliche Wasserstofftankstelle wurde bereits 2020 eingeweiht und von der hessischen Landesregierung mit einer Mio. Euro kofinanziert.

H₂

STATIONÄRE BRENNSTOFFZELLENSYSTEME ALS KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGS- ANLAGEN

Brennstoffzellensysteme können anstelle eines konventionellen Blockheizkraftwerkes im stationären Bereich zur Steigerung des elektrischen Wirkungsgrads installiert werden.

Neben der Auskopplung von Strom und Wärme kann mit der sauerstoffarmen Abluft aktiver Brandschutz betrieben werden. In Hessen wurden bereits zwei solcher Anlagen mit jeweils mehreren hunderttausend Euro gefördert. Es handelt sich dabei um große Anlagen in einem Rechenzentrum und einem Passivhauskrankenhaus. In beiden Fällen handelte es sich um die weltweit ersten Installationen dieser Art.

FÖRDERANGEBOTE DES LANDES

Das Land Hessen fördert die Entwicklung innovativer Technologien, Produkte und Verfahren im Bereich der Energiewende, der Elektromobilität und die Nutzung der erneuerbaren Energien mit einer Förderquote i.d.R. bis zu 50 %. **Von 2018 bis 2021 wurden Wasserstoffprojekte mit über 10 Mio. Euro gefördert.**

WICHTIGE FÖRDERWEGE

- Förderungen nach Hessischem Energiegesetz
- **LOEWE**-Programm zur Innovationsförderung
- Innovationsförderung von Elektromobilität

Weiterführende Informationen stellt die Landesstelle Wasserstoff zur Verfügung.

Des weiteren können Unternehmen und Kommunen eine Antragsunterstützung zur Bewerbung auf Bundes- und EU-Programme erhalten. Dazu gehört auch die Beratung im Vorfeld, ggf. Detailanalyse mittels Fachstudien, Vermittlung potenzieller Projektpartner bis hin zur finanziellen Antragunterstützung.

Handlungsbedarfe und Prioritäten

Aus den nationalen und internationalen Rahmenbedingungen und der spezifischen Situation unseres Bundeslandes ergibt sich der Handlungsbedarf, den eine hessische Wasserstoffstrategie vordringlich zu adressieren hat. Die folgende Einordnung beschreibt die Bedeutung des jeweiligen Themas für die kommenden fünf Jahre:

ERZEUGUNG UND BEREITSTELLUNG

Ein großflächiger, leitungsgebundener und somit sektorübergreifender Wasserstoffmarkt kann in Hessen nur entstehen, wenn genug Wasserstoff aus erneuerbaren Energien sicher und planbar zur Verfügung steht und damit auch die in der Übergangszeit nutzbaren „andersfarbigen“ Wasserstoffe ablösen kann. Dabei steht zunächst der Aufbau von Technologiekompetenz durch regional verortete Projekte im Fokus. Wichtig wird hierbei auch sein, erkennbar zu machen, wie zentral der massive Ausbau von erneuerbaren Energiequellen für die Transformation in die Wasserstoffwirtschaft sein wird. Auch der Ausbau der lokalen Erzeugung von regenerativem Wasserstoff wird in Hessen angestrebt, bis eine überregionale Versorgung und entsprechende Transportnetze zur Verfügung stehen.

Import

Hessen ist in erheblichem Maße Energie- und Rohstoffimportland, und selbst bei intensivem Ausbau erneuerbarer Energien können nicht alle Bedarfe lokal oder regio-

nal gedeckt werden. Daher müssen zukünftige Importbedarfe frühzeitig identifiziert und durch Partner abgesichert werden. Einheitliche Mindeststandards in Produktion, Transport und dem Handel sowie deren transparente Zertifizierung müssen sichergestellt werden.

Verteilung und Transport von Wasserstoff

Wasserstoff hat das Potenzial, große Energiemengen zu speichern und perspektivisch über existierende Gasinfrastruktur sowie neu zu bauende Infrastrukturen überall verfügbar zu machen. Daher gilt es, frühzeitig Bedarfe mit den Gasinfrastrukturbetreibern abzustimmen und die Planung und Entwicklung geeigneter Transport-, Speicher- und Verteilinfrastrukturen zu veranlassen und gegebenenfalls zu unterstützen. Den dazu erforderlichen Dialogprozess hat das Land begonnen. Darüber hinaus wird Hessen den Bund zur Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsprozesse auffordern.

MOBILITÄT

Der Verkehrssektor macht in Hessen wegen des Kerosinbedarfs des Frankfurter Flughafens etwa die Hälfte des Energieverbrauches aus, davon wiederum etwa die Hälfte im Flugverkehr. Wasserstoff kann einen großen Beitrag leisten, CO₂-Emissionen zu vermeiden und erneuerbare Energien in nicht direkt elektrifizierbaren Bereichen nutzbar zu machen. Da die Umwandlung von Strom in Wasserstoff zu deutlichen Effizienzverlusten führt und die Umwandlung von Wasserstoff in synthetische Kraftstoffe darüber hinaus erneut deutliche Energieverluste mit sich bringt, gilt in allen Mobilitätsbereichen, dass die jeweils verfügbaren energieeffizientesten Antriebe bei entsprechender Eignung und Verfügbarkeit vorangetrieben werden sollen („Efficiency first“).

Luftverkehr

Der Luftverkehr ist für Hessen mit dem größten deutschen Flughafen und dessen hohem Anteil an Interkontinentalverkehr eine Schlüsselbranche, die im Rahmen der Globalisierung der Weltwirtschaft und der weiteren Vertiefung internati-



onaler Beziehungen auch künftig eine zentrale Rolle spielen wird. Allerdings trägt der weltweite Luftverkehr nennenswert zu den CO₂-Emissionen und weiteren negativen Effekten auf das Klima bei. Unser Ziel ist es, die Dekarbonisierung der Luftfahrt zu ermöglichen sowie internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Sicherung der Wertschöpfung und Beschäftigung am Standort Deutschland und Hessen zu erhalten.

Die EU-Kommission hat mit dem Fit-for-55-Paket ein Ziel definiert, nach dem die CO₂-Emissionen bis 2030 um 55% reduziert werden müssen. Daher muss ein strategischer Schwerpunkt der hessischen Wasserstoffstrategie darin bestehen, den Umstieg auf nicht fossile synthetische Kraftstoffe im Luftverkehr zu unterstützen. Einen wesentlichen Technologiepfad stellen dabei Power-to-Liquid Kraftstoffe dar, die aus großen Mengen grünen Wasserstoffs und CO₂ synthetisiert werden. Die Hessische Landesregierung wird alle Maßnahmen zur schnellen Marktreife von PtL-Kerosin und zum Ausbau größerer Produktionskapazitäten unterstützen. Ausgangspunkt hierfür ist die PtL-Roadmap, die Anfang Mai 2021 von der Bundesregierung und der Industrie vorgestellt wurde. Demnach sollen bis 2030 mindestens 200.000 Tonnen PtL-Kerosin im deutschen Luftverkehr zur Verfügung stehen.

Zum Hintergrund: Wollte man die im Jahr 2019 am Frankfurter Flughafen vertankte Menge fossiles Kerosin durch synthetisches Kerosin ersetzen, dann wären für die er-

forderlichen Umwandschritte (Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse und folgende Erzeugung von PtL-Kerosin) ca. 100 TWh Strom nötig. Das wäre fast dreimal so viel wie der gesamte hessische Endenergiebedarf für Strom im Jahr 2019.

Das macht deutlich, dass selbst bei starkem Ausbau von Erneuerbaren Energien im Inland und den Möglichkeiten zukünftiger Importe auf einem globalen Markt für grünen Wasserstoff oder synthetischem Kerosin die nicht zwingend notwendigen oder vermeidbaren Flüge auf energieeffizientere, bodengebundene Verkehrsträger zu verlagern und die Bahninfrastruktur beschleunigt auszubauen sind. Ebenso wichtig bleibt eine deutliche Beschleunigung des Flottenrollovers hin zu den jeweils verbrauchs- und emissionsärmsten Flugzeugen, was wesentlich zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen beiträgt.

Schiffsverkehr

Schiffe, die mit erneuerbarem Wasserstoff angetrieben werden, werden einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Emissionen aus der interkontinentalen Schifffahrt leisten. Anders als z.B. in den Küstenländern spielt die interkontinentale Schifffahrt für Hessen keine Rolle. Hingegen bieten Binnenfracht- und Ausflugsschiffe sowie Fähren auf Rhein und Main, soweit sie nicht batterieelektrisch betrieben werden, ein (begrenzt)es Potenzial.

Straßengebundener Güterverkehr

Der Güterverkehr, insbesondere der Schwerlastverkehr, auf der Straße wird aufgrund der sehr unterschiedlichen Anwendungen und Anforderungen an Last und Reichweite nach dem derzeitigen Kenntnisstand mehrere Technologien erforderlich machen. Neben Batterieelektrischen Fahrzeugen und Oberleitungsfahrzeugen werden auch mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen-Lkw in Pilotprojekten eingesetzt und getestet. Dazu soll in Südhessen mit Förderung des Bundes und zahlreichen Partnern ein „Innovationscluster“ entstehen, das sich um die Oberleitungsstrecke „ELISA“ gruppieren soll: Hier ist vorgesehen, mit Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung Möglichkeiten eines klimaneutralen Güterverkehrs auf der Straße zu erproben. In die Versuche sollen auch mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen-Lkw, auch in Kombinationen mit Batterien oder dynamischem Laden an der Oberleitung, einbezogen werden. Die Hessische Landesregierung wird sich auch hier beim Ausbau der notwendigen Tankinfrastruktur engagieren.

Bus und Bahn

Im öffentlichen Nahverkehr kann Wasserstoff einen Beitrag leisten, Treibhausgasemissionen zu vermeiden und erneuerbare Energien in nicht direkt elektrifizierbaren Be-

reichen nutzbar zu machen. Dies gilt insbesondere für Strecken mit langen Umläufen sowie anspruchsvollen Topographien. Erste Zug- und Busprojekte befinden sich in der Umsetzung und werden bereits vom Land gefördert, was die Akzeptanz und Nutzung von Wasserstofffahrzeugen erhöhen wird.

Personenkraftverkehr (Pkw)

Der Schwerpunkt hessischer Aktivitäten im PKW-Verkehr liegt auf batterieelektrischen Anwendungen. Der zur Verfügung stehende Wasserstoff wird vorrangig für anderweitig nicht dekarbonisierbare Anwendungen benötigt, um die Klimaziele erreichen zu können. Für den Pkw-Verkehr sehen wir daher in Hessen kein großes Potenzial für Wasserstoff, schließen dabei aber Weiterentwicklungen anderer Technologien nicht aus.

INDUSTRIE UND GEWERBE

Wasserstoff ist für eine Vielzahl von Industrie- und Gewerbeprozessen bereits heute von großer Bedeutung. Der eingesetzte Wasserstoff ist bisher fossilen Ursprungs. Sein Ersatz durch erneuerbaren Wasserstoff kann Industrieprozesse dekarbonisieren.

Die Stahlindustrie, die im Fokus der Nationalen Wasserstoffstrategie des Bundes steht, spielt in Hessen keine große Rolle. Jedoch gibt es erste Unternehmen z.B. aus der Papierindustrie, die den Wasserstoff in ihren Dekarbonisierungsan-

strengungen berücksichtigen. Auch ein großer hessischer Chemie- und Pharmakonzern beabsichtigt, bis 2040 klimaneutral zu sein. Diese Maßnahmen werden von der Hessischen Landesregierung begleitet und unterstützt.

ENERGIE UND WÄRME

Kraft-Wärme-Kältekopplung / Reservekraftwerke

Wasserstoff kann, wenn andere Effizienzpotenziale bereits umgesetzt sind, im Rahmen von Kraft-Wärme-Kältekopplungsanwendungen zum Einsatz kommen und perspektivisch Erdgas ersetzen, da hier eine effiziente und hochwertige Nutzung des Wasserstoffs erfolgt. Langfristig werden auch stromgeführte Gaskraftwerke als Reservekraftwerke auf den Brennstoff Wasserstoff umgestellt werden. Sie werden erforderlich sein, um die Stromversorgung auch dann sicherzustellen, wenn das Angebot aus volatilen Quellen wie Wind- und Solarkraft zu niedrig ist.

Wärmeversorgung von Wohngebäuden (Niedertemperatur)

Haushalte machen im Energiebedarf Hessens nach dem Verkehr den größten Einzelsektor aus, der aktuell größtenteils durch fossile

Energieträger gedeckt wird. Neben umfassenden Gebäudemodernisierungen zur Energieeinsparung bietet die Umstellung auf erneuerbare Energien ein großes Potenzial, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Nicht jedoch in allen Bereichen sind rein strombasierte oder mit Solar- oder Geothermie arbeitende Modelle wirtschaftlich darstellbar oder technisch machbar. Aus diesem Grund sollen mit dem Ziel der schnellen CO₂-Reduzierung auch Hocheffizienz-Technologien aus der kombinierten Nutzung von Strom und Gas für die Wärmeversorgung zum Einsatz kommen können und gefördert werden, wenn zuvor alle Einspar- und Effizienzpotenziale ausgeschöpft wurden.

KOORDINIERUNG, VERNETZUNG, FORSCHUNG

Landesstelle „H2 Hessen“

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft verlangt eine zentrale Stelle zur Vernetzung und Beratung von Politik, Behörden, Unternehmen und regionalen Akteuren, um Handlungsbedarfe zu erkennen und fortzuentwickeln. Die derzeitige Bearbeitung und Koordinierung bei der Landesenergieagentur wird zu einer Landesstelle Wasserstoff ausgebaut.

Unterstützung dezentraler Projekte zur Entwicklung der Technologie

Die Verbindung lokaler existierender und neuer Akteure soll den Weg für zukunftsfähige Projekte und Wasserstoffökosysteme ebnen. Als primäre Standorte integrierter und sektorübergreifender Pilotprojekte sind bisher vor allem Ballungsräume geeignet. Lösungsansätze für den ländlichen Raum werden ebenfalls erarbeitet, um eine Transformation unseres Energiesystems in allen Regionen Hessens voranzutreiben.

Ausbau von Forschungs- und Anwendungskompetenzen

Ebenso sind Hessens Kompetenzen weiterzuentwickeln und auszubauen. Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, Prüf- und Zertifizierungsstätten sowie Aus- und Weiterbildungseinrichtungen mit dem Schwerpunkt Technologieentwicklung und Know-how im Bereich Wasserstoff sollen aufgebaut und weiterentwickelt werden.

HESSISCHE SCHWERPUNKTTHEMEN

Aus den spezifischen Stärken unseres Bundeslandes und seiner Wirtschaftsstruktur ergeben sich drei für Hessen besonders wichtige Schwerpunktthemen.

Wasserstoffbasierte alternative Kraftstoffe im Flugverkehr

Wegen der hohen Bedeutung des Flugverkehrs für unser Bundesland ist Hessen in hohem Maße an dessen Dekarbonisierung interessiert. In Kooperation mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen sollen Pilotprojekte zu Forschung, Entwicklung und ersten Herstellungskapazitäten in Hessen entstehen, insbesondere im Industriepark Höchst. Federführend betraut ist das 2020 bei der Hessen Trade & Invest (HTAI) angesiedelte und vom Land Hessen finanzierte Kompetenzzentrum Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (CENA).

ÖPNV und Logistik

Als Transit- und als Flächenland steht Hessen vor großen Herausforderungen auf dem Weg in eine klimafreundliche Mobilität. Gerade bei der Anbindung des ländlichen Raums mit öffentlichen Verkehrsmitteln bedarf es unterschiedlichster Konzepte, die auch die mit Wasserstoff betriebene Elektromobilität einschließen. Hier wurden bereits sowohl im Schienen- als auch im Busbetrieb wegweisende Projekte umgesetzt. Die dafür erforderlichen Förderaktivitäten werden wir beibehalten und intensivieren. In der Schwerlastlogistik sehen wir große Chancen für den Einsatz von Wasserstoff und werden den bereits eingeschlagenen Weg von Beratung und Förderung weiterverfolgen. Bedeutende Impulse versprechen wir uns vom Innovationscluster, das mit Förderung des Bundes und zahlreichen Partnern in Südhessen um die Oberleitungsstrecke „ELISA“ entstehen soll.

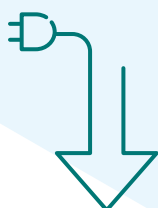
Intelligente Netzwerkprojekte

In Hessen machen sich zunehmend Unternehmen auf den Weg, ihre Industrieprozesse zu dekarbonisieren, und prüfen die mögliche Rolle des Wasserstoffs dabei. Hier besteht die Aufgabe darin, entsprechende Unternehmensvernetzungen zu initiieren, um letztlich auch die Frage beantworten zu können, wie solche Unternehmen langfristig zuverlässig mit Wasserstoff versorgt werden sollen. Eine zentrale Funktion wird hier die künftige Landesstelle H2 Hessen erhalten. Gespräche mit Unternehmen in Bezug auf mögliche Projektumsetzungen werden bereits geführt.



Künftige Maßnahmen

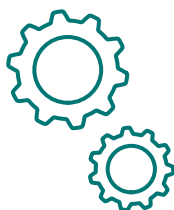
Grundannahmen



Deutliche Reduktion des Energieverbrauchs

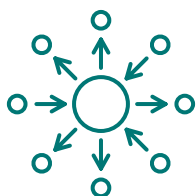
Der Umstieg auf klimafreundliche Energiequellen erfordert es, den Energieverbrauch über alle Sektoren hinweg **deutlich** zu reduzieren.

Effizienz



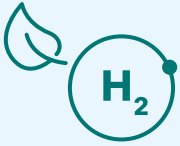
Wegen der hohen Umwandlungsverluste bei der Wasserstoffgewinnung ist der Grundsatz „**Efficiency First**“ bei der Anwendung von Wasserstofftechnologien besonders zu beachten. Sie werden nur dort eingesetzt, wo sie einen sinnvollen Beitrag zur Treibhausgasminderung leisten und im Einklang mit der Strategie zur Erreichung der Klimaschutzziele stehen. Aspekte der Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit sind dabei zu berücksichtigen.

Import und Dezentralität



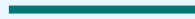
Hessen ist **Energieimportland** und wird dies auch bleiben. Daher wird auch Wasserstoff in entsprechenden Mengen langfristig über Leitungsinfrastrukturen zu den Verbrauchern transportiert werden. Im Rahmen der Hessischen Wasserstoffstrategie sind deshalb auch Transport-, Speicher- und Verteilkapazitäten in den Fokus zu nehmen. Alternative Transport- und Speicherlösungen wie LOHC, PtL-/PtG-Folgeprodukte⁶ und den Transport per Trailer prüfen wir. Für die erforderliche Technologieentwicklung und -erprobung wie auch den zügigen Markthochlauf ist Wasserstoff schon zeitnah dezentral und verbrauchsnahe zu erzeugen.

⁶ LOHC: Liquid Organic Hydrogen Carrier – flüssiges Speichermedium für Wasserstoff; PtL: Power-to-Liquid – Umwandlung von Strom in flüssige Energieträger; PtG-Folgeprodukt: Power-to-Gas – Umwandlung von Strom in einen gasförmigen Energieträger (z.B. Methan)

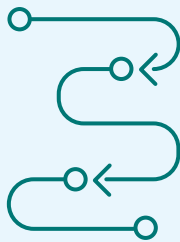


Fokussierung auf erneuerbaren Wasserstoff

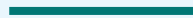
Treibhausgasneutralität in der Wasserstoffwirtschaft kann nur auf Basis **erneuerbaren Wasserstoffs** erreicht werden. Deshalb ist das erklärte Ziel ein zügiger Markthochlauf von grünem Wasserstoff. Der Einsatz von Wasserstoff anderer Klassifizierungen kann im Übergang als kurzfristiges Hilfsmittel sinnvoll sein, ebenso die Nutzung des aus industriellen Prozessen entstehenden Nebenproduktwasserstoffs. Insbesondere Nebenproduktwasserstoff aus industriellen Prozessen besitzt ein großes Potenzial für Hessen, den initialen Markthochlauf und die Entwicklung von Erzeugungs- und Anwendungstechnologien zu unterstützen. Die Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff bedingt den zusätzlichen Ausbau erneuerbarer Energien.



Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette



Zentrale Bedeutung hat der **Ausbau besonderer Kompetenzen**, vor allem bei kleinen und mittelständischen Akteuren in Hessen wie im Bereich Materialtechnologie, Automotive und deren Zulieferern. Die Schwerpunkte liegen dabei in den Sektoren Mobilität, Industrie und Gewerbe sowie Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungs-Anlagen zur beispielhaften und innovativen Versorgung von Quartieren. Dabei unterstützen wir alle Akteure bei der Entwicklung von Wasserstoffprojekten und der Weiterentwicklung relevanter Transformationstechnologien.

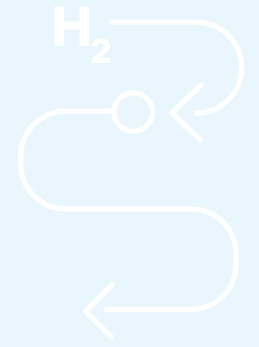


Bereitstellung von Fördermitteln



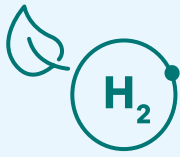
Durch **gezielte Förderprogramme** sollen die noch zu Beginn der Technologieumsetzung höheren Kosten kompensiert und so eine Wettbewerbsfähigkeit von Wasserstoffanwendungen ermöglicht werden. Existierende Förderprogramme passen wir kontinuierlich an die Bedürfnisse der relevanten Akteure an und entwickeln sie weiter. Daneben unterstützen wir die Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene.





Ausgehend von diesen Grundannahmen wurden entlang der Wertschöpfungskette des Wasserstoffs vier Themenfelder abgesteckt. Ihnen sind elf Handlungsfelder zugeordnet, unter denen die einzelnen konkreten Maßnahmen aufgeführt werden. Die Querschnittsthemen adressieren Aspekte, die in allen Abschnitten der Wertschöpfungskette relevant sind.

THEMENFELD	MASSNAHMEN		
QUERSCHNITTSTHEMEN Vernetzung Forschung und Entwicklung Regionalentwicklung	Landesweite Koordinierung zur Unterstützung der hessischen Wasserstoffwirtschaft ausbauen	Entwicklung regionaler Wasserstoffökosysteme unterstützen	Ausbau von Forschungs- und Anwendungskompetenzen fördern
BEREITSTELLUNG Erzeugung, Import	<u>ERZEUGUNG</u> Erneuerbare Wasserstoffherzeugung in Hessen ermöglichen	<u>IMPORT</u> (Inter-) Nationale Partnerschaften fördern, um H2-Importe abzudecken	
VERTEILUNG Transport, Speicherung	<u>TRANSPORT UND SPEICHERUNG</u> Bestehende Infrastrukturen hinsichtlich Wasserstofftransport und Speicherung identifizieren und ertüchtigen	<u>TRANSPORT UND SPEICHERUNG</u> Neue Wasserstoffinfrastrukturen aufbauen	<u>TRANSPORT</u> Alternative Verteilungskonzepte prüfen und unterstützen
ANWENDUNG Industrie und Gewerbe Mobilität und Logistik Energieversorgung	<u>MOBILITÄT UND LOGISTIK</u> CO ₂ freie Mobilität in Logistik, ÖPNV und Flugverkehr umsetzen	<u>INDUSTRIE UND GEWERBE</u> Substitution fossiler Rohstoffe und Energieträger durch Wasserstoff ausbauen	<u>ENERGIEVERSORGUNG</u> Rolle von Wasserstoff in der Energieversorgung im Gebäudesektor im Rahmen von KWKK-Anlagen untersuchen



Landesweite Koordinierung zur Unterstützung der hessischen Wasserstoffwirtschaft ausbauen

- Wir werden die bereits laufenden Unterstützungstätigkeiten des Landes ausbauen und in eine **Landesstelle Wasserstoff** überführen. Diese vernetzt in Hessen und auch über die Landesgrenzen hinaus, berät Politik, Behörden, Unternehmen und regionale Akteure, vermittelt Wissen, fördert und dient als Schnittstelle zu den unterschiedlichen Förderangeboten des Bundes und des Landes, prüft und bewertet vom Land zu berücksichtigende Infrastrukturerfordernisse und ermittelt durch ein laufendes Monitoring, wie sich die Bedarfssituation, Verfügbarkeiten und Handlungsbedarfe in diesem sehr dynamischen Prozess jeweils fortzuentwickeln sind. Sie soll die Transformation in die Wasserstoffwirtschaft koordinieren und aktiv vorantreiben. Sie ist auch zuständig für das Monitoring der hessischen Wasserstoffstrategie.
 - Wir fördern Technologieentwicklung zur Markterprobung und zur Demonstration.
 - Wir fördern die Vernetzung von Akteuren im Bereich Klima- und Umweltschutz mit der Wirtschaft, weil die Wasserstoffwirtschaft nachhaltig entwickelt werden muss, Wechselwirkungen frühzeitig gemeinsam adressiert werden sollen und um ein möglichst belastbares Management der Schnittstellen zu ermöglichen
 - Wir bieten gemeinsam mit Verbänden der Wirtschaft ein Clustermanagement Wasserstoff.
-



Entwicklung regionaler Wasserstoffökosysteme unterstützen

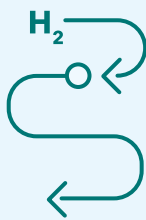
- Wir führen eine **sektorübergreifende** Studie durch, um aktuelle und perspektivische Wasserstoffbedarfe zu ermitteln. Auf Grundlage der Ergebnisse werden die bisherigen Maßnahmen geprüft und wenn nötig angepasst.
- Wir erarbeiten mit allen Akteuren vielversprechende Projekte entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette.
- Wir etablieren einen kontinuierlichen Dialogprozess zu entstehenden Projekten, um die Transformationsprozesse transparent zu gestalten und die Öffentlichkeit aktiv einzubinden.



Ausbau von Forschungs- und Anwendungskompetenzen fördern

- Wir entwickeln und bieten im Rahmen vorhandener Bildungsangebote spezielle **Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten** zum Themenkomplex „Energiewende mit Wasserstoff als Energieträger“. Dafür streben wir Vereinbarungen mit Verbänden der Wirtschaft an.
- Wir unterstützen Einrichtungen, die eine Infrastruktur zur Testung von Systemen und Komponenten der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie anbieten.
- Wir entwickeln existierende Forschungsschwerpunkte gemeinsam mit Bildungsträgern im Wasserstoffumfeld weiter.
- Wir bewerten kontinuierlich den aktuellen Entwicklungsstand von Technologien und identifizieren Anknüpfungspunkte für die Bildungslandschaft.
- Wir prüfen den Aufbau eines multidisziplinären Aus- und Weiterbildungszentrums „Energiewende“ mit u. a. dem Schwerpunkt Wasserstoff.

- Wir stärken den Technologietransfer und die Analyse, Folgenabschätzung und Kopplung von Technologien mit Blick auf verschiedene gesellschaftliche Zielsetzungen wie Lebensqualität, sichere Arbeitsplätze, soziale Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit.



Erzeugung und Import von grünem Wasserstoff

- Wir setzen uns für die Realisierung von Projekten zur **dezentralen Wasserstoffherzeugung** ein. Die erforderliche Technologieentwicklung möchten wir mit hessischen Partnern ermöglichen und fördern entsprechende Projekte.
 - Wir ermitteln die Potenziale erneuerbarer Wasserstoffherzeugung und prüfen, ob und gegebenenfalls wo die Erzeugung von grünem Wasserstoff im Rahmen von Pilotvorhaben und im Zuge der Technologieentwicklung in Hessen sinnvoll ist.
 - Wir ermitteln gemeinsam mit anderen Bundesländern, dem Bund und im Austausch mit europäischen Partnerregionen erforderliche Wasserstoffimportmengen. Hierfür entwickeln wir Partnerstrategien, insbesondere für Pilot- und Anwendungsprojekte.
 - Wir intensivieren existierende und bauen neue Partnerschaften auf, um unsere Wasserstoffbedarfe sicherzustellen und neue Handelsbeziehungen zu etablieren.
 - Wir streben einheitliche Qualitäts- und Zertifizierungsstandards hinsichtlich Wasserstoffimporten an.
-



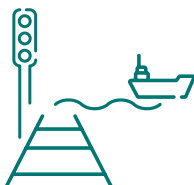
Transport und Speicherung - Bestehende Infrastrukturen identifizieren und für Wasserstoff ertüchtigen

- Wir identifizieren **Pilotvorhaben zur Umstellung von Transport-, Speicher- sowie Verteilinfrastrukturen.**
- Wir ermitteln die Ertüchtigungspotenziale und -bedarfe auf Basis verfügbarer Infrastrukturen und geplanter Wasserstoffprojekte gemeinsam mit Infrastrukturbetreibern in Hessen.
- Wir treten in den Dialog mit den hessischen Transport- und Speichereinstrastrukturbetreibern, um die Potenziale für eine Wasserstoffnutzung gemeinsam zu untersuchen.



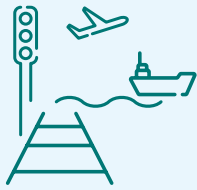
Transport und Speicherung - Neue Wasserstoffinfrastrukturen aufbauen

- Wir identifizieren den Bedarf an Neubauten für Transport-, Speicher- sowie Verteilinfrastrukturen für die geplanten Wasserstoffprojekte in Hessen. Dabei setzen wir uns für eine reibungslose Realisierung ein.
- Wir prüfen den Fördermittelbedarf. Beispielsweise im Bereich der Tankstelleninfrastruktur können finanzielle Unterstützungen aufgesetzt werden.



Transport - Alternative Verteilungskonzepte prüfen und unterstützen

- Wir unterstützen ergänzend Konzepte zur Wasserstoffverteilung via Straße, Schiene und Wasserweg.



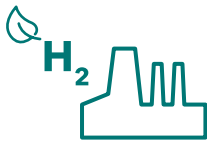
Mobilität und Logistik - CO₂-freie Mobilität in Logistik, ÖPNV und Flugverkehr umsetzen

- Wir ermitteln die Wasserstoffpotenziale in Mobilität und Logistik auf der Straße, in der Luft, auf der Schiene und auf dem Wasser für alle Mobilitätsklassen – selbstverständlich unter effizientem Einsatz erneuerbarer Energien.
- Wir evaluieren und entwickeln das Wasserstofftankstellennetz sowie die für Brennstoffzellenfahrzeuge erforderliche Serviceinfrastruktur weiter.
- Wir unterstützen bei der Beschaffung von Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb für gewerbliche und kommunale Flotten über die bereits vorhandenen Förderangebote des Landes. Im Vordergrund stehen Pilot- und Demonstrationsvorhaben sowie ein klimaneutraler ÖPNV.
- Wir setzen die Arbeiten zu **Pilotprojekten für alternative Kraftstoffe mit Schwerpunkt Luftverkehr** insbesondere durch das CENA fort.
- Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der noch laufenden Entwicklungsprozesse bei verschiedenen Technologiepfaden im Bereich alternativer Kraftstoffe und der bei Flugzeugherstellern und Forschungseinrichtungen aktuell laufenden Forschungsprozessen zum möglichem Einsatz von Wasserstoff als direkter Energieträger für Flugzeugantriebe analysieren wir gemeinsam mit der Luftverkehrswirtschaft offene Fragen zur technischen Machbarkeit, zur Energieeffizienz sowie zu Speicher- und Transporterfordernissen. Wir bewerten ökologische und ökonomische Potenziale und identifizieren, welche Infrastruktur am Frankfurter Flughafen zu schaffen ist.



Industrie und Gewerbe - Substitution fossiler Rohstoffe und Energieträger durch Wasserstoff ausbauen

- Wir untersuchen Dekarbonisierungspotenziale in Industrie und Gewerbe durch den Einsatz grünen Wasserstoffs und seiner Folgeprodukte.
 - Wir setzen gemeinsam mit hessischen Akteuren die Erkenntnisse aus der Potenzialuntersuchung in Projekten um.
-



Energieversorgung - Rolle von Wasserstoff in der Energieversorgung im Gebäudesektor im Rahmen von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) untersuchen

- Wir evaluieren bestehende Untersuchungen hinsichtlich des aktuellen Gebäudebestands, um gegebenenfalls vorhandene Möglichkeiten der nachhaltigen Raumwärmeversorgung u. a. im Rahmen von KWKK zu untersuchen.
 - Wir fördern Projekte, um beispielhafte und **innovative Lösungen in der Entwicklung von Wohn- und Gewerbequartieren** zu etablieren. Unser Hauptaugenmerk liegt in modernen Brennstoffzellen-Kraftwärmekältekopplungsanlagen.
 - Wir unterstützen Modelle zum effizienten Einsatz von Wärmeanlagen, die Strom- und Gaseinsatz kombinieren.
-



Roadmap

Diese Strategie konzentriert sich auf die bis zum Jahr 2025 initiierten Handlungsfelder und Maßnahmen. Der Gesamtfortschritt wird laufend überprüft und im Fünf-Jahres-Zyklus fortgeschrieben.

Maßnahmen im Zyklus (Roadmap):

Die nachstehende Tabelle zeigt einen Auszug aus der in Kap. VI genannten Maßnahmen, die im Rahmen des ersten Strategiezyklus zeitnah umgesetzt werden.

MASSNAHME	2020 und früher	2021	2022	2023	2024	2025
Strategische Ausarbeitung						
Erstellung der Wasserstoffstrategie des Landes Hessen		2021				
Start des zweiten Strategiezyklus mit Rückblick und Aktualisierung der Strategie						2025
Koordination, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit						
Fördermittelberatung und Antragsunterstützung	2020 - 2025					
Potenziale und Einsatzmöglichkeiten von Mikro-KWK-Anlagen mit Brennstoffzelle („Brennstoffzellenheizung“)	2020 - 2025					
Ausbau der Landeskoordinierungsstelle Wasserstoff			2022 - 2025			
Studien und Untersuchungen						
Aufbau von Kompetenzen im Umgang mit Wasserstoff durch Bildung und Qualifizierung			2022			
Neuaufgabe eBus-Radar		2021				
Konzeption Aus- und Weiterbildungszentrum		2021 - 2022				



MASSNAHME	2020 und früher	2021	2022	2023	2024	2025
Studien und Untersuchungen						
Wasserstoffspeicherung im großen Maßstab		2021 - 2022				
Neuaufgabe Studie Wasserstoffbedarf (Quellen-/ Senkenstudie)		2021 - 2022				
Studie für ein Wasserstoffregionalnetz			2022 - 2023			
Dekarbonisierungspotenziale mittels Wasserstoff in der Industrie			2022 - 2023			
Projektentwicklung (nicht abschließend)						
Evaluierung und Weiterentwicklung der bestehenden Wasserstoff- und Brennstoffzellenförderung des Landes	2020 - 2025					
F&E-Projekte zur Innovationsförderung (z.B. Elektrolyseure)	2020 - 2025					
Konzepte zu Wasserstoffverteilung / -transport / -speicherung	2020 - 2025					
Wasserstoff in gewerblichen Flottenanwendungen und im ÖPNV, einschließlich Infrastruktur	2020 - 2025					

Strategieprozess



HA Hessen Agentur GmbH / Stefan Wildhirt

H₂

Diese Strategie ist basierend auf aktuellen Studien und in enger Zusammenarbeit mit unterschiedlichen hessischen Akteuren erarbeitet worden, die im Vorfeld einen Fachbeirat gebildet haben. So konnte die langjährige Expertise aller Beteiligten aus Forschung und verschiedenen industriellen Bereichen einfließen. **Diesen Expertinnen und Experten danken wir ausdrücklich für ihre engagierte Mitwirkung.**

Über ein Konsultationsverfahren wurden weitere Akteure beteiligt und eingebunden, um die in der Strategie genannten Maßnahmen ggf. weiter zu präzisieren und inhaltlich auszugestalten.

Das Monitoring der Maßnahmen und die Vorbereitung der Fortschreibung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie des Landes Hessen erfolgt durch die neu eingerichtete Landesstelle Wasserstoff bei der **Landesenergieagentur.**

Dabei sind folgende Umsetzungsschritte vorgesehen:

- ◆ Einrichtung einer zentralen Projektdatenbank
- ◆ Vergleich der durchgeführten Maßnahmen und umgesetzten Projekte mit den Zielen der Strategie (Evaluierung)
- ◆ Identifizierung von Inhalten zur Dokumentation im Hessischen Energiemonitoringbericht

H₂

Redaktion

Oliver Eich

LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH
Wettinerstraße 3, 65189 Wiesbaden

[landesenergieagentur-hessen.de](https://www.landesenergieagentur-hessen.de)

Dr. Justus Brans

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen

Kaiser-Friedrich-Ring 75, 65185 Wiesbaden

[wirtschaft.hessen.de](https://www.wirtschaft.hessen.de)

Herausgeber

**Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen**

Kaiser-Friedrich-Ring 75, 65185 Wiesbaden

Stand: Oktober 2022

