

Wasserstoff in Thüringen

Ausgangslage, Potentiale und Handlungsoptionen

Prof. Dr. Mark Jentsch

Stiftungsprofessur Energiesysteme

Stifter:

AVX/Kumatec Hydrogen GmbH & Co. KG

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft

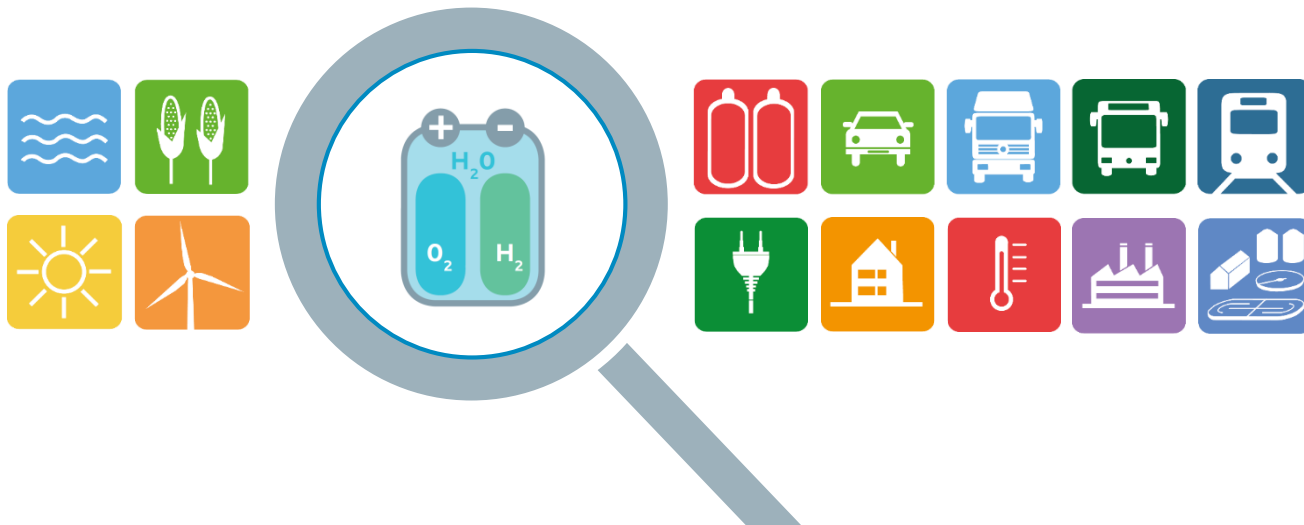
Bauhaus-Universität Weimar

Stiftung für Technologie, Innovation und Forschung Thüringen (STIFT)

Wasserstoff in Thüringen

Ausgangslage, Potentiale und Handlungsoptionen

Prof. Dr. Mark Jentsch
Stiftungsprofessur Energiesysteme



Wasserstoff in Thüringen

Ausgangslage, Potentiale und Handlungsoptionen

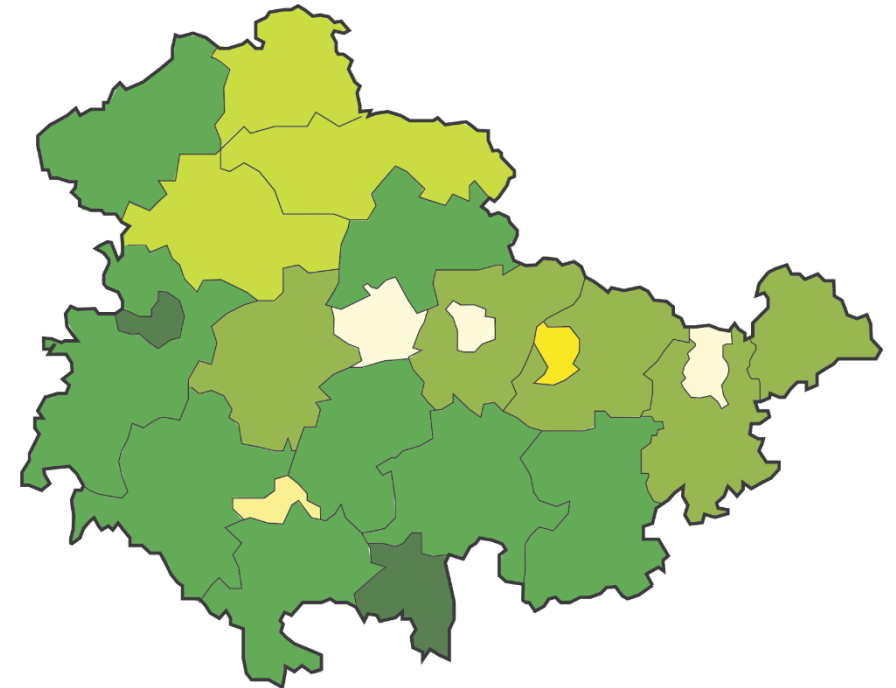
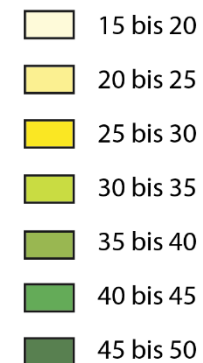


Ausgangslage

Wirtschaftsstruktur in Thüringen

- Hoher Anteil des **produzierenden Gewerbes** an der Bruttowertschöpfung

Bruttowertschöpfung
produzierendes
Gewerbe [%]



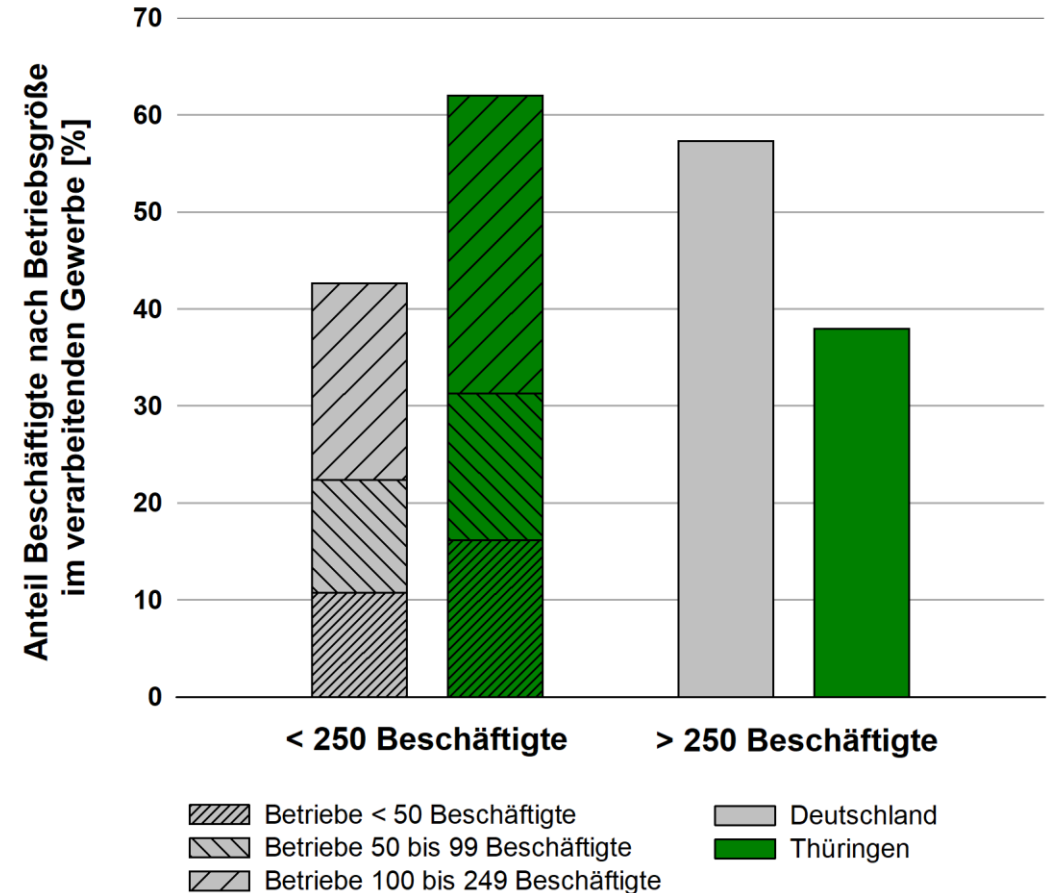
Datenquelle Abbildung: DESTATIS. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2019

Ausgangslage

Wirtschaftsstruktur in Thüringen

- Hoher Anteil des **produzierenden Gewerbes** an der Bruttowertschöpfung
- **KMU spielen eine deutlich größere Rolle** für die regionale Wirtschaft als im Bundesdurchschnitt
- Viele Unternehmen in Thüringen arbeiten als **Zulieferer für Großunternehmen**, als **Entwicklungsdienstleister** oder als **Produzenten von Nischen- und/oder Sonderprodukten**

Datenquelle Abbildung: DESTATIS. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2019

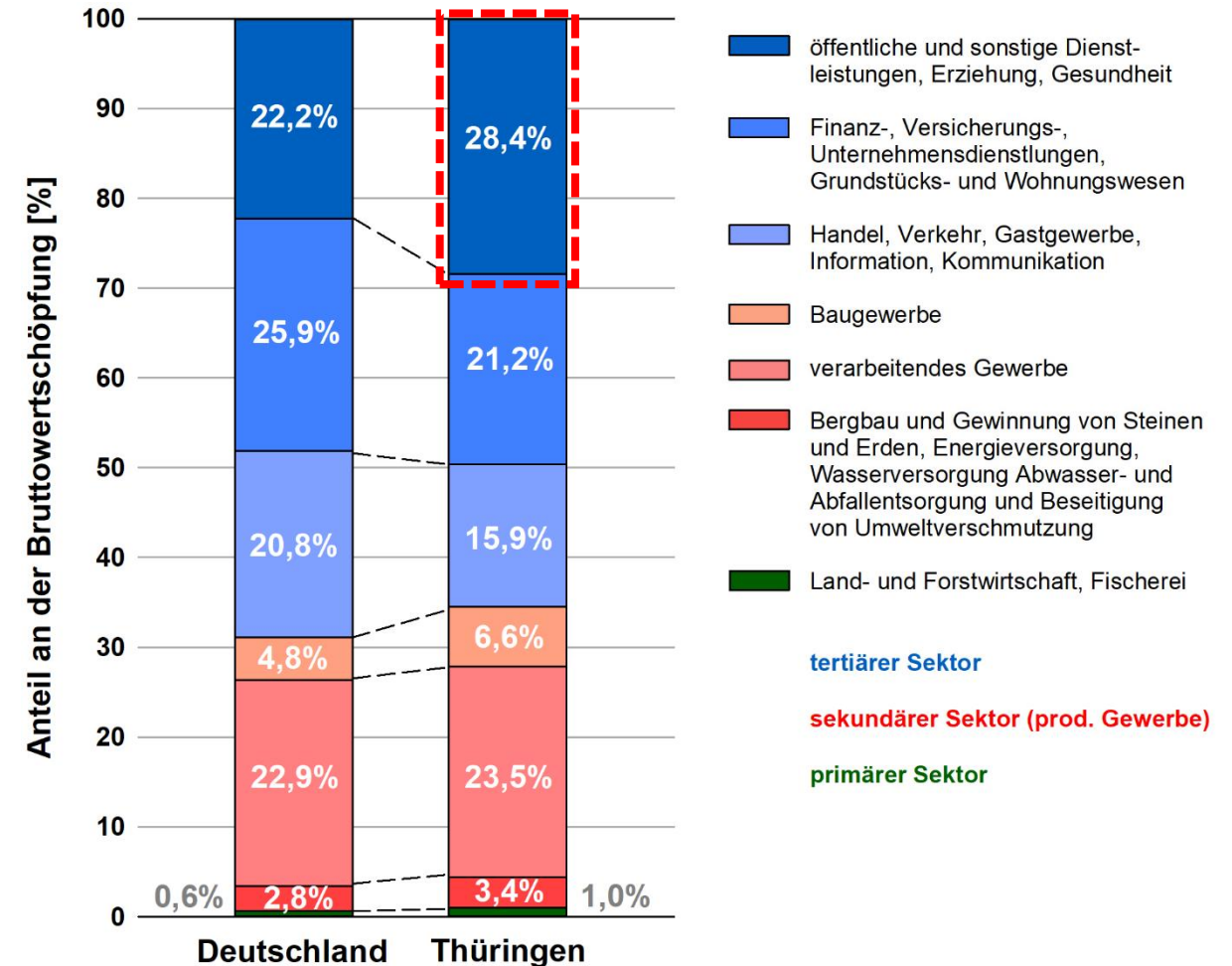


Ausgangslage

Wirtschaftsstruktur in Thüringen

- Hoher Anteil des **produzierenden Gewerbes** an der Bruttowertschöpfung
- **KMU spielen eine deutlich größere Rolle** für die regionale Wirtschaft als im Bundesdurchschnitt
- Viele Unternehmen in Thüringen arbeiten als **Zulieferer für Großunternehmen**, als **Entwicklungsdienstleister** oder als **Produzenten von Nischen- und/oder Sonderprodukten**
- Der tertiäre Sektor wird stark von **öffentlichen, gesellschaftlichen und sozialen Dienstleistungen** geprägt

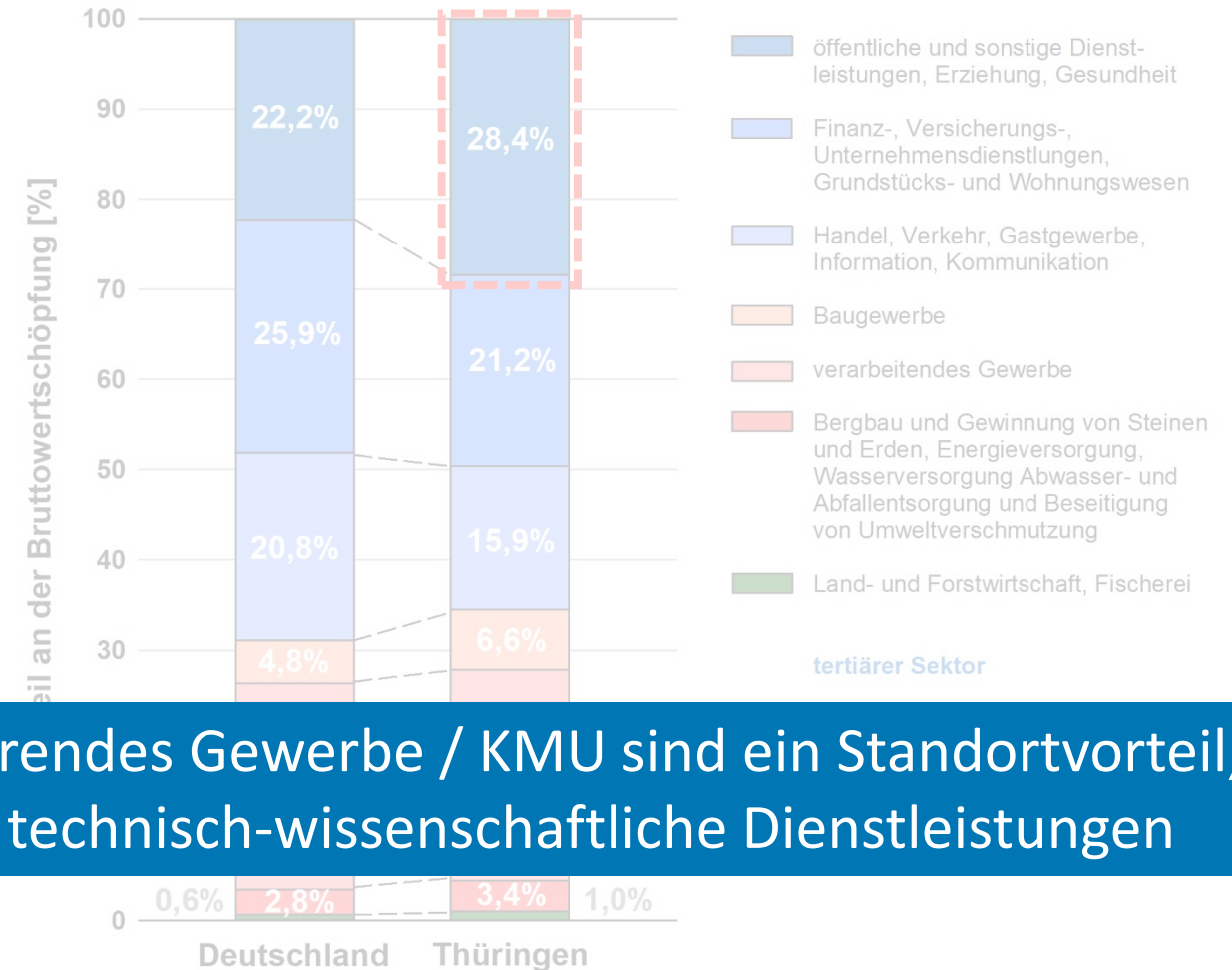
Datenquelle Abbildung: DESTATIS. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2019



Ausgangslage

Wirtschaftsstruktur in Thüringen

- Hoher Anteil des **produzierenden Gewerbes** an der Bruttowertschöpfung
- **KMU spielen eine deutlich größere Rolle** für die regionale Wirtschaft als im Bundesdurchschnitt
- Viele Unternehmen in Thüringen arbeiten als **Zulieferer für Großunternehmen**, als **Entwicklungsdienstleister** oder als **Produzenten von Nischen- und/oder Sonderprodukten**



Fazit für die Wasserstoffwirtschaft: Produzierendes Gewerbe / KMU sind ein Standortvorteil, Stärkung des tertiären Sektors möglich durch technisch-wissenschaftliche Dienstleistungen

Dienstleistungen geprägt

Datenquelle Abbildung: DESTATIS. Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2019

Ausgangslage

Forschungsinfrastruktur in Thüringen

- Forschungsinfrastruktur mit **einzelnen thematischen Schwerpunkten**
- besondere Relevanz für H₂-Technologien: Chemie / Photonik (Jena), Werkstoffe / Materialien (Hermsdorf, Jena), Elektrotechnik / Maschinenbau / Systemtechnik (Ilmenau), Sensorik (Ilmenau, Erfurt), Energietechnik (Nordhausen), Bauwesen / Infrastruktursysteme (Weimar)
- bisher **kein spezifischer Schwerpunktbereich oder Standort** zur Forschung im Bereich Wasserstofftechnologien

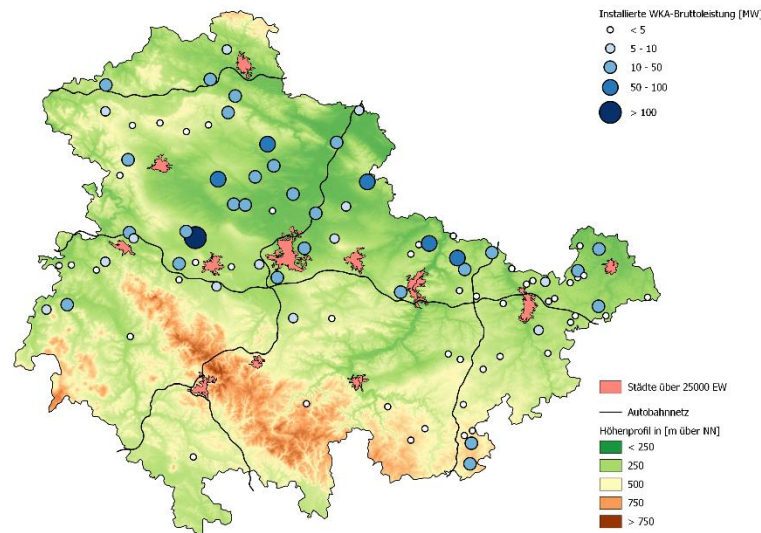
Fazit für die Wasserstoffwirtschaft: Voraussetzungen in der Grundlagenforschung / angewandten Forschung vorhanden, Synergien durch Vernetzung erzielbar

Ausgangslage

Bestehende technische Infrastrukturen

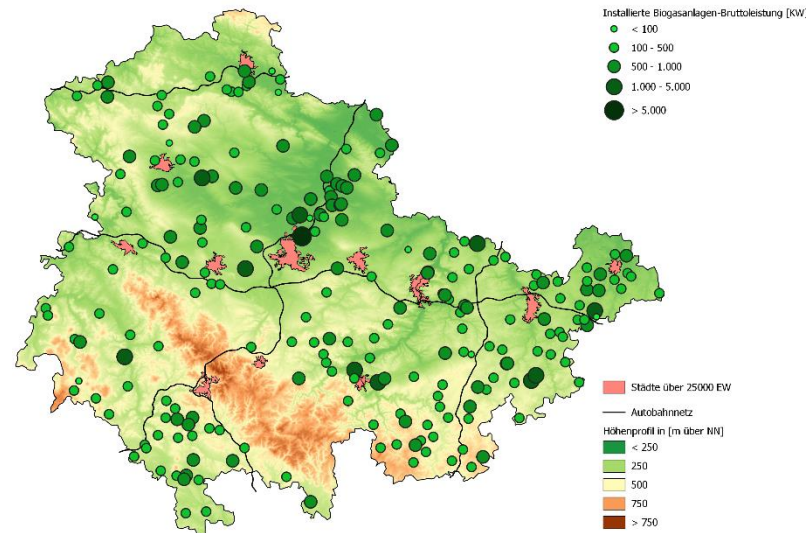
- **Elektrizitätswirtschaft:** nur geringe große thermische Kraftwerkskapazitäten, Stromtransit, große Pumpspeicherkapazitäten, **Erneuerbare-Energien-Anlagen in signifikanter Größenordnung** dezentral über Thüringen verteilt + nennenswerte Kapazitäten fallen demnächst aus der EEG-Vergütung heraus

Windkraftanlagen: 1,5 GW



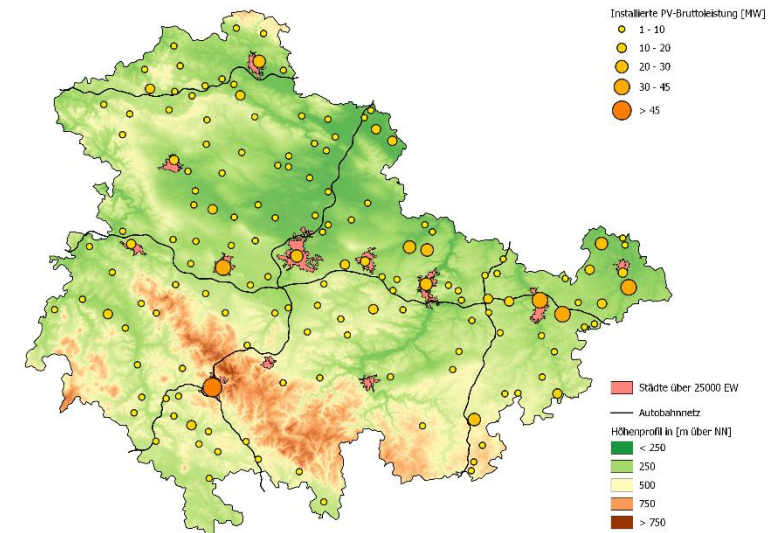
Datenquellen: Thüringer Landesverwaltungsamt, 2018

Landwirtsch. Biogasanlagen: 106 MW



Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum, 2015

Photovoltaikanlagen > 1MW: 1,3 GW



Bundesnetzagentur, Marktstammdatenregister, 2019

Ausgangslage

Bestehende technische Infrastrukturen

- **Elektrizitätswirtschaft:** nur geringe große thermische Kraftwerkskapazitäten, Stromtransit, große Pumpspeicherkapazitäten, **Erneuerbare-Energien-Anlagen in signifikanter Größenordnung** dezentral über Thüringen verteilt + nennenswerte Kapazitäten fallen demnächst aus der EEG-Vergütung heraus
- **Gaswirtschaft:** erschlossene Erdgas-Porenspeicher in Allmenhausen und Kirchheilingen, Potential für Kavernenspeicher in Nordthüringen, gut ausgebautes Erdgasnetz
- **Verkehrswesen:** sehr gut ausgebaute Ost-West und Nord-Süd-Verbindungen / Transitverkehr, wichtiger Logistikstandort, sehr hoher Auspendleranteil, weniger als ein Drittel des Schienennetzes elektrifiziert
- **Wärmebereitstellung:** derzeit im Wesentlichen über Erdgas
- **Abwasserwirtschaft:** 82 % der kommunal entsorgten Abwässer in den 52 kommunalen Kläranlagen mit Behandlungskapazitäten größer 10.000 Einwohnerwerten behandelt, 80 % Anschlussgrad

Ausgangslage

Bestehende technische Infrastrukturen

- **Elektrizitätswirtschaft:** nur geringe große thermische Kraftwerkskapazitäten, Stromtransit, große Pumpspeicherkapazitäten, **Erneuerbare-Energien-Anlagen in signifikanter Größenordnung** dezentral über Thüringen verteilt + nennenswerte Kapazitäten fallen demnächst aus der EEG-Vergütung heraus
- **Gaswirtschaft:** erschlossene Erdgas-Porenspeicher in Allmenhausen und Kirchheilingen, Potential für Kavernenspeicher in Nordthüringen, gut ausgebautes Erdgasnetz
- **Verkehrswesen:** sehr gut ausgebaute Ost-West und Nord-Süd-Verbindungen / Transitverkehr, wichtiger Logistikstandort, sehr hoher Auspendleranteil, weniger als ein Drittel des Schienennetzes elektrifiziert
- **Wärmebereitstellung:** derzeit im Wesentlichen über Erdgas

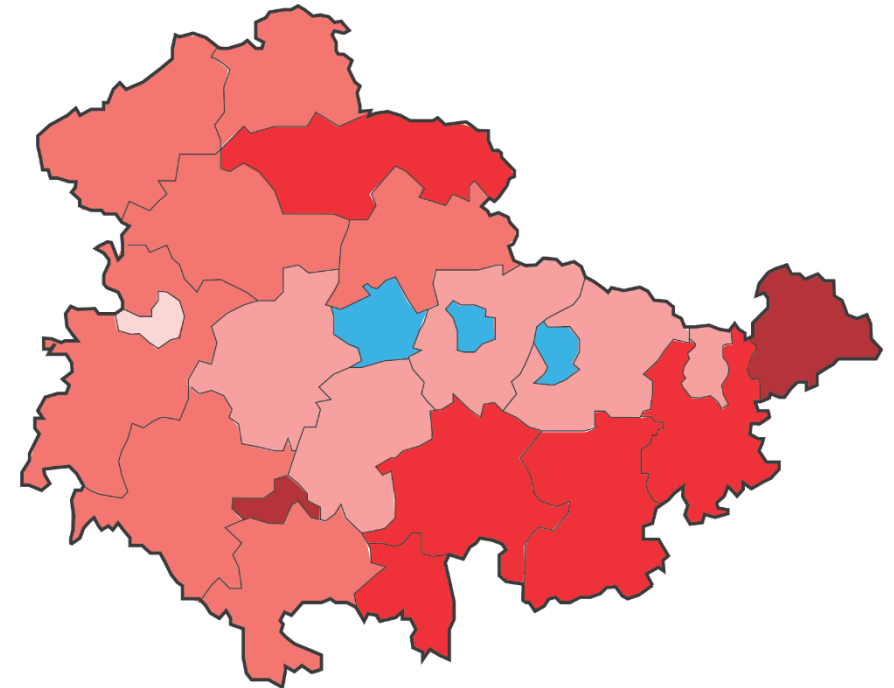
Fazit für die Wasserstoffwirtschaft: Potential für den Aufbau dezentraler Strukturen für die Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff, Potentiale für CO₂-Synthese an Biogasanlagen, Potentiale für die Ozonherstellung für die Reinigung von Mikroschadstoffen

Ausgangslage

Wirtschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen

- **Zulieferfunktion** vieler Unternehmen, externe **Abhängigkeiten von Großunternehmen**, **Innovationsdruck** zur Entwicklung eigener Produktlinien
- **Digitalisierung**, neue Werkstoffe und Fertigungstechnologien, Transformation der **Mobilität**
- **Mangel an Fachkräften**, demografische Verlust von Fachkräften, weiter **schrumpfende Bevölkerung**
- Anteil erneuerbarer Energien am **Primärenergieverbrauch 2016: 24,5 %** => Ziel ab 2040 bilanziell 100 % erneuerbar aus Thüringen

Bevölkerungs-
entwicklung
2012 bis 2030 [%]



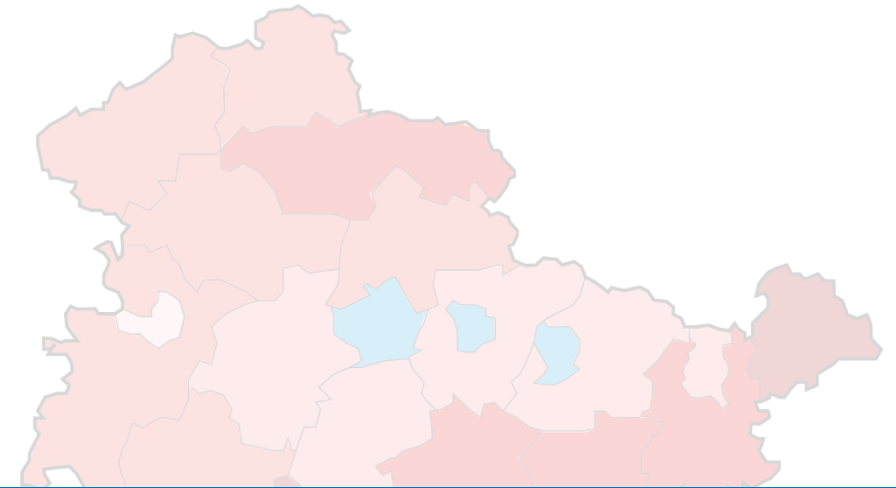
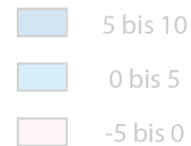
Datenquelle Abbildung: Bertelsmann Stiftung, Statistische Daten
Bevölkerungsstruktur 2030, 2019

Ausgangslage

Wirtschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen

- **Zulieferfunktion** vieler Unternehmen, externe **Abhängigkeiten von Großunternehmen**, **Innovationsdruck** zur Entwicklung eigener Produktlinien
- **Digitalisierung**, neue Werkstoffe und Fertigungstechnologien, Transformation der **Mobilität**

Bevölkerungs-
entwicklung
2012 bis 2030 [%]

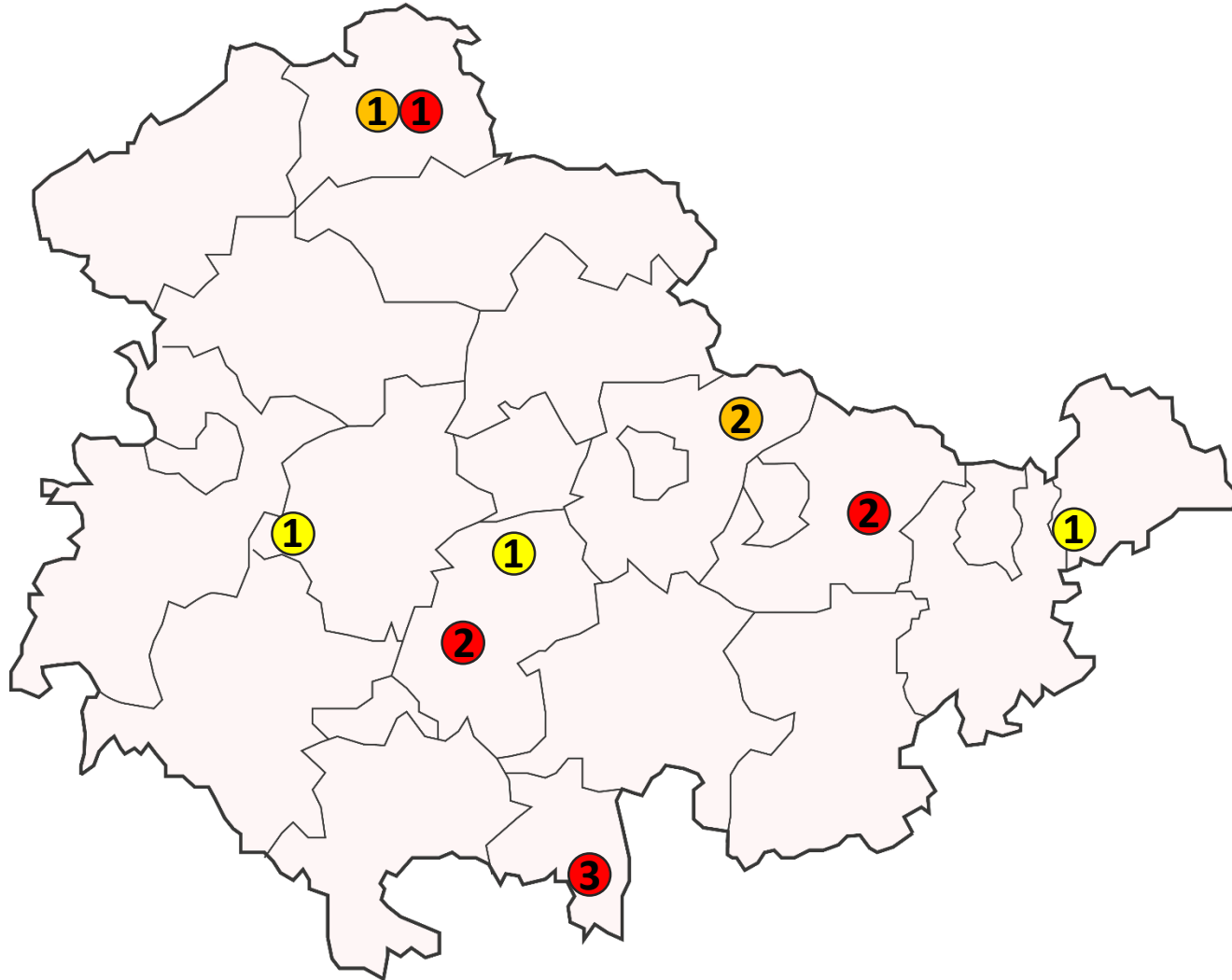


Fazit für die Wasserstoffwirtschaft: Chancen für neue Geschäftsmodelle, Aktivitäten können auf vorhandenen Kompetenzen aufbauen / bei der Reduktion von externen Abhängigkeiten helfen / zur Steigerung der Attraktivität des lokalen Arbeitsmarktes beitragen, Begleitung des demografischen Wandels mit neuen wasserstoffbasierten Infrastrukturkonzepten

Primärenergieverbrauch 2016: 24,5 % => Ziel ab
2040 bilanziell 100 % erneuerbar aus Thüringen

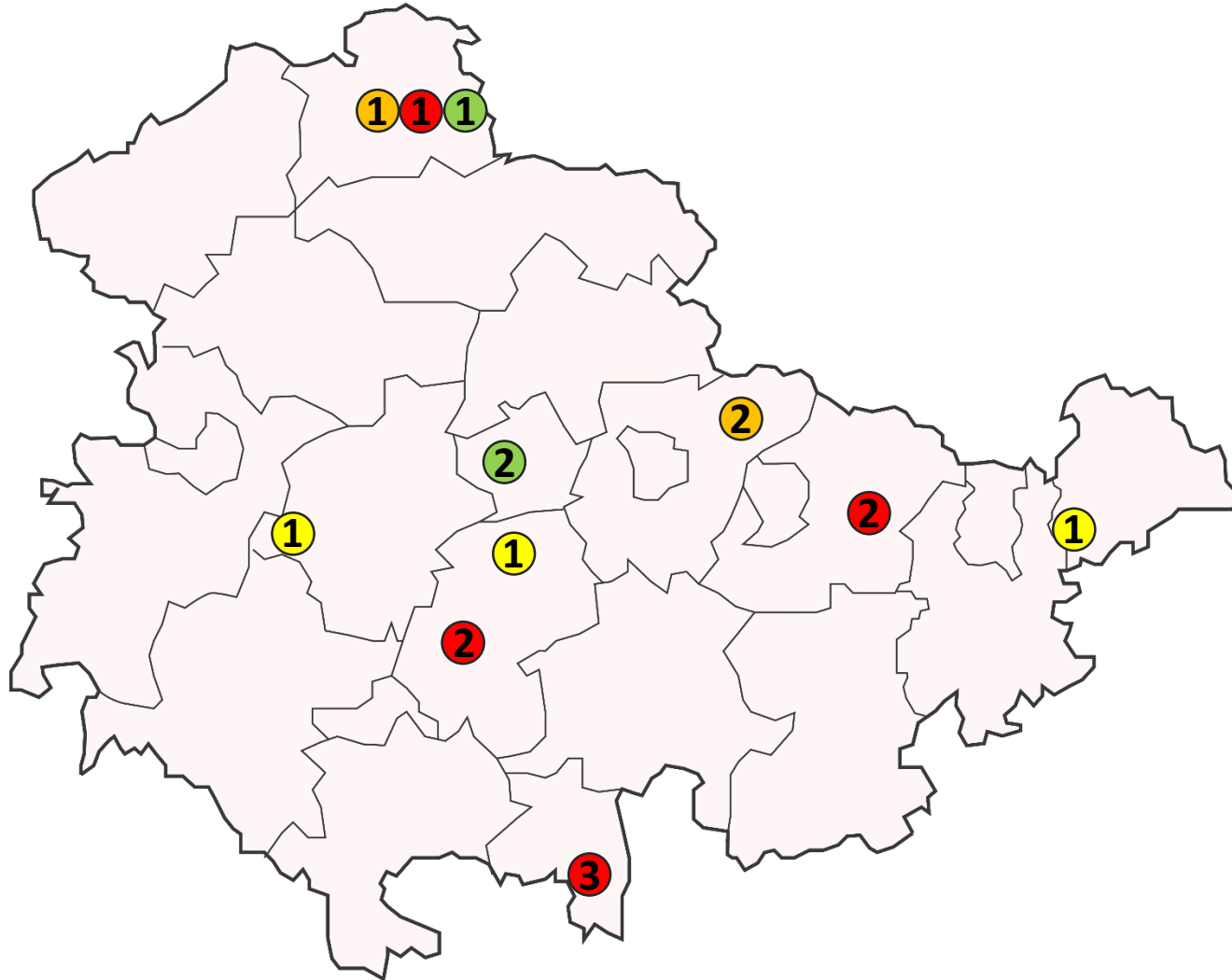
Datenquelle Abbildung: Bertelsmann Stiftung, Statistische Daten
Bevölkerungsstruktur 2030, 2019

Bestandsaufnahme der Aktivitäten – Hersteller



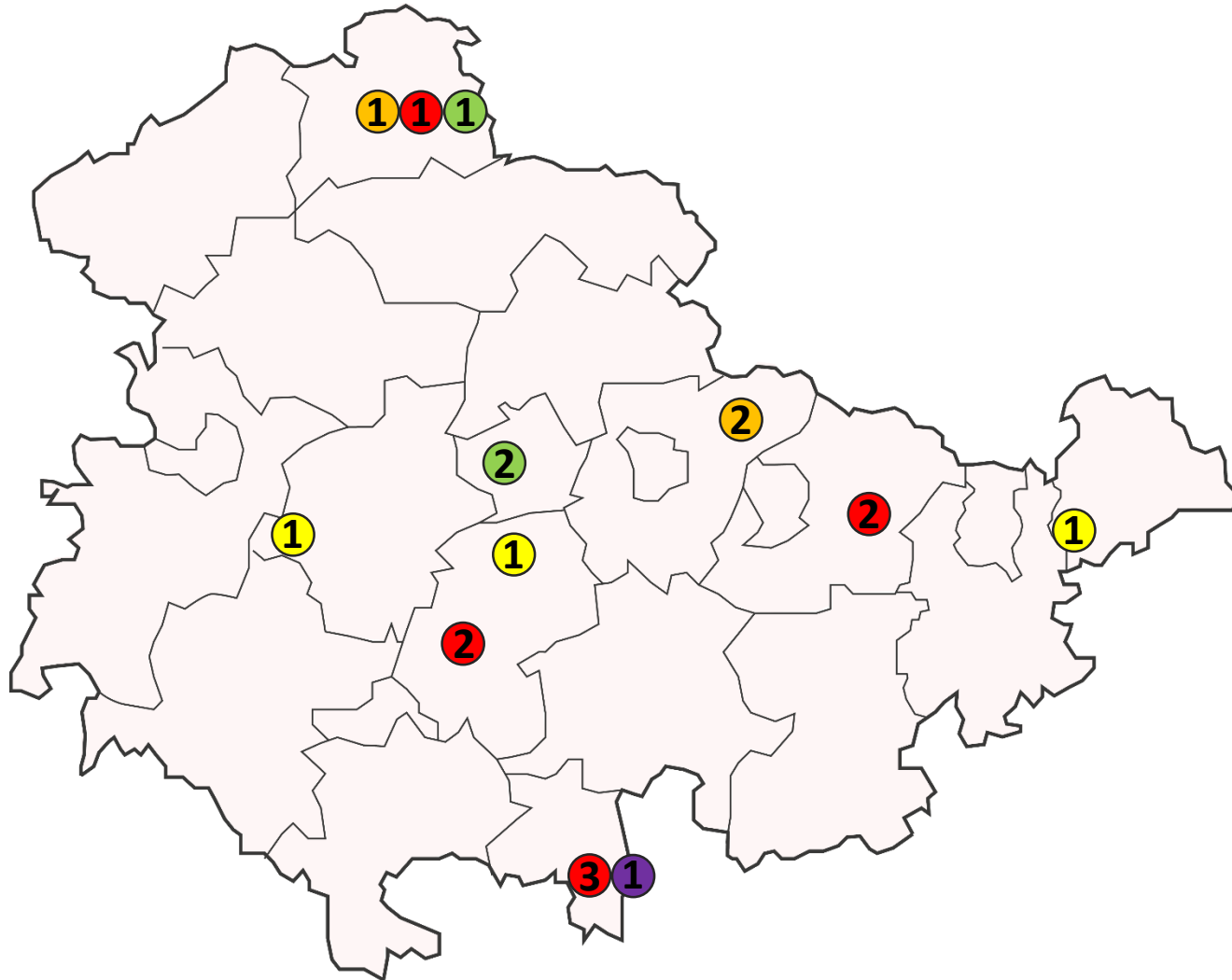
- Komponenten und Technologien für Wasserstoffanwendungen:
Nordhausen, Sonneberg, Ilmenau, Hermsdorf
- Produkte für Wasserstoffapplikationen:
Apolda, Nordhausen
- Elektrische Fahrzeuge / Fahrzeugantriebe:
Löbichau, Arnstadt, (Waltershausen)

Bestandsaufnahme der Aktivitäten – Dienstleister



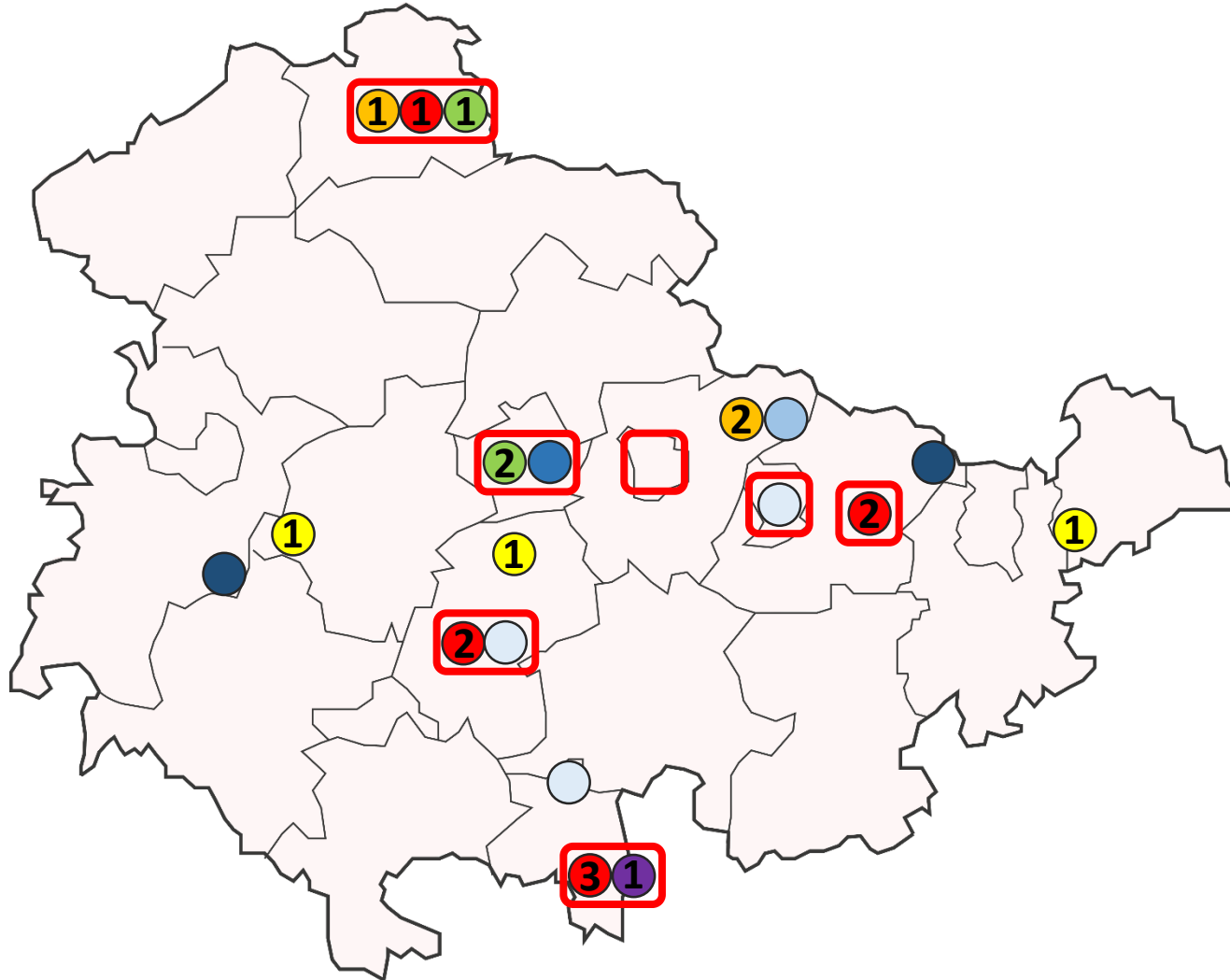
- Komponenten und Technologien für Wasserstoffanwendungen:
Nordhausen, Sonneberg, Ilmenau, Hermsdorf
- Produkte für Wasserstoffapplikationen:
Apolda, Nordhausen
- Elektrische Fahrzeuge / Fahrzeugantriebe:
Löbichau, Arnstadt, (Waltershausen)
- Dienstleister für Wasserstoffanwendungen:
Erfurt, Nordhausen

Bestandsaufnahme der Aktivitäten – Erzeugerstrukturen



- Komponenten und Technologien für Wasserstoffanwendungen:
Nordhausen, Sonneberg, Ilmenau, Hermsdorf
- Produkte für Wasserstoffapplikationen:
Apolda, Nordhausen
- Elektrische Fahrzeuge / Fahrzeugantriebe:
Löbichau, Arnstadt, (Waltershausen)
- Dienstleister für Wasserstoffanwendungen:
Erfurt, Nordhausen
- Wasserstoffherzeugeranlagen:
(Sonneberg-Heubisch)

Bestandsaufnahme der Aktivitäten – F & E Projekte



- **Ilmenau:** Sensorik zur Wasserstoffdetektion, Stromquellen für Elektrolysesysteme, Steuerungs- und Regelungskonzepte für Elektrolysesysteme, photokatalytische Wasserstoffherstellung
- **Hermsdorf:** Materialentwicklung für die Wasserstoffsensorik, katalytisch aktive Materialien für Wasserelektrolyseanwendungen, keramische Membranen / Membranreaktoren für Wasserstoffanwendungen, Mikro-Brennstoffzellensysteme
- **Jena:** photokatalytische Wasserstoffherstellung, katalytisch aktive Sensorschichten zur Wasserstoffdetektion, Systemuntersuchungen zu Wasserstoff-Untergrundspeichern
- **Sonneberg:** Wasserelektrolysesysteme, Systemintegration Elektrolysesauerstoff auf Kläranlagen
- **Nordhausen:** Wasserstoffspeicherung, Wasserstoffmotoren, Systemuntersuchungen
- **Erfurt:** Sensorik zur Prozessüberwachung in Wasserstoffsystemen
- **Weimar:** Systemuntersuchungen zu Wasserstoffinfrastrukturen

Bestandsaufnahme der Aktivitäten – ÖA + Vernetzung



- Demonstrationsanlage Sonneberg (2018), H₂BZ-Triebwagen Testfahrt im Schwarzatal (2019)
- Parlamentarischer Abend (2017), 1. Thüringer Wasserstoffkonferenz (2019)
- Förderverein Institut für Angewandte Wasserstoffforschung Sonneberg e.V. – HySON (2018)

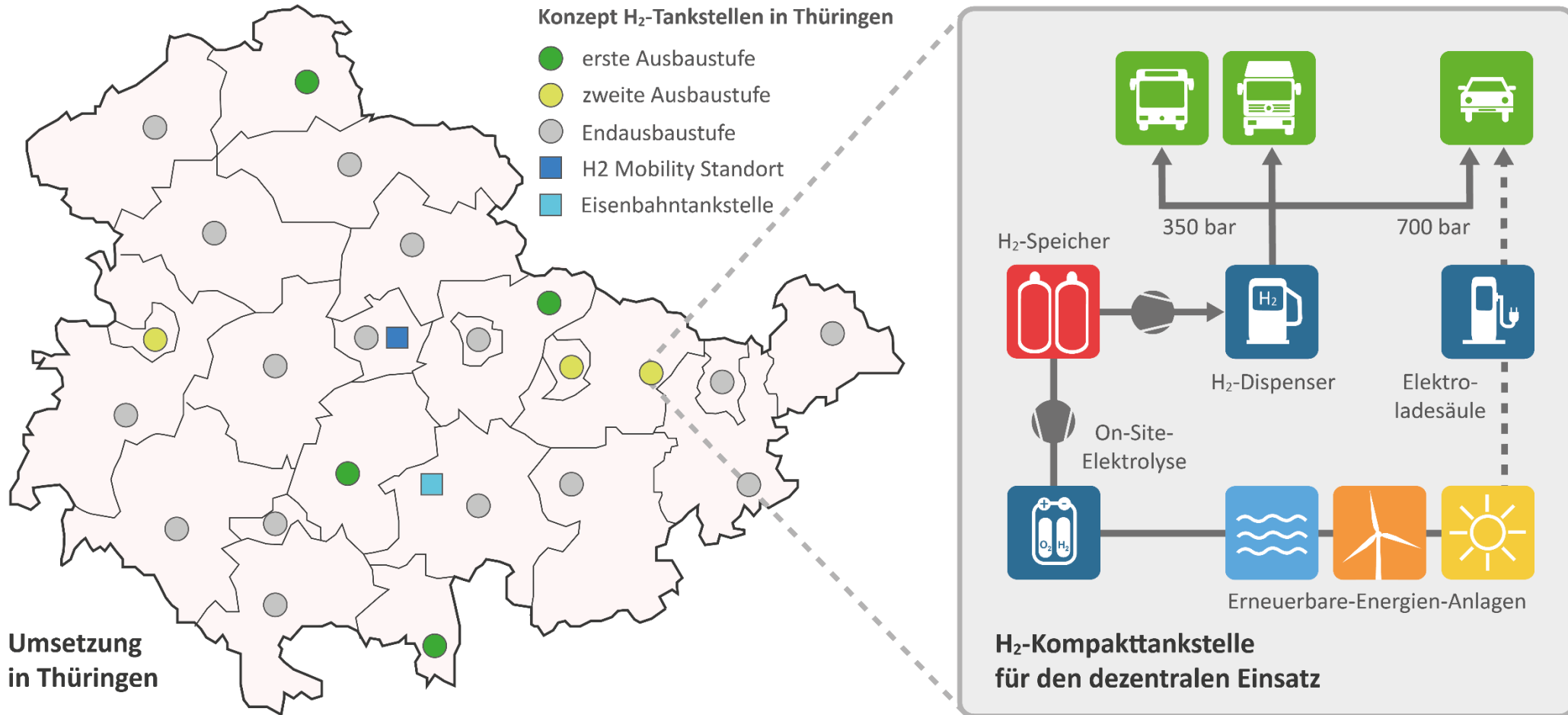
Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

Wasserstofferzeugung, -weiterverarbeitung und -speicherung

- **Dezentrale, kleine Wasserelektrolyseanlagen** im 2 bis 3-stelligen kW Bereich an Erneuerbaren-Energien-Anlagen für lokalen H₂-Bedarf in der Mobilität (Zeithorizont: 0 bis 4 Jahre)
- **Methanisierung an Biogasanlagen** mit Vermarktung von aufbereitetem Biogas (Zeithorizont: 4 bis 7 Jahre)
- Aufbau **mittelgroßer Power-to-Gas-Anlagen** von um 1 MW an vorhandenen großen Windparks mit installierten Leistungen > 10 MW für die Einspeisung ins Erdgasnetz / große Infrastrukturanwendungen wie Eisenbahnen (Zeithorizont: 2 bis 5 Jahre)
- Methanisierung an Industrieanlagen (Zeithorizont: 5 bis 10 Jahre)
- Regionale Wertschöpfungsketten (Zeithorizont: 0 bis 7 Jahre)
- Überregionale Wasserstoffbereitstellung (Zeithorizont: 10 bis 20 Jahre)
- Entwicklung von Untergrundspeichern (Zeithorizont: 5 bis 15 Jahre)

Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

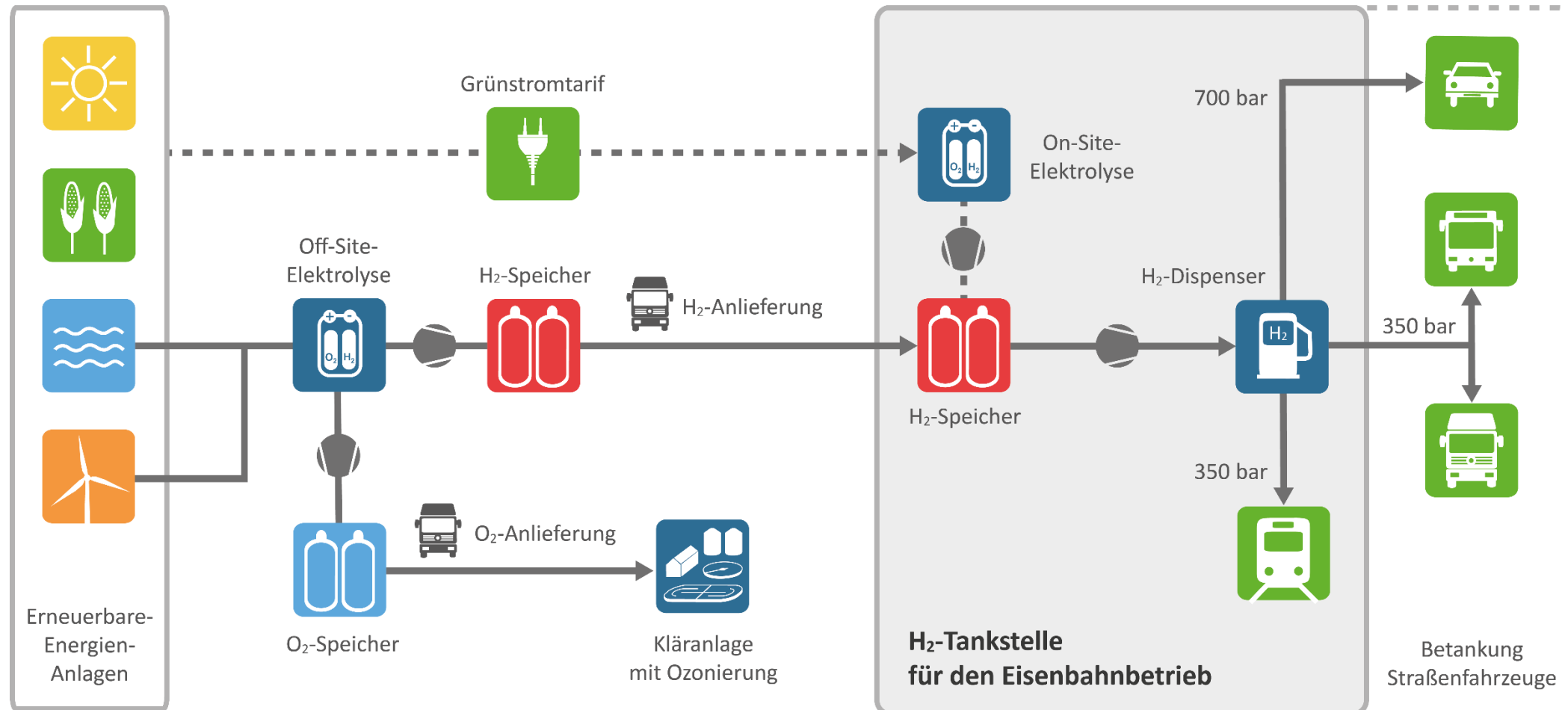
Wasserstoffverteilung über H₂-Kompakttankstellen



Zukünftiges Potential: Netzintegration mit Grünstromtarif bei geeigneten Marktbedingungen

Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

Wasserstoffverteilung – Versorgung von Schienenfahrzeugen



Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

Wasserstoffverteilung

- H₂-Kompakttankstellen (Zeithorizont: 0 bis 4 Jahre)
- Netzintegration von H₂-Kompakttankstellen (Zeithorizont: 3 bis 6 Jahre)
- Wasserstoffversorgung von Schienenfahrzeugen (Zeithorizont: 2 bis 5 Jahre)
- Nutzung des Erdgasnetzes (Zeithorizont: 2 bis 7 Jahre)
- Leitungsgebundene Wasserstoffinfrastrukturen (Zeithorizont: 15 bis 25 Jahre)

Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

Wasserstoffanwendungen

- Kommunale Fahrzeuge: **Busse und Müllfahrzeuge** (Zeithorizont: 0 bis 5 Jahre)
- **Logistikfahrzeuge** (Zeithorizont: 1 bis 5 Jahre)
- Brennstoffzellen-PKW (Zeithorizont: 0 bis 6 Jahre)
- **Schienengebundene Fahrzeuge** (Zeithorizont: 2 bis 5 Jahre)
- Wasserstoff-BHKW mit Wasserelektrolyseanlagen an **BHKW-Altstandorten** (Zeithorizont: 7 bis 15 Jahre)
- **Home Fuel Cell Systeme** in Kombination mit Photovoltaikanlagen, Batteriespeichern und kompakten, kleinen Elektrolyseuren (Zeithorizont: 0 bis 4 Jahre)
- **Substitution von grauem Industriewasserstoff** (Zeithorizont: 3 bis 7 Jahre)
- **Industrielle Prozesswärmebereitstellung** zur Erdgassubstitution (Zeithorizont: 5 bis 10 Jahre)
- Elektrolysesauerstoffanwendungen in der **erweiterten Abwasserreinigung** (Zeithorizont: 2 bis 7 Jahre)

Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

Forschung, Entwicklung und Produktion von Komponenten und Systemen

- **Wasserstoffinfrastrukturkomponenten:** Wasserelektrolyseanlagen, Wasserstoffverdichtung und Wasserstofftankstellen (Zeithorizont: 0 bis 3 Jahre)
- **Automatisierung und Messtechnik:** Sektorenintegration, Wasserstoffsensorik (Zeithorizont: 0 bis 5 Jahre)
- **Speicherbehälter:** mobile Wasserstoffspeicherbehältersysteme, dezentrale Speicher für kleine Mengen (Zeithorizont: 2 bis 5 Jahre)
- Brennstoffzellen und Wasserstoffmotoren: Grundlagen vorhanden (Zeithorizont: 3 bis 8 Jahre)
- Fahrzeugbau: Grundlagen vorhanden (Zeithorizont: 3 bis 8 Jahre)
- Photokatalytische Wasserstoffherstellung (Zeithorizont: schwer abschätzbar)

Potentiale für Wasserstoffsysteme und -infrastrukturen

Dienstleistungsangebote in der Wasserstoffwirtschaft

- **Infrastrukturprojektierung, -planung und -umsetzung** für dezentrale Systeme (Zeithorizont: 0 bis 5 Jahre)
- **Prüfung, Zertifizierung und Sicherheitsmanagement** für dezentrale Systeme (Zeithorizont: 0 bis 5 Jahre)
- **Wartung und Unterhaltung von Anlagen und Fahrzeugen** (Zeithorizont: 0 bis 4 Jahre)
- **Betreiber- und Finanzierungsmodelle:** Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen für den Anlagenbetrieb, den Vertrieb und die Abrechnung. (Zeithorizont: 0 bis 7 Jahre)
- **Aus- und Weiterbildung:** berufliche Aus- und Weiterbildung sowie auch in der Forschung und Lehre an Hochschulen (Zeithorizont: 2 bis 7 Jahre)

Handlungsoptionen für die strategische Entwicklung (1)

Schaffung von geeigneten Rahmenbedingungen

- eine **aktive Förderungs- und Ansiedlungspolitik**, um Wasserstofftechnologieunternehmen in Thüringen zu etablieren und damit den Industriestandort für die Zukunft aufzustellen,
- die **Einbeziehung von Wasserstoffinfrastrukturkonzepten** in die Planungen zur Erreichung der Thüringer Klimaschutzziele in der Elektrizitätswirtschaft, der Gaswirtschaft und der Mobilität,
- die **Schaffung eines Thüringer Innovationszentrums für H₂-Technologien** mit Inkubator für Startups,
- die **Förderung der Vernetzung der Thüringer Forschungseinrichtungen und Unternehmen** zu Forschungsthemen im Bereich der Wasserstofftechnologien,
- das **Forcieren von technologieoffenen Ausschreibungsbedingungen** für die Umsetzung einer klimaneutralen Mobilität im ÖPNV und in öffentlichen Fuhrparks,
- ein **Hinwirken auf Bundesebene zur Änderung der derzeitigen Strommarktbedingungen**, um für Power-to-Gas-Infrastrukturen/ Wasserstoffspeicher mit Rückverstromung eine EEG-Umlagebefreiung zu erreichen,
- die **Berücksichtigung von Wasserstofftechnologien in der Thüringer Forschungsförderung**, z.B. im Rahmen der RIS 3 Thüringen Innovationsstrategie.

Handlungsoptionen für die strategische Entwicklung (2)

Umsetzung von initialen Wasserstoffprojekten

- der gestufte **Aufbau eines Wasserstofftankstellennetzes** mit dezentraler Wasserstofferzeugung für Anwendungen in ÖPNV, Logistik, Abfallentsorgung, Schienenpersonenverkehr,
- die **Umsetzung eines Wasserstoff-Brennstoffzellen-Triebwagen Pilotprojektes im Schwarzatal** zwischen Rottenbach und Katzhütte inklusive der dazugehörigen Betankungsinfrastruktur und einer klimaneutralen Versorgung mit Wasserstoff über eine Power-to-Gas-Anlage an einem Thüringer Windpark,
- der **Aufbau einer Logistikkette zur Versorgung der H₂-Eisenbahntankstelle** in Rottenbach mit Wasserstoff über in Thüringen entwickelte Wasserstoff-Trailer und Wasserstoff-Brennstoffzellen-LKW,
- die **Optimierung der Gasausbeute einer Demonstrator-Biogasanlage über die biologische Synthese von Methan** aus CO₂ aus der Biogasanlage und Wasserstoff aus Windkraftstrom inklusive Erdgasnetzeinspeisung,
- die **Realisierung eines real energieautarken Gebäudequartiers im Inselbetrieb** unter Anwendung von: Erneuerbaren-Energien-Anlagen, Batteriespeicher, Elektrolyseur sowie Home Fuel Cell Systemen,
- Etablierung **von Pilotprojekten für Wasserstoffnutzung als Substitut für Erdgas**,
- die **Erprobung der 4. Reinigungsstufe auf einer Thüringer Kläranlage** zur Reinigung von Mikroschadstoffen.

Handlungsoptionen für die strategische Entwicklung (3)

Unterstützung der strategischen Entwicklung

- eine **Angebots- und Standortplanung zur Unterstützung des Markthochlaufs** im Bereich der H₂-Betankungsinfrastrukturen und der Implementierung von Power-to-Gas-Anlagen,
- die **Schaffung eines Investitionsprogramms zur Förderung von Wasserstofftechnologien**, z.B. für Beratungsleistungen sowie für Investitionen in Erzeuger-Infrastrukturen / Betankungseinrichtungen / Fahrzeuge / Brennstoffzellensysteme / H₂-BHKW / H₂-Speicher,
- eine **Vorbildwirkung durch die Beschaffung von Fahrzeugen** mit Wasserstoffantrieb,
- die **Umsetzung von Maßnahmen der Begleitforschung** zu Wasserstoffinfrastrukturprojekten, um die Erfahrungen zu bündeln und wissenschaftlich auszuwerten,
- die **Einbindung in Konzepte für die Entwicklung des ländlichen Raums und des Tourismus** um, wo möglich, Synergien zu nutzen.



Prof. Dr. Mark Jentsch
Bauhaus-Universität Weimar
mark.jentsch@uni-weimar.de