h2well
hydrogen technology
for better living

WASSERSTOFF-ROADMAP

Einführung von Wasserstofftechnologien in energieintensiven Branchen in Thüringen

h$_2$well Wasserstoff-Roadmap

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung **4**

2. Branchenübergreifender 4-Phasen-Plan **5**

Phase 1: Analyse der Ausgangslage und Zieldefinition 5

Erhebung der Energie- und Emissionsbilanz und Bewertung der Produktionslinien 5

Kooperationen und Partnerschaften mit Wissenschaft und Wirtschaft 5

Phase 2: Technologieauswahl, Entwicklung und Wirtschaftlichkeit 6

Technologieauswahl / Technologieentwicklung und Identifikation neuer Geschäftsfelder und Produktlinien 6

Wirtschaftlichkeitsanalyse und Finanzierung 6

Phase 3: Pilotierung und Skalierung 7

Pilotprojekte 7

Infrastrukturaufbau und schrittweise Integration 7

Mitarbeitendenschulung und Workshops 7

Phase 4: Langfristige Optimierung und Marktpositionierung 8

Kontinuierliche Überwachung und Verbesserung 8

Marktpositionierung 8

Nachhaltigkeit 8

Zusammenfassung der 4-Phasen-Planung 9

3. Glasindustrie **9**

4. Automobilindustrie **10**

5. Maschinenbauindustrie **11**

6. Optik- und Gesundheitstechnologie **11**

Fazit **12**

Literaturverzeichnis **13**

Hintergrund

1. Einleitung

Die globale Energiewende und die Dekarbonisierung der Industrie sind von zentraler Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit moderner Wirtschaftssysteme. Unternehmen stehen vor der Aufgabe, CO_2-intensive Produktionsprozesse zu transformieren und nachhaltige Technologien zu integrieren, um sowohl nationale als auch internationale Klimaziele zu erreichen. Grüner Wasserstoff, als vielseitiger und CO_2-freier Energieträger, hat das Potential eine Schlüsselrolle in dieser Transformation zu spielen.

Besonders für energieintensive Branchen bietet die Einführung von Wasserstofftechnologien signifikante Chancen, Emissionen zu reduzieren und gleichzeitig ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Thüringen, mit seiner industriellen Vielfalt und Forschungslandschaft, ist prädestiniert dafür eine Vorreiterrolle in der Wasserstoffwirtschaft zu übernehmen.

Diese Roadmap orientiert sich an der Nationalen Wasserstoffstrategie aus dem Jahr 2020 sowie deren Fortschreibung aus dem Jahr 2023, die den Einsatz von Wasserstoff in energieintensiven Industrien als zentralen Bestandteil der Energiewende beschreibt (BMWE 2026a). Insbesondere Hochtemperaturprozesse in der Industrie haben hier hohe Bedeutung und Priorität. Für solche Fälle sollen gemäß Wasserstoffstrategie „grüne Leitmärkte“ aufgebaut werden, um Produkte mit geringen CO_2-Emissionen entwickeln und vermarkten zu können. Wasserstoffanwendungen sollen dadurch etabliert sowie Forschung und Innovation gefördert werden.

Weiter orientiert sich die Roadmap an der Thüringer Wasserstoffstrategie, die regionale Besonderheiten und Potentiale hervorhebt und den Fokus auf die praktische Umsetzung von Wasserstofflösungen in Thüringen legt (TMUEN 2021). Berücksichtigt werden hier bereits die Glasindustrie, Automobilindustrie, Metallverarbeitung und allgemein Hochtemperaturprozesse. Mit diesen kann eine relevante Wasserstoffwirtschaft mit Vorbildfunktion in Thüringen aufgebaut werden, indem Synergien durch die Zusammenarbeit mit weiteren Bundesländern geschaffen werden.

Ergänzt werden diese Strategien auf Bundes- und Landesebene von Positionspapieren des HYPOS (Hydrogen Power Storage & Solutions e.V.) zu Herausforderungen und Notwendigkeiten der Einführung von Grünem Wasserstoff in energieintensive industrielle Prozesse sowie einer dezentralen Wasserstofferzeugung in Deutschland (HYPOS 2024, 2026).

Aus diesen Papieren ergibt sich für energieintensive Industrien die Notwendigkeit zum Handeln, nicht nur, um Klimaschutzanforderungen zu erfüllen, sondern um den Industriestandort Deutschland und besonders die betroffenen Branchen in Thüringen abzusichern.

Die Glas- und Automobilindustrie, die Maschinenbauindustrie sowie die Branchen der Optik- und Gesundheitstechnologien sind stark vertretene und erfolgreiche Wirtschaftszweige in Thüringen und bieten zugleich ein großes Einsparungspotential für Emissionen, da diese den CO_2-intensiven Industrien zuzuordnen sind. Die Nutzung von grünem Wasserstoff als Energieträger bietet diesen Branchen eine Lösung, um ihre Emissionen deutlich zu reduzieren.

Diese Roadmap bietet Unternehmen eine Orientierungshilfe, um Wasserstofftechnologien schrittweise zu implementieren. Sie kombiniert technische, wirtschaftliche und strategische Ansätze und adressiert dabei spezifische Eigenschaften der Thüringer Kernindustrien. Ziel ist es einen strukturierten Rahmen bereitzustellen, der Unternehmen dabei unterstützt die Potentiale von Wasserstoff zu erschließen, Produktionsprozesse zukunftssicher zu gestalten und zur regionalen und globalen Klimaschutzagenda beizutragen.

Dafür wird zunächst ein branchenübergreifender 4-Phasen-Plan erstellt, welcher die notwendigen Schritte und zu berücksichtigende Faktoren strukturiert darstellt. Anschließend werden jeweils für die vier Kernbranchen Glas-, Automobil-, Maschinenbauindustrie sowie die Optik- und Gesundheitstechnologie spezifische Vorschläge für die Integration von Wasserstofftechnologien und Anschlussmöglichkeiten an die Wasserstoffwirtschaft dargelegt.

Roadmap

2. Branchenübergreifender 4-Phasen-Plan

Die schrittweise Implementierung von Wasserstofftechnologien ist ein individuelles Vorhaben, das nicht nur von Brancheneigenschaften abhängt, sondern für jedes einzelne Unternehmen eine einzigartige Herausforderung darstellt. Mit den folgenden vier Phasen soll Unternehmen ein Fundament bereitgelegt werden, auf dem ihre eigenen Potentiale, Herausforderungen und Ziele erarbeitet und definiert werden können.

Phase 1: Analyse der Ausgangslage und Zieldefinition

Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist, zu Beginn die Ausgangslage des Unternehmens festzustellen und zu analysieren. Daraus können geeignete, datenbasierte Maßnahmen und Ziele formuliert werden.

Erhebung der Energie- und Emissionsbilanz und Bewertung der Produktionslinien:

Zu Beginn der Maßnahmen erfolgt eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs und der Emissionsquellen. Diese Daten bilden die Grundlage für die Umstellung auf wasserstoffbetriebene Prozesse. Ziel ist es, klare CO_2-Reduktionsziele zu formulieren und technische Umsetzungsstrategien zu entwickeln.

Dieser erste Schritt besteht aus einer detaillierten Analyse der CO_2-Emissionen der bestehenden Produktionsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Eine umfassende Analyse der Fertigungsprozesse identifiziert energieintensive Schritte und Bereiche, bei denen fossile Energieträger durch Wasserstoff ersetzt oder durch moderne Prozesse Energie eingespart werden können.

Hierfür werden geeignete Messinstrumente benötigt, die den Verbrauch einzelner Energieträger an möglichst vielen unterschiedlichen Prozessschritten in möglichst geringen Zeitabständen dokumentieren. Je nach Aufbau der betrieblichen Abläufe und Schwankungen in der Prozessgestaltung (Saisonal, Wochenverlauf etc.) ist eine entsprechend lange Messung bzw. ein entsprechend langer Zeitraum in den Aufzeichnungen zu betrachten.

Aus dieser Bestandsaufnahme ist eine Bewertung der bestehenden Produktionslinien durchzuführen, beispielsweise mithilfe einer Chancen-Risiken-Matrix. Es ist eine Umfeldanalyse durchzuführen, um mögliche Partner und Konkurrenten zu identifizieren. Mithilfe dieser Ergebnisse können konkrete Zielsetzungen für einzelne Betriebsbereiche sowie den Gesamtbetrieb ausgearbeitet werden. Durch eine definierte Zielformulierung werden die Potentiale für Einsparungen bei Emissionen, Verbräuchen und Kosten durch eine Einführung von Wasserstofftechnologien klar herausgestellt und liefern einen messbaren Anreiz für weiterführende Maßnahmen, ggf. auch bei der internen Kommunikation des Transformationsvorhabens.

Abschließend ist ein Prozess oder Bereich mit dem größten Potential oder auch der höchsten Dringlichkeit zur Transformation zu identifizieren, damit dieser mit der höchsten Priorisierung in Phase 2 übernommen wird.

Kooperationen und Partnerschaften mit Wissenschaft und Wirtschaft:

Bereits in dieser ersten Phase kann es sinnvoll sein mit Vertreter:innen aus dem wissenschaftlichen Umfeld zusammenzuarbeiten. Es stehen insgesamt zehn wirtschaftsnahe Forschungsinstitute (WinaFos) in Thüringen zur Verfügung, welche in unterschiedlichen Bereichen der beschriebenen Ist-Zustands-Analysen unterstützen können und den Transformationsprozess von Anfang an begleiten. WinaFos unterstützen Unternehmen bei der Analyse ihrer Produktionsprozesse, bei der Identifikation neuer Geschäftsmöglichkeiten und bei der Erforschung und Entwicklung von innovativen Technologien und Prozessen. Solche Partnerschaften bieten ebenfalls Zugang zu Fachwissen, Daten und Best-Practice-Beispielen aus anderen Branchen.

Parallel besteht auch die Möglichkeit mit Hochschulen und Universitäten in den Austausch zu kommen oder mit Branchenpartner:innen eine Kooperation einzugehen. Je nach Größe und Ausrichtung des Vorhabens können solche Verbünde Vorteile bieten, beispielsweise bei der späteren Beantragung von Fördermitteln oder dem Austausch von Know-How vor allem bezüglich früherer Pilotprojekte in denselben Branchen.

Diese Zusammenarbeiten werden vor allem in der nächsten Phase relevant und bieten ausgiebige Vorteile, besonders dann, wenn das handelnde Unternehmen nicht überumfangreiche eigene Ressourcen und Infrastrukturen in Forschung und Entwicklung verfügt.

Phase 2: Technologieauswahl, Entwicklung und Wirtschaftlichkeit

Die Erkenntnisse aus der ersten Phase werden nun zusammengezogen und konkretisiert. Die ausgearbeiteten Einsparungs- und Transformationsziele müssen bezüglich ihrer technischen Machbarkeit sowie der Wirtschaftlichkeit der Technologien evaluiert werden.

Technologieauswahl / Technologieentwicklung und Identifikation neuer Geschäftsfelder und Produktlinien:

Für die praktische und betriebsspezifische Umsetzung ist eine Marktanalyse für wasserstoffbasierte Technologien notwendig. Dazu müssen auf dem Markt verfügbare Wasserstofftechnologien recherchiert, betrachtet und entsprechend ihrer Eignung für den eigenen Betrieb evaluiert werden. Dabei wird zunächst ein direkter Ersatz einzelner Maschinen oder Anlagen betrachtet, um eine möglichst niederschwellige Umrüstung zu erreichen, indem neue Wasserstofftechnologien in vorhandene Infrastrukturen integriert werden. Ist ein gezielter Austausch einzelner Komponenten nicht möglich, müssen die notwendigen Umstrukturierungsmaßnahmen mitberücksichtigt und deren Umsetzbarkeit erörtert werden.

Im Laufe des Prozesses ist zu berücksichtigen, ob die bestehenden Geschäftsfelder und Produktlinien erhalten und eine 1:1 Umrüstung auf Wasserstoff möglich ist, oder ob eine Neuausrichtung einzelner Produktlinien erforderlich werden könnte. Unter diesen Umständen sind die Chancen und Risiken für eine solche Umstellung erneut abzuwägen. Im besten Fall lassen sich neuartige Synergien mit bestehenden Produkten und Dienstleistungen identifizieren, welche zuvor nicht in Betracht gezogen wurden und eine nachhaltige Transformation des eigenen Betriebes begünstigen.

Beide Szenarien können herausstellen, dass die verfügbaren Wasserstofftechnologien nicht für die spezifische Anwendung im eigenen Betrieb geeignet sind. Mit dieser Feststellung eröffnet sich die Möglichkeit eine neue und innovative Technologie für den eigenen Betrieb zu entwickeln. Wie bereits im Rahmen von Phase 1 angeführt, ist ein Austausch bzw. Kooperation mit Forschungseinrichtungen und möglichen Industriepartnern empfehlenswert, um so die Entwicklung oder Einführung zu erleichtern.

Mit der Entwicklung einer neuen Technologie können potentiell einzigartige Produkte auf den Markt gebracht werden, die das eigene Produktportfolio diversifizieren und eine Vorreiterposition auf dem Wasserstoffmarkt ermöglichen. Mit dem Entwicklungsprozess gehen jedoch auch Risiken einher, die vor allem finanzieller Natur sind.

Wirtschaftlichkeitsanalyse und Finanzierung:

Die Entwicklung neuer Technologien erfordert finanzielle Ressourcen, die mit der Unsicherheit einhergehen, ob der Entwicklungsprozess erfolgreich verläuft. Auch ein ausgereifter und gut geplanter Entwicklungsprozess trägt stets ein Restrisiko mit sich, das die technische und praktische Überführung scheitern könnte. Ebenso erfordert die Umstellung auf bereits verfügbare Wasserstofftechnologien mitunter erhebliche Investitionen. Daher sind nach der Betrachtung der technischen Erfordernisse und Möglichkeiten deren Wirtschaftlichkeit zu analysieren. Hierfür sind bei verfügbaren Technologien die einmaligen Kosten für Anschaffung und Integration sowie die laufenden Kosten im Betrieb zu berücksichtigen und deren Finanzierung zu klären.

Dabei müssen die Möglichkeiten zur Wasserstoffversorgung berücksichtigt werden. Noch befinden sich die Wasserstoffversorgungsnetze im Aufbau, können jedoch bei der Planung bereits bedacht werden. Fehlt die Aussicht auf eine Netzanbindung, ist eine dezentrale Lösung zu finden. Dabei kann sowohl der Einkauf und die Belieferung mit Wasserstoff als auch die Produktion für den Eigenbedarf eine rentable Lösung sein. Hierbei ist insbesondere der Ursprung des zu verwendenden Wasserstoffs von entscheidender Bedeutung. Neben grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen ist auch Wasserstoff aus anderen, weniger klimafreundlichen Quellen nutzbar. Hierzu ist auch die Ausführung zum Thema Nachhaltigkeit relevant (siehe Phase 4).

Sowohl die Investitionskosten für neue Wasserstofftechnologien als auch die Entwicklungskosten für betriebsspezifische Lösungen können durch öffentliche Fördermittel teilfinanziert werden. Dafür sollte eine Fördermittelrecherche oder -beratung durchgeführt bzw. beauftragt werden. Es gibt bereits ein reichhaltiges und niederschwelliges Angebot an Recherchemöglichkeiten, wozu auch der h$_2$well „One-Stop-Shop“ zählt. Hier kann sich selbstständig ein Überblick über Fördermöglichkeiten verschafft oder eine Beratung zu einem spezifischen Vorhaben angefragt werden. Der h$_2$well „One-Stop-Shop“ ist online unter onestop.h2well.de zu finden.

Phase 3: Pilotierung und Skalierung

Nach erfolgreicher technischer und finanzieller Planung des Vorhabens beginnt die Pilotierung am identifizierten Prozessbereich. Nach erfolgreichen Tests wird der Bereich final in Betrieb genommen und hochskaliert, damit weitere Prozessschritte und Bereiche an die Wasserstoffstrukturen angeschlossen werden können.

Pilotprojekte:

Pilotprojekte werden durchgeführt, um die Machbarkeit und Effizienz wasserstoffbetriebener Prozesse zu testen. In der Pilotphase sollten vor allem Prozessstabilität, Materialverschleiß, Energieeffizienz und Emissionsreduktion getestet werden. Ziel ist es, die Kosten im täglichen Betrieb abzuschätzen, Produkt- und Prozessqualität zu gewährleisten sowie die realen CO_2-Reduktionen zu evaluieren.

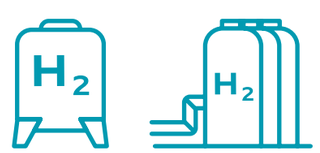
Die Pilotierung kann sowohl im Versuchsmaßstab als auch im Industriemaßstab durchgeführt werden. Maßgebend sind Art und Technologiereife der pilotierten Anlagen. Mit einer Pilotierung im Versuchsmaßstab können bei der Überführung in den Industriemaßstab potentiell technische Schwierigkeiten auftreten, die bis zum Abbruch der Entwicklung führen können. Daher sind für eine erfolgreiche Integration Maßnahmen zu bevorzugen, welche bereits die nötige Reife haben, um im Industriemaßstab umgesetzt werden zu können.

Bei der Testung einzelner Komponenten oder Materialien können die Thüringer Forschungseinrichtungen Prüf- und Versuchsstände zur Verfügung stellen, durch die eine sichere Integration gewährleistet werden kann.

Ergebnisse werden systematisch dokumentiert, um auftretende Herausforderungen zu erkennen und Lösungen zu entwickeln.

Infrastrukturaufbau und schrittweise Integration:

Nach erfolgreichen Tests wird die Technologie auf weitere Produktionsbereiche ausgeweitet. Erkenntnisse aus den Pilotprojekten fließen dabei in die Planung weiterer Maßnahmen ein. Technische Anpassungen und Prozessoptimierungen erhöhen die Effizienz und Wirtschaftlichkeit und ermöglichen eine Hochskalierung von einzelnen Anlagen auf weitere Prozessschritte oder weitere Produktlinien.



Nach erfolgreichen Pilotprojekten wird Wasserstoff als neuer Energieträger in alle relevanten Fertigungsbereiche übertragen. Dies umfasst ggf. die Umstellung der Energieversorgung der Produktionsstätten auf Brennstoffzellen oder wasserstoffbetriebene Heizsysteme.

Die Versorgung mit grünem Wasserstoff spielt dabei eine entscheidende Rolle und sollte nach Möglichkeit bereits in Phase 2 umfassend für unterschiedliche Szenarien ausgearbeitet worden sein, sodass nur noch die Auswahl der Größenordnung für Wasserstoffspeicher und -lieferung bzw. -produktion getroffen werden muss.

Mitarbeitendenschulung und Workshops:

Schulungsprogramme für die Belegschaft stellen sicher, dass der sichere Umgang mit Wasserstofftechnologien gewährleistet ist. Dies umfasst sowohl technische Schulungen als auch sicherheitstechnische Sensibilisierungsmaßnahmen. Diese können bereits im Pilotbetrieb begonnen und so zukünftig zuständige Mitarbeitende beim Aufbau an die neuen Technologien herangeführt werden.

Hierfür können Workshops organisiert oder in Auftrag gegeben werden, um die Belegschaft auf die Umsetzung von Wasserstoffanwendungen vorzubereiten. Auch Zertifikatslehrgänge, zum Beispiel der IHK Südthüringen oder der IHK Erfurt, bieten eine geeignete Möglichkeit, die eigenen Mitarbeitenden umfassend mit dem sicheren Umgang und den technologischen Grundlagen von Wasserstoffsystemen vertraut zu machen.

Phase 4: Langfristige Optimierung und Marktpositionierung

Mit der Ausweitung der neuen Technologien auf weitere Abschnitte des Betriebs ist die Transformation noch nicht abgeschlossen. Auch, wenn bereits alle identifizierten Transformationsvorhaben umgesetzt wurden. Denn eine langfristige Optimierung der Prozesse und Produkte sind ebenso wichtig wie die strategische Positionierung auf den relevanten Märkten.

Kontinuierliche Überwachung und Verbesserung:

Digitale Monitoring-Systeme erfassen die Effizienz und Sicherheit der eingesetzten Technologien. Dies ermöglicht eine fortlaufende Optimierung der Prozesse und der Infrastruktur.

Für neuentwickelte Technologien sind insbesondere die Langlebigkeit und der Wartungsbedarf bei einem langfristigen Monitoring von Bedeutung. Mit gezielten Überwachungsmaßnahmen können entsprechende Daten entlang der neuartigen Prozesse gesammelt und ausgewertet werden. Durch die Ableitung von passenden Instandhaltungsplänen werden die Abläufe und der Betrieb der neuen Anlagen optimiert. Verbesserungen können zum Beispiel die Produktivität oder Effizienz steigern und Ausfallzeiten verringern, was wiederum einen positiven Effekt auf die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens hat.

Marktpositionierung:

Die Unternehmen nutzen ihre gewonnene Innovationskraft, um sich als Vorreiter und als führende Anbieter in der nachhaltigen Fertigung und der Entwicklung wasserstoffbasierter Produkte zu positionieren und zu etablieren, um so ihre Marktposition weiter auszubauen.

Dabei ist es möglich sowohl die Umrüstung auf bereits verfügbare Anlagen als auch die eigene Entwicklung von neuen Technologien in der Vermarktung anzuführen. Vor allem bei der Nutzung von Maschinen, Materialien und Komponenten von regionalen Partner:innen kann die Kommunikation positiver Ergebnisse einen sich selbst verstärkenden Effekt für das eigene Unternehmen und die weitere Wirtschaft in Thüringen haben.

Dies kann durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit auf Social Media-Plattformen, bei Messeauftritten, Fachvorträgen und Präsentationen auf Fachveranstaltungen und ebenfalls in Kooperationen mit regionalen Partner:innen auf nationalen und internationalen Plattformen geschehen. Mit einer kompakten, übersichtlichen Darstellung des Gesamtprojektes sowie dem Fokus auf einzelne, besonders positiv hervorstechende Elemente kann die Sichtbarkeit auf dem deutschen Markt gestärkt werden. Damit wird zugleich Potential zur Eroberung von globalen Märkten geboten. Hierfür können strategische Partnerschaften mit internationalen Unternehmen ein geeigneter Weg sein.

Nachhaltigkeit:

Soll grüner Wasserstoff aus nachhaltigen Quellen genutzt oder selbst produziert werden, sind die Potentiale für die Eigenproduktion oder eine verlässliche Belieferung mit erneuerbarer Energie maßgebend für das Vorhaben. Je nach benötigter Wasserstoffmenge, ist für eine autarke Produktion von grünem Wasserstoff eine große Menge von Anlagen zur Erzeugung von erneuerbarer Energie notwendig. Diese bedürfen ausreichend Platz, eine zusätzliche, umfangreiche Investition sowie verfügbare Einspeisekapazitäten in das Stromnetz, sollte nicht der vollständige Eigenverbrauch des erzeugten Stroms garantiert werden können. Für die eigene Produktion von zertifiziertem grünem Wasserstoff mit zugekauftem erneuerbarem Strom sind die Maßgaben für Renewable Fuels of Non-Biologic Origin (RFNBO) zu beachten. Diese Zertifizierung ermöglicht es neben dem Eigengebrauch grünen Wasserstoff gewinnbringend zu verkaufen. Eine größere Dimensionierung der Stromerzeugungsanlagen und Wasserstoffproduktion kann ggf. kosteneffizienter sein, wobei möglicherweise ein Überschuss anfällt. Darüber hinaus ist auch der Zukauf von (zertifiziertem) grünem Wasserstoff möglich. Alternativ kann auch Wasserstoff aus anderen Quellen genutzt werden, wobei die CO_2-Bilanz berücksichtigt werden muss. Die anfallenden Emissionen bei Wasserstoff, der zum Beispiel aus Bio- oder Erdgas hergestellt wird, müssten kompensiert oder durch Carbon-Capture-Utilization-Technologien (CCU) nutzbar gemacht werden. Daher ist für eine möglichst klimaneutrale Umsetzung grüner Wasserstoff zu bevorzugen.

Zusammenfassung der 4-Phasen-Planung:

Die Kombination aus Pilotprojekten, technologischer Skalierung, einer kontinuierlichen Optimierung und der langfristigen Integration in Produktionsprozesse mit einer umfassenden technologischen und wirtschaftlichen Planung ermöglicht es den energieintensiven Branchen in Thüringen ökologische und ökonomische Ziele zu verbinden.

Die schrittweise Einführung von Wasserstofftechnologien bietet den genannten Industrien nicht nur eine einzigartige Möglichkeit ihre CO_2-Emissionen signifikant zu reduzieren und einen Beitrag zur globalen Energiewende zu leisten, sondern durch eine zukunftsorientierte Transformation gleichzeitig ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Die Einführung von Wasserstofftechnologien und die Entwicklung innovativer Prozesse, Produkte und Materialien bietet den CO_2-intensiven Industrien in Thüringen eine transformative Chance neue Geschäftsfelder zu erschließen und Ihre Zukunftsfähigkeit zu stärken.

Die Zusammenarbeit mit Thüringer Partner:innen aus Wissenschaft und Wirtschaft stärkt nicht nur die eigene Innovationskraft, sondern auch die regionale Wirtschaft insgesamt.

Kernbranchen

3. Glasindustrie

Die Glasindustrie ist eine der energieintensivsten Branchen in Thüringen und spielt eine zentrale Rolle für die regionale Wirtschaft. Ihre Produktionsprozesse, insbesondere die Schmelzofenbefeuerung, sind jedoch mit hohen CO_2-Emissionen verbunden, die durch den Einsatz fossiler Brennstoffe verursacht werden.

Wasserstoffbetriebene Schmelzöfen können hier als mögliche Schlüsseltechnologie für die Dekarbonisierung identifiziert werden. Denkbar ist die pilotierte Umrüstung eines einzelnen Schmelzofens auf den Betrieb mit grünem Wasserstoff. Nach erfolgreichen Tests und umfangreichen Evaluierungen können weitere Öfen umgerüstet oder die Technologie auf weitere Produktionsbereiche ausgeweitet werden.

Ein weiteres Augenmerk ist auf die Formungs- und Abkühlprozesse zu legen. Diese werden ebenfalls bei hohen Temperaturen gefahren, weshalb hier hohe Energieverbräuche entstehen. Eine besonders empfehlenswerte Strategie ist die Nutzung von Abwärme aus parallel laufenden Prozessen. Entlang der Produktionskette kann die Abwärme aus Hochtemperaturprozessen Niedertemperaturprozessen zugeführt werden, um so Ressourcen zu sparen. Sollten eigene Elektrolyseanlagen zur Wasserstoffproduktion in den Betrieb integriert werden, ist hier genau dieses Potential zu berücksichtigen. Die Abwärme der Elektrolyse kann ebenfalls an Produktionsprozesse oder die Heizungsinfrastruktur, beispielsweise für Personal- und Verwaltungsräume, weitergeleitet werden. Im Falle einer Hochtemperaturelektrolyse kann die Abwärme von dekarbonisierten Produktionsprozessen für die benötigten Temperaturen der Wasserstoffproduktion genutzt und so weitere energetische Kreisläufe geschlossen werden.

Zusätzlich kann bei der Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse entstehender Sauerstoff eine geeignete Ergänzung für die thermischen Prozesse sein. Beispielsweise durch Oxy-Fuel-Prozesse geheizte Anlagen können von dem gewonnenen Sauerstoff zusätzlich profitieren. Hier können verschiedene Kopplungen von Wasserstoff-, Sauerstoff- und Elektro-betriebenen Anlagen auf Ihre Eignung untersucht werden.

Kernbranchen

4. Automobilindustrie

Die Automobilindustrie ist vor allem durch eine Vielzahl an zuliefernden Betrieben eine tragende Säule und ein zentraler Treiber der Thüringer Wirtschaft. Gleichzeitig steht sie vor den Herausforderungen des aktuellen Wandels des Automobilmarktes.

Wasserstoff bietet in diesem Kontext eine zentrale Lösung, insbesondere in Bereichen wie der Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen im Schwerlastverkehr und der Betriebslogistik. Ein praktischer Anwendungsfall für Wasserstoff ist der Einsatz wasserstoffbetriebener Fahrzeuge und Geräte in der internen Logistik. Diese können nicht nur in den Automobilbetrieben entwickelt und verwendet werden, sondern bieten auch das Potential in anderen Branchen genutzt zu werden. So könnten wasserstoffbetriebene Fahrzeuge als Teil einer nachhaltigen Produktstrategie etabliert werden. Die Entwicklung eines Dimensionierungstools für Wasserstoffversorgungssysteme für Mobilitätsanwendungen zum Beispiel mit wasserstoffbetriebenen Gabelstaplern war bereits Teil des $h_2$well Projektes „$h_2$well-compact“. Informationen rund um das Tool erhalten Sie auf h2well.de.

Weitere Möglichkeiten bieten Schwerlastmaschinen, die nicht gezielt elektrifiziert werden können. Dort wo zu große und schwere Batterien benötigt werden oder Stromtrassen nur schwer umgesetzt werden können, bieten Wasserstofffahrzeuge eine mögliche Alternative. Weitere Anknüpfungspunkte bieten Tankstellen und Speichertechnologien, um eine zuverlässige Versorgung von Produktionsstandorten und ihrer Logistik oder von Spezialeinsatzgebieten für Schwerlastfahrzeuge zu gewährleisten.

Ziele sind vor allem die Evaluierung von Energieeffizienz, Betankungszeiten und Reichweite, da insbesondere im 24/7-Betrieb Wasserstofffahrzeuge einen Effizienzvorteil bieten können.

Auch in der Automobilindustrie sind verschiedene thermische Prozesse zur Trocknung und Wärmebehandlung zur Umstellung auf oder Kopplung an Wasserstoff geeignet. Dafür kommen sowohl die Wärmeproduktion aus Wasserstoff als auch die Abwärme der Elektrolyse in Frage.

Zuletzt ist auch die Zulieferungskette für die Automobilindustrie von entscheidender Bedeutung, da vor allem die Produktion von Stahl und Aluminium sehr energieintensiv sind. Kooperationsprojekte mit der Stahlproduktion bieten weitere Potentiale, die eigenen Prozesse zu transformieren und neue Märkte zu erschließen.

Kernbranchen

5. Maschinenbauindustrie

Wasserstofftechnologien bieten der Maschinenbau-Branche nicht nur die Möglichkeit, eigene Produktionsprozesse zu dekarbonisieren, sondern eröffnen auch neue Geschäftsfelder, insbesondere durch die Herstellung von Schlüsseltechnologien wie Elektrolyseuren, Speicher- und Verdichtungssystemen.

Ein Schwerpunkt liegt auf thermischen Prozessen wie Schweiß- und Härteverfahren, die besonders energieintensiv sind. In Schweißanlagen kann grüner Wasserstoff als Energieträger eingesetzt werden, um die damit verbundenen thermischen Prozesse zu dekarbonisieren.

Maschinenbauunternehmen sollten prüfen, welche Produkte für die Wasserstoffwirtschaft entwickelt und hergestellt werden können. Dies umfasst beispielsweise:

- **Hocheffiziente Komponenten für Elektrolyseure (z. B. Katalysatoren, Stacks)**
- **Wasserstofftanks und Druckbehälter**
- **Neue Materialien für wasserstoffkompatible Anwendungen**
- **Verdichtungstechnologien zur Wasserstoffspeicherung und -verteilung**

Gleichzeitig werden für die Produktion von grünem Wasserstoff auch erneuerbare Energien benötigt. Anlagen zu deren Erzeugung wie Windkraft und Photovoltaik bzw. deren Herstellung können daher auch als Zielmarkt für maschinenbauende Unternehmen adressiert werden. Hier können ebenfalls diverse Anlagenteile im Fokus stehen.

Für Photovoltaikanlagen wäre es denkbar Montagesysteme, Nachführsysteme (Tracker), Fundament- und Tragwerkskomponenten, Anlagen für Modulproduktion, Gehäuse und Schaltschränke zu produzieren.

Für Windkraftanlagen sind folgende Anlagenteile mögliche Zielmärkte: Turmsegmente, Maschinenhäuser, Antriebsstränge, Rotoren, Fundamente, Transport- und Hebetechnik.

Kernbranchen

6. Optik- und Gesundheitstechnologie

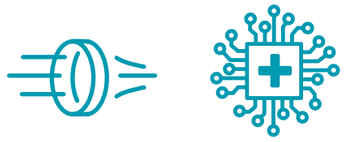
Thüringen ist globaler Vorreiter in der Optik- und Gesundheitstechnologie und beheimatet renommierte Unternehmen sowie zahlreiche innovative KMUs. Diese Branchen zeichnen sich durch ihre hochpräzisen Fertigungsprozesse aus, die jedoch oft energieintensiv sind und CO_2-Emissionen verursachen.

Dazu gehören unter anderem Beschichtungsverfahren oder die thermische Bearbeitung optischer Komponenten. Diese Bereiche eignen sich für Nutzungsmöglichkeiten von grünem Wasserstoff. Darüber hinaus ist der Einsatz von Brennstoffzellen zur Energieversorgung hochsensibler und hochpräziser Produktionsanlagen und Fertigungsprozesse sowie von Reinräumen der Gesundheitstechnologie möglich.

Hier ist der Einsatz für dezentrale Not-Energieversorgungs-Systeme von besonderem Interesse, da nicht nur die betriebseigenen hochsensiblen Prozesse gesichert werden können, sondern auch die Belieferung medizinischer Einrichtungen, die ebenfalls eine kontinuierliche Energieversorgung gewährleisten müssen, möglich ist.

Für die Produktion von Optiken ist Wasserstoff als mögliches Schutz- oder Prozessgas untersuchbar, zum Beispiel für Beschichtungs- oder Veredelungsprozesse.

Die Einführung von Wasserstofftechnologien bietet daher nicht nur die Möglichkeit, diese Prozesse nachhaltiger zu gestalten, sondern auch neue Geschäftsfelder zu erschließen. Hierzu zählen bspw. die Entwicklung von Wasserstoffsensoren oder mobiler, medizinischer Geräte, die auf Brennstoffzellen basieren.



Fazit

Die vorliegende Roadmap zeigt auf, wie Wasserstofftechnologien schrittweise in eine Auswahl von Schlüsselbranchen Thüringens eingeführt werden können. Unternehmen wird ein strukturierter Leitfaden geboten, die nicht nur die technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen der Wasserstoffintegration adressiert, sondern auch an praxisnahen Lösungen orientierte Handlungsvorschläge liefert und gleichzeitig wissenschaftliche Leistungen mit den spezifischen Anforderungen der Thüringer Wirtschaft verbindet. Mit Unterstützung weiterer Thüringer Akteur:innen und unter Einbeziehung bewährter Strategien auf nationaler und europäischer Ebene haben die Unternehmen in Thüringen die einzigartige Möglichkeit, eine Vorreiterrolle in der Wasserstoffwirtschaft einzunehmen und die Energiewende aktiv mitzugestalten, indem sie:

1. **Die ökologische Transformation durch die CO_2-Reduktion und Erfüllung von Klimazielen vorantreiben**
2. **Neue Marktpotentiale durch Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft erschließen**
3. **Thüringen als führende Region im Bereich nachhaltiger Technologien mit globaler Vorreiterrolle etablieren**

Kernherausforderung Finanzierung und Förderung:

Die zentrale Herausforderung in der aktuellen wirtschaftlichen Lage ist die finanzielle Umsetzung und Förderung. Die Nutzung von Förderprogrammen ist insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen entscheidend, um die Investitionskosten bis zur Marktreife zu senken.

Die Investitionen in Technologie, Forschung und Entwicklung sinken aktuell stark ab, da thüringen- und deutschlandweit Unternehmen große wirtschaftliche Herausforderungen überwinden müssen und gleichzeitig das Angebot an Förderprogrammen auf Landes- und Bundesebene nicht nur umgestaltet, sondern verstärkt abgebaut wird.

Essentielle Förderprogramme für den Mittelstand wie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) hat im Juli 2026 einen generellen Antragsstopp verhängt. Obwohl dieser vorrübergehend sein soll, ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht klar, wann, in welcher Form und in welchem Umfang die dort enthaltenen Förderprogramme wieder für Anträge geöffnet werden (BMWE 2026b).

Auch einzelne Fördermöglichkeiten auf Landesebene, wie zum Beispiel der Innovationsgutschein „Innodecide“ der Thüringer Aufbaubank, mit dem Unternehmen eine Förderung zur Feststellung der Umsetzbarkeit von Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit fachlicher Unterstützung erhalten haben, wurde zum Jahreswechsel ersatzlos beendet.

Mit dieser Entwicklung wird die Umsetzung der beschriebenen Ziele dieser Roadmap sowohl für kleine als auch große Unternehmen bedeutend eingeschränkt und erschwert. Auch die Arbeit der Thüringer Forschungseinrichtungen, die die Transformation wissenschaftlich begleiten und unterstützen sollen, wird von den wegfallenden Förderprogrammen beeinflusst.

Hierfür muss ein neuer politischer Rahmen geschaffen werden, der die Entwicklung der adressierten Branchen hin zu Innovationen und Nachhaltigkeit ermöglicht und bestärkt.

Gemeinsame Erfolgsfaktoren für alle Branchen:

Im Hinblick auf die erläuterten Herausforderungen gibt es dennoch einige Erfolgsfaktoren, die branchenübergreifend eine positive Entwicklung hin zu neuartigen und effizienten Technologien in regionalen Unternehmen unterstützen.

» **Schrittweise Umsetzung:**
Die Transformation beginnt mit der Analyse der Ausgangslage, gefolgt von Pilotprojekten, einer schrittweisen Skalierung und der langfristigen Optimierung der Prozesse. Durch erste Schritte in kleinem Maßstab können spätere, im Umfang größere Projekte und Umsetzungsschritte vorbereitet und eingeleitet werden. Daher ist eine baldige Initiierung von Maßnahmen entscheidend, da ansonsten kritische zeitliche Vorsprünge kleiner werden, was die Positionierung der Unternehmen auf den Märkten negativ beeinflussen und somit den Erfolg schmälern kann.

» **Partnerschaften und Netzwerke:**
Kooperationen mit Forschungseinrichtungen, Technologieanbietern und anderen Unternehmen stärken die Innovationskraft und erleichtern den Zugang zu Ressourcen in den Bereichen nachhaltiger Technologien wie grünem Wasserstoff und erneuerbarer Energien. Daher ist die Zusammenarbeit über Partnerschaften und Netzwerke von grundlegender Bedeutung. Durch Austausch, Vernetzung und gemeinsame Projekte kann eine zukunftsgerichtete Basis geschaffen werden. Durch Senkung der individuellen Last und die gemeinsame Nutzung von Kompetenzen und Know-How kann die Forschung und Entwicklung aufrechterhalten werden. Die gemeinschaftliche Ausarbeitung neuer Ideen und Lösungsansätze für technologische Herausforderungen ist eine Chance, unentdeckte Wege zu effizienteren Prozessen zu erschließen.

» **Schulungen und Weiterbildung:**
Eine qualifizierte Belegschaft ist ein zentraler Erfolgsfaktor für eine interne Entwicklung und Umsetzung neuartiger Technologien in Unternehmen. Schulungsangebote gewährleisten den sicheren Einsatz dieser Technologien und können intern als Multiplikator genutzt werden. Sobald ein Teil des Personals Erfahrungen mit neuen Prozessen sammelt, können nicht nur deren Anwendung effizient umgesetzt werden. Auch die mögliche Abneigung von vor allem langjährigen und erfahrenen Mitarbeitenden gegenüber Veränderungen im Betrieb kann so entgegengewirkt werden, wenn zentrales Personal Fortbildungen besucht oder sich mit Anbieter:innen und Anwendern von neuartigen Geräten und Anlagen austauscht und Praxiserfahrung sammeln kann.

Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE). (2026a). Die Nationale Wasserstoffstrategie. Abgerufen unter: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Wasserstoff/Dossiers/wasserstoffstrategie.html

Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN). (2021). Thüringer Landesstrategie Wasserstoff. Abgerufen unter: https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Aktuelles/2021/0906_Thueringer_Wasserstoffstrategie_mit_Deckblatt.pdf

Hydrogen Power Storage & Solutions e.V. (HYPOS). (2024). Positionspapier Herausforderungen und Notwendigkeiten der Einführung von Grünem Wasserstoff in energieintensive industrielle Prozesse . Abgerufen unter: https://www.hypos-germany.de/wp-content/uploads/2024/12/HYPOS-Positionspapier-energieintensive-Prozesse.pdf

Hydrogen Power Storage & Solutions e.V. (HYPOS). (2026). Positionspapier Herausforderungen und Notwendigkeit einer dezentralen Wasserstofferzeugung in Deutschland. Abgerufen unter: https://www.hypos-germany.de/wp-content/uploads/2026/02/HYPOS-Positionspapier-dezentrale-H2-Versorgung.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE). (2026b). Befristeter Antragsstopp ab 7. Juli 2026, 12:00 Uhr. Abgerufen unter: https://www.zim.de/ZIM/Redaktion/DE/Meldungen/2026/3/2026-07-07-befristeter-antragsstopp.html

HySON
Förderverein Institut für Angewandte Wasserstoffforschung Sonneberg e. V.

wir! Wandel durch Innovation in der Region

Gefördert durch:
Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

h2well Innovations Management
hydrogen technology for better living

Kontakt

HySON-Förderverein Institut für Angewandte Wasserstoffforschung Sonneberg e. V.

Dammstraße 1
96515 Sonneberg

Tel.: +49 (0) 3675 42927-0

E-Mail: foerderverein@hyson.de

Daniel Nowotsch

– Projektmanager „Innovationsmanagement und Öffentlichkeitskommunikation des h_2-well Bündnisses“ Förderkennzeichen: 03WIR1833

Tel.: +49 (0) 3675 42927 -620

d.nowotsch@hyson.de