



METROPOLREGION
MITTELDEUTSCHLAND



H Y P O S

MACHBARKEITSSTUDIE

WASSERSTOFFNETZ MITTELDEUTSCHLAND 2.0

Vorgelegt von DBI und INFRACON

Ort: Leipzig

Redaktionsschluss: 31.05.2024



DBI
Gruppe



infracon

NEUE WEGE FÜR
INNOVATION UND WERTSCHÖPFUNG

Wasserstoff ist Wirtschaftskraft

Verbundkoordinator:

Metropolregion Mitteldeutschland
Management GmbH
Schillerstraße 5
04109 Leipzig

Unterstützer:

HYPOS Hydrogen Power Storage &
Solutions Germany e.V.
Schillerstraße 5
04109 Leipzig

Kooperationspartner

Netzbetreiber



Bedarfsträger / Erzeuger





Unterstützer



Impressum

Auftragnehmer

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111
04229 Leipzig

Projektbeteiligte

INFRACON Infrastruktur Service GmbH & Co. KG
Maximilianallee 4
04219 Leipzig

Ersteller*innen

Florian Lehnert ¹ (Projektleiter)

Dr. Ruven Fleming ¹

Josephine Glandien ¹

Jens Hüttenrauch ¹

Anna Köllmer ²

Dr. Ulf Kreienbrock ²

Michael Kühn ¹

Robert Manig ¹

Florian Temmler-Schwarz ²

Sylvana Zöllner ¹

¹ DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig

² INFRACON Infrastruktur Service GmbH & Co. KG, Leipzig

1 Einleitung/ Motivation

Mit der Energiewende hat sich Deutschland das Ziel gesetzt, die **Energieversorgung auf erneuerbare Energien (EE) umzustellen**. Die bestehenden Beschlüsse der Bundesregierung zum Ausbau der Stromerzeugung aus EE und zur Unterstützung des **Strukturwandels in den vom Kohleausstieg betroffenen Regionen** werden auch in Zukunft fortgeführt. Ein weiterer Baustein der Energiewende ist die „Nationale **Wasserstoffstrategie**“ sowie deren Fortschreibung [1]. Sie setzt den Rahmen für die **zukünftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und die Wiederverwendung von Wasserstoff**. Wasserstofftechnologien werden darin als Kernelemente der Energiewende und der damit einhergehenden Defossilisierung definiert: Wasserstoff ist ein hervorragender chemischer Energieträger und kann in Kombination mit erneuerbaren Energien die gesamte Energiewirtschaft klimaneutral transformieren. Er ist außerdem speicherbar und transportierbar. Grüner Wasserstoff wird somit nicht nur für industrielle Anwendungen und als Energieträger im Energiesektor enorm wichtig, sondern bildet auch die Grundlage für klimaneutrale Brenn- und Kraftstoffe in den Sektoren Wärme und Verkehr.

Zur Erreichung der Klimaziele und der Energiewende durch Defossilisierung leistet grüner Wasserstoff somit als Schlüsselenergieträger für vielfältige Anwendungsbereiche einen wichtigen Beitrag. Die Verfügbarkeit von **klimaneutralem Wasserstoff** wird schon bald wesentliche Grundlage für zukunftsfähige Wirtschaftsräume sein. Auch für die Strukturentwicklung in der Region Mitteldeutschland und der Lausitz wird Wasserstoff eine entscheidende Schlüsselrolle spielen.

Aufbauend auf den Inhalten und dem Erfolg der Wasserstoffnetzstudie 1.0 führte das weiter gestiegene Interesse von Unternehmen und Stakeholdern in der Region Mitteldeutschland zu einer zweiten Auflage der Studie. Unter dem Motto "**Everything is Infrastructure Now**" haben sich 54 Partner und Unterstützer zur Gemeinschaftsstudie "Wasserstoffnetz Mitteldeutschland 2.0" zusammengeschlossen. Im Gegensatz zur Studie 1.0 deckt das neue Untersuchungsgebiet weite Teile der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen ab und umfasst mehr als 30 Landkreise in Mitteldeutschland und reicht bis an die Grenzen zu Polen und Tschechien. Im Zuge dieser Erweiterung muss auch die Entwicklung und Leistungsfähigkeit des Wasserstoffnetzes der Studie 1.0 überdacht und aktualisiert werden. Dazu nimmt das zu erstellende ganzheitliche Infrastrukturkonzept auf die aktuellen positiven politischen Entwicklungen mit dem Wasserstoff-Kernnetz ab 2032 Bezug und ist durch die beteiligten Netzbetreiber voll anschlussfähig.

Die Machbarkeitsstudie 2.0 umfasst folgende Arbeitsschwerpunkte:

- ▶ Arbeitspaket 1: potenzielle Wasserstoffnachfrage (-bedarfe) bis 2040
- ▶ Arbeitspaket 2: potenzielle Wasserstoffquellen/ Wasserstofferzeugungs-
potenziale bis 2040
- ▶ Arbeitspaket 3: Trassierung des mitteldeutschen Wasserstoffnetzes 2.0 inkl.
Ausbaustufen
- ▶ Arbeitspaket 4: Recht und Politik (Ordnungsrahmen)

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie fand ein **intensiver und konstruktiver multi- und bilateraler Austausch** mit dem Projektbegleitkreis, den beteiligten **Netzbetreibern – auf Verteil- und Fernleitungsebene – sowie Industrieunternehmen** statt; auch in Form von zwei „Netzbetreiber-Workshops“ mit den beteiligten Netzbetreibern. Dieser Austausch führte im Ergebnis des Projektes zu der Dimensionierung eines umfassenden und **stark vernetzten mitteldeutschen Wasserstoffnetzes**, welches – bei einer entsprechenden Realisierung – **Versorgungssicherheit** für die gesamte Region Mitteldeutschland bieten kann.

2 Wasserstoffbedarf

Die Studie untersucht die **Verfügbarkeit** und den **Bedarf an Wasserstoff** in verschiedenen Regionen Mitteldeutschlands, um eine effektive Wasserstoffinfrastruktur zu planen und zu realisieren. Ein zweistufiger Ansatz wurde verwendet, der sowohl konkrete Bedarfsanforderungen als auch Flächenbedarfsanalysen kombiniert.

In Summe wurden im Projekt **79 relevante Standorte** identifiziert, an denen bereits heute oder perspektivisch (2030 und 2040) ein Wasserstoffbedarf besteht. Die Anwendungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Industrie und Energiewirtschaft, die jeweils mehr als ein Drittel der für 2040 erhobenen Bedarfe abbilden. Die befragten Akteure halten eine leitungsgebundene Wasserstoffversorgung für notwendig, um eine sichere und wirtschaftliche Versorgung zu gewährleisten. Aktuelle Herausforderungen bei der Einführung von Wasserstofftechnologien sind die fehlende Infrastruktur, hohe Wasserstoffkosten und rechtliche/ regulatorische Rahmenbedingungen.

Zusätzlich zu den befragten Akteuren wurden **Flächenbedarfsanalysen auf Landkreisebene** durchgeführt, um auch Anwender abzubilden, die nicht an der Studie beteiligt waren. Diese Analysen basieren auf der Fortschreibung der verbrauchssektorscharfen Gasnachfrage in den einzelnen Landkreisen des Betrachtungsgebiets, wobei **verschiedene Entwicklungs- und Umstellszenarien** (u.a. BMWK T45 H₂, BMWK T45 Strom und BDI – Zielpfad 2.0) berücksichtigt wurden. Es wurden **Gesamtbedarfe von bis zu 39 TWh im Jahr 2030 und bis zu 88 TWh im Jahr 2040** im Untersuchungsgebiet in Mitteldeutschland ermittelt, die regional unterschiedlich verteilt sind.

Damit geht der Umfang der Wasserstoffnachfrage bereits anteilig in Mitteldeutschland über die Erfassung in der „**Nationalen Wasserstoffstrategie**“ hinaus, was zeigt, dass die Anwender ein viel breiteres Potenzial zur Nutzung von Wasserstoff sehen.

Diese Studie bietet einen umfassenden **Überblick** über die **dynamische Entwicklung** des Wasserstoffbedarfs in Mitteldeutschland und die **Notwendigkeit einer effektiven Infrastrukturplanung**. Sie unterstreicht die Bedeutung von **Wasserstoff als zukünftige Energiequelle**.

3 Wasserstoffherzeugung

Die Studie zeigt die umfangreichen Potenziale zur **Erzeugung von grünem Wasserstoff** in dem Untersuchungsgebiet in Mitteldeutschland auf. Sie zielt darauf ab, die lokale Produktion zu stärken und den Wasserstoffbedarf durch **lokale und regionale (Elektrolyse-) Projekte** zu decken. Ein zweistufiger Ansatz, der konkrete Planungen und Flächenpotenzialanalysen kombiniert, wurde angewendet.

Durch den Einsatz von **Geoinformationssystemen (GIS)** wurden fundierte Modelle erstellt, die das Ausbaupotenzial für erneuerbare Technologien zur Stromerzeugung aus Windenergie und Freiflächen-Photovoltaik darstellen. Es wurden drei Szenarien angewandt: konservativ, moderat und ambitioniert. Im moderaten Szenario kann der Ausbau der **Windenergie** im Vergleich zum Status Quo um den Faktor 6 auf rund **34 GW bis 2040** und für weitere **Freiflächen-Photovoltaikstandorte** um den Faktor 8 auf rund **23 GW bis 2040** erhöht werden. Hieraus resultiert eine Gesamtleistung zur Erzeugung von „grünem“ Strom von rund 57 GW für das Betrachtungsgebiet. Die Versorgung konkreter Planungsprojekte für die Errichtung von Elektrolyseuren der Studienpartner kann mit diesem erneuerbaren Strom sichergestellt werden. Darüber hinaus konnte zusätzliches Elektrolysepotenzial für die Region ausgewiesen werden. Dafür wurden Anteile des EE-Ausbaupotenzials für den Betrieb von Elektrolyseuren angenommen.

Tabelle 1: Ergebnisse des Elektrolysepotenzials (EL) in GW in den definierten Szenarien für 2030 und 2040

	EL in GW im Jahr 2030 (gesamt)	EL in GW im Jahr 2040 (gesamt)
konservativ	2,9	7,1
moderat	3,2	8,5
ambitioniert	3,7	11,0

Im Jahr 2030 wird eine **Elektrolyseleistung** von 2,9 GW bis 3,7 GW erwartet. Diese Prognose basiert sowohl auf den geplanten Projekten der Partner als auch auf dem zusätzlichen Elektrolysepotenzial des Untersuchungsgebiets. Die Wasserstoffwirtschaft zeigt eine dynamische Entwicklung, da das Potenzial für das Jahr 2040 auf **7,1 GW bis 11,0 GW** ansteigt. Mit dieser Elektrolyseleistung kann der ermittelte Wasserstoffbedarf im Jahr 2040 zu **rund einem Drittel** durch die **inländische Wasserstoffproduktion im Untersuchungsgebiet** gedeckt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die geplante Wasserstoffherzeugung und deren Potenziale bereits große Teile der Ziele der „**Nationalen Wasserstoffstrategie**“ umfassen. Damit kann die Region Mitteldeutschland zu einem wichtigen Cluster der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland werden. Die Studie unterstreicht die **dynamischen Entwicklungen in der Erzeugung von klimafreundlichem Wasserstoff** und die Notwendigkeit, **regional erzeugten Wasserstoff** in die geplante Wasserstoffinfrastruktur einzuspeisen. Dies ist ein motivierender Schritt in Richtung einer **nachhaltigen Zukunft**.

4 Trassierung

Die Trassierung der Studie 2.0 hatte zum Ziel, ein zukunftsfähiges mitteldeutsches Wasserstoffnetz zu konzipieren, das an die bestehenden überregionalen und regionalen Wasserstoffinfrastrukturprojekte anknüpft. Erzeugungs- und Verbrauchsstandorte der Studienteilnehmer wurden in das Netz integriert. Bei der Trassenfindung wurden die allgemein anerkannten und gültigen netzplanerischen Grundsätze berücksichtigt.

Das finale Wasserstoffnetz Mitteldeutschland besteht aus **42 Leitungsabschnitten**, hat eine **Gesamtlänge von rund 1.100 km** und einem **Umstellungsanteil von 51 % (565 km)**. Die trassierten Neubauleitungen wurden nach „mit“ und „ohne“ Leitungsbündelung unterschieden. Leitungsbündelung bedeutet die Parallelverlegung in bestehenden Trassenkorridoren der vorhandenen Infrastruktur. Das größte Umstellpotenzial wurde in **Thüringen mit rund 290 km** identifiziert. In **Sachsen und Sachsen-Anhalt wurden jeweils rund 275 km Umstellungen** gemeldet. Rund 30 % entfallen auf Wasserstoffprojekte (Umstellung und Neubau) der beteiligten Netzbetreiber. Auf Grund des Wasserstoffkernnetzes und der Erweiterung des Teilnehmerkreises der Studie 2.0 entfallen zudem unter den neuen Randbedingungen Leitungsabschnitte des Netzes der Studie 1.0.

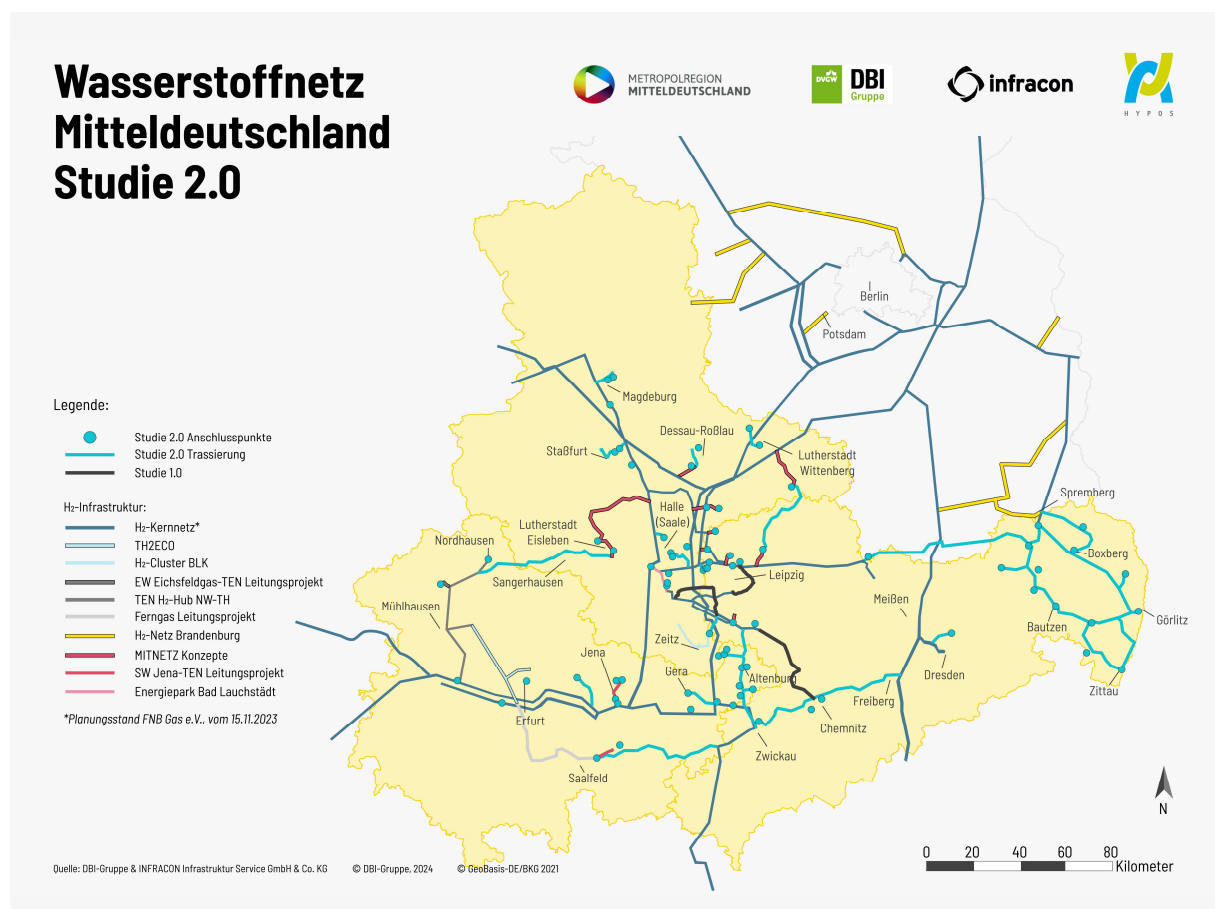


Abbildung 1: Trassierung des mitteldeutschen Wasserstoffnetzes der Studie 2.0

Für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 wurde ein Vorschlag für eine stufenweise Umsetzung des mitteldeutschen Wasserstoffnetzes erarbeitet (Ausbaustufen).

Mit Hilfe einer Simulations-Software wurde das mitteldeutsche Wasserstoffnetz dimensioniert und netzhydraulisch bewertet. Das Wasserstoffkernnetz wurde entsprechend den veröffentlichten Daten von FNB Gas e.V. (Stand: 15.11.2023)³ in dem Programm hinterlegt und in die netzhydraulische Bewertung einbezogen. Es wurden verschiedene Erzeugungs- und Verbrauchsszenarien simuliert. **Wesentliche Erkenntnis ist, dass eine Versorgung aller Abnehmer, über die in Abbildung 2 dargestellten Leitungen sichergestellt werden kann.**

Die kumulativen Grundvoraussetzungen hierfür sind:

- ▶ 1. Ein Wasserstoffkernnetz ist unerlässlich und muss realisiert werden.
- ▶ 2. Ausreichende Wasserstoffmengen zur Deckung von Versorgungslücken (Importquote Wasserstoffnetz Mitteldeutschland 2.0 von 66 %) sind im Wasserstoffkernnetz vorhanden. In Zeiten eines Minimalbedarfs zeigt sich zudem, dass der im mitteldeutschen Raum produzierte Wasserstoff nicht vollständig verbraucht wird. Das Netz kann in diesem Fall als Transitnetz agieren, um Wasserstoff in angrenzende Regionen weiterzuleiten.

Ein weiteres Ergebnis der Netzberechnung sind die Leitungsdimensionen neu zu errichtender Leitungsabschnitte sowie die Überprüfung der Dimension der Umstellungsleitungen. Im Ergebnis weisen alle integrierten Umstellungsleitungen eine ausreichende Dimension auf.

Für den Aufbau des 1.099 km langen mitteldeutschen Wasserstoffnetzes⁴ wurden Grobkosten von rund 1 Mrd. € ermittelt (Schätzung). Wie hoch der wirtschaftliche Einfluss von Umstellpotenzialen sowie der Trassenbündelung ist, zeigt die Gegenüberstellung der Kostenschätzung des kompletten Neubaus des Netzes mit rund 1,7 Mrd. €. Durch die Identifikation von nutzbaren Leitungskorridoren sowie Umstellungen können somit **41 % bzw. rund 720 Mio. € eingespart** werden.

5 Recht und Politik

Wasserstoffleitungen als Wegbereiter der Energiewende

Die Umstellung von Erdgas- auf Wasserstoffleitungen und der Neubau solcher Infrastrukturen sind entscheidende Schritte für eine nachhaltige Energiewirtschaft. Die Genehmigungsverfahren sind komplex und variieren je nach Projektumfang: Kleinere Leitungen durchlaufen einfachere Verfahren, während größere Projekte umfassendere Genehmigungsverfahren erfordern. Bis Ende 2025 wird die **Errichtung von Wasserstoffleitungen**

³ <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>

⁴ inkl. der Wasserstoffinfrastrukturprojekte einzelner Netzbetreiber als Teil der Studie, exkl. Leitungen der Studie 1.0

als überragendes öffentliches Interesse eingestuft, um die Entwicklung der Wasserstoffinfrastruktur zu beschleunigen. Dies ist wesentlich für die Energiewende und eine zukunftsfähige Energieversorgung.

Es gibt drei **Hauptgenehmigungswege** für neue Wasserstoffleitungen: das **Planfeststellungsverfahren**, das **Plangenehmigungsverfahren** und die Beantragung von **Einzelgenehmigungen**. Das Planfeststellungsverfahren für große Projekte umfasst eine Öffentlichkeitsbeteiligung und einen Umweltverträglichkeitsbericht. Das Plangenehmigungsverfahren ist schneller, da es keine Öffentlichkeitsbeteiligung und keinen Bericht erfordert. Kleinere Projekte können Einzelgenehmigungen nutzen.

Die **Umstellung von Erdgasleitungen** auf Wasserstoff wird durch **vereinfachte Verfahren erleichtert**, wobei bestehende Genehmigungen weiterhin gelten. Ein Anzeigeverfahren bei der Energieaufsichtsbehörde ist erforderlich, und die Behörde kann innerhalb von acht Wochen Einspruch erheben. Bei baulichen oder technischen Änderungen entscheidet die Behörde über die Notwendigkeit eines formellen Genehmigungsverfahrens. Diese Verfahren reflektieren das politische Ziel, den Übergang zu einer umweltfreundlichen Energieversorgung **effizient** und **effektiv** zu gestalten und unterstreichen.

Deutschlands Pionierrolle und die EU-Strategie für eine Wasserstoff-Zukunft

Deutschland hat **proaktiv** einen rechtlichen Rahmen für Wasserstoffnetze geschaffen, der die Entwicklung nationaler Märkte unterstützt und EU-Regelungen vorwegnimmt. Änderungen des **Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG)** zielen darauf ab, reine Wasserstoffnetze zu regulieren, mit einer "Opt-in"-Option, die Betreibern eine freiwillige Entscheidung ermöglicht, die bindend ist.

Die Paragraphen §§ 28j-28r EnWG spiegeln die Regulierung von Erdgasnetzen wider und umfassen die Entflechtung der Betreiber, den Zugang Dritter und die Regulierung der Netzentgelte. Betreiber müssen alle zwei Jahre über den Fortschritt des **Wasserstoffnetzausbaus** berichten. Für Betreiber, die das "Opt-in" nicht nutzen, gelten Mindestregulierungsstandards.

Auf EU-Ebene wurde **2024** ein umfassendes **Wasserstoff- und Gasmarkt-Paket** verabschiedet, das den Übergang zu einem Binnenmarkt für Wasserstoff und kohlenstoffarme Gase fördern soll. Es enthält Vorschriften zur Entflechtung, Tarifregulierung und Netzzugang sowie klare Definitionen für Wasserstoffarten. Übergangsregelungen bis 2032 bieten **Investitionssicherheit** durch temporäre Ausnahmen.

Für die **Produktion von "grünem" Wasserstoff ist erneuerbarer Strom** entscheidend. Die EU hat mit **RED II & III** klare Kriterien für die Strombeschaffung für Elektrolyseure festgelegt und **Anreize für erneuerbare Energien** geschaffen. Diese Entwicklungen zeigen das Engagement Deutschlands und der EU, die **Wasserstofftechnologie als Schlüsselkomponente** für eine nachhaltige Energiewirtschaft zu etablieren und die **Defossilisierungsziele** zu erreichen.

6 Handlungsempfehlungen

- ▶ **Implementierung des Wasserstoffkernnetzes:** Ein vorgelagertes Wasserstoffkernnetz ist für die Versorgung im Untersuchungsgebiet unerlässlich und muss realisiert werden.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Ausreichende Wasserstoffmengen im Wasserstoffkernnetz sind über Importe sicherzustellen (Importquote Wasserstoffnetz Mitteldeutschland 2.0 von 66 %).
- ▶ **Ausbau der regionalen Wasserstoffproduktion und -speicher:** Parallel zum Kernnetz ist der Ausbau lokaler Produktionsanlagen und Speicherkapazitäten im Untersuchungsgebiet voranzutreiben.
- ▶ **Wirtschaftliches Einsparpotenzial nutzen:** Die Studie 2.0 hebt das Einsparpotenzial durch Umstellungen und Trassenbündelungen hervor. Es wird empfohlen, diese Potenziale weiter zu identifizieren und zu nutzen.
- ▶ **Förderung des Wasserstoffhochlaufs durch Kooperationen:** Enge Zusammenarbeit zwischen Infrastrukturbetreibern, Produzenten und Abnehmern ist entscheidend, um den Hochlauf von Wasserstoff zu beschleunigen. Hierfür bedarf es klarer politischer/ rechtlicher Rahmenbedingungen für Investitionen.
- ▶ **Langfristige Formen der Zusammenarbeit etablieren:** Die Studienpartner erkennen die konkreten Mehrwerte an, die durch die enge Vernetzung und den Informationsaustausch in der Region entstanden sind. Sie streben an, diese Kooperationen auch in zukünftigen Projekten fortzusetzen und zu intensivieren.