

[EWI-Gutachten]

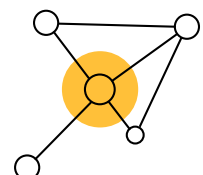
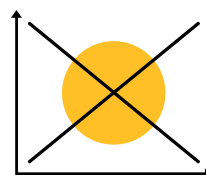
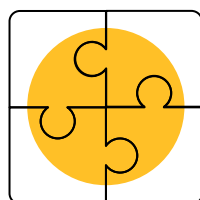
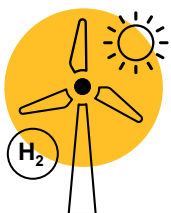
Potenzielle Wasserstoffbedarfe in Hessen und Rheinland-Pfalz

Berechnung branchenspezifischer und regionalisierter potenzieller Wasserstoffbedarfe

Im Auftrag von:

LDEW Landesverband der Energie- und
Wasserwirtschaft Hessen/Rheinland-Pfalz e.V.

November 2024



**Energiewirtschaftliches Institut
an der Universität zu Köln gGmbH (EWI)**

Alte Wagenfabrik
Vogelsanger Straße 321a
50827 Köln

Tel.: +49 (0)221 650 853-60

<https://www.ewi.uni-koeln.de>

Verfasst von

Tobias Sprenger (Projektleitung)

Philipp Theile

Merit Dressler

Erik Schrader

Bitte zitieren als

EWI (2024). Potenzielle Wasserstoffbedarfe in Hessen und Rheinland-Pfalz -
Berechnung branchenspezifischer und regionalisierter potenzieller
Wasserstoffbedarfe.

Das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln (EWI) ist eine gemeinnützige GmbH, die sich der anwendungsnahen Forschung in der Energieökonomik und Energie-Wirtschaftsinformatik widmet und Beratungsprojekte für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft durchführt. Annette Becker und Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge bilden die Institutsleitung und führen ein Team von etwa 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Das EWI ist eine Forschungseinrichtung der Kölner Universitätsstiftung. Neben den Einnahmen aus Forschungsprojekten, Analysen und Gutachten für öffentliche und private Auftraggeber wird der wissenschaftliche Betrieb finanziert durch eine institutionelle Förderung des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE). Die Haftung für Folgeschäden, insbesondere für entgangenen Gewinn oder den Ersatz von Schäden Dritter, ist ausgeschlossen.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	4
1 Einleitung	5
2 Regionale und branchenspezifische Wirtschaftsstruktur in Rheinland-Pfalz und Hessen ...	6
2.1 Rheinland-Pfalz.....	6
2.2 Hessen	8
2.3 Regionale Verteilung.....	10
3 Wasserstoffbedarfspotenziale	14
3.1 Erdgasverwendung der Wirtschaftszweige	15
3.2 Potenzielle Verwendung von Strom und Wasserstoff	16
3.3 Unteres und oberes Wasserstoffbedarfspotenzial	18
4 Räumliche Verteilung und Wasserstoff-Kernnetz	19
4.1 Regionale Verteilung der Wasserstoffbedarfspotenziale	20
4.2 Branchenspezifische Distanzen zum Wasserstoff-Kernnetz	23
5 Fazit und Einordnung	25
6 Literaturverzeichnis	26
Abbildungsverzeichnis	27
Anhang.....	28
A.1. Wirtschaft Rheinland-Pfalz.....	28
A.2. Wirtschaft in Hessen	31
A.3. Regionale Wasserstoffbedarfspotenziale in Kombination mit dem Distanzindikator	36

Executive Summary

Industrieunternehmen in Deutschland müssen für das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 emissionsarme Alternativen für zahlreiche Produktionsprozesse finden. Diese Investitionsentscheidungen in Dekarbonisierungstechnologien müssen vor dem Hintergrund marktlicher Unsicherheiten getroffen werden, da insbesondere die Mengen und Preise emissionsarmer Energieträger, wie Wasserstoff, schwer abzuschätzen sind. Jedoch stellt Wasserstoff für einige dieser Produktionsprozesse eine wichtige Dekarbonisierungsoption dar.

Mit dem Wasserstoff-Kernnetz wurde eine erste Transportinfrastruktur festgesetzt, um einen Teil des Henne-Ei-Problems im Wasserstoffmarkthochlauf zu lösen. Damit sollen Planungen auf der Angebots- und Nachfrageseite erleichtert werden. Industrielle Ballungszentren wurden bei der Planung des Wasserstoff-Kernnetzes mitbedacht; ländlichere Regionen, wie sie auch in Rheinland-Pfalz und Hessen zu finden sind, liegen jedoch oft nicht in unmittelbarer Versorgungsdistanz des Wasserstoff-Kernnetzes. Das Ziel dieses Gutachtens ist es, Branchen in Rheinland-Pfalz und Hessen zu identifizieren, die wesentliche Wirtschaftszweige für die beiden Bundesländer darstellen, Wasserstoffbedarfspotenziale aufweisen und in nicht ausreichender Nähe des Wasserstoff-Kernnetzes liegen. Die aufbereiteten Informationen können der weiteren Planung der Wasserstoffversorgung dienen.

Im ersten Schritt werden die wirtschaftliche Struktur sowie der regionale Erdgasbedarf des verarbeitenden Gewerbes in Rheinland-Pfalz und Hessen analysiert, um wesentliche Wirtschaftszweige in den beiden Bundesländern zu identifizieren. Diese Auswahl wird im zweiten Schritt basierend auf der Notwendigkeit von Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption für die Produktionsprozesse der einzelnen Branchen weiter eingegrenzt. Dafür werden Wasserstoffbedarfspotenziale für die einzelnen Branchen entlang zweier Szenarien ermittelt. Als letztes Auswahlkriterium wird im dritten Schritt die Nähe der jeweiligen Landkreise zum Wasserstoff-Kernnetz herangezogen. Dazu wird basierend auf Beschäftigtenzahlen der branchenspezifische Erdgasbedarf regionalisiert und entsprechend der Szenarien ein regionales branchenspezifisches Wasserstoffbedarfspotenzial abgeleitet. Dieser wird mit dem derzeitigen Planungsstand des Wasserstoff-Kernnetzes verglichen, um so potenzielle Regionen mit einem erhöhten aggregierten wie auch branchenspezifischen Wasserstoffbedarfspotenzial außerhalb der Reichweite des Wasserstoff-Kernnetzes zu identifizieren.

Im Ergebnis zeigt die Analyse, dass in den betrachteten Bundesländern neben der Chemieindustrie auch die Wirtschaftszweige Papier und Pappe, Glas, Keramik und Zement, Metallherzeugung, Metallherzeugnisse, Elektrik, Maschinenbau und Kraftwagen wesentlich zur Wirtschaftsleistung beitragen. In diesen Branchen wird zum Teil Hochtemperatur-Prozesswärme verwendet, bei der sich Wasserstoff in Zukunft als CO₂-freier Energieträger anbieten könnte. Das damit einhergehende Wasserstoffbedarfspotenzial entsteht auch beispielsweise in Regionen, die nicht über das Wasserstoff-Kernnetz versorgt werden. In beiden Szenarien befinden sich mehr als 40 % des herangezogenen potenziellen Wasserstoffbedarfs der betrachteten Branchen in Landkreisen, durch die keine Pipeline des Wasserstoffkernnetzes verläuft. Im Szenario „Strom“ liegt etwa 1/3 des aggregierten Wasserstoffbedarfs in Landkreisen, die weder vom Kernnetz durchquert werden

noch an dieses angrenzen. Die Betriebe der Branchen in den Regionen haben dadurch potenziell einen erschwerten Zugang zum Energieträger Wasserstoff und eingeschränkte Dekarbonisierungsoptionen.

1 Einleitung

Industrieunternehmen in Deutschland müssen zur Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2045 klimafreundliche Alternativen für zahlreiche Produktionsprozesse finden. Für einige dieser Produktionsprozesse stellt Wasserstoff eine mögliche Dekarbonisierungsoption dar. Um den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft innerhalb Deutschlands zu unterstützen, plant die Bundesregierung gemäß des gemeinsamen Antrags der FNB Gas e.V. (Stand: 22.07.2024) als Grundgerüst für die zukünftige Wasserstofftransportinfrastruktur ein Wasserstoff-Kernnetz (FNB Gas, 2024). Bis 2032¹ soll das Wasserstoff-Kernnetz mit einer Ein- und Ausspeisekapazität von rund 100 GW bzw. 87 GW fertiggestellt sein. Das Ziel ist, sich ankündigende Erzeugungs- und Verbraucherzentren sowie Importpunkte zu verbinden. Welche der gemeldeten Wasserstoffprojekte und potenziellen Wasserstoffbedarfe der Fernleitungsnetzbetreiber die Planung des Wasserstoff-Kernnetzes berücksichtigt, richtet sich nach diesem Ziel. Somit liegt der Fokus, insbesondere auf der Versorgung energieintensiver Wirtschaftszweige wie Eisen-, Stahl-, Chemie-, Glas-, Keramik- und Ziegelindustrie.

Das entlang dieser Kriterien entwickelte Wasserstoff-Kernnetz von Gößmann (2024) deckt nicht alle Regionen in Deutschland ab, sodass insbesondere ländlichere Regionen nicht versorgt werden. Während somit energieintensive Wirtschaftszweige in den Verbrauchszentren in Nähe des Wasserstoff-Kernnetzes liegen, fehlt es mittelständischen und nicht-energieintensiven Gewerben (NEG) in ländlicheren Regionen möglicherweise an Wasserstoffversorgungsoptionen. Auch in Rheinland-Pfalz (RLP) und Hessen (HE) gibt es einige Regionen, die trotz ansässiger Industrie nicht vom Wasserstoff-Kernnetz abgedeckt sind. Das Ziel dieses Gutachtens ist es, Branchen in RLP und HE zu identifizieren, die wesentliche Wirtschaftszweige für die beiden Bundesländer darstellen, Wasserstoffbedarfspotenziale aufweisen und außerhalb der Anschlussdistanz des Wasserstoff-Kernnetzes liegen. Die aufbereiteten Informationen können der weiteren Planung der Wasserstoffversorgung dienen, z. B. bei der alle zwei Jahre durchgeführten Aktualisierung des Netzentwicklungsplans Gas und Wasserstoff (Fischer, 2024).

Die Analyse des Gutachtens gliedert sich in drei wesentliche Arbeitsschritte:

- Im ersten Schritt werden die wirtschaftliche Struktur sowie der regionale Erdgasbedarf des verarbeitenden Gewerbes in RLP und HE beschrieben. Ein Teilergebnis ist dabei die Identifikation der für die beiden Länder wesentlichen Wirtschaftszweige.
- Diese Auswahl wird im zweiten Schritt entlang zweier Szenarien ermittelt. Dabei wird die potenzielle Notwendigkeit von Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption für die Produktionsprozesse berücksichtigt.

¹ Im Antrag für das Wasserstoffkernnetz ist eine gesetzliche Möglichkeit zur Streckung einzelner Investitionen bis zum Jahr 2037 vorgesehen (FNB Gas, 2024).

- Als letztes Auswahlkriterium wird im dritten Schritt die Nähe der jeweiligen NUTS 3² Region zum Wasserstoff-Kernnetz herangezogen. Dazu wird basierend auf Beschäftigtenzahlen der branchenspezifische Erdgasbedarf regionalisiert und entsprechend der Szenarien ein regionales branchenspezifisches Wasserstoffbedarfspotenzial abgeleitet. Das Ergebnis wird mit dem derzeitigen Planungsstand des Wasserstoff-Kernnetzes verglichen, um so potenzielle Regionen mit einem erhöhten aggregierten wie auch branchenspezifischen Wasserstoffbedarfspotenzial außerhalb der Reichweite des Wasserstoff-Kernnetzes zu identifizieren.

2 Regionale und branchenspezifische Wirtschaftsstruktur in Rheinland-Pfalz und Hessen

Für die Analyse der regionalen und branchenspezifischen Wirtschaftsstruktur wird zunächst für RLP (Kapitel 2.1) und HE (Kapitel 2.2) anhand des Umsatzes der Wirtschaftszweige deren Bedeutung für Rheinland-Pfalz und Hessen beschrieben. Zudem wird anhand ihres Erdgasbedarfs ein mögliches Dekarbonisierungsbedarfspotenzial aufgezeigt. Anhang A.1 und A.2 stellen weitere Wirtschaftsindikatoren wie bspw. den Anteil von Erdgas am Endenergieverbrauch, den Endenergieverbrauch oder die Anzahl an Beschäftigten dar. Dabei wird das verarbeitende Gewerbe in energieintensives Gewerbe³ (EG) und nicht-energieintensives Gewerbe (NEG) unterteilt.

Nach der Analyse der Wirtschaftsstruktur werden die Ergebnisse auf Landkreisebene regionalisiert. Hierbei werden die Indikatoren Umsatz, Erdgasverbrauch und der Anteil des Erdgases am Endenergieverbrauch berücksichtigt. Die verschiedenen Kennzahlen und Indikatoren stammen aus Statistiken der Landesstatistikämter in RLP (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a und 2023b) und HE (Statistisches Landesamt Hessen, 2023 und 2024) sowie von der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit, 2024).

2.1 Rheinland-Pfalz

Das nicht-energieintensive Gewerbe macht 56 % des Umsatzes in Rheinland-Pfalz aus

Der Gesamtumsatz des verarbeitenden Gewerbes in RLP betrug im Jahr 2022 insgesamt 120,4 Milliarden Euro, wovon 56 % auf das NEG und 44 % auf das EG entfielen (siehe Abbildung 1). Innerhalb des NEG entfiel rund die Hälfte des Umsatzes auf die Kraftwagenindustrie, den Maschinenbau und die Pharmabranche. Im EG dominierte die Chemiebranche mit einem Umsatzanteil von 70 %, gefolgt von der Metallerzeugung, Papier & Pappe sowie der Glas-, Keramik- und Zementindustrie.

² NUTS3 bezeichnet die dritte Ebene der „Nomenclature of Territorial Units for Statistics“ (NUTS) der EU. Im angewendeten Fall handelt es sich um die einzelnen Landkreise in HE und RLP.

³ Verglichen mit anderen Industriezweigen weist das EG einen besonders hohen Energiebedarf im Verhältnis zur Bruttowertschöpfung auf.

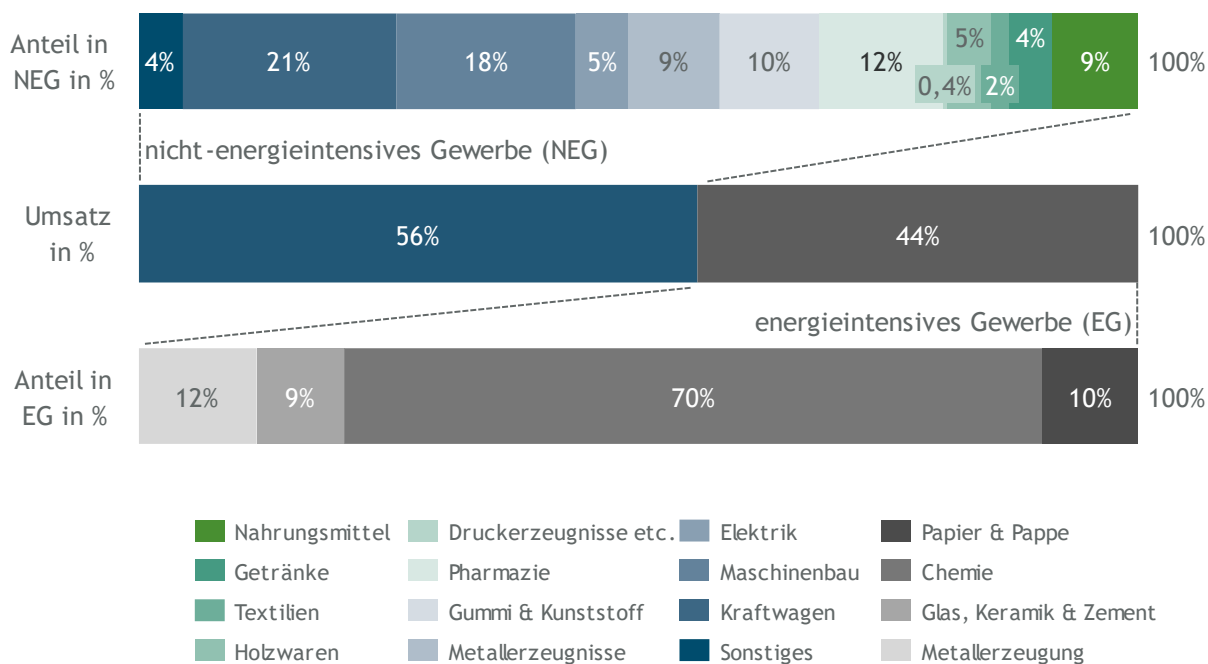


Abbildung 1: Gesamtumsatz verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 120,4 Mrd. Euro

(Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023b)

70 % des Erdgasverbrauchs in Rheinland-Pfalz entfallen auf die Chemieindustrie

Das verarbeitende Gewerbe verbrauchte in RLP in 2022 insgesamt 33,7 TWh Erdgas (siehe Abbildung 2). Dabei entfielen 13 % des Erdgasverbrauchs auf das NEG und 87 % auf das EG, von dem mit 81 % der Großteil auf die Chemieindustrie entfällt. Im NEG verbrauchten die Nahrungsmittel- und Gummi- und Kunststoffindustrie gemeinsam etwa die Hälfte des Erdgases. Die umsatzstarken Branchen Kraftwagen, Maschinenbau und Pharmazie nutzen nur 24 % des Erdgases. Insgesamt zeigt sich, dass das EG in Rheinland-Pfalz einen deutlich höheren Erdgasverbrauch aufweist als das NEG. Die chemische Industrie nimmt hierbei eine zentrale Rolle ein. Der Erdgasverbrauch im NEG konzentriert sich hingegen stärker auf die Nahrungsmittelindustrie und die Gummi- und Kunststoffbranche.

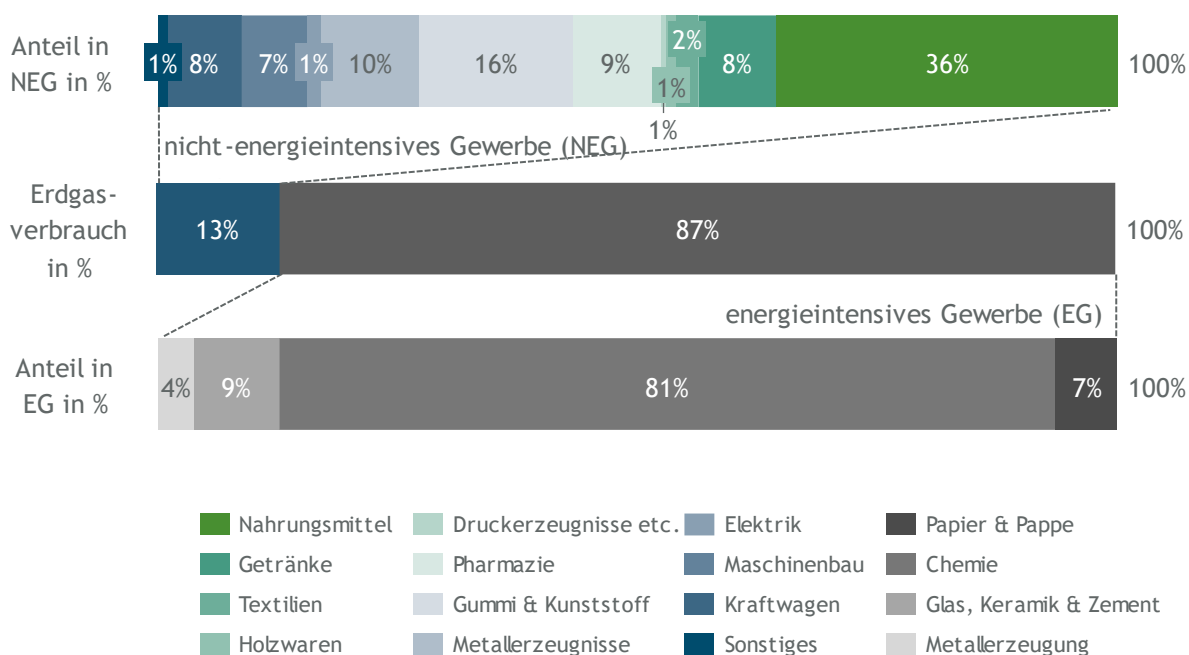


Abbildung 2: Erdgasverbrauch verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 33,7 TWh

(Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a)

2.2 Hessen

Das nicht-energieintensive Gewerbe hat einen Anteil von 70 % am Gesamtumsatz in Hessen

Das verarbeitende Gewerbe macht ein HE in 2022 129,1 Mrd. Euro Umsatz, davon entfiel rund 2/3 auf das NEG und rund 1/3 auf das EG (siehe Abbildung 3). Die Hälfte des Umsatzes im EG wurde in der Chemieindustrie erwirtschaftet, gefolgt von der Metallerzeugung mit 40 %. Kleinere Anteile trugen die Branchen Papier und Pappe sowie Glas, Keramik und Zement bei. Im NEG hingegen war der Gesamtumsatz von 90,4 Milliarden Euro sehr gleichmäßig verteilt. Die Kraftwagenindustrie stellte mit 21 % den größten Anteil dar und machte gemeinsam mit der Pharma- und Elektrizitätsbranche etwa die Hälfte des Umsatzes aus. Wie auch in RLP hat das NEG den höheren Umsatzanteil.

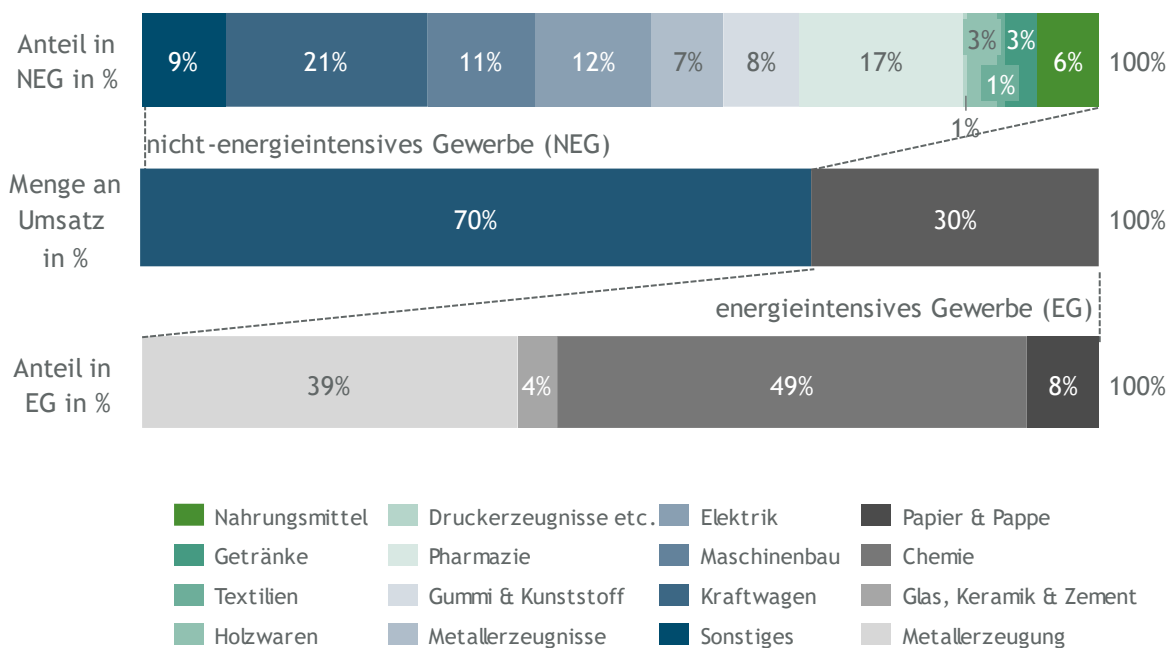


Abbildung 3: Umsatz verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 129,1 Mrd. €

(Statistisches Landesamt Hessen, 2023)

In Hessen hat die Kraftwagenindustrie den größten Anteil am Erdgasverbrauch des NEG

Der Gesamtverbrauch an Erdgas mit 13,2 TWh war im Jahr 2022 in HE geringer als in RLP (siehe Abbildung 4). Davon entfielen 40 % auf das NEG und 60 % auf das EG. Mit 59 % verbrauchte die Chemiebranche im EG das meiste Erdgas, gefolgt von Papier- und Pappe mit 23 %. Andere Branchen wie die Metallerzeugung sowie die Glas-, Keramik- und Zementindustrie trugen jeweils mit geringeren Anteilen zum Erdgasverbrauch bei. Innerhalb des NEG Gewerbes entfiel etwa die Hälfte des Erdgasverbrauchs auf die Kraftwagen- und Nahrungsmittelindustrie, gefolgt von der Gummi- & Kunststoffindustrie mit 15 %. Obwohl die Branchen Kraftwagen, Maschinenbau und Pharmazie innerhalb des NEG zu den umsatzstärksten zählen, verbrauchten sie nur 37 % des Erdgases.

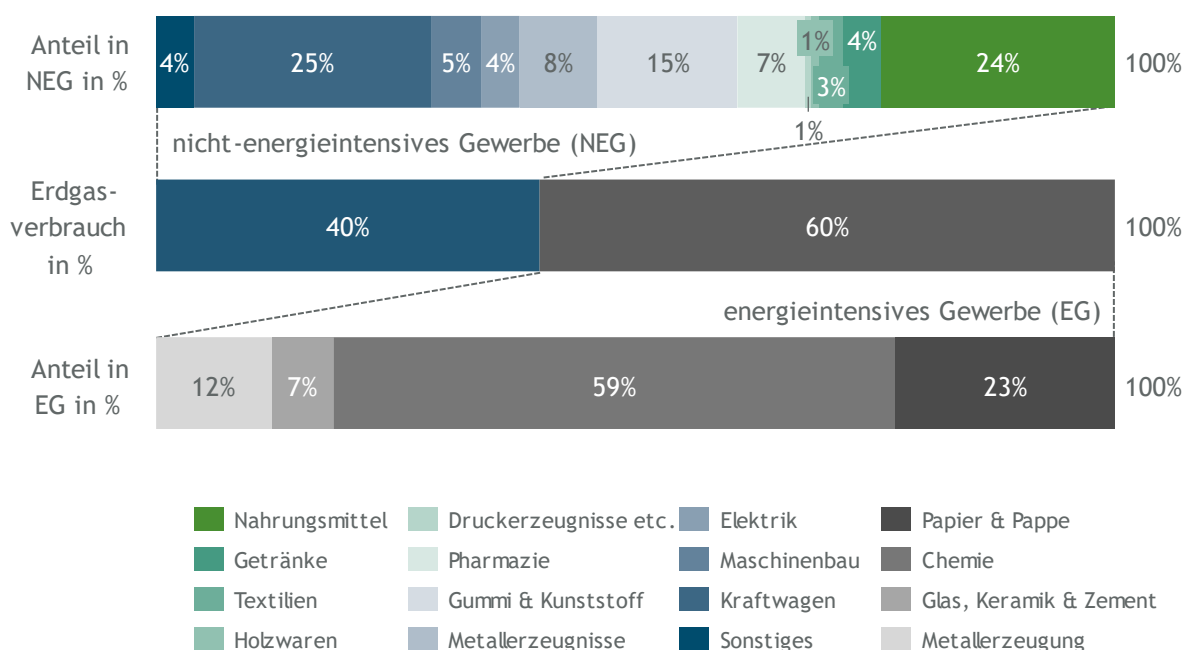


Abbildung 4: Erdgasverbrauch verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 13,2 TWh

(Statistisches Landesamt Hessen, 2024)

2.3 Regionale Verteilung

Die Betriebe der einzelnen Branchen sind ungleichmäßig über die Fläche der beiden Bundesländer verteilt. Für die geografische Einordnung der Wirtschaftsstruktur wurden u. a. der gesamte Umsatz (siehe Abbildung 5) und Erdgasverbrauch (siehe Abbildung 6) je Landkreis grafisch dargestellt. Zusätzlich wird die Verteilung ausgewählter Branchen auf die Landkreise diskutiert (siehe Abbildung 7).

Die Aufspaltung des branchenübergreifenden Erdgasbedarfs auf die einzelnen Branchen innerhalb einer Region erfolgt anhand der spezifischen Beschäftigtenzahlen. Um die Verteilung mit einer möglichst vollständigen Statistik der Beschäftigtenzahlen durchzuführen, wurden verschiedene Datenquellen zusammengeführt. Dazu zählen die branchenspezifischen Beschäftigtenzahlen sowie die Anzahl der Betriebe auf Landkreisebene der Landesstatistikämter in HE und RLP, die mit den branchenspezifischen Beschäftigtenzahlen auf Landkreis Ebene der Bundesagentur für Arbeit sowie ergänzenden Recherchen zu Beschäftigtenzahlen in den Industriezentren wie Ludwigshafen am Rhein kombiniert wurden.

Fehlende Angaben, die aus Gründen der Geheimhaltung nicht verfügbar waren, wurden durch eine endogen ermittelte branchenspezifische durchschnittliche Mitarbeiterzahl pro Betrieb ergänzt. Anschließend wurde ein Verteilungsschlüssel gewählt, der den branchenspezifischen Anteil der Beschäftigten innerhalb einer Region an allen Beschäftigten der Branche bestimmt. Der Verteilungsschlüssel nimmt ein lineares Verhältnis zwischen der Beschäftigtenanzahl und dem Erdgasverbrauch an. Der branchenspezifische Erdgasverbrauch wurde anhand dieses Verteilungsschlüssels auf die Regionen verteilt. Jedoch wird der regionale Erdgasverbrauch auf

diese Weise nicht getroffen, da kein linearer Zusammenhang zwischen Beschäftigtenzahl und Erdgasverbrauch besteht. Um dies zu korrigieren, wurde der regionale Erdgasverbrauch anschließend auf die Summe der Region normiert, wodurch sich geringfügige Abweichungen in der Summe der branchenspezifischen Erdgasverbräuche ergeben.

Ludwigshafen ist durch die dort ansässige Chemieindustrie der umsatzstärkste Standort

In 2022 wurden in Ludwigshafen am Rhein Umsätze von über 20 Milliarden Euro erzielt, welche etwa 28 % der gesamten Bruttowertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes in RLP gleichkommen. 19 % aller Erwerbstätigen der Chemiebranche sind an diesem Standort beschäftigt. In HE sticht der Main-Kinzig-Kreis mit einem Umsatz von 17 Milliarden Euro hervor, der etwa 13 % der gesamten Bruttowertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes in Hessen ausmacht. Mit 14 % aller Beschäftigten in der Gummi- und Kunststoffindustrie in HE ist dieser für die dort ansässige Gummi- und Kunststoffindustrie bekannt.

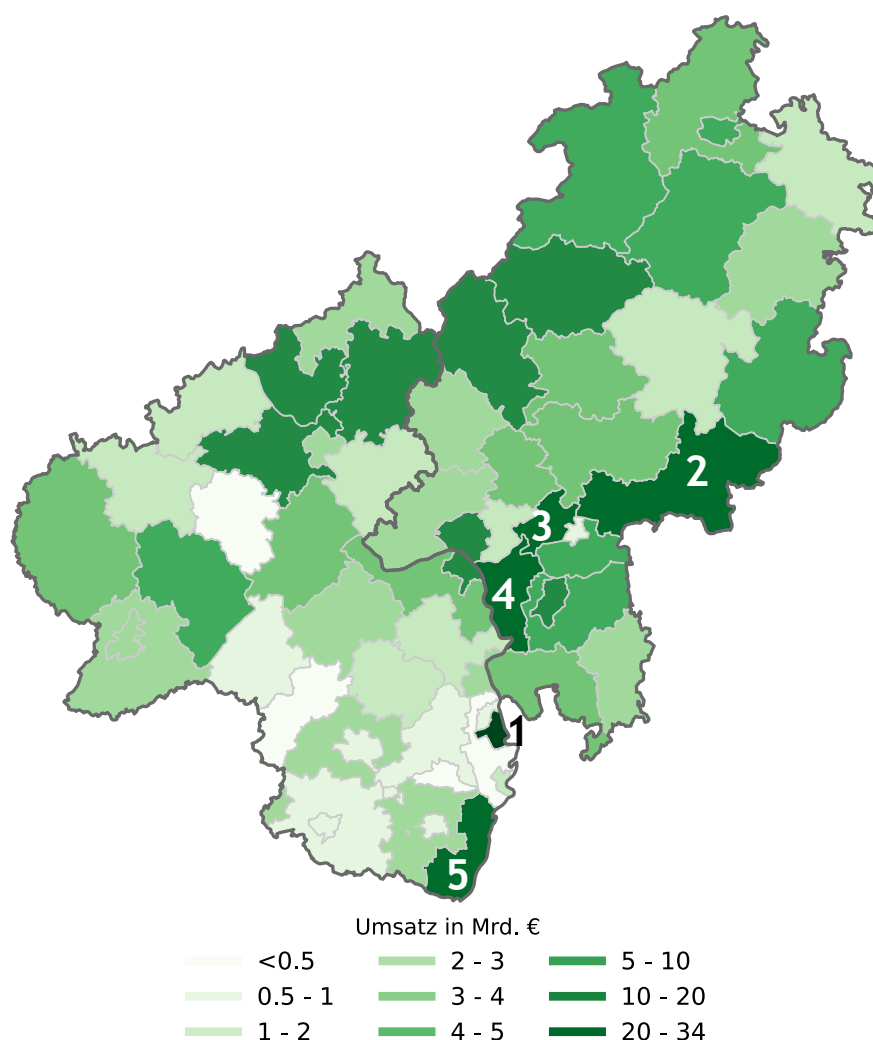


Abbildung 5: Regionaler Umsatz des verarbeitenden Gewerbes in Rheinland-Pfalz und Hessen

(eigene Darstellung)

Neben den beiden genannten Regionen zählen die Stadt Frankfurt am Main, Groß-Gerau und Germersheim ebenfalls zu den umsatzstärksten Regionen. Der Industriepark Höchst, einer der bedeutendsten Chemie- und Pharmastandorte in Europa, befindet sich in der Stadt Frankfurt am Main (15 Milliarden Euro) und trägt erheblich zum hohen Umsatz der Region bei. Groß-Gerau (14 Milliarden Euro), das unter anderem Opel und zahlreiche Zulieferer beheimatet, weist ebenfalls hohe Umsatzzahlen auf. Ebenso ist Germersheim (12 Milliarden Euro) ein wichtiger Standort für die Kraftfahrzeugindustrie.

Die Region Ludwigshafen verbraucht das meiste Erdgas in RLP und HE

Die Regionalisierung zeigt deutlich, dass die Regionen Ludwigshafen, Hersfeld-Rotenburg, Mayen-Koblenz, Fulda, Groß-Gerau und Germersheim die höchsten regionalen Erdgasverbräuche aufweisen. Diese Regionen sind bedeutende Standorte für die Chemie-, Nahrungsmittel-, Metallverarbeitungs-, Maschinenbau-, Kraftwagen- und Glas-, Keramik- und Zementindustrie.

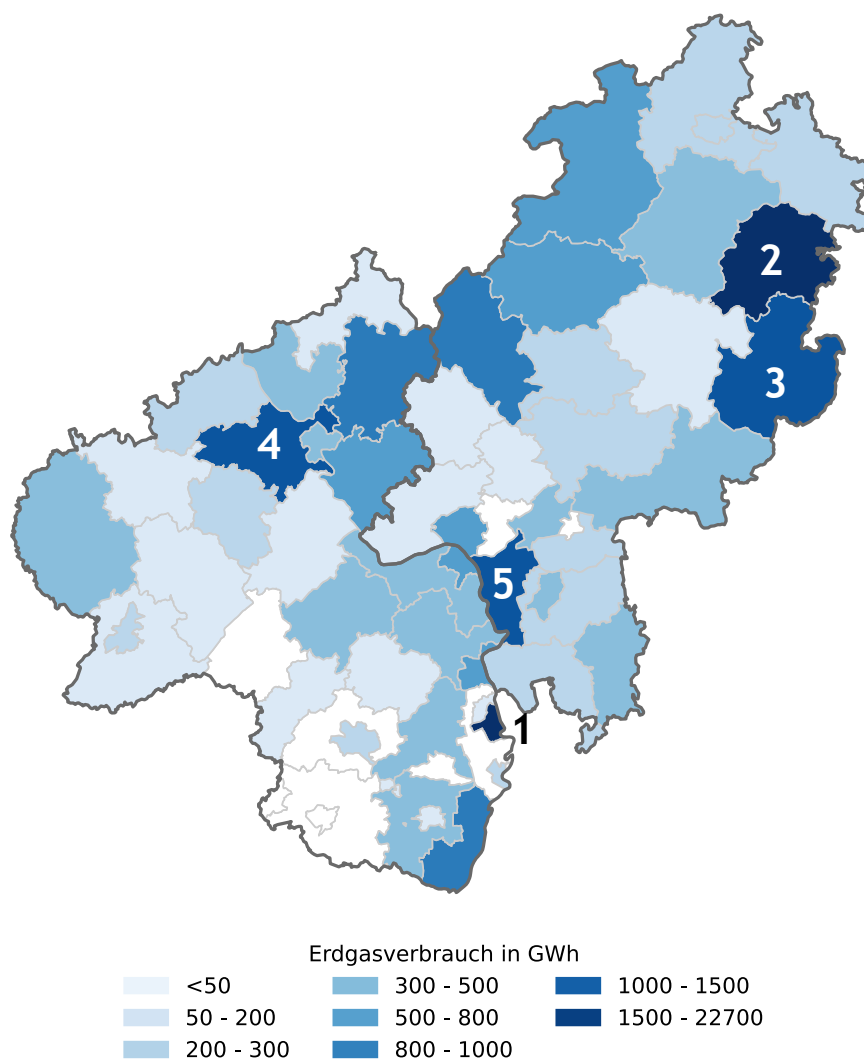


Abbildung 6: Regionaler Erdgasverbrauch in Rheinland-Pfalz und Hessen

(Ministerium für Wirtschaft, 2023; Statistisches Landesamt Hessen, 2024 und Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a)

Mit einem Erdgasverbrauch von ca. 22.700 GWh sticht Ludwigshafen besonders hervor. Dies ist hauptsächlich auf die starke Präsenz der Chemieindustrie zurückzuführen. Auch in der Region Hersfeld-Rotenburg ist der geschätzte Erdgasverbrauch mit 3.000 GWh hoch. Die Regionen Mayen-Koblenz und Fulda verzeichnen ebenfalls hohe Erdgasverbräuche ca. 1.500 GWh und ca. 1.400 GWh. Groß-Gerau und Germersheim folgen mit Verbräuchen im Bereich von ca. 1.150 GWh und 900 GWh.

Außerhalb der Verbrauchszentren verbrauchen Kraftwagen, die Nahrungsmittel- sowie Papier und Pappe das meiste Erdgas

Sowohl für Kraftwagen als auch die Nahrungsmittelindustrie lassen sich Regionen mit einem hohen branchenspezifischen Erdgasverbrauch gegenüber einem anteilig relativ niedrigen Erdgasverbrauch identifizieren. Dies zeigt, dass einzelne Branchen in bestimmten Regionen besonders energieintensiv sein können, auch wenn die Region insgesamt nicht als energieintensiv gilt. Die Papierindustrie weist ebenfalls Regionen mit hohem branchenspezifischem Erdgasverbrauch auf, die insgesamt jedoch nicht zu den höchsten Erdgasverbrauchern gehören.

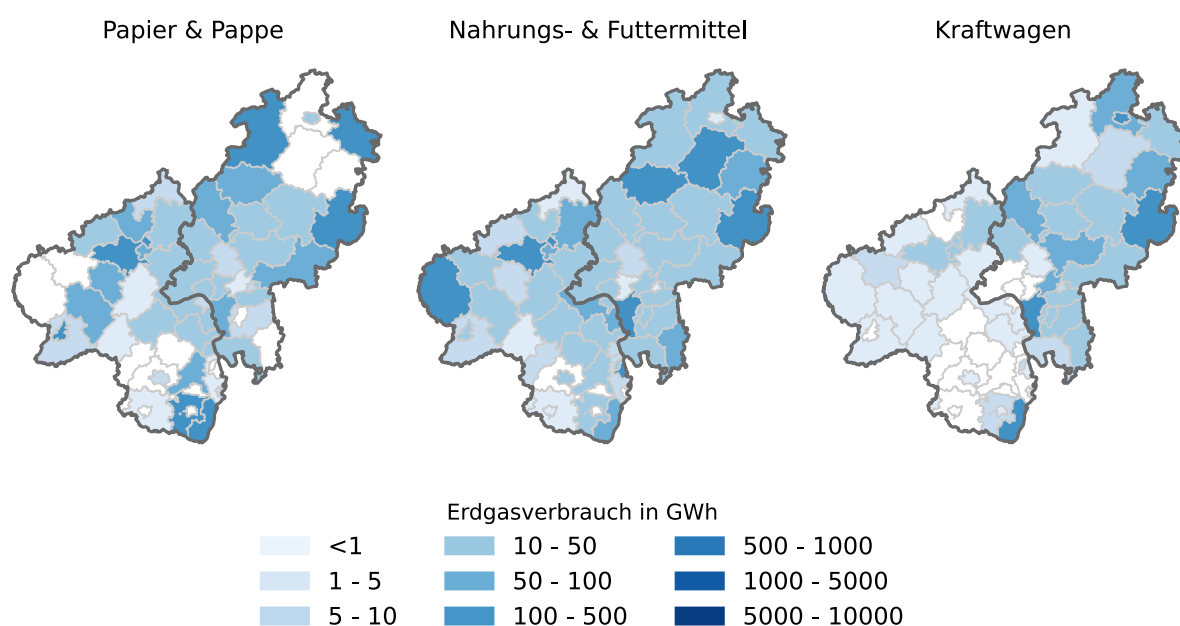


Abbildung 7: Regionaler branchenspezifischer Erdgasbedarf Rheinland-Pfalz und Hessen

(eigene Darstellung)

Innerhalb der Nahrungsmittelbranche fallen Marburg-Biedenkopf und der Eifelkreis Bitburg-Prüm auf. Marburg Biedenkopf ist mit einem anteiligen Gesamt Erdgasverbrauch von 6 % in Hessen kein Verbrauchszentrum. Innerhalb der Nahrungsmittelbranche in HE entfallen jedoch 17 % des Gesamterdgasverbrauchs dieser Branche auf diese Region. In RLP kann man ein ähnliches Muster für den Eifelkreis Bitburg-Prüm beobachten, der nur einen anteiligen Gesamtterdgasverbrauch von 1 % aufweist. Innerhalb der Nahrungsmittelbranche in RLP werden in dieser Region hingegen 9 % des Branchenbedarfs an Erdgas verbraucht. In der Kraftwagenbranche in HE werden in der Region

Kassel 10 % des Branchenbedarfs an Erdgas verbraucht. Bezogen auf den gesamten Erdgasverbrauch in Hessen hat diese Region einen Verbrauch von 2 %. Innerhalb der Papierindustrie fällt die Region Waldeck-Frankenberg mit einem anteiligen Branchenverbrauch von 21 % in Hessen auf. Der Gesamtverbrauch der Region liegt bei 4 %. In RLP stellt die Region Südliche Weinstraße mit 1 % einen geringen Anteil des Gesamtverbrauches dar, trägt jedoch anteilig zu 6 % des Branchenverbrauches der Papierindustrie bei. Diese genannten Regionen haben spezifische Branchen mit hohen Erdgasverbräuchen, obwohl sie im Vergleich mit den Verbrauchszentren einen geringeren Erdgasbedarf haben.

In HE und RLP machen zehn Wirtschaftszweige einen Großteil des Umsatzes aus:

- Glas, Keramik und Zement
- Papier und Pappe
- Metallerzeugung
- Chemie
- Metallerzeugnisse
- Kraftwagen
- Pharmazie
- Nahrungsmittel
- Gummi und Kunststoff
- Maschinenbau
- Elektrik

Der spezifische Erdgasbedarf unterscheidet sich jedoch stark zwischen den Branchen und somit auch die Notwendigkeit von Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption.

3 Wasserstoffbedarfspotenziale

Die Betriebe der zehn umsatzstärksten Branchen in HE und RLP verbrauchen das Erdgas in unterschiedlichen Produktionsprozessen und somit stehen ihnen verschiedene Dekarbonisierungsoptionen zur Verfügung. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass jeder Betrieb eigenständig die für ihn sinnvollste Dekarbonisierungsoption wählt, gegeben der jeweiligen Unternehmensziele sowie Markt-, Preis- und Kostenerwartungen. Es gibt jedoch allgemeine Unsicherheiten, die sich in den Entscheidungen jeden Betriebs wiederfinden. So hängt die Wahl der Dekarbonisierungsoption von Faktoren wie beispielsweise der Technologie- und Technologiekostenentwicklung, der Energieträgerpreisentwicklung und der Versorgungsinfrastruktur ab.

Im Folgenden werden zwei mögliche Szenarien entwickelt, die berücksichtigen, für welche Branchen Wasserstoff eine zentrale Dekarbonisierungsoption darstellen könnte. Dabei wird die Entscheidung über den Einsatz von Wasserstoff oder Strom stark vereinfacht. Ob bei der Dekarbonisierung auf Wasserstoff oder Strom gesetzt wird, wird hier nur anhand des Temperaturniveaus des Produktionsprozesses und des Anlagendurchsatzes bestimmt. Als Indikator für den tatsächlichen Anlagendurchsatz wurde der branchenspezifische Erdgasverbrauch pro Betrieb verwendet. Folglich stellen die Szenarien eine obere bzw. untere

Grenze für ein Wasserstoffbedarfspotenzial dar, ohne die oben genannten Unsicherheiten explizit zu berücksichtigen.

Durch diesen vereinfachten Ansatz können erste Abschätzungen zu Wasserstoffbedarfspotenzialen ermittelt werden. Darauf aufbauend können Regionen identifiziert werden, die relativ hohe Bedarfspotenziale aufweisen, aber keine Aussicht auf eine Anschlussmöglichkeit an das Wasserstoff-Kernnetz haben. So verzichten die Szenarien auf einen festen zeitlichen Horizont und betrachten ausschließlich Dekarbonisierungsoptionen basierend auf dem direkten Einsatz von Strom und Wasserstoff.

3.1 Erdgasverwendung der Wirtschaftszweige

Das zu erreichende Temperaturniveau und der gesamte Wärmedurchsatz einer Anlage sind wesentliche Unterscheidungskriterien bei der Wahl, ob ein Produktionsprozess eher auf Strom oder Wasserstoff umgestellt werden kann (UBA, 2023). Wofür tatsächlich Erdgas verwendet wird, unterscheidet sich jedoch stark zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen - dabei wird zwischen energetischen und nicht-energetischen (auch „stofflicher“) Einsatz unterschieden.

Zur Identifikation von Regionen mit potenziell erhöhtem zukünftigem Wasserstoffbedarf aber derzeit keinem geplanten Anschluss an das Wasserstoffkernnetz fokussiert sich diese Studie auf die Prozesswärmeerzeugung und damit auf den energetischen Einsatz von Wasserstoff. Stoffliche Wasserstoffbedarfe können vernachlässigt werden, da der stoffliche Einsatz von Wasserstoff nur in der Stahl-, Chemie- und Pharmazieindustrie, und damit insbesondere im EG, eine Rolle spielt.

In HE und RLP befinden sich die Standorte der Chemie- und Pharmazieindustrie in industriellen Ballungszentren, den sogenannten Chemieparks, die laut derzeitigem Planungsstand an das Wasserstoffkernnetz angeschlossen sind. In der Stahlbranche wird Wasserstoff stofflich nur bei der Primärstahlerzeugung mittels dem Direktreduktionsverfahren verwendet. In HE und RLP gibt es nur Sekundärstahlproduktion. Abbildung 8 gibt eine Übersicht über temperaturabhängige Prozesswärmebedarfe und wird im Folgenden eingeordnet.

Auch das nicht-energieintensive Gewerbe verwendet Erdgas zur Erzeugung von Hochtemperaturwärme

In der Glas-, Keramik- und Zementindustrie sowie in der Metallerzeugung wird Erdgas überwiegend für **Prozesswärme über 1.000 °C** verwendet, was etwa 62 % und 69 % des gesamten Gasverbrauchs in den jeweiligen Branchen ausmacht. Auch die Chemie-, Pharma-, Elektrik-, Kraftwagen- und Maschinenbaubranche sind auf Prozesswärme über 1.000 °C angewiesen. Während in der Pharmazie 30 % des Erdgases auf dieses Temperaturniveau entfallen, sind es im Maschinenbau nur noch 9 %.

Die Chemieindustrie nutzt hingegen nur etwa 11 % ihres Erdgases für Prozesswärme über 1.000 °C, der Großteil entfällt mit 47 % auf **Prozesswärme zwischen 500 ° und 1.000 °C**. Mit 30 % und 18 % haben die Glas- und Metallerzeugungsindustrie vergleichsweise große Anteile des Erdgasverbrauchs zwischen 500 und 1.000 °C. Auch die Pharmazie, die Elektrik, Kraftwagen und

Maschinenbau verwenden mitunter 10 % geringe Anteile ihres Erdgasverbrauchs auf Prozesswärme zwischen 500 und 1.000 °C.

In den Branchen Papier und Pappe (75 %), Nahrungsmittel (48 %) sowie Gummi und Kunststoff (55 %) wird Erdgas vorwiegend für **Prozesswärme unter 500 °C** für Dampfprozesse verwendet. Des Weiteren wird Erdgas auch für die Erzeugung von Raumwärme verwendet. Besonders in den Branchen Metallerzeugnisse, Elektrik, Maschinenbau und Kraftwagen macht die Raumwärme große Teile des Erdgasverbrauchs aus. Mechanische Energie wird nur in seltenen Fällen mithilfe von Erdgas erzeugt. Insgesamt zeigt sich, dass neben der Glas-, Keramik- und Zementindustrie, der Chemieindustrie und der Metallerzeugung, ebenfalls Produktionsprozesse im NEG, wie bspw. in der Pharmazie, in der Metallerzeugnisse und in der Kraftwagenindustrie auf Hochtemperaturprozesswärme angewiesen sind (Frisch, 2010; Schmitt, 2014 und Rohde, 2023).

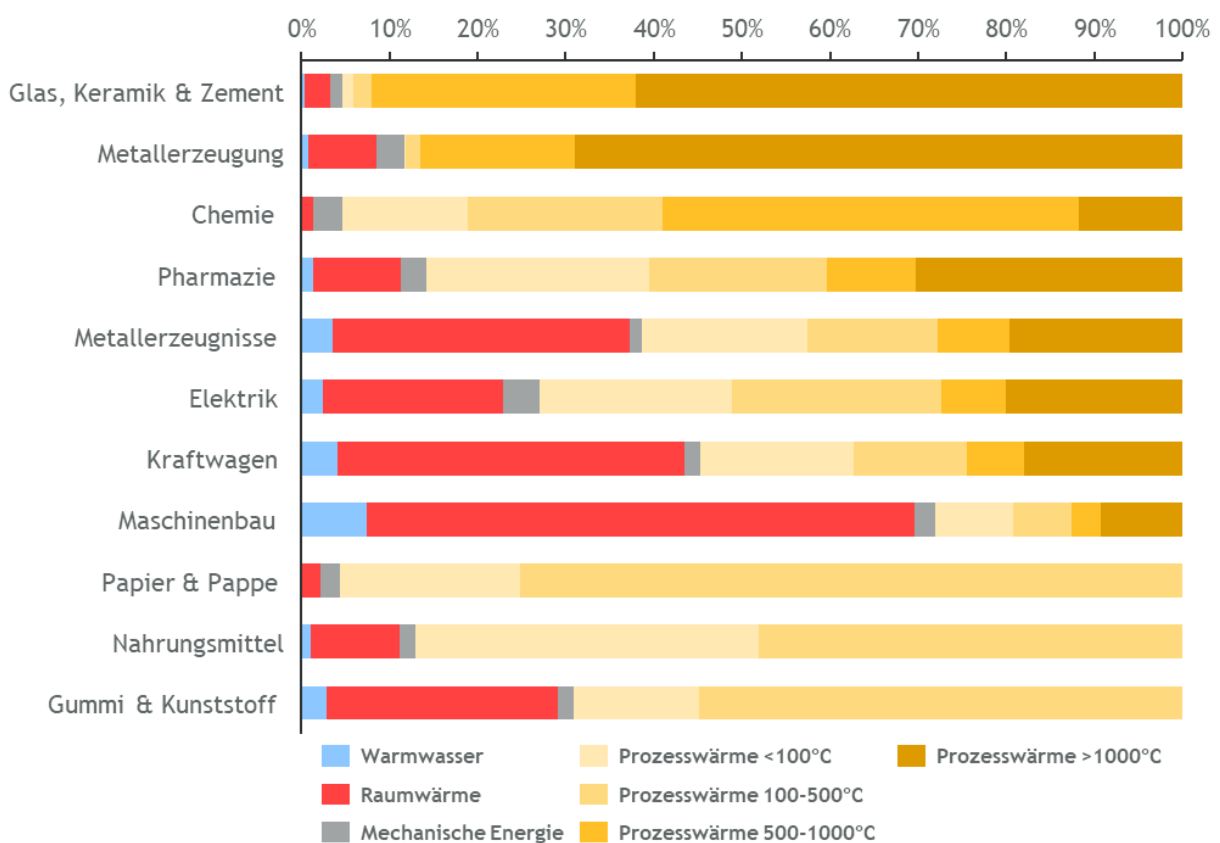


Abbildung 8: Temperaturabhängige Prozesswärmebedarfe

(Frisch, 2010; Schmitt, 2014 und Rohde, 2023)

3.2 Potenzielle Verwendung von Strom und Wasserstoff

Theoretisch sind technische Lösungen auf Basis von Wasserstoff und Strom für alle Temperaturniveaus möglich. Die tatsächliche Auswahl an Technologien ist jedoch abhängig von der technologischen Reife der jeweiligen Prozesstechnologie, der benötigten Anlagengröße, den Investitionskosten und dem Preis des Hauptenergieträgers (Fleiter, Rehfeldt, & Hirzel, 2023;

Statistisches Landesamt Hessen, 2024 und Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a). Systemstudien gehen eher davon aus, dass Wasserstofflösungen bei Prozessen mit hohem Durchsatz und hohen Temperaturen gegenüber elektrischen Lösungen vorteilhaft sind. Elektrische Lösungen hingegen scheinen bei niedrigem Durchsatz (z. B. Maschinenbau und Metallerzeugnisse) und niedrigen Temperaturen vorteilhaft (Fleiter, Rehfeldt, & Hirzel, 2023).

Wasserstoff in Branchen mit Hochtemperaturprozessen bei hohem Anlagendurchsatz

In diesem Gutachten unterscheiden wir zwei mögliche Szenarien entlang der Temperaturgrenzen und der Durchsatzmenge in den Branchen. Die Branchen werden dabei in drei Stufen nach ihrem Anlagendurchsatz unterteilt: hoch, mittel und niedrig. Als Indikator für den Anlagendurchsatz dient das Verhältnis von Erdgasverbrauch je Unternehmen der Branche (Statistisches Landesamt Hessen, 2024 und Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a). Abbildung 9 veranschaulicht den Einsatz von Strom oder Wasserstoff gemäß des Anlagendurchsatzes und des Temperaturniveaus.

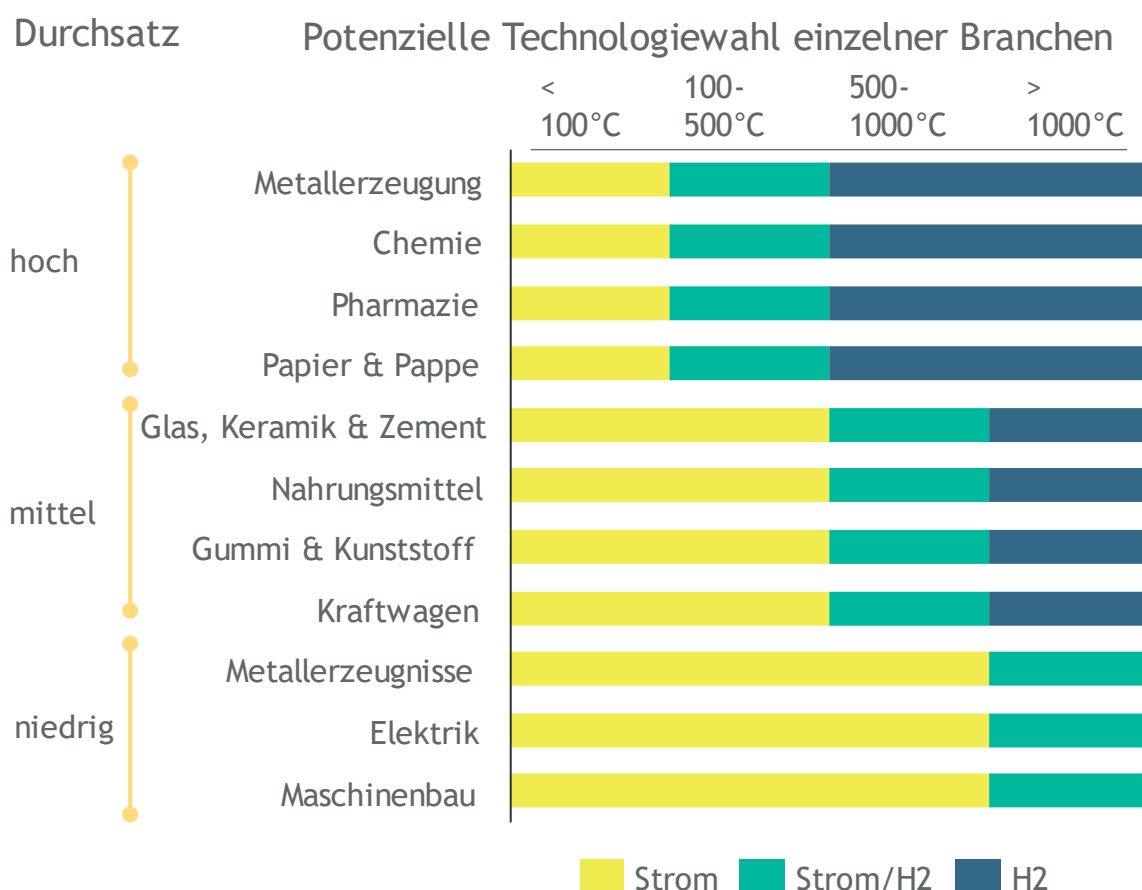


Abbildung 9: Durchsatzbezogene branchenspezifische Technologiewahl

(eigene Darstellung)

Die Produktionsanlagen der Metallerzeugungs-, Chemie-, Pharma- und Papierindustrie weisen einen **hohen Durchsatz** auf, weswegen bei Temperaturen über 500°C auf Wasserstoff gesetzt

werden würde. Zwischen 100° und 500°C kommen sowohl Strom als auch Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption infrage, bei unter 100°C sollte auf Strom gesetzt werden.

Einen **mittleren Anlagendurchsatz** weisen die Glas-, Nahrungsmittel-, Gummi- und Kunststoff- sowie Kraftwagenindustrie auf, weswegen Wasserstoff erst ab Temperaturen von über 1.000°C gewählt werden würde, bei Temperaturen von 500° bis 1.000°C kämen Strom und Wasserstoff infrage und bei Temperaturen von unter 500°C würde auf Strom gesetzt werden.

Zuletzt weisen Metallzeugnisse sowie die Maschinenbau- und Elektroindustrie **niedrige Anlagendurchsätze** auf. Folglich könnte bei Temperaturen über 1.000°C Strom oder Wasserstoff eingesetzt werden. Bei Temperaturen unter 1.000°C würde Strom gewählt werden. Für die Prozesse, in denen nach Temperaturniveau und Anlagendurchsatz grundsätzlich sowohl Strom- als auch Wasserstoffanwendungen möglich wären, unterscheiden wir zwei Szenarien, einer mit Wasserstoffanwendungen und einer mit Stromanwendungen.

3.3 Unteres und oberes Wasserstoffbedarfspotenzial

Auf Basis der Klassifizierung des Erdgasverbrauchs anhand der Prozesstemperaturen und der Durchsatzmenge werden zwei Szenarien definiert, die veranschaulichen, in welchem Ausmaß der aktuelle Erdgasverbrauch durch Wasserstoffanwendungen ersetzt werden könnte.

In der Glas-, Keramik- und Zementindustrie sowie der Metallherzeugung ersetzt Wasserstoff einen Großteil des Erdgases

Basierend auf der potenziellen Technologiewahl werden zwei Szenarien definiert: einer mit einem stärkeren Fokus auf Elektrifizierung, „Strom“, und einer mit einem stärkeren Fokus auf Wasserstoffanwendungen, „Wasserstoff“. Abbildung 10 veranschaulicht die Konzeptionierung beider Szenarien.

Im Szenario „*Strom*“ wird der Großteil des Erdgasverbrauchs durch Strom ersetzt. Nur in der Glas-, Keramik- und Zementindustrie sowie der Metallherzeugung werden 62 % und 87 % des Erdgasverbrauchs durch Wasserstoff ersetzt, sowie ein kleinerer Teil (18 %) in der Kraftwagenindustrie. Die übrigen Branchen werden im „Strom“-Pfad elektrifiziert.

Im Szenario „*Wasserstoff*“ wird nur in der Nahrungsmittel- und Elektroindustrie kein Wasserstoff verwendet, die verbleibenden Branchen setzen in unterschiedlichem Umfang auf den Einsatz von Wasserstoff. Insbesondere die Glas-, Keramik- und Zementindustrie, die Papierindustrie sowie die Metallherzeugung setzen mit Anteilen von 92 %, 75 % und 88 % stärker auf Wasserstoff. Bei der Herstellung von Metallzeugnissen sowie in der Elektroindustrie wird zu 20 % auf Wasserstoff gesetzt. In der Kraftwagenindustrie wird für 24 % des Erdgasverbrauchs Wasserstoff eingesetzt und in der Maschinenbauindustrie für 9 %.

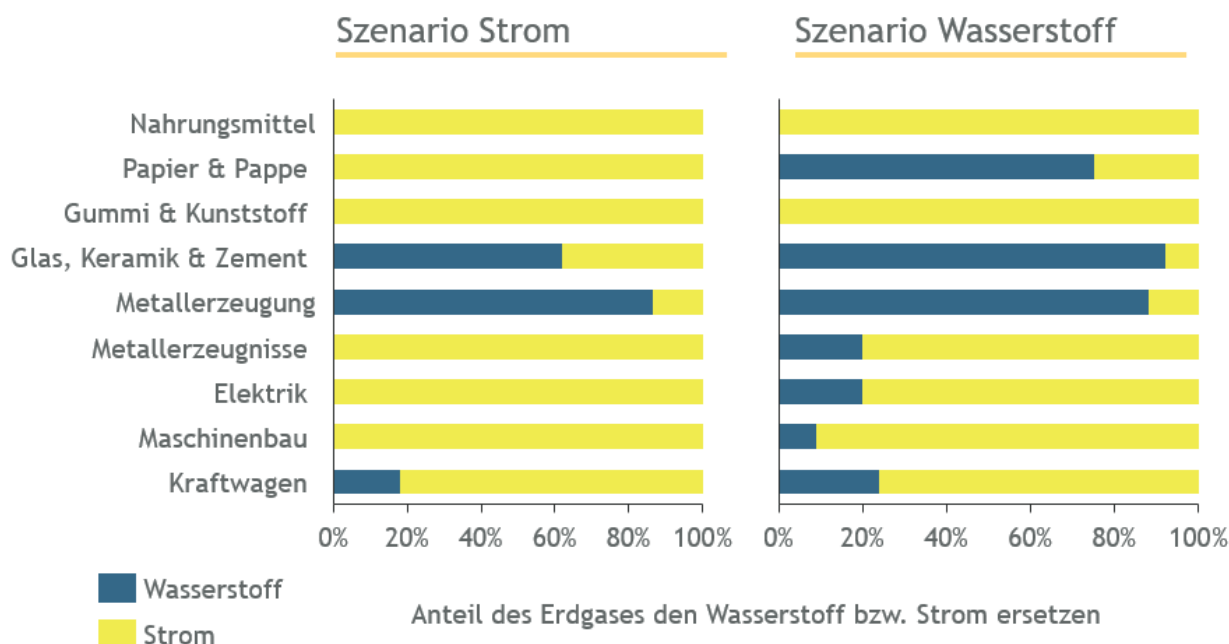


Abbildung 10: Szenariobezogene branchenspezifische Wasserstoffpotenziale

(eigene Darstellung)

In der Nahrungsmittel- sowie Gummi- und Kunststoffindustrie wird in keinem der beiden Szenarien Wasserstoff als eine Dekarbonisierungsoption für den derzeitigen Erdgasverbrauch gewählt. Folglich werden diese beiden Branchen fortlaufend nicht weiter betrachtet. Nach der Analyse der Wertschöpfung, Kriterium eins, und der Dekarbonisierungsoption, Kriterium zwei, wird die Nähe zum Wasserstoff-Kernnetz für folgende verbleibende Branchen betrachtet: Papierindustrie, Glas-, Keramik- und Zementindustrie, Metallerzeugung, Metallerzeugnisse, Elektrik, Maschinenbau und Kraftwagen.

4 Räumliche Verteilung und Wasserstoff-Kernnetz

Entlang der Szenarien lässt sich das Wasserstoffbedarfspotenzial in HE und RLP ermitteln. Ein Ziel dieses Gutachtens ist es, insbesondere Branchen und Regionen zu identifizieren, die außerhalb der Versorgungsreichweite des Wasserstoff-Kernnetzes liegen. Dazu wird der bereits branchenspezifische und regionalisierte Erdgasverbrauch aus Kapitel 1 anhand der Szenarien und des Brennwertverhältnisses⁴ zwischen Wasserstoff und Erdgas in ein regionales und branchenspezifisches Wasserstoffbedarfspotenzial umgerechnet. Dieses Wasserstoffbedarfs-

⁴ Das Brennwertverhältnis beschreibt das Verhältnis des Brennwertes zum Heizwert eines Brennstoffs. Es gibt an, wie viel zusätzliche Energie durch die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfs gewonnen werden kann. In dieser Studie wird ein Brennwertverhältnis von 3,7 genutzt.

potenzial wird unter Berücksichtigung der aktuellen Verlaufspläne des Wasserstoff-Kernnetzes visualisiert.

4.1 Regionale Verteilung der Wasserstoffbedarfspotenziale

Abbildung 12 und Abbildung 13 zeigen den aggregierten regionalisierten Wasserstoffbedarf folgender Branchen: Glas, Keramik und Zement, Papier und Pappe, Metallerzeugung und -erzeugnisse, Kraftwagen, Elektrik und Maschinenbau und den entsprechenden Ausschnitt des Wasserstoff-Kernnetzes für RLP und HE. Das in den Abbildungen gezeigte Netz beruht auf dem dem aktuellsten Entwurf, der bei der Ausarbeitung des Gutachtens (September 2024) vorlag. Besonders Industrieballungszentren wie Ludwigshafen, Höchst, Fulda, Groß-Gerau, Koblenz, Darmstadt und Germersheim wurden explizit in der Planung des Wasserstoff-Kernnetzes berücksichtigt (FNB Gas, 2024).

Im Westen von Rheinland-Pfalz und im Norden von Hessen gibt es Wasserstoffbedarfspotenziale außerhalb der Anschlussnähe des Wasserstoff-Kernnetzes

Der aggregierte und regionalisierte potenzielle Wasserstoffbedarf des Szenarios „Wasserstoff“ ist links und der des Szenarios „Strom“ rechts in Abbildung 11 dargestellt. Basierend auf dem aktuellen Stand des Wasserstoff-Kernnetzes scheint der Zugang in den Regionen mit den höchsten potenziellen Bedarfen gesichert. Die meisten Regionen mit potenziellen Wasserstoffbedarfen verfügen über eine angrenzende Pipeline, über die Wirtschaftlichkeit der dennoch zu überbrückenden Entfernung kann jedoch keine Aussage gemacht werden. Es kristallisieren sich vereinzelt Regionen heraus, die einen erhöhten potenziellen Wasserstoffbedarf aufweisen und keinen Zugang zu einer angrenzenden Pipeline haben. In RLP handelt es sich insbesondere um den Eifelkreis Bitburg-Prüm und Trier, in HE um den Lahn-Dill-Kreis und die Region Marburg-Biedenkopf (in Abbildung 11 grafisch hervorgehoben).

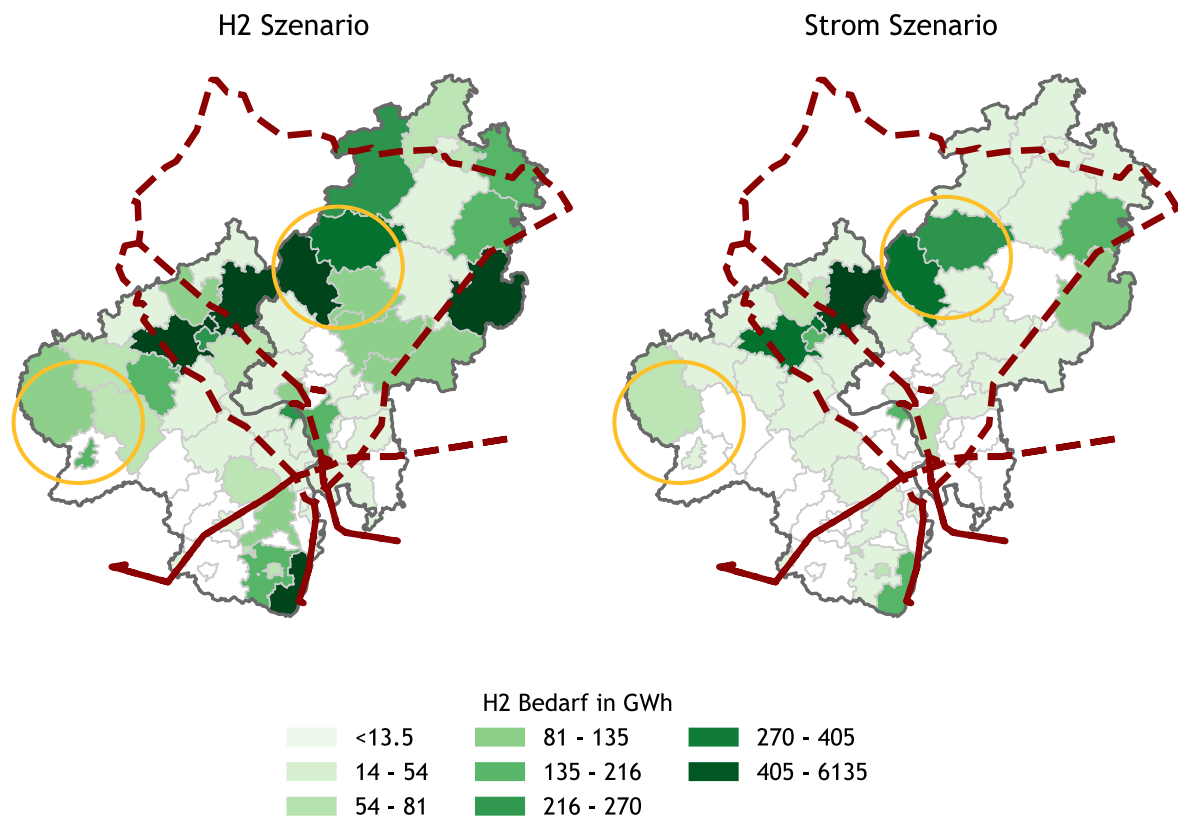


Abbildung 11: Wasserstoffbedarfspotenziale im Abgleich mit dem vorhandenen Wasserstoff-Kernnetz

(eigene Darstellung)

In den Regionen außer Reichweite des Wasserstoff-Kernnetzes entsteht der Wasserstoffbedarf in Betrieben der Metallerzeugung, der Kraftwagen- und der Glas-, Keramik- und Zementindustrie

Im Folgenden werden die regionalisierten branchenspezifischen potenziellen Wasserstoffbedarfe der verbleibenden Branchen Glas, Metallerzeugung, Kraftwagen, Papier, Metallerzeugnisse und Maschinenbau diskutiert. Es werden dabei Branchen identifiziert, die einen erhöhten potenziellen Wasserstoffbedarf in den jeweiligen Regionen aufweisen. Die Elektribranche wird hier nicht näher betrachtet, da sie keine signifikanten Wasserstoffbedarfe aufweist.

Abbildung 12 zeigt die branchenspezifischen regionalisierten potenziellen Wasserstoffbedarfe im Szenario „Strom“. Die Glas-, Keramik- und Zementindustrie, Kraftwagenindustrie sowie die Metallerzeugung sind die einzigen Branchen, die in diesem Szenario Wasserstoff nachfragen. Es zeigt sich, dass insbesondere die Metallerzeugung erhöhte potenzielle Wasserstoffbedarfe in den Regionen, Eifelkreis Bitburg-Prüm, Trier, Lahn-Dill-Kreis und Marburg-Biedenkopf aufweisen. Die Glas-, Keramik- und Zementindustrie sowie die Kraftwagenindustrie weisen ebenfalls erhöhte potenzielle Bedarfe im Lahn-Dill-Kreis auf, während die Glas-, Keramik- und Zementindustrie auch Bedarfe im Eifelkreis Bitburg-Prüm aufweist (in Abbildung 12 hervorgehoben).

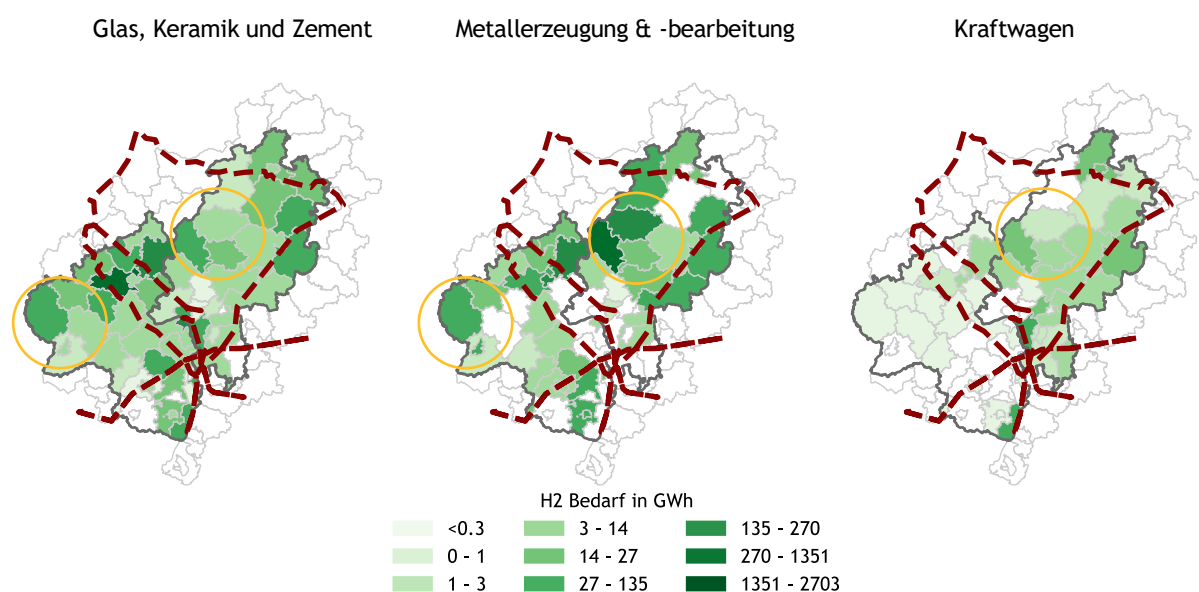


Abbildung 12: Regionale branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenziale im Szenario „Strom“

(eigene Darstellung)

Im Szenario „Wasserstoff“ liegt ein noch höherer potenzieller Bedarf der im „Strom“ Szenario beschriebenen Branchen⁵ in den identifizierten Regionen vor. Neben diesen Branchen, weisen auch die Papierindustrie, Maschinenbau und die Metallherzeugnisse potenzielle Wasserstoffbedarfe auf.

Die regionalisierten potenziellen Bedarfe dieser Branchen sind in Abbildung 13 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Regionen mit hohem potenziellem Bedarf und keiner angrenzenden Pipeline deckungsgleich in beiden Szenarien sind. Die Papierindustrie weist erhöhte potenzielle Bedarfe in Trier, im Kreis Bernkastel-Wittlich sowie ebenfalls im Lahn-Dill-Kreis und der Region Marburg-Biedenkopf auf. Sowohl die Metallherzeugnisse als auch der Maschinenbau haben erhöhte potenzielle Bedarfe in den vier auf aggregierter Ebene identifizierten Regionen, Trier, dem Eifelkreis Bitburg-Prüm, dem Lahn-Dill-Kreis und der Region Marburg-Biedenkopf.

Die drei Branchen im Szenario „Strom“ bzw. die sechs Branchen im Szenario „Wasserstoff“ sind wesentliche Wirtschaftsfaktoren in den beiden Bundesländern und weisen zukünftige Wasserstoffbedarfspotenziale in Regionen außerhalb der Anschlussdistanz des Kernnetzes auf. Für die betroffenen Branchen und Regionen erhöhen die aktuellen Pläne zur Wasserstoffversorgung nicht die Investitionssicherheiten. Inwieweit vor diesem Hintergrund andere Wasserstoffversorgungsoptionen oder alternative emissionsarme Prozesse durchsetzungsfähig wären, ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

⁵ Glas-, Keramik- und Zementindustrie, Kraftwagenindustrie sowie die Metallherzeugung.

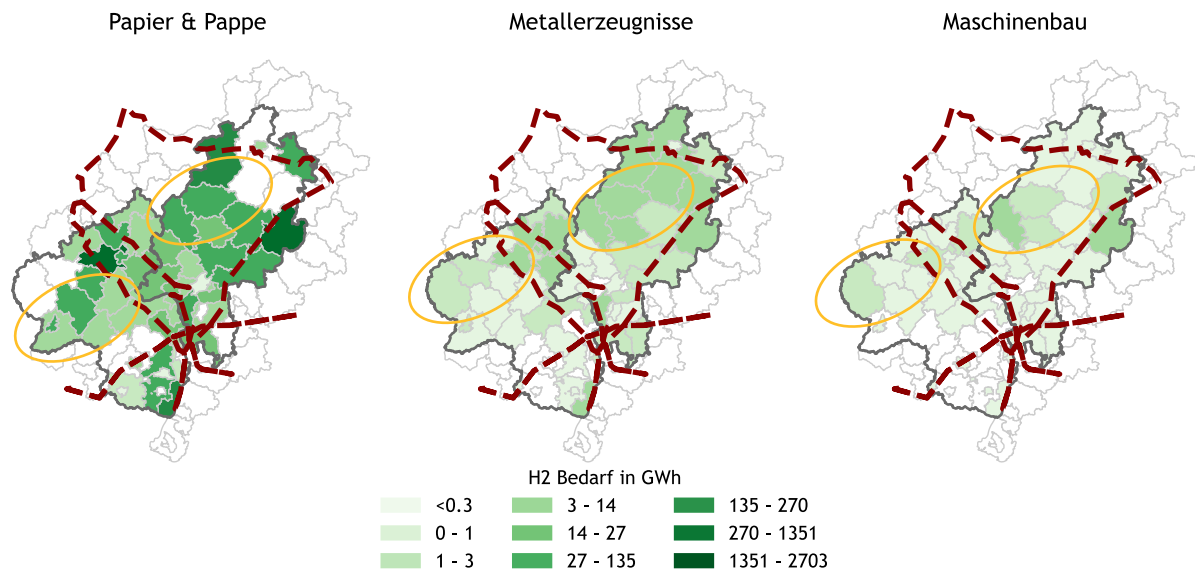


Abbildung 13: Regionale branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenzial im Szenario „Wasserstoff“

(eigene Darstellung)

Die Analyse zeigt, dass es drei „No-Regret Branchen“ in Hessen und Rheinland-Pfalz gibt

In den Branchen Glas, Keramik und Zement, Kraftwagen und Metallerzeugung und -bearbeitung, die im Szenario „Strom“ Wasserstoff nachfragen, bestehen Regionen, in denen ein branchenspezifisch erhöhter potenzieller Bedarf vorliegt, der auf aggregierter Ebene nicht ersichtlich ist. Diese Branchen können als sogenannte No-Regret Branchen betrachtet werden, da sie nicht nur im Szenario „Strom“ sondern auch im Szenario „Wasserstoff“ potenzielle Wasserstoffbedarfe aufweisen.

4.2 Branchenspezifische Distanzen zum Wasserstoff-Kernnetz

Die Distanz zum Wasserstoff-Kernnetz kann einen Anhaltspunkt dafür liefern, inwiefern einzelne Regionen an das Wasserstoff-Kernnetz angeschlossen sind oder werden könnten. Deswegen wird auf deskriptiver Basis und mithilfe eines qualitativen Distanzindikators die Nähe des ermittelten branchenspezifischen und regionalisierten potenziellen Wasserstoffbedarfs zum Wasserstoff-Kernnetz zusammengefasst.

Anhand des Verlaufs des Wasserstoff-Kernnetzes lässt sich mittels einer qualitativen Skala approximativ darstellen, wie gut eine Region an das Wasserstoff-Kernnetz angebunden ist (EWI, 2024). Mittels dieser Einordnung lässt sich ableiten, inwieweit die Transportinfrastruktur eine Wasserstoffversorgung der jeweiligen Region ermöglichen würde, beziehungsweise welche Branche auf andere Versorgungswege angewiesen wäre. Bei dieser Kennzahl handelt es sich um eine Annäherung, welche keine Aussagen über die tatsächliche Distanz zu Ein- oder Ausspeisepunkten des Wasserstoff-Kernnetzes zulässt. Ebenfalls können keine Aussagen darüber

getroffen werden, welche Wasserstoffbedarfe eine Wasserstoff-Verteilnetzumstellung rechtfertigen. Der Distanzindikator basiert auf dem Entwurf des Wasserstoff-Kernnetzes (FNB Gas, 2024).

Abbildung 14 zeigt die branchenspezifischen Wasserstoffbedarfe gemäß der beiden Szenarien in Kombination mit dem qualitativen Distanzindikator⁶. Dunkelgrün steht für mehrere Pipelines oder das Vorhandensein eines Knotenpunktes in der Region, grün steht für eine Pipeline in der Region, rot bedeutet, eine Pipeline grenzt an die Region und dunkelrot steht für keinen direkten Anschluss an eine Pipeline.

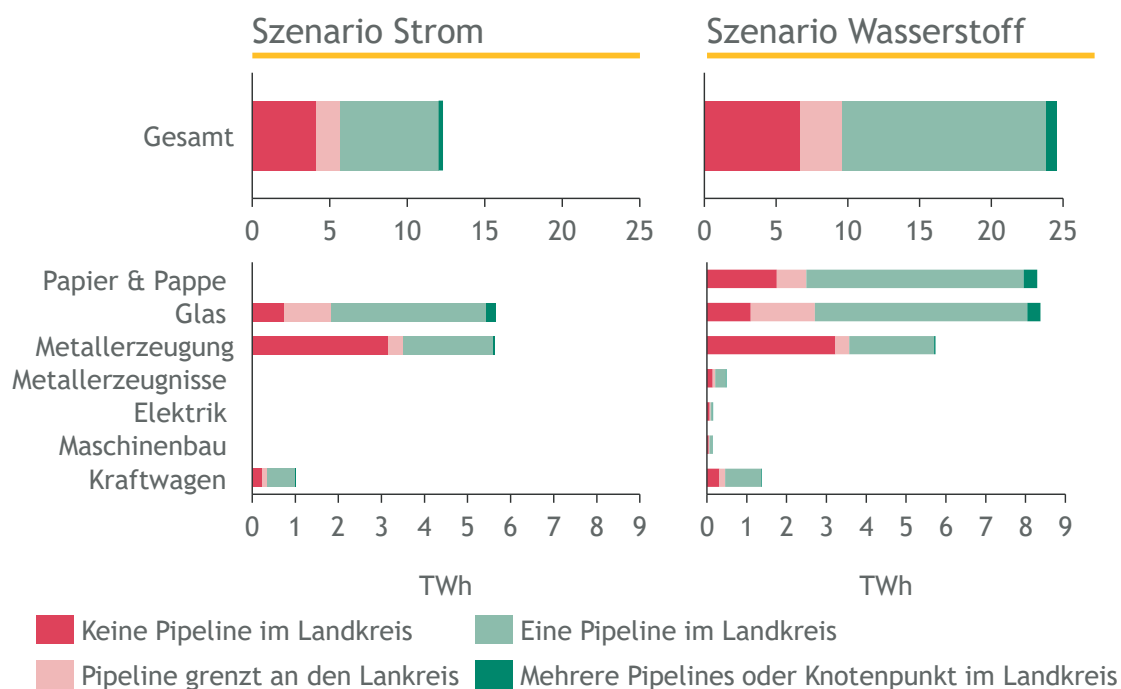


Abbildung 14: Branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenziale und ihre Nähe zum Wasserstoff-Kernnetz

(eigene Darstellung)

Im Szenario „Strom“ werden insgesamt potenziell etwa 12 TWh Wasserstoff nachgefragt. Davon verfügen etwa 4 TWh oder 1/3 über keine direkte Anschlussmöglichkeit an das Wasserstoff-Kernnetz. Potenzieller Wasserstoffbedarf fällt nur in den Branchen Glas, Keramik und Zement mit 5,7 TWh, Metallerzeugung mit 5,6 TWh und Kraftwagen mit 1 TWh an. Im Szenario „Wasserstoff“ ist der potenzielle Wasserstoffbedarf mit 25 TWh mehr als doppelt so hoch. 6,7 TWh des potenziellen Wasserstoffbedarfs liegen in Regionen, die über keine angrenzende Pipeline verfügen. Alle Branchen fragen potenziell Wasserstoff nach, insbesondere die Papierindustrie sowie Glas-, Keramik- und Zementindustrie weisen mit 8 TWh einen hohen potenziellen Bedarf auf. In der Metallerzeugung werden potenziell etwa 6 TWh Wasserstoff nachgefragt, während in den verbleibenden Branchen ein deutlich geringerer potenzieller Bedarf anfällt. Metallerzeugnisse weisen einen potenziellen Bedarf von 0,5 TWh, Kraftwagen von 1,4 TWh sowie Elektrik und Maschinenbau von etwa 0,15 TWh auf.

⁶ Die Anwendung des Distanzindikators ist in im Anhang in Abbildung 24 dargestellt.

Zusammengenommen befindet sich in beiden Szenarien mehr als 40 % des potenziellen Wasserstoffbedarfs der betrachteten Branchen in Landkreisen, die höchstens an das Wasserstoff-Kernnetz grenzen.

5 Fazit und Einordnung

Deutschlands Ziel der Klimaneutralität bis 2045 macht grundlegende Transformationen im verarbeitenden Gewerbe notwendig, da dessen Prozesse derzeit überwiegend auf fossilen Energien basieren. Ganze Branchen und viele Betriebe stehen vor maßgeblichen Investitionsentscheidungen, um die Prozessanlagen auf emissionsarme Energieträger umzustellen. Dabei müssen diese Entscheidungen vor dem Hintergrund marktlicher Unsicherheiten getroffen werden, da insbesondere die Entwicklungen von Mengen und Preisen emissionsarmer Energieträger unbekannt sind.

Diese Unsicherheiten sind besonders bei der zukünftigen Wasserstoffversorgung ausgeprägt. Mit dem Wasserstoff-Kernnetz wurde eine erste Transportinfrastruktur festgesetzt, um die Sicherheit in der Infrastruktur zu erhöhen und Planungen auf der Angebots- und Nachfrageseite zu erleichtern. Auch durch Rheinland-Pfalz und Hessen verläuft das Wasserstoff-Kernnetz, z. B. entlang der Industriezentren am Rhein. Für die dort ansässigen Industrien erhöht das Wasserstoff-Kernnetz die Wahrscheinlichkeit einer zukünftigen Wasserstoffversorgung. Ländlichere Regionen liegen jedoch nicht in unmittelbarer Versorgungsdistanz des Wasserstoff-Kernnetzes. Das Ziel dieses Gutachtens war es daher, anhand der Wirtschaftsstruktur der Länder Rheinland-Pfalz und Hessen, die Prozessalternativen der einzelnen Branchen und ihrer Standorte, Branchen und Regionen zu identifizieren, deren Wasserstoffbedarfspotenziale vom Wasserstoff-Kernnetz unberücksichtigt bleiben.

Im Ergebnis zeigt das Gutachten, dass in den betrachteten Bundesländern neben der Chemieindustrie auch die Wirtschaftszweige Papier und Pappe, Glas, Keramik und Zement, Metallerzeugung, Metallerzeugnisse, Elektrik, Maschinenbau und Kraftwagen wesentlich zur Wirtschaftsleistung beitragen⁷. In diesen Branchen wird zum Teil Hochtemperatur-Prozesswärme verwendet, bei der sich Wasserstoff in Zukunft als emissionsfreier Energieträger anbieten könnte. Das damit einhergehende Wasserstoffbedarfspotenzial entsteht auch in Regionen wie Bitburg-Prüm oder dem Lahn-Dill-Kreis, die nicht über das Wasserstoff-Kernnetz versorgt werden. Die Betriebe dieser Branchen haben dadurch potenziell einen erschwerten Zugang zum Energieträger Wasserstoff und eingeschränkte Dekarbonisierungsoptionen.

⁷ Die Auswahl der Branchen nach dem Wertschöpfungskriterium beruht auf der Wirtschaftsstruktur des Jahres 2022. Diese kann Schwankungen im Zeitverlauf unterliegen, sodass sich die Auswahl der Branchen für die Folgejahre leicht ändern könnte.

6 Literaturverzeichnis

- Bundesagentur für Arbeit. (2024). *Statistiken nach Regionen*. Von Zulieferung der Bundesagentur für Arbeit abgerufen
- EWI. (2024). *Standortbewertung für systemdienliche Elektrolyseure*. Von https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/07/20240712_EWI_EON_Thuega_Abschlussbericht_final.pdf abgerufen
- Fischer, B. (2024). *Gemeinsamer Antrag für das Wasserstoff-Kernnetz*. Von https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2024/07/2024_07_22_Antrag_Wasserstoff-Kernnetz_final.pdf abgerufen
- Fleiter, T., Rehfeldt, M., & Hirzel, S. (2023). *CO₂-neutrale Prozesswärmeerzeugung*. Von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-neutrale-prozesswaermeerzeugung> abgerufen
- FNB Gas. (2024). *Wasserstoff-Kernnetz FNB Gas*. Von <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/> abgerufen
- Frisch, S. (2010). *Prozesswärme im Marktanreizprogramm*. Von https://elib.dlr.de/82173/1/Prozessw%C3%A4rme_im_MAP.pdf abgerufen
- Ministerium für Wirtschaft, V. L.-P. (2023). *Industriekompass 2022*. Von https://mwvlw.rlp.de/fileadmin/08/Abteilung_4/8406/Industriekompass/Industriekompass_2022.pdf abgerufen
- Rohde, C. (2023). *Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2021 bis 2023 für die Sektoren Industrie und GHD*. Von https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2024/01/Anwendungsbilanz_Industrie_2022_vorlaeufig-update_20231030.pdf abgerufen
- Schmitt. (2014). *Integration thermischer Solaranlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme in Industriebetrieben*. Von https://www.reiner-lemoine-stiftung.de/pdf/dissertationen/Dissertation-Bastian_Schmitt.pdf abgerufen
- Statistisches Landesamt Hessen. (2023). *Betriebe, Beschäftigte und Umsatz im Verarbeitenden Gewerbe in Hessen 2022*. Von https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HEHeft_mods_00011822 abgerufen
- Statistisches Landesamt Hessen. (2024). *Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Hessen im Jahr 2022*. Von https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2024-02/EIV4_j22.pdf abgerufen
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (2023a). *Energieverwendung des verarbeitenden Gewerbes sowie im Bergbau und bei der Gewinnung von Steinen und Erden 2022*. Von https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/RPHeft_mods_00022718 abgerufen

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (2023b). *Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden 2022*. Von https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/RPHeft_mods_00022530 abgerufen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtumsatz verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 120,4 Mrd. Euro	7
Abbildung 2: Erdgasverbrauch verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 33,7 TWh.....	8
Abbildung 3: Umsatz verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 129,1 Mrd. €.....	9
Abbildung 4: Erdgasverbrauch verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 13,2 TWh.....	10
Abbildung 5: Regionaler Umsatz des verarbeitenden Gewerbes in Rheinland-Pfalz und Hessen	11
Abbildung 6: Regionaler Erdgasverbrauch in Rheinland-Pfalz und Hessen	12
Abbildung 7: Regionaler branchenspezifischer Erdgasbedarf Rheinland-Pfalz und Hessen.....	13
Abbildung 8: Temperaturabhängige Prozesswärmebedarfe	16
Abbildung 9: Durchsatzbezogene branchenspezifische Technologiewahl	17
Abbildung 10: Szenariobezogene branchenspezifische Wasserstoffpotenziale	19
Abbildung 11: Wasserstoffbedarfspotenziale im Abgleich mit dem vorhandenen Wasserstoff-Kernnetz	21
Abbildung 12: Regionale branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenziale im Szenario „Strom“	22
Abbildung 13: Regionale branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenzial im Szenario „Wasserstoff“	23
Abbildung 14: Branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenziale und ihre Nähe zum Wasserstoff-Kernnetz...	24
Abbildung 15: Endenergieverbrauch verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 72,5TWh.....	28
Abbildung 16: Anteil Erdgas am Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes in RLP	29
Abbildung 17: Anzahl Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 219.461	30
Abbildung 18: Erdgasintensität in kWh/€ in RLP (Werte aus 2022)	31
Abbildung 19: Endenergieverbrauch verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 33,1 TWh	32
Abbildung 20: Anteil Erdgas am Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes (2022)	33
Abbildung 21: Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 390.337	34
Abbildung 22: Erdgasintensität in HE in kWh/€ (Werte aus 2022)	35
Abbildung 23: Regionale branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenziale im Strom-Szenario	36
Abbildung 24: Regionale Wasserstoffbedarfspotenziale in Kombination mit dem Distanzindikator	36

Anhang

A.1. Wirtschaft Rheinland-Pfalz

Die Chemieindustrie hat den dominierenden Anteil am Endenergieverbrauch

Im Jahr 2022 wurden in RLP 72,5 TWh Erdgas verbraucht, davon entfielen 86 % auf das EG und 14 % auf das NEG (siehe Abbildung 15). Die Chemieindustrie ist mit 81 % des Endenergieverbrauchs des EG die dominierende Branche, gefolgt von der Glas-, Keramik- und Zementindustrie (8 %) und der Papierindustrie (7 %). Im NEG machen die Branchen Nahrungsmittel, Gummi und Kunststoff und Pharmazie gemeinsam die Hälfte des Endenergieverbrauchs aus. Die umsatzstarken Branchen Kraftwagen, Maschinenbau und Pharmazie nutzen nur 24 % der Endenergie.

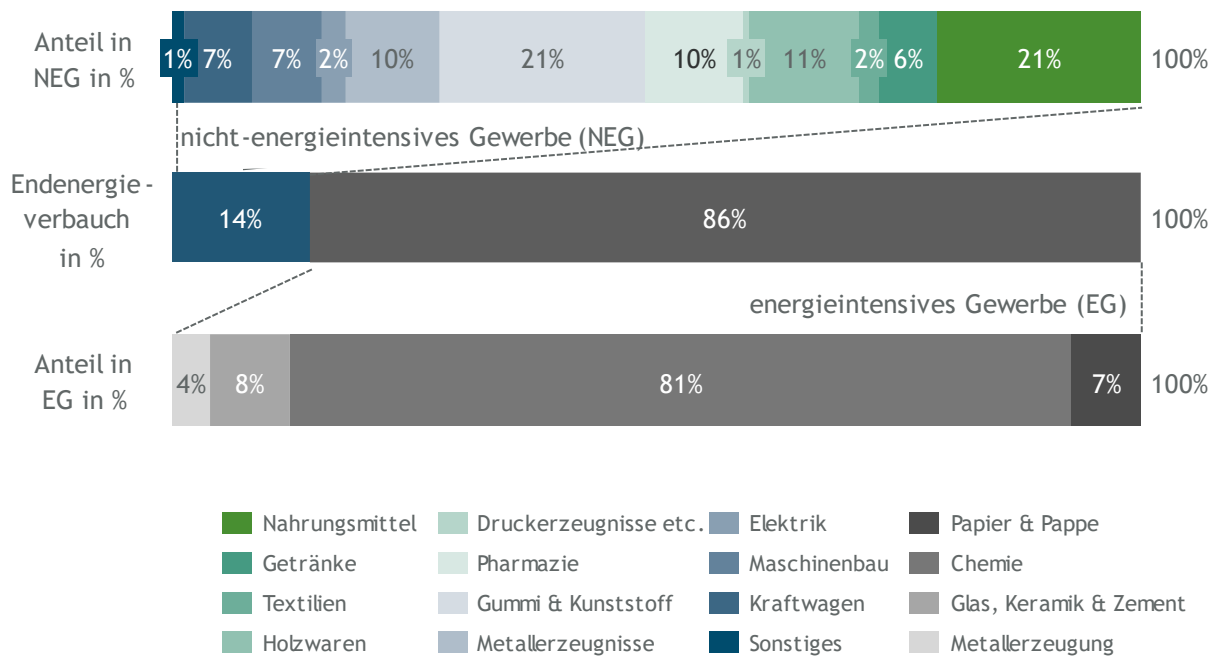


Abbildung 15: Endenergieverbrauch verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 72,5TWh

(Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a)

Die Nahrungsmittelindustrie hat den höchsten Erdgasanteil am Endenergieverbrauch

Trotz des hohen Anteils des EG am Erdgas- sowie Endenergieverbrauchs in RLP hat Erdgas nur einen Anteil von 47 % am Endenergieverbrauch (siehe Abbildung 16). Die Verteilung des Erdgasanteils am Endenergieverbrauch über die Branchen des EG hinweg ist homogen. Die in Bezug auf Endenergieverbrauch dominierende Chemiebranche weist nur einen durchschnittlichen Anteil von 47 % am Endenergieverbrauch auf. Dagegen hat die Nahrungsmittelbranche mit 72 % den höchsten Erdgasanteil am Endenergieverbrauch. Die Getränkeindustrie folgte mit einem

Anteil von 56 %, während andere Branchen wie die Gummi- und Kunststoffindustrie, Metallerzeugnisse, Elektrik und Maschinenbau zwischen 26 % und 44 % lagen. Holzwaren hatten im Vergleich zu anderen Branchen mit nur 4 % den niedrigsten Anteil.

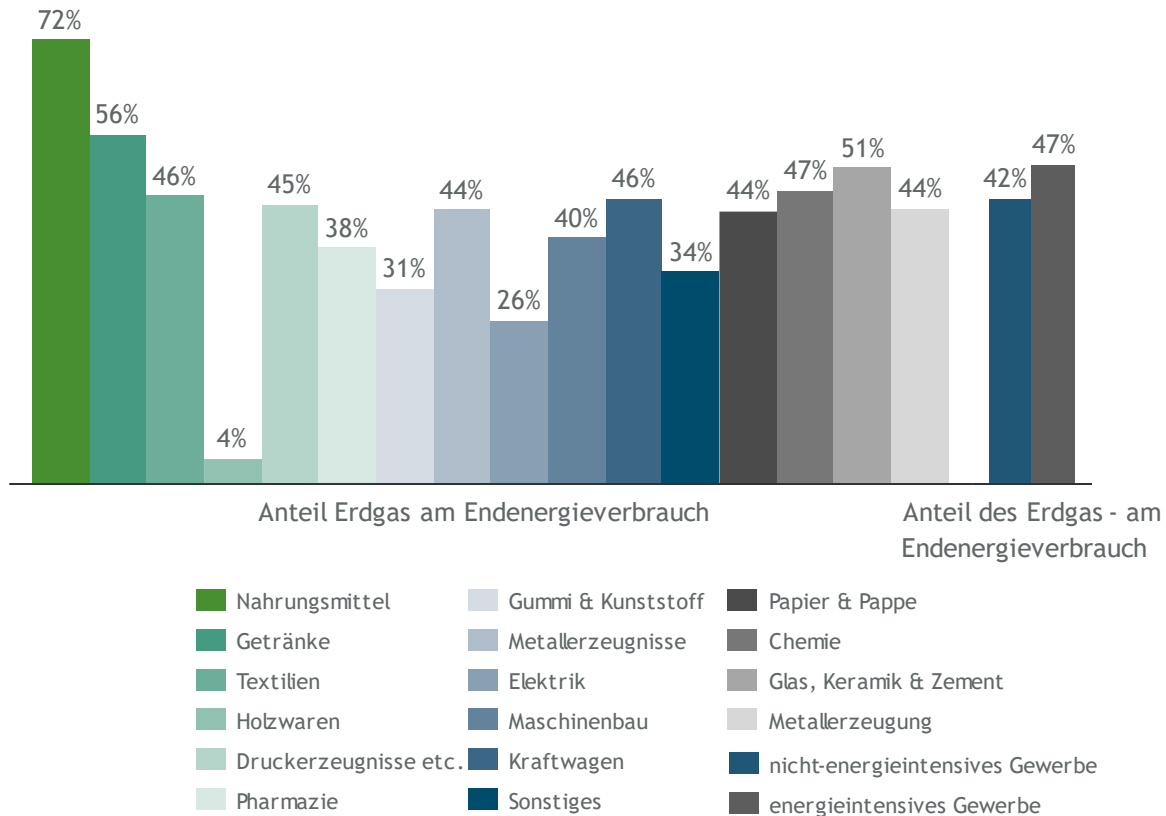


Abbildung 16: Anteil Erdgas am Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes in RLP

(Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a)

Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe

Von den 291.461 Tausend Beschäftigten arbeiten 206.937 (71 %) im NEG und 84.524 (29 %) im EG. Mit 57 % arbeitet der größte Anteil der Beschäftigten in der Chemieindustrie, gefolgt von der Glas-, Keramik- und Zementindustrie mit 20 %, der Papierindustrie mit 12 % und den Metallerzeugnissen mit 11 %. Die Verteilung der Beschäftigten im NEG ist homogener. Etwa 1/5 der Beschäftigten ist im Maschinenbau tätig. Zusammen mit der Kraftwagenindustrie, Metallerzeugnissen sowie Gummi und Kunststoff machen die vier Branchen die Hälfte der Beschäftigten im NEG aus.

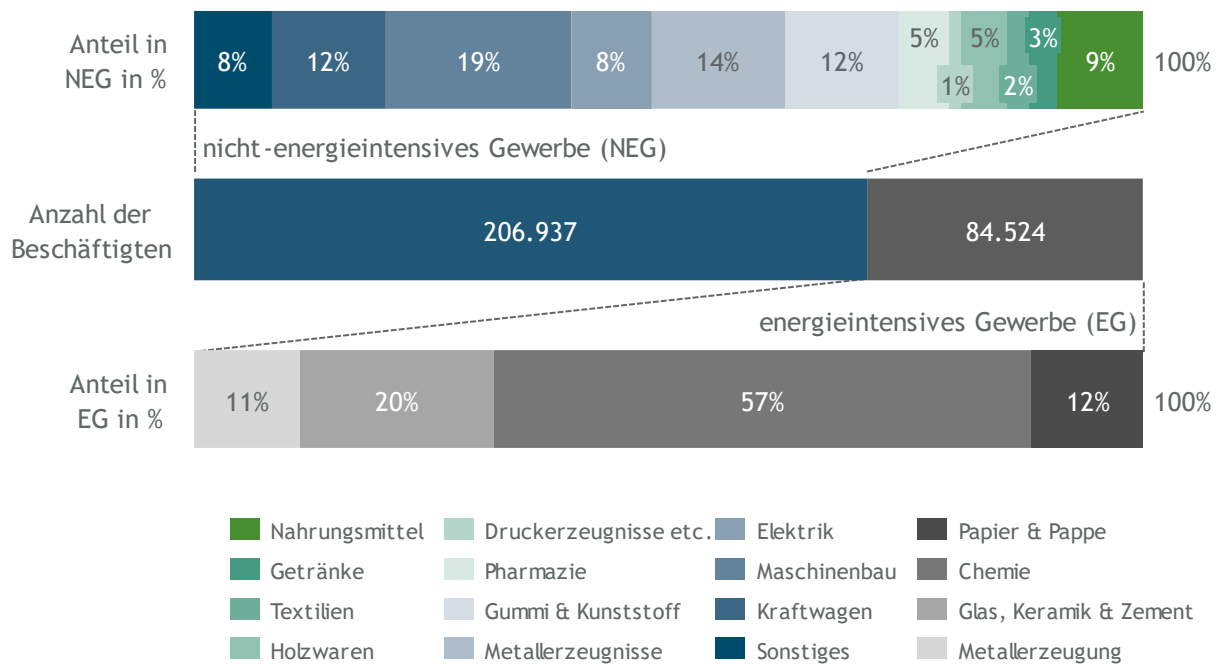


Abbildung 17: Anzahl Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe in RLP (2022): 219.461

(Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023b)

Die Chemieindustrie weist mit 0,65 kWh/€ die höchste Erdgasintensität auf

Die Erdgasintensität ist als die Menge eingesetzten Erdgases in kWh pro erzielt Euro Umsatz definiert. Die Umsätze der Chemieindustrie waren im Jahr 2022 im Vergleich zu den anderen Branchen vergleichsweise hoch, jedoch weist sie gleichzeitig den höchsten Erdgasverbrauch unter den betrachteten Branchen auf. Dies führt dazu, dass ihr Umsatz pro Erdgasverbrauch der niedrigste aller Branchen ist. Im EG weisen alle Branchen mindestens eine Erdgasintensität von 0,17 kWh/€ auf. Im NEG hat die Nahrungsmittelindustrie den erdgasintensivsten Prozess und weist eine Intensität von 0,26 kWh/€ auf. Pharmazie, Metallerzeugnisse und Gummi & Kunststoff haben mittlere Gasintensitäten zwischen 0,05 kWh/€ und 0,12 kWh/€, während Kraftwagen und Maschinenbau geringere Intensitäten aufweisen.

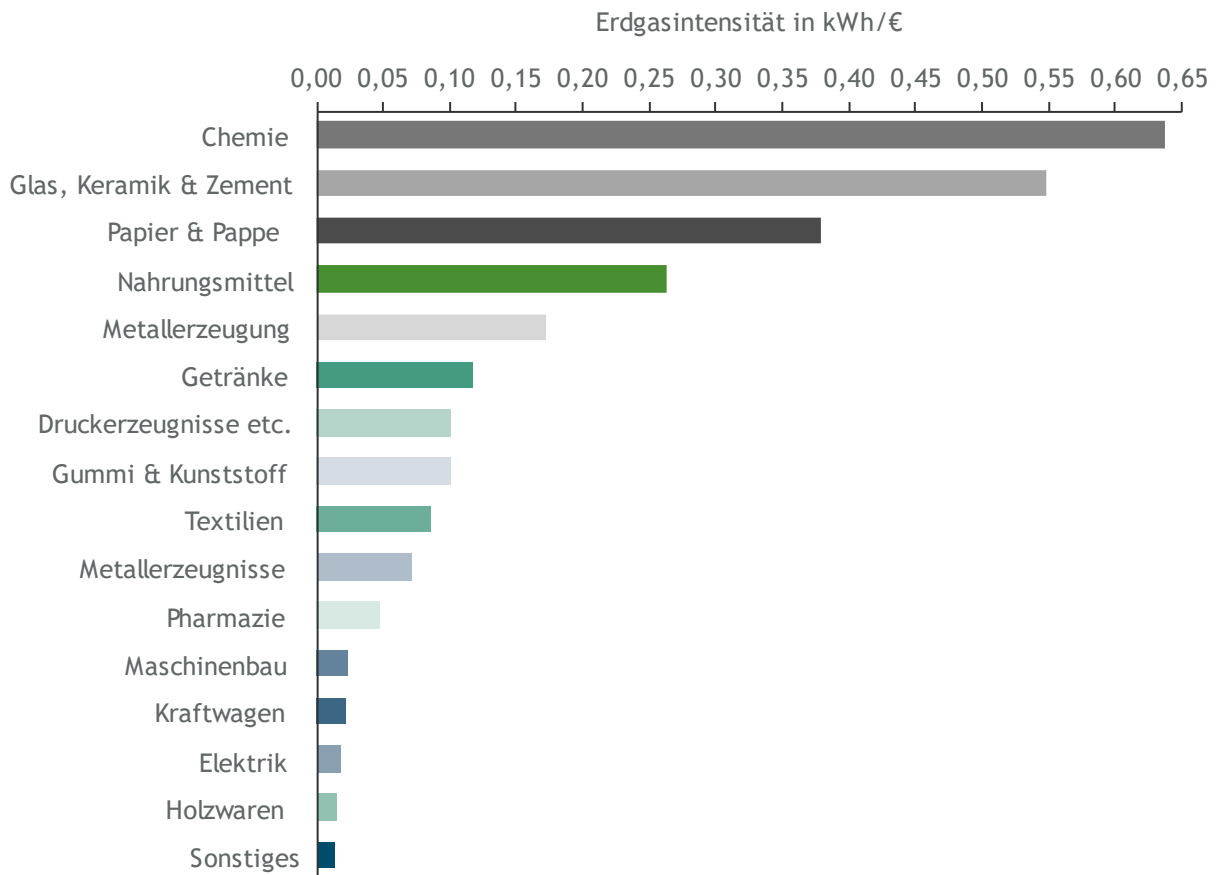


Abbildung 18: Erdgasintensität in kWh/€ in RLP (Werte aus 2022)

(Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2023a und 2023b)

A.2. Wirtschaft in Hessen

Das EG hat einen Anteil von 60 % am Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes beläuft sich auf 33,1 TWh, davon entfallen 13,2 TWh (40 %) auf das NEG und 19,9 TWh (60 %) auf das EG. Den höchsten Anteil am Endenergieverbrauch hat die Chemieindustrie mit 59 %. Die umsatzstarken Branchen Papier und Pappe und Metallerzeugung haben nur einen Anteil von etwa 15 %. Die Anteile unter den Branchen am Endenergieverbrauch sind im NEG homogener verteilt. Zusammengekommen machen Nahrungsmittel, Gummi und Kunststoff sowie Kraftwagen die Hälfte des Endenergieverbrauchs im NEG aus. Die umsatzstarken Branchen Kraftwagen, Maschinenbau und Pharmazie nutzen nur 35 % der Endenergie.

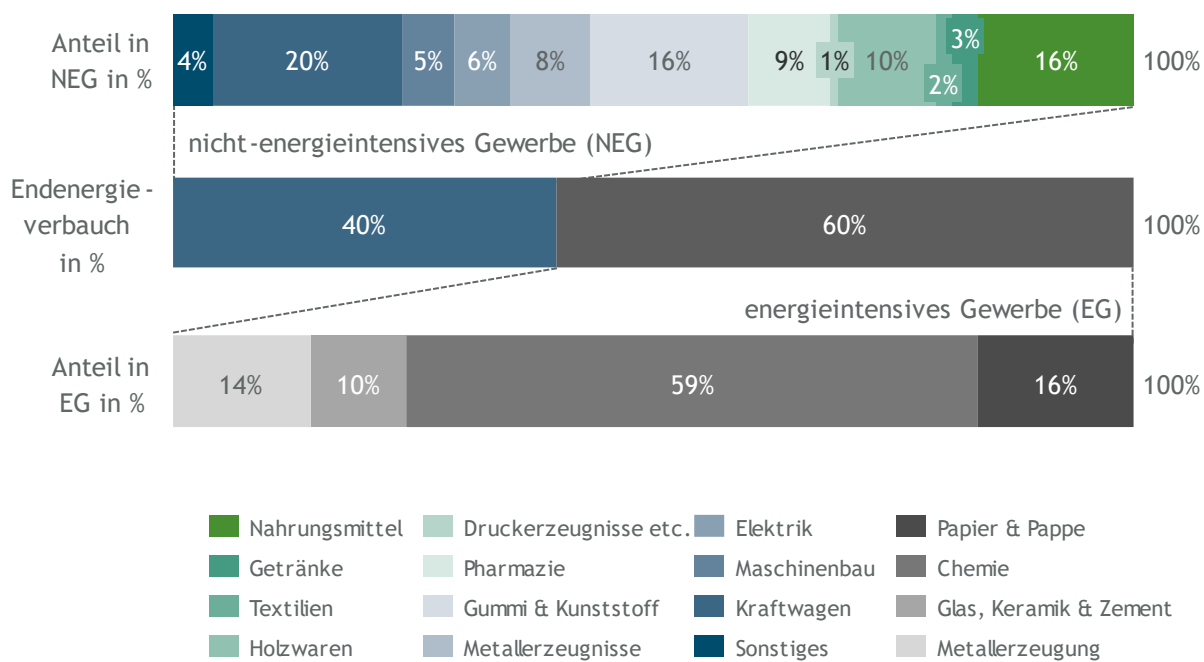


Abbildung 19: Endenergieverbrauch verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 33,1 TWh

(Statistisches Landesamt Hessen, 2024)

Die Textilindustrie hat den höchsten Erdgases am Endenergieverbrauch

Das EG und NEG haben beide einen Anteil von 40 % des Erdgasverbrauchs am Endenergieverbrauch. Trotz hoher Erdgas- und Endenergieverbräuche hat die Chemieindustrie mit 39 % nur einen durchschnittlichen Anteil. Die verbleibenden Branchen des EG weisen Anteile zwischen 25 % und 39 % auf. Grundsätzlich zeigt sich im NEG eine heterogenere Verteilung der Anteile über die Branchen hinweg. Die Textilindustrie weist den höchsten Erdgasanteil mit 62 % auf, dicht gefolgt von der Nahrungsmittelindustrie mit 61 % und der Getränkeindustrie mit 54 %. Holzwaren weisen mit 3 % über alle Branchen hinweg den niedrigsten Anteil auf.

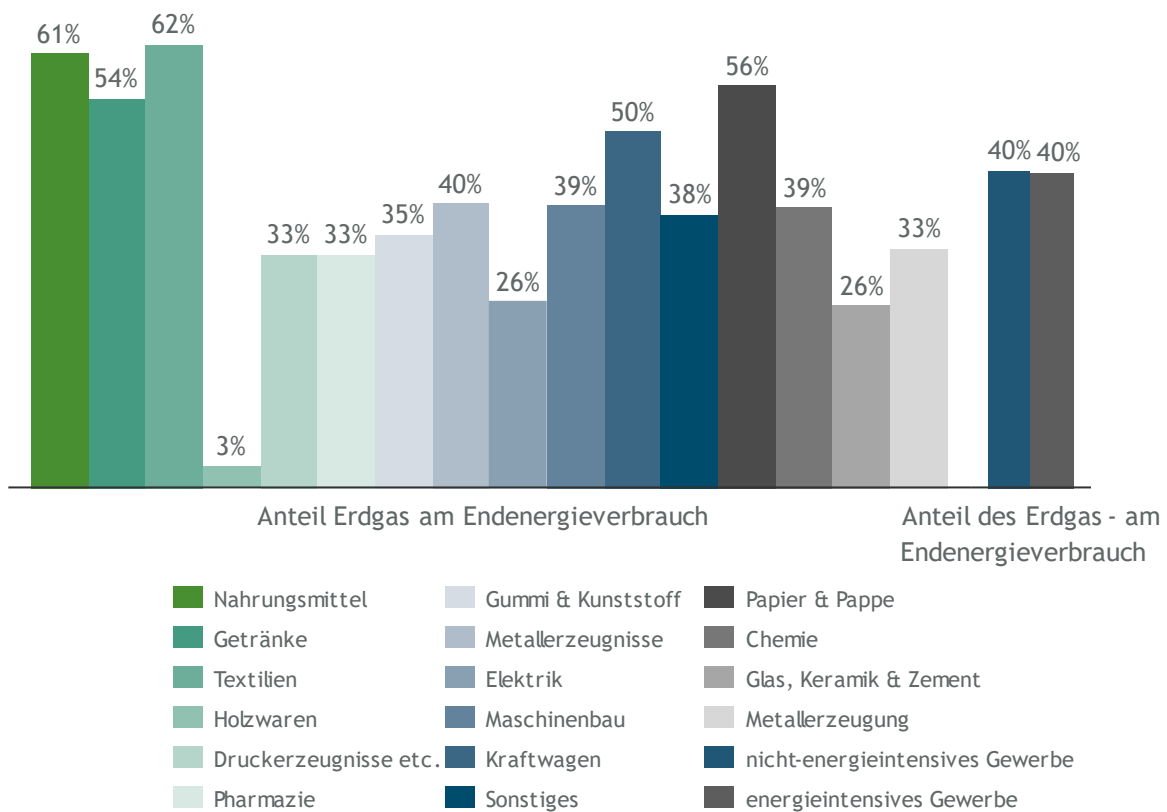


Abbildung 20: Anteil Erdgas am Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes (2022)

(Statistisches Landesamt Hessen, 2024)

82 % der Beschäftigten sind im NEG tätig

In verarbeitenden Gewerbe in HE sind 390.337 Beschäftigte tätig. Davon sind 82 % im NEG und 18 % im EG beschäftigt. 55 % der Beschäftigten arbeiten in der Chemieindustrie, gefolgt von 20 % in der Metallerzeugung und etwa 12 % in der Papierindustrie und der Glas-, Keramik- und Zementindustrie. Im NEG zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung der Beschäftigten über die Branchen hinweg. Die Hälfte aller Beschäftigten ist in der Kraftwagen-, Elektrik- und Maschinenbauindustrie tätig.

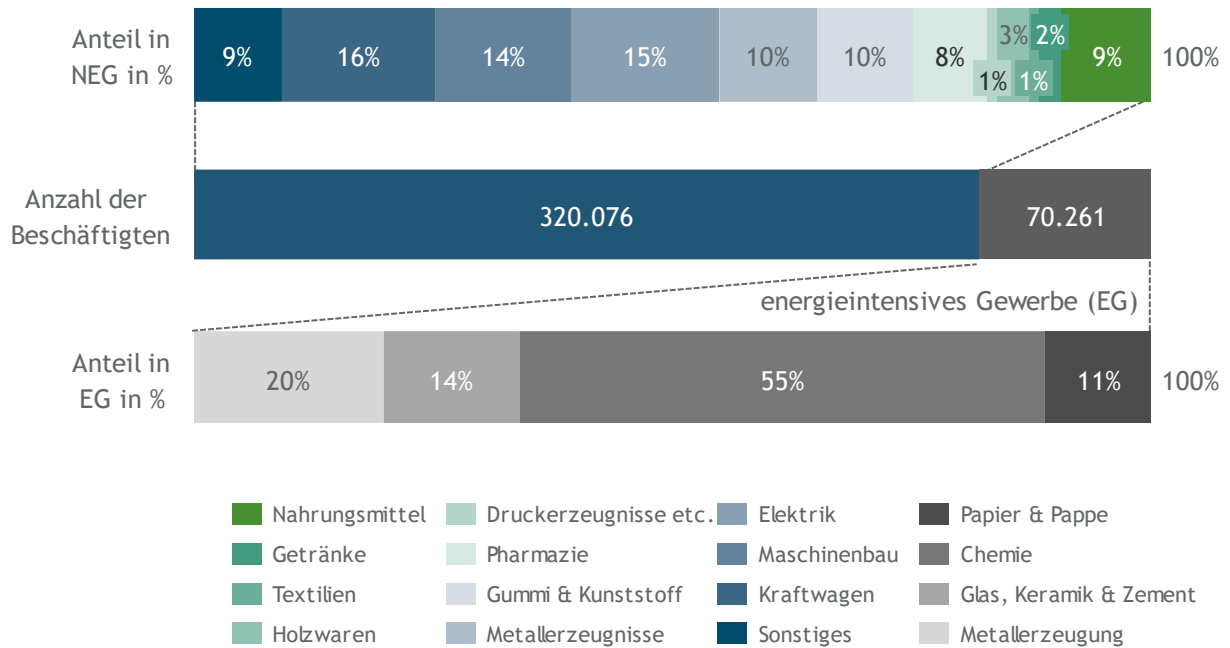


Abbildung 21: Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe in HE (2022): 390.337

(Statistisches Landesamt Hessen, 2023)

Die Papierindustrie weist mit 0,64 kWh/€ die höchste Erdgasintensität auf

Im Vergleich zu RLP weist die Metallerzeugung in HE eine mit 0,06 kWh/€ sehr niedrige Erdgasintensität auf. Im NEG hat die Nahrungsmittelindustrie mit 0,22 kWh/€ die höchste Erdgasintensität. Die Fahrzeugbau-, Gummi- und Kunststoffindustrie haben mittlere Erdgasintensitäten zwischen 0,05 kWh/€ und 0,12 kWh/€. Die Pharma- und Maschinenbauindustrie weist geringere Intensitäten auf.

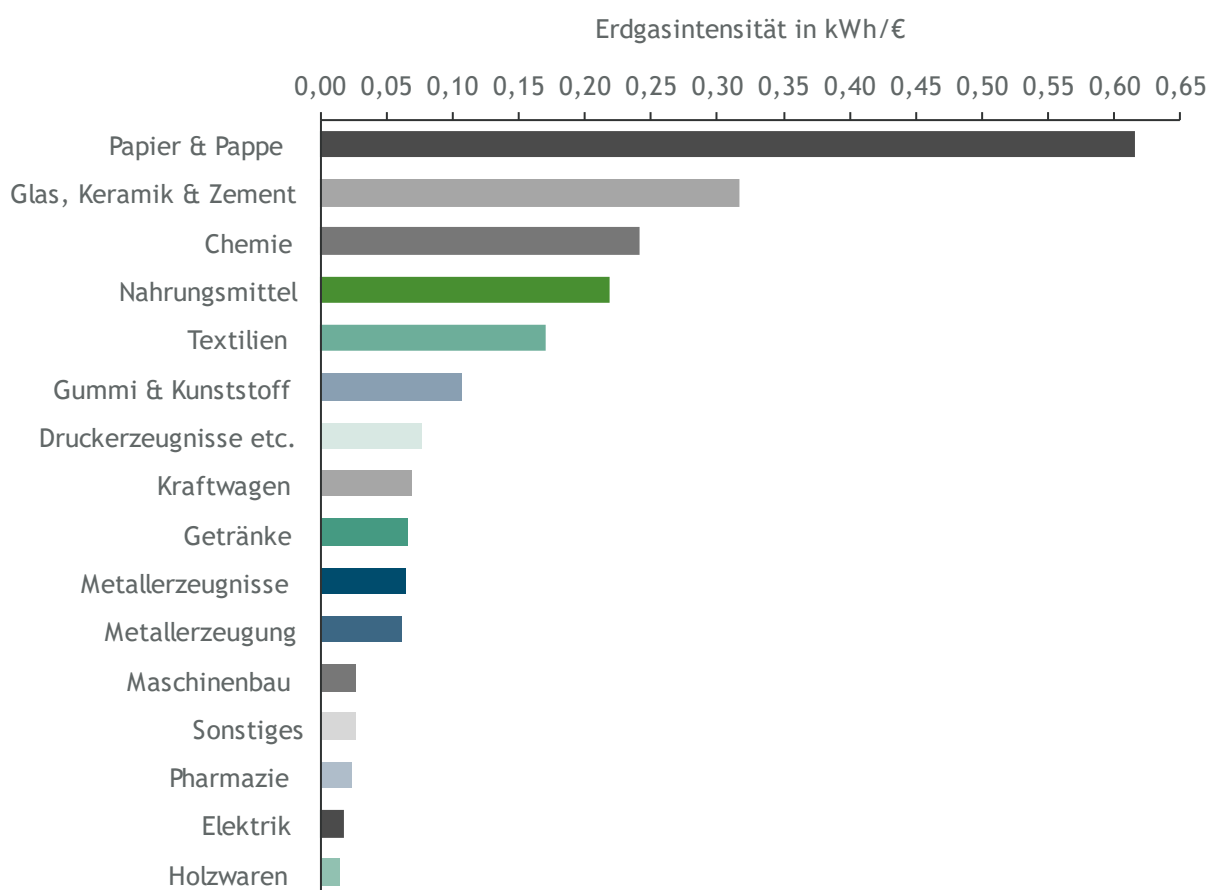


Abbildung 22: Erdgasintensität in HE in kWh/€ (Werte aus 2022)

(Statistisches Landesamt Hessen, 2023 und 2024)

A.3. Regionale Wasserstoffbedarfspotenziale in Kombination mit dem Distanzindikator

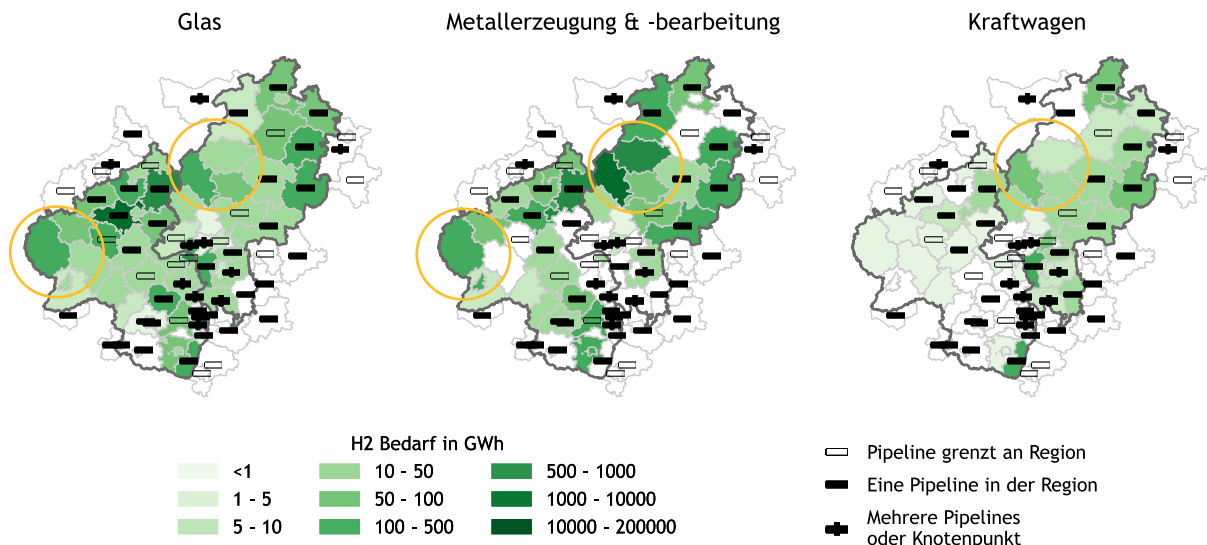


Abbildung 23: Regionale branchenspezifische Wasserstoffbedarfspotenziale im Strom-Szenario

(eigene Darstellung)

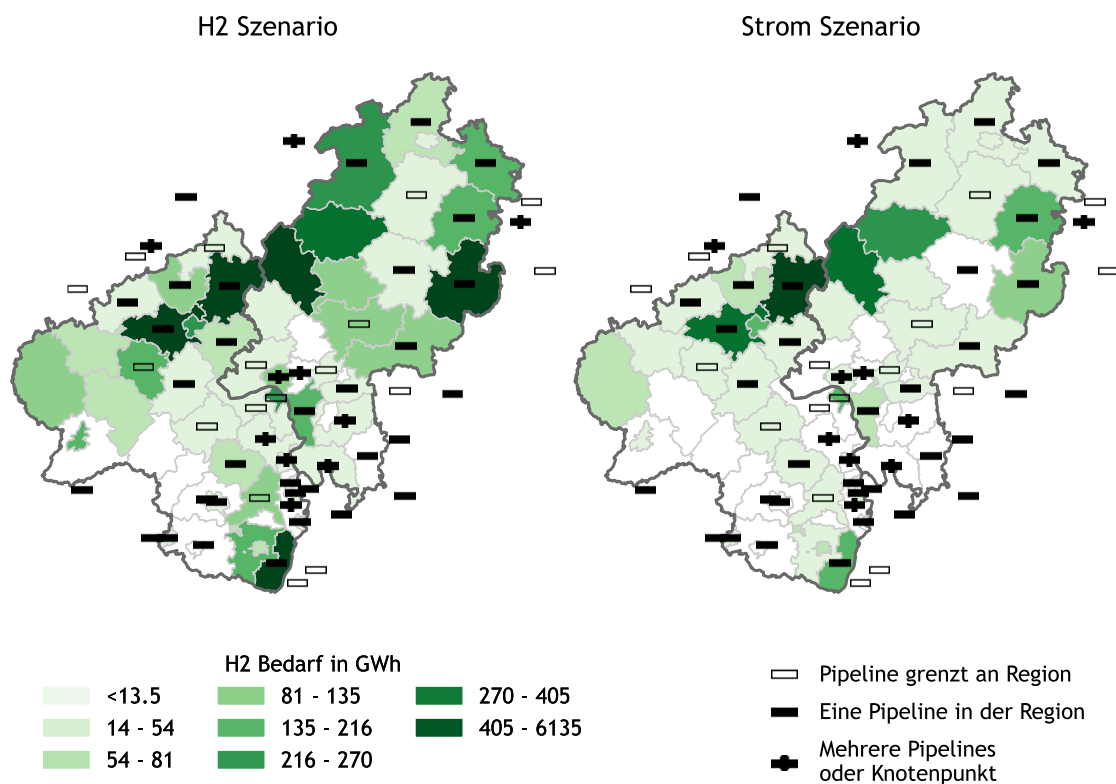


Abbildung 24: Regionale Wasserstoffbedarfspotenziale in Kombination mit dem Distanzindikator

(eigene Darstellung)