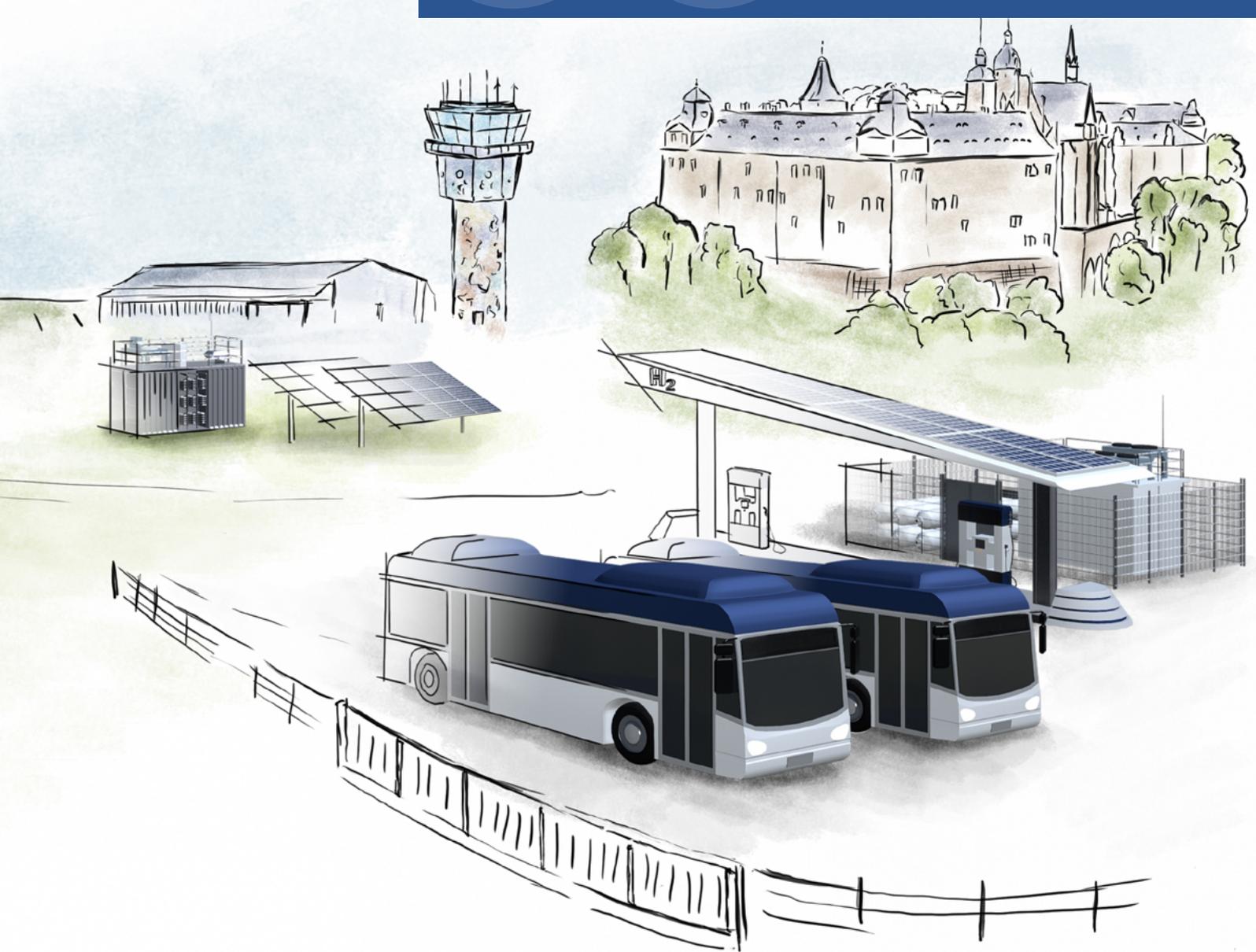


H₂O

ERGEBNISBERICHT 2023
**WASSERSTOFF REGION
LANDKREIS ALTENBURGER LAND**



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Projekträger:



Vorwort	4
Zusammenfassung	5
Die HyStarter-Region Landkreis Altenburger Land	6
H₂-Potenziale der Region Landkreis Altenburger Land	8
Vision 2030	12
Handlungsfelder und Umsetzungsstrategien	16
Übersicht	16
Elektrolytische H ₂ -Produktion aus Photovoltaik-Strom.....	18
H ₂ -Transport: Leitungsgebunden vs. Trailertransport.....	21
Grünes Industriegebiet	23
Wasserstofftankstellen (Hydrogen Refueling Station = HRS).....	24
BZ-Fahrzeuge im ÖPNV und Schwerlastverkehr	26
Gebäudeenergieversorgung	28
Industrie / Wasserstoff in der Gießerei.....	30
Wasserstoff in weiteren industriellen Anwendungen	32
Aus- und Weiterbildung.....	34
Netzwerk und Kommunikation.....	36
Regionales Technologiekonzept	38
Kooperation & Wünsche	40
Anhang	42
Abkürzungsverzeichnis	43

IMPRESSUM

Herausgeber



LANDKREIS ALTENBURGER LAND

Landratsamt Altenburger Land
Lindenaustraße 9
04600 Altenburg

Projektleitung

Landratsamt Altenburger Land
Michael Apel (Michael.Apel@altenburgerland.de)
Fachdienstleiter Wirtschaft, Tourismus und Kultur

Verantwortlich für den Inhalt

Anke Schmidt und Eike Friedrichs (Nuts One GmbH)
Unter Mitarbeit von:
Dr. Frank Koch, Frederik Budschun und Justus Beste
(EE ENERGY ENGINEERS GmbH)
Nadine Hölzinger (Spilett n/t GmbH)

Gestaltung, Layout, Satz und Illustrationen

Peppermint Werbung Berlin GmbH
Milastr. 2 | 10437 Berlin
www.peppermint.de

Druck

WOESTE DRUCK + VERLAG GmbH & Co KG
Im Teelbruch 108 | 45219 Essen-Kettwig
E-Mail: service@woeste.de | www.woeste.de

Erscheinungsjahr

2023

Die Strategiedialoge zu HyStarter wurden im Rahmen des HyLand-Programms durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragt und durch die NOW GmbH koordiniert.



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



Projektträger:



© Landratsamt Altenburger Land



Sehr geehrte
Leserinnen,
sehr geehrte Leser,

Wirtschaftsstark, familien-
freundlich und kulturvoll – das
ist der Landkreis Altenburger Land im Zentrum der mittel-
deutschen Wirtschaftsregion zwischen Leipzig, Halle,
Chemnitz, Zwickau und Jena.

Eine hohe Wohn- und Lebensqualität, attraktive Sehens-
würdigkeiten und die Anbindung an das Mitteldeutsche
S-Bahn-Netz sind nur einige Vorzüge unserer Region.

Die Wirtschaft im Altenburger Land hat sich gut ent-
wickelt. Insbesondere Unternehmen aus der Automobil-
zulieferindustrie, des Maschinen- und Anlagenbaus, der
Kunststoffverarbeitung sowie der Lebensmittelwirtschaft
prägen unseren Branchenmix. Die guten Böden unserer
Region bilden die Basis einer ertragsstarken und moder-
nen Landwirtschaft. Das Altenburger Land ist der am
dichtesten besiedelte Landkreis im Freistaat Thüringen
und ist Mitglied der Europäischen Metropolregion
Mitteldeutschland.

Längst ist das Altenburger Land auch eine gefragte
touristische Destination, denn hier gibt es Natur pur, viel
Kultur, lebendige Traditionen und Thüringer Gastlichkeit.
Die reizvolle Hügellandschaft unseres Landkreises wird
geprägt durch beschauliche Vierseithöfe. Besonders
erlebenswert ist die historische Residenzstadt Altenburg
mit ihren zahlreichen kulturellen Einrichtungen, zu denen
unter anderem das renommierte Lindenau-Museum, das
Schloss und das Theater gehören.

Zuverlässige und regionale Energiequellen sind essentiell
für die weitere positive Entwicklung und das Wachstum
unserer Region. Auf Basis der vielfältigen endogenen
Potenziale möchten wir gemeinsam mit der wachsenden
Zahl der Akteure unseres Wasserstoffnetzwerkes eine
regional integrierte Wasserstoffwirtschaft aufbauen. Hier-
durch kann ein substantieller Beitrag zur Defossilisierung
und Dekarbonisierung des Verkehrs und der regionalen
Wirtschaft geleistet werden.

Ihr
Uwe Melzer
Landrat



Der Landkreis Altenburger Land liegt im Dreiländereck Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt und steht für eine wirtschaftsstarke, familienfreundliche und kulturvolle Region. Der Landkreis nimmt hinsichtlich seiner Kapazitäten und Potenziale für erneuerbaren Energien bereits eine Vorreiterrolle ein und baut seine Kompetenzen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien u. a. im Rahmen des HyStarter-Projektes weiter aus. Ziel der HyStarter-Akteure im Landkreis Altenburger Land war es Anknüpfungspunkte zu finden, die eine weitere Dekarbonisierung des Verkehrs und der regionalen Wirtschaft unterstützen sowie auf bestehenden (Infra-)Strukturen und regionalen Potenzialen aufbauen. Diese Diskussion wurde unter Federführung des Landratsamtes in einem branchen- und sektorenübergreifenden Akteursnetzwerk in einem Prozess von sechs Strategiedialogen (01/2022 – 02/2023) im Landratsamt in Altenburg geführt.

Fokussiert wurden im Projekt die Erzeugung von grünem Wasserstoff aus PV-Strom, die Möglichkeiten des Wasserstoff-Transports, der Einsatz von Wasserstoff im Schwerlastverkehr (ÖPNV und Lkw) und die dafür notwendige Infrastruktur sowie die Einbindung von Wasserstoff zur Dekarbonisierung der (mittelständischen) Wirtschaft. Welchen Beitrag grüner Wasserstoff bei der Standortenergieversorgung und Standortentwicklung eines grünen Industriegebietes zur Verknüpfung ökologischer Nachhaltigkeit und ökonomischer Wertschöpfung leisten kann, waren weitere Schwerpunkte des Austauschs. Die entwickelten thematischen Schwerpunkte wurden mit einem Technologiekonzept hinterlegt und auf Sinnhaftigkeit und

technologische Machbarkeit hin überprüft. Insbesondere der Einsatz von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenbussen im ÖPNV als auch die Substitution von Erdgas in der Eisengießerei wurden als starke mögliche Treiber beim Aufbau regionaler Wasserstoff-Erzeugungsstrukturen und dem Tankstellenaufbau identifiziert. Der regionale Energieversorger EWA prüft bereits die Umstellung seiner Netze auf eine 100 %-ige Wasserstofftauglichkeit. Herausfordernd gestaltet sich bislang noch der Ausbau der erneuerbaren Energien u. a. aufgrund fehlender regionalplanerischer Verankerung von PV-Ausweisungsflächen. Die (kommunal-)politische Unterstützung beim Aufbau der Wasserstoffwirtschaft ist eine wesentliche Voraussetzung für einen schnellen Erfolg.

Neben einer Annäherung an die Technologie wurden auch Kriterien der Ressourcenverfügbarkeit wie das Vorhandensein von geeigneten Flächen für den Ausbau der erneuerbaren Energien und der notwendige Wassereinsatz für die Elektrolyse sowie der regionalen Wertschöpfungspotenziale kritisch hinterfragt.

Um die theoretischen Erzeugungspotenziale in der Region abschätzen zu können, wurde mit dem Online-Szenarienrechner H2Scout ein Basisszenario sowie mehrere Alternativszenarien erstellt. Neben den hohen Wasserstoff-Erzeugungspotenzialen wurde hier die Relevanz der Eigentumsverhältnisse der erneuerbaren Energien deutlich, da die Erlöse des Stromverkaufs maßgeblich dazu beitragen, die Wasserstoffherzeugung in einen wirtschaftlichen Kostenrahmen zu bringen.

DIE HYSTARTER-REGION

LANDKREIS

ALTENBURGER LAND

6

Der Landkreis Altenburger Land wurde am 13. September 2021 als eine von 15 neuen Wasserstoff-Regionen in Deutschland aus insgesamt 65 Bewerbungen ausgewählt. Die HyStarter-Bewerbung wurde durch den Fachdienst Wirtschaft, Tourismus und Kultur des Landratsamtes (LRA) initiiert. HyStarter-Regionen sind Teil des „HyLand“-Programms, welches von der Nationalen Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) und dem Projektträger Jülich (PTJ) begleitet wird und vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragt ist. HyStarter verfolgt das Ziel, bei der Sensibilisierung für das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sowie der initialen Organisation der Akteurslandschaft zu unterstützen. Das Landratsamt und der durch es aufgestellte Akteurskreis wurde dabei von der Nuts One GmbH sowohl inhaltlich als auch organisatorisch unterstützt. Weitere fachliche Expertise stellten die Konsortialpartner EE – Energy Engineers (Projektleitung HyStarter) und Spilett new technologies zur Verfügung.

Der thüringische Landkreis Altenburger Land liegt im Dreiländer-Eck von Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt. Die geographisch günstige Lage im Zentrum der mitteldeutschen Wirtschaftsregionen Leipzig, Halle, Chemnitz, Zwickau und Jena wird durch eine hervorragende infrastrukturelle Anbindung (wichtige europäische Hauptverkehrsachsen, ein bestehendes Netz zur Distribution von Wasserstoff (H₂) in Mitteldeutschland und bestehende Erdgas-Fernleitungen) und eine hohe Wohn- und Lebensqualität in reizvoller Landschaft ergänzt. Als Teil der Metropolregion Mitteldeutschland ist das Altenburger Land durch stetiges Wirtschaftswachstum mit einer leistungsfähigen Industrie geprägt, zu der neben Maschinen- und Fahrzeugbau, die Metallverarbeitung, die Kunststofftechnik und die Lebensmittelbranche sowie viele kleinere und mittelständische Unternehmen als Zulieferer der Automobilindustrie gehören. Die Landwirtschaft ist ein weiterer Schwerpunkt der regionalen Wirtschaft und der Ausbau erneuerbarer Energien ein wachsender Zweig. Trotz des Bevölkerungsrückgangs ist der über 88.000 Einwohner starke Landkreis mit 155 Einwohnern pro km² im Vergleich der weiteren Thüringer Landkreise dicht besiedelt.

Der Landkreis Altenburger Land hat sich am HyStarter-Programm beteiligt, um eine regional integrierte Wasserstoffwirtschaft aufzubauen, die zur weiteren Dekarbonisierung des Verkehrs und der regionalen Wirtschaft beitragen soll. Der Landkreis blickt auf eine reichhaltige sowie facettenreiche Historie der Energie-Industrie zurück, die von der Förderung fossiler Braunkohle im Meuselwitz-Altenburger Revier über die Uran-Förderung bei Löbichau bis zu post-fossilen erneuerbaren Energien reicht. In Sichtweite der alten Fördertürme, Hochkippen und Tagebaurestlöcher befinden sich im Altenburger Land Windkraft- (123 MW), Photovoltaik- (137 MW), Biogas- (21 MW) und Wasserkraftanlagen (0,3 MW) mit einer kumulierten Erzeugungskapazität von ca. 281 MW (Stand: März 2022 MaStR¹). Doch birgt das Altenburger Land noch großes Potenzial zum Ausbau erneuerbarer Energien und möchte dabei unkonventionelle sowie innovative Ansätze umsetzen, um verschiedenste Interessen in Einklang zu bringen. Dazu wurde ein vielfältiger Teilnehmerkreis gebildet, dessen Akteure an allen Stufen der Wertschöpfungskette angesiedelt sind. Die Hintergründe reichten von potenziellen Erzeugern und Flächenbesitzern (Landwirte, Energiegenossenschaft, Betreiber von PV-Anlagen) über Distributoren (Stadtwerke, Verteilnetzbetreiber) bis hin zu Verbrauchern (Busunternehmen, Gießerei, Landwirte, Stadtwerke). Aber auch die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften ist ein zentrales Anliegen des Akteurskreises, um den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft tatkräftig zu unterstützen und umzusetzen. In sechs Strategiedialogen wurden im Akteurskreis Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien behandelt, mögliche Anknüpfungspunkte für die Region diskutiert sowie die Potenziale, Chancen und Grenzen der Technologien und Umsetzung identifiziert. Begleitend zum Dialogprozess fanden bilaterale Gespräche mit allen Dialogteilnehmenden statt. Um die Vernetzung zu stärken, wurde im Rahmen der HyStarter-Aktivitäten ein Austausch mit verschiedenen HyLand-Regionen aus der Umgebung initiiert, u. a. Weimar / Weimarer Land (HyStarter), Chemnitz (HyExpert) und Wartburgkreis (HyExpert).

Folgende Unternehmen/ Institutionen waren u. a. Teil des HyStarter-Akteurskreises: Aus- und Weiterbildungsverbund Altenburg -AWA- e. V., Altenburger Kraftfutterwerk und Getreidehandel (ALKA) GmbH, Landwirtschaftsbetrieb Bubinger, Energie- und Wasserversorgung Altenburg (EWA) GmbH, ENGO Energiegenossenschaft Ostthüringen eG, GP Günter Papenburg AG, HYPOS e. V., HySON GmbH, IHK Ostthüringen zu Gera, ITEL – Deutsches Lithiuminstitut GmbH, Karl Fischer Agrarhandel Pontewitz, Landkreis Altenburger Land, Landesentwicklungsgesell-

schaft Thüringen mbH (LEG Thüringen), Meuselwitz Guss Eisengießerei GmbH, Gemeinde Nobitz, Stadtwerke Schmölln GmbH, Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH (TheGA), THÜSAC Personennahverkehrsgesellschaft mbH, Wirtschaftsvereinigung Altenburger Land, Metropolregion Mitteldeutschland (WAMM) e.V. und FRAMO GmbH. Einige Unternehmen bereicherten die Diskussionen in vereinzelt Strategiedialogen wie u. a. inca-fiber GmbH, KAG Altenburger Museen, die VNG-Gruppe und Zukunft LAND GmbH.



H₂-POTENZIALE DER REGION LANDKREIS ALTENBURGER LAND

Szenarienmodellierung

Begleitend zu den Strategiedialogen in HyStarter wurden unterschiedliche Methoden und Tools genutzt, um Diskussionen anzuregen und die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Eines dieser Tools war der Online-Szenarienrechner „H2Scout“, mit dem die Akteure vor Ort alternative Szenarien einer regionalen Wasserstoffwirtschaft konfigurieren, berechnen und miteinander vergleichen können. Mithilfe eines Optimierungsalgorithmus identifiziert der „H2Scout“ unter den gegebenen Rahmenbedingungen und Annahmen das kostenoptimale Infrastruktursystem zur Bereitstellung einer definierten Nachfragemenge nach Wasserstoff aus unterschiedlichen Sektoren. Dabei muss in jeder Stunde des Jahres die Nachfrage gedeckt sein, entweder aus eigener Produktion, aus vorhandenen Speichern oder durch Import von Wasserstoff (sofern zugelassen).

Der Szenarienrechner greift bei der Optimierung auf drei Datenquellen zurück:

- einen techno-ökonomischen Datensatz mit Leistungs- und anderen Kenngrößen der eingesetzten Technologien sowie Angaben zu Kosten und zu Wertschöpfungspotenzialen, der vom System für das Jahr 2030 vorgegeben ist;
- einen Datensatz zur regionalen Energiewirtschaft (Angebots- und Nachfrageseite), der mit Unterstützung der EE ENERGY ENGINEERS durch die regionalen Akteure für das Jahr 2030 abgeschätzt wurde;
- einen Datensatz zu den gewünschten oder erwarteten politisch-gesellschaftlichen Rahmenbedingungen im Jahr 2030, der durch die regionalen Akteure im Rahmen der HyStarter-Strategiedialoge definiert wurde.

Die alternativen Szenarien stellen mögliche Zielsysteme für eine regionale Wasserstoffwirtschaft dar, in dem Wissen, dass es sich um eine vereinfachte Betrachtungsweise der hochkomplexen und -dynamischen Energiewirtschaft handelt.

Basisszenario (Trend 2030)

Quellen für verwendete Parameter und Zeitreihen

- **Bestandsanlagen und Ausbaupotenziale für erneuerbare Energien im Jahr 2030:** Die vorhandenen Erzeugungsleistungen in 2030 wurden anhand der Bestandsanlagen aus dem MaStR Stand 2022 abgeschätzt. Dabei wurde eine Lebensdauer von 25 Jahren angenommen. Die Potenziale für Windenergie wurden basierend auf der Fläche der Region durch die EE ENERGY ENGINEERS geschätzt, ebenso wie die Potenziale für PV, die mithilfe des Solarrechners der ThEGA ermittelt wurden und sich auf die Aufdach-Solaranlagen beziehen (www.solarrechner-thueringen.de).
- **Erzeugungszeitreihen erneuerbare Energien im Jahr 2030:** Vereinfachend wurden hier die aktuellen Wind- und Solarprofile der Region nach renewables.ninja für das Jahr 2030 für Neuanlagen unverändert angewandt. EEG-Anlagen (Wind) wurden altersbedingt auf 85,1 % Effizienz skaliert, Post-EEG-Anlagen (Wind) auf 69,6 %. Für PV-Anlagen gilt analog eine skalierte Effizienz von 95,1 % und 89,3 %.
- **Gesamtnachfrage und sektorale Nachfrage Wärme:** Die Daten wurden durch die EE ENERGY ENGINEERS für die Regionen entsprechend folgender Quelle ermittelt: www.hotmaps.eu/map.
- **Gesamtnachfrage Verkehr:** Eine Abschätzung wurde durch die EE ENERGY ENGINEERS auf Basis der Mobilitätsstatistiken des Kraftfahrtbundesamts (KBA) vorgenommen.
- **Sektorale Nachfrage Verkehr:** Hierzu wurde der Energiebedarf der jeweils gemeldeten Fahrzeugarten in der Region durch den Gesamtenergiebedarf aller Fahrzeuge geteilt. Die Fahrzeugzahlen sind den Statistiken des Kraftfahrtbundesamts entnommen, die spezifischen Energiebedarfe nach dena (Integrierte Energiewende) abgeschätzt und die Fahrleistung entspricht den „Daten & Fakten“ des Bundesamts für Straßenwesen.
- **Nachfragezeitreihen Wärme und Verkehr:** Da diese Daten nicht aufgeschlüsselt für die Region vorlagen, wurden vereinfachend die Zeitreihen des Projekts JERICO-E-usage (jericho-energy.de) angewendet.
- **Verfügbare Reststoffmengen:** Vereinfachend wurde hier auf Statistiken zu den Abfallaufkommen Deutschlands zurückgegriffen, die anschließend mit einem Pro-Kopfschlüssel auf die Region heruntergebrochen wurde. Verwendete Statistiken sind: NABU 2019, Circular Economy Initiative 2021 (Kunststoffabfälle) / UBA 2018 (Altreifen) / UBA 2018, Destatis 2019 (Klärschlämme)
- **Gesamtnachfrage und sektorale Nachfrage Industrie:** Der Energiebedarf für die Getreidetrocknung wurde aus dem gemeldeten Heizölbedarf errechnet, die Zeitreihe wurde entsprechend einer Meldung aus der Region erstellt. Die Energiebedarfe für die Gießerei und das Krematorium wurde aus der Region gemeldet, die Zeitreihen wurde unter Annahme eines Zwei-Schicht-Betriebs durch die EE ENERGY ENGINEERS abgeschätzt.

Annahmen zur regionalen H₂-Nachfrage (inkl. Nachfragezeitreihen)

	Energienachfrage	Deckungsanteil H ₂	H ₂ -Nachfrage	Mehrzahlungsbereitschaft
Verkehrssektor	369 GWh/Jahr	Pkw und Kleintransporter (je 5 %) Lkw (10 %) Abfallsammelfahrzeuge und Busse im ÖPNV (je 20 %)	494 t/Jahr	Keine Mehrzahlungsbereitschaft (Dieselpreis: 1,80 €/l ohne CO ₂ -Preis)
Wärmesektor	783 GWh/Jahr	Wohngebäude (2 %) Bürogebäude (5 %) Prozesswärme (100 %)	605 t/Jahr	Keine Mehrzahlungsbereitschaft (Erdgaspreis: 80 €/MWh ohne CO ₂ -Preis)
Industrienachfrage		100 %	10.450 t/Jahr	Mehrzahlungsbereitschaft (5,50 €/kg H ₂ Backbone; 2,50 €/kg Getreidetrocknung)

Annahmen zur Energie- und H₂-Bereitstellung

Verfügbare EE-Kapazitäten	Weitere regionale Ressourcen	H ₂ -Produktionspfade
 Bestand (2030): 67 MW Ausbaupotenzial: 203 MW	 Klärschlämme: 1.994 t/a Kunststoffabfälle (PE/PP): 5.300 t/a Altreifen: 657 t/a	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Wasserelektrolyse <input checked="" type="checkbox"/> Reststoffthermolyse <input checked="" type="checkbox"/> Methanplasmalyse <input checked="" type="checkbox"/> Dampfgasreformierung
 Bestand (2030): 137 MW Ausbaupotenzial: 600 MW	 Wasser: unbegrenzt verfügbar	

Weitere Annahmen

H₂-Importe: nicht zugelassen · Strom- oder Erdgasimporte: < 20 MW (Strom), < 100 MW (Erdgas) · Wasserkosten: 4€/m³
Transport- und Handlingkosten H₂: 0,36 €/kg H₂ (Pipeline) | 2,30 €/kg (Trailer, H₂-Tankstelle) ·
Stromexportkapazitäten: < 20 MW · CO₂-Preis: 100 €/t CO₂

Alternativszenarien (Trend 2030)

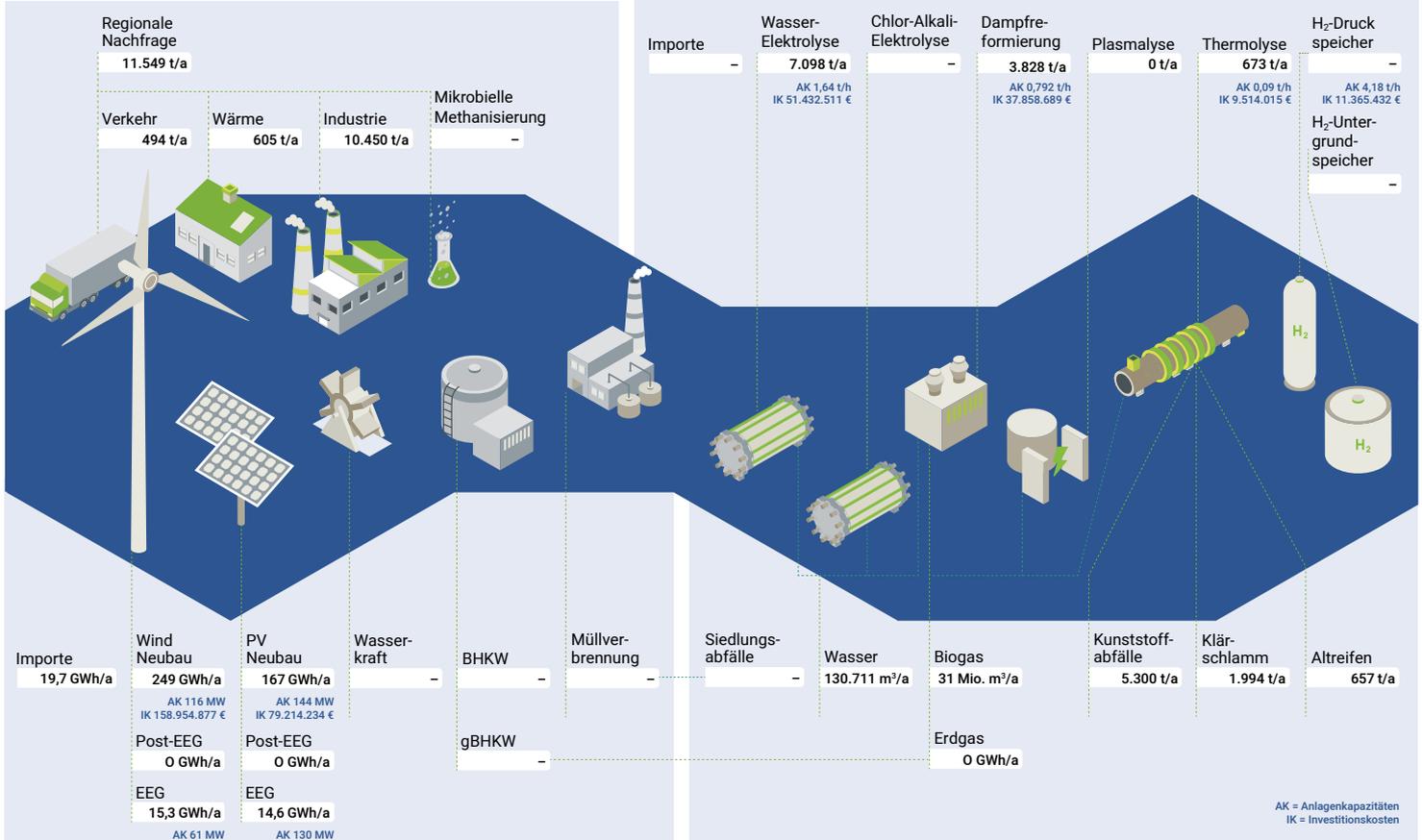
Vom Basisszenario abweichende Annahmen

Szenario „Mit Sauerstoffvertrieb“	Szenario „Ohne H ₂ -Backbone“	Szenario „Ambitionierte Verkehrswende“
Dieses Alternativszenario entspricht dem Basisszenario mit der abweichenden Annahme, dass der elektrolytisch erzeugte Sauerstoff zu 100% vertrieben werden kann und zu Nebeneinnahmen im System führt.	Dieses Alternativszenario entspricht dem Basisszenario mit der abweichenden Annahme, dass nur die regionale Nachfrage nach Wasserstoff bedient wird und keine Wasserstoffexporte via H ₂ -Backbone-Pipeline in andere Regionen stattfinden.	Dieses Alternativszenario entspricht dem Basisszenario mit der abweichenden Annahme eines doppelt so hohen Deckungsbeitrags von Wasserstoff im Verkehrssektor je 10% Pkw und Transporter, 20% Lkw, je 50% Busse und Abfallsammelfahrzeuge).
Szenario „Weckruf“ Dieses Alternativszenario entspricht dem Basisszenario mit der abweichenden Annahme eines 50%-Deckungsbeitrags von Wasserstoff in den regionalen Verkehrs- und Wärmemärkten. Die regionalen EE-Ausbaupotenziale bleiben unverändert. Energieimporte sind nicht zugelassen (Strom, Erdgas, Wasserstoff).	Szenario „Nur Plasmalyse und Dampfreformierung“ Dieses Alternativszenario entspricht dem Basisszenario mit der abweichenden Annahme, dass der in der Region produzierte Wasserstoff ausschließlich aus Biogas und Erdgas mittels Plasmalyse und Dampfreformierung und unter Verwendung von in der Region erzeugtem erneuerbarem Strom stammt.	Szenario „Wasserstoffexportregion“ Dieses Alternativszenario entspricht dem Basisszenario mit der abweichenden Annahme eines intensivierten Wasserstoffexports: Statt 10.000 t jährlich werden 30.000 t jährlich exportiert, bei einer geringeren Zahlungsbereitschaft von durchschnittlichen 4,00 €/kg statt 5,50 €/kg H ₂ im Basisszenario.

Jahresbilanzen des Basisszenarios Investitionskosten gesamt: 348.339.757 €

Regionale Wasserstoffnutzung

Wasserstoffproduktion und -herkunft



Energieeinsatz (elektrisch)

Ressourceneinsatz

Energieexporte und Nebenprodukte

Strom	Wärme	O ₂	H ₂ (Exporte)	H ₂ (Gasnetz)	CH _{4, bio}	CO ₂	C _{fix}
97,2 GWh/a	57,4 GWh/a	0 t/a	-	-	-	21.731 t/a	0 t/a

Spezifischer Emissionsfaktor H ₂	Regionale H ₂ -Produktion
1,71 kg CO ₂ / kg H ₂	11.599 t/a

Abbildung 1: © H2Scout.eu/Spilett

(1) Netzstrombezug wird als Stromimporte gewertet, auch wenn der Strom bilanziell aus regionalen EE-Anlagen stammen könnte. (2) Abweichungen in der Zahlungsbereitschaft entstehen aufgrund unterschiedlicher Märkte bzw. abweichenden Mengen exportiertem „Überschusswasserstoffs“. (3) Die geringeren CO₂-Einsparungen resultieren aus einer Priorisierung der Elektrolyse gegenüber der Reformierung und somit Erhöhung der Stromimporte (Emissionen des dt. Strommixes). (4) Die Wirtschaftlichkeit kann durch höhere Stromexportkapazitäten deutlich verbessert / erzielt werden.

Basis- und Alternativszenarien im Vergleich Ergebnisse

Szenarien	H ₂ -Nachfrage	Autarkiegrad ¹	H ₂ -Bereitstellungskosten	Zahlungsbereitschaft H ₂ ²	Gewinn vor Steuern
Basisszenario	11.549 t/a	96,8 %	5,26 €/kg	6,20 €/kg	10,90 Mio €/a
Mit Sauerstoffvertrieb	11.549 t/a	96,6 %	5,02 €/kg	6,20 €/kg	13,68 Mio €/a
Ambitionierte Verkehrswende	12.068 t/a	96,8 %	5,27 €/kg	6,31 €/kg	12,53 Mio €/a
Nur Plasmalyse und Dampfreformierung	11.549 t/a	37,5 %	6,13 €/kg	6,20 €/kg	0,78 Mio €/a
Ohne H ₂ -Backbone	1.549 t/a	98,7 %	4,11 €/kg	4,50 €/kg	0,59 Mio €/a
Weckruf ⁴	25.432 t/a	100 %	6,35 €/kg	5,26 €/kg	-27,67 Mio €/a
Wasserstoffexportregion	31.549 t/a	70,2 %	5,68 €/kg	4,94 €/kg	-23,26 Mio €/a

Zusammensetzung der regionalen H₂-Gestehungskosten Summe: 6,16 €/kg

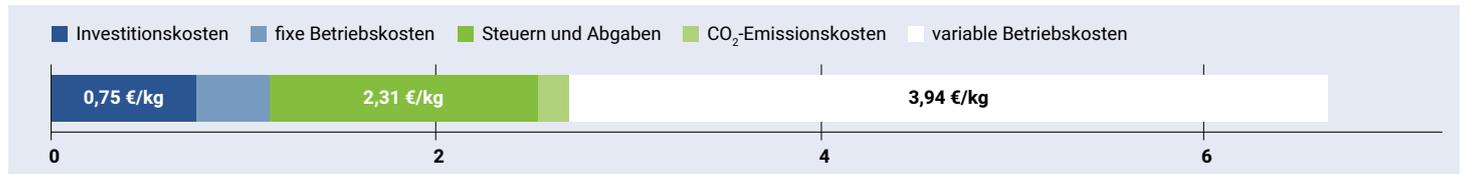


Abbildung 2: © H2Scout.eu/Spilett

Zusammensetzung der Umsätze Summe: 88.470.209 €/a

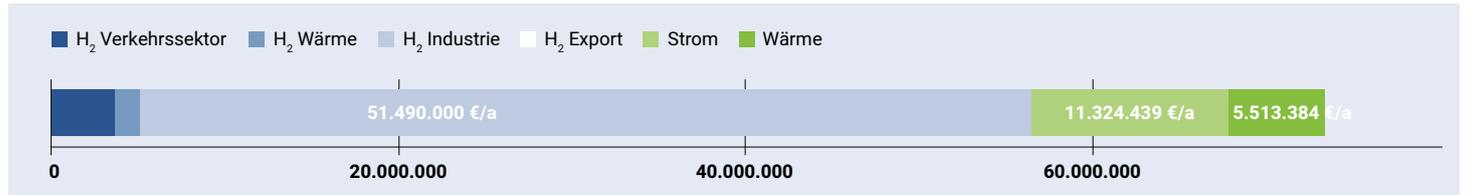


Abbildung 3: © H2Scout.eu/Spilett

Leistungskennzahlen des Systems (KPI)

11.549 t/a H ₂ -Nachfrage ergibt sich aus den definierten H ₂ -Bedarfen der Region	5,26 €/kg H ₂ -Bereitstellungskosten Break-Even-Preis, der im Mittel vom Kunden gezahlt werden muss, um einen Gewinn zu erzielen	10.898.472 €/a Gewinn vor Steuern Maximaler Gewinn vor Steuern im Fall, dass die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft als Preis realisiert wird	130.999 t/a Vermiedene CO ₂ -Emissionen Vermiedene Gesamtemissionen zuzüglich der bei der Wasserstoffproduktion entstehenden CO ₂ -Emissionen	26.950.270 €/a Vermiedene externe Kosten Vermiedene gesellschaftliche Kosten des Klimawandels und der Stickoxidemissionen des Verkehrssektors
96,8% Autarkiegrad Regionaler Anteil der zur Wasserstoffproduktion verwendeten Primärenergie	6,20 €/kg Zahlungsbereitschaft H ₂ Durchschnittliche Zahlungsbereitschaft über alle Nachfragesektoren	5,2% Kapitalrendite bei einer angenommenen Systemlaufzeit von 20 Jahren.	31,88 €/t CO ₂ -Vermeidungskosten Die CO ₂ -Vermeidungskosten enthalten als Differenz zwischen Bereitstellungskosten und Zahlungsbereitschaft den definierten CO ₂ -Preis.	21.063.125 €/a Direkte regionale Wertschöpfung Anteil der in der Region verbleibenden Wertschöpfung aus dem Betrieb der Anlagen (Näherungswert aufgrund unvollständiger Datenbasis)

Fazit

Unter den getroffenen Annahmen und Rahmenbedingungen ermöglicht das Basisszenario eine Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffregion Altenburger Land bei gleichzeitig hohem Autarkiegrad. Das Szenario „ohne H₂Backbone“ resultiert in einer H₂-Nachfrage von jährlich 1.456 t mit H₂-Bereitstellungskosten von 4,10 €/kg. In diesem Szenario ist die Wasserelektrolyse aufgrund der verhältnismäßig hohen Nachfrage aus der Getreidetrocknung während 8 Wochen im Jahr deutlich überdimensioniert. Eine Alternative wäre die Positionierung der Elektrolyse in Nähe der Speicher zur unterstützenden Nutzung der Abwärme an Stelle der H₂-Nutzung für die Trocknungsprozesse.

	Kapitalrendite	Vermiedene CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Vermeidungskosten	Vermiedene externe Kosten	Direkte regionale Wertschöpfung
Basisszenario	5,2%	130.999 t/a	31,88 €/t	26,95 Mio €/a	21,06 Mio €/a
Mit Sauerstoffvertrieb	5,8%	128.592 t/a ³	10,86 €/t	26,46 Mio €/a	25,11 Mio €/a
Ambitionierte Verkehrswende	5,7%	137.699 t/a	23,82 €/t	28,42 Mio €/a	23,07 Mio €/a
Nur Plasmapolymerisation und Dampf- reformierung	1%	66.312 t/a	215,50 €/t	13,69 Mio €/a	4,43 Mio €/a
Ohne H ₂ -Backbone	1%	16.313 t/a	74,50 €/t	3,44 Mio €/a	3,37 Mio €/a
Weckruf ⁴	-4,5%	249.599 t/a	225,82 €/t	51,76 Mio €/a	32,20 Mio €/a
Wasserstoffexportregion	-4,7%	264.076 t/a	245,58 €/t	54,23 Mio €/a	25,96 Mio €/a

Der Landkreis Altenburger Land unterstützt das Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG²) und damit das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050. Bereits im Jahr 2040 soll der Freistaat Thüringen seinen Energiebedarf in der Gesamtbilanz durch einen Mix aus erneuerbaren Energien vollständig decken. Die Energiewende und das Ziel der Klimaneutralität ist ein gemeinsamer Kraftakt, der nur branchen- und sektorübergreifend für die Region geleistet werden kann. Dabei setzt das Altenburger Land auf regionale Expertise und Engagement, um einen möglichst hohen Anteil der Wertschöpfung im Land zu generieren bzw. zu halten und Energie- und Stoffkreisläufe in der Region bestmöglich zu schließen. Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien bindet der Landkreis Wasserstoff in seine Energiewende-Aktivitäten ein, um neben einer auf erneuerbaren Energien basierenden Stromversorgung auch eine schrittweise Dekarbonisierung in den Bereichen Mobilität, Gebäudeenergieversorgung und Industrie zu erzielen. Dabei sind den HyStarter-Akteuren die folgenden Aspekte wichtig:

Die Versorgung mit Strom und Wasserstoff erfolgt regional und regenerativ: Die HyStarter-Akteure streben eine größtmögliche Eigenversorgung mit erneuerbaren Energien an. Für die (dezentrale) Wasserstoffproduktion notwendige Strombedarfe sollen im Altenburger Land durch PV- und Wind-Strom gedeckt werden. Hinsichtlich eines PV-Ausbaus sollen (weitere) Brach- und Dachflächen sowie Freiflächen, auch für Agrisolar, in Betracht gezogen werden. Hierbei sind Betreibermodelle und Konzepte in der Region notwendig, die auch die Einbindung kleiner PV-Anlagen ermöglichen und (Netz-)Entgelte minimieren. Die hohe Qualität der Böden im Altenburger Land erfordert ein genaues Abwägen von Interessen und Auswirkungen, soll aber kein generelles Ausschlusskriterium beim Aufbau von PV-Freiflächenanlagen darstellen, da ohne einen enormen Zubau an erneuerbaren Energien keine H₂-Erzeugung möglich sein wird. Kosten und Nutzen werden hier sachlich gegenübergestellt. Als herausfordernd bezüglich Windkraftanlagen, die aufgrund der Saisonalität der

PV-Stromerzeugung notwendig sind, werden die aktuellen Unsicherheiten des Planungsrechts (Teilplan Wind) gesehen. Biomasse soll bei der Diskussion um die Wasserstoffherzeugung nicht ausgeschlossen werden. Der Vorteil der Biomasse wird aber stärker in der grundlastfähigen Stromerzeugung und der flexiblen Spitzenlastfähigkeit gesehen und damit seiner Systemdienlichkeit. Das Thema der Mikrobiellen Methanisierung soll aber weiterhin eine Option für Biogasanlagenbetreiber sein, ins Erdgasnetz einspeisen zu können. Wasserkraft wird aufgrund der geringen Erzeugungskapazitäten und des geringen Ausbaupotenzials keinen relevanten Beitrag leisten können.

Die Erzeugung von Wasserstoff muss regionale Gegebenheiten berücksichtigen: Der Akteurskreis ist im Sinne der Kreislaufwirtschaft offen für verschiedene klimafreundliche Erzeugungspfade des Wasserstoffs. In einem ersten Schritt soll die Herstellung von Elektrolyse-Wasserstoff, wenn möglich mit Überschuss-Strom aus PV- und Windkraftanlagen, geprüft werden. Bei der Standortwahl des Elektrolyseurs sollen neben der Nutzung von Abwärme (u. a. Gewerbegebiete) und Sauerstoff (u. a. Kläranlagen, Krankenhäuser) auch die lokalen Wasserverfügbarkeiten mitgedacht werden. Aufgrund der hohen Bereitstellungs- und Aufbereitungskosten des Wassers im Landkreis, insbesondere in schrumpfenden Gemeinden mit geringer Nachfrage und daher überdimensionierten Leitungen und hohen Grundkosten, soll geprüft werden, ob ein Elektrolyseur als weiterer Verbraucher „wassernetzdienlich“ platziert werden kann, um die ohnehin stattfindenden Leitungsspülungen zu ersetzen. Generell müssen sich ändernde Grundwasserpegel und damit verbundene Wasserverfügbarkeiten und ggf. steigende Kosten berücksichtigt werden, wenn Stilllegungen von Tagebauen dazu führen, dass bspw. kein Grundwasser mehr abgepumpt wird, und zugleich die Niederschläge abnehmen. Für das Versorgungsgebiet der EWA gilt die Wasserversorgung aus dem Thüringer Wald und dem Harz als sicher.

Wasserstoff- und Batterietechnologien ergänzen sich:

Die Speicherung von Stromkapazitäten durch die Herstellung von Wasserstoff wird zwar in Konkurrenz zur Speicherung in Akkus / Batterien gesehen, da hier kurz- bis mittelfristig technologische Fortschritte erwartet werden. Allerdings besticht Wasserstoff als Energieträger durch seine Transportfähigkeit und besonders durch die geringere Abhängigkeit von seltenen Rohstoffen. Darüber hinaus bietet Wasserstoff als langfristiger Speicher großer Mengen an erneuerbaren Energien eine zeitliche und räumliche Entkopplung von Erzeugung und Nutzung und damit die notwendige Flexibilitätsoption im nachhaltigen Energiesystem. Beide Speichertechnologien können sich ergänzen, müssen aber nach aktuellem Entwicklungsstand hinsichtlich ihrer Einsatzzwecke immer wieder überprüft werden.

Das Altenburger Land soll ans mitteldeutsche Wasserstoffnetz angebunden werden:

Das Altenburger Land und die angrenzenden Landkreise bringen zum einen Industrien mit, die zukünftig eine konstante Nachfrage nach grünem Wasserstoff haben werden, und liegen zum anderen in räumlicher Nähe zum Mitteldeutschen Chemiedreieck, das sukzessive seinen grauen Wasserstoffbedarf mit grünem Wasserstoff ersetzen muss. Zum anderen birgt der Landkreis das Potenzial, mehr Wasserstoff zu erzeugen als zunächst nachgefragt wird. Für den Ausbau des mitteldeutschen Wasserstoffnetzes kann z. T. auf bestehende Wasserstoff-Pipelines zurückgegriffen werden, neu gebaut werden und vor allem bestehende Erdgasleitungen umgewidmet werden. Im Rahmen der IPCEI³-Projekte *doing hydrogen*⁴ und *Green Octopus Mitteldeutschland*⁵ sowie im Projekt *Flow*⁶ wird u. a. durch die Ontras ein Wasserstoff-Transportsystem – ausgehend von Mecklenburg-Vorpommern – aufgebaut, das bis 2025 auch Thüringen anbinden und perspektivisch den Landkreis Altenburger Land für Ein- und Ausspeisung anschließen soll.

Der Landkreis setzt innovative und klimafreundliche Verkehrskonzepte um:

Bei dem Ziel der Dekarbonisierung des Verkehrssektors wird der Dreiklang aus Verkehr vermeiden, Verkehr verlagern und den Verkehr verbessern (Antriebswende) angestrebt. Im Mobilitätssektor wird neben batterieelektrischen Fahrzeugen, v. a. im Pkw-Bereich, auch die Nutzung von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen anvisiert. Insbesondere der Einsatz von Brennstoffzellen-Bussen im ÖPNV bietet eine Chance, auf die Vereinbarungen der CVD⁷ einzuzahlen, und gleichzeitig die neue Technologie vor Ort für jeden erlebbar zu machen. Solche Berührungspunkte zu schaffen, soll positiv auf die Akzeptanz einzahlen. Die Region strebt als Leuchtturm im Verkehrsbereich an, BZ-Busse bei der THÜSAC einzusetzen. Der Einsatz von BZ-Müllfahrzeugen und Lkws in der Logistik soll ebenfalls tiefer analysiert und die entsprechenden Akteure eingebunden werden. Wasserstofftankstellen sollen nicht nur für die im Landkreis ansässigen Verkehre aufgebaut werden, sondern auch für durchgehende (Schwerlast-)Verkehre bereitstehen und zu einer erhöhten Akzeptanz der Technologie beitragen.

Die Wärmeversorgung im Landkreis ist klimaneutral:

Der Landkreis strebt eine schnelle Dekarbonisierung des Gebäudeenergiebereiches (Wohngebäude und Quartiere, Büro- und Verwaltungsgebäude) an. Es werden Alternativen zur Wärmeversorgung mit Erdgas und Heizöl geprüft sowie die schrittweise Substitution von Erdgas in der Fernwärme angestrebt. Neben dem Einbau von Wärmepumpen und wasserstoffbetriebenen BHKWs soll auch die sukzessive Beimischung von grünem H₂ ins Erdgasnetz geprüft werden, da dies eine sofortige anteilmäßige Dekarbonisierung, zunächst ohne (größere) Anpassungen bei den Endkundinnen und Endkunden impliziert. Die Gasnetze sind bis zum Jahr 2030 100 %-H₂-ready. Als Leuchtturm für die Gebäudeenergieversorgung können sich die Stadtwerke Schmölln u. a. mit der EWA vorstellen, ein Wohnquartier mit H₂ zu entwickeln und zu pilotieren.

3 Important Project of Common European Interest der EU-Mitgliedstaaten und Norwegen zur Nutzung von Synergien und Verbindung nationaler Wasserstoffvorhaben.

4 <https://www.doinghydrogen.com/>

5 <https://www.ontras.com/de/go>

6 <https://www.ontras.com/de/aktuelles/newsroom/flow-medieninformation>

7 Clean Vehicles Directive (= Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge) <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/clean-vehicles-directive.html>

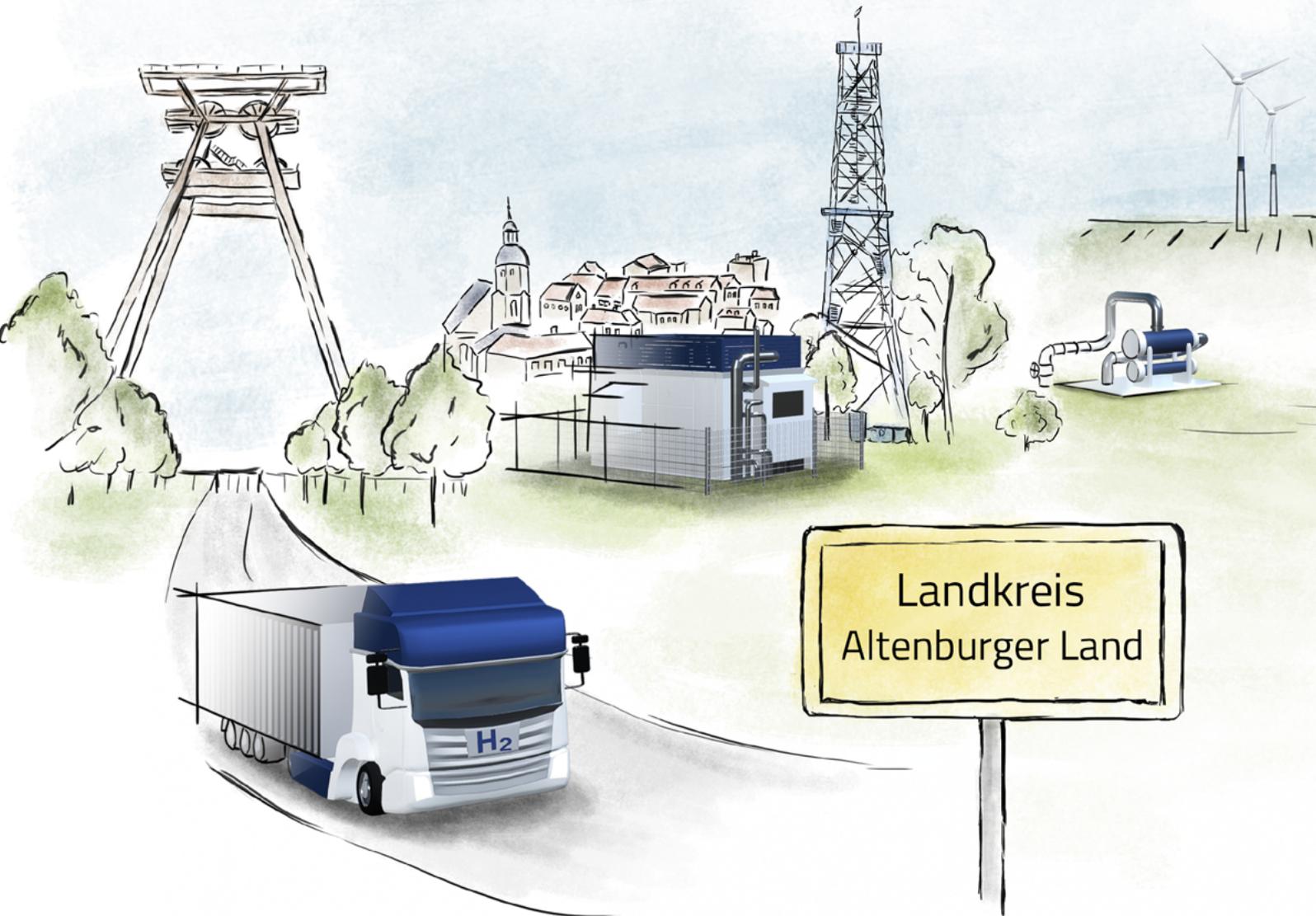


Abbildung 4: Die Vision 2030 – Optionen der Wasserstoffproduktion und der Wasserstoffanwendungen in der Region Landkreis Altenburger Land

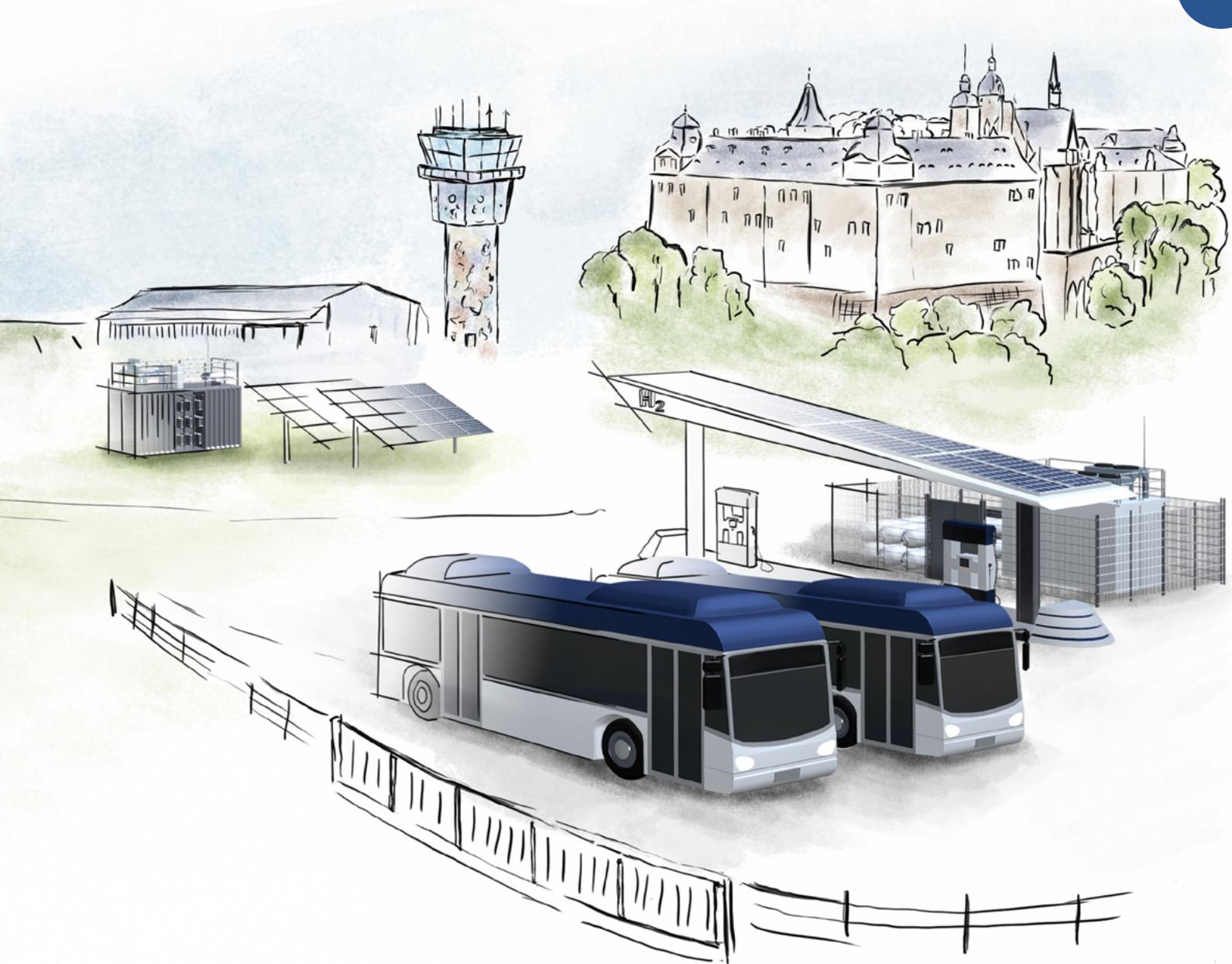
Die Dekarbonisierung der Industrie geht schrittweise

voran: Ein großer Nachfrager für H_2 wird in der Industrie gesehen, die als kontinuierlicher Abnehmer von Wasserstoff die Erzeugung vorantreiben kann. Neben der Einspeisung des Wasserstoffs in eine zukünftige Pipeline, um u. a. die angebundenen Unternehmen der Chemieindustrie zu versorgen, prüfen Meuselwitz Guss und das Krematorium Nobitz die Möglichkeiten, ihre Prozesswärme mit Wasserstoff und der Abwärme von Elektrolyseuren zu generieren. Auch in der Landwirtschaft wird geprüft, ob die Abwärme

für die Getreidetrocknung genutzt werden kann bzw. Wasserstoff saisonal in ausreichenden Mengen bereitgestellt werden kann, um das bisher eingesetzte Heizöl bzw. Erdgas zu ersetzen.

Die Wasserstoffwirtschaft wird aktiv von der Region

gestaltet: Eine Koordinierungsstelle bringt Erzeugung und Bedarfe an Wasserstoff zusammen und vernetzt die Akteure im Altenburger Land. Eine frühzeitige Einbindung und inhaltliche Information der Bürgerinnen und Bürger



soll die Akzeptanz halten / erhöhen. Darüber hinaus werden die für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft notwendigen Fachkräfte in Altenburg aus- und weitergebildet.

Die Ziele der HyStarter-Region Landkreis Altenburger Land zahlen auf die Nationale Wasserstoffstrategie sowie die Wasserstoffstrategie und die (Klimaschutz-)Ziele des Landes Thüringen ein.

H₂O

HANDLUNGSFELDER UND UMSETZUNGSSTRATEGIEN

Übersicht

In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Handlungsfelder für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft in der HyStarter-Region Landkreis Altenburger Land näher beschrieben. Ausgehend von der Motivation und den Handlungsbedarfen der Akteure wurden die Wasser-

stoff- und Brennstoffzellentechnologie auf ihre Einsatztauglichkeit und Verfügbarkeit hin analysiert sowie die für die Umsetzung notwendigen Aktivitäten und Verantwortlichkeiten diskutiert. Die nachfolgende Abbildung stellt einen Überblick über die Planungs- und Umsetzungsphasen

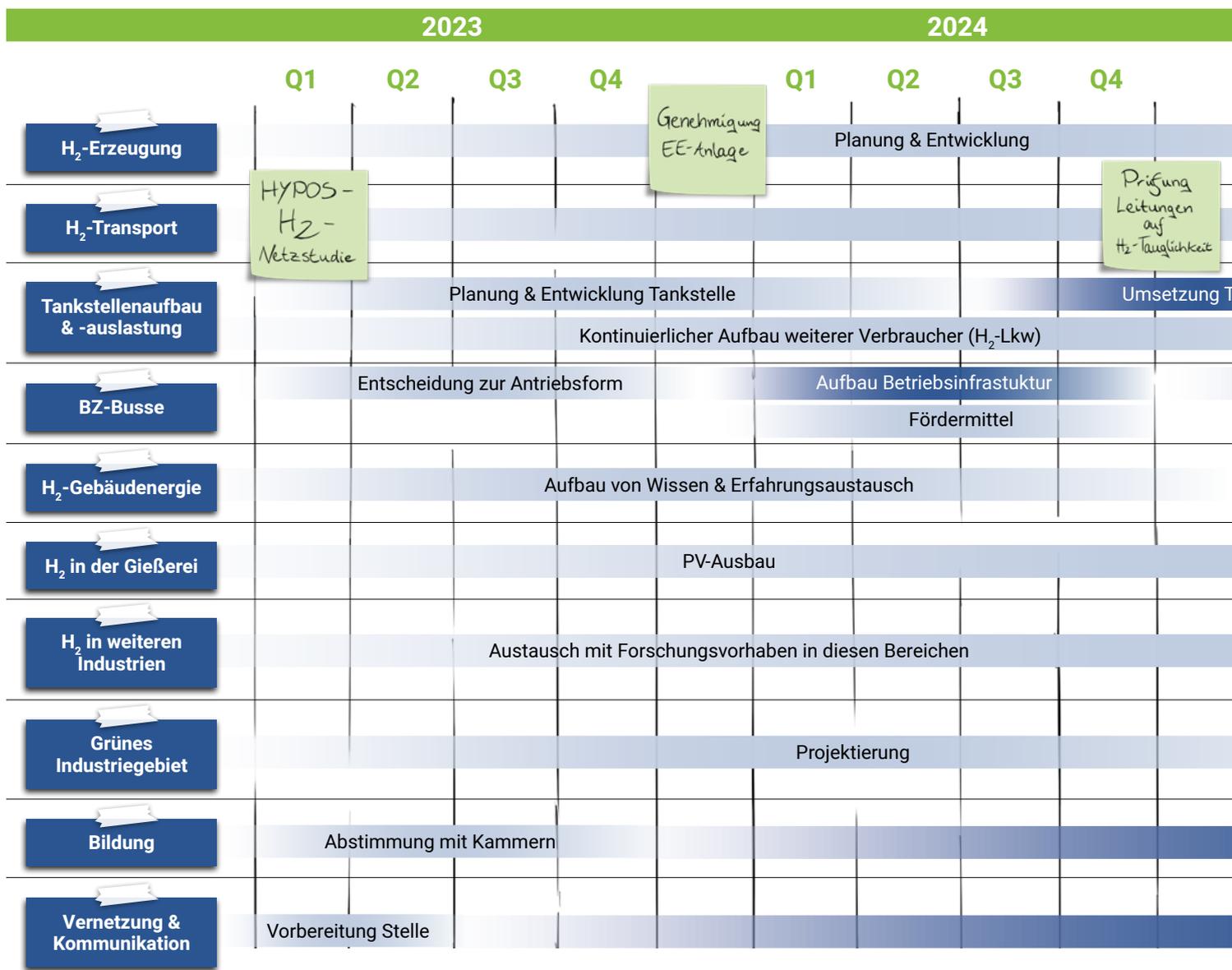
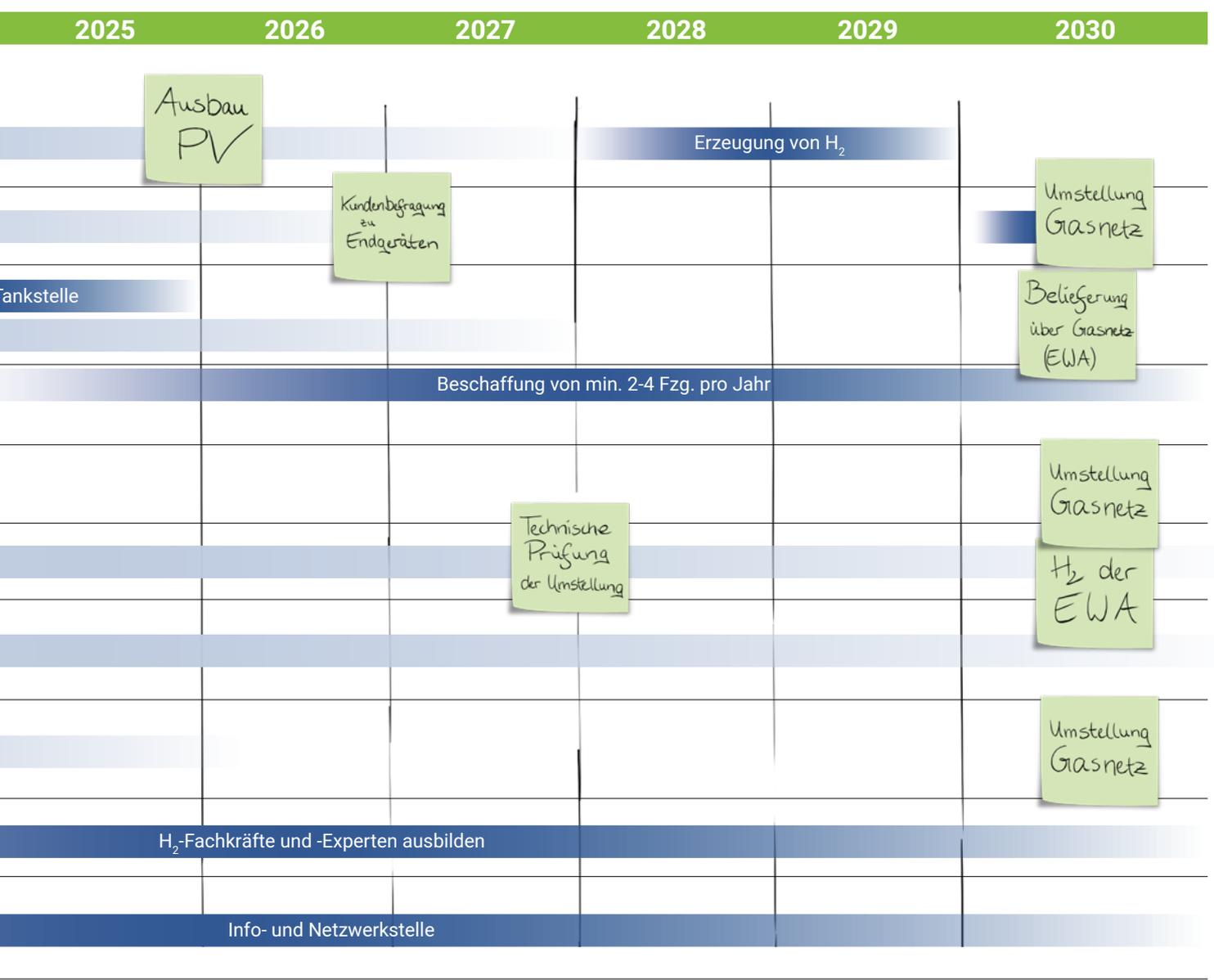


Abbildung 5: Übersicht Aktivitäten in den einzelnen Projekten und Handlungssträngen

sowie mögliche erste Meilensteine der einzelnen Themen dar. Auf eine detailliertere Darstellung der nächsten 48 Monate folgt die Perspektive bis ca. 2030. Weitere Details sind den einzelnen Handlungsfeldern zu entnehmen. Die

Zeiträume sind dabei als grobe Richtwerte zu verstehen, da unerwartete Widerstände, politische Entscheidungen aber auch beschleunigte Verfahren Abweichungen wahrscheinlich machen.



Elektrolytische H₂-Produktion aus Photovoltaik-Strom

Im Altenburger Land soll Wasserstoff v. a. mittels Elektrolyse aus PV- und Wind-Strom erzeugt werden. Im Landkreis sind bereits zahlreiche Erneuerbare-Energien-Anlagen vorhanden, von denen einige in den nächsten Jahren aus der EEG-Förderung scheiden. Darüber hinaus besteht vor allem bei PV-Anlagen ein großes Ausbaupotenzial, u. a. Dach- und Freiflächenanlagen aller Art.

Einige Betreiber von Bestandsanlagen können sich vorstellen, ihren Überschussstrom zur Produktion von Wasserstoff zur Verfügung zu stellen. Weitere Akteure, die derzeit

die Errichtung größerer Anlagen planen, aber vor anderen planerischen und genehmigungsrechtlichen Herausforderungen stehen, haben ihre Bereitschaft signalisiert, einen Teil des Stroms zur Produktion von Wasserstoff zu nutzen. Der Wasserstoff soll Endverbrauchern (ÖPNV, Landwirtschaft, Fernwärme etc.) zur Verfügung stehen, (anteilig) ins Erdgasnetz eingespeist und exportiert werden. Die regionale Produktion von Wasserstoff schafft regionale Wertschöpfung und ermöglicht unabhängig vom Stand des (Fern-)Leitungsausbaus die Entwicklung erster Wasserstoff-Keimzellen.

Regionale Herausforderungen

- Lage im Dreiländer-Eck mit zahlreichen regionalen Planungsverbänden (Windkraftanlagen an Landesgrenzen schränken aufgrund der Abstandsregeln eigenes Potenzial ein).
- Kein rechtsverbindlicher Regionalplan Ostthüringen - Sachlicher Teilplan Windenergie2020.
- Neue Anforderungen auf Bundesebene (Wind-an-Land-Gesetz mit 2% der Landesfläche für Windenergie bis 2032).
- Regionalplan/FNP sieht keine Vorranggebiete für PV-Freiflächen-Anlagen vor und landwirtschaftliche Flächen müssen umgewidmet werden.
- Sinnvolle und wirtschaftliche Kopplung von vielen kleineren PV-Anlagen auf Dächern zur Produktion von Wasserstoff (technische und regulatorische Herausforderungen).
- Perspektivisch sind räumlich und zeitlich stark variierende Verfügbarkeiten von Wasser zu berücksichtigen.
- Viele kleinere Erzeugungsanlagen müssen zusammengefasst werden, um einen Elektrolyseur zu bedienen.
- Akzeptanz für weiteren Ausbau von Erneuerbaren-Energien-Anlagen und den Einsatz von Wasserstoff.

Lösungsansätze

- Prüfung, ob eigene Stromleitungen zum Elektrolyseur gelegt werden können und ob Trailerlösungen oder ggf. Polyethylen-Leitungen zur Distribution des Wasserstoffs vorerst ausreichend sind.
- Perspektivisch wird der Anschluss an ein übergeordnetes H₂-Netz angestrebt.
- Die H₂-Produktion, auch mit Grünstrom aus dem Netz, ist nach aktuellem Stand von Netzentgelten befreit (§ 118 Abs. 6 S. 7 EnWG).
- Verfügbarkeit Wasser: Sichere Versorgung mit (Trink-) Wasser für Haushalte und Elektrolyse durch Fernleitungen aus Thüringer Wald und Harz durch EWA gewährleistet. Prüfen, ob Alternativen zum Trink- und Grundwasser zur Verfügung stehen (Stoffkreisläufe schließen, Prozesswasser und Überschüsse (Schwammstädte) nutzen).
- Kommunikation zur Wasserverfügbarkeit, um Ängste um Versorgungssicherheit abzunehmen und Akzeptanz für Elektrolyse zu schaffen.



- Beteiligungsmöglichkeiten schaffen, um die Akzeptanz für den Ausbau der erneuerbaren Energien zu halten/schaffen und Öffentlichkeitsarbeit.
- Pilot- / Demonstrationsvorhaben in der Region etablieren, um Berührungspunkte abzubauen und Erfahrungen zu sammeln.
- In einem Erzeugerkonsortium kann ein gemeinsamer Elektrolyseur betrieben und somit das Risiko auf mehrere Akteure verteilt werden.
- Die Standorte der Elektrolyseure werden idealerweise so gewählt, dass die anfallende Wärme und der Sauerstoff ebenfalls sinnvoll verwertet werden können, um zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und zur Energieeffizienz beizutragen.

Externer Unterstützungsbedarf

- Regulative Rahmenbedingungen müssen im Allgemeinen für den Ausbau der Windenergie auf Ebene des Freistaats Thüringen mit Blick auf das Wind-an-Land-Gesetz und im Speziellen auf die Auswirkungen des gekippten Teilplan Windenergie geklärt werden.
- Politischer Support ist auch auf Landesebene notwendig.
- Eine Überarbeitung der Regionalplanung zur Ausweitung von geeigneten Flächen ist erforderlich.
- Beschleunigte Verfahren zur Genehmigung von PV-Anlagen und Elektrolyseuren, u.a. durch (weiteren) Kompetenzaufbau bei Behörden und Planungsbüros müssen angestrebt werden.
- Interessenskonflikt bei Privilegierung von landwirtschaftlichen Flächen als PV-Vorrangflächen müssen abgewogen werden.

Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Im Landkreis Altenburger Land kann grüner Wasserstoff mittels Elektrolyse unter Verwendung von Strom aus Photovoltaik regional produziert werden. Insgesamt weisen die bisherigen Handlungsansätze der HyStarter-Akteure einen jährlichen Wasserstoffbedarf von 515 t auf. Aus drei geplanten PV-Projekten der HyStarter-Akteure steht ein theoretisches Stromerzeugungspotential von 225 MWP zur Verfügung. Mit einer kumulierten Elektrolyseurleistung von theoretisch 67,5 MW könnten somit sogar 1.350 t Wasserstoff pro Jahr erzeugt werden, welche sich auf die PV-Anlagen aufteilen. Zunächst gilt es aber einen Elektrolyseur auf eine spezifische Nachfrage hin auszuliegen.

Wenn der Strom für den Elektrolyseur aus fluktuierenden erneuerbaren Energien produziert wird, insb. Wind und PV, sollte der Elektrolyseur auf ein Drittel der installierten Stromerzeugungsleistung ausgelegt werden, um eine Grundauslastung sicher zu stellen. Sofern keine Netz-anbindung der PV-Anlage möglich ist, um Überschussstrom der PV-Anlage direkt zu vermarkten, sollte durch eine Aufteilung der Elektrolyseurleistung der (konstantere) Schwachlastbereich gezielt abgedeckt werden. Das bedeutet die Erhöhung der Volllaststunden, durch die Errichtung mehrerer kleinerer Elektrolyseure am Standort. Dies gilt jedoch nur für Inselprojekte.



H₂O

Für die Produktion von einem Kilogramm Wasserstoff werden mindestens 9 l deionisiertes Wasser verwendet. Gemäß des o. g. Potenzials würden im Landkreis Altenburger Land jährlich 17,6 Mio. Liter Wasser benötigt. Zum Vergleich: Das Kohlekraftwerk Lippendorf (1.750 MWel und 330 MWth) weist einen Kühlwasserbedarf von 1,5 Mrd. Liter Wasser im Jahr auf. Bei dem Wasseranschluss genügt in der Regel die Einhaltung der Qualitätsanforderungen gemäß der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2020 | EU-Richtlinie 2020/2184-EU). Der Elektrolyseur benötigt deionisiertes und vollentsalztes Wasser. Entsprechende Entsalzungsanlagen werden bei der Planung eines Elektrolyseurs mitberücksichtigt und sind in den Containerbauweisen bereits integriert.

Grundsätzlich eignen sich Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) sowie alkalische (AEL) Elektrolyseure aufgrund ihrer Skalierbarkeit und Flexibilität für die Wasserstoffproduktion aus fluktuierenden Energieträgern. Elektrolyseure mit einer Leistung zwischen 250 kW und 10 MW werden in der Praxis in Containerbauweise errichtet, sodass die eigentliche Installation einfach zu realisieren ist. Größere Anlagen werden freistehend errichtet. Technologiebedingt sind AEL-Elektrolyseure tendenziell günstiger als PEM-Elektrolyseure. Abhängig von der Technologie und der installierten Leistung liegen für größere Anlagen die spezifischen Kosten bei 1.000 bis 1.300 € pro kW. Dies inkludiert die Kosten für Beratung, Installation, Netz-, Wasseranschluss und Peripherie mit ein. Dabei müssen der Wasser- und Netzanschluss sowie regulatorische Rahmenbedingungen wie Netzentgelte und weitere Aspekte beachtet werden. Stromhauptabnehmer ist der Elektrolyseur, gefolgt von dem leistungsintensiven Verdichter. Gleiches gilt auch für Wasserstofftankstellen, siehe Kapitel zu HRS. Je nach Größe und Redundanz einer Tankstelle wird ein zusätzlicher Verdichter als Backup empfohlen. Es müssen daher in der Regel zwischen 150 – 300 Kilowatt elektrische Leistung vorgehalten werden. In Abhängigkeit von der Auslastung des Netzanschlusspunktes ist ggf. die Ertüchtigung einer Trafostation zu berücksichtigen.

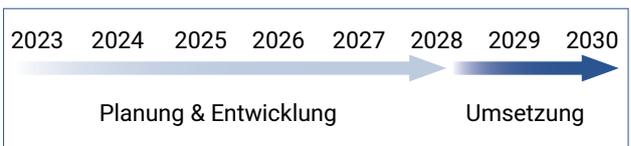
Für die jeweiligen Anwendungsgebiete der Region kann der Wasserstoff direkt nach der Elektrolyse verwendet werden oder muss bei Bedarf aufgereinigt werden. Die Wasserstoffqualität beträgt nach der Elektrolyse 99,9 % (3.0) und kann bspw. direkt in Verbrennungsmotoren (z. B. BHKW und Fahrzeugen) genutzt werden. Für Brennstoffzellenanwendungen ist hingegen oft eine Reinheit von 99,999 % (5.0) erforderlich (wobei manche Fahrzeughersteller mittlerweile

nur noch die Qualität 3.7 einfordern). Um diese Qualität zu erreichen, wird zusätzlich eine Trocknungsanlage benötigt, um den verbleibenden Wasserdampfanteil im Wasserstoff zu entfernen. In der Regel wird diese am Elektrolyseur aufgestellt. Sofern der H₂ in Bündelflaschen abgefüllt werden soll, bedarf es ebenfalls einer Trocknungsanlagen, da die Druckluftflaschen keine Feuchtigkeit vertragen. Da bei den HyStarter-Akteuren ein hoher Wasserstoffbedarf ohne erhöhte Reinheitsanforderungen besteht, u. a. für die Gießerei, das Krematorium oder die Fernwärmeversorgung, empfiehlt es sich, die Trocknungsanlagen an den Tankstellen bzw. Verbrauchern zu errichten.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Interessenten für Ausbau PV (Landwirte, Meuselwitz Guss) und offen für (teilweise) Nutzung des PV-Stroms zur Produktion von H₂
- Weitere Interessenten mit Flächen und Betreiber von EE-Anlagen in der Region und potenzielle Anwender von Wasserstoff zusammenbringen (LRA)
- Einbindung weiterer kommunaler Gremien
- Prüfung der Richtlinie Marktaktivierung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP II) für die Förderung von Elektrolyseuren

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Tankstelle Eine enge Abstimmung mit möglichen Betreibern einer Tankstelle ist sinnvoll.

H₂-Busse Eine enge Abstimmung mit der THÜSAC bzgl. möglicher Versorgung der BZ-Busse sollte erfolgen.

H₂-Pipeline Es erfolgt eine enge Abstimmung mit HYPOS, EWA und Landratsamt bzgl. der Studie zum Netzausbau von HYPOS und es wird eine schnelle Anbindung an das mitteldeutsches H₂-Netz angestrebt, um Ex- und Import zu erleichtern.

Weitere H₂-Großabnehmer Um weitere Abnehmer zu gewinnen, wird eine Abstimmung mit der regionalen Industrie angestrebt.

H₂-Transport: Leitungsgebunden vs. Trailertransport

Der erzeugte Wasserstoff muss von den über den Landkreis verstreuten Erzeugungsanlagen zu den Endverbrauchern transportiert werden. Aufgrund der (noch) niedrigen Mengen rechnet sich der Aufbau von leitungsgebundenen Transportwegen zu Beginn (noch) nicht. Deshalb sollte bspw. die Tankstelle zunächst per Trailer beliefert werden.

Es wird eine frühzeitige Anbindung an das mitteldeutsche H₂-Pipeline-Netz angestrebt, um potenzielle H₂-Überschüs-

se einzuspeisen und dem benachbarten Chemiedreieck (Zeitz, Leuna, Merseburg) zur Verfügung zu stellen und damit weitere Absatzmöglichkeiten zu schaffen. Außerdem schafft der Anschluss mit Blick auf die Versorgungssicherheit Redundanzen, sichert auch zukünftig die H₂-Nachfrage im Landkreis, welche die eigenen Erzeugungskapazitäten um ein Vielfaches übersteigen wird, und verbindet das Altenburger Land perspektivisch mit den Seehäfen an der Nordsee.

Regionale Herausforderungen

- Räumliche Trennung von Produktion und Verbrauch erfordert Distribution.
- Für den Anschluss an eine H₂-Pipeline müssen die regionalen Bedarfe der Industrie zeitnah übermittelt werden.
- Ausschließliche Belieferung von Kunden aus der Industrie erfordert ein separates Netz. Die Umstellung des kompletten Netzes ist einfacher und wirtschaftlicher als parallele Netze für H₂ und Erdgas.

Lösungsansätze

- Es findet eine Kooperation mit überregionalen Netzwerken, u.a. HYPOS statt.
- Es erfolgt eine Beteiligung an Studie zum Netzausbau (über HYPOS).
- Endkunden werden proaktiv zu möglichen Auswirkungen der Umstellung informiert.
- Politische Entscheidung auf Bundesebene zum Einsatz von H₂ in unterschiedlichen Sektoren müssen erfolgen.

Externer Unterstützungsbedarf

Eine Beteiligung von EWA und Landkreis Altenburger Land an der ingenieurtechnischen Fortschreibung der Netzausbau-Studie von HYPOS erfolgt, Ergebnisse werden für Anfang 2024 erwartet.

Umsetzungsstrategie

Aufgrund der geografischen Verteilung der Wasserstoffabnehmer sowie der erzeugten Menge sollte der Wasserstofftransport zunächst über Trailer erfolgen, sofern die einzelnen Elektrolyseure nicht am Ort des Verbrauchs aufgestellt werden können. Langfristig empfiehlt sich aufgrund des großen Erzeugungspotenzials in der Region der Aufbau einer leitungsgebundenen Wasserstoffinfrastruktur im Landkreis und die Anbindung an das mitteldeutsche Wasserstoffnetz. Da Wasserstoff im Trailer mit 350 – 500 bar transportiert wird, bedarf es nach der Elektrolyse eines Kompressors zur Gasverdichtung. Für die Verdichtung sind zusätzlich ca. 9 % Energiebedarf zu berücksichtigen, die bei den hier durchgeführten Berechnungen bereits inkludiert sind. Bei geringeren Wassermengen kann dieser in Flaschenbündeln gespeichert und transportiert werden. Ein Bündel umfasst 12 Flaschen je 50 Liter, pro Bündel werden 125 kg H₂ bei 200 bar gespeichert. Trailer können bis 1.000 kg gasförmigen H₂ bei 500 bar pro Fahrt befördern und speichern. Über den Transport hinaus sind je nach Projekt am Standort der Wasserstoffproduktion und / oder -anwendung Speicher zu errichten, sofern das H₂-Bündel oder der -Trailer nicht als Speicher abgestellt und genutzt werden soll. Je nach Platzbedarf und Rahmenbedingungen sind Hochtanks, Röhrenspeicher oder Wechselbrücken nutzbar. Der Speicher sollte mindestens auf die dreifache Tagesmenge ausgelegt werden. Im Hinblick auf die avisierte Wasserstoffherzeugung von 1.350 t H₂ pro Jahr und die Nähe des Gewerbegebietes Nordost ist ein Anschluss an das mitteldeutsche H₂-Netz über Meuselwitz denkbar. Dies würde voraussichtlich den Export des anfänglichen Überschusswasserstoffes erleichtern.

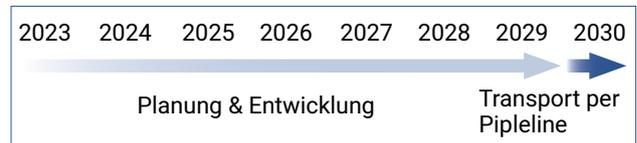
Die Umsetzungsdauer einer neu zu errichtenden Pipeline hängt maßgeblich von den notwendigen Genehmigungsverfahren ab. Im Durchschnitt sind ca. acht bis zehn Jahre einzukalkulieren, je nach Verlegungsstrecke und örtlicher Genehmigungsbehörde kann die Errichtung deutlich geringer ausfallen. Für die Umwidmung bestehender Erdgas-Pipelines auf Wasserstoff ist mit ca. drei Jahren zu planen. Für die Verlegung der Pipeline können Stahl- oder Polyethylen-Leitungen verwendet werden. Polyethylen-Leitungen sind Kunststoffleitungen, die schneller und kostengünstiger verlegt werden können. Aufgrund der geringeren Materialdichte im Vergleich zu Stahlleitungen, können sie jedoch nur bis max. 16 bar betrieben werden. Dadurch lassen sich geringere Mengen transportieren, der Wasserstoff muss für die Einspeisung aber ggf. nicht verdichtet werden. Alternativ sind auch Pipe-in-Pipe-Lösungen umsetzbar, d. h. ein zusätzliches Kunststoffrohr kann für die Nutzung von H₂ und später Methan in Erdgaspipelines verlegt werden. Hierdurch lassen sich bestehende Pipelines nutzen, eine Pipe-in-Pipe-Lösung ist jedoch nicht in jeder Pipeline realisierbar und kostenintensiv. Bei Stahlleitungen hingegen sind bis zu 70 bar Druck möglich, aber es ist mit einem höheren Kostenaufwand zu rechnen, u. a. aufgrund der Materialkosten und der zusätzlichen Schweißarbeiten. Die Kosten pro Kilometer Pipeline liegen je nach örtlichen Gegebenheiten (Bebauungsgrad, Tiefbau, Genehmigungsaufwand etc.) zwischen 150 TEUR und 1.000 TEUR. Laut einer Auswertung des Forschungszentrums Jülich betragen die durchschnittlichen Errichtungskosten einer Pipeline 352 TEUR pro Kilometer, ohne Verdichter-, Einspeise- oder Entnahmestation. Nutzungs- und Abschreibungsdauer werden im Durchschnitt mit 40 Jahren angenommen.



Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Die Erhebung bei Kunden der EWA dauert ca. 2 Jahre.
- Die Umstellung des Netzes in Altenburg (Bereich EWA) ist bis 2030 geplant.
- Die Beteiligung an der HYPOS-Studie zum Netzausbau erfolgt (Landratsamt Altenburger Land, EWA und HYPOS).
- Ein Erfahrungsaustausch mit Best-Practice für den H₂-Transport bei dezentraler Erzeugung, u. a. eFarm, wird angestrebt.

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Tankstelle: Die Versorgung von Tankstellen sollte möglichst mit regionalem grünen Wasserstoff erfolgen.

Industrie-Bedarfe: Die Versorgung der landwirtschaftlichen und industriellen Bedarfe (Gießerei, Krematorium) per Trailer oder Leitung muss geprüft werden.

Grünes Gewerbegebiet: Die Infrastruktur für Wasserstoff-erzeugung und -nutzung muss frühzeitig berücksichtigt und entsprechend geplant werden.

Anschluss an H₂-Pipelines: Das FNB-Gasnetz impliziert eine Ost-West-Trasse durch Thüringen und den Süden des Altenburger Landes bis 2032, ein möglicher Anschluss muss geklärt und eingeplant werden.

Gebäudeenergieversorgung: Die Belieferung von Industrie- und Haushaltskunden ist einfacher zu realisieren (Umstellung des Netzes) als der Aufbau und Betrieb von zwei separaten Netzen für Industrie- und Haushaltskunden.



Grünes Industriegebiet

Geplante und in Realisierung befindliche Gewerbestandorte, bspw. der im FNP verankerte Industriepark Altenburg / Windischleuba entlang der B93 nördlich von Altenburg, sollten mit Blick auf die kommenden Entwicklungen und die Vorlaufzeiten H₂-ready gebaut werden, um einerseits die spätere Umstellung zu vereinfachen und andererseits frühzeitig über einen zusätzlichen Standortvorteil zu verfügen.

Solch ein grünes Industriegebiet könnte auch so entwickelt werden, dass ausreichend Flächen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien zur Verfügung stehen bzw. dass die Hallendächer mit PV-Anlagen belegt werden können. Eine frühzeitige Berücksichtigung von Anforderungen kann auch dazu beitragen, dass Elektrolyseure und

mögliche H₂-Speicher etc. die Anforderungen aus Genehmigungsverfahren, bspw. Mindestabstände, möglichst leicht erfüllen können.

Darüber hinaus liegt das beispielhaft erwähnte Industriegebiet in räumlicher Nähe zu weiteren Gewerbegebieten im Altenburger Norden und Windischleuba, u. a. Standort der THÜSAC. Aufgrund der gewerblichen Ballung böte sich eine H₂-Pipeline von Zeitz über Meuselwitz an.

Ein solches grünes Industriegebiet kann die Potenziale der Dekarbonisierung demonstrieren und als Beispiel für ähnliche Konzepte in ganz Thüringen und darüber hinaus dienen.

Externer Unterstützungsbedarf

Die Verankerung der Idee grünes Industrie- und Gewerbegebiete muss in der Regionalplanung erfolgen.

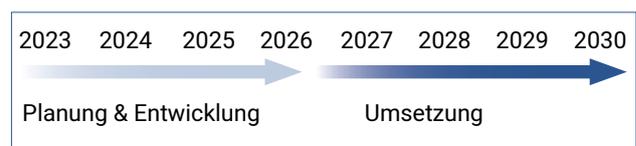
Lösungsansätze & Umsetzungsstrategie

- Die Erstellung einer Machbarkeitsstudie für die weitere Planung ist notwendig.
- Die Förderung im Rahmen des NIP (BMDV) oder im Energieforschungsprogramm – Angewandte nicht-nukleare Forschungsförderung (BMWK) muss geprüft werden.
- Kooperation u. a. mit Hochschulen, die eine höhere Forschungsförderung erhalten, müssen für weitere Untersuchungen geschlossen werden.
- Ein frühzeitiger Anschluss an eine H₂-Pipeline erhöht die Versorgungssicherheit durch Import-Optionen und erschließt als Export-Option weitere Absatzmärkte.
- Der Windpark Rositz in räumlicher Nähe kann zur Erhöhung der Volllaststunden eines Elektrolyseurs in Betracht gezogen werden.
- Genehmigungsrechtlich sind im Vorfeld mögliche Restriktionen zu prüfen.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Weitere Abstimmungen und Vernetzung finden mit der Wirtschaftsförderung Stadt Altenburg, Wirtschaftsförderung Landkreis Altenburger Land, Regionalplanung Ostthüringen, ThEGA, LEG Thüringen und IHK statt .

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Netz der EWA: Ein Anschluss an die H₂-Infrastruktur erleichtert die Beschaffung bzw. den Export von H₂ und schafft Planungssicherheit.

Vernetzung und Kommunikation: Ein Austausch mit der Wirtschaftsförderung Stadt Altenburg, Wirtschaftsförderung Landkreis Altenburger Land und LEG Thüringen zur Ansiedlung von Unternehmen findet statt.

Wasserstofftankstellen (Hydrogen Refueling Station = HRS)

Im Landkreis Altenburger Land ist bislang keine Wasserstofftankstelle verfügbar. Zwar gibt es in Meerane, Leipzig, Halle und Erfurt 700 bar Tankstellen für Pkw, aber keine öffentlich zugänglichen 350 bar Tankstellen für den Schwerlastverkehr. Für einen zuverlässigen und praktikablen Betrieb von BZ-Bussen im ÖPNV und BZ-Lkw sind solche Tankstellen unerlässlich, möglichst auf oder in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Betriebshöfen.

Zudem sind öffentliche Tankstellen für Durchgangsverkehre (Pkw- und Schwerlastverkehre) interessant und motivieren ggfs. weitere Akteure zur Anschaffung von BZ-Fahrzeugen. Ein dichteres Netz an Tankstellen schafft zudem Redundanzen und erhöht die Versorgungssicherheit bei technischen Problemen. Der Landkreis Altenburger Land ist verkehrstechnisch ideal für eine HRS gelegen.

Regionale Herausforderungen

- Ohne konkrete Abnehmer wird keine HRS gebaut werden: Viele Betreiber von HRS, aber auch die gängigen Förderprogramme, erwarten zur Entscheidungsfindung eine gesicherte Wasserstoffabnahme.
- Sowohl eine öffentliche 350 bar Tankstelle, die auch für (zukünftige) Durchgangsverkehre geöffnet ist, als auch eine Tankstelle auf den Betriebshöfen des ÖPNV-Anbieters oder von Logistikern und Baubetrieben können sinnvoll sein.
- Bei einer öffentlichen Tankstelle muss sich am Betreibermodell der Anbieter orientiert werden, wodurch ggf. Abhängigkeiten u. a. beim Wasserstoffbezug gegeben sind.
- Eine Entscheidung muss getroffen werden, ob 700 bar Tankstellen für Pkw mitgedacht werden sollen.
- Die Finanzierung für den Aufbau und Betrieb der Tankstelle muss gesichert sein.
- Entsprechende Flächen für die Komponenten müssen ermittelt werden und möglichst regionaler grüner Wasserstoff für die Betankung erzeugt werden.
- Die Dauer der Umsetzung muss mit der Beschaffung der Fahrzeuge abgestimmt werden.

Lösungsansätze

- Es muss eine Analyse des Nachfragepotenzials (konstante Abnehmer) und Kontaktaufnahme mit potenziellen Tankstellenbetreibern erfolgen.
- Aufbau einer regionalen Vermietung von H₂-Lkw (und E-Lkw) setzt flächendeckende Infrastruktur nahe an Metropolen und Autobahnen voraus und sichert die Nachfrage.
- LOI von Abnehmern sollten als Entscheidungsgrundlage für Standort, Dimensionierung und Druckstufe(n) eingeholt werden.

- Eine gemeinsame Planung von Tankstellenaufbau, Mobilitätsanwendungen mit Wasserstoff und regionaler Erzeugung von grünem Wasserstoff zahlt auf eine möglichst hohe Wertschöpfung in der Region ein.
- Regelmäßig wiederkehrende Förderprogramme des Bundes und der Länder können zum Tankstellenaufbau (Schwerpunkte beim letzten Aufruf: 350 bar, öffentlich) genutzt werden.

Externer Unterstützungsbedarf

- Für den Aufbau einer HRS sind Förderungen notwendig, insbesondere, wenn eine Onsite-Elektrolyse angestrebt wird.
- Eine zuverlässige Belieferung mit grünem Wasserstoff ist notwendig.

Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Um den Standort einer HRS zu wählen, muss die Nachfrage an diesem Ort durch verschiedene Abnehmer gesichert sein. Daran orientiert muss der genaue Flächenbedarf ermittelt werden sowie Baugenehmigungen und Sicherheitsabständen geprüft werden. Das Grundstück muss ausreichend große Zufahrten für die jeweiligen Fahrzeugklassen ermöglichen. Ein weiterer Punkt ist die Wasserstoffverfügbarkeit und Abwägung des Bezugs (Onsite-Produktion, Nähe zu Produktionsstandorten, Pipelineanbindung, Redundanz der Anlieferung).

Im Landkreis Altenburger Land bietet sich ggf. eine Zusammenarbeit der THÜSAC als ÖPNV-Betreiberin mit Logistikern an, um eine gemeinsame Tankstelle (350 bar) zu nutzen. Sollten BZ-Busse im ÖPNV eingesetzt werden, ist eine nahegelegene Tankstelle Voraussetzung, um Anfahrtswege und damit Arbeitsaufwände möglichst gering zu halten.

Es muss eine parallele Planung der beteiligten Akteure u.a. zu den folgenden Aspekten erfolgen: Beschaffungsfenster für ÖPNV-Unternehmen und ÖPNV-Vergabe, Beschaffungsfenster der Logistiker, die Lieferzeiten der Fahrzeuge und der Tankstellengenehmigung/-aufbau/-inbetriebnahme.

Die Dimensionierung der Tankstelle erfolgt auf Basis angenommener Fahrzeug-Einsätze pro Jahr und Standort. Wasserstofftankstellen können nachträglich erweitert werden, sind jedoch nicht in allen Anlagenteilen modular ausbaufähig. Hochdruckspeichertanks (400/900 bar), Kompressoren sowie Kühlaggregate müssen ggf. ersetzt werden. Der Wasserstoffvorratsspeicher (200/300 bar) sowie die Zapfsäule (350/700 bar) können i. d. R. modular erweitert werden. Darüber hinaus müssen bei einer Vergrößerung gewisse Genehmigungsverfahren, u. a. die Bundes-Immissionsschutzverordnung, neu beantragt werden.

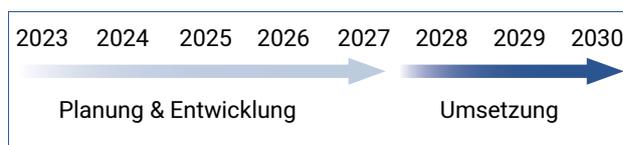
Die Wasserstofftankstelle ist dementsprechend zukunftsorientiert zu dimensionieren. Eine zukunftsfähige Wasserstofftankstelle im Landkreis Altenburger Land sollte den zukünftigen Anstieg der Nachfrage berücksichtigen sowie mit einer 350 bar und einer 700 bar Druckstufe für Pkw ausgestattet werden, um die zukünftige Nachfrage von Dritten (bspw. Privatpersonen, Müllentsorgungsunternehmen, Taxi- und betrieblich genutzte Flotten) bedienen zu können. Es kann sich auch ein Gespräch mit den klassischen Betreibern von H₂-Tankstellen oder anderen Mineralölunternehmen lohnen, weil diese derzeit nach Standorten für Nutzfahrzeug-Wasserstofftankstellen suchen. Bei einer Standortwahl sollten die bereits genannten Kriterien berücksichtigt werden, eine Bündelung der Akteure wird empfohlen.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Die Wasserstoffbedarfsmengen müssen abgeschätzt und LOI potenzieller Abnehmer eingeholt werden (v. a. ÖPNV, Lkw).
- Die Ermittlung und Ansprache weiterer möglicher Wasserstoffanwender in der Region wird angestrebt.
- Gespräche mit Tankstellenbetreibern /-herstellern, bspw. Maximator, und weiteren Stakeholdern, u. a. HySON, ThEGA auf Landesebene zum Bau und Dimensionierung werden initiiert.
- Ideale Standorte müssen ermittelt und die notwendigen Voraussetzungen geprüft werden. HySON hat Erfahrungen in Planung und Umsetzung von Tankstellen.
- Gespräche mit Wasserstoffherzeugern aus der Region werden geführt.

- Eine Machbarkeitsstudie zum Tankstellenaufbau ist angedacht.
- Der Aufbau einer regionalen Vermietung von u. a. H₂-Lkw (FRAMO) erfolgt.
- Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten (u. a. BMDV: NIP für öffentliche Tankstellen, KsNI für Tankstellen und Machbarkeitsstudien beim Einsatz klimafreundlicher Nutzfahrzeuge) müssen geprüft werden.

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Busse und H₂-Lkw: In enger Abstimmung mit den Anwendern findet die Dimensionierung der Tankstelle statt.

H₂-Erzeugung: Potenzielle Abnahme des grünen regionalen Wasserstoffs durch die HRS.

H₂-Pipeline: Ein späterer Anschluss von Tankstellen an Pipelines sollte mitberücksichtigt werden, um spätere Aufwände zu reduzieren.



BZ-Fahrzeuge im ÖPNV und Schwerlastverkehr

Der Landkreis ist als Aufgabenträger des ÖPNV und als Hauptgesellschafter der THÜSAC Personennahverkehrsgesellschaft mbH ein wichtiger Akteur im Hinblick auf nachhaltige Mobilitätsangebote. Mit insgesamt 140 Bussen (davon 119 eigene Busse) auf 60 Linien bedient die THÜSAC den Regional-, Schüler- und Stadtverkehr in den Landkreisen Altenburger Land und Leipzig. Die THÜSAC sieht sowohl in der direkten Stromnutzung als auch im Wasserstoff den Energieträger ihrer künftigen Mobilitätsangebote. Die THÜSAC Personennahverkehrsgesellschaft mbH ist ein gemeinsames Unternehmen der Landkreise Altenburger Land und Leipzig.

Die THÜSAC prüft derzeit die Möglichkeit, BZ-Busse im ÖPNV einzusetzen, um die Emissionen im Verkehr zu reduzieren. Zeitgleich zu Anpassungen des Betriebshofes und im Betriebsablauf, müssen Wartung und Reparatur

sichergestellt, Personal geschult und eine entsprechende Tankinfrastruktur – möglichst auf dem Betriebshof – zur Verfügung gestellt werden.

Der Einsatz von BZ-Bussen zahlt auf die Anforderungen der CVD bzw. des Gesetzes über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG) ein und trägt zur Senkung der lokalen Emissionen im Verkehrsbereich bei. Darüber hinaus können BZ-Bussen als Multiplikator wirken, da sie von vielen Personen „erfahrbar“ sind und somit zu einer Akzeptanzsteigerung der Technologie beitragen.

Neben BZ-Bussen ist ebenfalls der Einsatz von BZ-Lkw in der Logistik im Landkreis vorstellbar. Hier gibt es zwar noch keine konkreten Vorhaben, aber mit FRAMO GmbH befindet sich ein Umrüst-Unternehmen im Landkreis, das u. a. am Retrofit von Lkw zu BZ-Lkw arbeitet.

Regionale Herausforderungen

- Die Finanzierung und Wirtschaftlichkeit des Vorhabens stellen eine Hürde dar.
- Der zeitgleiche Aufbau einer Tankstelle sowie die Versorgungssicherheit sind weitere planerische Herausforderung.
- Es muss zudem der Umbau und Anpassungen von Betriebshof, -abläufen, Schulungen von Personal/Wartung/Reparatur in die Planung einkalkuliert werden.
- Die Bezugsdauer von BZ-Bussen ist oftmals lang.

Lösungsansätze

- Förderprogramme zur Beschaffung von Fahrzeugen und Tankinfrastruktur können einen Teil der Mehrkosten ausgleichen.
- Es bietet sich eine gemeinsame Beschaffung von BZ-Bussen über Beschaffungsiniciativen an, um frühzeitiger beliefert zu werden.
- Förderprogramme zur Unterstützung der Aus-, Weiterbildung und Umschulung von Fachkräften können geprüft werden.

Externer Unterstützungsbedarf

- Es werden Planungsleistungen zum gestaffelten Einsatz von batterie- und brennstoffzellenbetriebenen Bussen benötigt.
- Für die Anpassung der betrieblichen Infrastruktur ist weiteres Know-how gefragt.

Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

Aufgrund der Streckenlänge und des Streckenprofils können sowohl batterieelektrische als auch Brennstoffzellen-Busse bei der THÜSAC zum Einsatz kommen. Erfahrungsgemäß sinkt der (Kosten-)Aufwand für die Infrastruktur (allgemeine Ausführungen siehe Kapitel zu Wasserstofftankstellen) bei BZ-Bussen mit zunehmender Flottengröße, wohingegen dieser bei der batterieelektrischen Alternative ansteigt. Dies ist u. a. auf die erforderliche Ladeinfrastruktur und dementsprechende Ausbaumaßnahmen, wie u. a. eine Trafo-Station, zurückzuführen. Als Break-even-Point wird eine Flottengröße von 50 Fahrzeugen publiziert und basiert auf einer Vielzahl von Parametern (H_2 -Bereitstellung an der H_2 -Tankstelle, Speichergöße, Kompressor, etc.). Darüber hinaus müssen Fördermöglichkeiten für die geplante Tankstelle ausgelotet werden. Der Platzbedarf, der bei beiden Antriebssys-

temen entsteht, hängt vom Konzept ab. So ist der Platzbedarf einer Tankstelle mit Eigenversorgung grundsätzlich höher als bei einer Trailer-Bereitstellung. Mit zunehmender Flottengröße steigt der Flächenbedarf für Eigenversorgungskonzepte auch deutlich stärker an. Bei batterieelektrischen Fuhrparks ergibt sich ein ähnliches Phänomen. Hierbei ist jedoch die Ladestrategie entscheidend. Es wird zwischen „Depotladung“ und „Gelegenheitsladung“ unterschieden. Die Depotladung erfolgt in den Ruhezeiten im Depot mit einer zentralen Ladeinfrastruktur, die je nach Anzahl der Busse steigenden Platz (auch für den Trafo) erfordert. Bei der Gelegenheitsladung hingegen sind Ladepunkte an End- und Wendestellen notwendig, damit hier dezentral in den Pausenzeiten geladen werden kann, u. a. über Pantographen. Hier bieten BZ-Busse eine flexiblere Einsatzmöglichkeit bzgl. Routenlänge und Topografie.

In Ergänzung zu den oben genannten Maßnahmen für Indoor-Tankstellen sind zusätzlich Dacharbeitsplätze (Hebebühnen, Schwenkbühnen) notwendig, um am Dach der Busse, hier befinden sich die H₂-Tanks und die Klimageräte, arbeiten zu können. Je nach Instandhaltungstiefe sind ggf. Prüf- und Diagnosegeräte erforderlich. Die VDV-Schrift 825 und DIN VDE 100 ff. bieten hier eine Übersicht. Für den Linienbetrieb müssen die Fahrer für die Bedienung der Fahrzeuge geschult werden, was üblicherweise durch den Fahrzeughersteller erfolgt. Des Weiteren muss das Werkstattpersonal für Arbeiten an Hochvoltanlagen geschult sein, sofern die Wartungsarbeiten nicht an externe Serviceunternehmen vergeben werden. Der Betriebshof ist in explosionsgefährdete Bereiche einzuteilen und mit Lüftungseinrichtungen, Wasserstoffsensoren bzw. Gastelektoren und ATEX¹-Einrichtungen auszurüsten. BZ-Busse sind im Bereich der Wasserstoffmobilität am weitesten fortgeschritten und gelten als serienreif.

¹ ATEX (= „atmosphères explosibles“): französische Bezeichnung für explosionsfähige Atmosphären

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Ein Erfahrungsaustausch der THÜSAC mit Anwendern, bspw. Stadtwerke Weimar und HySON ist geplant.
- Synergien mit dem Landkreis Leipzig und der Stadt Leipzig werden gehoben (THÜSAC erbringt auch Leistungen im Landkreis Leipzig und ist auch teilweise im Besitz des Landkreises Leipzig).
- Eine Prüfung aktueller Förderaufrufe für die Beschaffung, Betrieb von BZ-Bussen und notwendiger Infrastruktur (NIP II) erfolgt.
- Ansprechpartnerin für dieses Handlungsfeld: Tatjana Bonert, Geschäftsführerin der THÜSAC

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

350 (und 700 bar) H₂-Tankstelle: Standort, Dimensionierung und Druckstufen sind in Abstimmung mit Abnehmern zu planen. Ggf. kann eine Öffnung für weitere Nutzergruppen, z. B. auch Einsatz von H₂-PKW im internen Fuhrpark (Pkw) der THÜSAC geprüft werden.

H₂-Erzeugung: Es muss ein Zusammenspiel von gesicherter Erzeugung und Abnahme des Wasserstoffs erfolgen.

H₂-Pipeline: Die Prüfung der Möglichkeiten zur Anbindung an die Pipeline muss erfolgen.



Gebäudeenergieversorgung

Die Dekarbonisierung der Gebäudeenergieversorgung ist ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Klimaziele Thüringens. Die Stadtwerke Schmölln möchten ihren Erdgasanteil in der Fernwärme noch klimafreundlicher gestalten. Das Bestandswärmenetz in Schmölln wird bereits zu 45% aus erneuerbaren Energien versorgt. Durch die regionale Bereitstellung von Wasserstoff aus PV-Überschussstrom soll die Fernwärme durch die Substitution des Erdgases weiter dekarbonisiert werden.

Die EWA (Energie und Wasserversorgung Altenburg GmbH) hat für die Fernwärmeversorgung der Quartiere Altenburg Nord und Südost im Dezember 2022 Dekarbonisierungskonzepte vorgelegt. Aufbauend auf der Annahme, dass im Jahr 2030 nur geringe Mengen Wasserstoff zu akzeptablen Konditionen zur Verfügung stehen, wurden die zwei folgenden Maßnahmenpakete entwickelt:

Maßnahmepaket I bis 2030:

- Modernisierung BHKW-Module und Feuerungsanlage H₂-ready, Betrieb mit einem Mischgas mit ca. 30% H₂-Anteil
- Errichtung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und einer power-to-heat-Anlage zur Wärmeerzeugung aus Strom

Maßnahmepaket II bis 2040:

- Errichtung einer Solarthermieanlage und Brennstoffumstellung auf 100% H₂

Denkbar wäre alternativ bei früherer Verfügbarkeit von Wasserstoff zu wirtschaftlichen Konditionen bereits ca. Jahr 2030:

- Umstellung auf 100% H₂, z. B. an einem Standort (Altenburg Nord Nähe Ontras Ferngasleitung (FGL 32)) oder
- Betrieb mit Mischgas mit einem Anteil größer 20% / 30% H₂

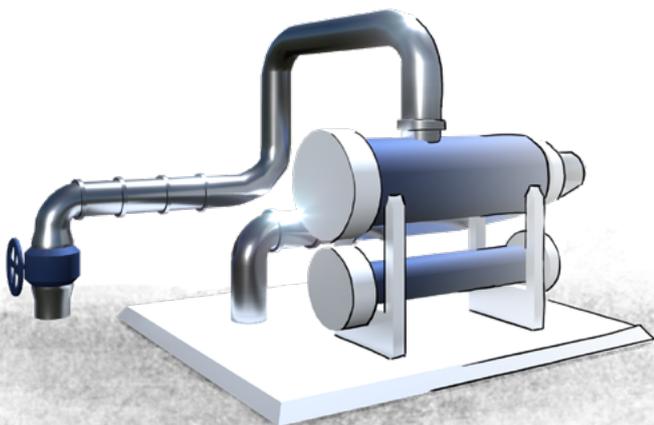
Entscheidend für die Aktivitäten der EWA ist, dass eine frühzeitige Planbarkeit (bis ca. Jahr 2025) besteht, um Fehlinvestitionen auszuschließen.

Regionale Herausforderungen

- Ein diverser Gebäudebestand mit unterschiedlichen Baualtersklassen und unterschiedlichen Renovierungs-/Sanierungs-Ständen erfordert unterschiedliche Lösungen.
- Grüner Wasserstoff wird im aktuellen politischen Diskurs kaum in der Wärmeversorgung gesehen.

Lösungsansätze

- Die Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs (Raum- und Prozesswärme, Warmwasser) muss analysiert werden.
- Die kommunale Wärmeplanung wird als Grundlage und zentrales Koordinierungsinstrument für lokale, effiziente Wärmenutzung und -versorgung genutzt.
- Die Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz und zur klimaneutralen Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien und Abwärme muss ausgeschöpft werden.
- Machbarkeitsstudien zum Einsatz von Wasserstoff in der Gebäudeenergieversorgung müssen initiiert werden.



Externer Unterstützungsbedarf

Machbarkeitsstudien sowie Kommunale Wärmeplanung müssen als Grundlage für weitere Entscheidungen erarbeitet werden.

Umsetzungsstrategie

Beim Einsatz von Wasserstoff in der Gebäudeenergieversorgung muss zunächst eine technische Entscheidung getroffen werden. So kann die Wärmebereitstellung sowohl verbrennungsmotorisch im H₂-BHKW oder in einer Brennstoffzelle (Abwärmenutzung) erfolgen. Das erzeugte Abwärmeniveau der Brennstoffzelle eignet sich besonders für die Wärmeversorgung von energieeffizienten Gebäudetypen (Aktiv-/Energieplus-, Passivhäusern etc.). Ein Vorteil der verbrennungsmotorischen Nutzung ist, dass eine Wasserstoffqualität von 3.0 ausreichend und ein Mischgasbetrieb mit Erdgas möglich ist. Brennstoffzellen hingegen sind i. d. R. auf ein bestimmtes Brenngas, wie etwa Wasserstoff, ausgelegt und erfordern eine Qualität von 5.0.

Für eine weitere Dekarbonisierung der Fernwärme sollte priorisiert die Akquirierung weiterer biogener Brennstoffe, wie Biogas erfolgen. Grund hierfür ist der negative CO₂-Footprint von Biogas. Eine weitere Senkung der Emissionen kann dann über die Substitution von Erdgas durch den Wechsel auf Wasserstoff realisiert werden.

Im H2Well-Bündnis werden fünf Einzelprojekte verfolgt. Eines davon (PEM4Heat) erprobt die Versorgung des Rathauses Sonneberg in Thüringen mit Strom und Wärme aus Wasserstoff. Das Konzept setzt auf einen PEM-Hochdruck-Elektrolyseur in Kombination mit einem Wasserstoffverbrennungsmotor.

Bei der Zumischung von Wasserstoff zum Erdgas bzw. des Einsatzes reinen Wasserstoffes als Brenngas ergeben sich einige Herausforderungen, welche im Handlungsfeld Wasserstoff in der Gießerei näher betrachtet werden.



Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Die Stadtwerke Schmölln prüfen die Einbindung von Wasserstoff für ihre Fernwärmeversorgung.
- Ein Austausch mit HySON und der Weiterentwicklung des H2Well-Projektes in Sonneberg werden angestrebt.
- Eine Prüfung von Fördermöglichkeiten zur Umstellung von Wärmenetzen, bspw. Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) ist angedacht.

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Netz der EWA: Die Kunden (Gewerbe und privat) müssen frühzeitig eingebunden werden, um Akzeptanz zu halten und Mehrkosten möglichst zu reduzieren.

H₂-Pipeline: Ein Anschluss an überregionale H₂-Netze ist notwendig, wenn 2030 komplett auf H₂ umgestellt wird.

Elektrolyse durch PV-Strom: Zwei große PV-Projekte nahe Schmölln verzögern sich aktuell aufgrund von regulatorischen Rahmenbedingungen. Eine Kooperation von Stadtwerken und Flächenbesitzern/Betreiber ist geplant. Der Bezug von H₂ darf nicht in Gefahr geraten.



Industrie / Wasserstoff in der Gießerei

Energieintensive industrielle Prozesse gehören zu den Hauptverbrauchern von Erdgas. Langfristig wird es erforderlich sein, diese durch Umstellung auf nachhaltige Brennstoffe zu dekarbonisieren. Das stellt Unternehmen aus verschiedenen Branchen sowohl vor wirtschaftliche als auch technische Herausforderungen.

Die Gießerei Meuselwitz Guss benötigt für ihre Produktionsprozesse viel elektrische Energie und einen gewissen Anteil an Erdgas. Gerade die Substitution des Erdgas-Bedarfs stellt das Unternehmen vor Herausforderungen, weil momentan (noch) keine ausgereiften und erprobten Lösungen zur Dekarbonisierung am Markt verfügbar sind.

Mit den Produktionshallen stehen größere Dachflächen bereit, die mit PV-Modulen belegt werden könnten. Ebenso

könnten vorhandene Brachflächen zum Ausbau weiterer EE-Anlagen genutzt werden. Es ist denkbar die Wärme für einige Prozesse mittels H_2 -Brennern zu erzeugen und Prozesse mit einem geringeren Temperaturniveau mit der Abwärme aus einem Elektrolyseur zu versorgen. Langfristig wäre auch eine Wasserstofftankstelle auf oder nahe des Betriebsgeländes denkbar, um die eigene Flotte oder anliefernde Lkw zu betanken.

In unmittelbarer räumlicher Nähe befinden sich weitere industrielle Unternehmen, u. a. Maschinenfabrik, die vor ähnlichen Herausforderungen stehen, und Konversionsflächen, deren Flächen für PV-Anlagen geeignet sein könnten.

Regionale Herausforderungen

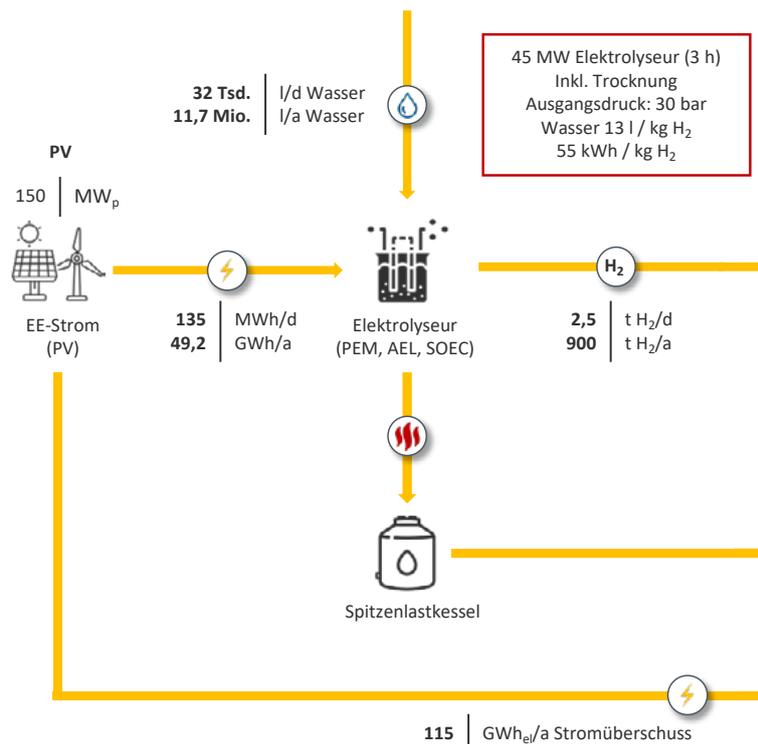
- Die Dekarbonisierung industrieller Produktionsprozesse ist herausfordernd.
- Die Umstellung der Produktionsprozesse muss finanziert werden.
- Die Marktreife und Verfügbarkeit von Technologien sowie Auswirkungen von alternativen Brenngasen auf Produkteigenschaften sind unzureichend bekannt, ebenso genehmigungs- und sicherheitsrechtliche Fragestellungen (Speicherung und Verarbeitung von H_2 <-> Arbeiten bei 1.400°C)

Lösungsansätze

- Alternativen zu fossilen Energieträgern müssen geprüft werden. Ein Mix aus direkter Elektrifizierung und Nutzung von H_2 bzw. Abwärme aus Elektrolyseur kann als Option nachgegangen werden.
- Fördermittel zur Ko-Finanzierung müssen akquiriert werden.
- Eine Kooperation und/oder regelmäßiger Austausch mit Forschungseinrichtungen soll stattfinden, um Auswirkungen auf Produkte zu untersuchen.
- Eine vollumfängliche Rechtssicherheit muss gewährleistet sein.

Externer Unterstützungsbedarf

Die Umrüstung der Brenner erfordert weiteren Forschungsbedarf / Kooperation mit Wissenschaft zu Auswirkungen auf Produkte. Ein regelmäßiger Austausch mit Forschung / Demoprojekten für die eigene Umrüstungsentscheidung ist relevant.



Techniekonzept und Umsetzungsstrategie

Im Landkreis Altenburger Land werden 135 t H₂ im Jahr für die Prozesswärme benötigt, welche auf die Getreidetrocknung, das Krematorium sowie die Anwendung in der Gießereianlage und den Wärmetunnel der Gießerei verteilt sind. Die Wirtschaftlichkeit muss für jedes Einzelsystem individuell untersucht werden. Der Wärmetunnel, der ein Wärmeniveau von 70 ° Celsius aufweist, soll mit der Abwärme des Elektrolyseurs versorgt werden, um die Gesamteffizienz zu erhöhen.

Des Weiteren führt die Zumischung von Wasserstoff zum Erdgas zu einer Veränderung der Brenngaseigenschaften und somit zu Änderungen wichtiger Prozessparameter, wie Heizwert und Temperatur(-spitzen). Letztere haben einen Einfluss auf die Bildung von Stickoxiden, welche eine entsprechende Nachbehandlung des Abgases erfordern. Die dafür erforderlichen Einrichtungen zur Einhaltung der Grenzwerte nach TA Luft sind in der Regel bereits vorhanden. Nach diversen Studien ist eine Zumischung bei konventionellen Brennern bis zu 30 Vol.-% technisch unproblematisch. Eine entsprechende Bestätigung sollte jedoch vom jeweiligen Brennerhersteller eingeholt werden.

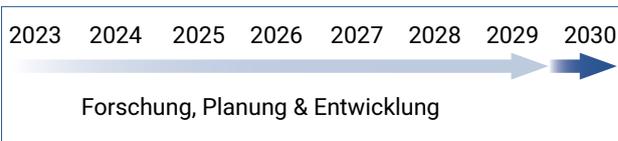
Zudem gilt es zu prüfen, ob der Eintrag von Wasserstoff bzw. Wasserdampf Auswirkungen auf die Produktqualität in der Gießerei hat. Es empfiehlt sich einen möglichen Einfluss auf die Qualität der Gießerei-Produkte vorab in einem Forschungsprojekt zu untersuchen bzw. die zukünftigen

Entwicklungen durch Vernetzung und Austausch mit der angewandten Forschung und Demonstrationsvorhaben im Blick zu behalten. Als überregionale Organisationen zum Austausch sind ThEGA, HySON und HYPOS empfehlenswerte Anlaufstellen.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Die Aus- und Weiterbildung der eigenen Mitarbeiter (Gießerei) im Umgang mit Wasserstoff muss geplant werden.
- Eine Vernetzung und Austausch mit Forschung und Demonstrationsvorhaben (mit ThEGA, HySON, HYPOS) soll stattfinden.
- Machbarkeitsuntersuchungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen müssen durchgeführt werden.
- Die EWA kann ab 2030 leitungsgebunden Wasserstoff an Meuselwitz Guss liefern.

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Pipeline: Ein Anschluss an das bestehendes H₂-Netz beim Chemiepark Zeitz (10 km Luftlinie) sowie die Leitungsumstellung der EWA müssen geprüft werden.

H₂-Erzeugung: Die Gießerei könnte ein konstanter Nachfrager nach regional erzeugtem Wasserstoff werden.

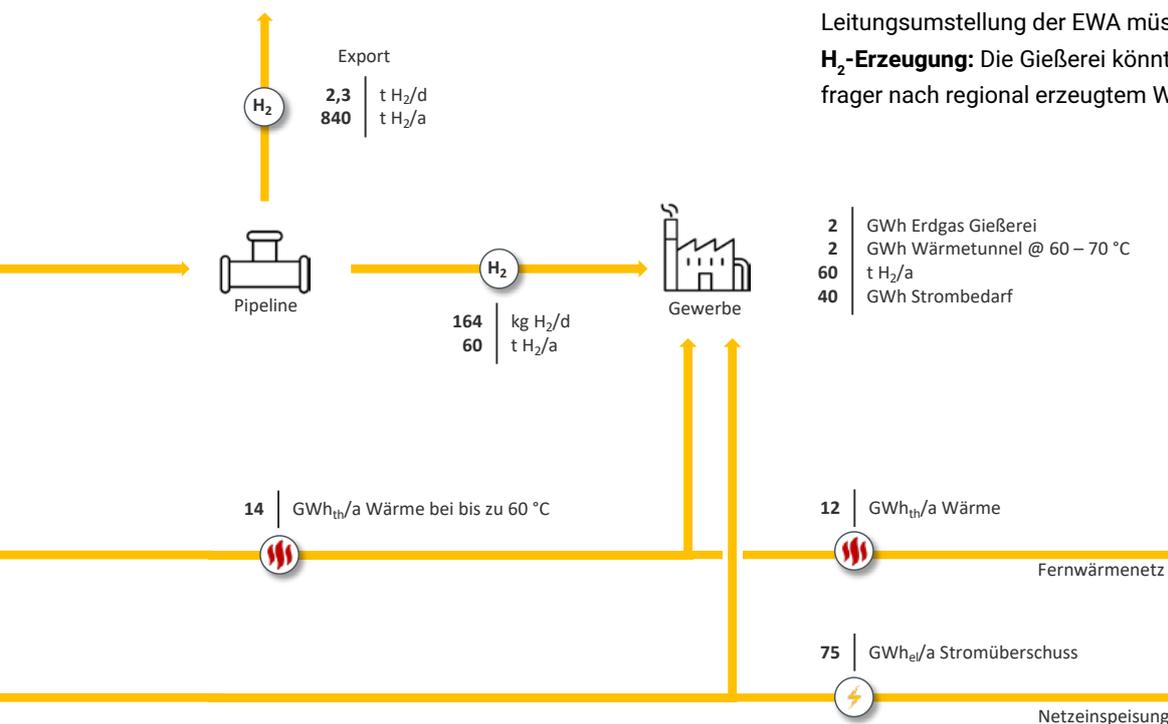


Abbildung 6: © BMDV / EE ENERGY ENGINEERS GmbH

Wasserstoff in weiteren industriellen Anwendungen

Ein Landhandel möchte die Trocknung von Getreide dekarbonisieren. Aktuell werden zur Trocknung des Getreides, v. a. Körnermais, hohe Mengen an Heizöl eingesetzt, die perspektivisch durch H_2 ersetzt werden könnten. Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass der hohe Bedarf nur saisonal in einem kurzen Zeitraum von ca. sechs Wochen im Anschluss an die Ernte besteht. Aufgrund der peripheren Lage des Agrarhandels besteht kein infrastruktureller Anschluss an das Gas-Netz. Prinzipiell stünden eigene PV-Potenziale (ca. 500 kWp), die nicht wirtschaftlich ins Stromnetz gespeist werden können, zur Erzeugung von H_2 zur Verfügung. Ein weiteres Unternehmen möchte die Substitution von

Erdgas (bis zu 2,5 GWh pro Saison) für die Getreide-trocknung prüfen.

Das Krematorium Nobitz möchte seinen Betrieb noch nachhaltiger aufstellen und zudem eine Alternative zu Erdgas, mit rasant gestiegenen Preisen, finden. Geprüft werden soll, inwiefern der Einsatz von Wasserstoff als Brennstoff im Krematorium möglich ist, welche Anpassungen im Betrieb erfolgen müssten und ob der Wasserstoffeinsatz (zukünftig) wirtschaftlich darstellbar ist. Es gibt bislang keine Erfahrungen mit dem Einsatz von Wasserstoff im Krematorium. Das Krematorium in Twente/Niederlanden untersucht derzeit Einäscherungen mit Wasserstoff.

Regionale Herausforderungen

- Bislang sind noch alle Fragen zur Technologie, Umbaumaßnahmen des Krematoriums, möglichem wirtschaftlichen Betrieb und rechtlichen/ethischen Punkten ungeklärt.
- Der H_2 -Bedarf für eine Substitution des Erdgases muss ermittelt werden.
- Die Landwirtschaft verfügt nicht über ausreichende Netzanschlüsse (Strom und Gas).
- Der Bedarf an Wasserstoff zur Trocknung von Getreide in der Landwirtschaft wäre saisonal sehr hoch.

- Eine Wirtschaftlichkeit und technische Realisierung aufgrund des saisonalen Charakters ist unklar: Hohes Investment für eine kurze Nutzungsdauer, aber energieintensive Nachfrage notwendig.

Lösungsansätze

- Ein Austausch mit (Forschungs-)Projekten ist angedacht.
- Eine autarke Insellösung für die Getreidetrocknung (H_2 -Brenner oder Abwärme eines Elektrolyseurs) kann als Option geprüft werden.

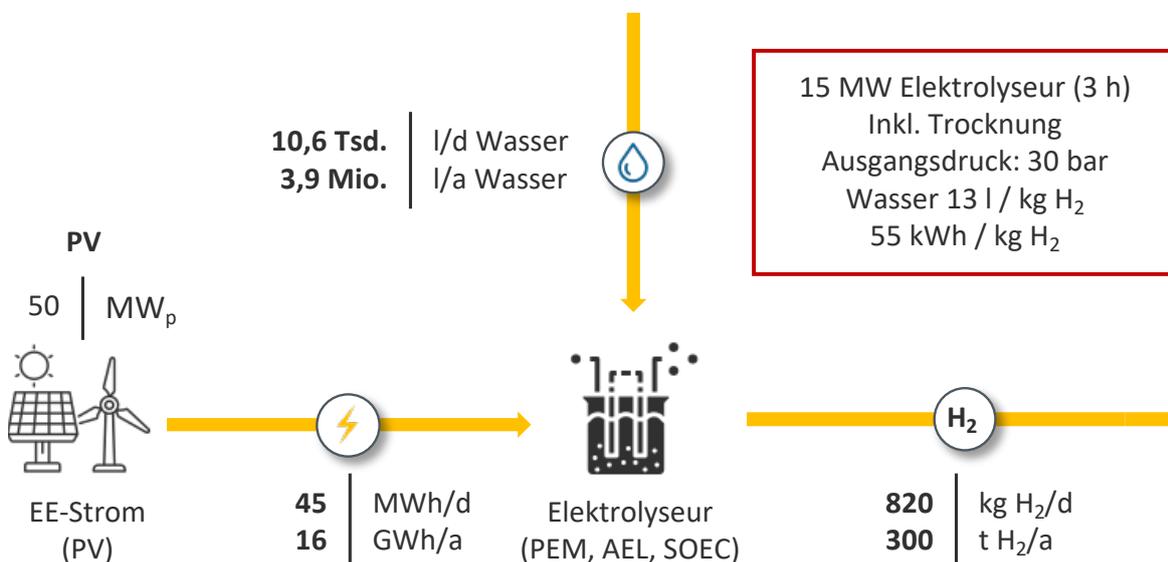


Abbildung 7: © BMDV / EE ENERGY ENGINEERS GmbH

Externer Unterstützungsbedarf

- Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudien zum Einsatz von H₂ in der Getreidetrocknung inklusive Prüfung unterschiedlicher Optionen (Verbrennung von H₂, Nutzung der Abwärme von Brennstoffzellen (inklusive Festoxidbrennstoffzellen (SOFC))) müssen initiiert werden.
- Die Auswirkungen des saisonalen Bedarfs (große Speicher vs. groß dimensionierter Elektrolyseur) und der fehlenden Anschlüsse an Netze müssen gesondert berücksichtigt werden.

Technologiekonzept & Umsetzungsstrategie

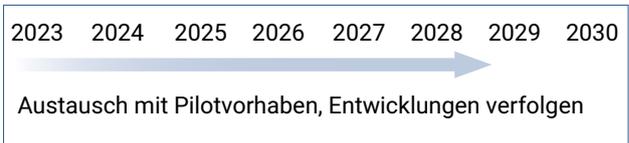
Die Substitution von Heizöl durch Wasserstoff zur Getreidetrocknung ist möglich, erscheint aber zunächst wenig sinnvoll, da enorme Mengen an Wasserstoff für einen sehr kurzen Zeitraum vorgehalten werden müssen (siehe nachfolgende Abbildung). Sofern es möglich ist, kann die Abwärme eines Elektrolyseurs die Wärmebereitstellung bei der Getreidetrocknung unterstützen. Anderenfalls ist die Erneuerung der Brenn- und Trocknungsanlagen erforderlich. Es bietet sich in jedem Fall ein Austausch mit Forschungs- und Demonstrationsvorhaben zur Dekarbonisierung der Getreidetrocknung an. Zudem sollte die Entwicklung des Pilotvorhabens zum H₂-Einsatz im Krematorium mitverfolgt werden. Relevant ist hier u. a.

die Untersuchung des Einflusses von Wasserstoff auf das Emissionsverhalten der Brennanlage und somit der gesetzlichen Vorgaben für die Einäscherung bzw. die Nachrüstung vorhandener Abgasbehandlungsanlagen.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

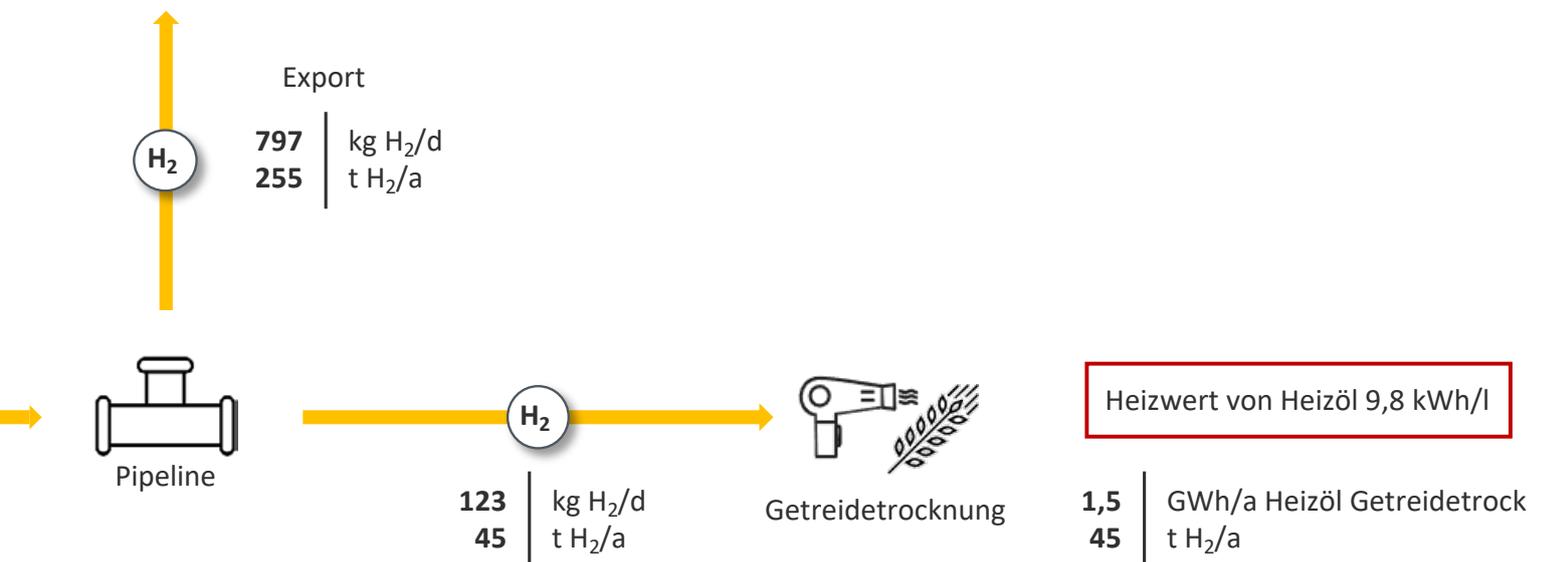
- Alternativen zum H₂-Einsatz bei der Getreidetrocknung müssen geprüft werden (Fischer, ALKA).
- Der Austausch mit dem Pilotprojekt in Twente (Gemeinde Nobitz) und anderen Forschungsvorhaben zu weiteren Erkenntnissen sind erforderlich.

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

H₂-Erzeugung: Verfügbarkeit von Wasserstoff prüfen
Forschungsinstitute: Austausch mit Forschungsvorhaben in diesen Feldern



Aus- und Weiterbildung

Der Schlüssel zur Umsetzung der in den Strategieprozessen erarbeiteten Maßnahmen und Ziele liegt darin, dass die Konzepte einerseits in Form von Anlagen errichtet und andererseits auch installiert, betreut und gewartet werden müssen, um einen Beitrag zum Klimaschutz und regionaler Wertschöpfung leisten zu können. Dafür sind zunächst gut ausgebildete Fachkräfte notwendig, die über die entsprechenden Qualifikationen im Umgang mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien verfügen.

Die Qualifizierungsbedarfe sind sehr unterschiedlich und reichen vom Umgang mit Gasen bis hin zur Umstellung von Produktionslinien. Bereits jetzt ist der Fachkräftemangel spürbar und führt zu Verzögerungen, beispielsweise in der Installation von Erneuerbaren-Energien-Anlagen. Fachverbände, Innungen und Handwerkskammern bieten u. a. bedarfs- und themenspezifische Fortbildungen an, die aber meist nur für Wenige verfügbar und mit Kosten verbunden sind.

Regionale Herausforderungen

- Viele Betriebe und Unternehmen verfügen nicht über die Mittel in Zukunftstechnologien wie Wasserstoff zu investieren, ohne, dass die Technologie bereits in der Breite angekommen ist oder sich konkrete Vorhaben in der Region abzeichnen.
- Planung und Umsetzung sowie Anpassung von Studien- und Ausbildungsplänen ist ein langwieriger Prozess und wird zeitlich nicht mit den steigenden Bedarfen an entsprechend ausgebildetem Personal mithalten.

Lösungsansätze

- Der Markt für Wasserstoffprodukte muss durch Nachfrage geschaffen werden.
- Strategische Personalplanung: Regionales Handwerk muss bei Projekten frühzeitig mitgedacht und für Aufbau, Betrieb und Wartung der Anlagen eingebunden werden.
- Qualifizierungsmaßnahmen in diesem Bereich von Ausbildungsstätten, Handwerkskammern, aber auch in Jobcentern/Arbeitsämtern u. a. müssen angeboten werden.
- Förderprojekte im Bereich der Qualifizierung sollten genutzt werden.
- Akzeptanz muss geschafft werden und die Relevanz der Thematik durch niedrigschwellige Informationsangebote hervorgehoben werden.
- Ein Quereinstieg und schnelle Fortbildungsprogramme sollen ermöglicht bzw. konzipiert werden.

Externer Unterstützungsbedarf

- Unterstützung kann durch bundesweite Verbände und Organisationen erfolgen, indem Informationen aufbereitet und den Schulen und Betrieben zur Verfügung gestellt werden.
- Die Verbreitung des aktuellen Standes der Wissenschaft, der notwendig ist, um Fähigkeiten und Kompetenzen aktuell zu halten ist notwendig.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Eine Vernetzung von Ausbildungseinrichtungen (AWA) mit Unternehmen und Wissenschaft wird angestrebt.
- Der Aufbau neuer Ausbildungseinheiten findet in Abstimmung mit Unternehmen und Kammern statt (AWA).
- Fachkräfte sollen durch AWA ausgebildet werden:
 - » Fachexperte für Wasserstoffanwendungen (IHK / DIHK), 72 UE (AWA)
 - » Wasserstofffachkraft mit IHK-Zertifikat, 180 UE (AWA)
- Eine Kontaktaufnahme mit der AWA erfolgt durch Unternehmen, die etwas mit H₂-Bezug planen.
- In relevanten Ausbildungsberufen muss das Thema Wasserstoff in die Ausbildung integriert werden.
- Wissen für die Verwaltungen muss aufbereitet werden, sowohl zu Rechts- und Genehmigungsfragen als auch zu Ausschreibungen im Bereich Wasserstoff.
- Wissen für konkrete Projekte müssen aufgebaut und in der Region gehalten werden.

Zeitplanung



Die Qualifizierung kann mit einer Vorlaufzeit von maximal 6 Monaten erfolgen.

Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

Vernetzung: Enger Austausch mit allen (über)regionalen Vorhaben ist grundsätzlich erforderlich, unabhängig davon, ob auch qualifiziertes Personal benötigt wird.



Netzwerk und Kommunikation

Die HyStarter-Akteure möchten die Arbeiten des HyStarter-Netzwerks weiterführen und darüber hinaus erste Schritte zum Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft gehen, um

- Eine regionale Austauschplattform für interessierte Akteure zum Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zu bieten
- Eine Vernetzung von Unternehmen zu forcieren (potenzielle Erzeuger und Abnehmer von Wasserstoff)
- Fachlichen Austausch und Beratung bei der Initiierung und Umsetzung von Wasserstoffprojekten im Land-

kreis inklusive Fördermittelberatung zu ermöglichen, ggfs. Initiierung von Facharbeitskreisen

- Öffentlichkeitsarbeit inklusive Homepage zur Thematik anzugehen, um Interesse zu wecken und Transparenz gegenüber der Bevölkerung zu wahren
- Rechts-, Verwaltungs- und Verfahrenskennnisse bei Behörden aufbauen, um die Umsetzung zu beschleunigen
- Synergien mit überregionalen Netzwerken und Akteuren wie bspw. HYPOS und weiteren HyLand-Regionen zu schaffen

Regionale Herausforderungen

- Der weitere Prozess muss durch eine hauptamtliche Ansprechperson begleitet werden: Wasserstoffkoordinierungsstelle.
- Synergien mit bestehenden (Klimaschutz-)Initiativen müssen genutzt werden, um die zeitlichen Ressourcen der Akteure nicht überzustrapazieren.
- Die Akzeptanz für das Thema muss bei Bürgerinnen sowie Bürgern und in Unternehmen geschaffen sowie gesichert werden.
- Einzelaktivitäten in der Region müssen gebündelt werden und Wissen/ Erfahrungen verfügbar gemacht werden.

Lösungsansätze

- Im Landkreis Altenburger Land soll eine Wasserstoffkoordinierungsstelle etabliert werden, die auf die beschriebenen Ziele einzahlt. Die Stelle soll auch für öffentlichkeitswirksame Kommunikation (u. a. Homepage und Verteiler) genutzt werden.
- Für diese koordinierende Stelle müssen Fördermöglichkeiten geprüft werden (z. B. im Rahmen der Kommunalrichtlinie, Einrichtung einer Stelle in der Kommune) oder eine Stelle über Mitgliedsbeiträge (Verein) finanziert werden.
- Personalkapazitäten schaffen, um langfristig die Wasserstoffthematik im Landkreis voranzubringen.

Externer Unterstützungsbedarf

- Die Förderung einer Netzwerkstelle muss geprüft werden.
- Die Unterstützung der Thematik durch die Politik im Landkreis, insbesondere Landrat, die Ober- und hauptamtlichen Bürgermeister sowie die Gemeinderäte, ist erforderlich.
- Eine Unterstützung für das Thema und die daraus resultierenden Aktivitäten sind notwendig, um Genehmigungsverfahren usw. mit Priorität zu bearbeiten.

Aktivitäten und Verantwortlichkeiten

- Die Weiterentwicklung des HyStarter-Netzwerks zu einem Wasserstoffnetzwerk und Aufbau von Kommunikationskanälen wird geprüft.
- Die Finanzierung der Stelle und Prüfung von Fördermöglichkeiten müssen geklärt werden.
- Eine Aktivierung weiterer Akteure über das bestehende Netzwerk hinaus zur Teilnahme am Wasserstoffnetzwerk ist erforderlich.
- Eine gemeinsame Koordination von Erzeugungs- und Nachfrage-Projekten in der Region, u. a. THÜSAC, und im weiteren Umfeld, u. a. Mitteldeutsches Chemiedreieck, HyExpert Region Chemnitz können das Henne-Ei-Problem lösen.

Zeitplanung



Geplante Vernetzung mit anderen Aktivitäten in der Region

HYPOS, ThEGA, weitere H₂-Modellregionen werden in die Vernetzung weiterhin eingebunden.

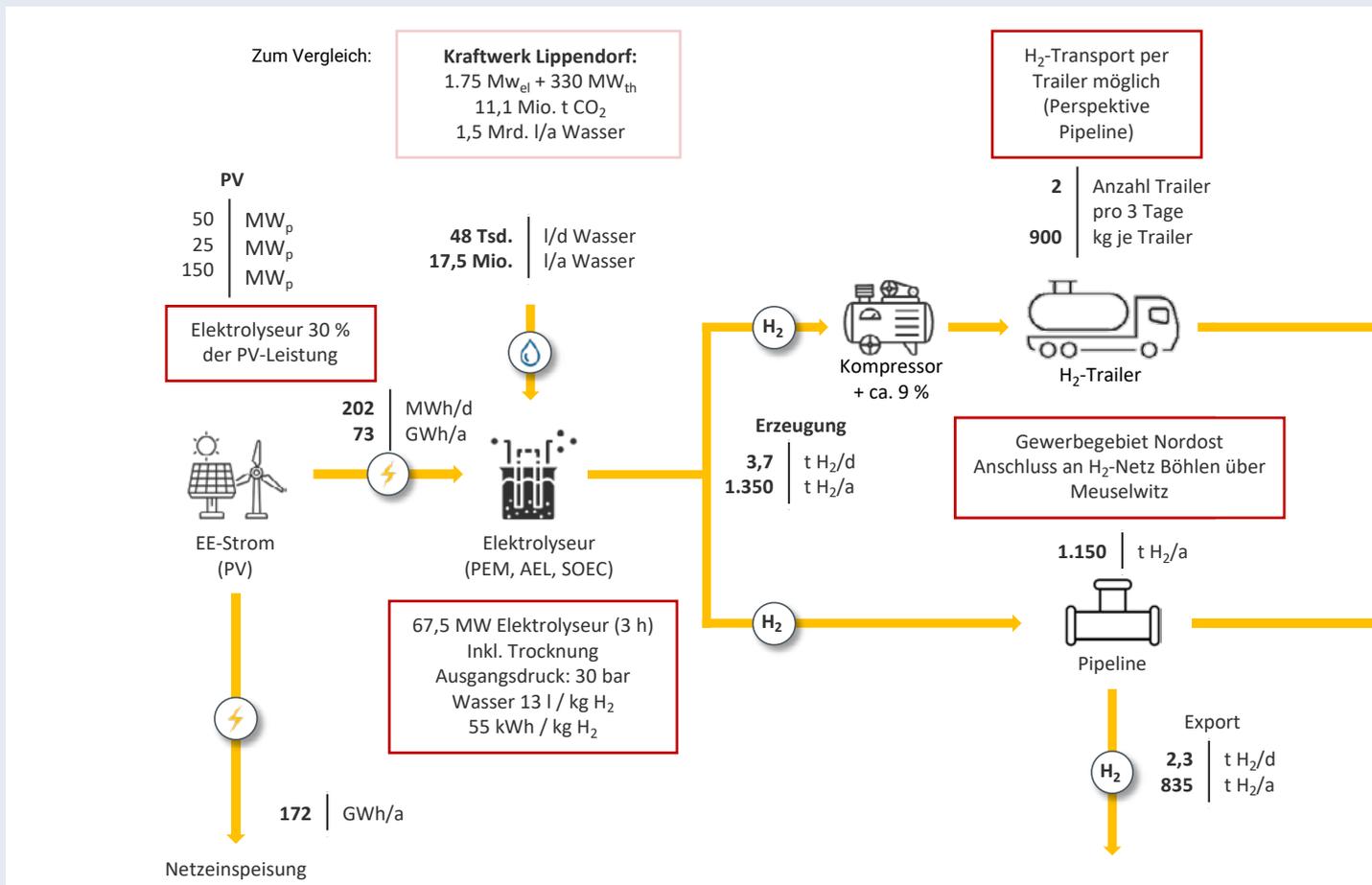


In den HyStarter-Dialogen wurden, wie in den vorangegangenen Unterkapitel detailliert ausgeführt, verschiedene Wasserstoff-Handlungsfelder diskutiert und auf ihre technologische Umsetzbarkeit hin geprüft. Um die von den HyStarter-Akteuren eingereichten Ideen hinsichtlich der Bedeutung eines möglichen Wasserstoff-Nachfragepotentials und den dafür notwendigen Erzeugungskapazitäten zu bekommen, wurden diese in eine Systembetrachtung überführt und als Energieflussbild aufbereitet und in diesem Kapitel dargestellt.

Der Aufbau dieser zunächst fiktiven regionalen Wasserstoffwirtschaft wurde gleichzeitig von der Produktions-, d. h. den zur Verfügung stehenden EE-Anlagen, und der Anwendungsseite, d. h. den Verbrauchern von Wasserstoff, her entwickelt. Da die zur Verfügung stehenden

Produktionskapazitäten die Nachfrage mehr als ausreichend bedienen können, kann sogar der (fiktive) Export von Wasserstoff dargestellt werden. Die einzelnen Projektideen entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette, die Bedarfe sowie die jeweiligen Technologien sind in dem Energieflussbild (nachfolgende Abbildung) dargestellt.

Das Technologiekonzept gibt, ausgehend von den angenommenen Nachfragen in Industrie, Mobilitäts- und Wärmesektor, den Bedarf an Elektrolyseleistung und die notwendige Versorgung mit regenerativ erzeugten Energien an. In der Analyse wurde davon ausgegangen, dass einige wenige Lkw und Müllfahrzeuge sowie 43 Busse mit Wasserstoff betrieben werden. Die jeweiligen Tageskilometer und Verbrauchsdaten pro 100 km sind der Grafik zu entnehmen. Die Daten stammen von den örtlichen





Akteuren und den Angaben der Fahrzeughersteller, wobei die Müllsammelfahrzeuge und Lkw nicht mit konkreten Projektideen hinterlegt sind.

An einer Wasserstofftankstelle beziehen die Fahrzeuge den Wasserstoff. Der kumulierte Tagesumsatz ist ebenfalls der Grafik zu entnehmen. Die Speicher der Tankstellen sind mit der dreifachen Tagesmenge dimensioniert, um temporär eine gewisse Redundanz zu sichern. Die Tankstellen werden zu Beginn per Trailer mit dem regional erzeugten Wasserstoff beliefert.

Den Tagesbedarf bedient ein 67,5 MW Elektrolyseur, der im Schnitt drei Stunden pro Tag läuft. Sollte eine höhere Auslastung erreicht werden, würde auch ein kleinerer Elektrolyseur den Bedarf bedienen können. Neben dem Wasserbedarf für die Herstellung des grünen Wasser-

stoffs, ist die benötigte Menge an regenerativem Strom angegeben.

Die HyStarter-Akteure haben diskutiert, inwiefern ein solches System regional etabliert werden kann. Dazu muss insbesondere der Ausbau der erneuerbaren Energien erleichtert und beschleunigt werden und Standorte für einen oder mehrere Elektrolyseure identifiziert werden. Von dort aus muss der Wasserstoff verteilt oder zukünftig auch in ein H₂-Netz eingespeist werden. Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft würde in der Region maßgeblich durch eine konstante Abnahme im ÖPNV und Logistik getrieben werden. Dementsprechend muss hier die Fahrzeuganschaffung gefördert werden. Darüber hinaus müssen erste Konzepte zur industriellen Nutzung des H₂ und zum Einsatz in der Gebäudeenergieversorgung weiter ausgearbeitet werden.

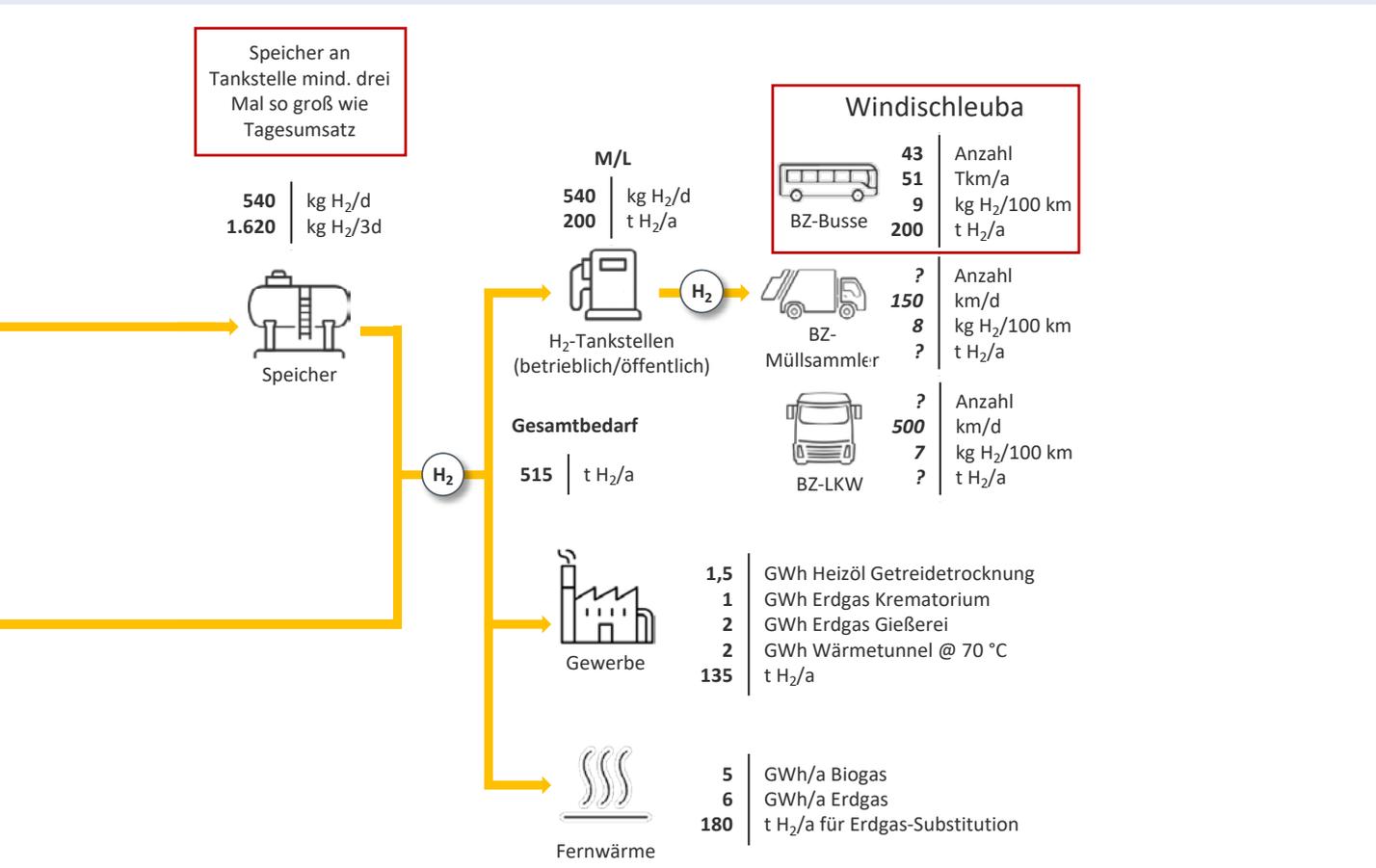


Abbildung 8: © BMDV / EE ENERGY ENGINEERS GmbH

Kooperationsangebote der Region und Wünsche an Politik und Industrie

Die HyStarter-Region Landkreis Altenburger Land setzt auf ein starkes Akteursnetzwerk, um den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft zu starten. Neben den notwendigen kommunalen Versorgern und Netzbetreibern in der Region besteht über den Bildungsträger AWA, aber auch das HySON-Institut und die ThEGA, die Option, die dafür notwendigen Fachkräfte auszubilden und sich zu vernetzen. Die Aus- und Weiterbildung betrifft ebenfalls die Mitarbeitenden im Brandschutz, der Bauordnung und den Umweltbehörden. Weiterhin muss das Wasserstoff-Akteursnetzwerk in der Region verstetigt und durch eine zentrale Koordinierungsstelle ergänzt werden.

In der Region besteht mit den hohen Sonnenstunden und der Verfügbarkeit von Biomasse ein gutes Dargebot an erneuerbaren Energien, die in Wasserstoff gespeichert werden und aufgrund der zentralen Lage in Mitteldeutschland gut distribuiert werden können. Ein Pipelineanschluss ist insbesondere zur Deckung der Bedarfe in der Industrie erforderlich. Die EE-Kapazitäten müssen ausgebaut werden und vereinfachte Genehmigungsverfahren und Regularien den Prozess beschleunigen. Es ist eine Unterstützung der Anlaufkosten erforderlich, um die anfängliche Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen. Zudem müssen die Planungs- und Realisierungskapazitäten (Ingenieur- und Planungsbüros, Handwerk) ausgebaut werden.

Es besteht im Altenburger Land ein Bedarf an Wasserstoff für die Mobilität, Industrie und die klimaneutrale Wärmeversorgung. Das Landratsamt möchte daher die Initiierung erster Lotsenprojekte im Landkreis Altenburger Land unterstützen. Eine dauerhafte und höhere Förderung der Investitionskosten für u. a. Busse, Kommunalfahrzeuge und Feuerwehr, würde die Nachfrage steigern.

Daraus ergeben sich folgende Unterstützungsbedarfe und Wünsche an die Regional-, Landes- und Bundespolitik sowie die Hersteller, um den Aufbau der H₂-Wirtschaft im Landkreis Altenburger Land zu unterstützen:

Schlanke und schnellere Genehmigungsverfahren, die dem Ausbau der erneuerbaren Energien und der Umsetzung von Wasserstoffvorhaben zugutekommen und gleichzeitig Hürden für die KMUs abbauen. Die bislang bestehenden Transmissionsverluste der verschiedenen Ebenen von Politik und Planung, sollen durch gemeinsame Maßnahmen reduziert und eine höhere Flexibilität zugunsten der Kommunen erzielt werden. Zudem sollte die Regionalplanung zeitnah angepasst werden und EE-Ausbauflächen für PV-Freiflächenanlagen und Wind ausweisen. Analog zu den Regelungen in anderen Bundesländern, bspw. Sachsen-Anhalt oder Brandenburg, sollten EE-Anlagen auf benachteiligten landwirtschaftlichen Flächen, u. a. niedrige Erträge durch Trockenheit, Hanglagen etc., privilegiert werden.

Ein klarer gesetzlicher Rahmen zum Aufbau der H₂-Wirtschaft schafft Sicherheit für alle Marktteilnehmer. Dies beinhaltet u. a. die Klassifizierung (EU/Bund) von Wasserstoff biogenen Ursprungs als grün, um den ausgeförderten Biogasanlagen eine Post-EEG-Option zu erschließen, aber auch Marktanreizmechanismen, die den H₂-Einsatz fördern. Zudem ist eine Modernisierung des Umwelt-, Planungs- und Genehmigungsrechts erforderlich.

Die Industrie braucht Planungssicherheit zur Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff und Pipelineanschlüssen, aber auch zu dem Ausbau der Strominfrastruktur, um ihre Prozesse umzustellen.

Eine verstetigte Förderung gleicht Mehrkosten und unternehmerisches Risiko aus. Neben einer Einspeisevergütung des grünen Wasserstoffs analog zum EEG sind weiterhin Förderprogramme notwendig, die die privatwirtschaftlichen Investitionen ergänzen. Hier besteht der Wunsch nach einer längeren Öffnung der Calls für eine gewissenhafte Antragsstellung bzw. die Gewissheit über sich wiederholende Förderaufrufe. Förderaufrufe sollten technologieoffen sein und weiterhin kommunale Unternehmen und Verwaltung einbinden, damit die Kommunen eine Vorreiterrolle einnehmen können.

Die Unterstützung der kommunalen Politik ist weiterhin erforderlich, um den Aufbau der H₂-Wirtschaft aktiv, auch durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit, zu unterstützen.

Ein Komplettpaket bei Elektrolyseuren mit Betriebsführungskonzept und Vollwartungsvertrag unterstützt die Investoren (auch Energiegenossenschaften) bzw. die Industrie dabei, sich trotz Umstellung auf Wasserstofftechnologien weiterhin auf ihr Kerngeschäft zu konzentrieren. Idealerweise stellt der Elektrolyseur-Anbieter auch die Unterlagen für das standardisierte Genehmigungsverfahren bereit, das zahlt sich positiv auf die Geschwindigkeit der Umsetzung aus.

Eine zeitnahe Serienfertigung von Elektrolyseuren und weiteren Fahrzeugen zahlt sich auf die schnellere Beschaffung aus. Es besteht der Wunsch ausreichend Kompetenzen und Angebote in Deutschland/Europa aufzubauen, um internationale Abhängigkeiten zu vermindern. Ein diversifiziertes Fahrzeugangebot umfasst auch Landmaschinen und Baufahrzeuge und die notwendige Betankungsinfrastruktur in Kompaktformaten für den Betriebshof bzw. weitere mobile Tankstellen für die Landwirtschaft. Darüber hinaus werden von den Herstellern Angebote für Anwendungen ohne konstanten H₂-Verbrauch gewünscht.

Weitere Informationen zu den aktuellen Wasserstofftechnologien (Verfügbarkeit, Reifegrad, Funktionsweise, Hersteller u. v. m.), eine Übersicht zu den rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowie Informationen zu aktuellen Förderprogrammen finden Sie unter den nachfolgenden QR-Codes.

Aktuelle Förderprogramme



- Förderprogramme auf EU-Ebene
- Förderprogramme auf Bundes-Ebene

Gesetze und Regulatorik



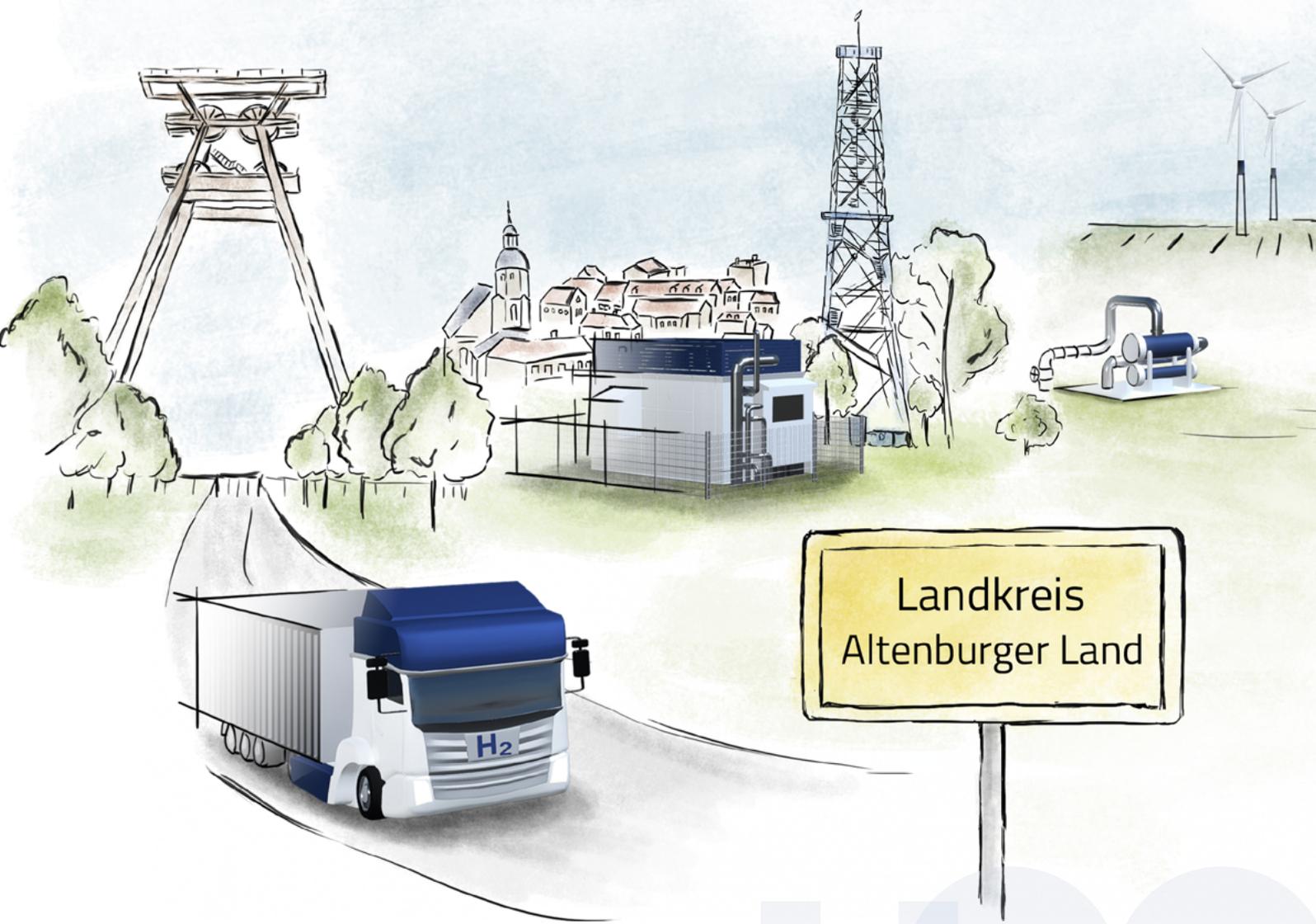
- Gesetzeslandkarte zu nationalen Gesetzen und Verordnungen

Wasserstoffanwendungen



- Straßenfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb
- Weitere mobile Anwendungen
- Gebäude- und Standortenergieversorgung
- Wasserstoffproduktion
- Wasserstofftransport und -abgabe

AEL	Alkalischer Elektrolyseur
ATEX	atmosphères explosibles – explosionsfähige Atmosphären
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BZ	Brennstoffzelle
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CVD	Clean Vehicles Directive
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
E-Lkw	Elektrischer Lkw
FGL	Ferngasleitung
FNP	Flächennutzungsplan
H₂	Wasserstoff
HRS	Hydrogen Refueling Station (Wasserstoff-Tankstelle)
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
IHK/DIHK	Industrie- und Handelskammer / Deutsche Industrie- und Handelskammer
kW	Kilowatt
kW_p	Kilowatt peak – Bezeichnung für die maximale Leistung, insb. bei PV-Anlagen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LOI	Letter of Intent – Absichtserklärung (unverbindlich)
MaStR	Marktstammdatenregister
MW	Megawatt
MW_{el}	Megawatt elektrisch
MWh	Megawattstunde
MW_p	Megawatt peak – Bezeichnung für die maximale Leistung, insb. bei PV-Anlagen
MW_{th}	Megawatt thermisch
NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NOW	Nationale Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
O₂	Sauerstoff
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PE-/PP-Reststoffe	Polyethylen (PE)/Polypropylen-Reststoffe
PEM	Polymer-Elektrolyt-Membran
PtJ	Projekträger Jülich
PV	Photovoltaik
SaubFahrzeugBeschG	Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell – Festoxidbrennstoffzelle
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TEUR	Tausend Euro
ThürKlimaG	Thüringer Klimagesetz
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UE	Unterrichtseinheit



Landkreis
Altenburger Land

H₂O