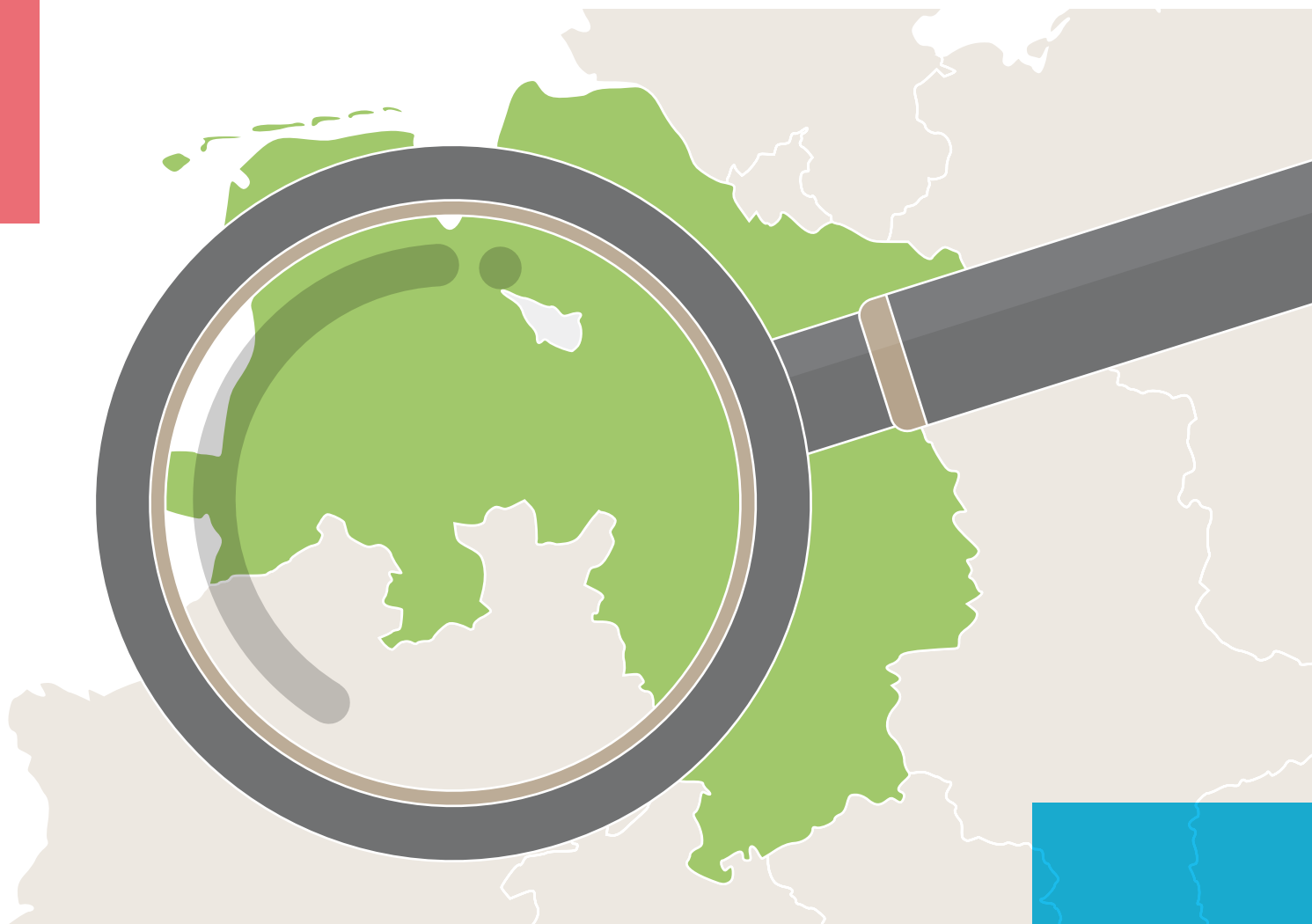




Niedersachsen
Allianz für Nachhaltigkeit



Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft

**Eine explorative Untersuchung zu Wissensstand und
Handlungsmöglichkeiten der Transformation in Niedersachsen**

Impressum

Studie

Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft – Eine explorative Untersuchung zu Wissensstand und Handlungsmöglichkeiten der Transformation in Niedersachsen

Zitiervorschlag

Mohnen, Lea; Thomsen, Prof. Dr. Stephan L.; Weiß, Daniel; Ingwersen, Kai; Gulden, Vivien-Sophie (2022): Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft – Eine explorative Untersuchung zu Wissensstand und Handlungsmöglichkeiten der Transformation in Niedersachsen, Hrsg. v. Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit, Hannover.

Herausgeberin

Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit

c/o Klimaschutz- und Energieagentur

Niedersachsen GmbH

Osterstraße 60

30159 Hannover

+49 511 897039-0

info@nachhaltigkeitsallianz.de

www.nachhaltigkeitsallianz.de

Erstellt durch

adelphi consult GmbH

Alt-Moabit 91

10559 Berlin

+49 030 8900068-0

office@adelphi.de

www.adelphi.de

Institut für Wirtschaftspolitik der Leibniz Universität Hannover

Königsworther Platz 1

30167 Hannover

+49 511 762 4574

sekretariat@wipol.uni-hannover.de

www.wipol.uni-hannover.de

Projektbetreuung

Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit

Danksagung

Erst das Engagement der Kolleg*innen der Partnerorganisationen der Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit hat diese Studie möglich gemacht. Für das Einbringen der niedersächsischen Fachexpertise im Rahmen des Stakeholder*innenprozesses und für die tatkräftige Unterstützung möchten wir uns bedanken bei Dr. Frank-Peter Ahlers, Eva Amon, Dr. Axel Ebers, Daniel Farnung, Johannes Grabbe, Eric Hartmann, Prof. Dr. Harald Heinrichs, Dr. Heinrich-Wilhelm Klopp, Dr. René Lüddecke, Björn Schaeper und Kathrin Theers.

Für die kritische Bewertung der Zwischenergebnisse bedanken wir uns bei den beteiligten Interessensvertretungen der niedersächsischen Wirtschaft und Beschäftigten.

Gestaltung

MITTE MAI Agentur für Marken & Design

www.mittemai.de

Bildnachweis

Titel: Nachhaltigkeitsallianz

Stand

August 2022

© Nachhaltigkeitsallianz 2022

Alle Rechte vorbehalten. Die durch die Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit erstellten Inhalte des Werkes und das Werk selbst unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Beiträge Dritter sind als solche gekennzeichnet. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung der Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit. Die Vervielfältigung von Teilen des Werkes ist nur zulässig, wenn die Quelle genannt wird.

Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit

Die **Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit (NAN)** ist eine Kooperation von Landesregierung (vertreten durch das Umwelt- und das Wirtschaftsministerium), Wirtschaftsverbänden, Gewerkschaften und Kammern. Ihr Hauptziel ist die Förderung der nachhaltigen Entwicklung in Unternehmen und damit die Stärkung des Wirtschaftsstandorts Niedersachsen. Als ein Schwerpunkt der Nachhaltigkeitsstrategie Niedersachsen bildet die NAN zugleich eine Schnittstelle zwischen Wirtschaft und Landesregierung. Als sozialpartnerschaftliche Kooperation hat die Allianz den Anspruch, den Transformationsprozess der niedersächsischen Wirtschaft hin zur praktischen Klimaneutralität aktiv mitzugestalten und zu einer zukunftsfähigen Wirtschaft beizutragen.

Eine nachhaltige Unternehmenspolitik steht vor der anspruchsvollen Aufgabe, den Wirtschaftsstandort Niedersachsen und seine Arbeitsplätze dauerhaft zu sichern, den Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz zu einem integralen Bestandteil der wirtschaftlichen Tätigkeit zu machen und die soziale Gerechtigkeit zu wahren und zu fördern. Die Allianz stärkt die Nachhaltigkeit niedersächsischer Unternehmen im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung der drei Dimensionen: Ökologie, Soziales und Ökonomie. Über allem steht dabei das Ziel, die sozialen und wirtschaftlichen Interessen mit der langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen in Einklang zu bringen.

In den drei Dimensionen der betrieblichen Nachhaltigkeit – Ökologie, Soziales und Ökonomie – bietet die NAN praxisnahe Unterstützung und Informationen und initiiert Projekte, um das Thema Nachhaltigkeit in betrieblichen Prozessen zu verankern. Über Veranstaltungen, Seminare und Netzwerkarbeit fördert sie den Informations- und Erfahrungsaustausch der niedersächsischen Wirtschaft. Dabei setzt die Allianz auf Kontinuität und stützt sich auf die Kompetenz ihrer starken Partner*innen aus Kammern, Gewerkschaften, Unternehmerverbänden und der Landesregierung.

Geschäftsstelle

Eine gemeinsame Geschäftsstelle sorgt für die erfolgreiche Umsetzung der Ziele. In ihr arbeiten Mitarbeiter*innen der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN), der Bildungsvereinigung Arbeit und Leben des Deutschen Gewerkschaftsbundes Niedersachsen – Bremen – Sachsen-Anhalt (DGB) und der Unternehmerverbände Niedersachsen e.V. (UVN) zusammen. Ziel dieser Konstellation ist es, jeder der drei Säulen der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Soziales und Ökologie) eine Stimme zu geben. Zudem unterstützen die Partnerorganisationen der Allianz mit ihrer Expertise. Ihren Sitz hat die Geschäftsstelle bei der KEAN.

Die Autor*innen

adelphi

adelphi ist eine unabhängige Denkfabrik und führende Beratungseinrichtung für Klima, Umwelt und Entwicklung. Unser Auftrag ist die Stärkung von Global Governance durch Forschung, Beratung und Dialog. Wir bieten Regierungen, internationalen Organisationen, Unternehmen und zivilgesellschaftlichen Akteur*innen maßgeschneiderte Lösungen für nachhaltige Entwicklung und unterstützen sie dabei, globalen Herausforderungen wirkungsvoll zu begegnen.

Unsere rund 280 Mitarbeiter*innen leisten hochqualifizierte, interdisziplinäre Forschungsarbeit und bieten strategische Politikanalysen und -beratung sowie Beratungen für Unternehmen an. Wir ermöglichen politischen Dialog und führen weltweit Trainingsmaßnahmen für öffentliche Einrichtungen und Unternehmen durch, um sie beim Erwerb von Kompetenzen zur Bewältigung des transformativen Wandels zu unterstützen. Seit 2001 haben wir weltweit mehr als 800 Projekte in den folgenden thematischen Bereichen implementiert: **Klima, Energie, Ressourcen, Green Economy, Sustainable Business, Green Finance, Frieden und Sicherheit, Internationale Zusammenarbeit und Urbane Transformation.**

Partnerschaften sind ein zentraler Schlüssel unserer Arbeit. Durch Kooperationen mit Spezialist*innen und Partnerorganisationen stärken wir Global Governance und fördern transformativen Wandel, nachhaltiges Ressourcenmanagement und Resilienz.

adelphi ist eine wertebasierte Organisation mit informeller Unternehmenskultur, die auf den Werten Exzellenz, Vertrauen und Kollegialität fußt. Nachhaltigkeit ist die Grundlage unseres Handelns, nach innen und außen. Aus diesem Grund gestalten wir unsere Aktivitäten stets klimaneutral und nutzen ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem.

Daniel Weiß

Head of Programme Green Economy
weiss@adelphi.de
www.adelphi.de

Lea Mohnen

Consultant
mohnen@adelphi.de
www.adelphi.de

Lucca Maixner

Project Assistant
maixner@adelphi.de
www.adelphi.de

Institut für Wirtschaftspolitik

Das **Institut für Wirtschaftspolitik** der Leibniz Universität Hannover mit seinem **Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS)** betreibt neben Grundlagenforschung drittmittelfinanzierte Projektforschung zu aktuellen wirtschaftswissenschaftlichen und wirtschaftspolitischen Fragestellungen. Die Geschäftsführende Leitung des Instituts für Wirtschaftspolitik und des CWS liegt bei Prof. Dr. Stephan Thomsen.

Zum Aufgabenspektrum zählen sowohl regionale als auch überregionale und internationale Fragestellungen. Grundlage der wirtschaftspolitischen Beratung sind wissenschaftlich fundierte Konzepte und empirische Arbeiten unter Verwendung moderner quantitativer Verfahren. Das CWS verfügt über regional, national und international anerkannte Expertise in der Entwicklung von Indikatorensystemen in der Innovations- und Strukturforschung, der Erstellung von Branchenstudien, insbesondere auch für Querschnittsbranchen, die in der amtlichen Statistik nicht verfügbar sind (z. B. Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft, Informations- und Medienwirtschaft, Schlüsseltechnologien: Key Enabling Technologies), sowie in der regionalwirtschaftlichen Wirkungsforschung in Kombination von Primärdaten und Input-Output-Analysen.

Das CWS kooperiert eng mit anderen Forschungs- und Beratungsinstituten (wie DIW Berlin, ZEW Mannheim, Fraunhofer ISI Karlsruhe, ifo München, idea Brüssel) sowie statistischen Ämtern und Forschungsdatenzentren, um das eigene Profil aufgabenspezifisch zu ergänzen. Für die Durchführung von Forschungsvorhaben steht ein Team von Mitarbeiter*innen des CWS mit verschiedenen Erfahrungen bereit, das durch weitere Wissenschaftler*innen des Instituts für Wirtschaftspolitik und der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät sowie durch hilfswissenschaftliches Personal für die Aufbereitung von Daten und Materialien unterstützt wird.

Prof. Dr. Stephan L. Thomsen

Direktor des Instituts für Wirtschaftspolitik und Geschäftsführender Leiter des CWS
thomsen@wipol.uni-hannover.de
www.wipol.uni-hannover.de/de/thomsen

Kai Ingwersen

Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand
ingwersen@wipol.uni-hannover.de
www.wipol.uni-hannover.de/de/ingwersen

Vivien-Sophie Gulden

Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin
gulden@wipol.uni-hannover.de
www.wipol.uni-hannover.de/de/gulden

Zusammenfassung

Niedersachsen hat sich in seinem novellierten Klimagesetz¹ das Ziel gesetzt, bis 2030 seine Treibhausgasemissionen um 65 % zu reduzieren, um spätestens 2045 klimaneutral zu sein. Der niedersächsischen Wirtschaft kommt bei dieser Transformation eine entscheidende Rolle zu. Denn um die Ziele der Treibhausneutralität zu erreichen, müssen bestehende Produktionssysteme sowie Rohstoffbedarfe und Produkte fundamental verändert werden. Die Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit (NAN) als Kooperation zwischen Landesregierung, Unternehmerverbänden, Gewerkschaften und Kammern verfolgt das Ziel, den Transformationsprozess aktiv mitzugestalten und der niedersächsischen Wirtschaft, ihren Beschäftigten sowie der Politik konkrete Hilfestellung zu leisten. Vor diesem Hintergrund gibt die vorliegende Studie im Auftrag der NAN einen Überblick über den aktuellen Informationsstand sowie die Handlungsmöglichkeiten zur Unterstützung der Transformation der niedersächsischen Wirtschaft im Rahmen einer explorativen Betrachtung auf Basis der vorhandenen Literatur.

Ein kostenminimaler gesamtwirtschaftlicher Transformationspfad erfordert die zielgerichtete Kombination verschiedener Emissionsvermeidungshebel. Zentrale Vermeidungshebel sind die Wärmewende in der Industrie, die Vermeidung von Prozessemissionen, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Förderung der zirkulären Wirtschaft und Ressourceneffizienz. Darüber hinaus stellen der Ausbau der Erzeugung und Nutzung Erneuerbarer Energien, der Wasserstoffproduktion und -infrastruktur sowie die Begleitung und Gestaltung des Wandels auf dem Arbeitsmarkt wichtige Grundvoraussetzungen für die erforderliche Transformation der Wirtschaft dar. Diese Handlungsfelder werden für den niedersachsenspezifischen Kontext in den Blick genommen und in Bezug auf das verfügbare Wissen zur Ausgangslage in Niedersachsen betrachtet.

Branchenspezifische Anforderungen wie Temperaturbedarfe, energetische Anwendungsbereiche und Rohstoffbedarfe beeinflussen die Relevanz und Handlungsbedarfe in Bezug auf die einzelnen

Vermeidungshebel und technologische Umstellungsoptionen. Kernelement des Berichts ist deshalb eine branchenspezifische Betrachtung ausgewählter Wirtschaftszweige in Niedersachsen. Dem verarbeitenden Gewerbe in Niedersachsen kommt eine zentrale Rolle in der Transformation zu: Kennzeichnend für diesen Wirtschaftsbereich ist der hohe Anteil an den Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft. Zudem werden die Energiewirtschaft und das Handwerk aufgrund ihrer zentralen Rolle für das Gelingen der Transformation näher analysiert.

Eine Besonderheit der niedersächsischen Wirtschaft liegt in der überdurchschnittlichen Ausprägung der Lebensmittel- und der Automobilindustrie. Dies zeigt sich nicht nur in überdurchschnittlichen Anteilen der beiden Sektoren an den Gesamtemissionen und dem Energieverbrauch in Niedersachsen. Auch die Forschungslandschaft ist stark durch den Automobilsektor und seine eng verzahnten Zulieferbetriebe geprägt. Zudem ist der niedersächsische Energiemix in vielen der betrachteten Branchen von einem überdurchschnittlichen Anteil an Erdgas am Endenergiebedarf gekennzeichnet, der Anteil der strom- und biomassebasierten Prozesse ist hingegen in einigen Branchen leicht unterdurchschnittlich. Daneben sind in vielen der betrachteten Branchen des verarbeitenden Gewerbes Prozesswärmebedarfe für einen hohen Anteil des Endenergieverbrauchs verantwortlich. Diese Bedarfe werden bislang mehrheitlich fossil gedeckt. Zwischen 2010 und 2019 konnte in den meisten Branchen keine signifikante Reduktion des fossilen Energiebedarfs verzeichnet werden, Reduktionen im Kohleverbrauch wurden insbesondere durch eine Substitution mit Erdgas sowie in geringeren Teilen durch Fernwärme erzielt. Eine Umstellung auf strombasierte Prozesse oder Biomasse erfolgte in den betrachteten Branchen kaum, auch spielen sonstige erneuerbare Energiequellen wie Solar- oder Geothermie keine nennenswerte Rolle in der Deckung der Energiebedarfe der betrachteten Branchen. In Bezug auf die Reduktion der energiebedingten Emissionen sowie des Energieverbrauchs zeigen sich heterogene Entwicklungen in den Branchen. Während die energiebedingten Emissionen beispiels-

weise in der Chemieindustrie sowie der Papierindustrie um rund 15 % gesenkt werden konnten, stiegen die energiebedingten Emissionen in der Stahlindustrie.

Die Analyse der bestehenden wissenschaftlichen Literatur zeigt dabei auf, dass bislang insbesondere zentrale Schlüsselbranchen wie der Eisen- und Stahlsektor, die Chemieindustrie und der Zementsektor im Fokus stehen. Dies liegt insbesondere im hohen Anteil an den Gesamtemissionen, einem hohen Anteil von schwer vermeidbaren Prozessemissionen sowie langen Investitionszyklen und einem hohen Reinvestitionsbedarf in den kommenden Jahren begründet. Für andere Branchen mit einer hohen Relevanz für die niedersächsische Transformation liegt hingegen nur eine geringe Anzahl von Studien zu den technischen Optionen und Emissionsminderungspotenzialen klimafreundlicher Technologien vor. Eine zentrale Lücke zeigt sich zudem auch in der Verfügbarkeit relevanter Daten zur Bewertung des aktuellen Umsetzungsstandes der Transformation in Niedersachsen. Dies gilt in besonderem Maße für die Verfügbarkeit von Daten zu den Klimaschutzinvestitionen und zu FuE-Aktivitäten der niedersächsischen Wirtschaft, für Daten zu Prozessemissionen, zur zirkulären Wirtschaft sowie zu den niedersachsen-spezifischen Herausforderungen in Bezug auf einen strukturellen Wandel am Arbeitsmarkt in einzelnen Branchen.

Der aktuell starke Anstieg der Energiepreise stellt die Wirtschaft bundesweit vor eine weitere akute Herausforderung. Dieser beeinflusst die Investitionsentscheidungen von Unternehmen mittel- und unmittelbar. Um einen ersten Eindruck davon zu erhalten, inwieweit zum Studienzeitpunkt Klimaschutzinvestitionen von niedersächsischen Unternehmen aufgrund der neuen Rahmenbedingungen verändert werden, wurde für diese Studie eine Kurzumfrage durchgeführt, um ein erstes Stimmungsbild der Unternehmen einzufangen. Die Ergebnisse zeigen, dass die an der Umfrage teilnehmenden Unternehmen bislang häufiger die geplanten Investitionen in den Klimaschutz vorziehen oder erhöhen, als die Investitionen zurückzuhalten. Insbesondere Investitionen in FuE für klimafreundliche Produkte und Prozesse, den Ausbau der Infrastruktur für die Nutzung Erneuerbarer Energien sowie den Aufbau von Wissen zum Klimaschutz wurden in höherem Maße als geplant umgesetzt.

Die branchenspezifische Betrachtung legt relevante Informationslücken und Handlungsbedarfe für die Unterstützung der Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft offen. Zugleich erfordert die Zielsetzung des Niedersächsischen Klimagesetzes eine signifikante Beschleunigung der bislang erzielten Veränderungsdynamiken in den einzelnen Handlungsfeldern. Besondere Handlungsbedarfe zeigen sich insbesondere in der Dekarbonisierung industrieller Wärmebedarfe sowie der Förderung der zirkulären Wirtschaft. Dabei stellt sich die besondere Herausforderung, dass eine Schließung der identifizierten Informationslücken für niedersachsenspezifische Handlungsfelder sowie die Implementierung konkreter Maßnahmen für eine Förderung der Transformation parallel adressiert werden müssen.

1 Vollständige Bezeichnung: Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung des Klimawandels (NKlimaG, Niedersächsisches Klimagesetz).

Inhalt

	Abbildungsverzeichnis	X
	Tabellenverzeichnis	XI
	Anhangsverzeichnis	XII
	Abkürzungsverzeichnis	XIII
1	Einleitung	1
	Methodisches Vorgehen und Gliederung	2
2	Wirtschaftsstandort Niedersachsen	4
	2.1 Wirtschaftsgeografische Struktur	4
	2.2 Stärken und Schwächen	5
	2.3 Investitionsbedarfe für eine nachhaltige Wirtschaft	7
3	Grundlagen der Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft	8
	3.1 Wärmewende in der Industrie	9
	3.2 Vermeidung von Prozessemissionen	12
	3.3 Energieeffizienz	13
	3.4 Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz	14
	3.5 Wasserstofferzeugung und -infrastruktur	15
	3.6 Ausbau der Erzeugung und Nutzung Erneuerbarer Energien	17
	3.7 Wandel am Arbeitsmarkt	18
4	Branchenbetrachtung	19
	4.1 Erläuterung zu den Branchensteckbriefen	21
	4.2 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	23
	4.2.1 Struktur der Branche	23
	4.2.2 Emissionen und Energieverbrauch	24
	4.2.3 Transformationspfad	25
	4.2.4 Gegenwärtige Herausforderungen	26
	4.2.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	26
	4.3 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	28
	4.3.1 Struktur der Branche	28
	4.3.2 Emissionen und Energieverbrauch	29
	4.3.3 Transformationspfad	30
	4.3.4 Gegenwärtige Herausforderungen	31
	4.3.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	32

4.4	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	33
4.4.1	Struktur der Branche	33
4.4.2	Emissionen und Energieverbrauch	34
4.4.3	Transformationspfad	35
4.4.4	Gegenwärtige Herausforderungen	36
4.4.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	36
4.5	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	39
4.5.1	Struktur der Branche	39
4.5.2	Emissionen und Energieverbrauch	40
4.5.3	Transformationspfad	40
4.5.4	Gegenwärtige Herausforderungen	42
4.5.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	42
4.6	Metallerzeugung und -bearbeitung	44
4.6.1	Struktur der Branche	44
4.6.2	Emissionen und Energieverbrauch	45
4.6.3	Transformationspfad	46
4.6.4	Gegenwärtige Herausforderungen	47
4.6.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	47
4.7	Maschinenbau	49
4.7.1	Struktur der Branche	49
4.7.2	Emissionen und Energieverbrauch	50
4.7.3	Transformationspfad	50
4.7.4	Gegenwärtige Herausforderungen	51
4.7.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	52
4.8	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	53
4.8.1	Struktur der Branche	53
4.8.2	Emissionen und Energieverbrauch	54
4.8.3	Transformationspfad	55
4.8.4	Gegenwärtige Herausforderungen	56
4.8.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	56
4.9	Energieversorgung	58
4.9.1	Struktur der Branche	58
4.9.2	Emissionen und Energieverbrauch	59
4.9.3	Transformationspfad	60
4.9.4	Gegenwärtige Herausforderungen	61
4.9.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	61

4.10	Handwerk	63
4.10.1	Struktur der Branche	63
4.10.2	Emissionen und Energieverbrauch	64
4.10.3	Transformationspfad	65
4.10.4	Gegenwärtige Herausforderungen	66
4.10.5	Ausgewählte Handlungsfelder der Branche	67
5	Synthese der Branchensteckbriefe	68
6	Exkurs – Stimmungsbild der aktuellen Lage: Umfrageergebnisse	71
6.1	Wirtschaftliche Lage	71
6.2	Klimaschutzinvestitionen	73
6.3	Gründe	73
6.4	Zentrale Herausforderungen für die kommenden zwei Jahre	76
7	Empfehlungen für ein Fortschrittsmonitoring	77
7.1	Grundlagen	77
7.2	Zentrale Anforderungen	78
7.3	Implementierung	79
8	Handlungsbedarfe und Empfehlungen für Folgeschritte	80
9	Anhang	86
	Literaturverzeichnis	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Darstellung des Stakeholder-Prozesses im Rahmen der Studierenerstellung	3
Abbildung 2	Das Land Niedersachsen	4
Abbildung 3	Anwendungsbereiche des Endenergieverbrauchs der deutschen Industrie	10
Abbildung 4	Auswahl der betrachteten Branchen im verarbeitenden Gewerbe	20
Abbildung 5	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Ernährungs- und Tabakindustrie (WZ 10–12) (in %, 2019)	25
Abbildung 6	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen des deutschen Papiergewerbes (in %, 2019)	30
Abbildung 7	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Grundstoffchemie (WZ 20.1) (in %, 2019)	35
Abbildung 8	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Gummi- und Kunststoffindustrie (in %, 2019)	41
Abbildung 9	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Metallerzeugung (Eisenmetalle) (WZ 24.1) (in %, 2019)	46
Abbildung 10	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen des deutschen Maschinenbaus (in %, 2019)	51
Abbildung 11	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen des deutschen Fahrzeugbaus (WZ 29–30) (in %, 2019)	55
Abbildung 12	Entwicklung der Produktion und Beschäftigungen in den letzten 6 Monaten	72
Abbildung 13	Erwartete Entwicklung der Produktion und Beschäftigung in den kommenden 6 Monaten	72
Abbildung 14	Geplante Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingte Investitionen der Unternehmen in den letzten 6 Monaten	74
Abbildung 15	Gründe für die Abweichungen von den geplanten Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingten Investitionen	75
Abbildung 16	Gründe für das Vorziehen oder Zurückstellen der geplanten Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingten Investitionen	75
Abbildung 17	Zentrale Herausforderungen der kommenden 2 Jahre aus Sicht der Unternehmen	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Relevanz-Indikatoren der Branchensteckbriefe	22
------------------	--	----

Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Statistische Kennzahlen der Branchensteckbriefe	86
Anhang 2	Zuordnung des Handwerks nach ausgewählten Wirtschaftszweigen (WZ08)	87
Anhang 3	Zusammenfassende Kennzahlentabelle	88
Anhang 4	Liste der kontaktierten UVN-Mitgliedsverbände	90

Abkürzungsverzeichnis

BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BZNB	Breitbandzentrum Niedersachsen und Bremen
bspw	beispielsweise
CAD	Computer aided design
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DGB	Deutscher Gewerkschaftsbund
d.h.	das heißt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EEV	Endenergieverbrauch
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
ESF	Europäischer Sozialfonds
FuE	Forschung und Entwicklung
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GW	Gigawatt
HVC	High Value Chemicals
IuK	Information und Kommunikation
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IHK	Industrie- und Handelskammer Niedersachsen
inkl	inklusive
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
LHN	Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen
KEAN	Klimaschutz und Energieagentur Niedersachsen
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung

LNG	Liquified Natural Gas
Mt	Millionen Tonnen
Mrd	Milliarden
MW	Megawatt
MWp	Megawatt peak
NAN	Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit
NE	Nichteisen(-metalle)
NKlimaG	Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels
NKSpG	Niedersächsisches Kohlendioxid-Speicherungsgesetz
NWN	Niedersächsisches Wasserstoffnetzwerk
PEV	Primärenergieverbrauch
PKW	Personenkraftwagen
SDGs	Sustainable Development Goals
THG	Treibhausgas
TWh	Terrawattstunden
UGRdL	Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder
UVN	Unternehmervverbände Niedersachsen e.V.
WZ	Klassifikation der Wirtschaftszweige
ZDH	Zentralverband des Deutschen Handwerks

Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft



1 Einleitung

Niedersachsen soll Klimaschutzland Nummer 1 in Deutschland werden – dieses Ziel hat sich die niedersächsische Landesregierung gesetzt und hierzu das Thema Klimaschutz als Staatsziel in der Landesverfassung verankert (Nds. MU 2022).

Um diesem Anspruch gerecht zu werden, hat der Landtag Niedersachsen im Dezember 2020 ein „Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels“ verabschiedet (Niedersächsisches Klimagesetz, NKlimaG). Mit diesem Gesetz setzt sich Niedersachsen verbindliche Ziele zur landesweiten Treibhausgasreduktion und legt die Kernelemente seiner Klimastrategie fest. Seitdem haben tiefgreifende Entwicklungen die nationale und internationale Klimapolitik beeinflusst – angefangen mit der Anhebung der europäischen Klimaschutzziele, dem wegweisenden Urteil des Bundesverfassungsgerichts zur Wahrung der Generationengerechtigkeit, der Steigerung des Ambitionsniveaus im Klimaschutz durch den Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung und jüngst insbesondere der Ausbruch des Krieges in der Ukraine und die daraus resultierenden Effekte auf die Energieversorgung. Um der Anhebung der bundesweiten Klimaschutzziele im Jahr 2021 Rechnung zu tragen, wurde das im Jahr 2020 verabschiedete Niedersächsische Klimagesetz im Jahr 2022 novelliert. Eine Minderung der Gesamtemissionen bis 2030 um 65 % und das Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 sind nun auch im Landesgesetz festgeschrieben.

Der niedersächsischen Wirtschaft kommt bei dieser Transformation eine entscheidende Rolle zu. Denn um die Ziele der Treibhausneutralität zu erreichen, müssen bestehende Produktionssysteme sowie Rohstoffbedarfe und Produkte fundamental verändert werden. Dabei gibt das Niedersächsische Klimagesetz vor, dass diese Klimaschutzziele „unter Berücksichtigung der Innovationsfähigkeit, der Leistungsfähigkeit und der industriepolitischen Chancen der niedersächsischen Wirtschaft, der Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Niedersachsen, der Versorgungssicherheit und der Sozialverträglich-

keit erreicht werden“ (Niedersachsen 2022). Diese gesetzliche Verankerung verdeutlicht die Zielsetzung des Landes, nicht nur die Herausforderungen und die Chancen für die Wirtschaft, sondern auch die Veränderungsdynamiken für Beschäftigte in Niedersachsen zu adressieren.

Die Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit (NAN) als Kooperation zwischen Landesregierung, Unternehmensverbänden, Gewerkschaften und Kammern verfolgt das Ziel, den notwendigen Transformationsprozess aktiv mitzugestalten und der niedersächsischen Wirtschaft und ihren Beschäftigten sowie der Politik konkrete Hilfestellung zu leisten. Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Studie im Rahmen einer explorativen Betrachtung auf Basis der vorhandenen Literatur einen Überblick über den aktuellen Informationsstand zum Ausgangspunkt und Zielpfad sowie den Handlungsmöglichkeiten zur Transformation der niedersächsischen Wirtschaft geben. Die zentralen Vermeidungshebel der Treibhausgas (THG)-Emissionen sowie bisheriger Hemmnisse der Transformation in der europäischen und deutschen Industrie werden bereits vielfältig und umfangreich von Wissenschaft, Politik und Wirtschaft diskutiert. Daher liegt der Fokus der vorliegenden Betrachtung darauf, das bestehende Wissen zur Transformation der Wirtschaft zusammenzufassen, auf den niedersächsischen Kontext anzuwenden und niedersachsenspezifische Wissens- und Handlungsbedarfe zu identifizieren. Basierend auf der Analyse branchenübergreifender und branchenspezifischer Handlungsfelder der Transformation in Niedersachsen formuliert dieser Bericht Handlungskorridore, entlang derer sich Folgeschritte des Landes Niedersachsen und der Partnerorganisationen der NAN orientieren können.

Methodisches Vorgehen und Gliederung

Um den Transformationsprozess der niedersächsischen Wirtschaft mit wirkungsorientierten Maßnahmen unterstützen zu können, ist es notwendig, neben dem Zielbild auch die Ausgangslage sowie mögliche Pfade zur Zielerreichung zu kennen. Vor diesem Hintergrund analysiert dieser Bericht die Ausgangslage der Transformation in der niedersächsischen Wirtschaft in Bezug auf zentrale wirtschaftliche Strukturdaten sowie die branchenübergreifenden Emissionsvermeidungshebel und Handlungsfelder der Transformation. Grundlage für die Analyse der Vermeidungshebel und Handlungsfelder bilden fünf wegweisende Studien, die mögliche Transformationspfade für Deutschland zur Erreichung der Emissionsreduktionsziele analysieren². Dabei liegt ein Fokus des Kapitels auf einer Synthese wesentlicher Konsens- und Dissenslinien in Bezug auf mögliche Pfadoptionen zur Erreichung der THG-Minderungsziele. Das vorhandene Wissen zur Transformation auf Bundesebene wird durch eine knappe Betrachtung der Datenverfügbarkeit zur Ausgangslage in Niedersachsen in Bezug auf das jeweilige Handlungsfeld ergänzt.

Die betrachteten Studien zu möglichen Transformationspfaden zeigen dabei auf, dass die Relevanz einzelner Vermeidungshebel und technologischer Umstellungsoptionen von branchenspezifischen Faktoren wie Temperaturbedarfen, energetischen Anwendungsbereichen und Rohstoffbedarfen abhängt. Im Zentrum des vorliegenden Berichts steht daher die branchenspezifische Analyse ausgewählter Wirtschaftszweige in Niedersachsen. Betrachtet werden insbesondere die Ausgangslage für die Transformation in Hinblick auf wirtschaftliche Strukturdaten sowie Emissions- und Energiekennzahlen, branchenspezifische Transformationsbedarfe sowie aktuelle Herausforderungen der Branchen. Basierend auf einer qualitativen Auswertung der bestehenden Literatur werden ausgewählte Handlungsfelder branchenspezifisch im Hinblick auf den Status quo der Transformation in Niedersachsen in den Blick genommen.

Der Erstellungszeitraum dieses Berichts war von dynamischen Änderungen der Energieverfügbarkeit und -preise, der politischen Rahmenbedingungen sowie von makroökonomischen Veränderungen geprägt. Diese beeinflussen unweigerlich auch klimapolitische Abwägungen von Wirtschaft und Politik. Um diesen Dynamiken Rechnung zu tragen, wurde in einer Umfrage ein Stimmungsbild zu den Auswirkungen der aktuellen Krise auf die Investitionsentscheidungen von niedersächsischen Unternehmen für den Klimaschutz abgefragt.

Aus der Analyse des Informationsstandes zu den niedersachsen- und branchenspezifischen Anforderungen an die Transformation sowie der Unternehmensumfrage werden Handlungskorridore für Folgeschritte abgeleitet. Diese adressieren zum einen Empfehlungen für die Entwicklung eines Monitorings für die Transformation, um Änderungsdynamiken und mögliche Nachsteuerungsbedarfe landesseitig identifizieren zu können. Zum anderen werden, basierend auf den identifizierten Informationslücken, Handlungskorridore identifiziert, welche die Empfehlungen für die Schließung der Wissenslücken sowie Richtungen für Folgeschritte aufzeigen.

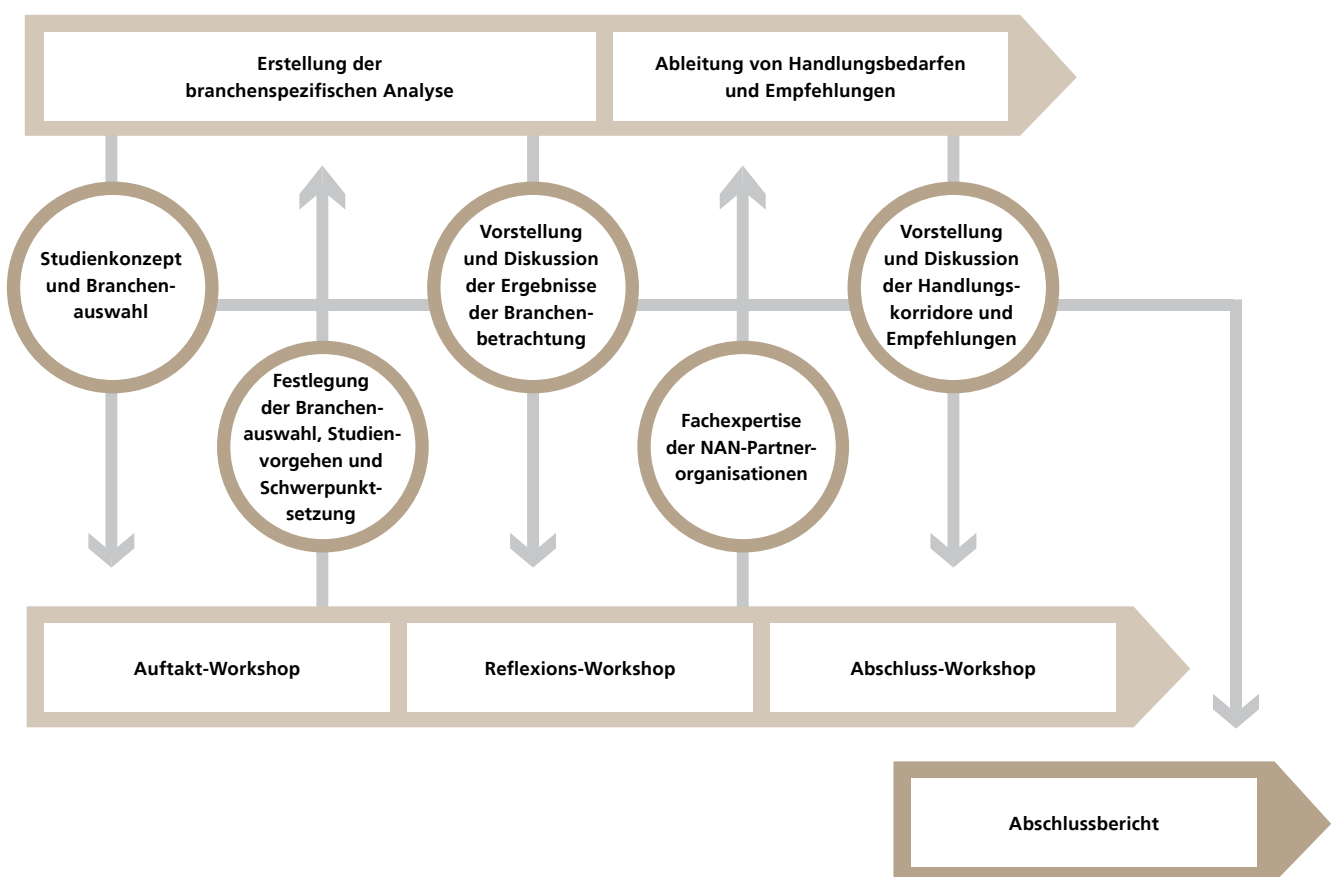
Methodisch nutzt dieser Bericht insbesondere die bereits umfänglich vorliegenden Studien zur Transformation auf Bundes- und EU-Ebene und wendet sie auf den niedersächsischen Kontext an. Neben der Auswertung von Studien wurden Recherche- und Analyseergebnisse mit Fachexpert*innen diskutiert. Zu diesem Zweck wurden drei Diskussionsworkshops mit Vertreter*innen der niedersächsischen Landesregierung, der Sozialpartner*innen, der Wirtschaft und der Wissenschaft durchgeführt. Dabei waren die Partnerorganisationen der NAN vertreten: Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (Nds. MU), das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (Nds. MW), die Unternehmer-

² Die Basis der Analyse bilden die Studien „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von der Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende (Prognos et al. 2021), „Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft“ des BDI (BCG 2021), die dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ (EWI et al. 2021), die „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Consentec et al. 2021) sowie der Modell- und Szenarienvergleich „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ der Ariadne Kopernikus-Projekte (PIK et al. 2021). Quantitative Vergleiche dieser Studien beziehen sich auf die Szenarien, die den zwei bislang veröffentlichten Szenarienvergleichen von SCI4climate.NRW (2022) und Stiftung Klimaneutralität et al. (2022) zugrundeliegen.

verbände Niedersachsen e.V. (UVN), der Deutsche Gewerkschaftsbund (DGB) Bezirk Niedersachsen – Bremen – Sachsen-Anhalt, die Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen (LHN) und die Industrie- und Handelskammer Niedersachsen (IHKN). Ebenfalls an allen Workshops beteiligt waren die Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen

(KEAN) als Sitz der NAN-Geschäftsstelle, die Niedersächsische Staatskanzlei und das Institut für Umweltkommunikation der Leuphana Universität Lüneburg. Die wesentlichen Ergebnisse dieses Berichts wurden zwischen März 2022 und Juli 2022 zusammengetragen. Veröffentlichungen konnten bis zum Stichtag 10. Juli 2022 berücksichtigt werden.

Abbildung 1 – Darstellung des Stakeholder-Prozesses im Rahmen der Studienerstellung



Quelle: Eigene Darstellung

2 Wirtschaftsstandort Niedersachsen

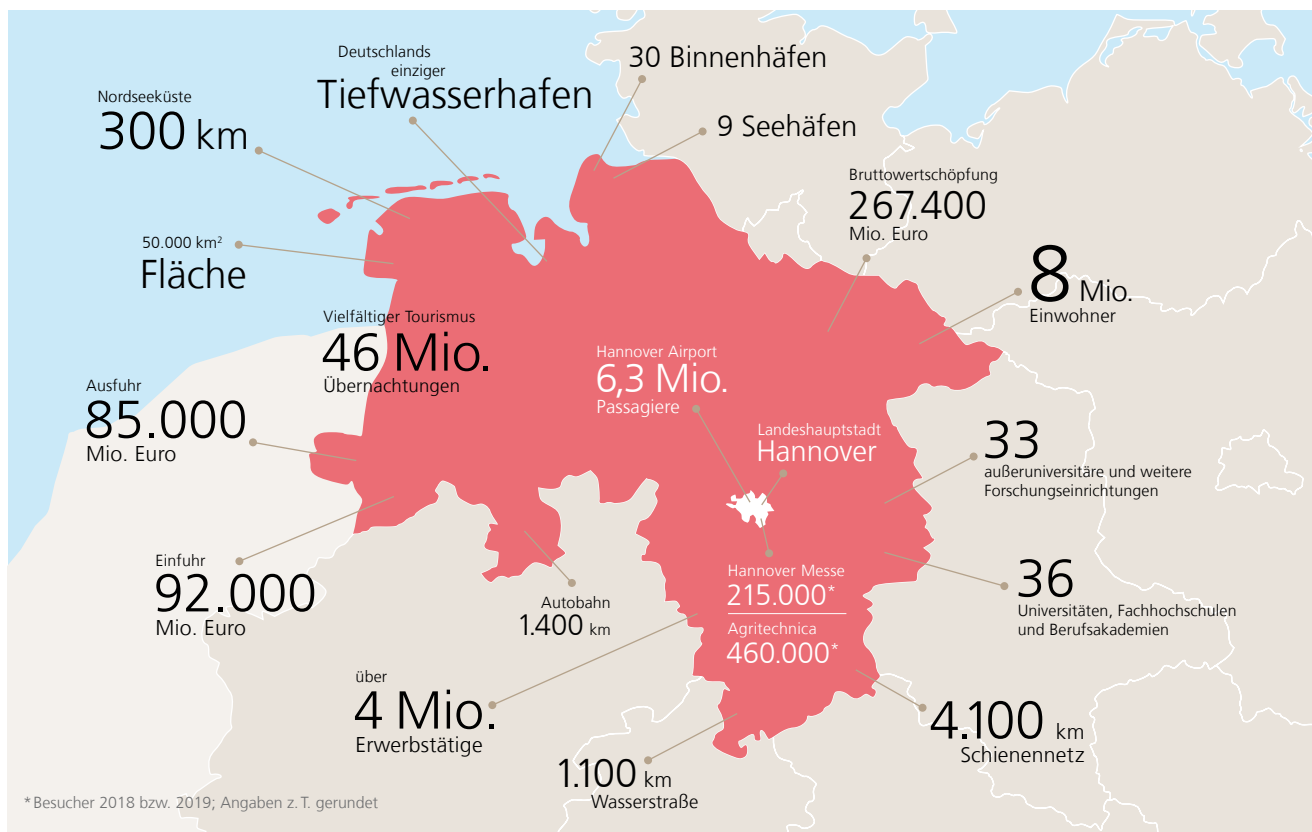
2.1 Wirtschaftsgeografische Struktur

Das Land Niedersachsen ist mit einer Fläche von knapp 50.000 km² das zweitgrößte Flächenland Deutschlands und steht mit rund 8 Mio. Einwohnern im deutschlandweiten Vergleich an vierter Stelle (Nds. MW 2021b). Mit einer Bruttowertschöpfung von 285,6 Mrd. Euro im Jahr 2021, erbracht von über 4,1 Mio. Erwerbstätigen, leistet Niedersachsen einen Beitrag von 9 % an der deutschen Wirtschaftsleistung (VGRdL 2022). Die Leistungsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Niedersachsen beruht u. a. auf der

geografischen Lage und Vielfältigkeit des Bundeslandes. Niedersachsen bietet mit der 300 km langen Nordseeküste, dem Harz als Mittelgebirge, ausgedehnten land- und forstwirtschaftlichen Flächen sowie (Universitäts-) Städten sämtlichen wirtschaftlichen Tätigkeiten eine breite Basis³. Ergänzt wird dies durch eine umfangreiche Infrastruktur: Neben 1.400 km Autobahn- und 4.100 km Schienennetz verfügt das Land Niedersachsen über neun Seehäfen, 30 Binnenhäfen, 1.100 km Wasserstraßen sowie einen internationalen Passagier- und Frachtflughafen (Nds. MW 2021b) (siehe Abbildung 2: Das Land Niedersachsen).

³ Zudem zählt Niedersachsen zu den moorreichsten Bundesländern. Moore machen 10 % der Landesfläche aus und enthalten mehr als 50 % der Boden-Kohlenstoffvorräte (Cordes et al. 2014).

Abbildung 2 – Das Land Niedersachsen



Quelle: (Nds. MW 2021a).

Die niedersächsische Wirtschaftsstruktur ist geprägt durch die Automobil- und Stahlindustrie sowie die Landwirtschaft. Einige Regionen sind durch eine hohe wirtschaftliche Konzentration einzelner Industrien charakterisiert, die ökonomisch einer Monopson-Situation ähneln⁴. Beispiele hierfür sind die Automobilindustrie in der Region Wolfsburg/Braunschweig/Salzgitter/Hannover, die Stahlindustrie in Salzgitter oder die Herstellung von Windenergieanlagen in Ostfriesland. Daneben gibt es in Niedersachsen vereinzelt Regionen, die stark mit der Wirtschaft angrenzender Bundesländer verknüpft sind (Jung et al. 2012). Beispiele hierfür sind u. a. Stade und Lüneburg im Einzugsgebiet von Hamburg. Zudem spielen die Umlandgebiete von Hamburg und Bremen eine zentrale Rolle für den Luftfahrzeugbau. Nach Hamburg ist Niedersachsen der zweitgrößte Standort für Reedereien und führend im Schiffbau (Nds. MW 2021b). Grundsätzlich verfügt Niedersachsen über eine starke mittelständisch und handwerklich geprägte Betriebsstruktur, die vor allem auch in den ländlichen Räumen eine große Bedeutung hat. Die Bedeutsamkeit einzelner Wirtschaftszweige im produzierenden Gewerbe sowie speziell des Handwerks wird in den Branchensteckbriefe (siehe Kapitel 4) vertiefend betrachtet.

Literaturverweis

Für mehr Details über den Wirtschaftsstandort Niedersachsen siehe Broschüre: Niedersachsen. Der Wirtschaftsstandort in Deutschland (Nds. MW 2021a).

2.2 Stärken und Schwächen

Im Rahmen der EFRE/ESF-Förderperiode 2014-2020 wurde die Wettbewerbs- und Anpassungsfähigkeit der niedersächsischen Wirtschaftsstruktur letztmalig mittels einer Stärken-Schwächen-Analyse für das Land Niedersachsen und seine Regionen umfassend ausgewertet⁵. Ausgewählte Punkte der Analyse (Cordes et al. 2014) werden im Nachfolgenden zusammengefasst.

Das Land Niedersachsen weist durch seine zentrale und verkehrsgünstige Lage in der „Mitte“ Europas sowie durch die bedeutenden Hafen- und Logistikstandorte einen klaren Standortvorteil auf, wenngleich es zur größeren Potenzialausschöpfung gilt, die Hinterland-Anbindung des Jade-Weser-Ports zu verbessern, um sich im wachsenden (internationalen) Wettbewerb der Hafen- und Logistikstandorte zu behaupten. Die niedersächsische Wirtschaft selbst ist unter anderem stark auf den Fahrzeugbau (Automobil, Schiffbau, Luftfahrzeuge einschließlich Zulieferbetrieben) und das Ernährungsgewerbe (in Zusammenhang mit der Landwirtschaft) ausgerichtet. Sektoren der Spitzentechnologie (Pharma, IuK-Technik, Medizintechnik, elektronische Bauelemente) und weltweit expansive unternehmensnahe Dienstleistungen (Finanzierung, Beratung, Forschung, IuK-Dienstleistungen) hingegen sind in Niedersachsen relativ schwach vertreten bzw. weniger wachstumsstark. Dies ist u. a. auf eine schwache Gründungsneigung in den besonders expansiven Querschnittsbranchen (Kreativ-, IuK-Wirtschaft) zurückzuführen, die das Risiko birgt, zukünftige Wachstumspotenziale unzureichend auszuschöpfen. Während die Städte in Niedersachsen bereits überwiegend einen Zugang zum Breitbandinternet (mehr als 1.000Mbit/s) haben, hemmt die schwache Breitbandversorgung im ländlichen Raum die wirtschaftliche Entwicklung und die Schaffung moderner, IuK-basierter Arbeitsplätze (BZNB 2021). Betroffen sind u. a. die Landkreise Cuxhaven, Diepholz, Vechta, Aurich, die Grafschaft Bentheim sowie der gesamte Nordosten Niedersachsens mit den Kreisen Lüneburg, Lüchow-Dannenberg, Uelzen und Gifhorn (Bundesministerium des Innern und für Heimat 2022).

Niedersachsen weist im internationalen Vergleich eine überdurchschnittliche gesamtwirtschaftliche FuE-Intensität auf. National ist die FuE-Intensität unterdurchschnittlich, zudem konzentrieren sich weit mehr als die Hälfte aller FuE-Kapazitäten im verarbeitenden Gewerbe in Niedersachsen im Cluster rund um den Automobilbau. Eine technologische Ausstrahlungswirkung geht daher im Wesentlichen nur

⁴ Ein Monopson (Nachfragemonopol) liegt vor, wenn ein*e Nachfrager*in einer großen Zahl von Anbieter*innen gegenübersteht. Die Preisbildung im Monopson lässt sich für den Fall eines Unternehmens (z. B. Volkswagen), das auf einem lokalen Arbeitsmarkt (z. B. Region Wolfsburg) quasi als alleinige*r Nachfrager*in nach Arbeitsleistungen auftritt, veranschaulichen (Piekenbrock 2018).

⁵ Aktuellere Studien in ähnlicher Detailtiefe zur niedersächsischen Wirtschaft sind den Autor*innen dieser Studie nicht bekannt.

vom Automobilbau und verwandten Sektoren aus, wohingegen große Defizite in den Spitzentechnologiebranchen (Pharmazie, Elektronik) und IuK-Dienstleistungen bestehen (Cordes et al. 2014).

Die Ausrichtung der niedersächsischen Wirtschaft auf nur wenige Branchen birgt daher eine Gefahr. Eine Nichtanpassung der ansässigen Automobilindustrie z.B. an neuartige Mobilitätskonzepte erhöht das Risiko, die Marktführung zu verlieren (Cordes et al. 2014). Eine erfolgreiche Transformation der Automobilbranche ist somit zwingend erforderlich, um dieses Standbein der niedersächsischen Wirtschaft nicht zu gefährden. Für eine resiliente und diversifizierte Wirtschaftsstruktur gilt es, Forschung, technologische Entwicklungen und Innovationen in der Breite voranzutreiben. Deshalb sind neben Grundlageninnovationen auch anwendungsnahe Innovationsprozesse (beispielsweise auch im Handwerk) von Bedeutung.

Im Hinblick auf die Verringerung der CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft sind die Grundvoraussetzungen für die anstehenden Herausforderungen der Dekarbonisierung vorteilhaft. So besteht eine Stärke Niedersachsens im Bereich der Erneuerbaren Energien, sowohl hinsichtlich der Nutzung als auch im Hinblick auf Produktion, Umsatz und Beschäftigung (Windkraft, Bioenergie). Der Anteil Erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch in Niedersachsen ist weit überdurchschnittlich (UGRdL 2021). Dies liegt u. a. in vorteilhaften geographischen und klimatischen Bedingungen begründet, die Niedersachsen ein großes Potenzial für die Nutzung Erneuerbarer Energien (Windkraft, Solarenergie, Biomasse) bieten. Dieses Potenzial wird bereits erschlossen: Der Stromverbrauch in Niedersachsen wird zu über 88 % aus Windenergie, Biomasse- und Solaranlagen gedeckt. Dies ist der höchste Wert im Vergleich aller Bundesländer aktuell (Nds. MW 2021b). Allerdings übersteigt auch die Energieintensität der Wirtschaft den Bundesdurchschnitt. Außerdem sind die Umweltschutzinvestitionen der Industrie tendenziell unterdurchschnittlich und Berufe der Energietechnik zeigen insbesondere in Niedersachsen erhebliche Herausforderungen bei der Stellenbesetzung (Cordes et al. 2014).

Die größten Herausforderungen für die Verringerung der CO₂-Emissionen liegen im Netzausbau, im Einsatz intelligenter Nieder- und Mittelspannungs-

verteilsysteme (Smart Grids), bei Energiespeichern sowie bei der Erleichterung des Zugangs zu erneuerbaren, dezentralen Energiequellen einschließlich der Kraft-Wärme-Kopplung. Darauf aufbauend steht auch der Ausbau einer innovativen Kreislaufwirtschaft, die Herausbildung von regionalen Stoffkreisläufen und die Nutzung der Potenziale für Upgrading und Lean Production im Vordergrund (Cordes et al. 2014). Das Land Niedersachsen läuft durch die mangelnde Geschwindigkeit des Netzausbaus Gefahr, die zusätzlichen Erzeugungskapazitäten bei Erneuerbaren Energien nicht effizient nutzen zu können. Zugleich könnte die Umsetzung von Maßnahmen zur Minderung und Vermeidung von CO₂-Emissionen durch fehlende Qualifikationen und zunehmenden akademischen und nichtakademischen Fachkräftebedarf erschwert werden.

Die grundsätzlichen Zielsetzungen Niedersachsens für die Transformation der Wirtschaft bleiben auch in der aktuellen EFRE/ESF-Förderperiode bestehen. Für den Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft liegen die Prioritäten u. a. auf der Förderung von Energieeffizienz und der Reduzierung von Treibhausgasemissionen (Gebäude, betriebliche Prozesse), der Entwicklung intelligenter Energiesysteme, Netzen und Speichersystemen sowie der Förderung des Übergangs zu einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft (u. a. durch recyclingfähige Produkte) (Nds. MB 2022).

Literaturverweis

Eine umfangreiche Analyse der Stärken und Schwächen des Wirtschaftsstandorts Niedersachsen ist bei Cordes et al. (2013) zu finden. Eine aktuelle Bewertung der Stärken und Schwächen in Bezug auf die niedersächsischen Innovationspotenziale bietet die Niedersächsische regionale Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung (Nds. MBERW 2020).

2.3 Investitionsbedarfe für eine nachhaltige Wirtschaft

Die Bedeutung des Industriesektors in Niedersachsen unterstreicht die Notwendigkeit einer zügigen sozial-ökologischen Transformation der Wirtschaft. Die hohe wirtschaftliche Konzentration einzelner Industrien in einigen Regionen bestimmt dabei die möglichen Transformationspfade der Dekarbonisierung: Hier stehen Beschränkungen aufgrund technischer Anforderungen auf der einen Seite den Möglichkeiten der Realisierung von Skaleneffekten auf der anderen Seite gegenüber. Der Dekarbonisierungsprozess der niedersächsischen Wirtschaft muss dieser Situation Rechnung tragen; aufgrund der verschiedenen industriespezifischen Bedarfe und regionalen Eigenschaften muss die Transformation differenziert ausgestaltet werden. So müssen die Maßnahmen zur Dekarbonisierung in Unternehmen immer im Zusammenhang mit dem Standort, der Größe und der Branchenzugehörigkeit definiert werden, sodass die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens weiterhin gewährleistet bleibt.

In Hinblick auf die niedersächsischen Klimaschutzziele besteht ein erheblicher Bedarf zur Verringerung von THG-Emissionen. Während diese im Jahr 2018 gegenüber 1990 in Niedersachsen um 17 % reduziert werden konnten, war die Verringerung im gesamten Bundesgebiet im gleichen Zeitraum mit 31 % deutlich höher⁶. Damit existiert aktuell eine Diskrepanz zwischen dem Ist-Zustand und dem Klimaschutzziel für 2030 für Niedersachsen von rund 38 Prozentpunkten und im Bundesgebiet von rund 24 Prozentpunkten. Sie verdeutlicht, dass der Handlungsdruck – auch im Kontext nationaler und internationaler Konkurrenzmärkte – steigt. Die in der Klimaschutzstrategie des Landes (Nds. MU 2021b) aufgeführten Zahlen implizieren, dass die angestrebten Klimaschutzziele nach aktuellem Stand ohne eine verstärkte Dekarbonisierung der Wirtschaft kaum zu erreichen sein werden. Dies bestätigt auch eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes (UBA 2021b).

Darüber hinaus ist der öffentliche und private Investitionsbedarf für die Notwendigkeit der Transformation ein wichtiger ökonomischer Indikator. Dieser gibt Aufschluss über die Größe der erforderlichen

Anstrengungen und die Möglichkeit der Erreichbarkeit der gesetzten Klimaschutzziele. Im Jahr 2020 hat das Land Niedersachsen im Rahmen des Maßnahmenprogramms Energie und Klimaschutz ein Finanzvolumen in Höhe von über 1 Mrd. Euro verabschiedet. Eine aktuelle Studie legt dar, dass in den kommenden zehn Jahren jedoch öffentliche Investitionen von Bund, Ländern und Kommunen in Höhe von 46 Mrd. Euro jährlich nötig sein werden (Bundesinvestitionen, kommunale Investitionen, Förderung privater Investitionen), um die Klimaziele zu erreichen (Krebs und Steitz 2021). Bei einer neunprozentigen Wirtschaftsleistung von Deutschland (s. o.) lassen sich daraus Investitionsbedarfe von über vier Mrd. Euro jährlich für Niedersachsen ableiten. Eine Studie des BDI geht gar von einem doppelten Umfang an notwendigen Mehrinvestitionen bis 2030 aus (Nds. MU 2021b). Zusätzlich sind umfangreiche unternehmerische Investitionen notwendig, welche bisher zwei Drittel sämtlicher Investitionen in den Umweltschutz ausmachen (Statistisches Bundesamt 2022c). Die erhöhte Kostenbelastung der Unternehmen könnte Investitionen in CO₂-mindernde Technologien allerdings behindern.

⁶ Das novellierte NKlimaG sieht eine Minderung der jährlichen Treibhausgasemissionen des Landes Niedersachsen bis zum Jahr 2030 um 65 % gegenüber 1990 vor (Niedersachsen 2022).

3 Grundlagen der Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft

Insgesamt wurden in Niedersachsen im Jahr 2018 rund 82,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente ausgestoßen. Dies entspricht rund 9,6 % der gesamtdeutschen THG-Emissionen. Rund die Hälfte dieser Emissionen (42,7 Mt CO₂) waren auf die energiebedingten Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft (inklusive Emissionen aus der Strom- und Wärmeerzeugung aus dem Umwandlungssektor für den allgemeinen Verbrauch) zurückzuführen (UGRdL 2021). Auf die Industrie entfielen in 2017 rund 16 % der Gesamtemissionen (gemäß Sektor-Zuschnitt des nationalen Klimaschutzgesetzes) und 26 % auf die Energiewirtschaft (Nds. MU 2021b)⁷. Im Bundesvergleich liegen damit der Anteil der Treibhausgasemissionen aus der Industrie und der Energiewirtschaft in Niedersachsen leicht unter, die Emissionen der Landwirtschaft sowie des Gebäudesektors hingegen leicht über dem Bundesdurchschnitt (Nds. MU 2021b).

Zur Umsetzung des Niedersächsischen Klimagesetzes wurde im November 2020 die Niedersächsische Klimaschutzstrategie vorgelegt. Diese definiert unter Berücksichtigung der niedersächsischen und bundesweiten Zielvorgaben sektorale Emissionsreduktionspfade und legt das niedersächsische Maßnahmenpaket für den Klimaschutz dar. Analog zur Zieldefinition auf Bundesebene erfolgt eine Definition der Reduktionsziele und von Maßnahmen auf Basis der Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft. Diese tangieren verschiedenste Bereiche der niedersächsischen Wirtschaft. Aufgrund der hohen Anteile an den Gesamtemissionen der niedersächsischen Wirtschaft liegt der Fokus dieses Berichts im Folgenden auf den Bereichen Energiewirtschaft und Industrie (bestehend aus dem verarbeitenden Gewerbe und der Bauwirtschaft)⁸.

Um in Niedersachsen den ambitionierteren Zielpfad mit einer THG-Minderung um 65 % bis 2030 zu erreichen (Basisjahr 1990), geht die Niedersächsische Klimaschutzstrategie von einer notwendigen

Reduktion der Emissionen im Industriesektor um 62 % gegenüber 2017 aus. Aufgrund eines geringeren Anteils von Prozessemissionen an den niedersächsischen Gesamtemissionen wird dabei von einer schnelleren Reduktion im Industriesektor im Vergleich zur Bundesebene ausgegangen (Nds. MU 2021b). Im Energiesektor wird hingegen ein Reduktionsbedarf der THG um 70 % gegenüber 2017 identifiziert⁹. Aufgrund des geringeren Anteils von Kohle und höheren Anteils von Erdgas an der Stromerzeugung in Niedersachsen wird dabei von einem langsameren Minderungspfad als auf Bundesebene ausgegangen (Nds. MU 2021b). Diese ambitionierten Zielpfade stellen eine deutliche Beschleunigung der Zielvorgaben im Vergleich zum ursprünglichen Ziel des Niedersächsischen Klimagesetzes in seiner Fassung von Dezember 2020 dar.

Zwischen 2008 und 2018 konnten die energiebedingten Emissionen insbesondere in der Energieversorgung und im Wasser-, Abwasser- und Abfallsektor um 27,5 % bzw. 45,1 % gesenkt werden. Im verarbeitenden Gewerbe und der Bauwirtschaft hingegen

⁷ Gemäß des nationalen Sektor-Zuschnitts des deutschen Klimaschutzgesetzes werden THG-Emissionen und Reduktionsziele auf Basis der Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft & Sonstiges sowie Landnutzung und Forstwirtschaft definiert. Der Sektor Industrie umfasst dabei industrielle Prozessfeuerungen und Wärmeerzeugungsanlagen, Industriekraftwerke sowie Emissionen aus Industrieprozessen und Produktverwendung im verarbeitenden Gewerbe sowie der Bauwirtschaft. Emissionen aus der Stromerzeugung werden, sofern sie nicht in Eigenstromerzeugung erzeugt werden, dem Verbrauchssektor Energiewirtschaft zugerechnet (Öko-Institut et al. 2021). Andere Bereiche der Wirtschaft werden anderen Sektoren zugeordnet, der Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor beispielsweise dem Gebäudesektor, Verkehrsbetriebe dem Sektor Verkehr (Öko-Institut et al. 2021). In der umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder werden energiebedingte Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft auf Basis des Endenergieverbrauchs in den Wirtschaftssektoren gemäß WZ-Klassifizierung angegeben. Aufgrund dieser unterschiedlichen Zuschlüsselung der Emissionen aus der Stromerzeugung und -nutzung kommt es zu Abweichungen zwischen den Emissionsanteilen gemäß Sektorzuschnitt des KSG und der UGRdL.

⁸ Nähere Informationen zur Auswahl der Betrachtungsobjekte im Rahmen der branchenspezifischen Analysen sind in Kapitel 4 erläutert.

⁹ International ist es üblich, Emissionsreduktionsziele auf Basis des Vergleichsjahrs 1990 zu definieren. Aufgrund von Strukturbrüchen, welche sich unterschiedlich auf verschiedene Bundesländer ausgewirkt haben, wählt die Niedersächsische Klimaschutzstrategie dennoch das Referenzjahr 2017, um eine Vergleichbarkeit zur Bundesebene zu ermöglichen (Nds. MU 2021b).

stiegen die energiebedingten Emissionen im selben Zeitraum um rund 10 % (UGRdL 2021). Zwar konnte auch im verarbeitenden Gewerbe die Emissionsintensität gesenkt werden, wie auch auf Bundesebene wurden aber Einsparungen durch Energieeffizienzsteigerungen in der Vergangenheit durch höhere Produktionsvolumen überkompensiert (BCG 2021).

Für eine Beschleunigung der Transformation im Industrie- und Energiesektor sind Bundes- und EU-Politik maßgeblich. Ohne Umsetzung umfassender Maßnahmen auf diesen Ebenen ist eine Zielerreichung auf Niedersachsebene kaum möglich. Nichtsdestotrotz verfügt die Landesregierung über relevante Handlungsspielräume zur Ergänzung und Unterstützung der Bundes- und EU-Maßnahmen. Handlungspotenziale ergeben sich insbesondere im Ausbau von Infrastruktur, der Förderung von Forschung und Entwicklung, der Bereitstellung von Informationen und Bildungsangeboten und der Förderung von Netzwerkeffekten (Nds. MU 2021b), aber auch durch die Ergänzung bestehender Förderprogramme und die gesetzlichen Verantwortlichkeiten wie Raumordnungs- und Flächennutzungspläne sowie Abfallgesetze und Genehmigungs- und Antragsprozesse. Insbesondere um der Zielsetzung gerecht zu werden, sich als Vorreiter im Bereich Klimaschutz unter den Bundesländern zu etablieren, gilt es, diesen Handlungsspielraum in Verbindung mit den Standortvorteilen (siehe Kp. 2.2) ambitioniert auszunutzen.

Für die Bundesebene zeigen fünf wegweisende Studien gesamtwirtschaftliche Transformationspfade auf, auf denen Deutschland unter den jeweils getroffenen Annahmen das Ziel der Treibhausgasneutralität erreichen kann¹⁰. Die in diesen Studien aufgezeigten zentralen Handlungsfelder für die Transformation der Industrie werden im Folgenden knapp dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf ihrer Bedeutung für die Reduktion der Treibhausgase sowie bestehende Konsens- und Dissenslinien in den betrachteten Transformationspfaden. Bisherige Hemmnisse der Transformation werden aufgrund des begrenzten Umfangs dieses Berichts nur grundlegend aufgegriffen. Für jedes dieser Handlungsfelder wird zudem die bestehende Datengrundlage zur Ausgangslage in Niedersachsen zusammengefasst. Diese Betrachtung stellt die Grundlage für das Kernelement der Studie dar: die branchenspezifische Analyse der Ausgangslage und Transformationsbedarfe im Rahmen der Branchensteckbriefe.

3.1 Wärmewende in der Industrie

Industrielle Fertigungsprozesse sind von hohen Wärmebedarfen geprägt, beispielsweise zur Erzeugung chemischer Reaktionen oder für Bindungs- und Formgebungsprozesse. Der Anteil der Prozesswärmebedarfe am Endenergieverbrauch (EEV) des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland beträgt rund 67 % (AG Energiebilanzen 2021a). Mittel- und Hochtemperaturprozesse sind dabei für rund 60 % der THG-Emissionen der Industrie verantwortlich (BCG 2021). Trotz der hohen Relevanz für die Emissionen stagnierte zwischen 2010 und 2020 bundesweit der Anteil der Erneuerbaren Energieträger an der Deckung der Prozesswärmebedarfe bei nur rund 6 %. Im selben Zeitraum blieben auch die Anteile von Erdgas und Kohle an der Erzeugung der Prozesswärme nahezu unverändert, ebenso stagnierte der Anteil der strombasierten Wärmeerzeugung bei rund 15 % (AG Energiebilanzen 2021a).

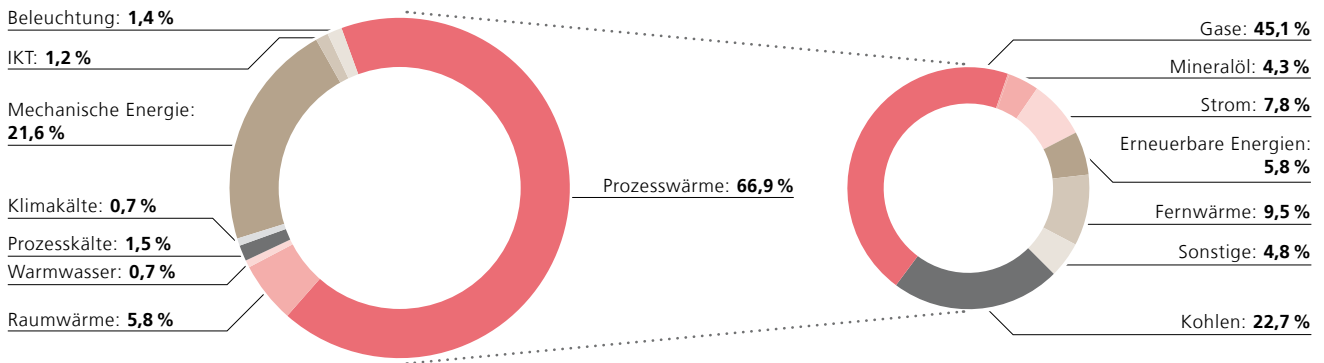
Eine vollständige Substitution fossiler Energieträger in der Prozesswärme erfordert die Umstellung auf verschiedene klimaneutrale Energieträger. Die Einsatzfähigkeit von Solar- und Geothermie, Strom, Biomasse, Fern- und Umweltwärme sowie Wasserstoff und synthetische Energieträger in den jeweiligen Produktionsprozessen ist dabei von den Temperaturbedarfen, Anforderungen an die Ausfallsicherheit und Speicherfähigkeit, Flächenverfügbarkeit und die verschiedenen Effizienzgrade der einzelnen Energieträger abhängig (IN4climate.NRW 2021). Aufgrund unterschiedlicher Annahmen insbesondere zur künftigen Entwicklung der Verfügbarkeit und Preise klimaneutraler Energieträger sowie Technologien gehen die Ergebnisse der betrachteten Transformationsszenarien hinsichtlich der Anteile

¹⁰ Die Basis der Analyse bilden die Studien „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von der Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende (Prognos et al. 2021), „Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft“ des BDI (BCG 2021), die dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ (EWI et al. 2021), die „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Consentec et al. 2021) sowie der Modell- und Szenarienvergleich „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ der Ariadne Kopernikus-Projekte (PIK et al. 2021). Quantitative Vergleiche dieser Studien beziehen sich auf die Szenarien, die den zwei bislang veröffentlichten Szenarienvergleichen von SCI4climate.NRW (2022) und Stiftung Klimaneutralität et al. (2022) zugrundeliegen.

Abbildung 3 – Anwendungsbereiche des Endenergieverbrauchs der deutschen Industrie

% Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie 2020

% Anteil der Energieträger am Prozesswärmebedarf, 2020



Quelle: Eigene Darstellung, (AG Energiebilanzen 2021a, 2021b); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

einzelner Energieträger am künftigen Energiemix der Industrie teilweise deutlich auseinander. So liegt die Spanne des Anteils, in dem grüner Wasserstoff künftig den Endenergiebedarf der Industrie decken soll, in den betrachteten Szenarien zwischen 7,7 und 44,1 % und die für Biomasse zwischen 0 und 29 % (SCI4climate.NRW 2022).

Neben einem Anstieg der Biomassenutzung nimmt dabei die Elektrifizierung der Produktionsanlagen eine wichtige Rolle ein. Während Strom in 2018 rund 31,2 % des Endenergiebedarfs der Industrie deckte, soll dieser Anteil in den betrachteten Pfaden auf bis zu 43,8 % ansteigen (SCI4climate.NRW 2022). Trotz des hohen Effizienzgrades der Energienutzung stand die Elektrifizierung der industriellen Prozesswärme bislang weniger im Fokus der politischen und unternehmerischen Anstrengungen zur Umrüstung. Insbesondere in Niedrigtemperaturprozessen bieten zudem auch Geo- und Solarthermie Umstellungspotenziale, welche bislang kaum genutzt werden (IN4climate.NRW 2021).

Als Hemmnisse für die Umstellung der industriellen Wärmeprozesse werden unter anderem die fehlende Verfügbarkeit von bezahlbarem Strom und erneuerbaren Brennstoffen, eine fehlende Planungssicherheit, die fehlende Wirtschaftlichkeit – sowohl durch

hohe Anfangsinvestitionen als auch hohe laufende Kosten im Vergleich zur fossilen Alternative – sowie hohe Refinanzierungskosten, lange Genehmigungsverfahren und aufwändige Förderantragsverfahren aufgeführt (IN4climate.NRW 2021; BCG 2021)¹¹.

Literaturverweis

IN4climate.NRW (2021) bietet einen guten Überblick über die Energiepotenziale sowie Vor- und Nachteile in der Anwendbarkeit verschiedener klimaneutraler Wärmetechnologien.

¹¹ Eine mögliche Veränderung in der Wirtschaftlichkeit durch gestiegene Preise fossiler Brennstoffe ist an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt. Die Umfrageergebnisse im Rahmen dieses Berichts zeigen, dass unter den teilnehmenden Unternehmen aus Niedersachsen eine veränderte Wirtschaftlichkeit durch Energiepreisänderungen bislang häufiger dazu geführt hat, dass Klimaschutzinvestitionen vorgezogen oder erhöht wurden. In einigen Fällen führten Energiepreisänderungen jedoch auch zu einer Rückstellung bzw. Verringerung der geplanten Investitionen.

Exkurs:

Biomasse

Biomasse ist in Niedersachsen bislang für rund 96 % des aus Erneuerbaren Energien gedeckten Endenergieverbrauchs des verarbeitenden Gewerbes und für rund 2 % des gesamten Endenergieverbrauchs des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes verantwortlich (LSN 2021). Deutschlandweit wird Biomasse in der Industrie insbesondere für die Produktion von Prozesswärme verwendet (rund 82 % des Einsatzes von Erneuerbaren Energien entfiel im Jahr 2019 auf Wärmeprozesse). Der übrige Anteil entfällt auf die Generierung von Raumwärme (AG Energiebilanzen 2021a).

Das Potenzial nachhaltig erzeugbarer Biomasse ist limitiert und wird in Deutschland auf etwa 1.000 Petajoule geschätzt (Lenz, Szarka et al. 2020). Sowohl in der Biogas- als auch Festbrennstoffproduktion kommen dabei auch zu großen Anteilen Nicht-Reststoffe zum Einsatz (FNR 2021). Im Jahr 2019 wurde alleine der Flächenbedarf für den inländischen Anbau von Energiepflanzen auf rund 800.000 Hektar geschätzt (Jordan et al. 2020). Bestehende Studien zur Nutzung von Biomasse in der Dekarbonisierung der Industrie verweisen folglich insbesondere auf einen effizienten und zielgerichteten Einsatz von Biomasse, um die Flächenkonkurrenz zur Lebensmittelproduktion oder Ökosystemen wie Mooren und Wäldern nicht weiter zu steigern.

Ein weiteres Hindernis ist die technische Verfügbarkeit. Insbesondere für höhere Temperaturbedarfe sind die entscheidenden Technologien häufig noch in der Entwicklungs-, Pilot- oder Erprobungsphase. Auch die prozessspezifische Anwendung verfügbarer Querschnittstechnologien wie industrieller Wärmepumpen muss vielfach noch erprobt werden. Zudem fehlt es bislang an Infrastruktur zur Wärmeverteilung sowie ausreichenden Stromnetzanschlusskapazitäten (IN4climate.NRW 2021).

Industrielle Wärmewende in Niedersachsen

Auch in den betrachteten niedersächsischen Kernbranchen verursachen industrielle Wärmeprozesse hohe Anteile der fossilen Brennstoffbedarfe und sind in einzelnen der betrachteten Branchen für bis zu 90 % des Endenergieverbrauchs verantwortlich (Fraunhofer ISI 2021). Zugleich ist auch in Niedersachsen im produzierenden und verarbeitenden Gewerbe bislang kaum eine Veränderungsdynamik hin zu klimafreundlichen Energieträgern erkennbar. Zwischen 2010 und 2019 stagnierte der Anteil von Strom und Erdgas am Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes und der Anteil der Biomasse am EEV hat sich seit 2010 nahezu halbiert. In einigen Branchen konnte zwar der Kohlebedarf gesenkt werden, dieser wurde jedoch vor allem durch Erdgas substituiert (LSN 2012, 2021).

In zentralen niedersächsischen Branchen wie dem Fahrzeugbau, der Nichteisenerzeugung und Metallverarbeitung oder der Lebensmittelindustrie dominieren dabei Niedrig- und Mitteltemperaturprozesse, welche mit Blick auf mögliche klimaneutrale Alternativen technologieoffener sind als Hochtemperaturprozesse. Vor diesem Hintergrund können sich mittelfristig gute Potenziale für die Umstellung auf bislang weniger im Fokus stehende klimaneutrale Wärmequellen wie Solarthermie und Tiefengeothermie und mit grünem Strom betriebene Power-to-Heat-Technologien ergeben. Die Nutzung von Solarthermie und Tiefengeothermie sowie die elektrische Wärmeerzeugung stehen bislang nicht explizit im Fokus der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie. Förderprogramme auf EU- und Bundesebene zur Steigerung der Energieeffizienz werden durch Mittel aus der EFRE-Förderung des europäischen Strukturfonds (unter Ko-Finanzierung mit Landesmitteln) wie der zukünftigen „Förderrichtlinie Klimaschutz und Energieeffizienz“ (ehem. „Steigerung der betrieblichen Ressourcen- und Energieeffizienz 2.0“) ergänzt (Nds. MU 2021b). Zudem werden durch die Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen sowie die Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit Informations-, Beratungs-, Vernetzungs- und Bildungsangebote bereitgestellt. Der Fokus bestehender Informations- und Beratungsangebote in Bezug auf industrielle Wärmebedarfe liegt hierbei bislang auf Solarthermie und industriellen Wärmepumpen.

3.2 Vermeidung von Prozessemissionen

Nicht nur durch die energetische Nutzung von Strom und fossilen Brennstoffen entstehen Emissionen im Industriesektor. Rund ein Drittel der THG-Emissionen in der Industrie sind auf chemische Umwandlungsprozesse sowie auf die direkte industrielle Verwendung von Treibhausgasen zurückzuführen (PIK et al. 2021). Insbesondere die Branchen Metallindustrie, mineralische Industrie sowie die Grundstoffchemie sind mit rund 71 % für einen Großteil der deutschen Prozessemissionen verantwortlich (IREES 2018). In der Chemieindustrie machten Prozessemissionen im Jahr 2018 bundesweit rund 18 % der gesamten Emissionen aus, in der Verarbeitung von Steinen und Erden sind es mehr als die Hälfte (EWI et al. 2021). Eine Vermeidung dieser Prozessemissionen erfordert zumeist eine umfassende Umstellung der Produktion und eine veränderte Rohstoffnutzung (PIK et al. 2021). Folglich gelten Prozessemissionen als besonders schwer zu vermeiden. Die betrachteten Transformationsszenarien gehen einstimmig davon aus, dass auch nach 2045 Prozessemissionen nicht vollständig vermieden und folglich unter anderem durch CCU-/CCS-Technologien gespeichert werden müssen (Prognos et al. 2021; EWI et al. 2021; BCG 2021).

Im Zuge der wissenschaftlichen und politischen Debatte liegt derzeit ein berechtigter Fokus auf Prozessemissionen der mineralischen Industrie, der Metallindustrie sowie der Grundstoffchemie. Zugleich entfallen rund 29 % der Prozessemissionen auf Branchen, welche bislang weniger im Fokus der wissenschaftlichen Diskussion stehen. So können unter anderem Prozessemissionen durch den Einsatz von Treibhausgasen als Kältemittelsatz, Schutzgas oder Lösemittel bei der Primäraluminiumerzeugung oder Halbleiterproduktion, dem Schweißen oder der Herstellung von optischen Glasfasern entstehen (UBA 2021a). Technologische Verfahren zur Vermeidung dieser Emissionen sind dabei für viele Anwendungsfälle bereits verfügbar (Prognos et al. 2021).

Exkurs:

Carbon Capture and Usage / Carbon Capture and Storage (CCU / CCS)

Alle betrachteten Transformationsszenarien für Deutschland gehen von einer Notwendigkeit des Einsatzes von CCU-/CCS-Technologien aus, um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Insbesondere in Sektoren wie der Zementproduktion, in der aktuell keine Technologien zur vollständigen Vermeidung der durch die Brennung von Kalkstein freiwerdenden Prozessemissionen bekannt sind, erscheint nach jetzigem Wissensstand eine Dekarbonisierung ohne CCU-/CCS-Anwendung nicht möglich.

Das Niedersächsische Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (NKSpG) schließt zum aktuellen Zeitpunkt Erprobungs- und Demonstrationsprojekte für die dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid in weiten Teilen des Bundeslandes aus (NKSpG §1 (1)). Zugleich erkennt die Niedersächsische Klimaschutzstrategie die Relevanz von CCU/CCS für die Erreichung der niedersächsischen Klimaschutzziele an, stuft jedoch lediglich CCU-Technologien als förderwürdig ein (Nds. MU 2021). Es zeigt sich somit ein Spannungsfeld zwischen der vorliegenden Gesetzesgrundlage in Niedersachsen und der wissenschaftlich identifizierten Relevanz für den Klimaschutz. Im Rahmen dieser Studie wird das Handlungsfeld nicht näher beleuchtet. Eine proaktive Thematisierung des bestehenden Spannungsfeldes erscheint aber zur Erreichung der niedersächsischen Klimaschutzziele unabdingbar.

Prozessemissionen in Niedersachsen

Daten zu den Prozessemissionen sind für Niedersachsen nur eingeschränkt verfügbar. In der umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder werden die Prozessemissionen mit rund 1,1 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2018 ausgewiesen, was rund 9 % der Emissionen des produzierenden Gewerbes entspricht¹². Der ausgewiesene Wert bezieht sich jedoch nur auf ausgewählte Industrieprozesse, sodass die realen Prozessemissionen deutlich höher liegen können. Insgesamt konnten in Niedersachsen die ausgewiesenen prozessbedingten Emissionen seit 2010 um rund 18 % reduziert werden (UGRdL 2021). Es sind keine Daten zur Höhe von Prozessemissionen auf Branchenebene verfügbar. Auch wenn die verfügbaren Daten auf eine geringere Relevanz von Prozessemissionen im Vergleich zu anderen Bundesländern hinweisen, stellt jedoch insbesondere die geringere Informationsdichte zur Entstehung von Prozessemissionen in einzelnen Branchen sowie zu Vermeidungspotenzialen in anderen Branchen als der Metall- und Mineralindustrie sowie der Grundstoffchemie eine besondere Herausforderung für Niedersachsen dar.

3.3 Energieeffizienz

Die betrachteten Transformationspfade gehen einstimmig davon aus, dass zur Erreichung der Klimaziele eine signifikante Senkung des Endenergieverbrauchs (bei steigender Bruttowertschöpfung) in der Industrie notwendig ist. Die Spanne der angenommenen Reduktion, die bereits bis 2030 realisiert werden soll, liegt zwischen 8 und 12 %, was in etwa der Hälfte der insgesamt zu realisierenden Reduktionen entspricht (SCI4climate.NRW 2022). Nicht nur Energieeffizienz in bestehenden Prozessen und Verfahren, sondern auch Materialeffizienz und Kreislaufwirtschaft sind zentrale komplementäre Strategien, um diese Reduktion zu erreichen. So gehen die betrachteten Szenarien von der Notwendigkeit eines Effizienzfortschritts in der Endenergieintensität von bis zu 2 % jährlich aus (EWI et al. 2021; PIK et al. 2021). Im Vergleich hierzu konnte zwischen 2000 und 2015 nur eine Reduktion um 1,3 % pro Jahr erzielt werden (PIK et al. 2021). Zur Erreichung der notwendigen Effizienzgewinne

wird von einem Effizienzsteigerungspotenzial insbesondere in den Querschnittstechnologien ausgegangen (EWI et al. 2021; PIK et al. 2021).

Als Hemmnisse für die Implementierung weiterer Energieeffizienzmaßnahmen geben in einer aktuellen Umfrage deutsche Unternehmen insbesondere die Kosten, das Ausfallrisiko und nicht ausreichende Kenntnisse zu den Technologieoptionen an (ABB 2022). Als weitere Hemmnisse werden die Verfügbarkeit der entsprechenden Technologien sowie die geringere Priorisierung innerhalb der Unternehmen genannt (EWI et al. 2021). Neben unternehmensinternen Faktoren werden die nicht hinreichend prozessspezifische Expertise von externen Berater*innen, der hohe Aufwand für Förderanträge und Genehmigungen sowie unsichere Rahmen- und Planungsbedingungen als Hemmnisse für Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert (Schlomann und Eichhammer 2013). Darüber hinaus ist das Potenzial für einige Branchen wie Stahl, Chemie und Zement im Rahmen der konventionellen Technologien weitestgehend ausgeschöpft (Agora Energiewende und Wuppertal Institut 2019).

Betriebliche Energieeffizienz in Niedersachsen

Insgesamt ist der Primärenergieverbrauch (PEV) in Niedersachsen seit 2010 um rund 10 % gesunken. Der Primärenergieverbrauch der niedersächsischen Wirtschaft sank im selben Zeitraum um rund 11,6 %. Zur Erreichung der Zielvorgaben der deutschen Energieeffizienzstrategie – der Reduktion des PEV bis 2030 um 30 % – ist somit eine deutliche Beschleunigung der bisherigen Reduktionen notwendig. Die größten Reduktionen konnten seit 2008 in den Sektoren Energieversorgung, Dienstleistungen sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden erzielt werden. Im verarbeitenden Gewerbe hingegen stieg der Primärenergieverbrauch im Betrachtungszeitraum um 11 %. Zwar ist die Energieproduktivität des verarbeitenden Gewerbes zwischen 2010 und 2018 um rund 22 % gestiegen und liegt damit im Durchschnitt der deutschen Bundesländer, insgesamt zeigen die Daten zur Energieproduktivität jedoch geringere Effizienzgewinne im verarbeitenden Gewerbe als in anderen Wirtschaftsbereichen in Niedersachsen auf (UGRdL 2021). Überdurchschnittlich sind beispiels-

12 Gemäß der umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder basieren diese Daten auf ausgewählten Industrieprozessen und sind nur eingeschränkt mit den Daten auf Bundesebene vergleichbar (UGRdL 2021).

weise die Effizienzgewinne in der Energieversorgung (+80 %) oder dem Dienstleistungsbereich (+50 %) (preisbereinigte Daten) (UGrDL 2021).

Die Steigerung der Energieeffizienz ist einer von vier explizit in der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie angeführten inhaltlichen Schwerpunkte des Maßnahmenprogramms Energie und Klimaschutz (Nds. MU 2021b). Förderprogramme auf EU- und Bundesebene zur Steigerung der Energieeffizienz werden durch Mittel aus der EFRE-Förderung des europäischen Strukturfonds (unter Ko-Finanzierung mit Landesmitteln) mit der „Förderrichtlinie Klimaschutz und Energieeffizienz“ ergänzt. Zudem werden durch die Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen sowie die Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit Informations-, Beratungs-, Vernetzungs- und Bildungsangebote zum Thema Energieeffizienz bereitgestellt.

3.4 Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

Neben der Steigerung der Energieeffizienz der Produktion stellt auch die Senkung des Verbrauchs an Primärrohstoffen einen elementaren Hebel zur Senkung des Energieverbrauchs der Industrie dar. Insbesondere bei der energieintensiven Produktion von Stahl, Plastik, Aluminium und Zement besteht eine hohe Notwendigkeit der Steigerung des Recyclings und der Kreislaufführung, um die energieintensivere Produktion der Primärmaterialien zu reduzieren. Innerhalb der EU fallen alleine für die Produktion dieser Produkte jährlich rund 560 Millionen Tonnen CO₂ an (Material Economics 2019). Neben der hohen Relevanz für die Reduktion der THG-Emissionen stärkt eine Förderung der Kreislaufführung auch die Resilienz sowie die Reduktion von Abhängigkeiten (Wilt 2017). Für die Förderung einer zirkulären Wirtschaft ist dabei die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen Wirtschaftsbereichen essenziell. Auch die EU-Industriestrategie nimmt diese Wechselwirkungen verstärkt in den Blick und definiert eine Verstärkung der Anstrengungen zur Erhöhung der Zirkularität der Industrie als ein Kernelement zur Senkung der Treibhausgase (Europäische Kommission, 2020).

Exkurs:

Europäische Industriestrategie

Im März 2020 hat die EU-Kommission die neue EU-Industriestrategie veröffentlicht und damit den Grundstein für die Transformation der europäischen Industrie hin zu mehr Nachhaltigkeit und Digitalität gelegt. Neben der Definition strategischer Schwerpunkte werden auch eine Reihe von Umsetzungsansätzen definiert, unter anderem die Entwicklung eines CO₂-Grenzausgleichsystems und die Definition von Strategien für die Kernsektoren Stahl und Chemie sowie eine intelligente Sektorenintegration (Europäische Kommission 2020). Als Reaktion auf die durch die Covid-19-Pandemie verursachten Disruptionen der europäischen Wirtschaft wurde bereits im Mai 2021 ein Update der EU-Industriestrategie vorgelegt. Diese nimmt betont die Notwendigkeit der Beschleunigung der Transformation sowie strategische Abhängigkeiten und Resilienz stärker in den Blick (Europäische Kommission 2021a).

Einen besonderen Fokus legt die EU-Industriestrategie zudem auf die Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette sowie der Abhängigkeiten zwischen Sektoren und Wirtschaftszweigen. Zu diesem Zweck wurden 14 industrielle Ökosysteme identifiziert und im Annual Single Market Report 2021 in Hinblick auf ihre ökonomische Ausgangslage, sektorale Zusammenhänge sowie entsprechende EU-Instrumente und Initiativen dargestellt (Europäische Kommission 2021b). Die entsprechenden Analysen sollen die Basis für die Erarbeitung von Transformationspfaden für die einzelnen industriellen Ökosysteme bilden. Anfang 2022 wurde der Transformationspfad für den Tourismusbereich als erstes dieser Strategiedokumente veröffentlicht, die Transformationspfade unter anderem für die Ökosysteme Bau- und energieintensive Industrien befinden sich in der Ausarbeitung. Zudem wurde bereits ein Grundlagendokument entwickelt, auf dessen Basis weitere Transformationspfade entwickelt werden können (Industrial Forum 2022).

Zu diesem Ziel wurden unter anderem ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft verabschiedet sowie eine Reihe von Zirkularitätsinitiativen und -allianzen (bspw. Circular Electronics Initiative) etabliert.

Zentrale Elemente zur Reduktion des Primärrohstoffbedarfs der Industrie sind dabei die Reduktion des Materialverbrauchs, auch durch eine Reduktion des Materialabfalls während der Produktion, die Erhöhung des Einsatzes recycelter Rohstoffe und die Steigerung der Nutzungsdauer der Produkte (Material Economics 2019). Hierzu sind jedoch Anpassungen der Anlagentechnik, des Produktdesigns zur Recyclingfähigkeit, der sortenreinen Materialsortierung und Wiederaufbereitung sowie der Produktkennzeichnung notwendig (Prognos 2020). Für die einzelnen Materialien gilt es dabei, individuelle, aber verwandte Handlungsansätze zu berücksichtigen. Während bei Stahl eine erhöhte Materialrückführung durch eine Reduktion der Verunreinigung durch Kupfer im Zuge des Entmantelungsprozesses am Produktlebensende erzielt werden kann, sollte in der Kunststoffindustrie die Vermischung verschiedener Kunststoffe bereits im Produktdesign vermieden werden, da dies die Recyclingfähigkeit einschränkt (Material Economics 2019). Weitere Herausforderungen für den Ausbau der Kreislaufwirtschaft sind die bislang häufig fehlende Wirtschaftlichkeit sowie die fehlende Rechtssicherheit (Wuppertal Institut 2022).

Hemmnisse für den weiteren Ausbau der Kreislaufführung von Rohstoffen sind insbesondere fehlende regulatorische Vorgaben zur Nutzung von Recyclingmaterialien, zur Recyclingfähigkeit und Lebensdauer (Knappe et al. 2021). Zudem gibt es beim Recycling von Kunststoff und dem Recyclateinsatz noch ungenutzte technische Potenziale (Knappe et al. 2021). Eine digitale Nachverfolgung, eine verbesserte Sammlung sowie eine Ausweitung der Pfandsysteme können Stoffströme nachvollziehbar und besser nutzbar machen (Wuppertal Institut 2022).

Zirkuläre Wirtschaft in Niedersachsen

Zwischen 2010 und 2019 konnte in Niedersachsen die Rohstoffproduktivität (gemessen am abiotischen Direkten Materialeinsatz) um 47,7 % gesteigert werden (UGRdL o. J.). Das Ziel des deutschen Ressourceneffizienzprogramms, die Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln, wurde damit jedoch –

analog zu den Entwicklungen auf Bundesebene – deutlich verfehlt (UBA 2022). Eine weiterführende Beurteilung des Status Quo der Materialkreislaufführung ist im Rahmen dieser Studie aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit kaum möglich. So wird im Rahmen der jährlichen Abfallbilanzen zwar über das Aufkommen der im Rahmen der öffentlichen Entsorgung erfassten Abfälle sowie durch die Gewerbeaufsicht über Sonderabfälle der Wirtschaft berichtet, ein wesentlicher Anteil der gewerblichen Abfälle und ihrer Wiederaufbereitung werden jedoch nicht erfasst.

Niedersachsen hat als Industrieland ein großes Potenzial für die Kreislaufwirtschaft. Als traditioneller Industriestandort verfügt es über strukturstarke Ballungsräume und die notwendige Kapazität, um mehrere Stufen der zirkulären Wertschöpfung auf einem vergleichsweise kleinen Raum zu vereinen (Prognos 2020). Ressourcenmanagement wird zudem für die Industrieunternehmen in Niedersachsen immer wichtiger. Dabei setzen gemäß einer Umfrage aus dem Jahr 2019 bereits 75 % der Unternehmen auf einen effizienteren Einsatz und das Ersetzen von Rohstoffen und 39 % ergreifen bereits solche Maßnahmen (Nds. MU 2019).

Im Rahmen der niedersächsischen Klimaschutzpolitik wird die Steigerung der Rohstoffproduktivität künftig durch die „Förderrichtlinie Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft“ adressiert. Ein weiterer Baustein der Niedersächsischen Ressourceneffizienzstrategie ist zudem die Unterstützung des Sekundärrohstoffzentrums im Harz (Nds. MU 2018).

3.5 Wasserstofferzeugung und -infrastruktur

Die Nutzung von grünem Wasserstoff ist elementar für die Dekarbonisierung der deutschen Wirtschaft und wird als solche in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft intensiv diskutiert. Die relevanten Szenario-Analysen für Deutschland gehen von einem künftigen Anteil von 10–35 % der Endenergienachfrage aus (Ueckerdt et al. 2021). Diese Bandbreite zeigt die hohe Varianz in den Prognosen hinsichtlich der

Anwendungsbereiche von Wasserstoff und des relativen Umfangs auf. Während einige Hauptszenarien eine überwiegende Fokussierung auf die Energiewirtschaft sowie zentrale Industriebranchen und in geringem Maße im Verkehrssektor aufzeigen, gehen andere Szenarien von einer Anwendung auch im Gebäudesektor sowie in größerem Umfang auch im Mobilitätssektor aus (Stiftung Klimaneutralität et al. 2022).

Innerhalb der Industrie wird einheitlich insbesondere in der Stahl- sowie der chemischen Industrie von einem signifikanten Bedarf ausgegangen (SCI4climate. NRW 2022). Darüber hinaus wird ein Einsatz insbesondere in Hochtemperaturprozessen dort als notwendig eingestuft, wo der direkte Einsatz von Strom an technologische Grenzen stößt (Ueckerdt et al. 2021). Selbst in Szenarien mit einem stark fokussierten Einsatz von Wasserstoff wird jedoch davon ausgegangen, dass der inländische Bedarf nicht durch die inländische Produktion von Wasserstoff gedeckt werden kann, sondern maßgebliche Anteile importiert werden müssen (Stiftung Klimaneutralität et al. 2022).

Literaturverweis

Einen Überblick über die Priorisierung des Einsatzes von Wasserstoff sowie weitere Dissens- und Konsenslinien zum Einsatz von Wasserstoff bietet Ueckerdt et al. (2021).

Vor dem Hintergrund der fortbestehenden Unsicherheiten zur Entwicklung der Verfügbarkeit und des Preises für grünen Wasserstoff sowie der höheren energetischen Effizienz der direkten Elektrifizierung wird vielfach dafür argumentiert, die Nutzung von Wasserstoff auf Anwendungsbereiche zu beschränken, für die zum jetzigen Zeitpunkt keine direkte Elektrifizierung möglich erscheint. Dem entgegen gestellt wird die Auffassung, dass ein breiter Einsatz von Wasserstoff den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft beschleunigen wird. Einen weiteren Dissens stellt die Nutzung von grünem Wasserstoff dar. Während blauer Wasserstoff von einigen Akteur*innen als Brückentechnologie für den schnellen Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur bewertet wird, sehen andere insbesondere hohe Emissionsrisiken durch die Nutzung von Erdgas als Risiko (Ueckerdt et al. 2021).

Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Niedersachsen

Niedersachsen verfügt über gute Voraussetzungen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Um diese Potenziale zu nutzen, hat sich Niedersachsen gemeinsam mit anderen norddeutschen Bundesländern in der Norddeutschen Wasserstoffstrategie einen vergleichsweise ambitionierten Zielrahmen gesetzt und diesen auch mit einer vergleichsweise ausführlichen Maßnahmenbeschreibung hinterlegt (PIK et al. 2021). In diesem wird sich auf die Förderung von grünem Wasserstoff fokussiert, es werden jedoch keine prioritären Anwendungsbereiche definiert. Die Förderung der Wasserstoffwirtschaft stellt auch einen expliziten Fokus der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie dar und wird durch eine eigene Förderlinie unterstützt (Nds. MU 2021b). Netzwerk-Initiativen wie das Niedersächsische Wasserstoffnetzwerk oder die Wissenschaftsallianz Wasserstofftechnologien unterstützen darüber hinaus den Austausch von Wissen und die Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Mit einer Reihe von Projekten und Initiativen ist in Niedersachsen der Grundstein für die Realisierung dieser Handlungspotenziale gelegt worden. So ist Niedersachsen beispielsweise mit insgesamt zehn Projektstandorten sogenannter „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI) das Bundesland mit der größten Anzahl an durch die EU genehmigten, geförderten Wasserstoff-Leuchtturm-Projekten. Davon sind vier auf die Nutzung von Wasserstoff in der Industrie fokussiert (Chemiestandort Stade, Stahlproduktion in Salzgitter sowie Einsatz in der Raffinerie in Lingen) (BMWK 2021). Insgesamt sind in Niedersachsen gemäß Wasserstoffatlas bislang 25 Projekte zur Wasserstofferzeugung in Betrieb oder in Planung. Bis 2030 soll dadurch eine installierte Leistung von rund 3,1 GW entstehen. Weiter sind bislang 13 Projekte zur Wasserstoffnutzung durch die Wirtschaft verzeichnet, davon sieben im Bereich Transport, zwei im Chemiesektor, drei in der Mineralölweiterverarbeitung und eins im Stahlsektor (Wasserstoff Atlas o. J.). Das Niedersächsische Wasserstoffnetzwerk erfasst eine Vielzahl weiterer Projekte in Niedersachsen, u. a. zwei Projekte zur Wasserstoffspeicherung (NWN 2022).

3.6 Ausbau der Erzeugung und Nutzung Erneuerbarer Energien

Das Tempo, in dem sowohl ein Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft sowie der Elektrifizierung der Industriewärme erfolgen kann, hängt maßgeblich von der Verfügbarkeit von bezahlbarem Strom aus Anlagen Erneuerbarer Energien ab. Der Anstieg des Strombedarfs allein durch Wärmepumpen und Elektrolyseure wird von den betrachteten Transformationsszenarien bis 2030 bereits auf bis zu 116 TWh geschätzt (entspreche rund 20 % der Nettostromerzeugung im Jahr 2019) (SCI4climate.NRW 2022). Insbesondere durch die Verdeutlichung der bestehenden Energieabhängigkeiten im Zuge des Kriegs in der Ukraine rückt zudem die Rolle der Erneuerbaren Energien für die Steigerung der Energiesicherheit in den Fokus der Debatte.

Zur Deckung des Stromverbrauchs der verschiedenen Sektoren gehen die betrachteten Szenarien für Deutschland von einer notwendigen Zubaurate von 5–16 GW jährlich zwischen 2021–2030 für Photovoltaikanlagen sowie 5–7 GW jährlich für Onshore- und 1–2 GW jährlich für Offshore-Windanlagen aus. Dabei steigt insbesondere der Anteil von Solarenergie in Bezug auf die installierte Leistung und die Strommenge überproportional an. Während Solarenergie aktuell rund 20 % der Nettostromerzeugung und 40 % der installierten elektrischen Leistung ausmacht, gehen die Transformationsszenarien von einer Steigerung auf bis zu 63 % der installierten Leistung aus (SCI4climate.NRW 2022).

Mit dem Koalitionsvertrag und der jüngsten EEG-Novelle hat die deutsche Bundesregierung die bundesweiten Ziele zum Ausbau der Erneuerbaren Energien zuletzt deutlich angehoben. Die in der EEG-Novelle beschlossenen Ausbaupfade erfordern dabei eine bis zu zehnfache Steigerung der in den Jahren 2019 und 2020 realisierten Zubauraten (BMWK 2022; SCI4climate.NRW 2022). Ebenfalls Bestandteil des sogenannten „Osterpakets“ sind Maßnahmen zum Abbau bisheriger zentraler Ausbauhemmnisse, unter anderem die Verankerung des Vorrangs für Erneuerbare Energien in der Schutzgüterabwägung, Maß-

nahmen zur Beschleunigung der Genehmigungsverfahren sowie solche zur Erhöhung der für den Ausbau zur Verfügung stehenden Flächen (BMWK 2022). Weitere Hindernisse für den Ausbau stellen Defizite in der Raumplanung auf Landes- und regionaler Ebene sowie in Genehmigungsverfahren dar, da diese mangelnde Planungs- und Rechtssicherheit zur Folge haben (Verheyen 2020).

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Niedersachsen

Aufgrund guter geografischer Voraussetzungen konnte sich Niedersachsen in den vergangenen Jahren in Bezug auf die Erzeugungskapazitäten für Windenergie an Land als Vorreiter unter den deutschen Bundesländern etablieren. Mit 11,4 GW verfügt Niedersachsen über die größte installierte Leistung in Windkraftanlagen an Land im Bundesvergleich (Nds. MU 2021a). Niedersachsen erreichte in den vergangenen Jahren deutlich überdurchschnittliche Zubauraten, zwischen 2015 und 2020 lagen diese im Schnitt bei 0,5 GW jährlich (Agentur für Erneuerbare Energien 2022e). Insgesamt machte Windenergie in Niedersachsen im Jahr 2020 rund 76 % der Bruttostromerzeugung auf Basis Erneuerbarer Energien aus, der Anteil von Solar an der Stromerzeugung lag bei 6,7 % (Nds. MU 2021a).

Damit liegt der Anteil der Solarenergie an den Stromerzeugungskapazitäten in Niedersachsen deutlich unter dem Bundesdurchschnitt. Für die kommenden Jahre sieht die Niedersächsische Klimaschutzstrategie jedoch einen deutlich beschleunigten Ausbau der Photovoltaik vor. Während die installierten Kapazitäten der Windenergie von aktuell rund 12 GW auf 20 GW bis 2030 steigen sollen, ist für die Photovoltaik ein Ausbauziel von aktuell rund 5 GW auf insgesamt 65 GW im Jahr 2040 vorgesehen (Dachanlagen und Freiflächen zusammengefasst) (Nds. MU 2021b). Bislang bewegen sich die Zubauraten in Niedersachsen in Bezug auf Photovoltaik lediglich im (oberen) Mittelfeld im Bundesvergleich mit im Schnitt 366,8 MWp jährlich zwischen 2010 und 2021 (Agentur für Erneuerbare Energien 2022). Dabei waren Dachphotovoltaikanlagen seit 2016 im Schnitt für mehr als 90 % der zusätzlich installierten Leistungen verantwortlich. Ein Grund für den relativ geringen Zubau großer Anlagen sind die in Niedersachsen vergleichsweise restriktiven raumordnerischen Rahmenbedingungen für Freiflächenanlagen.

3.7 Wandel am Arbeitsmarkt

Die Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft erfordert nicht nur von Unternehmen enorme Anstrengungen in Hinblick auf die Umstellung der Energieversorgung, der Produktionsanlagen und des Produktangebots. Auch Arbeitnehmer*innen werden mit Veränderungen konfrontiert werden. Dabei führen insbesondere drei Dynamiken zu strukturellen Änderungen in betroffenen Branchen: (1) Die Veränderung, Verknappung oder Verteuerung der eingesetzten Ressourcen, (2) die Veränderung der Produktionsverfahren sowie (3) der Veränderungsdruck auf Ebene des Endprodukts (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2022b). Eine Betroffenheitsanalyse zeigt auf, dass insbesondere die Bauwirtschaft, die Chemieindustrie, die Energiewirtschaft, der Fahrzeugbau, die Landwirtschaft, die Lebensmittelherstellung, der Maschinenbau und die Pharmaindustrie stark von dem Strukturwandel betroffen sein werden (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2022b). Eine Veränderung der Grenzkosten der Energiequellen und -träger sowie klimafreundlicher Rohstoffe kann zudem zu einer Verlagerung der industriellen Produktionskapazitäten führen, insbesondere bei energieintensiven Grundstoffindustrien (SCI4climate. NRW 2021). Die betrachteten Transformationsszenarien kommen für den Stahl-, Chemie-, und Zementsektor jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf die Relevanz der Verlagerung (IN4climate. NRW 2021).

Verschiedene Studien setzen sich mit den Netto-Beschäftigungseffekten der Klimatransformation auseinander und kommen zu heterogenen Ergebnissen. Die Höhe und Richtung der von der Literatur prognostizierten Effekte hängen dabei von verschiedenen Faktoren ab, in Bezug auf die Automobilindustrie beispielsweise dem Umfang, in dem aktuell häufig outgesourcte Prozessschritte künftig inländisch durchgeführt werden (BCG und Agora Verkehrswende 2021). Insgesamt sehen die betrachteten Studien jedoch häufiger positive Beschäftigungspotenziale durch den Klimaschutz (Kaltenborn 2021).

Zudem erfordert der starke Bedarf an Investitionen und Umrüstungen in Prozesstechnik und Gebäudeinfrastruktur eine hohe Anzahl von Fachkräften zur Installation und Instandhaltung von Anlagen. Bereits

heute ist die nicht ausreichende Verfügbarkeit von Fachkräften ein Hemmnis in der Umsetzung der Transformationsziele, beispielsweise beim Einbau von Wärmepumpen (Prognos et al. 2021). Neben einer Verschiebung zwischen Berufen können durch verstärkte Klimaschutzmaßnahmen auch die Qualifikationsanforderungen in bestehenden Berufsbildern erweitert oder neue Berufsbilder erforderlich werden. Bislang werden diese Effekte jedoch noch kaum beleuchtet (Kaltenborn 2021).

Beschäftigungseffekte der Klimatransformation in Niedersachsen

Wie in vielen anderen deutschen Regionen stellt auch in Niedersachsen der Fachkräftebedarf eine zentrale Herausforderung dar. Die Ausbildungszahlen im verarbeitenden Gewerbe sind in den norddeutschen Bundesländern rückläufig (DGB 2022), aber auch eine erhöhte Nachfrage und demografische Faktoren beeinflussen den Fachkräftebedarf (IW Consult 2020). Die Ergebnisse der durchgeführten Kurzbefragung bestätigen dieses Bild, die teilnehmenden niedersächsischen Unternehmen sehen den Fachkräftemangel als zentrale Herausforderung der kommenden zwei Jahre an (vgl. Kapitel 6). Einige der in Niedersachsen stark vertretenen Branchen wie der Automobilsektor und die Lebensmittelbranche sind von besonderem strukturellen Veränderungsdruck in der Produktnachfrage betroffen. Zugleich sind mit dem Maschinenbau und der Metallverarbeitung auch Branchen in Niedersachsen stark vertreten, welche besonders vom Ausbau der Erneuerbaren Energien sowie vom Absatzpotenzial durch neue Produktionsanlagen profitieren können (Roland Berger und FKA 2021). Bislang wurde noch keine detaillierte Analyse der zu erwartenden Beschäftigungseffekte sowie Änderungen der Qualifikationsbedarfe durch die Klimatransformation für Niedersachsen durchgeführt.

Literaturverweis

Eine Analyse der niedersächsischen Arbeitsmarktentwicklungen, des Fachkräftebedarfs sowie der Handlungsbedarfe gibt IW Consult (2020). Der Aktionsplan 2021/22 der Fachkräfteinitiative Niedersachsen gibt einen Überblick über die bestehenden Initiativen des Landes zur Fachkräfteförderung (Nds.MW 2021a).

4 Branchenbetrachtung

Das vorangegangene Kapitel gibt einen grundlegenden Überblick über die Handlungsfelder für die Klimatransformation in Niedersachsen. Die Handlungsbedarfe in einzelnen Branchen hängen dabei von branchenspezifischen Faktoren wie Temperaturbedarfen, energetischen Anwendungsbereichen, dem aktuellen Energiemix, prozessspezifischen Produktionstechnologien, Prozessemissionen und dem stofflichen Einsatz von fossilen Rohstoffen ab. Eine Betrachtung dieser branchenspezifischen Anforderungen und des Handlungsbedarfs sowie der jeweiligen Ausgangslage ist notwendig, um die Transformation der niedersächsischen Wirtschaft wirkungsorientiert und konkret unterstützen zu können. Dies erfolgt im Folgenden für acht Branchen der niedersächsischen Wirtschaft. Aufgrund der großen Bedeutung des Handwerks für die niedersächsische Wirtschaft wird dieses zusätzlich in einer gesonderten Betrachtung auf seine spezifischen Transformationsanforderungen hin beleuchtet. Der Fokus der Betrachtung liegt dabei auf der Vermeidung der THG-Emissionen im Produktionsprozess. Vor- und nachgelagerte Emissionen entlang der Wertschöpfungskette sowie der Beitrag einzelner Branchen zur Vermeidung von Emissionen in anderen Sektoren werden nicht dezidiert betrachtet.

In der Auswahl der betrachteten Branchen wurde insbesondere das verarbeitende Gewerbe in Niedersachsen in den Blick genommen. 2018 war das verarbeitende Gewerbe für rund 46 % der energiebedingten Emissionen (basierend auf der Zuschlüsselung gemäß der UGRdL) und 40 % des Primärenergieverbrauchs der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (UGRdL 2021)¹³. Damit ist dieser Wirtschaftszweig vor der Energieversorgung, dem Baugewerbe und dem Handels- und Dienstleistungssektor der wichtigste Emittent und Energieverbraucher der niedersächsischen Wirtschaftssektoren. Als zentraler Baustein für die Transformation wurde zudem die Unternehmen der Elektrizitäts-, Gas-, Wärme- und Warmwasserversorgung (Wirtschaftszweig WZ 35, nachfolgend „Energieversorgung“) in Niedersachsen betrachtet¹⁴.

Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes wurden sieben Branchen für die nähere Betrachtung identifiziert. Die Auswahl der Branchen erfolgte hinsichtlich ihrer Größe und Klimarelevanz. Für die Größe wurden als relevante Kennziffern die Beschäftigtenzahlen und der Umsatz herangezogen¹⁵. Die Klimarelevanz wird über den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen definiert¹⁶. Aufbauend auf diesen statistischen Kennzahlen erfolgte zum Studienbeginn im Rahmen eines Workshops mit den Partnerorganisationen der NAN¹⁷ sowie Vertreter*innen der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN) und der Leuphana Universität Lüneburg die endgültige Branchenauswahl¹⁸.

Abbildung 4 stellt das Ergebnis der Branchenauswahl dar. Auch wenn durch die Auswahl mehrere Branchen im vorliegenden Bericht nicht weiter betrachtet werden, sind sie für die Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft von hoher Relevanz.

13 Eine Abweichung zu den Emissionsanteilen gemäß des Sektorzuschnitts des KSG ergibt sich insbesondere durch die Zuschlüsselung der Emissionen aus dem Stromverbrauch (siehe auch Fußnote 6).

14 Eine Analyse auf Basis der EU-Industrie-Ökosysteme wurde geprüft, aber für den Rahmen dieser Studie nicht weiterverfolgt. Der wesentliche Grund hierfür ist zum einen die statistische Datenverfügbarkeit, welche auf der Klassifikation der Wirtschaftszweige gemäß dem Statistischen Bundesamt beruhen. Zudem liegt der Fokus dieser Studie auf der Betrachtung der Ausgangslage und Handlungsfelder einzelner Wirtschaftszweige, um niedersachsspezifische Besonderheiten zu identifizieren. Die differenziertere Aufschlüsselung der Wirtschaftszweige bietet hier die Möglichkeit, spezifischer auf Besonderheiten und Anforderungen verschiedener Branchen innerhalb desselben EU-Industrie-Ökosystems einzugehen.

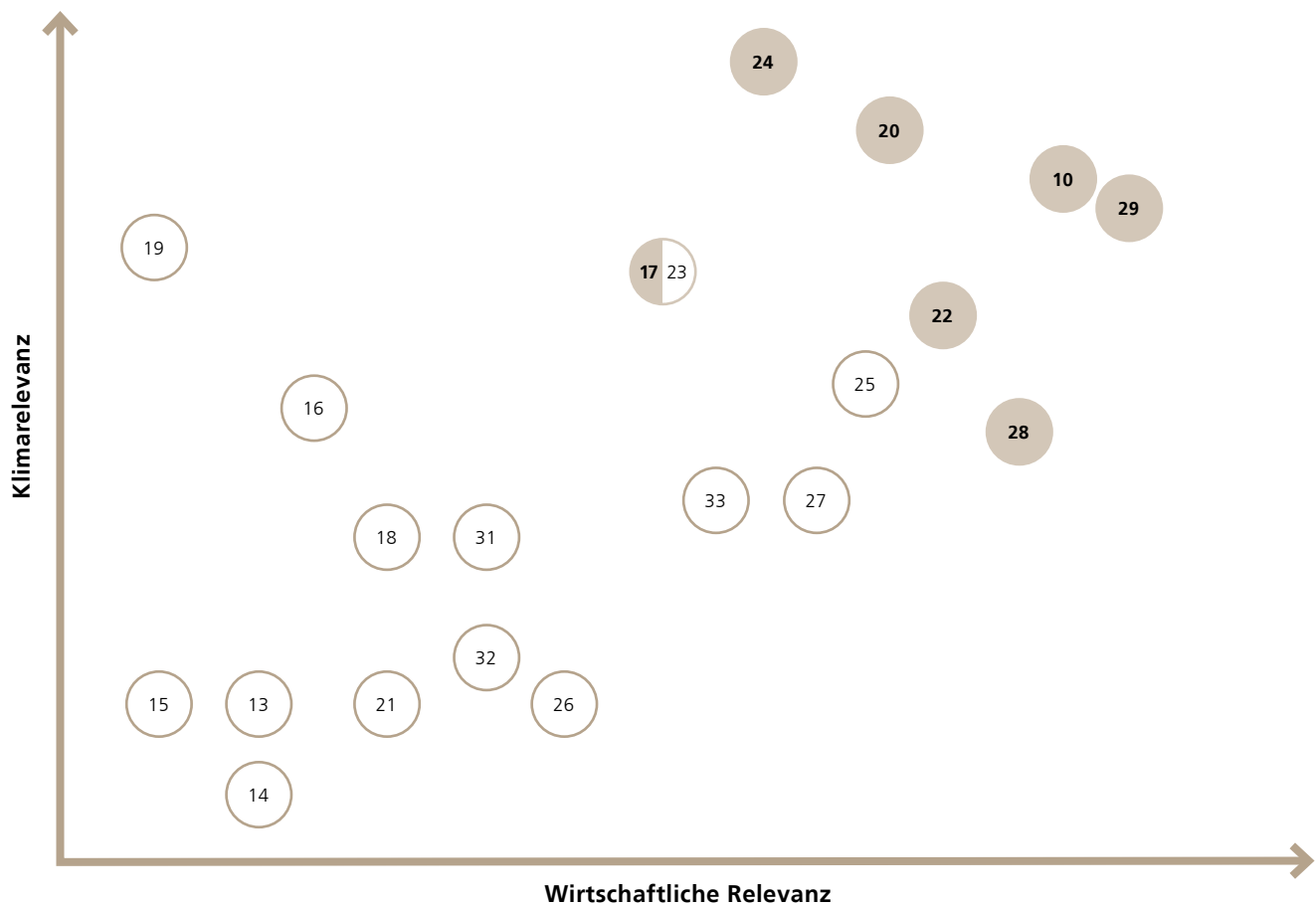
15 Aufgrund von Lücken in der Datenverfügbarkeit ist die unten aufgeführte Darstellung eine approximative Betrachtung. Für die Datenpunkte Energieverbrauch und energiebedingte Emissionen liegen nur aggregierte Daten auf Ebene der Wirtschaftsunterabschnitte vor; für einige Wirtschaftssektoren werden aus Gründen der statistischen Geheimhaltung zudem keine Umsatz- und Beschäftigtenzahlen berichtet.

16 Daten zu prozessbedingten Emissionen sind für Niedersachsen nur aggregiert, nicht aber nach Wirtschaftssektoren aufgeschlüsselt verfügbar.

17 Die Partner der NAN sind das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU), das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (MW), die Unternehmerverbände Niedersachsen e.V. (UVN), der Deutsche Gewerkschaftsbund (DGB) – Bezirk Niedersachsen – Bremen – Sachsen-Anhalt, die Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen (LHN), die IHK Niedersachsen (IHKN).

18 Zur Diskussion standen die 24 Wirtschaftszweige des verarbeitenden Gewerbes (C), die Energieversorgung (D), das Baugewerbe (F), sowie das Handwerk (branchenübergreifend).

Abbildung 4 – Auswahl der betrachteten Branchen im verarbeitenden Gewerbe¹⁹



- 10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln**
- 13 Herstellung von Textilien
- 14 Herstellung von Bekleidung
- 15 Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen
- 16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
- 17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus**
- 18 Herstellung von Druckerzeugnissen
- 19 Kokerei und Mineralölverarbeitung
- 20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen**
- 21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
- 22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren**
- 23 H.v. Glas und Glaswaren, Keramik, Verarb.v.Steinen und Erden
- 24 Metallerzeugung und -bearbeitung**
- 25 Herstellung von Metallerzeugnissen
- 26 Herstellung von Dv-Geräten, elektr.u.opt. Erzeugnissen
- 27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
- 28 Maschinenbau**
- 29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen**
- 31 Herstellung von Möbeln
- 32 Herstellung sonstiger Waren
- 33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen

¹⁹ Aufgrund fehlender Daten konnten die folgenden Wirtschaftszweige nicht trennscharf betrachtet werden und sind folglich nicht aufgeführt: WZ 11 Getränkeherstellung, WZ 12 Tabakverarbeitung, WZ 30 Sonstiger Fahrzeugbau (keine Umsatz- und Beschäftigtenzahlen verfügbar). Für die Sektoren WZ 16 und WZ 19 lagen nur Daten zu den Beschäftigtenzahlen vor, sodass diese die Basis der Bewertung der wirtschaftlichen Relevanz darstellen.

Quelle: Eigene Darstellung, Daten: (LSN 2022b; UGRdL 2021)

Dies gilt beispielsweise für die Branche Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23). Hier schränkt insbesondere die fehlende Verfügbarkeit von Daten zu den Prozessemissionen die Analysemöglichkeiten ein. Prozessemissionen machen in dieser Branche einen sehr hohen Anteil der Gesamtemissionen aus, sodass die der Branchenauswahl zugrunde gelegten energiebedingten Emissionen den Beitrag der Branche zu den Gesamtemissionen in Niedersachsen unterschätzen. Auch andere Branchen wie die Bauwirtschaft, aber auch relevante Branchen des Dienstleistungssektors wie die Tourismusbranche oder Gesundheitsdienstleistungen, werden aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von nicht aufgeschlüsselten Daten ausgeklammert. Während dieser Bericht zudem einen explorativen Charakter einnimmt und somit keine Analyse aller Wirtschaftsbereiche Niedersachsens beinhaltet, kann eine Betrachtung weiterer Wirtschaftsbereiche Bestandteil umfassenderer Folgeuntersuchungen sein.

Dennoch ergibt sich aus dem gewählten Vorgehen eine Branchenbetrachtung mit hoher Relevanz für die Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft. So waren die betrachteten Branchen des verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2019 für rund 83 % EEV des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes verantwortlich (55,6 % unter Berücksichtigung der fossilen Energiebedarfe von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrigen Verbraucher*innen (ohne private Haushalte)) (LSN 2021).

4.1 Erläuterung zu den Branchensteckbriefen

Durch eine branchenspezifische Betrachtung der Ausgangslage und Handlungsfelder der Transformation soll die Handlungsfähigkeit zu einer konkreten und anwendungsorientierten Unterstützung der Transformation erhöht werden. Mit diesem Ziel werden die in der Branchenauswahl herangezogenen Kennzahlen (abhängig Beschäftigte, Umsatz, Primärenergieverbrauch (PEV), CO₂-Emissionen) in den Branchensteckbriefen um vier weitere ökonomische

Kennzahlen ergänzt. Die Anzahl der Betriebe soll die anzusprechenden Entscheidungsträger*innen benennen, die Exportquote dient der Einordnung der Aushandelsexposition einer Branche und somit ihrer internationalen Eingebundenheit. Der Anteil des FuE-Personals an allen abhängigen Beschäftigten sowie die FuE-Aufwendungen am Gesamtumsatz schätzen das Innovationsverhalten einer Branche ein. Diese sollten jedoch nur als grobe Einordnung aufgefasst werden. Die zugehörigen Forschungsfelder benennen die Forschungsschwerpunkte innerhalb der jeweiligen Branche. Dabei können die im Rahmen der Datenerhebung befragten Unternehmen gleichzeitig in mehreren Forschungsfeldern tätig sein (Summe der Anteile daher teilweise größer 100 %). Bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen sowie des Primärenergieverbrauchs der niedersächsischen Wirtschaft werden Privathaushalte konsequenterweise ausgeschlossen. Eine genaue Definition der in den Branchensteckbriefen herangezogenen Indikatoren sowie eine Tabelle mit den zusammengefassten Zahlen aller betrachteten Branchen befinden sich in Anhang 1: Statistische Kennzahlen der Branchensteckbriefe und in Anhang 3: Zusammenfassende Kennzahlentabelle.

Die aufgeführten Kennzahlen in den Branchensteckbriefen sind mit sogenannten Relevanz-Markern versehen. Der **Relevanz-Marker** [●] bildet die relative Größenordnung einer Branchenkennzahl ab und bietet den Leser*innen somit eine direkte visuelle Bedeutungseinordnung. Die Kennzahl wird hierfür ins Verhältnis zu den Ausprägungen der übrigen 72 Wirtschaftsabteilungen (WZ08 2-Steller) in Niedersachsen gebracht und wie folgt kategorisiert²⁰.

Um die betrachteten Branchen in Bezug zur Europäischen Industriestrategie setzen zu können sowie als erste Indikation für Abhängigkeiten zwischen den betrachteten Branchen, wurde gekennzeichnet, welchem EU-Industrie-Ökosystem die jeweilige Branche gemäß des Annual Single Market Reports 2021 der Europäischen Kommission zuzuordnen ist.

²⁰ Die Einordnung der Anteile in die Kategorien erfolgte nach der Verteilung der Größenordnung sowie nach eigenem Ermessen.

In einigen der untersuchten Quellen weicht die verfügbare Sektor-Aufschlüsselung von der Branchenabgrenzung gemäß WZ-Klassifikation ab. In diesen Fällen ist dies entsprechend gekennzeichnet.

Tabelle 1 – Relevanz-Indikatoren der Branchensteckbriefe²⁰

	● ● ● ●	● ● ●	● ●	●
Abhängig Beschäftigte	Top3-Branche	Top10-Branche	Top25-Branche	restliche Branchen
Anzahl Betriebe	Top2-Branche	Top15-Branche	Top25-Branche	restliche Branchen
Jahresumsatz	Top2-Branche	Top8-Branche	Top20-Branche	restliche Branchen
Exportquote Auslandsumsatz am Gesamtumsatz	stark über- durchschnittlich	über- durchschnittlich	durchschnittlich	unter- durchschnittlich
FuE-Personal an abhängig Beschäftigten	stark über- durchschnittlich	über- durchschnittlich	durchschnittlich	unter- durchschnittlich
FuE-Aufwendungen am Gesamtumsatz	stark über- durchschnittlich	über- durchschnittlich	durchschnittlich	unter- durchschnittlich
CO₂-Emissionen ohne private Haushalte	sehr hoher Anteil	hoher Anteil	mittlerer Anteil	geringer Anteil
Primärenergieverbrauch ohne private Haushalte	sehr hoher Anteil	hoher Anteil	mittlerer Anteil	geringer Anteil

Weiter werden die zentralen Elemente des Transformationspfads der Branche knapp beleuchtet. Die Grundlage hierfür bilden fünf Studien, die mögliche Pfade für Deutschland zur Erreichung der Emissionsreduktionsziele aufzeigen²¹. Diese werden – sofern verfügbar – ergänzt durch Studien, welche die Zielpfade der Klimaneutralität sowie technologische Potenziale branchenspezifisch betrachten. Zudem werden Informationen zu den gegenwärtigen Herausforderungen der jeweiligen Branche dargestellt. Da der Fokus auf der Dekarbonisierung liegt, werden grundsätzliche Trends, die alle Branchen betreffen (z. B. Fachkräftemangel, Digitalisierung), sowie aktuelle Krisenereignisse (z. B. die Corona-Pandemie oder der Ukraine-Krieg) nicht spezifisch erörtert; bei auffälligen Abweichungen oder einer besonderen Betroffenheit werden diese Punkte aber aufgegriffen und benannt.

Basierend auf der Literaturrecherche zu den branchenspezifischen Transformationspfaden und -anforderungen werden abschließend ausgewählte Handlungsfelder in ihrer Relevanz für die niedersächsische Transformation sowie das verfügbare Wissen zur Ausgangslage dargestellt.

²¹ Die Basis der Analyse bilden die Studien „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von der Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende (Prognos et al. 2021), „Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft“ des BDI (BCG 2021), die dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ (EWI et al. 2021), die „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Consentec et al. 2021) sowie der Modell- und Szenarienvergleich „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Kopernikus-Projekts (PIK et al. 2021).

4.2 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln

WZ08-10

4.2.1 Struktur der Branche

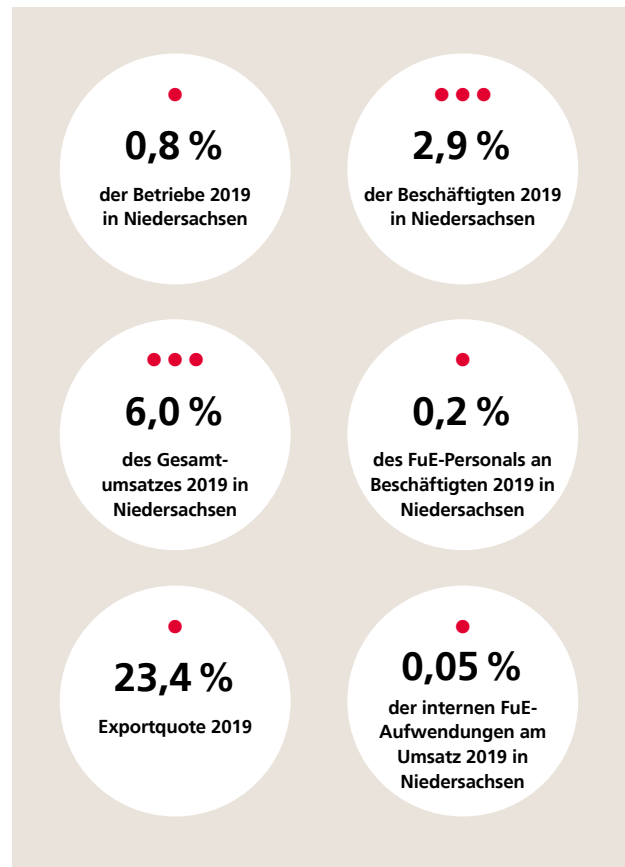
Diese Branche umfasst die Verarbeitung von Erzeugnissen der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei zu Nahrungs- und Futtermitteln sowie die Herstellung verschiedener Halbwaren, die selbst noch keine Nahrungs- und Futtermittel darstellen. Diese Branche umfasst hingegen weder die Getränkeherstellung noch die Gewinnung pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Die Nahrungs- und Futtermittelherstellung in Niedersachsen beschäftigt knapp 100.600 abhängig Beschäftigte in 2.605 Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 2,9 % aller Beschäftigten, aber nur 0,8 % aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 36,1 Mrd. € und macht 6,0 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaft aus (LSN 2022). Knapp ein Viertel des Branchenumsatzes wird hierbei über den Güterexport erwirtschaftet (Statistisches Bundesamt 2022a), der im Vergleich zu anderen Branchen verhältnismäßig gering ausfällt. Gegenüber 2010 ist die Zahl der Beschäftigten um 10 % gewachsen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Im Vergleich zum übrigen Deutschland sind die Beschäftigten- und Umsatzanteile der niedersächsischen Wirtschaft leicht überdurchschnittlich (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

Insgesamt sind 0,2 % der Branchenbeschäftigten in Niedersachsen als FuE-Personal tätig, es werden aber nur 0,05 % des Branchenumsatzes in interne FuE-Aufwendungen investiert. Im Deutschlandvergleich liegt die Innovationstätigkeit der Branche in Niedersachsen ungefähr im Durchschnitt. Im Zeitraum von 2011 bis 2019 blieben sowohl die Anteile des FuE-Personals (+3 %) als auch der internen FuE-Aufwendungen (+1 %) in Niedersachsen beinahe

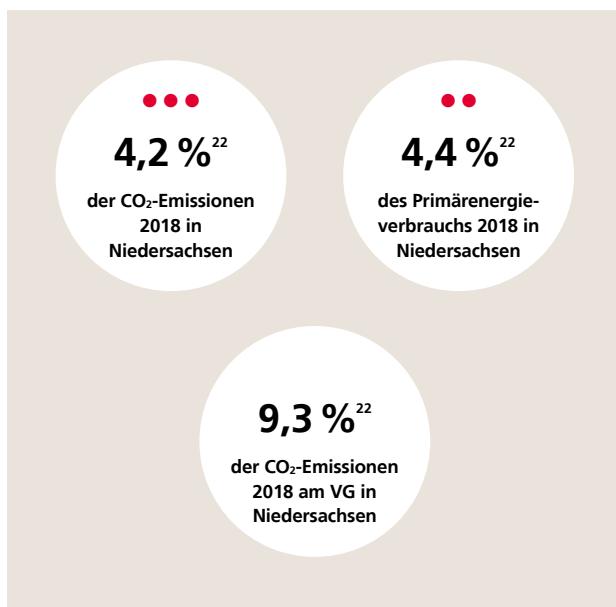


unverändert. Deutschlandweit fokussieren 33 % der Unternehmen der Nahrungs- und Futtermittelindustrie ihre Innovationstätigkeit auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 8 % auf den Bereich **Energie** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht hingegen Informationsbedarf.

4.2.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Die Nahrungs- und Futtermittelindustrie ist für 4,2 % der energiebedingten CO₂ Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und nimmt somit eine übergeordnete Position ein²². Der Anteil liegt deutlich über dem Branchenanteil im übrigen Deutschland (1,9 %). Bezogen auf das verarbeitende Gewerbe erreicht die Branche in Niedersachsen sogar einen Anteil von 9,3 %. Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um 8 % gestiegen, deutschlandweit hingegen nur um 4 % (UGRdL 2021).



Primär- und Endenergieverbrauch

Die Nahrungs- und Futtermittelindustrie ist für 4,4 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und liegt damit ebenfalls deutlich oberhalb des Anteils im übrigen Deutschland (2,5 %). Der PEV der niedersächsischen Nahrungs- und Futtermittelindustrie ist gegenüber 2010 zudem um 10 % gestiegen, während der Anstieg deutschlandweit nur 6 % betrug (UGRdL 2021).

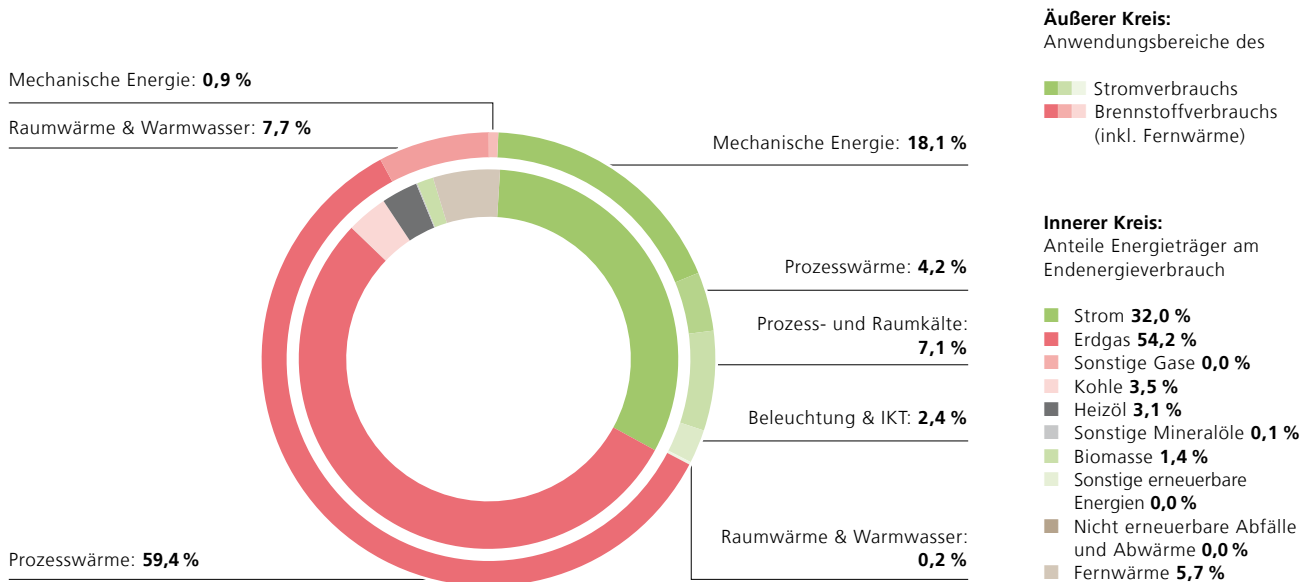
Die wichtigste Energiequelle des Sektors ist (bundesweit) Erdgas mit einem Anteil von rund 54 % am

Endenergieverbrauch (EEV) (Datenstand 2019) (AG Energiebilanzen 2021b). Dabei macht Prozesswärme rund 60 % des Gesamtbrennstoffbedarfs aus, es dominieren Mitteltemperaturprozesse bis zu 500 Grad (Fraunhofer ISI 2021; BCG 2021). Strom ist mit 32 % des EEV die zweitwichtigste Energiequelle des Sektors und wird insbesondere für Druck- und Pumpenanlagen sowie sonstige mechanische Energie verwendet. Mit 7,1 % des Endenergieverbrauchs ist die Lebensmittelproduktion zudem die Branche mit dem höchsten Energiebedarf für Kälteprozesse im verarbeitenden Gewerbe (Fraunhofer ISI 2021).

Innerhalb des Sektors ist der Energieverbrauch stark von den verschiedenen Prozessen abhängig, die energieintensivsten Subbranchen sind die Zuckerindustrie, die milchverarbeitende Industrie, die Herstellung von Backwaren sowie die Fleischverarbeitung (Gühl et al. 2020). Insbesondere in der Zuckerproduktion, aber auch in der Milchverarbeitung wird der Energiebedarf dabei vom (fossilen) Brennstoffeinsatz dominiert, der auch für den wesentlichen Anteil der CO₂-Emissionen verantwortlich ist. In der Fleischverarbeitung und im Backbetrieb überwiegen hingegen die Emissionen aus dem Strombedarf (Gühl et al. 2020). Beim Bierbrauen fallen zudem im Zuge des Gärprozesses in geringem Maße Prozessemissionen an (Schlmann und Eichhammer 2013). Neben den direkten Emissionen der Produktion fallen zudem rund die Hälfte der Gesamtemissionen in der Erzeugung der Rohstoffe an (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2022b).

²² Die Angaben zu den energiebedingten CO₂-Emissionen und zum Energieverbrauch umfassen neben dem Wirtschaftszweig WZ-10 auch WZ-11 (Getränkeherstellung) und WZ-12 (Tabakverarbeitung). Der WZ-10 nimmt in diesem Aggregat aller Voraussicht nach die mit Abstand größte Position ein, da ca. 95 % der abhängig Beschäftigten sowie des Umsatzes auf diesen entfallen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022).

Abbildung 5 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Ernährungs- und Tabakindustrie (WZ 10-12) (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

4.2.3 Transformationspfad

In den betrachteten Transformationsszenarien für Deutschland spielt die Dekarbonisierung der lebensmittelverarbeitenden Industrie bislang eine nur untergeordnete Rolle und wird kaum branchenspezifisch betrachtet²³. Ein Grund hierfür ist der im Vergleich zu anderen Sektoren geringe Anteil an den Gesamtemissionen und am Energieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes, die geringe Bedeutung von Prozessemissionen sowie der verbreitete Einsatz von Querschnittstechnologien.

Aufgrund des hohen Brennstoffanteils für Dampf- und Wärmeprozesse liegt ein Fokus der bestehenden Studien für die Dekarbonisierung der Lebensmittelindustrie auf einem Brennstoffwechsel in der Erzeugung von Prozesswärme sowie der Energieeffizienzsteigerung (PIK et al. 2021; Ricardo 2021). Da die Wärmebedarfe überwiegend im niedrigen bis mittleren Bereich liegen, ist zum jetzigen Zeitpunkt eine Umstellung der Prozesswärme basierend auf verschiedenen klimaneutralen Alternativen

zur Wärmeerzeugung denkbar. So ermöglichen die niedrigen Temperaturbedarfe in einigen Anwendungsbereichen grundsätzlich auch einen Einsatz von Solarthermie, Umweltwärme oder Tiefengeothermie, die prozessspezifische Anwendbarkeit ist aber vielfach noch nicht erprobt (Ricardo 2021; IN4climate.NRW 2021). Aufgrund der in der Vergangenheit vergleichsweise hohen laufenden Kosten der Prozesselektrifizierung sowie der Verfügbarkeit von Biomasse im Zuge des Produktionsprozesses gehen einige Transformationspfade zudem von einer verstärkten Nutzung von Biomasse aus (BCG 2021; Ricardo 2021; FutureCamp 2020).

Zudem sind viele Wärme- und Dampfprozesse im Lebensmittelsektor bislang durch erhebliche Wärmeverluste gekennzeichnet; einer Nutzung dieser Abwärme für Niedrigtemperaturprozesse wird folglich

²³ Die Zuckerindustrie stellt eine Ausnahme dar. Für diese Teilbranche zeigt eine Studie von FutureCamp (2020) einen Reduktionspfad zur Klimaneutralität bis 2050 auf. Auf EU-Ebene entwickelt Ricardo Energy & Environment (2021) zwei Reduktionspfade für die europäische Lebensmittelindustrie.

ein wichtiger Beitrag zur Effizienzsteigerung zugeschrieben (Ricardo 2021). Im Vergleich zu anderen Sektoren nimmt zudem die Dekarbonisierung der Kühlung eine überdurchschnittliche Rolle ein. Auch hier kann beispielsweise die Nutzung von Abwärme durch Ab- und Adsorptionskälteanlagen signifikant zur Emissionsreduktion beitragen (Institut für Luft- und Kältetechnik 2014). Einsparpotenziale können sowohl durch einen Wechsel auf energieeffizientere Technologien als auch durch Anpassungen von Prozessschritten wie beispielsweise das Vorkühlen des Eiswassers in der Herstellung von Milchprodukten realisiert werden (Consentect et al. 2021). Zudem bestehen vergleichsweise gute Potenziale zur Flexibilisierung der Energienachfrage in der Nahrungsmittelproduktion, es können beispielsweise Backprozesse verzögert sowie Kälte- und Gefriertemperaturen angepasst werden (Gühl et al. 2020).

4.2.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Die Nahrungs- und Futtermittelindustrie ist im Vergleich zum übrigen Deutschland von übermäßiger Bedeutung für die niedersächsische Wirtschaftsleistung. „Neben vielen KMUs bestimmen aufgrund strategischer Kooperationen, Fusionen und Firmenübernahmen zunehmend einige wenige internationale Konzerne die Branche“ (Gühl et al. 2020). Die Branche in Niedersachsen profitiert von den im Land umfangreich bewirtschafteten landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Nahrungs- und Futtermittelherzeugung. Zugleich ist die Landwirtschaft auch selbst Abnehmer von Futtermitteln, z. B. in den niedersächsischen Mastbetrieben.

Die Branche steht vor einem grundlegenden Umbruch: Die deutlichste Veränderung wird durch den Wandel der Ernährungsgewohnheiten hervorgerufen. Während der Fleischkonsum sich seit Jahren verringert, nimmt die Nachfrage nach pflanzlichen Produkten aus biologischer und nachhaltiger Herstellung stetig zu (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021b). Die Veränderung des Konsumverhaltens ruft eine Reduzierung der Massenfertigung hervor, die zugleich eine regionale Produktvermarktung fördert. Dies führt zu einer nachhaltigkeitsorien-

tierten Landwirtschaft und Tierhaltung, wodurch sich auch die bestehenden Strukturen in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie grundlegend verändern. Zugleich bietet sich hierdurch eine Chance für handwerklich arbeitende Unternehmen innerhalb der Branche (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021b). Eine weitere zentrale Herausforderung der Branche stellt der Fachkräftebedarf dar, der im Jahr 2021 bereits deutlich erkennbar war (Bundesagentur für Arbeit 2022). Ein Grund dafür sind die anspruchsvollen Arbeitsbedingungen, die eine Ausbildung in einem Beruf dieser Branche u. a. als unattraktiv erscheinen lassen.

4.2.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Der Bedarf an Prozesswärme macht in der deutschen Lebensmittel- und Tabakindustrie rund 63 % des Endenergieverbrauchs aus, niedersachsenspezifische Daten sind nicht verfügbar. Basierend auf Bundesdaten kann davon ausgegangen werden, dass auch in Niedersachsen insbesondere Prozesswärmebedarfe für den Bedarf an fossilen Energieträgern verantwortlich sind. Bislang konnte im niedersächsischen Lebensmittelsektor zwischen 2010 und 2019 der Kohleverbrauch signifikant reduziert werden, insbesondere durch eine Substitution durch Erdgas und Fernwärme (LSN 2012, 2021). Im selben Zeitraum sanken auch die Anteile von Biomasse und Strom am EEV der Branche (LSN 2021; AG Energiebilanzen 2021b). Vergleichsweise geringe Temperaturbedarfe sowie der Einsatz von Querschnittstechnologien bieten gute technologische Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen wie Solar- und Geothermie. Prozessspezifische Technologien müssen vielfach noch entwickelt, erprobt oder skaliert oder in Hinblick auf ihre prozessspezifische Anwenbarkeit geprüft werden (IN4climate.NRW 2021). Die Lebensmittelbranche ist sowohl in Niedersachsen als auch auf Bundesebene von einer im Vergleich zu anderen betrachteten Branchen geringeren FuE-Intensität gekennzeichnet, und eine geringere Anzahl von Unternehmen gibt an, ihre Innovationsstätigkeit auf den Bereich Energie zu fokussieren.

Energieeffizienz

Der Energieverbrauch der Lebensmittelindustrie in Niedersachsen ist in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen (bei gleichzeitiger Umsatzsteigerung). Zugleich wird die Lebensmittelindustrie zu den Branchen gezählt, in denen sich durch einen hohen Anteil des Einsatzes von Querschnittstechnologien gute Effizienzsteigerungspotenziale bieten. Einige Technologien mit signifikanten Potenzialen zur Reduktion des Energiebedarfs sind prozessspezifisch bereits anwendungsbereit verfügbar. Neben dem flächendeckenden Einsatz von Best-Practice-Technologien bedarf es darüber hinaus jedoch auch der Entwicklung und Skalierung neuer Energieeffizienztechnologien (Ricardo 2021). Die Lebensmittelbranche ist in Niedersachsen ebenso wie deutschlandweit von einer Vielzahl kleinerer sowie einzelner großer Unternehmen geprägt. Insbesondere in kleineren, handwerklichen Betrieben wurden häufig wechselnden Rahmenbedingungen, eine nicht hinreichende Passgenauigkeit der verfügbaren Förderangebote zu den betrieblichen Gegebenheiten, die Intransparenz bestehender Instrumente sowie aufwändige Antragsprozesse als Hemmnisse für Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert (ZDH 2022a).

Wandel am Arbeitsmarkt

Eine Betroffenheitsanalyse zeigt, dass die Lebensmittelindustrie eine der Branchen sein wird, die stark von einem ökologischen Strukturwandel betroffen sein wird. Dabei führen neben der Notwendigkeit der Veränderungen der Produktionsprozesse auch insbesondere Veränderungen der Verfügbarkeit von Rohstoffen sowie ein Wandel in der Produktnachfrage zu einem Transformationsdruck auf die Branche (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2022b). Zum Studienzeitpunkt gibt es nur vereinzelt Studien, die die resultierenden Beschäftigungseffekte in der Lebensmittelindustrie quantifizieren. Basierend auf der Studienlage ist im Rahmen dieser Studie keine Aussage zu den zu erwartenden Beschäftigungseffekten in Niedersachsen möglich.

4.3 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus

WZ08-17

4.3.1 Struktur der Branche

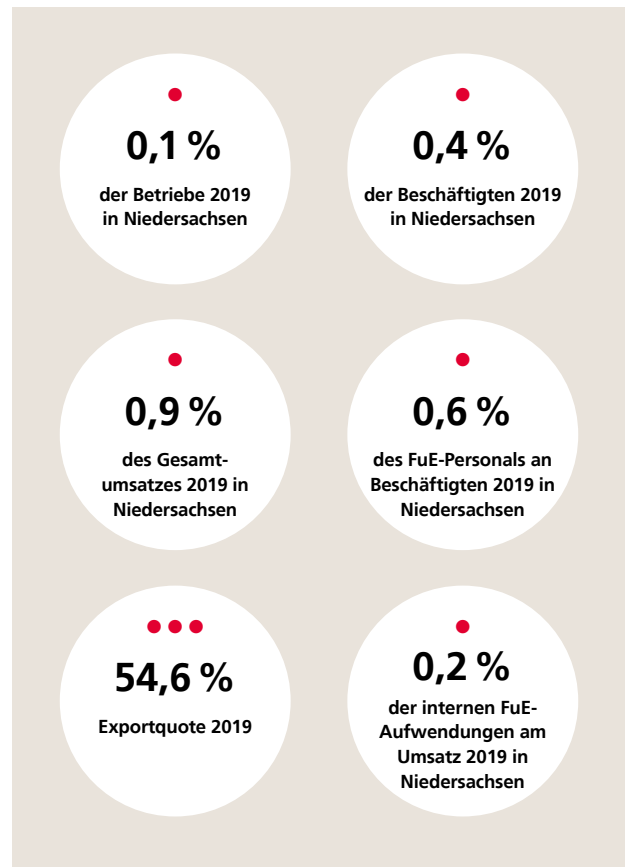
Diese Branche umfasst die Herstellung von Holz- und Zellstoff und veredelten Papiererzeugnissen. Eingeschlossen sind auch bedruckte Papiererzeugnisse (z. B. Tapeten, Geschenkpapier usw.), nicht jedoch das Drucken von Zeitungen, Zeitschriften, Büchern etc. (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Die Papierindustrie in Niedersachsen umfasst knapp 14.500 abhängig Beschäftigte in 189 Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 0,4 % aller Beschäftigten, aber nur 0,1 % aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 5,2 Mrd. € und macht 0,9 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung aus (LSN 2022). Etwas mehr als die Hälfte des Branchenumsatzes wird über den Güterexport erwirtschaftet (Statistisches Bundesamt 2022a). Gegenüber 2010 hat sich die Zahl der Beschäftigten kaum verändert (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Die Anteile der Betriebe, der Beschäftigten sowie des Gesamtumsatzes entsprechen zugleich den Branchenanteilen in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

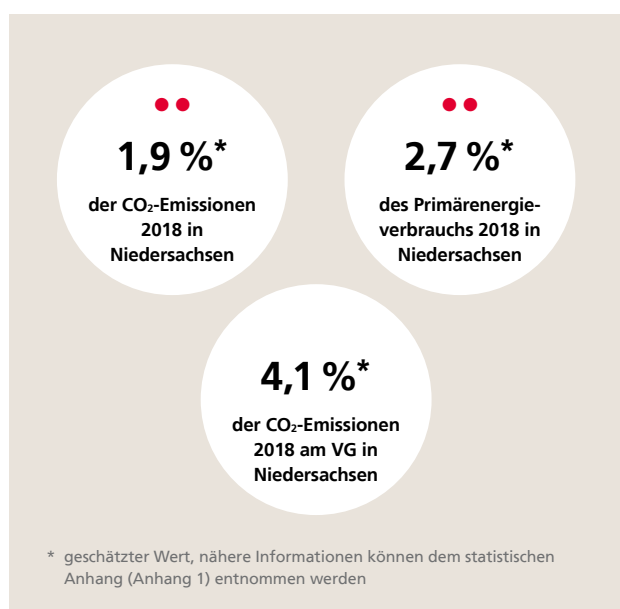
Insgesamt sind 0,6 % der Branchenbeschäftigten als FuE-Personal in der Papierindustrie beschäftigt, es werden 0,2 % des Branchenumsatzes in interne FuE-Aufwendungen investiert. Die Anteile des FuE-Personals sowie der Anteil der internen FuE-Aufwendungen stimmt mit denen für Deutschland überein. Das Innovationsverhalten in der Papierindustrie ist in Niedersachsen deutlich gestiegen; die internen FuE-Aufwendungen haben sich zwischen 2011 und 2019 fast verdoppelt. Deutschlandweit fokussieren sich 70 % der Unternehmen der Papierindustrie auf den Bereich **Klima und Umwelt** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht Informationsbedarf.



4.3.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Die Papierindustrie ist für 1,9 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Der Anteil ist etwas höher als der Branchenanteil im übrigen Deutschland. Bezogen auf das verarbeitende Gewerbe erreicht die Branche in Niedersachsen einen Anteil von 4 %. Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um 14 % gesunken (UGRdL 2021).



Primär- und Endenergieverbrauch

Die Papierindustrie ist für 2,7 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und liegt damit ähnlich hoch wie der Anteil im übrigen Deutschland (2,6 %). Der PEV der niedersächsischen Papierindustrie ist gegenüber 2010 um 12 % gesunken, während im übrigen Deutschland ein Rückgang von lediglich 2,6 % zu verzeichnen war (UGRdL 2021).

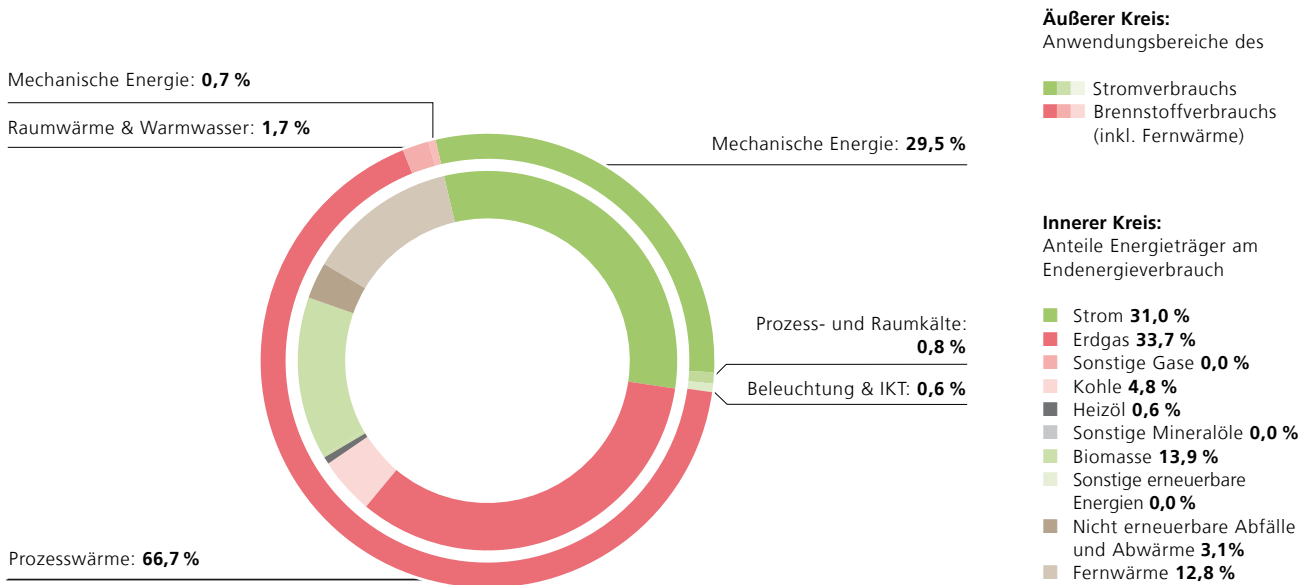
Der Energiebezug des Sektors ist in hohem Maße von fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas, abhängig. Insgesamt sind auf Bundesebene im Jahr 2019 fossile Brennstoffe (Erdgas, Kohle und Mineralöle) für rund 40 % des Endenergieverbrauchs (EEV)

verantwortlich (AG Energiebilanzen 2021b). Zudem kommt im Papiersektor in höherem Maße als in anderen Sektoren bereits heute Biomasse zum Einsatz, meist aus Abfälle, Rinde, Produktionsrückständen, Biogas oder zugekaufter Biomasse (Godin 2020). In Niedersachsen liegt der Anteil von Erdgas mit knapp 50 % deutlich höher als im Bundesvergleich (LSN 2021). Gleichzeitig sind der Kohleverbrauch, aber auch der elektrifizierte Energiebedarf in Niedersachsen geringer als im Bundesvergleich (LSN 2021).

Der Energiebedarf der Branche ist überwiegend auf Prozesswärmebedarfe zurückzuführen, mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs entfällt auf die Dampf- und Wärmeerzeugung in Niedrig- und Mitteltemperaturbereichen (Fraunhofer ISI 2021; BCG 2021). Dabei ist insbesondere der dampfbasierte Trocknungsprozess in der Papiermaschine energieintensiv und für rund 70 % des Brennstoffbedarfs verantwortlich (Godin 2020). Der Strombedarf des Sektors ist insbesondere auf mechanische Energie zurückzuführen, hier sind speziell die Prozesse des Refining, des Pressens und die Trocknung energieintensiv.

Eine Besonderheit des Papiersektors in Deutschland ist zudem die hohe Eigenenergieerzeugung in KWK-Anlagen, die rund 75 % der insgesamt eingesetzten Wärme und 46 % des eingesetzten Stroms decken (Godin 2020).

Abbildung 6 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen des deutschen Papiergewerbes (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

4.3.3 Transformationspfad

Aufgrund der hohen Energieintensität der Produktion wird der Papiersektor sowohl in den deutschen Transformationsszenarien als auch auf europäischer Ebene vertieft diskutiert. Dabei liegt ein Fokus bislang auf der Umstellung der Energiebedarfe aus Wärmeprozessen sowie auf der Steigerung der Energieeffizienz. Aufgrund der niedrigen bis mittleren Temperaturbedarfe erscheint zum jetzigen Zeitpunkt noch eine Umstellung der Prozesswärme basierend auf verschiedenen klimaneutralen Alternativen zur Wärmeerzeugung denkbar. Insbesondere vergleichsweise niedrige Temperaturbedarfe in der Papiertrocknung sind grundsätzlich für einen Einsatz von Solarthermie und Tiefengeothermie geeignet, die prozessspezifische Anwendbarkeit ist aber vielfach noch nicht erprobt. Zudem sind Herausforderungen in Bezug auf die Ausfallsicherheit und Temperaturstabilität sowie die Auswirkungen auf die Produkteigenschaften zu berücksichtigen (IN4climate.NRW 2021). Da Abfallprodukte aus den Produktionsprozessen für den Brennstoffwechsel in Prozessen mit

hohen Temperaturbedarfen genutzt werden können und bereits heute Biomasse in signifikantem Maße als Brennstoff verwendet wird, wird in den bestehenden Szenarien hingegen nur von einem begrenzten Bedarf an Wasserstoff für Hochtemperaturprozesse ausgegangen (Prognos et al. 2021; Consentect et al. 2021).

Als ein Sektor mit einer hohen Energieintensität sowie einem hohen Anteil an Querschnittstechnologien wird zudem von einem guten Potenzial für eine Energieeffizienzsteigerung ausgegangen (EWI et al. 2021). Viele der technologischen Optionen werden zwar erst ab 2030 in industriellem Maßstab eingesetzt werden können, doch bereits vor 2030 bestehen signifikante Reduktionspotenziale durch eine Steigerung des Einsatzes von bereits verfügbaren Best-Practice-Technologien wie beispielsweise Wärmetauschern, effizienten mechanischen Entwässerungstechnologien sowie Prozessdigitalisierung und Automatisierung (Prognos 2020; European Commission 2021). Zudem können Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz, beispielsweise durch die Reduktion des Papiergewichts oder der Beimischung

von Fasern aus Kalzium und Siliziumdioxid, einen relevanten Beitrag zur Emissionsreduktion leisten (Maedeh et al. 2021). Produkt- und Prozessinnovationen sind zudem notwendig, um durch eine Erhöhung der Recyclingfähigkeit sowie durch die Reduktion der Frischfaserbedarfe in der Produktion eine weitere Steigerung der Altpapierquote in der Papierproduktion zu ermöglichen. Neben technologischen Hemmnissen müssen hierfür jedoch auch ökonomische Barrieren (bspw. die fehlende Wirtschaftlichkeit des Einsatzes mineralölfreier Farbe) oder Einschränkungen durch Anwendungsanforderungen (bspw. die Einschränkung des Einsatzes von Recyclingfasern in Lebensmittelverpackungen oder spezifische Anforderungen in Spezialpapieren) überwunden werden (Godin 2020).

Literaturverweis

Ein Überblick vorhandener Technologieoptionen in der Papierproduktion sowie ihrer technologischen Reife wurde von Maedeh et al. (2021) zusammengestellt.

4.3.4 Gegenwärtige Herausforderungen

„Die deutsche Papierindustrie gehört hinsichtlich ihrer Produktionstechnik weltweit zu den Spitzenreitern“ (Dispan und Vassiliadis 2014), wodurch sich Deutschland zum größten Papierhersteller Europas entwickelt hat (Dispan und Vassiliadis 2014). Zudem gibt es weltweit nur wenige Nationen, die mehr Papier als Deutschland verbrauchen (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021c). In den meisten Industrieländern sind gegenwärtig jedoch Sättigungstendenzen zu erkennen, was eine weltweite Verschiebung der Produktion und Nachfrage nach Asien zur Folge hat, insbesondere nach China und in andere Schwellenländer (Russland, Brasilien). In Europa hingegen stagniert der Papiermarkt oder ist sogar rückläufig (Dispan und Vassiliadis 2014). Aufgrund der hohen Rohstoffabhängigkeit aus dem Ausland führt der Aufkauf von Papier/Pappe durch südostasiatische Länder zu einer Rohstoffknappheit in Deutschland

und Europa (Dispan und Vassiliadis 2014; Stiftung Arbeit und Umwelt 2021c).

„Während die Nachfrage nach den grafischen Papieren tendenziell sinkt, ist im Verpackungsbereich eine Zunahme zu beobachten“ (Godin 2020). Durch den expandierenden Onlinehandel ist ein nachlassender Materialverbrauch im Verpackungsbereich zudem nicht zu erwarten (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021c). Der Bedarf an Transportverpackungen aus Papier, Pappe und Karton ist sogar angestiegen (Dispan und Vassiliadis 2014). Dies hat sich durch die Corona-Pandemie noch verstärkt. „Es wird beispielsweise prognostiziert, dass der Papierverbrauch zunehmen könnte, wenn Papierprodukte andere Produkte mit größerem fossilen Fußabdruck ersetzen würden, zum Beispiel durch den Ersatz mancher Kunststoffverpackungen oder Materialien im Baubereich“ (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021c). Die Nachfrage nach Erzeugnissen aus Zellulose als Substitutionsmaterial für Plastikverpackungen steigt bereits in zunehmender Weise.

Die deutsche Energiewende sowie die durch den Ukraine-Krieg hervorgerufene „Energiekrise“ haben direkte Auswirkungen auf die Papierindustrie. Die Branche hat eine hohe Gasabhängigkeit, da der größtenteils in firmeneigenen KWK-Anlagen erzeugte Strom zumeist mit Gas erzeugt wird (Dispan und Vassiliadis 2014). Produkte aus Papier und Pappe sind einem intensiven internationalen Wettbewerb ausgesetzt, in welchem der Produktpreis eine zentrale Rolle für die Marktpositionierung der Unternehmen darstellt. „Damit unterliegt die Produktion dieser Güter einem hohen Kostendruck“, der durch die derzeitige Preissteigerung für Energie (aber auch die mit den CO₂-Emissionen verbundenen Kosten, z. B. CO₂-Zertifikate, Einsatz von CCS) verstärkt wird (Godin 2020). Durch die Corona-Krise hat sich die Knappheit von Papier und insbesondere Altpapier auf dem Weltmarkt verstärkt. Dazu geführt haben die hohen Kosten, die gestiegene Nachfrage im Verpackungsbereich und die Umstellung der Betriebe darauf sowie insbesondere die erhöhte Nachfrage Chinas nach Zellstoff und den Aufkauf von diesem auf dem Weltmarkt (Zapf 2021; bvdv 2022). In vielen Branchen – so auch in der Papierindustrie – ist der Fachkräftebedarf eine wesentliche Herausforderung (Bundesagentur für Arbeit 2022).

4.3.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Der Bedarf an Prozesswärme macht in der deutschen Papierindustrie rund 70 % des Endenergieverbrauchs aus, niedersachsenspezifische Daten sind nicht verfügbar. Basierend auf Bundesdaten kann davon ausgegangen werden, dass auch in Niedersachsen insbesondere Prozesswärmebedarfe für den hohen Bedarf an fossilen Energieträgern verantwortlich sind. Bislang wurden im niedersächsischen Papiersektor zwischen 2010 und 2019 der Kohleverbrauch um rund die Hälfte reduziert, insbesondere durch eine Substitution mit Erdgas sowie durch Fernwärme. Der Anteil fossiler Energieträger am EEV ist im Betrachtungszeitraum insgesamt gestiegen (LSN 2012, 2021). Eine Umstellung auf andere Energieträger wie Biomasse oder Strom erfolgte im selben Zeitraum kaum, der Anteil beider Energieträger am EEV liegt im Jahr 2019 unter dem Bundesdurchschnitt (LSN 2021; AG Energiebilanzen 2021b). Vergleichsweise geringe Temperaturbedarfe sowie der Einsatz von Querschnittstechnologien bieten gute technologische Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen wie Solar- und Geothermie sowie von Abwärme. Prozessspezifische Technologien müssen vielfach noch entwickelt, erprobt oder skaliert oder im Hinblick auf ihre prozessspezifische Anwenbarkeit geprüft werden (IN4climate.NRW 2021). Analog zur Bundesebene ist der Papiersektor in Niedersachsen von einer im Vergleich zu anderen betrachteten Branchen geringeren FuE-Intensität gekennzeichnet, jedoch wurden die FuE-Aufwendungen zwischen 2011 und 2019 in Niedersachsen stark erhöht. Dabei liegt ein deutlicher Fokus der Innovationstätigkeiten (bundesweit) auf dem Bereich Umwelt- und Klimaschutz.

Energieeffizienz

Der Papiersektor in Niedersachsen konnte seinen Energieverbrauch in den vergangenen Jahren bereits erfolgreich um rund 12 % senken. Die realisierte Reduktion des Primärenergieverbrauchs lag dabei deutlich über dem Rückgang auf Bundesebene. Aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von (berei-

nigten) Daten zur branchenspezifischen Energieintensität in Niedersachsen ist jedoch im Rahmen dieser Studie nicht zu differenzieren, ob es sich im niedersächsischen Papiersektor um Aufhol- oder Vorreiterdynamiken handelt.

Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

Obwohl in der Papierindustrie bereits in einem vergleichsweise hohen Maße recycelte Papierfasern verwendet werden, gehen die betrachteten Szenarien von einer notwendigen Steigerung des Recyclinganteils in der Papierindustrie aus (Consentect et al. 2021). Hierzu sind jedoch für eine weitere Reduktion des Frischfaserbedarfs sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen notwendig. Die in der Papierproduktion entstehende Schwarzlauge wird zudem als Rohstoff für die Gewinnung von Biopolymeren als besonders geeignet eingestuft (Material Economics 2019). Basierend auf den bestehenden Daten ist eine sektorspezifische Betrachtung der bisherigen Entwicklung der zirkulären Wirtschaft und Ressourceneffizienz für Niedersachsen im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Insbesondere fehlen sektorspezifische Daten zur Entwicklung der Rohstoffproduktivität sowie industrieller Abfall- und Recyclingquoten. Das Themenfeld „Biobasierte Werkstoffe“ wird in der Innovationsstrategie Niedersachsens jedoch bereits als eines der Spezialisierungsfelder innerhalb des Stärkefeldes „Neue Materialien“ identifiziert (Nds. MBERW 2020). Mit dem 3N-Kompetenzzentrum verfügt Niedersachsen bereits über ein Netzwerk zur Förderung biobasierter Produkte durch die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft.

4.4 Herstellung von chemischen Erzeugnissen

WZ08-20

4.4.1 Struktur der Branche

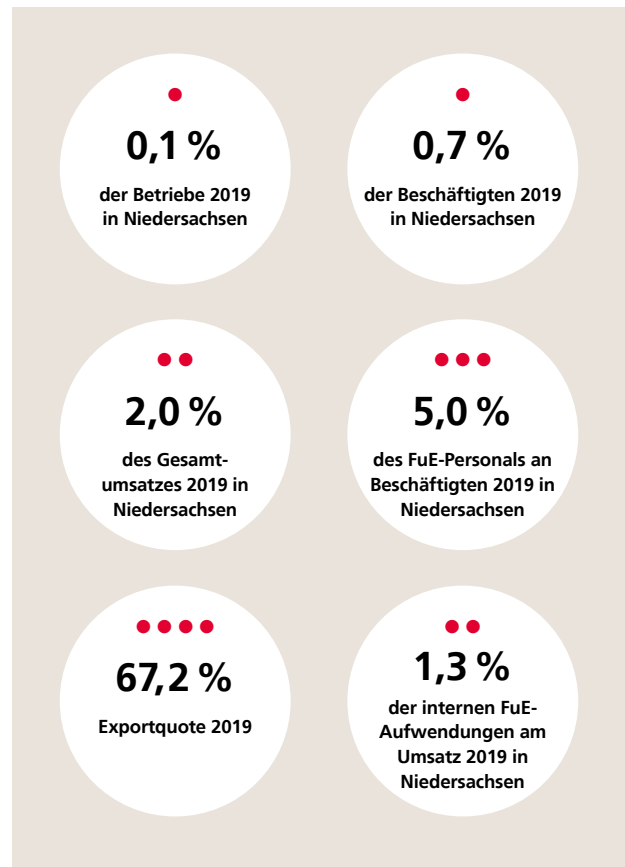
Diese Branche umfasst die Verarbeitung organischer und anorganischer Rohstoffe in einem chemischen Verfahren zu chemischen Erzeugnissen. Hierbei wird zwischen der Herstellung von chemischen Grundstoffen sowie der Herstellung von Zwischen- und Endprodukten durch Weiterverarbeitung chemischer Grundstoffe unterschieden (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Die Chemieindustrie in Niedersachsen umfasst knapp 25.000 abhängig Beschäftigte in 382 Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 0,7% aller Beschäftigten, aber nur 0,1% aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 12,3 Mrd. € und macht 2,0% der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung aus (LSN 2022). Zwei Drittel des Branchenumsatzes werden über den Güterexport erwirtschaftet (Statistisches Bundesamt 2022a). Gegenüber 2010 hat sich die Zahl der Beschäftigten nur unwesentlich verändert (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). In Niedersachsen liegen die Anteile für Umsatz und Beschäftigung in der Chemieindustrie im Vergleich zu Deutschland etwas niedriger (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

Insgesamt sind 5,0% der Branchenbeschäftigten als FuE-Personal in der Chemieindustrie beschäftigt. 1,3% des Branchenumsatzes werden in interne FuE-Aufwendungen investiert. Die niedersächsische Innovationstätigkeit der Chemieindustrie ist im Deutschlandvergleich unterdurchschnittlich. Zugleich stiegen im Zeitraum von 2011 bis 2019 sowohl die Anteile des FuE-Personals (+ 11%) als auch die internen FuE-Aufwendungen (+ 36%) in Niedersachsen. Deutschlandweit fokussieren 45% der Unternehmen der Chemieindustrie ihre Innovationstätigkeit auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 14% auf den



Bereich **Energie** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht hingegen Informationsbedarf.

4.4.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Die Chemieindustrie ist für 4,7 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und nimmt somit eine zentrale Position im Transformationsprozess ein. Der Anteil liegt leicht unter dem Branchenanteil im restlichen Deutschland. Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um 16 % gesunken, deutlich stärker als im übrigen Deutschland (-1,1 %) (UGRdL 2021). Die energiebedingten Emissionen bilden jedoch nur einen Teil der Gesamtemissionen der Chemieindustrie ab, insbesondere in der Grundstoffchemie. Deutschlandweit machen prozessbedingte Emissionen rund 18 % der direkten Emissionen der Grundstoffchemie aus (Agora Energiewende und Wuppertal Institut 2019). Prozessemissionen entstehen in der Chemieindustrie insbesondere bei der Herstellung von Ammoniak sowie in geringeren Anteilen in der Petrochemie und der Produktion von Salpetersäure und Natriumcarbonat (Lösch et al. 2018). In Niedersachsen ist keine Ammoniakproduktion vertreten, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Prozessemissionen der niedersächsischen Chemieindustrie geringer ausfallen als auf Bundesebene. Die verbleibenden Prozessemissionen können aufgrund der Datenlücke in der angeführten

Darstellung nicht berücksichtigt werden, sodass die bereits hohen Anteile des Chemiesektors an den niedersächsischen energiebedingten CO₂-Emissionen den Beitrag der Branche an den Gesamtemissionen noch unterschätzen.

Primär- und Endenergieverbrauch

Die Chemieindustrie ist für 6,5 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und liegt damit deutlich unterhalb des Anteils im übrigen Deutschland (14,7 %). Dennoch ist der Chemiesektor der zweitgrößte Energieverbraucher des verarbeitenden Gewerbes in Niedersachsen. Die Grundstoffchemie ist dabei für rund 92 % des Endenergieverbrauchs verantwortlich (LSN 2021). Der PEV der niedersächsischen Chemieindustrie ist gegenüber 2010 um 9 % gesunken, während im übrigen Deutschland ein Rückgang von rund 20 % zu verzeichnen ist (UGRdL 2021).

Ein Großteil des Energieverbrauchs der Grundstoffchemie (deutschlandweit) entfällt auf die Nutzung von fossilen Brennstoffen, insbesondere von Erdgas und Mineralölen (AG Energiebilanzen 2021b). Prozesswärme ist für hohe Anteile des Brennstoffbedarfs verantwortlich (rund 66 % des Endenergieverbrauchs) (Fraunhofer ISI 2021). Hochtemperaturprozesse machen mehr als die Hälfte des energetischen Bedarfs für Temperaturprozesse aus. Der verbleibende Anteil entfällt überwiegend auf Mitteltemperaturprozesse (BCG 2021). Strom ist hingegen nur für rund 32 % des energetischen Bedarfs verantwortlich. Dieser entfällt größtenteils auf elektrische Antriebe (Druckluft und Pumpen) sowie sonstige mechanische Energie (Fraunhofer ISI 2021).

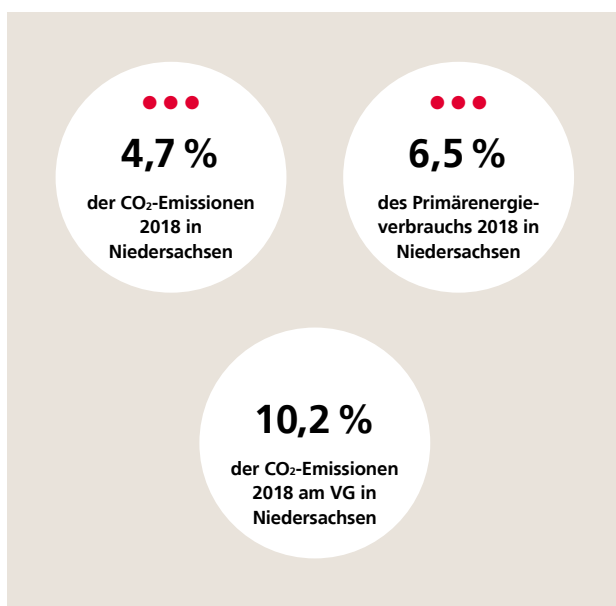
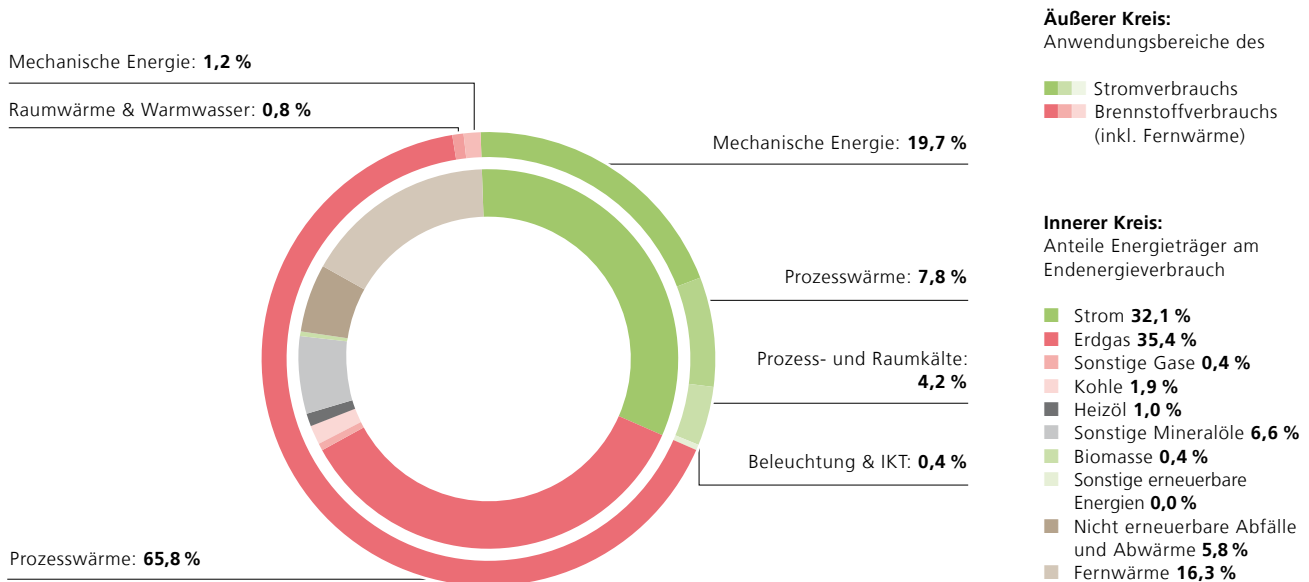


Abbildung 7 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Grundstoffchemie (WZ 20.1) (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

4.4.3 Transformationspfad

Aufgrund des hohen Anteils am deutschen und europäischen Energieverbrauch sowie der CO₂-Emissionen ist die Chemieindustrie eine zentrale Schlüsselindustrie in den Transformationsszenarien für die deutsche Wirtschaft und wird in ihrem Transformationspfad vielfältig betrachtet. Im Fokus stehen dabei insbesondere die energieintensive Spaltung von fossilen Rohstoffen (insbesondere Naphtha, Ethan und Propen) in Steamcrackern zur Produktion von Olefinen und Aromaten (kurzkettige Kohlenwasserstoffe), der Einsatz von grauem Wasserstoff in der Ammoniakproduktion und die hohe Anzahl an Hochtemperaturprozessen zur Erzeugung diverser chemischer Reaktionen (EWI et al. 2021; Consentect et al. 2021). Dabei gehen bestehende Szenarien aufgrund der langen Investitionszyklen und der massiven Reinvestitionsbedarfe in den kommenden Jahren von einer hohen Handlungsrelevanz für den Chemiesektor bereits vor 2030 aus. Beispielsweise wird der Bedarf des Anlagenersatzes von Steamcrackern bis 2030 auf 59 % quantifiziert (FutureCamp und DECHMA 2019).

Als technische Alternative zum thermischen Cracken von Naphtha und anderen fossilen Rohstoffen wird das Methanol-to-Olefins-Verfahren angesehen. Es ist somit zentral für die CO₂-neutrale Produktion von HVC-Chemikalien, die Grundlage einer Vielzahl von Folgeprodukten sind. Grundvoraussetzung für die Umstellung ist die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff und CO₂ zur Produktion von grünem Methanol als Zwischenprodukt (FutureCamp und DECHMA 2019). Grüner Wasserstoff ist ebenfalls zentraler Ausgangspunkt zur Dekarbonisierung der Ammoniakproduktion.

Neben der stofflichen Verwendung von fossilen Rohstoffen ist der hohe energetische Bedarf im Steamcracking-Prozess ursächlich für hohe energiebedingte Emissionen im Produktionsprozess. Technologisch scheint zum aktuellen Zeitpunkt sowohl die Umstellung auf strom- als auch auf wasserstoffbasierte Technologien denkbar (PIK et al. 2021). Auch in einer Vielzahl von anderen chemischen Umwandlungsprozessen wird insbesondere Erdgas zur Dampf- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Aufgrund der Knappheit von erneuerbarem Strom sowie dem hohen

Literaturverweis

Einen Überblick über die Schlüsseltechnologien zur Dekarbonisierung der Chemieindustrie geben Agora Energiewende und Wuppertal Institut (2019).

Anteil von Hochtemperaturprozessen gehen bestehende Transformationsszenarien übergreifend davon aus, dass Wasserstoff und Biomasse insbesondere in den Hochtemperaturprozessen notwendig sein werden (BCG 2021; EWI et al. 2021; Prognos et al. 2021).

Um den Energiebedarf der Branche zu senken, wird zudem eine verstärkte Kreislaufführung der Produkte, insbesondere von Kunststoffen, als notwendig angesehen (Consentect et al. 2021; Prognos et al. 2021). Hierfür ist besonders die technische Weiterentwicklung des chemischen Recyclings essenziell. Darüber hinaus sind Innovationen für den stofflichen Ersatz von fossilen Polymeren durch Biopolymere aus nachwachsenden Rohstoffen ein wesentlicher Bestandteil der betrachteten Transformationspfade für die Chemieindustrie. Auch die Umstellung der Infrastruktur auf Wiederverwertung von Abfallmaterialien sowie die Weiterverwendung von kohlenstoffhaltigen Abgasströmen werden als Beiträge zur Senkung des fossilen Rohstoffbedarfs diskutiert (Achtelik et al. 2020).

4.4.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Die deutsche und damit auch die niedersächsische Chemieindustrie weisen gegenüber anderen Ländern einen Standortvorteil auf. Dieser Vorteil begründet sich durch die gut ausgebildeten Fachkräfte, das qualifizierte Ausbildungssystem, die verfügbare Forschungsinfrastruktur, die gewachsenen Verbundstrukturen und die intakten Wertschöpfungsketten (Dispan 2015). Nichtsdestotrotz ist auch die niedersächsische Chemieindustrie in Zukunft vom allgemein vorherrschenden demografischen Wandel und der damit verbundenen immer größer werdenden Zahl älterer Beschäftigter und dem Mangel nachwachsender

Jahrgänge betroffen (Gehrke und von Haaren 2013). Im Jahr 2021 war in Deutschland der Fachkräftemangel in der Chemieindustrie bereits leicht wahrnehmbar (Bundesagentur für Arbeit 2022).

Darüber hinaus haben sowohl die deutsche Energiewende als auch die durch den Ukraine-Krieg hervorgerufene „Energiekrise“ direkte Auswirkungen auf die Chemieindustrie und stellen diese vor eine besondere Herausforderung. Schon vor der „Energiekrise“ beeinflussten hohe Energiepreise (insbesondere Stromkosten) die Wettbewerbsfähigkeit der Branche und führten zu sinkenden Exportanteilen (Dispan 2015). Ursache hierfür ist der Energiekostenanteil am Bruttoproduktionswert. Dieser lag 2012 für die Chemiebranche insgesamt bei 4,6 %. Deutlich höhere Energiekostenanteile sind in den Bereichen Chemiefaser (9,2 %), anorganische Grundstoffe und Chemikalien (9,8 %) sowie insbesondere bei der Herstellung von Industriegasen (28,1 %) zu finden (Dispan 2015). Die aktuelle Entwicklung der Energie- und Stromkosten wird den ohnehin schon vorherrschenden Kostendruck verstärken und die Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigen. Die entstehenden Mehrkosten können durch den internationalen Wettbewerb nicht vollständig über die Endprodukte weitergegeben werden. Auch die mit der Krise verbundene Planungsunsicherheit hinsichtlich der Entwicklung der Energiekosten ist ein wichtiger Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit des Chemiestandorts Deutschland und damit auch Niedersachsens (Dispan 2015).

4.4.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Der Bedarf an Prozesswärme macht in der deutschen Grundstoffchemie rund 74 % des Endenergiebedarfs aus, in der sonstigen Chemie liegt der Anteil mit rund 62 % etwas niedriger (Fraunhofer ISI 2021). Niedersachsenspezifische Daten zu den energetischen Anwendungsbereichen sowie den Umsatzanteilen einzelner Chemiebereiche sind nicht verfügbar. Dies erschwert die Bewertung der verfügbaren Informationen zum Energiemix im niedersächsischen Chemie-sektor, da insbesondere in der Chemieproduktion

einzelne Prozesse durch spezifische Energieträgerbedarfe geprägt sind. Aggregiert liegt in Niedersachsen der Anteil von Erdgas am Endenergieverbrauch in der niedersächsischen Grundstoffchemie deutlich, in der sonstigen Chemie leicht über dem Bundesdurchschnitt (Fraunhofer ISI 2021a; LSN 2021). Zugleich liegt der Stromanteil am EEV in Niedersachsen über, der Anteil von Fernwärme und Kohle deutlich unter dem gesamtdeutschen Durchschnitt. Zwischen 2010 und 2019 blieb der Anteil fossiler Brennstoffe am EEV im niedersächsischen Chemiesektor nahezu konstant, ebenso der Stromanteil (LSN 2012, 2021). Aufgrund einer Vielzahl verschiedener, hochspezifischer Prozesse sowie einer hohen Emissionsintensität ist der Chemiesektor von einem besonderen Bedarf an FuE für den Brennstoffwechsel in der Prozesswärmeerzeugung gekennzeichnet. Im niedersächsischen Chemiesektor liegt jedoch die FuE-Intensität unterhalb des Bundesdurchschnitts.

Vermeidung von Prozessemissionen

In der deutschen Chemieindustrie waren Prozessemissionen in 2018 für rund 18 % der Gesamtemissionen der Branche verantwortlich (EWI et al. 2021). Die fehlende Datenverfügbarkeit schränkt die Bewertungsmöglichkeiten der Ausgangslage in Bezug auf die Prozessemissionen der niedersächsischen Chemieindustrie stark ein. Da in Niedersachsen keine Ammoniakproduktion stattfindet, ist davon auszugehen, dass die Anteile der Prozessemissionen an den Gesamtemissionen der Branchen deutlich unter dem Bundesdurchschnitt liegen. Aufgrund einer fehlenden sektorbezogenen Aufschlüsselung der Prozessemissionsdaten für Niedersachsen ist eine Bewertung des aktuellen Standes und der Entwicklung der Prozessemissionen in der niedersächsischen Chemieindustrie im Rahmen dieser Betrachtung jedoch nicht möglich.

Wasserstoffproduktion und -infrastruktur

Zentrale Prozesse der Grundstoffchemie sind ohne den Einsatz von Wasserstoff nach jetzigem Stand der Technik nicht möglich, insbesondere bei der stofflichen Substitution von Erdgas in der Ammoniakproduktion sowie bei der Produktion von Olefinen und Aromaten. Technoökonomische Unsicherheiten bestehen hingegen noch hinsichtlich der Notwen-

digkeit des Einsatzes von Wasserstoff für Hochtemperaturprozesse. Während einige der betrachteten Szenarien davon ausgehen, dass der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie auf den Stahlsektor sowie die stoffliche Nutzung in der Chemieindustrie fokussiert sein wird, entstehen in andere Szenarien auch energetische Bedarfe in der Chemieindustrie durch die Substitution fossiler Brennstoffe in Hochtemperaturprozessen (SCI4climate.NRW 2022). Gemäß deutschem Wasserstoffatlas können bislang zwei Projekte zur industriellen Wasserstoffnutzung in Niedersachsen eindeutig der Chemieindustrie zugeschrieben werden. Bis 2030 wird im Deutschen Wasserstoffatlas für Niedersachsen von einer installierten Leistung von 3,136 GW für Wasserstoff ausgegangen, davon wird ein Großteil des Zubaus jedoch erst im Jahr 2030 realisiert, bis 2025 wird von einer installierten Leistung von 400MW ausgegangen (Wasserstoff Atlas o. J.).

Wandel am Arbeitsmarkt

Eine Betroffenheitsanalyse zeigt, dass die Chemieindustrie eine der Branchen sein wird, die stark von einem ökologischen Strukturwandel betroffen sein wird (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2022b). Die in der Chemieindustrie notwendigen Änderungen der Produktionsprozesse bewirken nicht nur hohe Investitionsbedarfe in die Produktionsanlagen. Änderungen im Rohstoffeinsatz können zudem auch zur Änderung von Zwischen- und Nebenprodukten führen, die in bislang eng aufeinander abgestimmten Produktionsverbünden Folgedynamiken in Bezug auf die Nutzung dieser Stoffströme hervorrufen können (Dena 2022b). Aufgrund des hohen Energiebedarfs der Branche wird zudem unter anderem für die Chemieindustrie ein Verlagerungsdruck an Standorte mit vorteilhaften Bedingungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von grünen Energiequellen und -trägern diskutiert (SCI4climate.NRW 2021). Beide Entwicklungen können Auswirkungen auf die Arbeitnehmer*innen entfalten, zum einen, wenn sich Qualifikationsanforderungen (regional) verschieben, zum anderen sind als Resultat von Standortverschiebungen zu Standorten mit einer attraktiven Energieverfügbarkeit regionale oder niedersachsenweite Beschäftigungseffekte möglich. Eine kleine Anzahl an Studien beschäftigt sich mit dem Umfang der Beschäftigungswirkung der Klimatransformation in der Chemieindustrie (bspw. Prognos et al. 2020).

Basierend auf der Studienlage ist im Rahmen dieser Studie keine Aussage zu den zu erwartenden Beschäftigungseffekten in Niedersachsen möglich.

Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

Aufgrund der emissionsintensiven Produktion ist die Erhöhung der Kreislaufführung von Rohstoffen sowie die Materialeffizienz im Chemiesektor eine zentrale Komponente zur Erreichung der Emissionsreduktionsziele, insbesondere in der Kunststoffchemie (Consentect et al. 2021; Prognos et al. 2021). Hierzu steht die Chemieindustrie vor der Herausforderung, die bislang zumeist thermische und werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen durch eine reale Kreislaufführung der Primärrohstoffe zu ersetzen. Dafür ist insbesondere eine Verbesserung der Möglichkeiten zur sortenreinen Trennung durch verbessertes Produktdesign und Sammlungs- und Sortiersysteme sowie der Weiterentwicklung des chemischen Recyclings notwendig (Material Economics 2019; Knappe et al. 2021). Basierend auf den bestehenden Daten ist eine sektorspezifische Betrachtung der bisherigen Entwicklung der zirkulären Wirtschaft und Ressourceneffizienz für Niedersachsen im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Es fehlen speziell sektorspezifische Daten zur Entwicklung der Rohstoffproduktivität sowie industrielle Abfall- und Recyclingdaten.

4.5 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren

WZ08-22

4.5.1 Struktur der Branche

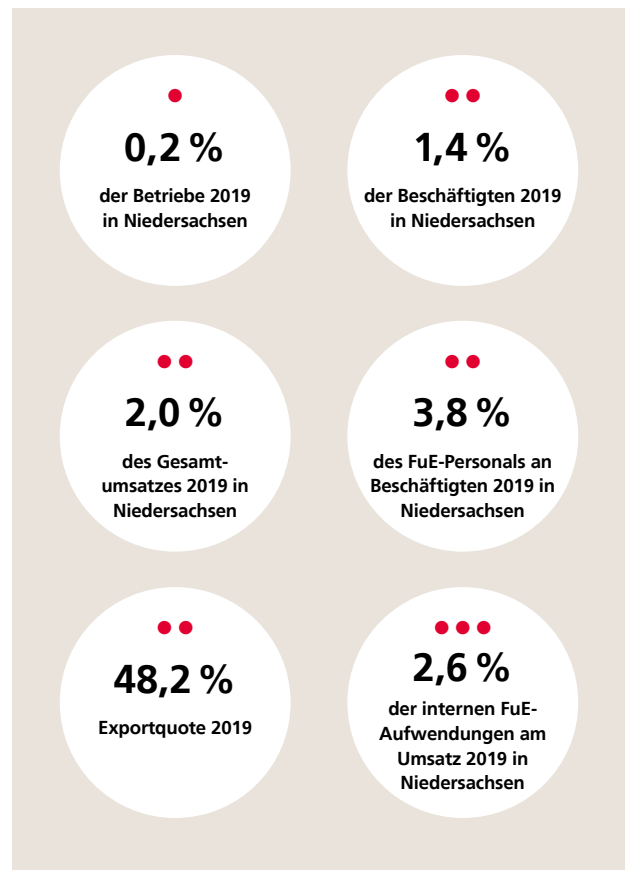
Diese Branche umfasst die Herstellung von Erzeugnissen aus Gummi und Kunststoffen. Sie wird allein durch die eingesetzten Rohstoffe charakterisiert und umfasst u. a. die Herstellung von Platten, Folien, Schläuchen, Rohren, Verpackungsmitteln und Baubedarfsartikeln (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Die Gummi- und Kunststoffindustrie in Niedersachsen umfasst knapp 49.400 abhängig Beschäftigte in 725 Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 1,4 % aller Beschäftigten, aber nur 0,2 % aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 12,1 Mrd. € und macht 2,0 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung aus (LSN 2022). Fast die Hälfte des Branchenumsatzes wird über den Güterexport erwirtschaftet (Statistisches Bundesamt 2022a). Gegenüber 2010 ist die Zahl der Beschäftigten um 13 % gestiegen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Im Vergleich zum übrigen Deutschland sind die Beschäftigten- und Umsatzanteile weiterhin leicht überdurchschnittlich (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

Insgesamt sind 3,8 % der Branchenbeschäftigten als FuE-Personal tätig. Es werden 2,6 % des Branchenumsatzes in interne FuE-Aufwendungen investiert. Im Deutschlandvergleich ist die niedersächsische Innovationstätigkeit der Gummi- und Kunststoffindustrie überdurchschnittlich. Im Zeitraum von 2011 bis 2019 stiegen in Niedersachsen sowohl die Anteile des FuE-Personals (+ 18 %) als auch der internen FuE-Aufwendungen (+ 42 %) in großem Umfang. Deutschlandweit fokussieren 51 % der Unternehmen der Gummi- und Kunststoffindustrie ihre Innovationstätigkeit auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 21 % auf den Bereich

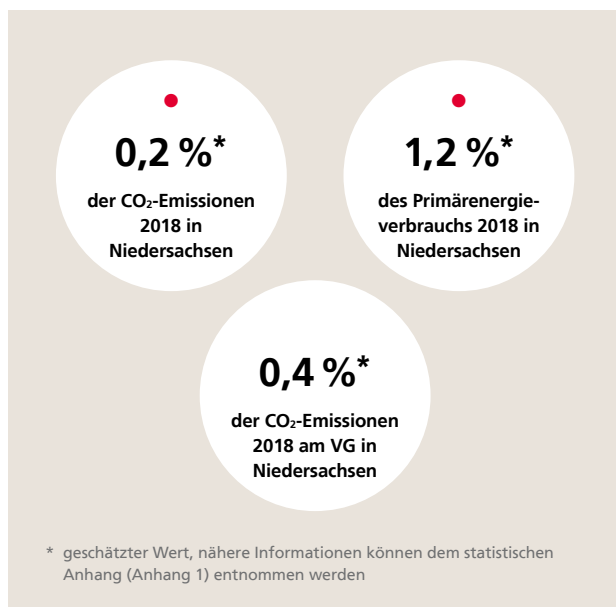


Energie (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht hingegen Informationsbedarf.

4.5.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Die Gummi- und Kunststoffindustrie ist für 0,2 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Der Anteil entspricht dem Branchenanteil im restlichen Deutschland. Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um 12 % gesunken, deutschlandweit jedoch um 19 % (UGRdL 2021). Die Betrachtung des Anteils der CO₂-Emissionen der Branche mit 0,4 % am verarbeitenden Gewerbe insgesamt verdeutlicht die etwas untergeordnete Relevanz für die Dekarbonisierung.



Primär- und Endenergieverbrauch

Die Gummi- und Kunststoffindustrie ist für 1,2 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und liegt damit im Bereich des Anteils im übrigen Deutschland (1,3 %). Der PEV der niedersächsischen Gummi- und Kunststoffindustrie ist gegenüber 2010 um 7 % gesunken, was der Entwicklung im übrigen Deutschland entspricht (UGRdL 2021).

Ein Großteil des Endenergieverbrauchs des Sektors (deutschlandweit) entfällt dabei auf Strom (Anteil

am Endenergieverbrauch (EEV) 62,5 %) (AG Energiebilanzen 2021b). Dabei überwiegen die energetischen Bedarfe von elektrischen Antrieben (Druckluft und Pumpen) sowie sonstiger mechanischer Energie (Fraunhofer ISI 2021). Erdgas ist mit rund 27,4 % nur der zweitwichtigste Energieträger der Branche und wird insbesondere zur Erzeugung von Prozesswärme, aber auch zu einem vergleichsweise großen Anteil für die Erzeugung von Raumwärme, eingesetzt. Hochtemperaturprozesse sind für etwas mehr als ein Drittel des energetischen Verbrauchs für Prozesswärme verantwortlich (BCG 2021). Der Stromanteil des Sektors liegt in Niedersachsen nahe am deutschen Durchschnitt, der Erdgasanteil ist mit 32 % leicht überdurchschnittlich (LSN 2021).

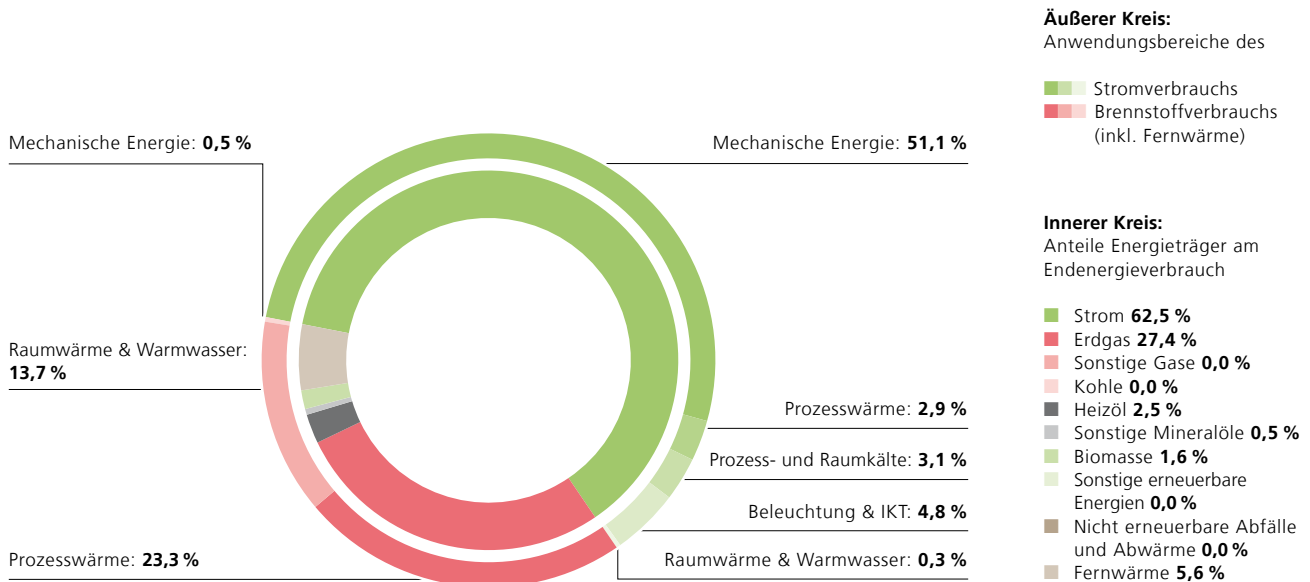
Neben den energetischen Emissionen sind in diesem Industriezweig Emissionen zu berücksichtigen, die bei der Verbrennung der Endprodukte zum Ende des Lebenszyklus entstehen. Aufgrund der geringen Recyclingrate und der überwiegenden energetischen Verwertung am Lebensende machen diese z. B. im Reifensektor rund 80 % der Emissionen aus (UBA 2021c).

4.5.3 Transformationspfad

Aufgrund seines vergleichsweise geringen Anteils am Gesamtenergiebedarf wird der Gummi- und Kunststoffsektor in den betrachteten Transformationspfaden für Deutschland kaum sektorspezifisch betrachtet. Es liegen zudem nur eine sehr geringe Anzahl branchenspezifischer Betrachtungen der Dekarbonisierung des Gummisektors sowie der Weiterverarbeitung von Kunststoffen vor.

Sowohl in der Gummi- als auch in der Kunststoffverarbeitung werden Hoch-, Mittel- und Niedrigtemperaturprozesse insbesondere zur Formgebung, aber auch für die Erzeugung von Bindungsreaktionen eingesetzt (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021b, 2021d). In der kunststoffverarbeitenden Industrie ist der Bedarf an fossilen Brennstoffen hingegen überwiegend auf Mineralölbedarfe zurückzuführen. Erdgas macht nur rund 10 % des Energiebedarfs aus, Mineralöle sind für 30 % des Energiebedarfs verantwortlich und werden neben der Erzeugung von Raumwärme insbesondere in hydraulischen Antrieben für Spritzgießmaschinen verwendet (Dena 2022c).

Abbildung 8 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Gummi- und Kunststoffindustrie (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

Auf Spritzgießmaschinen sind in der Kunststoffindustrie rund 70 % des Gesamtstromverbrauchs zurückzuführen, relevante Einsparungen sowohl im Strom- als auch im Mineralölverbrauch können hier folglich durch die Umstellung auf elektromechanische Maschinen erzielt werden. Energieintensive Produkte sind insbesondere Platten, Folien, Schläuche und Profile (Dena 2022a). Zudem nehmen in der Kunststoffindustrie Kühlbedarfe bis zu 20 % des Strombedarfs ein (Dena 2022c; Energieschweiz 2022). Hier ist neben Energieeffizienzmaßnahmen insbesondere die Umstellung auf Kühlmittel ohne Treibhauswirkung relevant. Auch Prozessanpassungen wie beispielsweise die Umstellung auf freie Kühlung nach der Formgebung können zu einer Reduktion des Energiebedarfs der Kühlung beitragen (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021b).

In der Gummiproduktion ist der Vulkanisierungsprozess wesentlich für den Verbrauch von Erdgas verantwortlich (Abdallas und Wetzels 2019). Die Reifenproduktion ist darüber hinaus der Hauptabnehmer

von Industrieruß. Die Produktion von Industrieruß durch die Chemieindustrie ist sehr energieintensiv und fußt maßgeblich auf dem Einsatz von Reststoffen aus fossilen Verbrennungsprozessen (Schlmann und Eichhammer 2013). Der Gummiindustrie kommt somit auch eine relevante Rolle bei der Entwicklung neuer Verfahren zur Substitution des Rußbedarfs zu. Zudem werden Reifen bislang überwiegend energetisch recycelt, technische Verfahren zur Ermöglichung einer stofflichen Wiederverwertung sind noch nicht verfügbar (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021d).

Literaturverweis

Eine ausführliche Darstellung von prozessspezifischen Energieeffizienzmaßnahmen und CO₂-Einsparpotenzialen für die Kunststoffchemie wurde von der Deutschen Energieagentur zusammengestellt (Dena 2022b).

4.5.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Die Marktnachfrage nach Produkten der Gummi- und Kunststoffindustrie ist vielfältig und resultiert aus vielen Branchen wie z. B. der Lebensmittelindustrie, der Pharmaindustrie, der Medizin oder dem Fahrzeug- und Maschinenbau. Die Kunststoffstrategie der Europäischen Union stellt die Branche vor eine neue Herausforderung. Nach dieser Strategie gilt seit dem Jahr 2021 das Verbot für den Verkauf von Einwegartikeln aus Kunststoff. Bis zum Jahr 2030 sind Kunststoffverpackungen herzustellen, die sowohl kosteneffizient als auch recycelbar sind. Zusätzlich wird eine sogenannte Kunststoffsteuer diskutiert und erarbeitet (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021b).

Eine weitere Herausforderung, der die Branche (wie auch viele andere Branchen) gegenübersteht, ist der demografische Wandel mit dem damit verbundenen Fachkräftemangel (zu beobachten bei 71 % der Unternehmen in der Kunststoffindustrie) (Dispan und Mendler 2020). In der niedersächsischen Gummi- und Kunststoffindustrie war im Jahr 2021 der Fachkräftemangel bereits wahrzunehmen (Bundesagentur für Arbeit 2022). Die Zahl der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge in der Kunststoffsparte ist im Jahr 2018 gegenüber 2015 um 7 % zurückgegangen. Hierbei spielen auch Qualifikationsdefizite eine Rolle, sodass aufgrund mangelnder geeigneter Bewerber*innen nicht alle Ausbildungsplätze besetzt werden können (Dispan und Mendler 2020). Durch die weitere Automatisierung, die Digitalisierung und das Offshoring nach Osteuropa wird ein weiterer Beschäftigungsabbau prognostiziert (Dispan und Mendler 2020). Nichtsdestotrotz wird für einige Sparten wie im Leichtbau, der Gebäudeeffizienz und der technischen Kunststoffe ein positiver Trend erwartet. Insgesamt sind die Beschäftigungsprognosen für die Kunststoffbranche uneinheitlich und reichen von einem moderaten Wachstum über eine stabile Beschäftigung bis hin zu starken Rückgängen (Dispan und Mendler 2020).

Mit der Digitalisierung und den damit verbundenen Trends der Industrie 4.0, der Nutzung von künstlicher Intelligenz und der weiteren Vernetzung und Automatisierung steht die Branche vor einer zusätzlichen Herausforderung. Um diese Transformation zu vollziehen, sind explizite Digitalisierungsstrategien

der Unternehmen gefragt. Diese sind in der Kunststoffbranche jedoch noch die Ausnahme (Dispan und Mendler 2020).

4.5.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Energieeffizienz

Der Strombedarf insbesondere für mechanische Energie macht den größten Anteil des Energieverbrauchs des Sektors aus. Die vielfach zum Einsatz kommenden Querschnittstechnologien weisen gute Potenziale für Energieeffizienzsteigerungen auf (EWI et al. 2021). Zwischen 2010 und 2018 konnte in Niedersachsen in der gummi- und kunststoffverarbeitenden Industrie bei steigenden Umsatzzahlen eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 7 % realisiert werden. Während für die Kunststoffindustrie bereits eine Reihe von prozessspezifischen Energieeinsparoptionen bekannt sind, ist das branchenspezifische Wissen zu relevanten Effizienztechnologien zum Studienzeitpunkt für die Gummiindustrie nur eingeschränkt öffentlich und niedrigschwellig zugänglich.

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Die Branche ist deutschlandweit durch eine vergleichsweise geringere Bedeutung der Prozesswärme im Energiebedarf gekennzeichnet, folglich liegt auch der Anteil fossiler Brennstoffe am Energiemix deutlich unter dem anderer betrachteter Sektoren. Bislang ist in der niedersächsischen Gummi- und Kunststoffindustrie nur eine geringe Veränderungsdynamik im Energiemix des Endenergieverbrauchs erkennbar, zwischen 2010 und 2019 ist der Anteil an fossilen Brennstoffen am EEV der Branche leicht gestiegen (LSN 2012, 2021). Studien zu Transformationspfaden der Branche sowie zu Minderungspotentialen prozessspezifischer Technologien sind bislang kaum verfügbar. Im Deutschlandvergleich ist die niedersächsische Innovationstätigkeit der Gummi- und Kunststoffindustrie überdurchschnittlich und der Sektor ist bereits gut mit dem niedersächsischen Fahrzeugbau vernetzt.

Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

In der gummi- und kunststoffverarbeitenden Industrie werden emissionsintensive Produkte aus der Chemieindustrie wie Synthesekautschuk, Industrie-ruß und Kunststoff weiterverarbeitet. Ein Großteil der Emissionen der Wirtschaftsbranche entsteht somit entlang der Lieferkette. Bei der Steigerung der Kreislaufführung von Rohstoffen aber auch der Substitution fossiler Polymere durch Biopolymere in der chemischen Industrie kommt somit auch dem Gummi- und Kunststoffsektor eine zentrale Bedeutung zu. So kann die Branche beispielsweise durch eine Veränderungen des Produktdesigns oder der Zusammensetzung der Rohstoffe zur stofflichen Wiederverwertung und Senkung des Ressourcenbedarfs beitragen. Basierend auf den bestehenden Daten ist eine sektorspezifische Betrachtung der bisherigen Entwicklung der Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz für Niedersachsen im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Insbesondere fehlen sektorspezifische Daten zur Entwicklung der Rohstoffproduktivität sowie industrieller Abfall- und Recyclingquoten.

4.6 Metallerzeugung und -bearbeitung

WZ08-24

4.6.1 Struktur der Branche

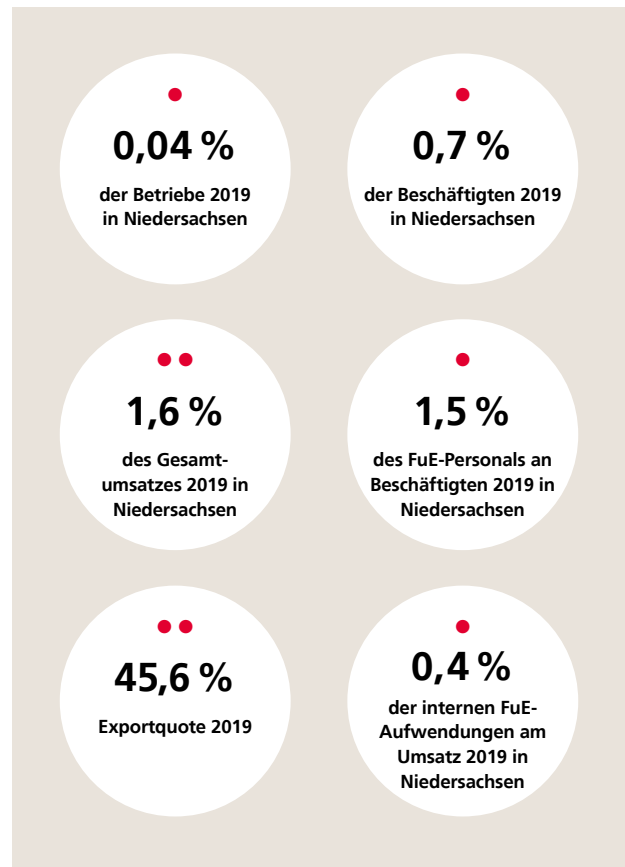
Diese Branche umfasst die Tätigkeiten des **Schmelzens und Legierens von Eisenmetallen und NE-Metallen aus Erz, Roheisen oder Schrott mit elektrometallurgischen und anderen metallurgischen Verfahren. Die Erzeugnisse werden zu Platten, Blech, Bandstahl, Stabstahl, Stangen, Draht, Rohren oder Hohlprofilen verarbeitet. Die Branche umfasst nicht die Herstellung von Metall-erzeugnissen (Statistisches Bundesamt 2008).**

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

In der Metallindustrie in Niedersachsen sind knapp 24.200 Personen in 136 Betrieben abhängig beschäftigt (Stand 2019). Dies entspricht 0,7 % aller Beschäftigten, aber nur 0,04 % aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 9,6 Mrd. € und macht 1,6 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung aus (LSN 2022). Mehr als 45 % des Branchenumsatzes werden über den Güterexport erwirtschaftet, was eine leicht unterdurchschnittliche Quote darstellt (Statistisches Bundesamt 2022a). Gegenüber 2010 ist die Zahl der Beschäftigten um 15 % gewachsen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Die Beschäftigten- und Umsatzanteile an der niedersächsischen Wirtschaft sind in der Größenordnung vergleichbar mit den Anteilen des übrigen Deutschlands (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

Insgesamt sind 1,5 % der Beschäftigten als FuE-Personal tätig. Es werden 0,4 % des Branchenumsatzes in interne FuE-Aufwendungen investiert. Im Deutschlandvergleich liegt die niedersächsische Innovations-tätigkeit der Metallindustrie im Durchschnitt, ist jedoch weit geringer als in Baden-Württemberg, Bayern oder Hessen (Stifterverband Wissenschafts-statistik 2021). Im Zeitraum von 2011 bis 2019 sanken in Niedersachsen die Anteile des FuE-Personals

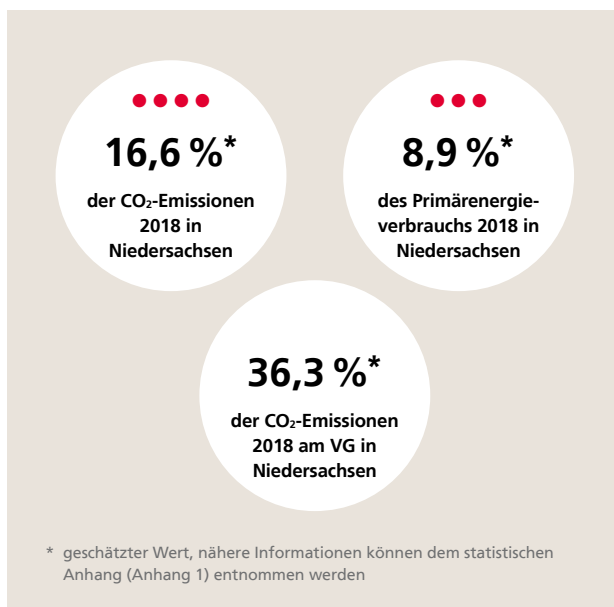


(-14 %) und der internen FuE-Aufwendungen (-13 %) gleichermaßen. Deutschlandweit fokussiert sich die Innovationstätigkeit der Unternehmen der Metallerzeugung und -bearbeitung mit 42 % auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 31 % auf den Bereich **Energie** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht Informationsbedarf.

4.6.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Die Metallerzeugung und -bearbeitung ist für 16,6 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und damit überproportional. Der Anteil liegt zu dem weit über dem Branchenanteil im übrigen Deutschland (9,7 %). Bezogen auf das verarbeitende Gewerbe erreicht die Branche in Niedersachsen sogar einen Anteil von 36 %. Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um 4 % gestiegen, während ihr Anteil deutschlandweit um 2 % gesunken ist (UGRdL 2021).



Primär- und Endenergieverbrauch

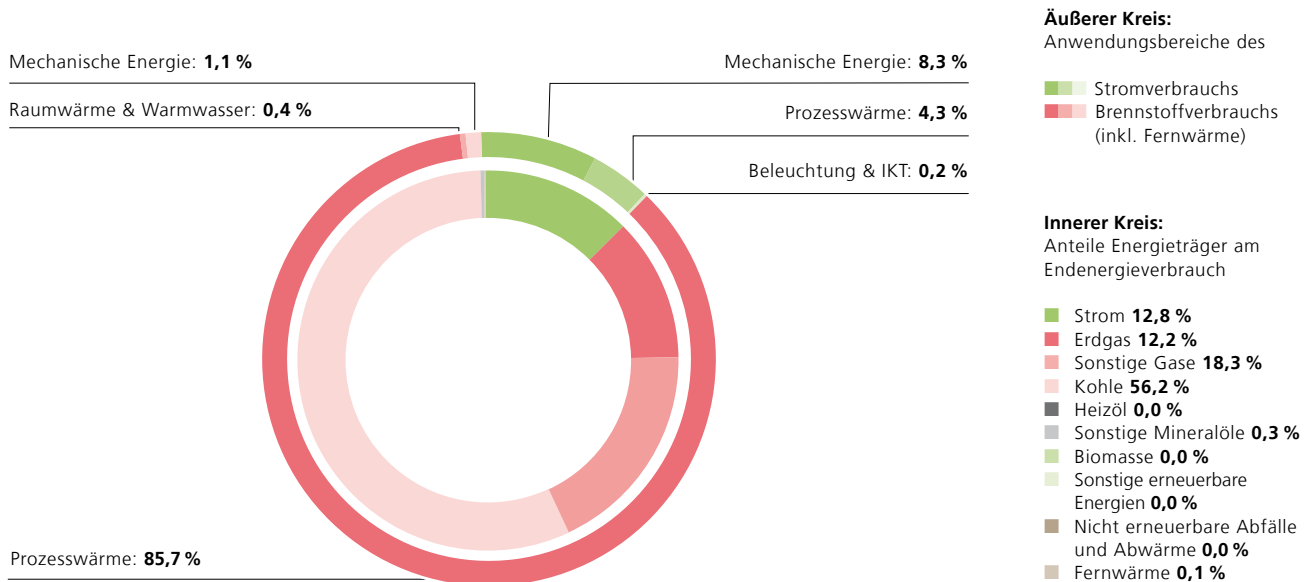
Die Metallerzeugung und -bearbeitung hat einen Anteil von 8,9 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft (2018). Der Verbrauch liegt dabei höher als im übrigen Deutschland (7,4 %). Der PEV der niedersächsischen Metallindustrie ist gegenüber 2010 um 3 % gestiegen, während im übrigen Deutschland ein Anstieg von 1 % zu verzeichnen war (UGRdL 2021).

Insgesamt ist der Metallsektor der größte Energieverbraucher des verarbeitenden Gewerbes. Die

Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierung macht dabei rund 92 % des Endenergiebedarfs in der Branche in Niedersachsen aus. Die Erzeugung und Bearbeitung von Nichteisenmetallen sowie Gießereien benötigen hingegen nur etwa 8 % (LSN 2021).

Der Primärenergiebedarf des Sektors wird deutschlandweit in hohem Maße von fossilen Energieträgern gedeckt. Insbesondere in der Produktion von Stahl und Roheisen macht Kohle mehr als 50 % des Endenergiebedarfs aus, weitere 18 % werden durch im Produktionsprozess als Nebenprodukt entstehende Gase wie Gicht- und Kokereigas gedeckt (AG Energiebilanzen 2021b). Nur rund 13 % des Energiebedarfs der Stahl- und Eisenproduktion werden aus Strom gedeckt (AG Energiebilanzen 2021b). Hierbei werden teilweise Kuppelgase aus der Produktion verstromt (Schlemme et al. 2020). Hochtemperaturprozesse machen mehr als drei Viertel des Energieverbrauchs der Eisen- und Stahlproduktion aus (BCG 2021). Bei der Produktion von Nicht-Eisenmetallen sowie in Gießereien liegt der Stromanteil am Endenergiebedarf mit rund 56 % deutlich höher. Erdgas ist mit 34 % der zweitwichtigste Energieträger, Kohle deckt lediglich 7,4 % des Endenergieverbrauchs (AG Energiebilanzen 2021b). Es besteht jedoch eine große Heterogenität zwischen den verschiedenen Produktionsprozessen: So erfolgt beispielsweise die Produktion von Aluminium zu über 75 % strombasiert. Die Produktion von Sekundäraluminium ist zwar deutlich weniger energieintensiv, basiert dafür jedoch zu über 80 % auf Brennstoffen (überwiegend Erdgas). Die Energiebedarfe der Gießprozesse der NE-Metalle werden im Durchschnitt zu 57 % brennstoffbasiert gedeckt, überwiegend durch Erdgas. Auch in der NE-Metallproduktion dominieren Hochtemperaturprozesse den energetischen Bedarf (BCG 2021). In Niedersachsen liegt der Kohleanteil am Energiebedarf unter dem bundesdeutschen Durchschnitt. Er wird durch einen höheren Anteil an Erdgas und sonstigen Gasen kompensiert (LSN 2021).

Abbildung 9 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen der deutschen Metallerzeugung (Eisenmetalle) (WZ 24.1) (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

4.6.3 Transformationspfad

Aufgrund des hohen Anteils am deutschen und europäischen Energieverbrauch sowie den CO₂-Emissionen ist die Eisen- und Stahlproduktion eine zentrale Schlüsselindustrie der bestehenden Transformationsszenarien für die deutsche Wirtschaft. Sie wird in den betrachteten Transformationspfaden vielfältig analysiert. Zudem stehen in der Stahlindustrie in den kommenden Jahren signifikante Reinvestitionsbedarfe an, sodass wesentliche Emissionsminderungspotenziale bereits vor 2030 realisiert werden können (Prognos et al. 2021).

Die Betrachtungen fokussieren sich dabei insbesondere auf die Substitution der in Deutschland überwiegend eingesetzten Reduktion von Eisenerz in der Hochofen-Konverter-Route. Als technologische Alternative steht das Direktreduktionsverfahren (DRI) von Eisenerz inkl. anschließender Schmelzung im Elektrolichtbogen (EAF) auf Basis von Erdgas zur Verfügung. Als Ergänzung zur Dekarbonisierung

der Primärproduktion wird der Ausbau der Erzeugung von Sekundärstahl aus Stahlschrott über die Elektrolichtbogenroute gesehen. Hierzu ist jedoch eine signifikante Steigerung des recyclingfähigen Stahlschrotts notwendig (Prognos et al. 2021). Auch die nachgelagerten Umformungsprozesse von Rohstahl wie insbesondere das Walzen und Schmieden stellen energieintensive Prozesse dar, da besonders die Warmformungsprozesse Temperaturen von bis zu 1.280 Grad erfordern (Schlemme et al. 2020). Aufgrund des innerhalb der Stahlproduktion geringen Anteils an den Gesamtemissionen werden technologische Optionen zur Dekarbonisierung dieser Prozessschritte bislang jedoch kaum spezifisch betrachtet.

Neben der Eisen- und Stahlproduktion stellen in der Branche insbesondere die Produktion von Aluminium und Kupfer energie- und emissionsintensive Produktionsprozesse dar, ebenso wie die Weiterverarbeitung dieser Metalle in Gießereien. Maßgebliches Emissionsreduktionspotenzial bietet hier die Umstellung auf die Recyclingroute, die bereits heute

auch in Niedersachsen einen signifikanten Anteil der Aluminiumproduktion ausmacht (Hübner et al. 2020). Neben der Produktion von Primäraluminium sind insbesondere die Weiterverarbeitung von Aluminium sowie die Kupferbearbeitung emissionsintensive Prozessschritte (Schlomann und Eichhammer 2013). Einsparpotenziale ergeben sich unter anderem durch die Optimierung der Produktionsprozesse, die Nutzung von Rest- und Abwärme sowie durch die Vermeidung von Materialabbrand, aber auch durch die Umstellung auf elektrische Schmelzöfen (UBA 2020).

4.6.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Die Metallerzeugung und -bearbeitung in Niedersachsen steht vor gleich mehreren großen Herausforderungen. Auf der einen Seite steht die Branche in einem ständigen Wettbewerb zur Konkurrenz aus Fernost, die die Rohstoffe erheblich preisgünstiger einkaufen und produzieren kann (NiedersachsenMetall 2016; Schlemme et al. 2020). Durch die weltweiten Überkapazitäten auf dem (Stahl-)Markt kommt es zudem zu einem hohen Importdruck auf dem europäischen Markt (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021c). Auf der anderen Seite belasten hohe Rohstoff- und Energiekosten die Unternehmen der Metallindustrie (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021c). Diese ist „als energieintensive Branche besonders auf wettbewerbsfähige und stabile energiepolitische Rahmenbedingungen angewiesen“ (Hübner et al. 2020; Schlemme et al. 2020). Bereits für das Jahr 2019 konnte eine rückläufige Umsatzrentabilität festgestellt werden (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021c).

Die Industrie leidet zudem unter einer Investitionsschwäche, da die ausländische Produktion diejenige an heimischen Standorten sukzessiv ablöst. Investitionen im Inland sind rückläufig, wohingegen Investitionen im Ausland ansteigen (NiedersachsenMetall 2016). Darüber hinaus ist die Branche grundsätzlich von langen Investitionszyklen geprägt und „hohe Neuinvestitionskosten für Anlagen erschweren den Technologiewandel“ (Hübner et al. 2020). Eine kostenbedingte Produktionsabwanderung in die sogenannten „Emerging Markets“ ist bereits zu erkennen

und wird sich weiter fortsetzen (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021c). Eine Verlagerung der Produktion ins Ausland ist aber aus wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive problematisch, da dies die (europäische) Abhängigkeit von ausländischen Produzenten erhöht und zugleich die Zielstellung vom klimafreundlichen Stahl untergräbt. Die in vielen Branchen vorherrschende Herausforderung des Fachkräftebedarfs war 2021 in der Metallindustrie in Niedersachsen ebenfalls wahrnehmbar (Bundesagentur für Arbeit 2022)

4.6.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Rund 46 % des Energiebedarfs der niedersächsischen Stahl- und Eisenindustrie wird durch Kohle und Kohleprodukte gedeckt. Basierend auf Daten für Deutschland entfällt der Kohlebedarf überwiegend auf Prozesswärme (LSN 2021; AG Energiebilanzen 2021b). Als größtem Energieverbraucher des verarbeitenden Gewerbes fällt der Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlproduktion in Niedersachsen somit eine entscheidende Rolle zu. Aufgrund der sehr hohen Temperaturbedarfe in stark spezialisierten Industrieöfen stellt die Dekarbonisierung des Brennstoffbedarfs der Metallerzeugung und -bearbeitung eine besondere Herausforderung dar. Bislang ist in der niedersächsischen Stahl- und Eisenindustrie noch keine Umstellung der Energiebedarfe auf klimaneutrale Energieträger erkennbar. Der Anteil von Kohle und Erdgas am Endenergieverbrauch der Branche ist zwischen 2010 und 2019 sogar deutlich angestiegen, der Anteil fossiler Brennstoffe insgesamt ist aber leicht gesunken. In der Nichteisenerzeugung und -bearbeitung ist der Anteil fossiler Brennstoffe am Energiemix im selben Zeitraum vergleichsweise deutlich gesunken (LSN 2021, 2012). Studien zu Transformationspfaden und Minderungspotentialen von Technologien zur Umstellung der Hochtemperaturprozesse in der Eisen-Weiterverarbeitung sowie Nichteisenerzeugung und -bearbeitung sind den Autoren nicht bekannt.

Wasserstoffherzeugung und -infrastruktur

Innerhalb der betrachteten Transformationsszenarien besteht Einigkeit über den hohen Wasserstoffbedarf für die Metallindustrie, da insbesondere für die Stahlindustrie keine technische Alternative umsetzungsrelevant erscheint. Divergenzen bestehen hingegen in Hinblick auf den Einsatz von Wasserstoff für Hochtemperaturprozesse (SCI4climate.NRW 2022). Anders als in der Chemieindustrie ist dabei der Eisen- und Stahlsektor auf grünen Wasserstoff angewiesen und kann keine Derivate wie grünen Ammoniak oder Naphtha direkt weiterverarbeiten. Gemäß deutschem Wasserstoffatlas kann bislang ein Projekt zur industriellen Wasserstoffnutzung in Niedersachsen eindeutig der Stahlindustrie zugeschrieben werden. Bis 2030 wird im Deutschen Wasserstoffatlas für Niedersachsen von einer installierten Leistung von 3,136 GW für Wasserstoff ausgegangen, davon wird ein Großteil des Zubaus jedoch erst im Jahr 2030 realisiert. Bis 2025 wird von einer installierten Leistung von 400MW ausgegangen (Wasserstoff Atlas o.J.).

Wandel am Arbeitsmarkt

Als besonders energieintensive Branche wird die Anbindung an eine hinreichende Energieinfrastruktur – insbesondere im Hinblick auf Wasserstoff, aber auch auf kostengünstigen Strom aus Erneuerbaren Energien – künftig ein wesentlicher Faktor bei der Standortwahl sein. Aufgrund des hohen Energiebedarfs der Branche wird deshalb unter anderem für die Stahlindustrie ein Verlagerungsdruck an Standorte mit vorteilhaften Bedingungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von grünen Energiequellen und -trägern diskutiert (SCI4climate.NRW 2021). Durch den Wandel in der Wertschöpfungskette können sich (regionale) Beschäftigungseffekte ergeben. Basierend auf den aktuell verfügbaren Daten und Studien lassen sich hierzu jedoch keine verlässlichen Prognosen für Niedersachsen ableiten.

Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

Aufgrund des deutlich geringeren Energiebedarfs in der Produktion wird in den betrachteten Szenarien der Steigerung des Anteils an recyceltem Stahl sowie anderer Metalle ein zentraler Beitrag zur Reduktion der Emissionen der Branche zugeschrieben. Um die

Recyclingfähigkeit des Metallschrotts zu erhöhen, sind jedoch Innovationen im Produktdesign sowie den Recyclingtechniken notwendig. Herausforderungen sind bspw. die Verringerung von Verunreinigungen und das Verhindern von Downcycling (Material Economics 2019). Basierend auf den bestehenden Daten ist eine sektorspezifische Betrachtung der bisherigen Entwicklung der zirkulären Wirtschaft und Ressourceneffizienz für Niedersachsen im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Es fehlen speziell sektorspezifische Daten zur Entwicklung der Rohstoffproduktivität sowie industrieller Abfall- und Recyclingdaten.

4.7 Maschinenbau

WZ08-28

4.7.1 Struktur der Branche

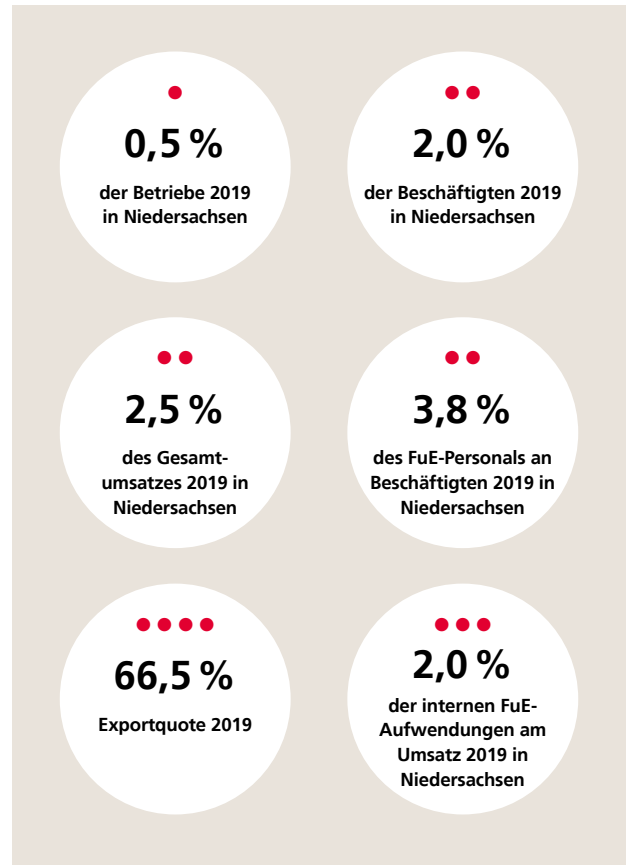
Diese Branche umfasst den Bau von Maschinen, die mechanisch oder durch Wärme auf Materialien einwirken oder an Materialien Vorgänge durchführen, einschließlich ihrer mechanischen Bestandteile, die Kraft erzeugen und anwenden. Es wird unterschieden zwischen der Herstellung von Spezialmaschinen und der Herstellung von nicht wirtschaftszweig-spezifischen Maschinen (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Der Maschinenbau in Niedersachsen umfasst knapp 72.000 abhängig Beschäftigte in 1.522 Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 2,0 % aller Beschäftigten, aber nur 0,5 % aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 15,2 Mrd. € und macht 2,5 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung aus (LSN 2022). Zwei Drittel des Branchenumsatzes werden über den Güterexport erwirtschaftet, womit die Branche eine Spitzenposition einnimmt (Statistisches Bundesamt 2022a). Gegenüber 2010 ist die Zahl der Beschäftigten um 26 % gewachsen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Trotz eines hohen Beschäftigten- und Umsatzanteils an der niedersächsischen Wirtschaft sind diese Anteile im Vergleich zum übrigen Deutschland leicht unterdurchschnittlich (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

Insgesamt sind 3,8 % der Branchenbeschäftigten als FuE-Personal im Maschinenbau beschäftigt, 2,0 % des Branchenumsatzes werden in interne FuE-Aufwendungen investiert. Im Deutschlandvergleich ist die niedersächsische Innovationstätigkeit im Maschinenbau unterdurchschnittlich. Im Zeitraum von 2011 bis 2019 stiegen sowohl die Anteile des FuE-Personals (+ 35 %) als auch der internen FuE-Aufwendungen (+ 32 %) in Niedersachsen. Deutsch-

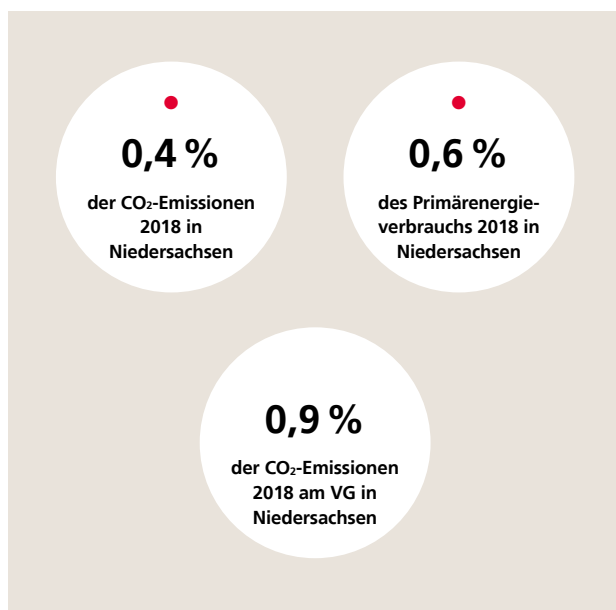


landweit fokussieren 39 % der Unternehmen im Maschinenbau ihre Innovationstätigkeit auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 89 % auf den Bereich **Energie** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht hingegen Informationsbedarf.

4.7.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Der Maschinenbau ist für 0,4 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018) und nimmt somit nur eine untergeordnete Position ein. Der Anteil entspricht dem Branchenanteil im restlichen Deutschland. Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um 8 % gesunken (UGRdL 2021). Auch im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe insgesamt spielen die CO₂-Emissionen der Branche mit 0,9 % eine eher untergeordnete Rolle.



Primär- und Endenergieverbrauch

Der Maschinenbau ist für 0,6 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Er liegt damit unterhalb des Anteils im übrigen Deutschland (0,9 %). Der PEV des niedersächsischen Maschinenbaus ist gegenüber 2010 jedoch um 9 % gestiegen, während im übrigen Deutschland ein Rückgang von 10 % zu verzeichnen war (UGRdL 2021).

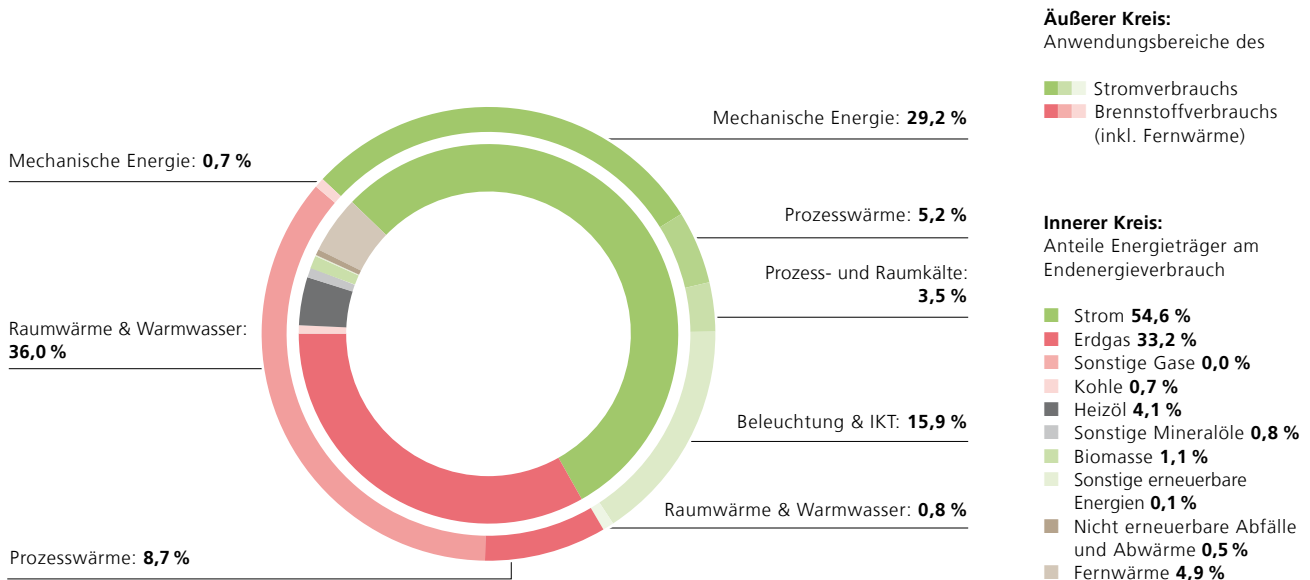
Der Energiebezug des Sektors ist zu einem vergleichsweise hohen Anteil elektrifiziert, rund 55 %

des Energiebedarfs wird aus Strom gedeckt (AG Energiebilanzen 2021b). Der Energieverbrauch ist zum überwiegenden Anteil auf die Bereitstellung mechanischer Energie zurückzuführen, zugleich haben aber auch IKT und Beleuchtung einen im Branchenvergleich hohen Anteil am energetischen Verbrauch (Fraunhofer ISI 2021). Erdgas ist mit rund 33 % der zweite relevante Energieträger im Sektor. Anders als in anderen Branchen entfällt dies jedoch nicht überwiegend auf Prozesswärme, sondern auf Raumwärmebedarfe (Fraunhofer ISI 2021; AG Energiebilanzen 2021b). Insgesamt dominieren in der Prozesswärme Mittel- und Niedrigtemperaturprozesse, nur ein kleiner Anteil der Energiebedarfe entfällt auf Hochtemperaturprozesse (BCG 2021). In Niedersachsen liegt der Erdgasanteil am Energieverbrauch mit rund 41 % über dem deutschen Branchendurchschnitt, der Stromanteil liegt hingegen unter dem Bundesdurchschnitt (LSN 2021)

4.7.3 Transformationspfad

Aufgrund des aktuellen Fokus auf emissionsintensive Schlüsselbranchen in bestehenden Transformationsszenarien liegen noch kaum spezifische Studien zu den Zielpfaden der Transformation im Maschinenbausektor vor. Die einzige verfügbare branchenspezifische Betrachtung des Transformationspfades geht von einer signifikanten Reduktion des Erdgasbedarfs durch die Nutzung von Umgebungswärme bereits bis 2030 aus (BCG 2021). Einer weiteren Steigerung des Stromanteils wird nur eine geringe Rolle zugesprochen, ebenso der Nutzung von Biomasse (BCG 2021). Aufgrund des sehr hohen Anteils der Raumwärme an den Brennstoffbedarfen ist darüber hinaus davon auszugehen, dass die Nutzung erneuerbarer Energiequellen für die Gebäudewärme eine übergeordnete Rolle einnimmt. Aufgrund eines hohen Anteils an Querschnittstechnologien in der Produktionstechnik wird zudem von einem hohen Potenzial für Energieeffizienzgewinne ausgegangen (EWI et al. 2021). Hier können neben der Gebäudeisolierung Energieeffizienzmaßnahmen wie bspw. Nachtabenkungskonzepte, Gebäudeautomation sowie verbesserte Hallenbeheizungssysteme, die bedarfsgerechte Dimensionierung von Antrieben und der Einsatz von intelligenten Steuerungs- bzw. Energiemanagementsystemen Einsparpotenziale bieten.

Abbildung 10 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen des deutschen Maschinenbaus (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

Neben der Notwendigkeit der Reduktion der eigenen Emissionen wird dem Sektor darüber hinaus eine übergeordnete Rolle in der Unterstützung der Transformation anderer Sektoren zugeschrieben. So bedürfen steigende Anforderungen an Energie- und Materialeffizienz einer Verbesserung der Anlagentechnik in diesem Bereich, aus Änderungen der Produktionsverfahren ergibt sich eine Nachfrage nach (der Entwicklung) neuer Anlagentechnik. Bei zügiger Transformation des Sektors und erfolgreicher Nutzung der Innovationspotenziale werden große Marktpotenziale im In- und Ausland prognostiziert (BCG 2020).

4.7.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Wie in allen betrachteten Branchen in Niedersachsen und Deutschland allgemein ist auch der Maschinenbau in Niedersachsen vom demografischen

Wandel und dem damit verbundenen Fachkräftebedarf betroffen. Im Jahr 2021 war dieser bereits wahrnehmbar (Bundesagentur für Arbeit 2022). Insbesondere herrscht eine zunehmende Knappheit an Ingenieur*innen und Fachkräften, von der im besonderen Maße kleinere Unternehmen oder Firmen, die ihren Standort außerhalb von Ballungsräumen haben, betroffen sind (Dispan und Schwarz-Kocher 2014). Um dieser Herausforderung gerecht werden zu können, ist ein stärkerer Fokus auf die Fachkräftesicherung erforderlich, damit Zukunftschancen ergriffen und die Innovationsfähigkeit erhalten werden können. Darüber hinaus ist eine lebensphasensorientierte Personalpolitik in Unternehmen ein wichtiger Aspekt, um dem demografischen Wandel im Maschinenbau zu begegnen (Dispan und Schwarz-Kocher 2014).

4.7.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Energieeffizienz

Der Strombedarf insbesondere für mechanische Energie macht den größten Anteil des Energieverbrauchs des Sektors aus. Die vielfach zum Einsatz kommenden Querschnittstechnologien weisen gute Potenziale für Energieeffizienzsteigerungen auf (EWI et al. 2021). Zwischen 2010 und 2018 ist in Niedersachsen der PEV (bei steigenden Umsatzzahlen) jedoch um 9 % gestiegen. Aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von (bereinigten) Daten zur branchenspezifischen Energieintensität in Niedersachsen ist jedoch im Rahmen dieses Berichts nicht zu differenzieren, in welchem Maße eine bereits erzielte Energieeffizienzsteigerung durch die gleichzeitige Umsatzsteigerung überkompensiert wurde.

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Prozesswärme macht einen vergleichsweise geringen Anteil am Energiebedarf der Branche aus, Raumwärme und mechanische Energiebedarfe nehmen eine wichtigere Rolle im EEV ein. Insbesondere der Energiebedarf aus Raumwärme ist mit rund 33 % überdurchschnittlich. Folglich müssen die Elektrifizierung der Raumwärme sowie die Senkung der Gebäudeenergiebedarfe elementare Bestandteile einer Dekarbonisierung des Sektors sein. Bestehende Beratungsangebote für Kleinstunternehmen sowie Förderprogramme auf Niedersachsebene greifen diese Thematik bereits auf, ebenso wie die Niedersächsische Energieeffizienzstrategie. In den vergangenen Jahren hat jedoch bislang kaum eine Substitution fossiler Brennstoffe in den Energiebedarfen des Sektors stattgefunden. Der Anteil von Erdgas und anderen fossilen Energieträgern am Endenergieverbrauch des Sektors ist zwischen 2010 und 2019 gestiegen und lag zuletzt deutlich über dem Bundesdurchschnitt.

4.8 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen

WZ08-29

4.8.1 Struktur der Branche

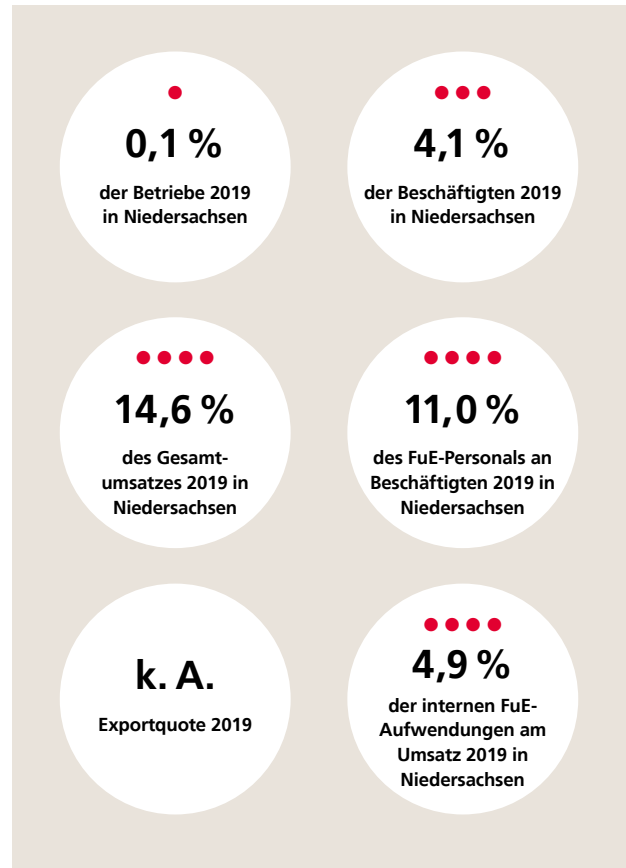
Diese Branche umfasst die Herstellung von Kraftwagen zur Personen- oder Güterbeförderung. Sie umfasst ferner die Herstellung verschiedener Teile und Zubehör sowie die Herstellung von Anhängern und Sattelanhängern (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Der Kraftfahrzeugbau in Niedersachsen umfasst mehr als 143.000 abhängig Beschäftigte²⁴ in 360 Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 4,1 % aller Beschäftigten, aber nur 0,1 % aller Betriebe (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Der Umsatz liegt bei 87,9 Mrd. € und macht 14,6 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung und rund 20 % des gesamtdeutschen Branchenumsatzes aus (LSN 2022). Gegenüber 2010 ist die Zahl der Beschäftigten um 24 % gestiegen (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Die Beschäftigten- und Umsatzanteile dieser Branche sind im deutschlandweiten Vergleich weit überdurchschnittlich (Statistisches Bundesamt 2022b). Aus Gründen der Geheimhaltung lässt sich die Exportquote nicht darstellen.

Innovationsverhalten

Insgesamt sind 11 % der Branchenbeschäftigten als FuE-Personal im Kraftfahrzeugbau tätig. 4,9 % des Branchenumsatzes werden als interne FuE-Aufwendungen investiert. Im Deutschlandvergleich liegt die niedersächsische Innovationstätigkeit der Automobilbranche weit über dem Durchschnitt und ist fast doppelt so hoch. Im Zeitraum von 2011 bis 2019 stiegen in Niedersachsen sowohl die Anteile des FuE-Personals (+31 %) als auch der internen FuE-Aufwendungen (+67 %). Deutschlandweit fokussieren 23 % der Unternehmen der Kraftfahrzeugbranche ihre Innovationstätigkeit auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 16 % auf den Bereich **Energie** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht hingegen Informationsbedarf.

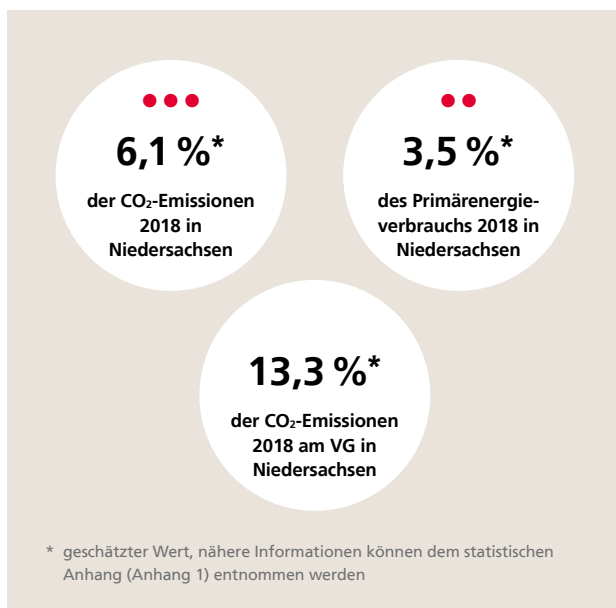


²⁴ Nach einer vom BMWi beauftragten Studie lassen sich dem niedersächsischen Automobilcluster rund 340.000 Erwerbstätige zuordnen, deren Tätigkeit direkt oder indirekt von der Kraftfahrzeugherstellung abhängt (Kempermann 2021). Hierzu zählen Erwerbstätige der Automobilhersteller und anteilig Erwerbstätige aus Branchen, die nur mittelbar in den Produktionsprozess eines Fahrzeuges integriert sind. Sie bilden das erweiterte Wertschöpfungscluster. Hierzu gehören Unternehmen und Erwerbstätige aus anderen Wirtschaftszweigen, wie beispielsweise dem Maschinenbau oder der Metallerzeugung und -bearbeitung etc. Vervollständigt wird das Automobilcluster durch das niedersächsische Kfz-Gewerbe (Handel, Reparatur und Instandhaltung von Kfz) sowie die niedersächsischen Tankstellen.

4.8.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Der Kraftfahrzeugbau ist für 6,1 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018)²⁵. Sie nimmt damit eine übergeordnete Position ein. Der Anteil liegt zugleich weit über dem Branchenanteil im restlichen Deutschland (1,1 %). Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind gegenüber 2010 um ca. 1 % gesunken (UGRdL 2021). Im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe insgesamt verursacht der Kraftfahrzeugbau 13,3 % der CO₂-Emissionen. Dies verdeutlicht die herausgehobene Relevanz für die Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft.



rund 50 % des gesamten Endenergiebedarfs (EEV) aus (AG Energiebilanzen 2021a). Dabei sind insbesondere mechanische Antriebe für einen Großteil des energetischen Bedarfs verantwortlich. Rund 30 % des EEV wird aus Erdgas gedeckt, zudem wird noch zu einem signifikanten Anteil Kohle (6,7 %) verbrannt. Dabei ist Prozesswärme für rund 33 % des Energiebedarfs verantwortlich, es dominieren Niedrig- bis Mitteltemperaturprozesse (BCG 2021; Fraunhofer ISI 2021). Energiebedarfe aus Raumwärme und -kälte, IKT, Beleuchtung und Warmwasser machen zusammen rund 31 % des gesamten EEV aus.

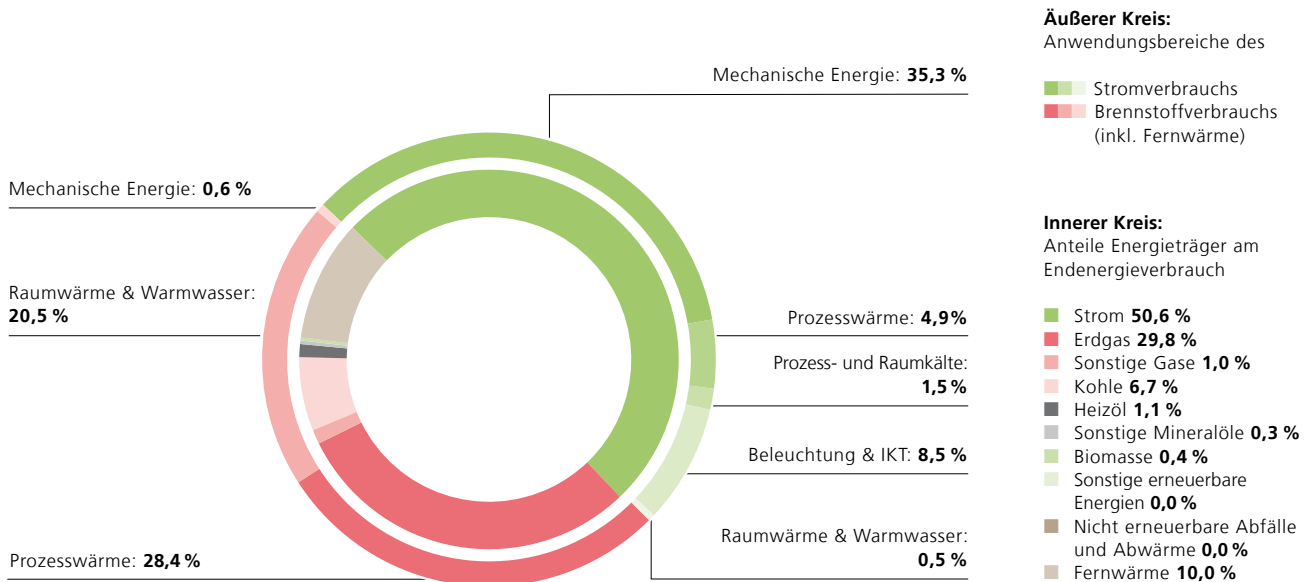
Im Vergleich zum Energieverbrauch des Fahrzeugbaus auf Bundesebene fußt der niedersächsische Kraftfahrzeugbau deutlich stärker auf Steinkohle (rund 35 % des EEVs) (LSN 2021). Dies liegt insbesondere in den zwei konzerneigenen Steinkohlekraftwerken des VW-Konzerns begründet. Folglich liegt der Einsatz von Erdgas des Sektors in Niedersachsen leicht und der Stromeinsatz deutlich unter dem Durchschnitt der Branche in Deutschland insgesamt (LSN 2021).

Primär- und Endenergieverbrauch

Der Kraftfahrzeugbau ist für 3,5 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Dieser Anteil liegt damit weit oberhalb des Verbrauchs im übrigen Deutschland (1,4 %). Der PEV des niedersächsischen Kraftfahrzeugbaus ist gegenüber 2010 jedoch um 21 % gefallen. Dieselbe Veränderung ist auch im übrigen Deutschland zu verzeichnen (UGRdL 2021). Der Energiebezug des deutschen Fahrzeugbaus ist in hohem Maße strombasiert. Strom macht insgesamt

²⁵ Ohne die Berücksichtigung unternehmensinterner Kraftwerke sinkt der Anteil der CO₂-Emissionen auf schätzungsweise 1 %. Es besteht ein Zeitreihenbruch in der Zuordnung zwischen Fahrzeugbau und Energieversorgung, sodass die Werte für 2010 geschätzt wurden.

Abbildung 11 – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen des deutschen Fahrzeugbaus (WZ 29-30) (in %, 2019)



Quellen: Eigene Darstellung, AG Energiebilanzen (2021b) und Fraunhofer ISI (2021a); Abweichungen von 100 % ergeben sich durch Rundungen in der Darstellung

4.8.3 Transformationspfad

Stärker als andere Sektoren ist der Fahrzeugbau durch Transformationsbedarfe aus zwei Richtungen geprägt. Die europäischen und deutschen Zielsetzungen zur Dekarbonisierung des Verkehrs erfordern eine starke Umstellung des Produktangebots weg von klassischen Verbrennungsmotoren hin zu alternativen Antrieben basierend auf Elektrizität, Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen. Der Koalitionsvertrag definiert hierzu das Ziel von mindestens 15 Millionen vollelektrischen PKW bis 2030. Die Automobilhersteller bauen ihre Produktionskapazitäten bereits deutlich aus (Roland Berger und FKA 2021). Aufgrund des höheren Effizienzgrads in der energetischen Nutzung hat die wissenschaftliche Debatte zuletzt den Einsatz von Elektromotoren, insbesondere für Personenfahrzeuge, priorisiert (Roland Berger und FKA 2021; Prognos et al. 2021; PIK et al. 2021). Die Umstellung der Produktionslinien auf E-Mobilität bedarf deutlicher Anpassungen

im Produktionsprozess sowie entlang der Lieferkette. Durch die neue Produktausrichtung fallen Produktionsschritte sowie Bauteile weg, andere Elemente wie Elektrotechnik und Batterieproduktion gewinnen hingegen an Relevanz (BCG und Agora Verkehrswende 2021).

Die Emissionsreduktionspfade aus der Fahrzeugproduktion werden in den betrachteten Transformationsszenarien nur grundlegend branchenspezifisch beleuchtet. Ein vorhandenes Szenario geht davon aus, dass bereits bis 2030 signifikante Anteile des aktuellen Erdgas- und Kohlebedarfs durch einen Ausbau der Elektrifizierung sowie die stärkere Nutzung von Umgebungswärme und Biomasse ersetzt werden können (BCG 2021). Vor dem Hintergrund des hohen Anteils des energetischen Bedarfs für Raumwärme ergeben sich zudem signifikante Reduktionspotenziale durch die Verringerung und Elektrifizierung des Gebäudeenergiebedarfs. Hierbei können vorhandene Technologien wie Wärmepumpen, Abwärmenutzung oder Gebäudeisolierung eingesetzt werden.

Aufgrund des hohen Anteils von Querschnittstechnologien wird zudem von guten Potenzialen zur Energieeffizienzsteigerung ausgegangen (EWI et al. 2021). Neben dem Einsatz energieeffizienterer Maschinen bieten zudem Innovationen der Bauweise und der verwendeten Materialien (wie beispielsweise Leichtbauweise, Reduktion von Überdimensionierung oder Vermeidung des Lackierungsbedarfs) erhebliche Einsparpotenziale von Energie sowohl im Produktionsprozess als auch im Energiebedarf in der Produktnutzung (Braun et al. 2021).

4.8.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Der industrielle Sektor ist stark durch die Automobil- und Zulieferindustrie und deren Wertschöpfungskette vom Endprodukt bis hin zur Stahlindustrie geprägt. Mit der Corona-Krise hat sich der Strukturwandel der Automobilbranche beschleunigt (Brandt 2020). Im Zuge des Transformationsprozesses der Dekarbonisierung und des Wandels zur Elektromobilität befindet sich diese Branche noch stärker im Umbruch (Brandt 2020). Durch den verstärkten Fokus auf die Herstellung von Elektroautos wird voraussichtlich in den Berufsgruppen der Facharbeiter*innen und bei den Hilfskräften ein niedriger Stellenwegfall prognostiziert, denn im Vergleich zu konventionellen Antrieben müssen weniger Teile produziert werden (Burmeister 2020; Stiftung Arbeit und Umwelt 2022). Dem gegenüber stehen neue Arbeitsplätze in den Bereichen Elektrotechnik, Infrastruktur, Mobilitätsdienste und Energie (Stiftung Arbeit und Umwelt 2022). Nichtsdestotrotz ist auch der Fahrzeugbau in Niedersachsen grundsätzlich vom demografischen Wandel und Fachkräftebedarf betroffen. Dieser war 2021 deutlich zu erkennen (Bundesagentur für Arbeit 2022). Darüber hinaus steht die Automobilbranche vor der Herausforderung, dass viele Zulieferbetriebe die Standortschließung und Verlagerung in sogenannte „Best Cost Countries“ beschlossen haben (Burmeister 2020). Die starke Abhängigkeit von Zulieferbetrieben aus zentral- und osteuropäischen Ländern führt dazu, dass die Produktion in die Absatzmärkte verlagert wird, um die Anfälligkeit zu reduzieren (e-mobil BW GmbH 2020).

Eine weitere Herausforderung der Automobilbranche ist ihre Transformation hin zu Elektromobilität. Dabei erfordern die neuen Technologien wie z. B. batteriebezogene Antriebe einen neuen Bedarf an ausgebildeten Fachkräften. Ebenso werden neue Rohstoffmärkte (Lithium) benötigt. Die Nachfrage nach klimaneutralen Produkten sowie deren Produktion steigt immer weiter an, sodass sich auch neue Konkurrent*innen im direkten Umfeld ansiedeln (e-mobil BW GmbH 2020). In Niedersachsen besteht eine hohe wirtschaftliche Konzentration in der Fahrzeugbau-Branche (inkl. Zulieferbetrieben) auf ein Großunternehmen mit mehreren Standorten, wodurch eine starke Abhängigkeit entsteht.

4.8.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Wandel am Arbeitsmarkt

Aufgrund des Wegfalls einzelner Produktionsschritte wird der Umstieg auf den Elektroantrieb mit einem potenziellen Rückgang der Beschäftigung im Fahrzeugbau in Verbindung gebracht. Verfügbare Studien weisen aber auch auf Potenziale für eine positive Beschäftigungswirkung durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze bspw. durch das zunehmende Insourcing von Verarbeitungsschritten hin (BCG und Agora Verkehrswende 2021; Burmeister 2020). Die Beschäftigungswirkungen in Niedersachsen in den kommenden Jahren lassen sich basierend auf den vorhandenen Daten nicht verlässlich prognostizieren. Sie werden in besonderer Weise von der Geschwindigkeit im Ausbau der Elektromobilität, der Trendentwicklung möglicher Abwanderungen ins Ausland sowie der Realisierung der Verlagerung von Fertigungsschritten wie z. B. der Batterieproduktion ins Inland abhängen. Die Ansiedlung eines Zentrums zur Batterieentwicklung in Salzgitter ist ein Beispiel, wie mögliche Arbeitsplatzverluste in der konventionellen Fahrzeugproduktion kompensiert werden können. Es wird jedoch vielfach von einer Veränderung in der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten ausgegangen. Während größere Bedarfe an IT- und Elektronikfachkräften entstehen, fallen Arbeitsplätze entlang der Fertigungsstraße weg (BCG und Agora Verkehrswende 2021).

Zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

Rund 90 % der Gesamtemissionen des Fahrzeugbaus fallen in der vorgelagerten Lieferkette an, insbesondere in der Metall-, Kunststoff- und Gummiindustrie sowie der Rohstoffgewinnung für die Batterieproduktion (Jungmichel et al. 2017). Die Kraftfahrzeugbranche ist somit ein wichtiger Abnehmer sowie Partner in der Entwicklung innovativer und klimafreundlicher Produkte in den vorgelagerten Fertigungsstufen. Zudem können Innovationen in den Fertigungsteilen maßgeblich zur Steigerung der Recyclingfähigkeit der verwendeten Materialien wie Stahl, Aluminium, Gummi oder Kunststoff beitragen. Der Kraftfahrzeugbau in Niedersachsen ist durch verschiedene Netzwerk- und Forschungsinitiativen eng mit den zuliefernden Betrieben verzahnt. Die fortgesetzte Förderung der engen Zusammenarbeit innerhalb der Branche sowie branchenübergreifend kann somit maßgeblich zur Entwicklung der notwendigen Produktinnovationen beitragen, um die Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft im niedersächsischen Fahrzeugbau zu steigern.

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Der Bedarf an Prozesswärme macht in der deutschen Automobilindustrie rund 33 % des Endenergieverbrauchs aus, niedersachsenspezifische Daten sind nicht verfügbar. Der Energieverbrauch der Branche wird in Niedersachsen in deutlich überdurchschnittlichem Maße aus Kohle gedeckt. Dies liegt insbesondere in dem Betrieb der VW-eigenen Kohlekraftwerke zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs begründet. Für beide Kraftwerke bestehen bereits Ziele für die Umstellung auf Erdgas. Die vergleichsweise geringen Temperaturbedarfe der Branche weisen aber auch Potenziale zur Reduktion des fossilen Energiebedarfs auf Basis von Solarthermie, Geothermie und Elektrifizierung auf.

4.9 Energieversorgung

WZ08-35

4.9.1 Struktur der Branche

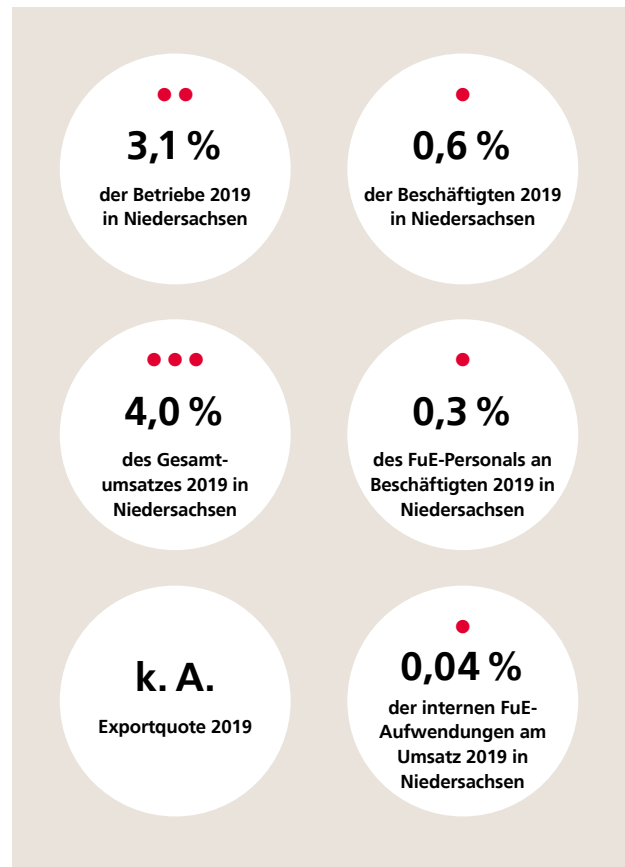
Dieser Wirtschaftsabschnitt umfasst die Elektrizitäts-, Gas-, Wärme- und Warmwasserversorgung durch ein fest installiertes Netz von Strom- bzw. Rohrleitungen (Erzeugung, Verteilung, Handel). Eingeschlossen ist auch die Versorgung von Industrie- und Gewerbegebieten sowie von Wohngebäuden. Diese Abteilung umfasst nicht die Verarbeitung von Rohöl und Kohle zu gebrauchsfertigen Erzeugnissen (Statistisches Bundesamt 2008).

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Die Energieversorgungswirtschaft in Niedersachsen umfasst knapp 22.000 abhängig Beschäftigte, was 0,6 % aller Beschäftigten entspricht (Stand 2019). Gegenüber 2010 ist die Zahl der Beschäftigten um 5 % gesunken (Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022). Die Anzahl der Betriebe von Energieversorgungsunternehmen ist nicht ohne Weiteres zu beziffern²⁶. Der Umsatz der Energieversorgung liegt bei 23,9 Mrd. € und macht 4 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung, aber nur rund 5 % des gesamtdeutschen Branchenumsatzes aus (LSN 2022). Die Beschäftigten- und Umsatzanteile an der niedersächsischen Wirtschaft liegen im bundesdeutschen Durchschnitt (Statistisches Bundesamt 2022b).

Innovationsverhalten

Die Innovationsintensität der Energieversorgung ist im Branchenvergleich äußerst gering (Rammer und Schubert 2022). Insgesamt sind 0,3 % der Branchenbeschäftigten als FuE-Personal tätig. Lediglich 0,04 % des Branchenumsatzes werden in interne FuE-Aufwendungen investiert. Im Deutschlandvergleich liegt die niedersächsische Innovationstätigkeit der Energieversorgung jedoch im Durchschnitt. Ausgehend von einem extrem niedrigen Niveau stiegen im Zeitraum von 2011 bis 2019 sowohl die Anteile des



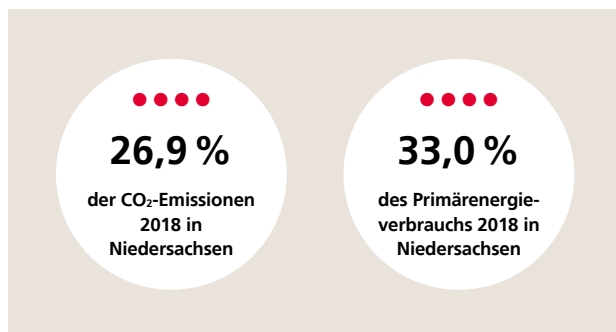
FuE-Personals (+ 176 %) als auch der internen FuE-Aufwendungen (+ 53 %) erheblich an. Deutschlandweit fokussieren 47 % der Unternehmen der Energieversorgung ihre Innovationstätigkeit auf den Bereich **Klima und Umwelt** sowie 87 % auf den Bereich **Energie** (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Für die Differenzierung in Niedersachsen besteht Informationsbedarf.

²⁶ Zu einer Niederlassung im Bereich Energieversorgung zählen auch Einzelpersonen, die eine Biogasanlage, ein Windrad oder Solarzellen auf ihren Dächern betreiben, sofern sie einen Jahresumsatz von mind. 17.500 Euro (ab Berichtsjahr 2020: 22.000 Euro) erwirtschaften (Große 2022).

4.9.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Der Wirtschaftszweig Energieversorgung ist für rund 27 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Er nimmt daher eine zentrale Position ein. Aufgrund des hohen Verwendungsanteils von Erneuerbaren Energien liegt der Anteil jedoch weit unter dem Branchenanteil im übrigen Deutschland (51 %). Die energiebedingten CO₂ Emissionen sind gegenüber 2010 um 13 % gesunken (UGRdL 2021)²⁷.



Primär- und Endenergieverbrauch

Die Energieversorgung ist für 33 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Sie liegt damit oberhalb des Anteils im übrigen Deutschland (27 %). Der PEV der niedersächsischen Energieversorgung ist gegenüber 2010 jedoch um 26 % gesunken, während im übrigen Deutschland ein Rückgang von nur 20 % zu verzeichnen war (UGRdL 2021).

In Bezug auf die Stromerzeugung lag der Anteil der Kernenergie an der Bruttostromerzeugung im Jahr 2019 noch bei 24 %, auf Kohle entfielen 9,7 % (ausschließlich Steinkohle) und auf Gase (insbesondere Erdgas) 12,9 % (Nds. MU 2021a). Die Energieversorgung in Niedersachsen zeichnet sich damit im Bundesvergleich durch einen verhältnismäßig hohen Anteil der Stromproduktion aus Steinkohle aus. Daneben wird sie insbesondere geprägt von der verbleibenden hohen Relevanz von Erdgas. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Förderung (97,3 % der bundesweiten Förderung), als auch auf die Verstromung

und die damit verbundenen nachgelagerten Weiterverarbeitungsschritte. Im Bundesvergleich ist der Anteil der Kohle insgesamt (inkl. Braunkohle) an der fossilen Bruttostromerzeugung in Niedersachsen jedoch unterdurchschnittlich, die Stromerzeugung aus Gas hingegen überdurchschnittlich (Nds. MU 2021a).

Der Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in Niedersachsen lag 2019 bei 52,1 %. Davon entfielen alleine 73 % auf Windkraft. Biomasse ist mit einem Anteil von knapp 20 % an der Stromerzeugung aus regenerativen Energien die zweitwichtigste Energiequelle der EE-Produktion in Niedersachsen (Nds. MU 2021a). Standortbedingt ist Niedersachsen insbesondere Vorreiter in Bezug auf die Produktion von Windenergie und verfügt bundesweit über die größte installierte Leistung in Windkraftwerken an Land (Agentur für Erneuerbare Energien 2022e). In der Produktion von Solarenergie liegt Niedersachsen nicht nur in absoluten Zahlen unter dem deutschen Durchschnitt, sondern schöpft auch das vorhandene Solarpotenzial nur in einem geringeren Maße aus als im bundesdeutschen Durchschnitt (Agentur für Erneuerbare Energien 2022b). In Bezug auf die Fernwärmeerzeugung lag der Anteil Erneuerbarer Energieträger im Jahr 2019 bei lediglich 8,8 % und somit deutlich unter dem deutschen Durchschnitt (Agentur für Erneuerbare Energien 2022a). Daten zu den energetischen Bedarfen aus der Bereitstellung anderer Dienstleistungen der Energieversorgungsunternehmen wie z. B. dem Betrieb von Gasnetzen oder der Warmwasserversorgung sind nicht verfügbar.

²⁷ Es besteht ein Zeitreihenbruch in der Zuordnung von unternehmenseigenen Kraftwerken, sodass die Werte für 2010 geschätzt wurden.

4.9.3 Transformationspfad

Die auf Bundes- und EU-Ebene getroffenen Beschlüsse zur Transformation des deutschen Energiesystems bringen für die Energieversorgungsunternehmen die Notwendigkeit einer fundamentalen Transformation ihrer Kerngeschäftsfelder mit sich. Diese Vorgaben bilden gleichzeitig die unmittelbare Grundlage der Zielsetzungen für den Ausbau von Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energien durch die niedersächsischen Energieversorgungsunternehmen (Nds. MU 2021b). Bislang ist in der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie ein Ausbau der Windenergie an Land um rund 75 % (Basisjahr 2020) auf 20 GW bis zum Jahr 2030 vorgesehen. Im Bereich der Photovoltaik ist ein Ausbau von 4,7 GW auf 50 GW, bezogen auf Dachaufbauanlagen (Basisjahr 2020) bis 2045 geplant (Nds. MU 2021b).

Neben dem Ausbau der Erzeugungskapazitäten erfordert die Umstellung des Energiesystems auch den Ausbau der Netzinfrastruktur sowie eine Umstellung im Netzbetrieb hinsichtlich des Erzeugungs- und Lastmanagements seitens der Energieversorgungsunternehmen. Dort wo eine direkte Elektrifizierung nicht möglich ist, wird insbesondere dem grünen Wasserstoff eine maßgebliche Rolle als Energieträger in der Dekarbonisierung der Verbrauchssektoren Industrie, Gebäude und Verkehr zugewiesen (Prognos et al. 2021). Für die Energiewirtschaft in Niedersachsen ergibt sich aufgrund vorteilhafter geographischer Voraussetzungen für die Produktion von Wasserstoff in Küstenregionen und den Schiffftransport von Derivaten ein großes Potenzial für den Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffwirtschaft. Zur Nutzung dieses Potenzials hat sich Niedersachsen gemeinsam mit anderen norddeutschen Bundesländern mit dem Ziel des Aufbaus von 5-GW-Elektrolysekapazitäten bis 2030 ein Ambitionsniveau gesetzt, das deutlich über der deutschlandweiten Zielsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie liegt (Knodt et al. 2022).

Für eine Dekarbonisierung der Verbrauchssektoren Industrie und Gebäude ist darüber hinaus jedoch auch die Dekarbonisierung der Fernwärmeproduktion durch die Energieversorgungsunternehmen notwendig. Dabei gehen bestehende Transformationsszenarien von einem Anstieg des Bedarfs an Fernwärme insbesondere zur Dekarbonisierung der

Gebäudewärme in Ballungszentren aus (Stiftung Klimaneutralität et al. 2022). Darüber hinaus deckt Fernwärme aktuell rund 4 % des Endenergieverbrauchs des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes Niedersachsens (Agentur für Erneuerbare Energien 2022c). Der Einsatz von klimaneutralem Brennstoff in bestehenden KWK-Anlagen wird somit als ein Baustein zur Dekarbonisierung der Fernwärme angesehen. Zudem werden auch Geothermie, Solarthermie sowie Großwärmepumpen und Elektrokesseln wichtige Rollen in der Dekarbonisierung der Fernwärme zugesprochen (Prognos et al. 2021; Fraunhofer IWES/IBP 2017).

Neben den Anforderungen beim Ausbau der Erneuerbaren Energien geben die Bundesbeschlüsse zum Atom- und Kohleausstieg späteste Ausstiegsdaten für den Betrieb von Kern- oder Kohlekraftwerken vor. In Niedersachsen ist das vorletzte Kernkraftwerk Ende 2021 vom Netz gegangen, das letzte wird (Stand: 22. Juli 2022) als eines von drei verbleibenden Kernkraftwerken in Deutschland bis Ende 2022 am Netz verbleiben. In Bezug auf den Kohleausstieg sind zum Ende 2021 zwei von sieben verbleibenden niedersächsischen Steinkohlekraftwerken abgeschaltet worden. Der Uniper-Standort in Wilhelmshaven soll dabei zum Knotenpunkt für grünen Wasserstoff umgebaut werden. Auch für die verbleibenden Steinkohlekraftwerke bestehen konkrete Umrüstungspläne. Zwei VW-eigene Kraftwerke sollen auf Erdgas umgerüstet werden, an drei weiteren Standorten (Braunschweig, Hannover und Wilhelmshaven) ist ein Ersatz durch Biomasse-Heizkraftwerke (teilweise in Kombination mit einem Gasturbinen-Heizkraftwerk) geplant (Norddeutscher Rundfunk 2021; enercity AG 2020; BS Energy o. J.). Durch den Ersatz der Kohleverstromung gehen bestehende Transformationsszenarien davon aus, dass die Strom- und Wärmeproduktion auf Basis von Erdgas zunächst steigen wird, bevor sie ab 2030 durch weiter steigende Anteile der EE-Kapazitäten ersetzt bzw. eine geringere Menge von Gas-(KWK)-Kraftwerken unter Verwendung von Wasserstoff oder anderen grünen Gasen klimaneutral weiterbetrieben werden (Prognos et al. 2021; BCG 2021)

4.9.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Der Energiebranche steht eine Elektrifizierung bevor. Es wird mit einem erheblichen Anstieg des Strombedarfs gerechnet, um der steigenden Zahl von strombetriebenen Maschinen, Fahrzeugen, Heizungen und sonstigen Geräten gerecht zu werden. Um diese Transformation zu forcieren, hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 einen Anteil der Erneuerbaren Energien von 65 % zu erreichen. Dies soll über eine Beschleunigung des EE-Ausbaus erreicht werden. Für die (niedersächsische) Energiebranche ergibt sich eine einmalige Wachstumschance durch das erhebliche Wachstumspotenzial für Windenergie, Photovoltaik und Wasserstoff (Rammer und Schubert 2022)²⁸.

Die gegenwärtige Abkehr von Energielieferungen aus Russland führt zunächst zu einem vorübergehenden Energieengpass in Deutschland und Europa, stärkt jedoch zugleich die Bedeutung der niedersächsischen Energiewirtschaft. Die Standortfaktoren für eine nachhaltige Energiewirtschaft in Niedersachsen sind vorteilhaft. Bedingt durch geographische und klimatische Standortvorteile ist Niedersachsen gegenwärtig bereits nationale Spitze in der Erzeugung Erneuerbarer Energien durch Windkraft. Hierbei besteht eine hohe wirtschaftliche Konzentration im Nordwesten des Bundeslandes, wo mit dem Windkraftanlagenhersteller Enercon Niedersachsens größter Maschinenbauer sitzt. Durch den Bau von LNG-Terminals in Wilhelmshaven und Stade wird Niedersachsen mittelfristig die zentrale Position in der Gasversorgung Deutschlands beibehalten (s. o.). Mit seiner Erneuerbare-Energie-Offensive ist das Land Niedersachsen eigens bestrebt, neue Technologien voranzubringen. Wasserstoff wird hierbei als zentraler Baustein der Energiewende betrachtet, der gasbasierte Hochenergieprozesse zunächst komplementieren und später substituieren soll (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021a). Darüber hinaus kommen der Batterietechnik (z. B. Großbatteriespeicher), der Verwendung von nachhaltig produzierter Fernwärme sowie der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik in der Energieinfrastruktur Schlüsselrollen zu, die eine optimierte und damit effizientere Energieverwendung ermöglichen (Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst 2021a).

In vielen Branchen zählt der Fachkräftebedarf zu einer der zentralen Herausforderungen, so auch in den Energieversorgungsunternehmen Niedersachsens. Im Jahr 2021 war ein Fachkräftebedarf bereits deutlich erkennbar (Bundesagentur für Arbeit 2022). Als Folge dieses Transformationsprozesses wird es jedoch „zu einer Verschiebung der Arbeitsplätze von der konventionellen Energieindustrie hin zu Unternehmen in Bereichen der regenerativen Energien, Wasserstofftechnologien und zu gänzlich neuen Geschäftsmodellen“ kommen (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021a), die mit einer Veränderung der Qualifikationsbedarfe einhergeht. Um einen absehbaren Fachkräfteengpass zu umgehen, sind inhaltliche Anpassungen in der Ausbildung an die Berufsbilder der Zukunft erforderlich. Die Umstellungen können zudem durch entsprechende Qualifizierungs- oder Weiterbildungsmaßnahmen flankiert werden. Jedoch bestehen auch erhebliche Risiken, die die Transformation und das Wachstum der niedersächsischen Energiewirtschaft erheblich hemmen können. Unter anderem rufen restriktive Raumordnungsmaßnahmen Flächennutzungskonflikte beim Ausbau der Erneuerbaren Energien auf Freiflächen und für Stromnetze hervor. Die deutsche Energieinfrastruktur ist für zukünftige Energietransportmengen zudem noch unzureichend ausgelegt, um z. B. den in Niedersachsen (klimafreundlich) produzierten Strom in die Absatzmärkte in West- und Süddeutschland zu befördern (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021a).

4.9.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Ausbau der Erneuerbaren Energien

Aufgrund guter Bedingungen für die Windenergieproduktion bietet der Ausbau Erneuerbarer Energien für die niedersächsische Energieversorgung hohes wirtschaftliches Potenzial. Bereits 2016 lag Niedersachsen mit 56.000 Beschäftigten in der EE-Branche deutlich über dem Bundesdurchschnitt (Agentur für Erneuerbare Energien 2022c).

²⁸ Einen vertiefenden Einblick in die Energiewirtschaft gibt z. B. der Branchenausblick 2030+ der Stiftung Arbeit und Umwelt 2021a.

Bislang werden jedoch Forschungspotenziale in diesem Bereich nicht besonders stark ausgeschöpft. In Bezug auf die Forschungsaktivitäten lag Niedersachsen in seinen Ausgaben in den vergangenen Jahren deutlich unter dem Bundesdurchschnitt (Agentur für Erneuerbare Energien 2022d). Bezogen auf die realisierten Ausbauraten war Niedersachsen im Ländervergleich in den vergangenen Jahren stets deutlich überdurchschnittlich, im jährlichen Durchschnitt wurden in Niedersachsen in den vergangenen zehn Jahren Zubauraten von rund 500 MW erzielt (Agentur für Erneuerbare Energien 2022e). Zur Erreichung des Zubauziels der Klimaschutzstrategie auf 20 GW bis 2030 wird aber ein jährlicher Zubau von im Durchschnitt 800 MW notwendig sein. Bestehende Potenziale insbesondere in der Solarenergie werden zudem nicht voll ausgeschöpft. Bürger*innenproteste, Klageverfahren gegen bestehende Raumordnungspläne und Rechtsunsicherheiten in Bezug auf geltende Raumordnungspläne, Flächennutzungskonflikte sowie langsame Genehmigungsverfahren waren in der Vergangenheit Gründe für den zögerlichen Ausbau der Onshore-Windenergieproduktion sowie der Solarenergie.

In seiner Klimaschutzstrategie hat das Land Niedersachsen zudem das Ziel formuliert, die Wärmeversorgung bis 2045 vollständig zu dekarbonisieren (Nds. MU 2021b). Zum Datenstand 2019 lag Niedersachsen jedoch in Bezug auf den Anteil von EE an der Fernwärme- und Fernkälteerzeugung mit rund 8,8 % auf dem vorletzten Platz im Bundesländervergleich. Bestehende Strategien wie die Niedersächsische Klimaschutzstrategie oder die Niedersächsische Energieeffizienzstrategie definieren keine Maßnahmen oder Zwischenziele zur Dekarbonisierung der Fernwärme. Im Zuge der anstehenden Außerbetriebnahme der niedersächsischen Steinkohlekraftwerke ist für einige dieser Kraftwerke eine Umrüstung zu Heizkraftwerken auf Basis von Biomasse geplant.

Wasserstoffherzeugung und Infrastruktur

Die geografischen Bedingungen in Niedersachsen bieten ein hohes Produktionspotenzial für grünen Wasserstoff, aber auch für den Import von Wasserstoffderivaten. Bereits heute sind zehn IPCEI-Projekte Wasserstoffbezug in Niedersachsen angesiedelt (BMWK 2021). Gemeinsame Ziele und Maßnahmen zum Aufbau der Erzeugungsinfrastruktur hat

sich das Land Niedersachsen zusammen mit den anderen norddeutschen Bundesländern in der Norddeutschen Wasserstoffstrategie gesetzt. Bislang erfolgt die Förderung technologie- und anwendungsorientiert. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Wasserstoff wird jedoch auch eine Priorisierung der Anwendungsbereiche auf Bundesebene wissenschaftlich diskutiert (siehe auch Kapitel 3.5).

Wandel am Arbeitsmarkt

Der mit der Außerbetriebnahme der Stein- und Kohlekraftwerke einhergehende Verlust von Arbeitsplätzen stellt eine zentrale Herausforderung für die betroffenen Regionen dar. Zwar kommen einige Studien zu dem Ergebnis, dass durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien ein absoluter Zuwachs an Arbeitskräften in der Energiewirtschaft zu erwarten ist, gleichzeitig wird jedoch von einer Verschiebung der Qualifikationsbedarfe ausgegangen, sodass noch offen ist, ob alle Arbeitsplatzverluste aus der traditionellen Energiewirtschaft durch die neu entstehenden Geschäftsfelder ausgeglichen werden können (Stiftung Arbeit und Umwelt 2021a). Qualifikations- und Weiterbildungsmaßnahmen erscheinen jedoch essenziell, um einen Übertritt der Arbeitskräfte in neue Arbeitsfelder zu ermöglichen. Auch der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft braucht neben dem Ausbau der Infrastruktur und der Erzeugungskapazitäten die Ausbildung qualifizierter Fachkräfte. Dabei sind die Qualifikationsbedarfe zum heutigen Zeitpunkt noch nicht in Gänze absehbar, sodass dynamische Entwicklungen der Ausbildungsinhalte notwendig erscheinen.

4.10 Handwerk

Aufgrund seiner wichtigen Rolle für die niedersächsische Wirtschaft und seiner Bedeutung für die Transformation wird das Handwerk an dieser Stelle gesondert betrachtet. Statistisch ist das Handwerk keinem eigenen Wirtschaftszweig zugeordnet, insbesondere im verarbeitenden Gewerbe richtet sich die Zuordnung auch nach der Anzahl der Beschäftigten im Betrieb. So werden ab einer Zahl von 20 Mitarbeiter*innen die Handwerksbetriebe ihrem jeweiligen Tätigkeitsfeld zugeordnet – zum Beispiel der Lebensmittelindustrie – kleinere Betriebe werden jedoch im Bereich „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ (GHD) zusammengefasst.

4.10.1 Struktur der Branche

Das Handwerk erbringt vorwiegend spezialisierte Leistungen, die auf individuelle Bedürfnisse einzelner Kund*innen zugeschnitten sind. Neben dem Baugewerbe wird das produzierende Handwerk dem verarbeitenden Gewerbe sowie das Dienstleistungshandwerk dem Handel und den sonstigen Dienstleistungen zugerechnet (Glasl et al. 2008)²⁹. Die offizielle Zuordnung zum Handwerk erfolgt auf der rechtlichen Grundlage der Handwerksordnung (HWO) sowie über Gewerbegruppen und -zweige. Es wird zwischen zulassungspflichtigem und zulassungsfreiem Handwerk unterschieden (Handwerksordnung 2021).

Mit über 130 Ausbildungsberufen (Deutscher Handwerkskammertag e.V. 2022) ist das Handwerk unter Branchengesichtspunkten ein sehr heterogener Wirt-



schaftsbereich und reicht vom Bau- und Ausbaugewerbe über den Metallbau, die Tischlerei, die Bäckerei bis hin zum Friseur*innenbetrieb. Das Handwerk kann anwendungsnahe Innovationsprozesse vorantreiben. Es kann den Marktzugang für Innovationen zum Beispiel aus der Industrie ermöglichen und ist bedeutsam im innovativen Diffusionsprozess (LHN 2017, 2019). In der Forschung findet keine Abgrenzung von anwendungsnahen Innovationsprozessen statt, daher fällt das Handwerk in diesen FuE-Statistiken heraus.

²⁹ Eine Übersicht über die dem Handwerk zugeordneten Wirtschaftszweige findet sich im Anhang 4.

Branchenkennzahlen für Niedersachsen

Das Handwerk in Niedersachsen beschäftigt ca. 553.500 Personen in mehr als 84.500 Handwerks- und handwerksähnlichen Betrieben (Stand 2019). Dies entspricht 15,7 % aller Beschäftigten und 29,9 % aller Betriebe. Der Umsatz liegt bei 60,3 Mrd. € und macht 10,0 % der gesamten niedersächsischen Wirtschaftsleistung aus. Knapp die Hälfte der Unternehmen werden dem Baugewerbe zugeordnet. Gegenüber 2011 hat sich die Zahl der Beschäftigten um 7 % und der Umsatz um 23 % erhöht (LHN 2021). Beide Erhöhungen beruhen u. a. auf den hohen Wachstumsraten im Baugewerbe (LSN 2022).

4.10.2 Emissionen und Energieverbrauch

CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen und der Primärenergieverbrauch (PEV) werden für das Handwerk nicht separat ausgewiesen. Die nachfolgenden Anteile sind daher als grobe Näherungswerte zu betrachten³⁰. Das Handwerk ist schätzungsweise für 11,9 % der energiebedingten CO₂ Emissionen der niedersächsischen Wirtschaft verantwortlich (2018). Hiervon entfallen neun Prozentpunkte (75 %) auf das verarbeitende Gewerbe, zwei Prozentpunkte (15 %) auf das Baugewerbe und ein Prozentpunkt (10 %) auf Dienstleistungen (UGRdL 2021). Aufgrund der Schwierigkeit des branchenübergreifenden Charakters des Handwerks handelt es sich bei diesen Werten jedoch möglicherweise um eine Überschätzung. Zum einen werden Überschneidungen mit anderen statistischen Erfassungen nicht berücksichtigt (Handwerkliche Betriebe des verarbeitenden Gewerbes mit mehr als 20 Mitarbeiter*innen werden in der niedersächsischen CO₂- und Energiebilanz in der jeweiligen Branche erfasst). Zudem wird in der angeführten Hochrechnung nicht berücksichtigt, dass kleine und mittlere Betriebe andere Prozesse als große Betriebe aufweisen und somit die Energiebilanz insbesondere in Handwerksbetrieben des verarbeitenden Gewerbes von industriellen Großbetrieben abweichen können. Die angeführte Kennzahl kann somit lediglich als Orientierungsgröße dienen, um die Relevanz des Handwerks für die Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft zu verdeutlichen. Ein ähnliches Bild ergibt



sich auch für den PEV: 10,5 % des Verbrauchs der niedersächsischen Wirtschaft können dem Handwerk zugerechnet werden (2018). Hiervon entfallen acht Prozentpunkte auf das verarbeitende Gewerbe sowie knapp 1,5 Prozentpunkte jeweils auf das Baugewerbe und auf Dienstleistungen (UGRdL 2021).

Primär- und Endenergieverbrauch

Es gibt keine regelmäßigen Datenerhebungen zum Primärenergieverbrauch und den Anwendungsbe- reichen der Energiebedarfe im Handwerk. In beste- henden Emissions- und Energiestatistiken wird das Handwerk teilweise der entsprechenden Branche des verarbeitenden Gewerbes, teilweise dem Sek- tor „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ (GHD) zugeordnet. Eine aktuelle Betrachtung des Energie- verbrauchs und der Emissionsintensitäten einzelner Handwerksbereiche analog zu den vorangegangenen Branchenbetrachtungen ist somit basierend auf der bestehenden Datengrundlage nicht möglich. In einer Studie zum Datenjahr 2002 wurden in den Hand- werksbereichen des verarbeitenden Gewerbes die Metallerzeugung und -bearbeitung, die Herstellung und Verarbeitung von Glas, die Herstellung von Er- zeugnissen aus Beton, Zement, Gips, das Textilgewer- be, die Oberflächenveredlung, Wärmebehandlung, Mechanik, die Herstellung von Schmiede-, Press-,

30 Als Näherungsgröße wurde der Anteil der im Handwerk tätigen Personen nach Wirtschaftszweigen (Statistisches Bundesamt 2020) an allen abhängig Beschäftigten des Wirtschaftszweigs berechnet (Statistisches Bundesamt 2008), um diesen auf die im „mittelgroben SNA/ISIC-Aggregat A*38“ ausgewiesenen CO₂-Emissionen anzurechnen (UGRdL 2021). Weitere Informationen zur Berechnung der CO₂-Emissionen sowie des PEV befinden sich im Anhang dieses Berichts.

Zieh- und Stanzteilen sowie die Herstellung von sonstigen Kunststoff- und Backwaren als besonders energie- und emissionsintensiv eingestuft (Ullrich 2006; AG Energiebilanzen 2021b)³¹. Bezogen auf die Struktur des Energieverbrauchs lag der Anteil von Strom mit durchschnittlich 65 % in den Handwerksbetrieben des verarbeitenden Gewerbes dabei über dem Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes insgesamt. Der Anteil der Nutzung von Kohle und Erdgas lag zudem im Handwerk leicht unter dem Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes insgesamt (Ullrich 2006; AG Energiebilanzen 2021b).

Durch die Branchenvielfalt im Handwerk variiert der Energiebedarf stark zwischen den einzelnen Gewerken. So wird beispielsweise im Friseur*innenhandwerk rund 35 % des Energiebedarfs strombasiert gedeckt, Raumwärme ist für 51 % des Energieverbrauchs verantwortlich, elektrische Geräte nur für 29 % (Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz 2019b). In Fleischereien sind die Koch- und Garprozesse für rund 50 % der Wärmebedarfe verantwortlich (Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz 2019c), bei der Herstellung von Möbeln oder Werkzeugen liegt der Stromanteil bei über 80 % (Ullrich 2006).

4.10.3 Transformationspfad

Für das Handwerk liegen bislang keine dezidierten Transformationspfade vor. In den bestehenden Transformationsszenarien für Deutschland wird das Handwerk nicht gesondert betrachtet, sondern entweder – sofern statistisch dem Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) zugeordnet – im Gebäudesektor betrachtet oder im Rahmen der Zugehörigkeit zum verarbeitenden Gewerbe im Rahmen des Industriesektors beleuchtet (Prognos et al. 2021; BCG 2021).

Sofern dem Bereich GHD zugeordnet, wird im Handwerk insbesondere der Dekarbonisierung der Raumwärme (durch energetische Sanierung sowie den Umbau der Wärmeversorgung auf Basis von Wärmepumpen und Wärmenetzen) eine wichtige Rolle zugeschrieben (Prognos et al. 2021; BCG 2021). Hier müssen wesentliche Reduktionen bereits vor 2030 erfolgen (Prognos et al. 2021).

Exkurs:

Das Handwerk als zentraler Umsetzungspartner der Klimatransformation

Das Handwerk nimmt eine wichtige Schlüsselrolle in der Umsetzung der Klimatransformation ein, umfangreiche Investitionen in die Sanierung des Gebäudebestandes sowie in die Installation und Montage von Klimaschutztechnologien erfordern Fachkräfte aus verschiedenen Bereichen des Handwerks. Studien prognostizieren, dass die Bedarfe an Fachkräften in den Handwerksberufen in den kommenden Jahren signifikant steigen werden. Für die Umsetzung der Energiewende in den Gebäuden beziffert eine Studie bspw. den zusätzlichen Arbeitskräftebedarf alleine im Bereich Haus- und Gebäudetechnik für Deutschland auf bis zu 20.000 Fachkräfte zusätzlich im Jahr 2025 (Prognos 2018). Für das gesamte Baugewerbe wird in einer anderen Studie bis 2030 mit einem zusätzlichen Fachkräftebedarf von rund 300.000 Erwerbstätigen gerechnet (Kenkmann und Braungardt 2018). Bereits heute zeigen sich die Folgen des Fachkräftebedarfs im Handwerk in langen Wartezeiten für Installationsleistungen. Auch sind die Installationskosten für Klimaschutztechnologien wie Wärmepumpen bereits signifikant gestiegen (Agora Energiewende et al. 2022).

Wird das Handwerk dem Bereich des verarbeitenden Gewerbes zugeordnet, so können aufgrund des insgesamt hohen Anteils von Strom am Gesamtenergieverbrauch in einigen Gewerken – beispielsweise in der Tischlerei und der Produktion von Werkzeugen – sowie der Notwendigkeit der Verbrauchsreduktion in bestehenden Technologien Energieeffizienztechnologien einen relevanten Beitrag zur Dekarbonisierung des Handwerks leisten.

31 Den Autor*innen dieser Studie sind keine aktuelleren Datengrundlagen bekannt. Da die in dem Bericht identifizierten energieintensiven Handwerksbetriebe im Einklang stehen zu aktuelleren Daten für das gesamte verarbeitende Gewerbe, wurden diese Daten als Näherungswert herangezogen.

Weiter bietet die Nutzung von Abwärme relevante Effizienzsteigerungspotenziale. Zudem macht in einigen Handwerksberufen, beispielsweise in der Elektroinstallation, der Fuhrpark einen hohen Anteil am Kraftstoffbedarf aus. In diesem Falle sind Organisationsmaßnahmen in der Logistik sowie ein Antriebswechsel im Fuhrpark relevante Dekarbonisierungsmaßnahmen (Mittelstandsinitiative Energie- und Klimaschutz 2019a). Gewerkspezifische Informationen zu Energieeffizienzpotenzialen werden dabei von Handwerkskammern, -verbänden und -initiativen zur Verfügung gestellt.

4.10.4 Gegenwärtige Herausforderungen

Dem Handwerk kommt eine Schlüsselrolle für den gesamtgesellschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Transformationsprozess zu, weil es tief in den Wirtschaftskreislauf eingebunden ist. Es ermöglicht die Umsetzung von Investitionen und Installationen im gewerblichen Segment und in den privaten Haushalten. Als sogenannter „Enabler“ für die Dekarbonisierung der (niedersächsischen) Wirtschaft liegt ein besonderer Fokus auf der Wettbewerbsfähigkeit und Zukunftsfestigkeit des Handwerks. „Engpässe im Handwerk können zu Problemen und Verzögerungen bei den gesamtwirtschaftlichen Bau- und Ausrüstungsinvestitionen führen“ (Stappel et al. 2016).

Genau dieser Engpass zählt, neben den Energiepreiserhöhungen, jedoch zu den gegenwärtig größten Herausforderungen des Handwerks. Der hohe Fachkräftebedarf verstärkt sich aufgrund der demografischen Entwicklung, aber auch aufgrund des gesellschaftlichen Trends hin zur Akademisierung seit Beginn der 2000er Jahre und aufgrund des mangelnden gesellschaftlichen Bewusstseins für die Vielfalt an wirtschaftlichen und persönlichen (Entwicklungs-) Perspektiven, die eine Ausbildung im Handwerk bietet (Stappel et al. 2016). Im Jahr 2021 war der Fachkräftebedarf im niedersächsischen Handwerk bereits deutlich erkennbar (LHN 2021). Sollte der Fachkräftebedarf mittelfristig Bestand haben bzw. sich weiter verstärken, wird dies auch gesamtgesellschaftliche Auswirkungen weit über das Handwerk

hinaus haben (Stappel et al. 2016). Außerdem stehen maschinelle Prozesse und industriell hergestellte Massenware in direkter Konkurrenz mit handwerklichen Produkten und Dienstleistungen. Es wirken allerdings bereits gesellschaftliche Trends, die gegen das vorschnelle Wegwerfen von Produkten arbeiten sowie gesetzliche Initiativen, wie das Recht auf Reparatur.

Das Handwerk im produzierenden Gewerbe ist darüber hinaus dem Risiko ausgesetzt, „im Rahmen des technischen Fortschritts durch Maschinenleistung ersetzt“ zu werden. Handwerksleistungen werden vor allem durch industriell hergestellte Massenware verdrängt, z. B. bei Möbel- und Küchenfabrikant*innen, Fertighäuserhersteller*innen oder auch in der Back- und Fleischindustrie. Demgegenüber steht der aufkommende gesellschaftliche Trend, der sich für qualitativ hochwertige und damit langlebige Produkte ausspricht, wodurch dem Handwerk ein Bedeutungszuwachs zukommen könnte (Stappel et al. 2016).

Gleichzeitig verändern sich fortlaufend die Produktions- und Wertschöpfungsprozesse. Auf die sich verändernden Anforderungen reagiert die Branche unter dem Stichwort „Handwerk 4.0“. In dessen Mittelpunkt steht die Kombination von klassischen handwerklichen Tätigkeiten mit neuen, innovativen und/oder digitalen Technologien. Die für die Transformation der Wirtschaft unabdingbaren technischen Handwerksberufe erhalten somit neue attraktive und zukunftsfähige Betätigungsfelder, die der Branche neue Perspektiven eröffnen und zugleich zu einer Aufwertung handwerklicher Berufe beitragen sollen (Stappel et al. 2016). Auch in den Berufen im Handwerk gehören CAD-Programme, Onlinewartungen und digital vernetztes Arbeiten in vielen Betrieben nun zur Tagesordnung und haben damit an Komplexität zugenommen. Auch die klimarelevanten Berufe wie zum Beispiel die Elektroniker*innen für die Energie- und Gebäudetechnik oder die Anlagenbauer*innen für Sanitär, Klima und Heizung sind technisch anspruchsvoll. Die Einsatzfelder reichen vom Smart-Home bis hin zur Schwimmbad- oder Krankenhausausrüstung mit den entsprechenden Anforderungen.

4.10.5 Ausgewählte Handlungsfelder der Branche

Dekarbonisierung der Prozesswärme

Daten zu den Energiebedarfen sowie dem Energiemix sind für das Handwerk nicht trennscharf verfügbar. Eine Bewertung des Ist-Zustandes der Wärmebedarfe und ihrer Deckung durch fossile Energieträger ist somit im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Die betrieblichen Wärmebedarfe sind im Handwerk zudem stark von der jeweiligen Branchenzugehörigkeit abhängig. Im Handwerk des verarbeitenden Gewerbes ist davon auszugehen, dass in Bezug auf die Erzeugung von Prozessdampf und -wärme ähnliche Transformationsanforderungen wie für nicht-handwerkliche Betriebe des verarbeitenden Gewerbes bestehen.

In Niedersachsen ist das Handwerk zudem stark durch Kleinstbetriebe geprägt, die rund zwei Drittel der Handwerksunternehmen ausmachen (Landesamt für Statistik Niedersachsen 2022). Insbesondere in kleinen Handwerksbetrieben kommt der Dekarbonisierung der Raumwärme durch die Sanierung des Gebäudebestandes sowie der Umstellung der Wärmebereitstellung eine wichtige Rolle zu. Im Bereich GDH insgesamt – nicht nur dem Handwerk – lag die Sanierungsrate für Gebäude bislang unterhalb der jährlichen Raten in Wohngebäuden (BCG 2021). Bestehende Beratungsangebote für Kleinstunternehmen sowie Förderprogramme auf Niedersachsebene greifen diese Thematik auf, ebenso wie die Niedersächsische Energieeffizienzstrategie.

Energieeffizienz

Der PEV des Handwerks macht schätzungsweise rund 10,5 % des PEV in Niedersachsen aus, die Datenverfügbarkeit schränkt die Möglichkeit der Überprüfung bereits realisierter Effizienzgewinne ein. Initiativen zur Förderung von Energieeffizienz im Mittelstand und Handwerk sind bundesweit vorhanden (z. B. Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz) und auch die Kammern bieten externe Beratungsangebote an. Umfragewerte für die Bundesebene zeigen, dass Energieeffizienzmaßnahmen bislang von rund einem Drittel der Betriebe

durchgeführt werden, der Fokus lag dabei besonders auf energieeffizienten Maschinen und Anlagen sowie der Verbesserung von Logistik, Materialfluss und Arbeitsabläufen. Hürden ergeben sich für die Handwerksbetriebe insbesondere aus häufig wechselnden Rahmenbedingungen, einer nicht hinreichenden Passgenauigkeit der verfügbaren Förderangebote zu den betrieblichen Gegebenheiten, der Intransparenz bestehender Instrumente sowie aufwändigen Antragsprozessen (ZDH 2022a).

Wandel am Arbeitsmarkt

Die Verfügbarkeit von Handwerker*innen wird als ein zentrales Hemmnis für die Erreichung der notwendigen Umbauziele identifiziert (Prognos et al. 2021). Für Niedersachsen zeigt eine Studie in Bezug auf klimaschutzrelevante Tätigkeiten unter anderem Bedarfe mit Hinblick auf Bauelektrik, Mechatronik, Leitungsinallation und Wartung auf (IW Consult 2020). Zur Unterstützung der notwendigen Fachkräfteausbildung im Handwerk bestehen unter anderem folgende Forderungen: die Umgestaltung aktueller Bildungsprozesse im Handwerk unter Berücksichtigung der Relevanz von Klimaschutztechnologien, die Einbindung der Klimaschutzthematik in die Ausbildungsberatung, die Beschleunigung der Modernisierung der Aus-, Fort- und Meisterqualifizierungen sowie die Förderung von Weiterbildung und Nachqualifizierungsoptionen im Bereich Klimaschutz (ZDH 2022b). Auch seitens des DGB werden nachhaltige Nachqualifizierungsmaßnahmen zur Förderung der Fachkräftegewinnung sowie der Vermeidung von Abwanderungsprozessen befürwortet.

5 Synthese der Branchensteckbriefe

Kernbestandteil dieser Studie ist die Betrachtung der Ausgangslage und der Transformationsbedarfe in ausgewählten Branchen der niedersächsischen Wirtschaft. Dieses bildet eine wesentliche Grundlage, um niedersachsenspezifische Handlungsbedarfe zu identifizieren und Lücken aufzuzeigen. Im Folgenden werden die zentralen Erkenntnisse zusammengefasst dargestellt.

Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes wurden insbesondere die Branchen Fahrzeugbau, Lebensmittelindustrie, Chemieindustrie, Gummi- und Kunststoffindustrie, Papierindustrie, der Maschinenbau sowie die Metallerzeugung und -bearbeitung als besonders relevante Branchen für die Transformation in Niedersachsen beleuchtet. Die Auswahl dieser Branchen liegt zum einen in der hohen wirtschaftlichen Bedeutung für Niedersachsen, zum anderen im hohen Anteil am Energieverbrauch und den Emissionen in Niedersachsen begründet. Im Bundesvergleich nehmen dabei besonders die Lebensmittelindustrie und der Fahrzeugbau eine deutlich überdurchschnittliche Rolle für die Transformation der niedersächsischen Wirtschaft ein. Dies zeigt sich nicht nur in überdurchschnittlichen Anteilen der beiden Sektoren an den Gesamtemissionen und dem Energieverbrauch in Niedersachsen. Auch die Forschungslandschaft ist stark durch den Automobilsektor und seine eng verzahnten Zulieferbetriebe geprägt.

Im verarbeitenden Gewerbe insgesamt entfallen hohe Anteile des Endenergiebedarfs auf Prozesswärmebedarfe, innerhalb der verschiedenen Branchen sind die Anteile jedoch differenziert zu betrachten. Während in der Metallerzeugung und -bearbeitung Prozesswärmebedarfe rund 90 % des Endenergieverbrauchs ausmachen (basierend auf Daten auf Bundesebene), liegt der Anteil für bspw. den Maschinenbau mit rund 14 % deutlich niedriger. Auch sind die Temperaturbedarfe in den einzelnen Branchen unterschiedlich. Im Fahrzeugbau, der Lebensmittelindustrie und dem Maschinenbau liegen die Temperaturbedarfe zu hohen Anteilen im niedrigen und mittleren Temperaturbereich.

In der Metallerzeugung und -bearbeitung sind Hochtemperaturbedarfe für den überwiegenden Anteil des Endenergieverbrauchs verantwortlich. Die unterschiedlichen Temperaturbedarfe beeinflussen dabei die technologischen Optionen der Umstellung. Während in Branchen mit niedrigeren und unteren Mitteltemperaturbedarfen auch die Nutzung von Abwärme oder Erneuerbaren Energiequellen wie Solar- oder Geothermie eine technische Option darstellen können, erscheinen zum jetzigen Zeitpunkt für Hochtemperaturprozesse nur strombasierte Prozesse sowie die Nutzung von Wasserstoff oder anderen synthetischen Brennstoffen technologisch möglich.

Dabei zeigen sich für Niedersachsen einige Besonderheiten im Energiemix der Branchen im Vergleich zur Bundesebene. So liegt beispielsweise der Anteil von Erdgas in der Lebensmittel-, Papier- und Chemieindustrie deutlich über dem Bundesdurchschnitt (Datenjahr 2019). Zugleich liegt der Einsatz von Biomasse trotz vergleichsweise guter Potenziale als Flächenland mit einer ausgeprägten Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie im verarbeitenden Gewerbe insgesamt niedriger als auf Bundesebene, vor allem in den Sektoren Papierindustrie, Lebensmittelindustrie, Gummi- und Kunststoffverarbeitung sowie Maschinenbau. Analog zu den auf Bundesebene zu beobachtenden Trends zeigt sich zudem in den Niedersächsischen Branchen bislang kein hinreichend erkennbarer Trend in der Umstellung der Endenergiebedarfe auf Strom, erneuerbare Wärmequellen und klimaneutrale Brennstoffe. Zwar wurde in vielen Branchen der Anteil von Kohle am Endenergieverbrauch zwischen 2010 und 2019 signifikant reduziert, vielfach jedoch durch Erdgas oder andere fossile Gase ersetzt, sodass der Gesamtbedarf an fossilen Brennstoffen in den betrachteten Branchen in diesem Zeitraum nicht wesentlich gesunken ist. Der Anteil strombasierter Prozesse stieg im Betrachtungszeitraum leicht, wohingegen der Anteil von Biomasse in fast allen betrachteten Branchen gesunken ist. Auch in Bezug auf die bereits erzielten Reduktionen der THG-Emissionen zeigen sich heterogene Effekte in den Branchen. Während die Papier-, Chemie-, sowie gummi- und kunststoffverarbeitende

Industrie die energiebedingten Emissionen um 12–16 % reduzieren konnte, blieben die Emissionen im Automobilsektor nahezu konstant und stiegen in der Metallerzeugung und -bearbeitung sogar an.

Neben den verfügbaren Informationen zu den Emissionen und Energiebedarfen der Branche beleuchten die Branchensteckbriefe knapp die zentralen Transformationsanforderungen an die jeweiligen Branchen. Diese sind unter anderem von den Energiebedarfen, den Energieanwendungsbereichen oder der stofflichen Verwendung von Kohlenstoff oder fossilen Rohstoffen abhängig. Zudem zeigen sich starke Unterschiede in der Intensität, mit der die Transformationspfade der einzelnen Branchen bereits beleuchtet werden. Während die Stahlerzeugung und Kernprozesse der chemischen Industrie bereits vielfach in Studien bezüglich ihres Transformationspfades sowie den verfügbaren Technologien zur Emissionsvermeidung betrachtet werden, liegen an anderen Stellen bislang kaum sektor- und prozessspezifische Studien zur Verfügbarkeit und CO₂-Minderungspotenzialen zentraler Technologien zur Emissionsreduktion vor. Das gilt etwa für die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie sowie die Verarbeitung von Metallen. Neben den Anforderungen durch den Klimaschutz stellen in vielen der betrachteten Branchen der Fachkräftebedarf, eine Veränderung der Nachfrage oder des Produktangebots durch verändertes Konsumverhalten sowie regulatorische Maßgaben wichtige gegenwärtige Herausforderungen dar. Auch die internationale Konkurrenz sowie die Digitalisierung werden als zentrale Herausforderungen angeführt. Die steigenden Energiepreise belasten zudem alle Branchen, in besonderem Maße jedoch Branchen mit hohen Energiekostenanteilen oder einer hohen Abhängigkeit von Erdgas.

Basierend auf den verfügbaren Informationen zu den Transformationsanforderungen der einzelnen Branchen nehmen die Branchenbetrachtungen zudem ausgewählte Handlungsfelder in Bezug auf ihren aktuellen Status quo in Niedersachsen in den Blick. Hierbei zeigt sich, dass neben der Umstellung der Brennstoffbedarfe in der Erzeugung von Prozesswärme die Vermeidung von Prozessemissionen und die Förderung der zirkulären Wirtschaft und Ressourceneffizienz elementare Emissionsvermeidungshebel für viele der betrachteten Branchen darstellen. Zugleich aber schränkt eine geringe Informationsverfügbarkeit die Möglichkeiten für

eine dezidierte Betrachtung der Ausgangslage und Handlungsbedarfe in Niedersachsen ein.

Auf Bundesebene sind Prozessemissionen insbesondere in der Chemieindustrie, der mineralischen Industrie, der Produktion von Eisen und Stahl sowie einigen Nichteisenmetallen von hoher Relevanz. Jedoch fehlen für Niedersachsen Daten zu den realisierten Prozessemissionen in den betrachteten Branchen. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch die Ausgangslage betreffend, in Bezug auf die Förderung zirkulärer Wirtschaft und Ressourceneffizienz. Eine Steigerung dieser beiden Elemente ist in allen Wirtschaftsbereichen als relevanter Hebel zur Reduktion der THG-Emissionen anzusehen. Aufgrund der hohen Emissionsintensität gehen bestehende Studien aber insbesondere von einer hohen Relevanz für besonders emissionsintensive Grundstoffe wie Stahl, Kunststoff und Papier aus. Für Niedersachsen liegen jedoch kaum branchenspezifische Daten vor, welche eine dezidierte Betrachtung der Handlungsbedarfe in Bezug auf die zirkuläre Wirtschaft in Niedersachsen ermöglichen würden.

Die Steigerung der (regionalen) Verfügbarkeit von kostengünstig und klimaneutral erzeugtem Strom sowie anderen Energieträgern ist eine weitere elementare Voraussetzung für die Dekarbonisierung der Wirtschaft. Die Energiewirtschaft in Niedersachsen nimmt somit eine zentrale Rolle als Grundsäule der Transformation ein und befindet sich bereits seit Längerem durch den Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen in einem umfangreichen Transformationsprozess. Die besonderen Herausforderungen der Energiewirtschaft sowie Hemmnisse des Ausbaus der Erneuerbaren Energien sind bereits umfangreicher Bestandteil von Betrachtungen auf Bundes- und Landesebene und zentrale Hemmnisse wie die Verfügbarkeit von Flächen sowie zeitaufwändige Ausschreibungs- und Genehmigungsverfahren werden auch für Niedersachsen als Barrieren für einen zügigen Ausbau angeführt. Die Branchenbetrachtung zeigt auf, dass Niedersachsen zwar bislang Ausbauraten in Bezug auf die Windenergie an Land oberhalb des Bundesdurchschnitts erzielen konnte, für das Erreichen der im NKlimaG anvisierten Ausbaupfade aber eine deutliche Beschleunigung notwendig ist. Zudem liegt Niedersachsen in Bezug auf die Dekarbonisierung der Fernwärme sowie der Nutzung verfügbarer Potenziale der Solarenergie unterhalb des Bundesdurchschnitts.

Eine besondere Rolle in der Betrachtung nimmt die Beleuchtung der Transformationsherausforderungen des Handwerks ein. Das Handwerk ist durch eine Vielzahl verschiedener Güter- und Dienstleistungsangebote geprägt, entsprechend heterogen sind die gewerkspezifischen Transformationsanforderungen. Während in einigen Gewerken des verarbeitenden Gewerbes analog zu größeren Betrieben bspw. Prozesswärmebedarfe relevante Emissionsquellen darstellen, nehmen in anderen Handwerksbereichen Gebäudewärmebedarfe oder der betriebliche Fuhrpark hohe Anteile der Gesamtemissionen ein. Aufgrund einer geringen durchschnittlichen Unternehmensgröße steht das Handwerk bei der Bewältigung der Anforderungen dabei vor besonderen Herausforderungen und hohe Informations- und Transaktionskosten sowie hohe Investitionskosten fallen anteilig stärker ins Gewicht. Zugleich kommt dem Handwerk eine wichtige Rolle in der Umsetzung der Transformation zu. Bereits heute wird die Transformation durch nicht ausreichende Kapazitäten in zentralen Handwerksberufen gebremst.

Die dargelegten Inhalte bauen auf der verfügbaren wissenschaftlichen Literatur zur Dekarbonisierung der betrachteten Branchen auf. Dabei können jedoch nur Entwicklungen bis zu einem gewissen Datenstand berücksichtigt werden. Durch die steigenden Energiepreise haben sich jedoch einige der diesen Studien zugrundeliegenden Rahmenbedingungen geändert. So können unterschiedlich stark steigende Preise der Energieträger die Wirtschaftlichkeitsberechnung von Klimaschutzinvestitionen beeinflussen, aber auch die Verfügbarkeit finanzieller und personeller Ressourcen, die Produktnachfrage oder die Erwartungsbildung. Um einen ersten Eindruck dieser möglichen Effekte in Niedersachsen abzubilden, wurde ein Stimmungsbild zur aktuellen Lage durch eine Kurzbefragung von Unternehmen eingeholt.

6 Exkurs – Stimmungsbild der aktuellen Lage: Umfrageergebnisse

Die geopolitischen Veränderungen aufgrund des Ukraine-Kriegs, die bereits durch die COVID19-Pandemie ausgelösten Störungen der Liefer- und Absatzwege sowie die starke Inflation haben die wirtschaftliche Situation im ersten Halbjahr 2022 massiv beeinflusst. Eine rasche Lösung der Probleme und der sich daraus ergebenden Unsicherheiten ist aktuell nicht absehbar. Um die resultierenden Auswirkungen auf den Transformationsprozess der niedersächsischen Wirtschaft in dieser Studie zu berücksichtigen, wurde ein Stimmungsbild zur aktuellen Lage durch eine Kurzbefragung von Unternehmen eingeholt. In der Befragung standen – neben einem kurzen Bericht der wirtschaftlichen Lage und wirtschaftlichen Erwartungen für die nächsten Monate – Veränderungen im Investitionsverhalten im Mittelpunkt, d. h. ob die aktuellen Entwicklungen eventuell zu einem Vorziehen oder Zurückstellen des Transformationsprozesses auf betrieblicher Ebene geführt haben. Ergänzt wurde dieser Punkt um eine Einschätzung der maßgeblichen Gründe.

Hierzu wurden 28 ausgewählte Mitgliedsverbände der Unternehmensverbände Niedersachsen (UVN) kontaktiert (siehe Anhang 4 für eine Übersicht), die Unternehmen vertreten, die aus in dieser Studie betrachteten Branchen stammen. Die Verbandsvertreter*innen wurden gebeten, einen Link zu einer Online-Befragung an die Mitgliedsunternehmen weiterzuleiten.³² Die Befragung wurde zwischen dem 15. und 28. Juni 2022 durchgeführt, vollständige Antworten gingen von 128 Unternehmen ein. Die Unternehmensstichprobe ist nicht repräsentativ, deckt jedoch alle in dieser Studie betrachteten Wirtschaftszweige ab. Die hier gezeigten Ergebnisse der Kurzbefragungen für Niedersachsen decken sich mit Ergebnissen für Deutschland der KfW (Schwartz et al. 2022) und vom DIW Berlin (von Hirschhausen 2022).

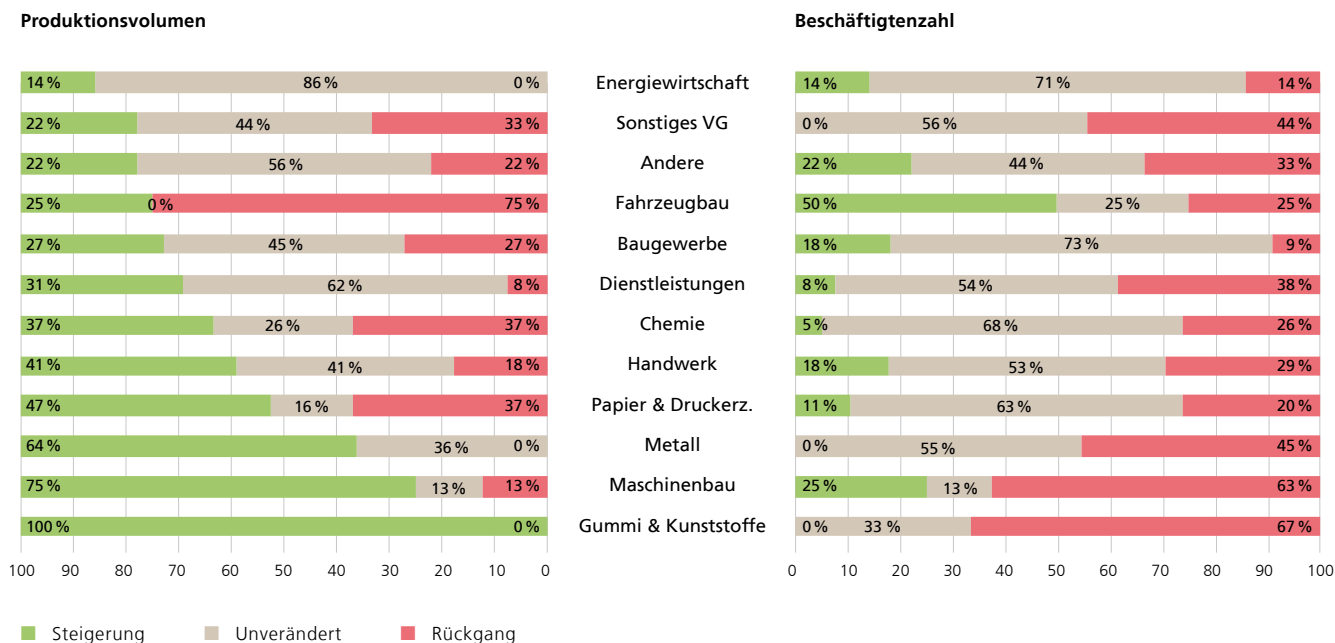
6.1 Wirtschaftliche Lage

Der Blick auf die wirtschaftliche Situation der Unternehmen (Entwicklung des Produktionsvolumens und der Beschäftigtenzahl, Abbildung 12) zeigt ein grundsätzlich positives Bild. In allen Branchen außer dem Fahrzeugbau und dem Sonstigen verarbeitenden Gewerbe war der Anteil der Unternehmen mit gestiegener Produktion größer als der Anteil mit schrumpfender Produktion. Besonders starke Zuwächse zeigen sich in der Metallindustrie, dem Maschinenbau und der Gummi- und Kunststoffindustrie. Dies gilt auch in Bezug auf die Beschäftigung: Die Anteile wachsender Unternehmen waren in allen Branchen größer als die Anteile der Unternehmen mit rückläufiger Beschäftigung. Nur auf den Fahrzeugbau und die Bauwirtschaft trifft dies auch in diesem Bereich nicht zu. Insgesamt war, mit Ausnahme des Fahrzeugbaus, die wirtschaftliche Lage der niedersächsischen Unternehmen in den betrachteten Branchen im ersten Halbjahr gut, eine systemische Krise ist nicht zu erkennen.

Im Ausblick auf die zweite Jahreshälfte 2022 werden die wirtschaftlichen Unsicherheiten und veränderten Rahmenbedingungen aber deutlicher erkennbar (Abbildung 13). Dabei sind teilweise erhebliche Unterschiede zwischen Produktion und Beschäftigung zu erkennen. Die Anteile der Unternehmen mit positiven sowie mit negativen Erwartungen steigen innerhalb der Branchen. Für die Produktionserwartungen lässt sich weiterhin tendenziell eine positivere Tendenz erkennen, wenngleich die Anteile negativer Einschätzungen gegenüber den letzten sechs Monaten zunehmen. Die erwartete Beschäftigungsentwicklung ist aber weniger positiv als im ersten Halbjahr und in allen Branchen erwartet ein Teil der Unternehmen einen Beschäftigungsabbau. Dennoch zeigt das Bild auch Unterschiede: Für einige Bereiche werden die Aussichten dabei pessimistischer als im ersten Halbjahr 2022 (u. a. Dienstleistungen,

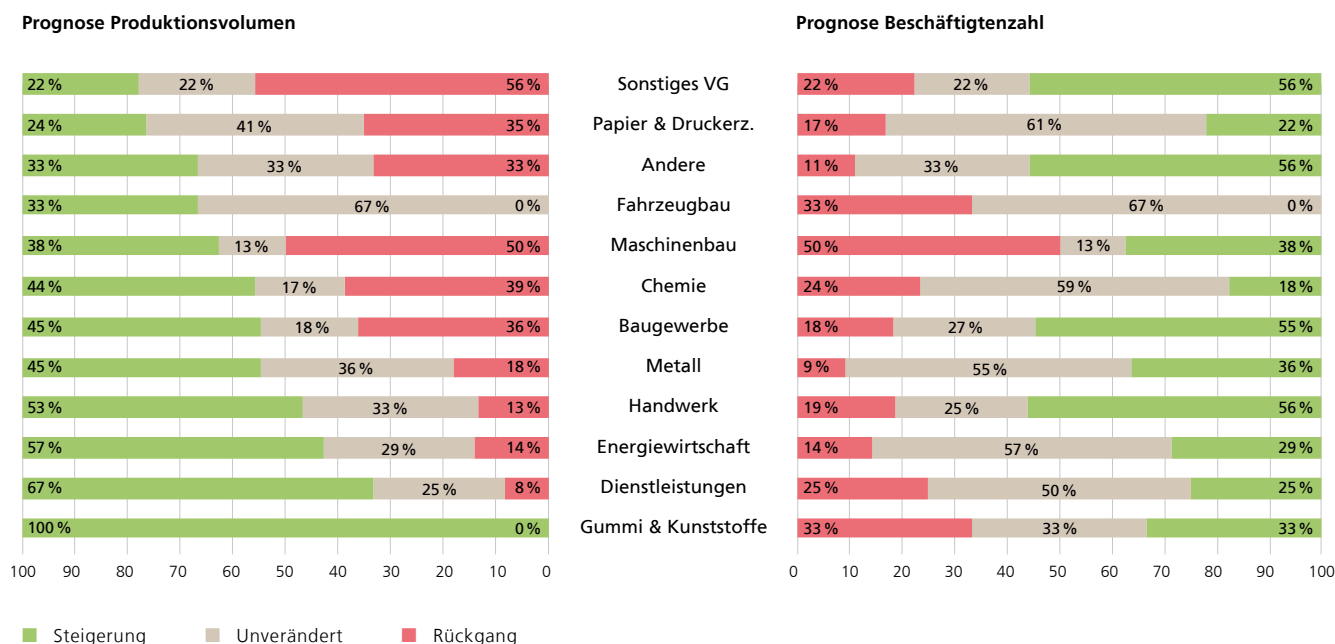
³² Daneben wurden sie in einer zweiten Befragung um ihre eigenen Einschätzungen gebeten. Sechs Vertretungen haben hierzu vollständig geantwortet.

Abbildung 12 – Entwicklung der Produktion und Beschäftigungen in den letzten 6 Monaten



Quelle: Kurzumfrage zur aktuellen Lage vom 15.06 bis 28.06.2022, N=128. Erhebung und Auswertungen des Instituts für Wirtschaftspolitik.

Abbildung 13 – Erwartete Entwicklung der Produktion und Beschäftigung in den kommenden 6 Monaten



Quelle: Kurzumfrage zur aktuellen Lage vom 15.06 bis 28.06.2022, N=128. Erhebung und Auswertungen des Instituts für Wirtschaftspolitik.

Maschinenbau, Papier- und Druckerzeugnisse, Sonstiges verarbeitendes Gewerbe) oder berichtete Produktionsrückgänge manifestieren sich in erwarteter rückläufiger Beschäftigung (Fahrzeugbau). Andere Branchen scheinen hingegen zu profitieren (z. B. Energieversorgung oder Handwerk). Auch in der Perspektive für das zweite Halbjahr überwiegen daher die positiven Erwartungen noch leicht. Eine drastische Krise wird aber – zumindest zum Zeitpunkt der Erhebung – noch nicht erwartet.

6.2 Klimaschutzinvestitionen

Die aktuellen Entwicklungen beeinflussen die Investitionsentscheidungen der Unternehmen und damit auch die für die Transformation bedeutsamen Klimaschutzinvestitionen (Abbildung 14 oben). Investitionen in diesem Bereich werden aber nicht von allen Unternehmen geplant (weil sie z. B. bereits erfolgt sein könnten, nicht erforderlich sind oder nicht erforderlich erscheinen) und unterscheiden sich zudem in Abhängigkeit der jeweiligen betrieblichen Anforderungen. Nur etwas mehr als ein Viertel der Unternehmen hat keine Investitionen im Bereich der Energieeffizienz geplant.

Die Unternehmen, die Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingte Investitionen tätigen, haben diese größtenteils wie geplant umgesetzt (Abbildung 14 unten). In allen Bereichen – mit Ausnahme der CO₂-Ausgleichszahlungen – haben 20 bis 39 % der Unternehmen Klimaschutzinvestitionen vorgezogen. Besonders hoch waren dabei die Anteile im Bereich der Forschung und Entwicklung für klimafreundliche Produkte und Prozesse, der Infrastruktur für Erneuerbare Energien oder auch der Ausbau des Wissens bzw. der Kapazitäten zum Klimaschutz. Deutlich zu erkennen ist, dass die Mehrheit entweder die Investitionen wie geplant oder früher als geplant durchgeführt hat. Einige Unternehmen haben Investitionen zurückgestellt, ihre Anteile sind aber erheblich geringer. Die bereits geplanten Investitionen zur Dekarbonisierung wurden durch die gegenwärtigen Entwicklungen eher beschleunigt als gehemmt.

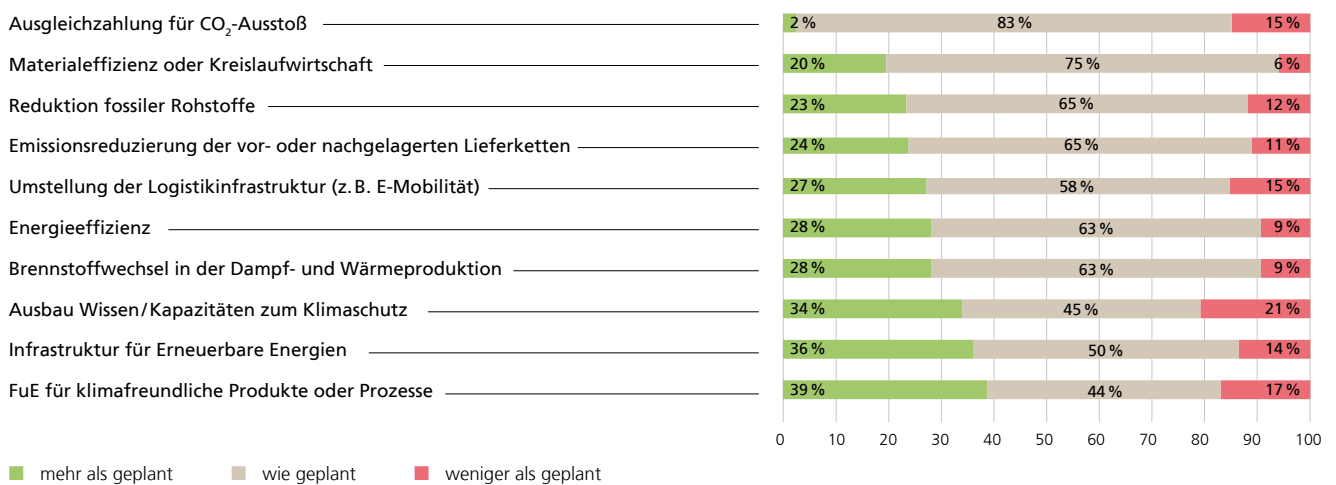
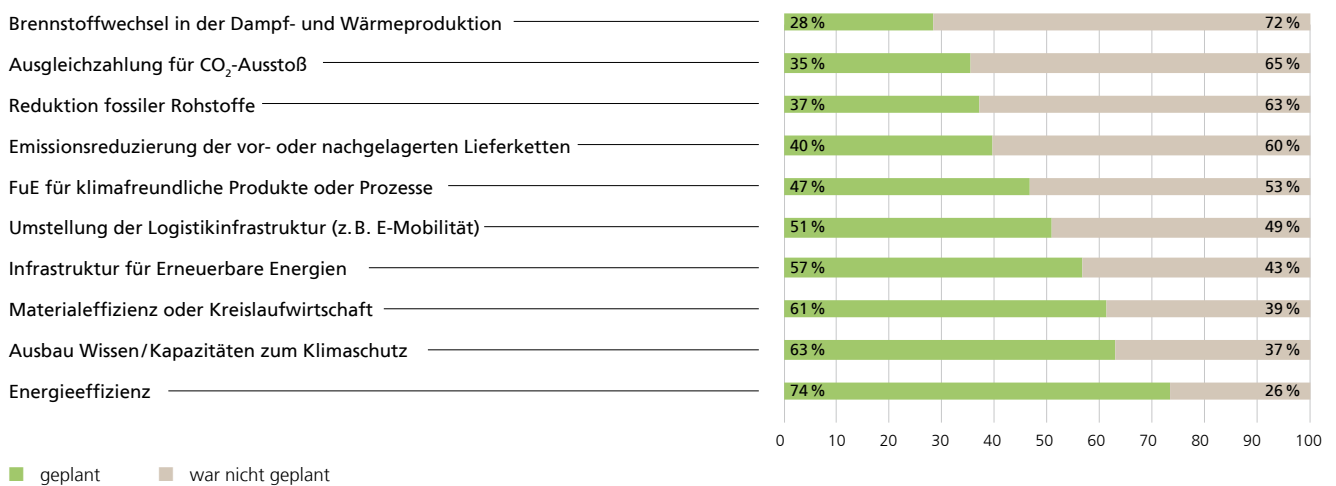
6.3 Gründe

Die wichtigsten Gründe, die für eine Abweichung von den geplanten Klimaschutzinvestitionen genannt wurden, sind die Energiepreisänderungen, die Inflation und allgemeine Preissteigerung, die Unsicherheit bezüglich längerfristiger Entwicklungen sowie erwartete Änderungen der politischen Rahmenbedingungen (siehe Abbildung 15). So stehen einerseits energie- und klimabezogene Aspekte im Vordergrund der Investitionsentscheidungen, wie die Energiepreissteigerungen, die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern und Rohstoffen sowie die veränderte Bedeutung der Dekarbonisierung für die Unternehmen. Andererseits kommen aber auch allgemeine wirtschaftliche Entwicklungen und politische Gründe zum Ausdruck. Hierzu zählen insbesondere die allgemeine Preissteigerung, die Unsicherheit bezüglich längerfristiger Entwicklungen, die Veränderungen in den Lieferketten, das Angebot von Vorleistungen sowie die Finanzierungsbedingungen und die Kapitalverfügbarkeit.

Die Gründe für eine abweichende Investitionsentscheidung, je nachdem, ob Investitionen vorgezogen oder zurückgestellt wurden, unterscheiden sich leicht voneinander (Abbildung 16). Für beide Entscheidungen spielen jedoch mögliche Änderungen der politischen Rahmenbedingungen, die Wirtschaftlichkeit aufgrund von Energiepreisänderungen, die Inflation bzw. die allgemeinen Preissteigerungen sowie die Unsicherheiten hinsichtlich längerfristiger Entwicklungen eine zentrale Rolle. Unsicherheiten, veränderte politische Rahmenbedingungen und die Inflation sind somit wichtige Gründe sowohl für ein Vorziehen als auch für ein Zurückstellen von Klimaschutzinvestitionen.

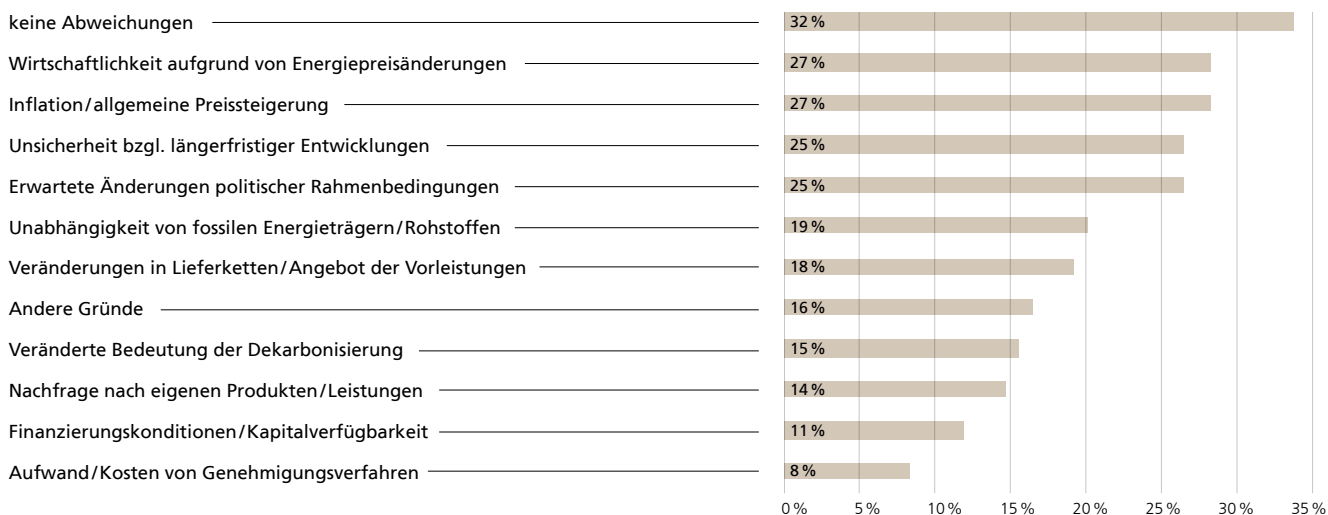
Die Wirtschaftlichkeit, die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern sowie die veränderte Bedeutung der Dekarbonisierung haben jedoch eher zu einem Vorziehen entsprechender Investitionen geführt. Dies unterstreicht – zumindest tendenziell – die Beschleunigung der Dekarbonisierung aufgrund der geopolitischen und wirtschaftlichen Situation des letzten halben Jahres.

Abbildung 14 – Geplante Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingte Investitionen der Unternehmen in den letzten 6 Monaten



Quelle: Kurzumfrage zur aktuellen Lage vom 15.06 bis 28.06.2022, N=128. Erhebung und Auswertungen des Instituts für Wirtschaftspolitik.

Abbildung 15 – Gründe für die Abweichungen von den geplanten Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingten Investitionen

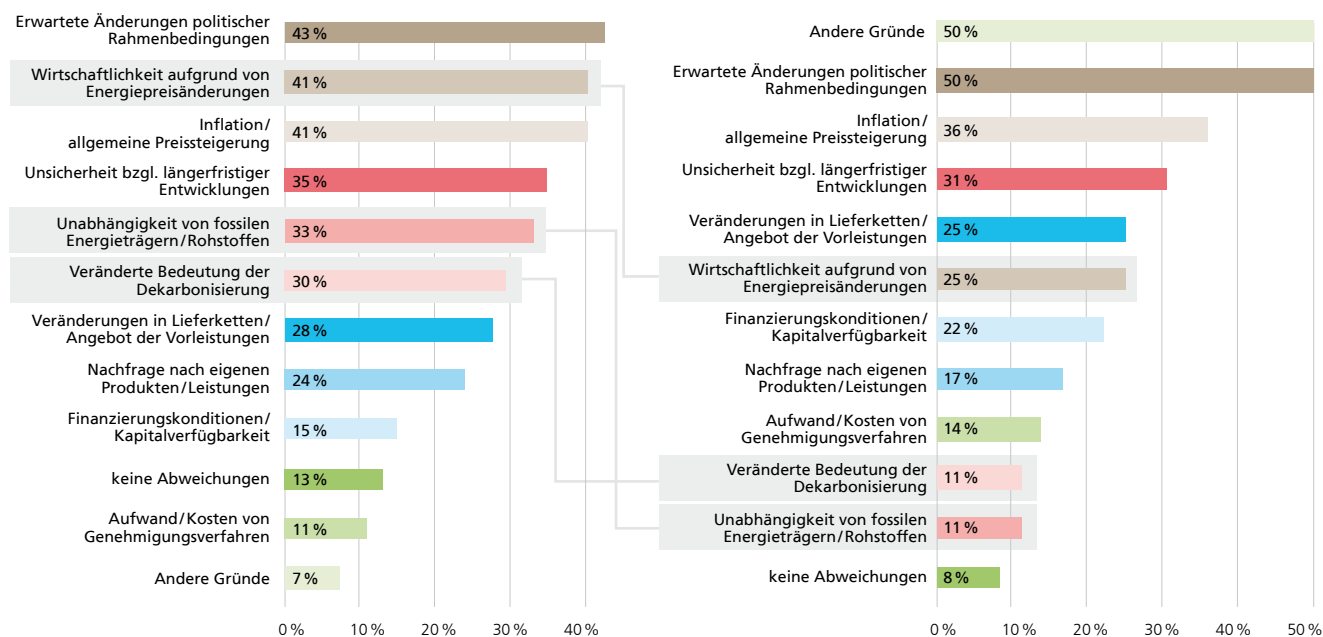


Quelle: Kurzumfrage zur aktuellen Lage vom 15.06 bis 28.06.2022, N=128. Erhebung und Auswertungen des Instituts für Wirtschaftspolitik.

Abbildung 16 – Gründe für das Vorziehen oder Zurückstellen der geplanten Klimaschutzinvestitionen oder klimabedingten Investitionen

mehr als geplant bzw. vorgezogen

weniger als geplant bzw. zurückgestellt



Quelle: Kurzumfrage zur aktuellen Lage vom 15.06 bis 28.06.2022, N=128. Erhebung und Auswertungen des Instituts für Wirtschaftspolitik.

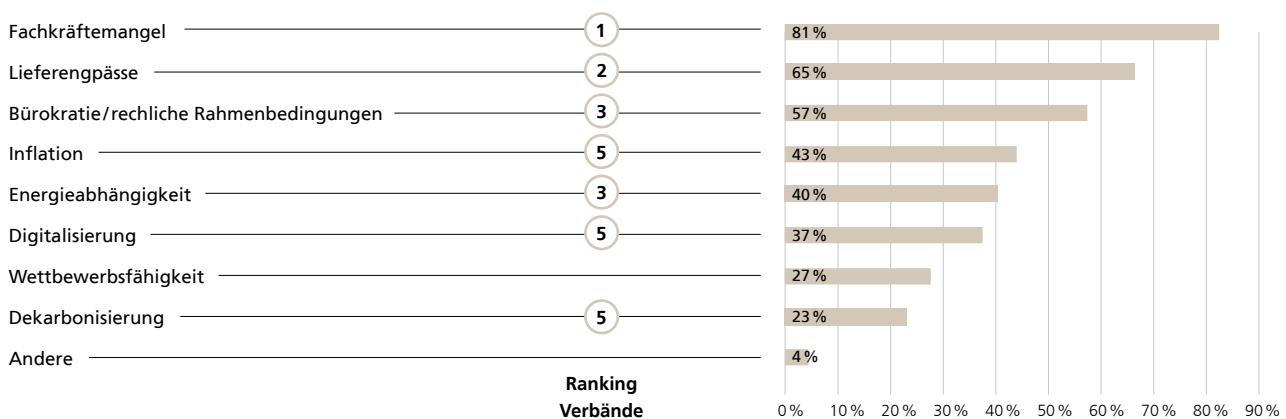
6.4 Zentrale Herausforderungen für die kommenden zwei Jahre

Neben einem aktuellen Stimmungsbild zur wirtschaftlichen Lage sowie Veränderungen im Investitionsverhalten im Bereich des Klimaschutzes wurden die Unternehmensvertreter*innen zusätzlich zu den wichtigsten Aufgaben in der nahen Zukunft befragt. Als die zentralen Herausforderungen der Unternehmen in den kommenden zwei Jahren wurden am häufigsten der Fachkräftemangel, Lieferengpässe sowie die Bürokratie und rechtliche Rahmenbedingungen angeführt (Abbildung 17). Die Dekarbonisierung ist für die Unternehmen aufgrund der Betrachtung eines kurzen Zeithorizonts nicht so vordergründig, dennoch sehen die Unternehmen weiterhin deren Relevanz. Bei einem Ausblick auf die kommenden zwei Jahre ist es nicht verwunderlich, dass kurzfristige Aspekte stärker gewichtet werden. Vor dem Hintergrund, dass massive kurzfristige Transformationsbedarfe bestehen, erscheint die geringe Sensibilität der Unternehmen für bereits kurzfristig notwendige Anpassungen kritisch. Die Dringlichkeit zeitnah zu treffender und umzusetzender Entscheidung für die Erreichung der

längerfristigen Ziele muss deutlich klarer kommuniziert werden, um die Unternehmen für die Thematik zu sensibilisieren und zu erreichen. Nur so kann ein schnelles Handeln gewährleistet werden.

Darüber hinaus bleiben die Aspekte Bürokratie und rechtliche Rahmenbedingungen auch langfristig bedeutend. Die Befragung der Verbandsvertreter*innen deckt sich stark mit den Einschätzungen der Unternehmen: Auch sie sehen den Fachkräftemangel, Lieferengpässe sowie die Bürokratie als zentrale Herausforderungen an. Hinzu kommt außerdem die Energieabhängigkeit, die aus Sicht bestimmter Interessenvertretungen etwas vordringlicher ist als die Inflation.

Abbildung 17 – Zentrale Herausforderungen der kommenden 2 Jahre aus Sicht der Unternehmen



Quelle: Kurzumfrage zur aktuellen Lage vom 15.06 bis 28.06.2022, N=128. Erhebung und Auswertungen des Instituts für Wirtschaftspolitik.

7 Empfehlungen für ein Fortschrittsmonitoring

7.1 Grundlagen

Die Dekarbonisierung der Wirtschaft ist eine komplexe und längerfristige Aufgabe, die u. a. branchenspezifische Transformationsbedarfe berücksichtigen muss. Entsprechend dieser Bedarfe unterscheiden sich auch die Handlungsfelder bzw. ihre branchenspezifische Gewichtung. Fortschritte auf dem Transformationspfad müssen dokumentiert werden, um Informationen über den Stand der Zielerreichung verfügbar und mögliche Steuerungsbedarfe erkennbar zu machen. Aufgrund der Langfristigkeit des Dekarbonisierungsprozesses sollten im Vorfeld differenzierte, zeitlich überschaubare und sowohl branchen- als auch wertschöpfungskettenspezifische Wegmarken definiert werden. Hierbei sollten explizit Zwischenziele zum Eckdatum der Klimaneutralität 2045 gesteckt werden, um aufzuzeigen, welcher Pfad wie zurückgelegt worden ist und wie dieser Pfad zur Zielerreichung weiter ausgestaltet werden muss. Übereinstimmungen bzw. Abweichungen vom erwarteten Pfad geben so Hinweise auf die Wirksamkeit der Maßnahmen der Landesregierung und Anhaltspunkte für eventuelle Anpassungen.

Als strategische Informationsquelle wird hierzu ein regelmäßiges Fortschrittsmonitoring empfohlen³³. Dies soll dazu beitragen, effiziente und evidenzbasierte Entscheidungen zu ermöglichen und zu überprüfen. Zugleich kann es eine wichtige Basis für unternehmerische, politische und gesellschaftliche Entscheidungen sein. Im Rahmen des Fortschrittsmonitorings sollten daher Indikatoren, bestehend aus einer Kombination verschiedener Kennzahlen, erhoben sowie berichtsorientiert ergänzt werden, um institutionelle, gesellschaftliche, technologische und klimainduzierte Veränderungen abbilden zu können. In diesem Zusammenhang sollten die bereits laufenden Arbeiten des Landes in diesem Bereich berücksichtigt und zusammengeführt werden. Im Rahmen eines Gutachtens wird derzeit bspw. ein Monitoring

zur Niedersächsischen Klimaschutzstrategie entwickelt³⁴. Auch das Dashboard der Statistischen Landesämter zu den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDGs) (Statistische Ämter der Länder o. J.) liefert Orientierung und erste Indikatoren. Die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft „Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit“ liefert umweltbezogene Nachhaltigkeitsindikatoren (LiKi o. J.; BLAG KliNa o. J.).

Mit einem solchen kombinierten Monitoring lassen sich die Fortschritte im Dekarbonisierungsprozess besser interpretieren und einordnen. Das Fortschrittsmonitoring kann somit eine wesentliche Unterstützung für die konkrete Ausgestaltung von Maßnahmen für alle beteiligten Akteur*innen bieten. Darüber hinaus kann es als Argumentationsgrundlage für Debatten dienen sowie in der Einbringung und Vertretung niedersächsischer Interessen z. B. auf nationaler und europäischer Ebene unterstützend wirken.

33 Die nachfolgende Skizzierung des Fortschrittsmonitorings bezieht sich allein auf die Industriebranchen des verarbeitenden Gewerbes. Für eine vollumfängliche Begleitung der Transformation ist die Beachtung der gesamten Wirtschaft notwendig, was ergänzende Informationen zur Dekarbonisierung bei Gebäuden, in der Mobilität und in der übrigen Wirtschaft unter Berücksichtigung der geografischen Rahmenbedingungen Niedersachsens erforderlich macht.

34 Ein Monitoring der Klimaziele Niedersachsen wird aktuell durch das Leipziger Institut für Energie sowie Prognos erarbeitet.

7.2 Zentrale Anforderungen

Das Fortschrittsmonitoring sollte die folgenden vier zentralen Bedingungen erfüllen:

1. Indikatoren-gestützter Überblick zum Status Quo und zur Entwicklung der Dekarbonisierung, um politische Ziele, Maßnahmen und Erfordernisse mit objektiven Erkenntnissen zu unterlegen und entsprechend abzuleiten.
2. Voraussetzung ist eine kosteneffiziente Erhebung der Indikatoren, die in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen steht. Zentrale Kennzahlen für den Steuerungsprozess wie z. B. CO₂-Emissionen oder Energieverbrauch sollten branchenscharf und für Bundesländer verfügbar sein. Nicht verfügbare Kennzahlen erfordern eine zusätzliche Erhebung. Die Indikatoren sollten dabei auch internationale Vergleichbarkeit und Anschlussfähigkeit berücksichtigen. Eine Möglichkeit wäre z. B. die Anknüpfung an die „Sustainable Development Goals“ (SDGs) Nr. 7, 12, 13, sowie an den EU-Industrie-Ökosystem-Ansatz. Um den Dekarbonisierungsprozess verständlich abzubilden, sollten die Indikatoren darüber hinaus eine Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette ermöglichen. Eine Fokussierung auf einzelne Branchen und dazugehörige Indikatoren ist begrenzt zielführend³⁵. Ergänzt werden sollten zentrale „Rahmeninformationen“, d. h. Indikatoren zu möglichen Kapazitätsbeschränkungen, die die Erreichbarkeit der Zwischenziele beeinflussen können. Beispiele hierfür sind die verfügbare Handwerkskapazität oder Energiesicherheit. Das Indikatorenset zum Monitoring des Fortschritts der Transformation der niedersächsischen Wirtschaft sollte dabei auf dem Fortschrittsbericht der Klimaschutzstrategie der Landesregierung aufbauen, und diesen gegebenenfalls bedarfsgerecht ergänzen.
3. Die Langfristigkeit des Prozesses erfordert eine Flexibilität in der Begleitung, d. h. neben einem wiederkehrenden und langfristig vergleichbaren Set von Indikatoren müssen Möglichkeiten zur Berücksichtigung institutioneller, gesellschaftlicher, technologischer und klimainduzierter Veränderungen vorgehalten werden.

4. Ein zielorientiertes Monitoring erfordert detaillierte Kenntnisse des angestrebten Zielpfades. Nur so können die beobachteten Entwicklungen dahingehend beurteilt werden, ob eine Transformation in einzelnen Branchen oder Handlungsfeldern sich in Einklang mit dem Zielpfad befindet oder notwendige Veränderungsdynamiken unter- oder überschritten werden. Dies betrifft insbesondere Kenntnisse zu den niedersachsenspezifischen Wärmebedarfen sowie der Verfügbarkeit und nutzenoptimaler Verwendung klimaneutraler Energieträger.

Da die Dekarbonisierung ein langfristiger Prozess ist, erfordert sie entsprechend regelmäßige, aber zugleich nicht übermäßig kurzfristige Aktualisierungen, z. B. durch einen jährlichen oder mehrjährigen Zyklus des Fortschrittmonitorings. Zu kurze Abstände im Monitoring werden in einem solch langfristigen Prozess keine erkennbaren Fortschritte aufzeigen können; dies gilt insbesondere bei der Behandlung von Schwerpunktthemen. Zudem ist eine Flexibilität für die Aufnahme neuer Indikatoren ein weiterer wichtiger Aspekt.

Darüber hinaus sollte zwischen den verschiedenen am Transformationsprozess beteiligten Häusern und Akteur*innen eine gute Kommunikation sichergestellt werden. Damit kann etwaigen Ineffizienzen vorgebeugt werden. Hierdurch wird die Bekanntheit aller Förderprogramme der verschiedenen Akteur*innen gewährleistet. Zugleich werden konkurrierende Förderprogramme verhindert. Bestehende Programme und eingesetzte Mittel können somit effektiver und effizienter genutzt werden.

Die Vielfalt der berücksichtigten Akteur*innen und Adressat*innen erfordert Daten und Informationen aus verschiedenen Quellen. Die amtliche Statistik kann dies alleine nicht leisten, da sie einige Daten nicht erheben kann. Weiterführende Informationen können nur durch abweichende Träger*innen erhoben werden. Diese Aufgabe sollte daher entsprechend mit Personal und Sachmitteln ausgestattet werden, um entsprechende Kennzahlen sammeln und aufbereiten zu können.

³⁵ Eine Möglichkeit wäre die Betrachtung der Produktion von Umweltschutzgütern (vgl. Gehrke und Schasse 2013: Liste potenzieller Umweltschutzgüter; in Kürze wird eine aktualisierte Liste dieser potenziellen Umweltschutzgüter veröffentlicht).

Zur zentralen Herausforderung zählt die Verfügbarkeit der Daten und Indikatoren in der benötigten regionalen und branchenspezifischen Tiefe. Eine regelmäßige und dauerhafte Auskunftsfähigkeit zu spezifischen Situationen in Niedersachsen ist wichtig, um eine evidenzbasierte Ausgestaltung der Rahmenbedingungen in effizienter Weise zu unterstützen.

7.3 Implementierung

Für die Umsetzung des Fortschrittsmonitorings sind verschiedene Varianten möglich. Variante A) ist die ausschließliche Vergabe an externe Expert*innen. Variante B) ist eine Einbettung des Fortschrittsmonitorings in die zentralen Daueraufgaben des Landes, während Variante C) eine Kombination aus Vergabe an Externe und der Einbettung in die Aufgaben des Landes darstellt, also Variante A und B verbindet.

Der Vorteil der Vergabe (Variante A) liegt darin, dass spezifische Expertisen schnell verfügbar sind. Dem gegenüber steht, dass bis 2045 eine Vielzahl an Einzelstudien entstehen wird. Dabei ergibt sich die Problematik, dass nur bedingt sichergestellt werden kann, dass diese Einzelstudien bei wechselnden Auftragnehmer*innen vergleichbar bleiben. Zusätzlich könnten sich über diese lange Zeitspanne Änderungen im Vergaberecht ergeben.

Der zentrale Vorteil der Daueraufgabe bei Landes-einrichtungen (Variante B) ist die Kontinuität und dauerhafte Sicherstellung spezifischer Expertise, gebunden an eine zentrale Institution. Für diese Daueraufgabe müsste eine kontinuierliche und langfristige Sicherstellung notwendiger Ressourcen (z. B. zusätzliches Personal) gewährleistet werden. Die höheren Kosten gegenüber Variante A sind keine Frage der Wirtschaftlichkeit. Niedersachsen fehlen hierfür noch die organisatorischen Strukturen, da es keinen nachgeordneten Bereich gibt. In anderen Bundesländern wird dies beispielsweise häufig in den dem Ministerium nachgeordneten Umweltämtern durchgeführt. Das Landesamt für Statistik ist nur für den Bereich der amtlichen Statistik zuständig. In den Landesministerien kann dies ebenfalls nicht geleistet werden.

Die Hybridversion (Variante C) maximiert die Vorteile und minimiert zugleich die Nachteile aus beiden Varianten. Denn in der Hybridversion liegt eine Kombination der Vorteile von Expertise und kontinuierlicher Bereitstellung und Qualitätsgarantie vor. Zentral für die Umsetzung dieser Variante ist die personelle Ausstattung und zugleich die Bereitstellung von Budget für Auftragsstudien. Bei einem bereitzustellenden Budget für Studien von ca. 1 Promille der jährlichen Investitionskosten von 4 Mrd. € für die Dekarbonisierung in Niedersachsen (vgl. Kapitel 2) wäre ein Budget von 4 Mio. € pro Jahr für Studien wirtschaftlich verantwortbar.

Im Zuge des vorliegenden Berichts ist eine Erarbeitung eines vollständigen Fortschrittsmonitorings nicht möglich. Zentrale Voraussetzungen und Rahmenbedingungen wurden skizzenhaft dargelegt. Die detaillierte Ausgestaltung des Fortschrittsmonitorings, dessen Ergebnis auch ein Dashboard sein kann, muss in einer gesonderten Studie untersucht und beschrieben werden. Für eine solche Studie könnten die Branchensteckbriefe als Startpunkt dienen. Das Monitoring ist ein wichtiges Tool, um die Entwicklungen des Transformationsprozesses zu beobachten. Aufgrund der hohen Dringlichkeit muss der Transformationsprozess aber aktiv und intensiv weitergeführt werden. Das Fortschrittsmonitoring muss zeitnah parallel entwickelt werden. Perspektivisch kann es die weiteren Prozessschritte informieren und unterstützen.

8 Handlungsbedarfe und Empfehlungen für Folgeschritte

Ziel dieses Berichts ist es, einen umfassenden Überblick über den Informationsstand und die Handlungsmöglichkeiten zur Transformation der niedersächsischen Wirtschaft zu geben. Das Kernelement stellt dabei die Analyse der branchenspezifischen Ausgangslage und Transformationsanforderungen dar. Diese legen die Basis für eine wirkungsorientierte und praxisnahe Unterstützung der Transformation der niedersächsischen Wirtschaft. Die Ergebnisse der Analyse wurden in einem Stakeholder-Prozess diskutiert sowie gemeinsam Handlungskorridore identifiziert, welche die Handlungsbedarfe für eine wirkungsorientierte und konkrete Unterstützung der Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft thematisch clustern und die Richtung für Folgeschritte aufzeigen. Diese werden im Folgenden dargelegt. Aufgrund der Zieldefinition und des Umfangs dieses Berichts liegt dabei der Fokus auf dem Aufzeigen von Handlungspotenzialen, es kann jedoch keine umfängliche Betrachtung einzelner Handlungsoptionen sowie keine Priorisierung erfolgen.

Fundierte Entscheidungen vorbereiten – niedersachsenspezifische Informationsbedarfe adressieren

Wenngleich der Stahl-, Chemie und Zementsektor für einen hohen Anteil der Gesamtemissionen in Niedersachsen sowie bundesweit verantwortlich ist, sollten Transformationsanforderungen in anderen Sektoren nicht vernachlässigt werden.

Im wissenschaftlichen und politischen Diskurs zeigt sich eine starke Fokussierung auf zentrale Kernbranchen der Transformation wie der Stahl-, der Chemie- und der Zementindustrie. Dies liegt in den

hohen Anteilen an den gesamtdeutschen Emissionen dieser Sektoren, den hohen technischen Herausforderungen der Umstellung sowie sehr langen Investitionszyklen und hohen Reinvestitionsbedarfen begründet. Auch in Niedersachsen sind der Metallsektor, die Chemieindustrie, die Mineral- sowie die Gummi- und Kunststoffindustrie für rund 50% der Emissionen des verarbeitenden Gewerbes verantwortlich (Stand 2018)³⁶, sodass eine konsequente Unterstützung der Transformation in diesen Branchen notwendig ist. Auch in den anderen betrachteten Sektoren sind jedoch tiefgreifende Prozessumstellungen notwendig, welche vorbereitet und begleitet werden müssen. So hat die Branchenbetrachtung gezeigt, dass für einige Branchen wie beispielsweise die gummi- und kunststoffverarbeitende oder die metallverarbeitende Industrie keine detaillierten Betrachtungen der Transformationspfade bestehen. Die fehlende Verfügbarkeit praxisorientierter und prozessspezifischer Informationen wurde zudem von der Literatur als ein Hemmnis für Klimaschutzinvestitionen auf Bundesebene identifiziert. Es gilt folglich näher zu prüfen, inwieweit die bestehenden Informations- und Beratungsangebote die prozessspezifischen Bedarfe aufgreifen und detailliert adressieren. Dabei sollten insbesondere diejenigen Branchen verstärkt in den Blick genommen werden, die in Niedersachsen von hoher Bedeutung sind, auf Bundesebene aber bislang wenig spezifisch adressiert werden. Dabei sollten die besonderen Anforderungen des Handwerks insbesondere im Hinblick auf geringere personelle Kapazitäten gezielt angesprochen werden.

36 Spezifischere Daten sind nicht verfügbar.

Eine Verbesserung der Datengrundlage ist notwendig, um ein handlungsorientiertes Monitoring der Transformation zu ermöglichen. Die vorangegangene Analyse zeigt, dass Lücken in der Datenverfügbarkeit in Bezug auf die sektorspezifische Aufschlüsselung von Emissionsdaten sowie von Daten zu Investitionsentscheidungen und Rohstoffeinsatz von Unternehmen bislang eine genaue Betrachtung des Fortschritts der Transformation auf Branchen- und Handlungsfeldebene einschränken. Eine weitere zentrale Herausforderung stellt zudem die hohe zeitliche Verzögerung der Datenveröffentlichung dar. So weisen beispielsweise die im Rahmen der umweltökonomischen Gesamtrechnung veröffentlichten Daten zu den Emissionen auf Wirtschaftszweigebene eine zeitliche Verzögerung von drei Jahren auf. Insbesondere mit Blick auf die notwendige zeitliche Dynamik schränkt diese Verzögerung die Reaktionsfähigkeit der Landespolitik deutlich ein. Wie in Kapitel 7 dargelegt, ist eine Verbesserung der verfügbaren Datengrundlage notwendig, um ein wirkungsorientiertes Monitoring der Fortschritte in den einzelnen Handlungsfeldern zu ermöglichen.

Eine Qualitäts- und Wirksamkeitsprüfung bestehender Maßnahmen kann zu einer effizienten Nutzung knapper finanzieller und personeller Ressourcen beitragen. Im Rahmen der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie setzen bereits eine Reihe von Maßnahmen an den identifizierten Handlungsfeldern an. Auf Bundesebene zeigen Analysen jedoch auf, dass die bestehenden Maßnahmen (Datenstand März 2022) nicht ausreichend sein werden, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Für Niedersachsen liegt eine umfänglichere Prüfung der bestehenden Maßnahmen bislang nicht vor. Aufgrund des hohen Einflusses der Bundespolitik auf die Erreichung der Landesziele muss jedoch davon ausgegangen werden, dass auch in Niedersachsen ergänzende Maßnahmen zur Erreichung der Minderungsziele notwendig sind. Um knappe Ressourcen effizient und wirkungsorientiert einzusetzen, empfiehlt sich eine umfänglichere Betrachtung der bestehenden Maßnahmen in Hinblick auf ihre Implementierung, Minderungspotenziale und mögliche wirkungshemmende Faktoren, um etwaige Lücken und Verbesserungspotenziale zu identifizieren.

Eine frühzeitige und ganzheitliche Adressierung der Chancen und Risiken, die sich aus der Klimatransformation für die Beschäftigten ergibt, ermöglicht eine erfolgreiche Begleitung der Änderungsprozesse am Arbeitsmarkt. Die in diesem Bericht betrachteten Branchen werden unterschiedlich stark und auf unterschiedliche Art von der strukturellen Veränderung durch die Klimatransformation beeinflusst sein. Besonders betroffen ist unter anderem die Automobilbranche. Aber auch in der energieintensiven Grundstoffproduktion bestehen Risiken der Verlagerung und Veränderung bestehender Produktionssysteme. Zudem wird im Zuge der Transformation der Bedarf an bestimmten Qualifikationen steigen, während der Bedarf an anderen abnehmen wird. Das frühzeitige Adressieren des strukturellen Wandels insbesondere auch mit Blick auf die daraus entstehenden Qualifizierungsbedarfe und beruflichen Änderungsprozesse wurde als ein wesentlicher Faktor für erfolgreiche Strukturwandelprozesse in der Vergangenheit identifiziert (Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2022a). Um frühzeitig detailliertere Kenntnisse zu den relevanten Veränderungsdynamiken zu erlangen, empfiehlt sich folglich eine umfangreichere Analyse der Auswirkung der Transformation auf die Qualifikationsanforderungen der niedersächsischen Beschäftigten. Diese sollte insbesondere auch die relevanten Fachkräftebedarfe für die Implementierung der Transformation in Niedersachsen berücksichtigen sowie notwendige Maßnahmen zur weiteren Förderung klimarelevanter Aus- und Weiterbildungsformate anstrengen.

Transformation beschleunigen, industrielle Wärmewende und Kreislaufwirtschaft in den Blick nehmen

Trotz hoher Informationsanforderungen muss ein Fokus auf eine beschleunigte Umsetzung gelegt werden. Die Branchenbetrachtung zeigt auf, dass in einigen betrachteten Branchen zwar bereits Reduktionen der Emissionen und des Energiebedarfs realisiert werden konnten, diese jedoch nicht ausreichend stark sind, um die ambitionierten Zielpfade zu erreichen. Die vorangegangene Analyse identifiziert dabei einige Handlungsbedarfe für eine beschleunigte Transformation. Aufgrund der hohen Dringlichkeit der Transformation muss eine Adressierung der identifizierten Bedarfe sowie die Adressierung dieser Handlungsfelder parallel erfolgen.

Die Niedersächsische Klimaschutzstrategie legt einen guten Grundstein für eine wirkungsvolle Transformation der niedersächsischen Wirtschaft – insbesondere in Bezug auf den Ausbau Erneuerbarer Energien müssen bestehende Barrieren weiter abgebaut werden. In der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie werden zentrale Elemente für die Transformation der niedersächsischen Wirtschaft adressiert sowie sektorspezifische Emissionsreduktionsziele und Maßnahmen definiert. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf dem Ausbau der Erneuerbaren Energien, dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft sowie der Steigerung der Energieeffizienz. In Bezug auf den Ausbau Erneuerbarer Energien und der Wasserstoffwirtschaft steckt sich Niedersachsen ambitionierte Ziele, die Vielzahl der Wasserstoffprojekte in Niedersachsen und die daraus prognostizierten Erzeugungskapazitäten weisen eine erfreuliche Dynamik auf. In Bezug auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien wurden in Niedersachsen in den vergangenen Jahren zwar Zubauraten oberhalb des gesamtdeutschen Durchschnitts erzielt, gleichzeitig lagen diese jedoch auch in Niedersachsen deutlich unterhalb der jährlichen Zubauraten, die für eine Erreichung der Zielvorgabe der Niedersächsischen

Klimaschutzstrategie notwendig sind. In Bezug auf die Wasserstoffwirtschaft und den Ausbau der Erneuerbaren Energien gilt es folglich, die ambitionierten Zielsetzungen der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie konsequent umzusetzen und vorliegende Hemmnisse wie die Flächenverfügbarkeit gezielt abzubauen.

Der Brennstoffwechsel in der industriellen Prozesswärme ist von elementarer Bedeutung für die Dekarbonisierung der niedersächsischen Wirtschaft, wird bislang aber noch nicht hinreichend spezifisch thematisiert. In den betrachteten Branchen sind Prozesswärmebedarfe für hohe Anteile des Endenergieverbrauchs verantwortlich. Zugleich sind die Anteile an fossilen Brennstoffen im EEV in den vergangenen Jahren kaum reduziert worden, erneuerbare Energiequellen nehmen bislang nur eine untergeordnete Bedeutung ein. Während die Rolle von Wasserstoff für die Dekarbonisierung der Industrie bereits verstärkt im Fokus der politischen Diskussion steht, werden die Potenziale durch eine Steigerung der Elektrifizierung der Wärmebedarfe sowie die Rolle des direkten Einsatzes Erneuerbarer Energien wie Biomasse, Solar- oder Geothermie auf Niedersachsebene noch nicht umfassend in den Blick genommen. Bestehende Transformationsszenarien zeigen jedoch auf, dass bereits vor 2030 eine signifikante Steigerung von Strom und Biomasse am Endenergieverbrauch der Industrie erreicht werden muss. Eine Prüfung möglicher weiterer Unterstützungsleistung für die Förderung von Investitionen in klimaneutrale Prozesswärmetechnologien erscheint somit zentral für die Erreichung der THG-Minderungsziele.

Der nutzenoptimale Einsatz verschiedener Technologieoptionen zum Einsatz klimaneutraler Energieträger sollte dabei in den Fokus der Unterstützungsleistung für Unternehmen gesetzt werden. Durch eine Ausweitung der Anwendungsbereiche wird der Bedarf an Strom und Biomasse zur Deckung der Energiebedarfe der Wirtschaft deutlich steigen. Um begrenzten Erzeugungs- und Importkapazitäten von Erneuerbaren Energien gerecht zu werden, ist somit ein effizienter Einsatz der inländisch verfügbaren Energiepotenziale für einen kostenoptimierten Transformationspfad grundlegend. Die direkte Nutzung von Strom in der Erzeugung von Prozesswärme

weist dabei einen deutlich höheren Effizienzgrad auf als eine indirekte Elektrifizierung durch synthetische Kraftstoffe oder den Einsatz von Wasserstoff. Folglich sollte insbesondere die Nutzung bestehender Potenziale für die Prozesselektrifizierung sowie die Entwicklung und Anwendungserprobung neuer Elektrifizierungstechnologien aktiv unterstützt werden. Ebenso ergibt sich aus der begrenzten Verfügbarkeit von Biomasse aus nachhaltigen Quellen die Notwendigkeit der Fokussierung ihres Einsatzes auf Anwendungsbereiche, in denen andere Technologien und Energiequellen nicht nutzbar sind. Ein nutzenoptimaler Einsatz verschiedener Energiequellen und -träger sollte folglich auch in den verfügbaren Förder- und Beratungsangeboten für Unternehmen unterstützt werden (bspw. basierend auf einem 4-Stufen-Model wie von IN4climate.NRW vorgeschlagen (IN4climate. NRW 2021). Dieser Priorisierung zufolge sollte nur dann auf klimaneutrale Brennstoffe wie Biomasse oder Wasserstoff umgerüstet werden, wenn eine Nutzung von Abwärme oder erneuerbaren Wärmequellen sowie eine Elektrifizierung der Prozesse nicht möglich ist (IN4climate.NRW 2021).

Sowohl zur Steigerung der Kreislaufführung von Rohstoffen als auch für die Substitution fossiler Energieträger in der Industriewärme sind noch in hohem Maße Innovationen erforderlich – die Innovationspolitik des Landes sowie regionale Innovationscluster können hierzu einen Beitrag leisten. Zum aktuellen Zeitpunkt bestehen in einigen Anwendungsbereichen noch hohe technoökonomische Unsicherheiten zur Wahl kostenoptimaler, klimaneutraler Produktionstechnologien. Dies birgt das Risiko, dass dringend notwendige Investitionen in eine klimaneutrale Energieversorgung verzögert werden. Die Förderung prozessbezogener Erprobung bekannter Technologien kann jedoch zu einer zügigen Reduktion dieser Unsicherheit beitragen (Ueckerdt et al. 2021). Auch für die Steigerung der Kreislaufführung von Rohstoffen sind in hohem Maße Produkt- und Prozessinnovationen notwendig. Innovationsprozesse werden in Niedersachsen bereits durch eine Reihe von Netzwerkinitiativen unterstützt. Diese gilt es in ihrer Thematisierung der klimaschutzrelevanten Themen zu stärken sowie mögliche Lücken in Bezug auf klimarelevante Innovationsschwerpunkte – insbesondere in Bezug auf die zirkuläre Wirtschaft als Innovationsfeld mit hohen sektoralen Abhängigkeiten – zu identifizieren.

Synergien zwischen Energiesicherheit und Klimaschutz fördern

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Kurzumfrage an Unternehmen hat gezeigt, dass trotz herausfordernder energiepolitischer und makroökonomischer Gegebenheiten die Mehrheit der befragten Unternehmen ihre Klimaschutzinvestitionen beibehalten oder erhöht hat, anstatt sie zu reduzieren. Dabei hat eine Veränderung der Wirtschaftlichkeit, die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern sowie die veränderte Bedeutung der Dekarbonisierung eher zu einem Vorziehen entsprechender Investitionen geführt. Die in diesem Bericht dargestellte Kurzumfrage ist jedoch nur ein erstes Stimmungsbild.

Klimaschutzpolitik und Energiesicherheit können Hand in Hand gehen – Risiken für die Klimatransformation durch veränderte Energiepreise und makroökonomische Rahmenbedingungen sollten jedoch genau beobachtet werden. Hohe Energiepreise, die allgemeine Inflation, Unsicherheiten bezüglich langfristiger makroökonomischer Entwicklungen, veränderte politische Rahmenbedingungen und weitere Aspekte können geplante Klimaschutzinvestitionen auch verzögern – und tun dies bei einigen der befragten Unternehmen auch bereits. Auch die Rückkehr des Steinkohlekraftwerks Mehrum an das Stromnetz verdeutlicht das Risiko, dass bereits angestoßene Umstellungsprozesse verzögert oder rückgängig gemacht werden. Eine Modellrechnung zeigt hingegen, wie eng Klimaschutz und Energiesicherheit auch in der Industrie und Energiewirtschaft verknüpft sind. Durch eine beschleunigte Nutzung der verfügbaren (aber bislang unwirtschaftlichen) Energieeffizienzmaßnahmen sowie der gesteigerten Nutzung von Wärmepumpen und Elektrodenkessel in der Industrie könnten bis 2027 bundesweit bis zu 49 TWh Erdgas eingespart werden (Agora Energiewende 2022). Auch in der Energiewirtschaft könnten durch die Umstellung der Fernwärme auf eine Kombination von Wärmepumpen, Elektrodenkesseln, Solarthermie und Umweltwärme, Nutzung von Abwärme und grünem Wasserstoff mittelfristig rund 27 TWh Erdgas eingespart werden (Agora Energiewende 2022). Diese Potenziale gilt es aktiv zu fördern.

Den Menschen in den Blick nehmen – die Partnerschaft zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Sozialpartner*innen ausbauen

Durch Einbindung des DGB als Sozialpartner in die bestehenden Netzwerkinitiativen geht Niedersachsen als gutes Beispiel für die Bundesebene voran. Die Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit schließt als bundesweit erste Netzwerkplattform für den Klimaschutz neben der Wissenschaft, der Wirtschaft und der Politik mit dem DGB auch explizit die Beschäftigtenperspektive ein. Auch im Niedersächsischen Wasserstoffnetzwerk unterstützt der DGB die Schaffung notwendiger Grundlagen im Bereich beruflicher Bildung und Qualifizierung für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft. Dies unterstreicht die zentrale Bedeutung der Arbeitnehmer*innen für das Gelingen der Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft, aber auch die Herausforderungen für die Beschäftigten.

Eine hohe Komplexität der Transformation, hohe Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen Branchen und Themenfeldern sowie die hohe notwendige Dynamik erfordern eine starke Netzwerkinitiative zur Bündelung der operationellen Aktivitäten. Die Handlungsbedarfe für die Transformation sind vielfältig, komplex und von einer Vielzahl von Abhängigkeiten zwischen Branchen sowie zu anderen Sektoren gekennzeichnet. Zudem besteht hoher Informationsbedarf für Unternehmen und verschiedene politische Ebenen; in einzelnen Bereichen müssen die notwendigen Informationen erst noch gebündelt oder generiert werden. Eine weitere Stärkung bestehender Strukturen zur Zusammenarbeit von Politik, Wissenschaft, Unternehmen und Arbeitnehmer*innen zur Transformation bildet den Grundstein für einen erfolgreichen Umgang mit der bestehenden Komplexität und technoökonomischen Unsicherheiten. Auch fördert der Einbezug aller Stakeholder*innen der niedersächsischen Wirtschaft die Akzeptanz für notwendige Veränderungen, die im Rahmen des Transformationsprozesses entstehen.

Anhang



9 Anhang

Anhang 1

Statistische Kennzahlen der Branchensteckbriefe

- **Abhängig Beschäftigte** umfassen „sozialversicherungspflichtige Beschäftigte“ (inkl. Auszubildende) und „ausschließlich geringfügig entlohnte Beschäftigte“ zum Stichtag 30.06. eines Jahres (Datenquelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2022).
- Die **Anzahl der Betriebe** einer Branche wird über sogenannte „Niederlassungen“³⁷ aus dem Unternehmensregister näherungsweise abgebildet (Datenquelle: (LSN 2022). In der gängigen Statistik werden hingegen nur Betriebe mit zwanzig und mehr Beschäftigten betrachtet, wodurch u. a. Kleinstunternehmen nicht erfasst werden und die tatsächliche Anzahl und die Größenstruktur der Betriebe der jeweiligen Branche verzerrt sind.
- Der **Jahresumsatz** (in Euro) einer Branche wird aus dem Unternehmensregister bezogen (Datenquelle: (LSN 2022).
- Die **Exportquote** entspricht dem Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz einer Branche. Das Statistische Bundesamt erhebt diese Kennzahlen ausschließlich für das verarbeitende Gewerbe (Statistisches Bundesamt 2022b; LSN 2022).
- Das **Innovationsverhalten** einer Branche wird approximiert über das **FuE-Personal** als Anteil an allen abhängig Beschäftigten sowie über die **internen FuE-Aufwendungen** als Anteil am Gesamtumsatz (Datenquelle: (Stifterverband Wissenschaftsstatistik 2022). Hieraus lässt sich im Vergleich zu den übrigen Branchen grob ableiten, wie groß die Anstrengungen für Veränderungen sind. Die befragten Unternehmen benennen zudem sogenannte Forschungsfelder, in welchen sie ihre Investitionen vorwiegend tätigen (Mehrfachantworten).
- Der **Primärenergieverbrauch** (PEV) ergibt sich aus dem Endenergieverbrauch und den Verlusten, die bei der Erzeugung der Endenergie aus der Primärenergie auftreten. Somit stellt der PEV die tat-

sächlich benötigte Menge an Energie anstelle von letztendlich genutzter Energie dar. Der PEV einer Branche wird als Anteil an der gesamten niedersächsischen Wirtschaft ausgewiesen (ohne private Haushalte), um eine Größeneinordnung zu erhalten (Datenquelle: UGRdL 2021).

- **Energiebedingte CO₂-Emissionen** umfassen ausschließlich die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehenden CO₂-Emissionen. Aus chemischen Reaktionen in Industrieprozessen entstehende CO₂-Emissionen („Prozessbedingte CO₂-Emissionen“) sind nicht berücksichtigt (LSN 2021). Die CO₂-Emissionen einer Branche werden als Anteil an der gesamten niedersächsischen Wirtschaft (ohne private Haushalte) ausgewiesen, um eine Größeneinordnung zu erhalten (Datenquelle: UGRdL 2021).
- **Primärenergieverbrauch** und energiebedingte **CO₂-Emissionen** werden in den „Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder“ (UGRdL) im sogenannten „mittelgroben SNA/ISIC-Aggregat A*38“ veröffentlicht, in welchen bis zu drei Wirtschaftsabteilungen (2-Steller) aggregiert werden (Statistisches Bundesamt 2008; UGRdL 2021). Die Angaben für die in der UGRdL nicht ausgewiesenen Wirtschaftsabteilungen werden auf Grundlage der Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes zum jährlichen Energieverbrauch der Produktionsbereiche (insg.) bzw. zu den CO₂-Emissionen der Produktionsbereiche für Deutschland jeweils für Niedersachsen und Deutschland anteilig an den SNA/ISIC-Aggregaten geschätzt (Statistisches Bundesamt 2021a, 2021b). Dies ist begründbar durch eine ähnliche Größenordnung der Proportionen zueinander von Primärenergieverbrauch zu Energieverbrauch bzw. energiebedingter CO₂-Emissionen zu CO₂-Emissionen (insg.) in den Branchen des verarbeitenden Gewerbes (ausgenommen ist hierbei die Kokerei und Mineralölverarbeitung).

³⁷ Eine Niederlassung wird dann in die Auswertung mit einbezogen, wenn sie kumuliert über die 12 Monate des Berichtsjahres mindestens eine(n) sozialversicherungspflichtig Beschäftigte(n) oder mindestens 12 geringfügig entlohnte Beschäftigte aufweist oder wenn sie den einzigen Standort einer rechtlichen Einheit bildet, welche im Berichtsjahr einen Umsatz von mehr als 17.500 Euro aufweist“ (LSN 2022).

Anhang 2

Zuordnung des Handwerks nach ausgewählten Wirtschaftszweigen (WZ08)

C Verarbeitendes Gewerbe

10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln 10.1 Schlachten und Fleischverarbeitung 10.7 Herstellung von Back- u. Teigwaren
23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
25	Herstellung von Metallerzeugnissen 25.1 Stahl- und Leichtmetallbau
28	Maschinenbau
31	Herstellung von Möbeln
32	Herstellung von sonstigen Waren
33	Reparatur und Installation von Maschinen u. Ausrüstungen

F Baugewerbe

41.x–43.x	Bauhauptgewerbe insgesamt beinhaltet: 41.2 Bau von Gebäuden 42 Tiefbau 43.1 Abbrucharbeiten und vorbereitende Baustellenarbeiten 43.2 Bauinstallation 43.21 Elektroinstallation 43.22 Gas-, Wasser-, Heizungs-, Lüftungs- und Klimainstallationen 43.3 Sonstiger Ausbau 43.31 Anbringen von Stuckaturen, Gipserei und Verputzerei 43.33 Fußboden-, Fliesen-, Plattenlegerei, Tapeziererei 43.34 Malerei und Glaserei 43.9 Sonstige spezialisierte Bautätigkeiten
------------------	---

G Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kfz

45	Kfz-Handel; Instandhaltung und Reparatur Kfz
47	Einzelhandel (ohne Handel mit Kfz)

N Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen

81	Gebäudebetreuung; Garten- und Landschaftsbau 81.2 Reinigung von Gebäuden, Straßen und Verkehrsmitteln
-----------	---

S Erbringung von sonstigen Dienstleistungen

96	Sonstige überwiegend persönliche Dienstleistungen 96.02 Frisör- u. Kosmetiksalons
-----------	---

Quelle: (Statistisches Bundesamt 2020)

Anhang 3

Zusammenfassende Kennzahlentabelle

	10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln		17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus		20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen		22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	
	absolut	Anteil	absolut	Anteil	absolut	Anteil	absolut	Anteil
Abhängig Beschäftigte								
2010	91.295	3,0 %	15.478	0,5 %	24.295	0,8 %	43.529	1,4 %
2019	100.591	2,9 %	14.318	0,4 %	24.717	0,7 %	49.346	1,4 %
2019 – Relevanz-Marker		● ● ●		●		●		● ●
2020	98.766	2,8 %	14.154	0,4 %	24.194	0,7 %	46.982	1,3 %
Anzahl Niederlassungen								
2019	2.605	0,8 %	189	0,1 %	382	0,1 %	725	0,2 %
2019 – Relevanz-Marker		●		●		●		●
Umsatz (Mrd. €)								
2011	38,9	7,4 %	4,6	0,9 %	12,1	2,3 %	11,3	2,2 %
2019	36,1	6,0 %	5,2	0,9 %	12,3	2,0 %	12,1	2,0 %
2019 – Relevanz-Marker		● ● ●		●		● ●		● ●
Exportquote								
2010		15,0 %		43,4 %		54,7 %		39,4 %
2019		23,4 %		54,6 %		67,2 %		48,2 %
2019 – Relevanz-Marker		●		● ● ●		● ● ● ●		● ●
2020		23,9 %		47,1 %		63,7 %		41,9 %
Innovationstätigkeit								
<i>FuE-Personal</i>								
2011	172	0,2 %	71	0,5 %	1.120	4,6 %	1.608	3,7 %
2019	177	0,2 %	85	0,6 %	1.243	5,0 %	1.891	3,8 %
2019 – Relevanz-Marker		●		●		● ● ●		● ●
<i>interne FuE-Aufwendungen (Mio. €)</i>								
2011	17	43,2 %	8	0,2 %	122	1,0 %	218	1,9 %
2019	17	0,05 %	11	0,2 %	165	1,3 %	311	2,6 %
2019 – Relevanz-Marker		●		●		● ●		● ● ●
CO₂-Emissionen (Mio. t)								
2010	1.675	3,6 %	935	2,0 %	2.366	5,0 %	80	0,2 %
2018	1.811	4,2 %	805	1,9 %	1.993	4,7 %	70	0,2 %
2018 – Relevanz-Marker		● ● ●		● ●		● ● ●		●
Primärenergieverbrauch (TJ*)								
2010	38.471	3,5 %	29.065	2,7 %	68.300	6,3 %	11.920	1,1 %
2018	42.510	4,4 %	25.496	2,7 %	61.966	6,5 %	11.098	1,2 %
2018 – Relevanz-Marker		● ●		● ●		● ● ●		●

Datenquellen siehe Anhang 1. Berechnungen und Darstellung des Instituts für Wirtschaftspolitik. * Terrajoule

	24 Metall- erzeugung und -bearbeitung		28 Maschinen- bau		29 Herstellung von Kraftwagen/ Kraftwagenteilen		35 Energie- versorgung		Insge- samt
	absolut	Anteil	absolut	Anteil	absolut	Anteil	absolut	Anteil	absolut
Abhängig Beschäftigte									
2010	20.948	0,7 %	56.843	1,9 %	115.601	3,8 %	23.311	0,8 %	3.040.464
2019	24.173	0,7 %	71.864	2,0 %	143.051	4,1 %	22.088	0,6 %	3.526.258
2019 – Relevanz-Marker		●		●●		●●●●		●	
2020	23.335	0,7 %	69.979	2,0 %	141.638	4,1 %	22.288	0,6 %	3.489.644
Anzahl Niederlassungen									
2019	136	0,04 %	1.522	0,5 %	360	0,1 %	10.135	3,1 %	324.780
2019 – Relevanz-Marker		●		●		●		●●●●	
Umsatz (Mrd. €)									
2011	10,2	1,9 %	13,2	2,5 %	72,9	13,9 %	32,6	6,2 %	524,8
2019	9,6	1,6 %	15,2	2,5 %	87,9	14,6 %	23,9	4,0 %	600,4
2019 – Relevanz-Marker		●●		●●		●●●●●		●●●●	
Exportquote									
2010		31,2 %		36,7 %					
2019		45,6 %		66,5 %					
2019 – Relevanz-Marker		●●		●●●●●					
2020		40,1 %		63,7 %					
Innovationstätigkeit									
<i>FuE-Personal</i>									
2011	429	2,0 %	2.042	3,6 %	12.092	10,5 %	25	0,1 %	27.269
2019	367	1,5 %	2.765	3,8 %	15.789	11,0 %	69	0,3 %	36.382
2019 – Relevanz-Marker		●		●●		●●●●●		●	
<i>interne FuE-Aufwendungen (Mio. €)</i>									
2011	46	0,5 %	231	1,7 %	2.604	3,6 %	6	0,02 %	4.420
2019	40	0,4 %	304	2,0 %	4.349	4,9 %	10	0,04 %	6.860
2019 – Relevanz-Marker		●		●●●		●●●●●		●	
CO₂-Emissionen (Mio. t)									
2010	6.826	14,5 %	186	0,4 %	2.635	5,6 %	13.518	28,7 %	47.119
2018	7.082	16,6 %	172	0,4 %	2.599	6,1 %	11.490	26,9 %	42.715
2018 – Relevanz-Marker		●●●●●		●		●●●●		●●●●●	
Primärenergieverbrauch (TJ*)									
2010	83.528	7,6 %	5.106	0,47 %	43.000	3,9 %	398.327	36,5 %	1.092.147
2018	85.665	8,9 %	5.556	0,58 %	34.074	3,5 %	316.497	33,0 %	960.365
2018 – Relevanz-Marker		●●●		●		●●		●●●●●	

Datenquellen siehe Anhang 1. Berechnungen und Darstellung des Instituts für Wirtschaftspolitik. * Terrajoule

Anhang 4

Liste der kontaktierten UVN-Mitgliedsverbände

Arbeitgeberverband der Deutschen Kautschukindustrie e.V. (ADK)
Arbeitgeberverband der Zuckerfabriken Norddeutschlands e.V.
Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen e.V.
Brauereiverband Niedersachsen/Sachsen-Anhalt/Bremen e.V.
Bundesverband Altöl e.V.
Bundesverband der Energie-Abnehmer e.V. (VEA)
Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG)
ChemieNord – Arbeitgeberverband für die Chemische Industrie in Norddeutschland e.V.
Industrieller Arbeitgeberverband Osnabrück-Emsland-Grafschaft Bentheim e.V. (IAV)
Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung – NI/ST/BR e.V. (ITGA)
Institut der Norddeutschen Wirtschaft e.V. (INW)
Landesverband der Maschinenringe Niedersachsen e.V.
Landesverband Erneuerbare Energien Niedersachsen/Bremen e.V. (LEE)
Landesvereinigung Bauwirtschaft Niedersachsen
NiedersachsenMetall – Verband der Metallindustriellen Niedersachsens e.V.
NORDMETALL Verband der Metall- und Elektroindustrie e.V.
Unternehmensverbände Handwerk Niedersachsen e.V. (UHN)
Verband der Baubranche, Umwelt- und Maschinentechnik e.V. (VDBUM)
Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI Nord)
Verband der Ernährungswirtschaft e.V. (VdEW) Niedersachsen/Bremen/Sachsen-Anhalt
Verband der Kali- und Salzindustrie e.V. (VKS)
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) Landesverband Nord
Verband Druck und Medien NordOst e.V.
Verband Nord- und Ostdeutscher Papierfabriken e.V. (VNOP)
Verband Nordwestdeutscher Zeitungsverlage und Digitalpublisher e.V. (VNZV)
Verband Papier, Pappe und Kunststoff verarbeitende Industrie Norddeutschlands e.V. (VPK Nord)
vero – Verband der Bau- und Rohstoffindustrie e.V.
Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI)

Literaturverzeichnis

ABB (2022): Accelerating Ambition. How global industry is speeding up investment in energy efficiency. Hg. v. ABB

Abdallas, Chikri; Wetzels, W (2019): Decarbonisation options for the Dutch tyre industry. Hg. v. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and ECN part of TNO.

Achtelik, C.; Schimmel, M.; Rhiemeier, J.-M. (2020): Energiewende in der Industrie. Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor. Branchensteckbrief der Grundstoffchemie. Hg. v. Navigant Energy Germany GmbH, in Zusammenarbeit mit Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FFE), BBG und Partner.

AG Energiebilanzen (2021a): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland. Hg. v. AG Energiebilanzen e.V.

AG Energiebilanzen (2021b): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2019. Online verfügbar unter <https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/11/bilanz19d.xlsx>, zuletzt geprüft am 15.07.2022.

Agentur für Erneuerbare Energien (2022a): Anteil der Erneuerbaren Energien an der Fernwärmeerzeugung (2019, in %). Online verfügbar unter https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NL/kategorie/w%E7%A3%B4rme/auswahl/290-anteil-der-erneuerba/#goto_290, zuletzt geprüft am 18.05.2022.

Agentur für Erneuerbare Energien (2022b): Anteil Photovoltaik-Stromerzeugung am möglichen Potenzial (2020, in %). Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NL/kategorie/solar>, zuletzt geprüft am 18.05.2022.

Agentur für Erneuerbare Energien (2022c): Bruttobeschäftigung Erneuerbare Energien, 2016. Online verfügbar unter https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW%7CBY%7CB%7CBB%7CHB%7CHH%7CHE%7CMV%7CNI%7CNRW%7CRLP%7CSL%7CSN%7CST%7CSH%7CTH%7CD/kategorie/wirtschaft/auswahl/563-bruttobeschaeftigung/#goto_563, zuletzt geprüft am 18.05.2022.

Agentur für Erneuerbare Energien (2022d): Bundesländer-Übersicht zu Erneuerbaren Energien. Installierte Leistung Photovoltaik. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW%7CBY%7CB%7CBB%7CHB%7CHH%7CHE%7CMV%7CNI%7CNRW%7CRLP%7CSL%7CSN%7CST%7CSH%7CTH%7CD/kategorie/solar/ausgabe/download>, zuletzt geprüft am 22.07.2022.

Agentur für Erneuerbare Energien (2022e): Forschungsausgaben für Erneuerbare Energien (2019, in Mio. €). Online verfügbar unter https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/BW%7CBY%7CB%7CHB%7CHH%7CHE%7CMV%7CNI%7CNRW%7CRLP%7CSL%7CSN%7CST%7CSH%7CTH%7CD/kategorie/forschung/auswahl/228-forschungsausgaben_d/#goto_228, zuletzt geprüft am 18.05.2022.

Agentur für Erneuerbaren Energien (2022): Bundesländer-Übersicht zu Erneuerbaren Energien – Solar. Hg. v. Agentur für Erneuerbaren Energien.

Agora Energiewende (2022): Energiesicherheit und Klimaschutz vereinen – Maßnahmen für den Weg aus der fossilen Energiekrise.

Agora Energiewende; Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISE; RAP (2022): Wärmepumpen als Schlüssel zur Klimaneutralität in Gebäuden. Wie der Markthochlauf gelingen kann. Hg. v. Agora Energiewende

Agora Energiewende; Wuppertal Institut (2019): Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Hg. v. Agora

BCG (2020): Climate Disruption and the Path to Profits for Machinery Makers. Online verfügbar unter <https://www.bcg.com/de-de/publications/2020/how-machinery-makers-can-mitigate-climate-disruption>, zuletzt geprüft am 18.05.2022.

BCG (2021): Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Hg. v. BDI. Boston Consulting Group.

BCG; Agora Verkehrswende (2021): Automobile Arbeitswelt im Wandel. Jobeffekte in Deutschland bis 2030. Hg. v. Agora Verkehrswende.

BLAG KliNa (o.J.): Nachhaltigkeit. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit. Online verfügbar unter <https://www.blag-klina.de/Themenfelder-Nachhaltigkeit.html>, zuletzt geprüft am 22.08.2022.

BMWK (2021): IPCEI Standortkarte. Online verfügbar unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/I/ipcei-standorte.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 22.07.2022.

BMWK (2022): Überblickspapier Osterpaket. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Brandt, A. (2020): Sozial-ökologische Transformation Wirtschaftspolitische Impulse für Niedersachsen/Bremen. Hg. v. Friedrich-Ebert-Stiftung.

Braun, Nadine; Lucie, Hopfensack; Fecke, Marina; Wilts, Henning (2021): Chancen und Risiken im Automobilsektor für die Umsetzung einer klimaneutralen und ressourceneffizienten zirkulären Wirtschaft. Hg. v. CEWI.

BS Energy (o. J.): Kohleausstieg beschlossen – Weg dafür klar. Online verfügbar unter <https://www.bs-energy.de/engagement/umwelt/kohleausstieg/>, zuletzt geprüft am 11.05.2022.

Bundesagentur für Arbeit (2022): Fachkräftebedarf. Online verfügbar unter <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Fachkraeftebedarf-Nav.html>, zuletzt geprüft am 20.06.2022.

Bundesministerium des Innern und für Heimat (2022): Breitbandversorgung 2020. Online verfügbar unter <https://www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wie-wir-uns-vernetzen/090-Breitbandversorgung.html>, zuletzt geprüft am 28.07.2022.

Burmeister, K. (2020): Arbeit in der Automobilindustrie unter Druck Transformation kann gelingen. 16/2020. Hg. v. Friedrich-Ebert-Stiftung.

bvdm (2022): Papierknappheit: 72 Prozent der Branchenbetriebe haben 2022 bereits Aufträge verloren. Bundesverband Druck und Medien e.V. Online verfügbar unter <https://www.bvdm-online.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-2022/papierknappheit-72-prozent-der-branchenbetriebe-haben-2022-bereits-auftraege-verloren/>, zuletzt geprüft am 16.06.2022.

BZNB (2021): Breitbandatlas Niedersachsen. Breitbandzentrum Niedersachsen Bremen. Online verfügbar unter https://niedersachsen-breitbandatlas.de/mapbender3/application/Breitbandatlas_Nds zuletzt geprüft am 13.07.2022.

Consentect; Fraunhofer ISI; TU Berlin; ifeu (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Treibhausgasneutrale Hauptszenarien. Modul Industrie. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Cordes, A.; Gehrke, B.; von Haaren, F.; Reinhold, M.; Schasse, U. (2014): Stärken-Schwächen-Analyse (SWOT) für das Land Niedersachsen und seine Regionen. Gutachten im Auftrag der Niedersächsischen Staatskanzlei. Hg. v. Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW).

Dena (2022a): Branchensteckbrief Kunststoff- Industrie. Online verfügbar unter <https://www.co2-leuchttuerme-industrie.de/branchen/branchensteckbrief-kunststoff-industrie/>, zuletzt geprüft am 13.06.2022.

Dena (2022b): Diskussionspapier – Auf dem Weg zur Klimaneutralität. Neustrukturierung industrieller Wertschöpfungsketten. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH.

Dena (2022c): Systematisch Energieeffizienz steigern und CO₂-Emissionen senken in der Kunststoffindustrie. Leitfaden. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH.

Deutscher Handwerkskammertag e.V. (2022): Alle Ausbildungsberufe im Überblick. Online verfügbar unter <https://www.handwerk.de/infos-zur-ausbildung/ausbildungsberufe-z>, zuletzt geprüft am 22.08.2022.

Dispan, J. (2015): Chemiefaserindustrie in Deutschland. Branchenreport 2015. Heft 2/2015. Hg. v. Informationsdienst des IMU Instituts.

Dispan, J.; Mender, L. (2020): Branchenanalyse kunststoffverarbeitende Industrie 2020. Beschäftigungstrends, Kreislaufwirtschaft, digitale Transformation. Working Paper Forschungsförderung, Nummer 186. Hg. v. Hans-Böckler-Stiftung.

Dispan, J.; Schwarz-Kocher, M. (2014): Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland. Entwicklungstrends und Herausforderungen. Eine Literaturstudie. Heft 1/2014. Hg. v. Informationsdienst des IMU Instituts.

Dispan, J.; Vassiliadis, M. (2014): Papiererzeugung in Deutschland. Eine Branchenanalyse. Hg. v. IG BCE.

e-mobil BW GmbH (2020): ReLike: Smarte Lieferketten und robuste Strategien für die Transformation. Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf die baden-württembergische Automobilindustrie und deren Lieferketten. Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg.

energcity AG (2020): Kohleausstieg - Sauberer Umbau in Stöcken. Online verfügbar unter <https://www.energcity.de/magazin/unsere-welt/kohleausstieg-stoecken-energcity>, zuletzt geprüft am 10.05.2022.

Energieschweiz (2022): Energieeffizienz in der Kunststoffindustrie. Hg. v. Kunststoff.swiss.

Europäische Kommission: Annual Single Market Report 2021 – Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Union updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery. Hg. v. Europäische Kommission. 2021.

Europäische Kommission (2020): Eine neue Industriestrategie für Europa. Hg. v. Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2021): Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery. Hg. v. Europäische Kommission.

European Commission (2021): SET Plan Action 6 Implementation Plan on energy efficiency in industry. Revision 2021.

EWI; FIW; ITG; Uni Bremen; Stiftung Umweltenergierecht; Wuppertal-Institut (2021): Aufbruch Klimaneutralität. Hg. v. Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena).

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2021): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2021. Online verfügbar unter https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2020_web.pdf, zuletzt geprüft am 07.07.2022

Fraunhofer ISI (2021a): Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD. Hg. v. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

Fraunhofer IWES/IBP (2017): Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Hg. v. Agora Energiewende.

FutureCamp (2020): Roadmap treibhausgasneutrale Zuckerindustrie in Deutschland. Pfade zur Klimaneutralität 2050. Hg. v. FutureCamp Climate GmbH.

FutureCamp und DECHMA (2019): Roadmap Chemie 2050. Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland. Hg. v. FutureCamp Climate GmbH.

Gehrke, B.; von Haaren, F. (2013): Die Chemische Industrie. Branchenanalyse. Hg. v. Michael Vassiliadis. Hannover (Industriepolitik für den Fortschritt – Herausforderungen und Perspektiven am Beispiel zentraler Branchen der IG BCE).

Glasl, M.; Maiwald, B.; Wolf, M. (2008): Handwerk – Bedeutung, Definition, Abgrenzung. Hg. v. Ludwig-Fröhler-Institut.

Godin, H. (2020): Energiewende in der Industrie. Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor. Branchensteckbrief der Papierindustrie. Hg. v. Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER), in Zusammenarbeit mit Navigant Energy Germany GmbH, Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE), BBG und Partner.

Große, F. (2022): Persönlicher Mail-Austausch zur Veröffentlichung „Regionale Strukturdaten der Rechtlichen Einheiten in Niedersachsen: Rechtliche Einheiten, Beschäftigte und Umsatz 2019“. Landesamt für Statistik Niedersachsen. Dezernat 34 – Unternehmensregister, Gewerbeanzeigen, Insolvenzen.

Gühl, S.; Schwarz, M.; Schimmel, M. (2020): Energiewende in der Industrie. Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor. Branchensteckbrief der Nahrungsmittelindustrie. Hg. v. Navigant Energy Germany GmbH, in Zusammenarbeit mit Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE), BBG und Partner.

Handwerksordnung (2021): Gesetz zur Ordnung des Handwerks, vom 09.06.2021. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/hwo/index.html>, zuletzt geprüft am 10.03.2022.

Hübner, T.; Guminski, A.; Rouyrre, E.; von Roon, S. (2020): Energiewende in der Industrie. Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor. Branchensteckbrief der NE-Metallindustrie. Hg. v. Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE), in Zusammenarbeit mit: Navigant Energy Germany GmbH, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER), BBG und Partner.

IN4climate.NRW (2021): Industrierwärme klimaneutral: Strategien und Voraussetzungen für die Transformation. Diskussionspapier. Hg. v. IN4climate.NRW.

Industrial Forum (2022): Task Force 2 – Support to the development of transition pathways – Blueprint for the development of transition pathways

Institut für Luft- und Kältetechnik (2014): Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie. Hg. v. Umweltbundesamt. Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH.

IREES (2018): Prozessemissionen in der deutschen Industrie und ihre Bedeutung für die nationalen Klimaschutzziele – Problemdarstellung und erste Lösungsansätze. Arbeitspapier 4 im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz durch Energieeffizienz II“. Unter Mitarbeit von O. Lösch, F. Toro, N. Ashley-Belbin, F. Reitze, M. Schön. Hg. v. IREES.

IW Consult (2020): Arbeitsmarkt der Zukunft – Ein Regionalprofil für Niedersachsen. Hg. v. IW Consult.

Jordan, Matthias; Millinger, Markus; Thrän, Daniela (2020): Robust bioenergy technologies for the German heat transition: A novel approach combining optimization modeling with Sobol' sensitivity analysis. In: Applied Energy 262, S. 114534. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.114534.

Jung, H.-U.; Böttcher, F.; Schiller, D. (2012): Regionalmonitoring Niedersachsen. Regionalreport 2012. Positionierung und Entwicklungstrends ländlicher und städtischer Räume. Hg. v. Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung, NIW.

Jungmichel, N; Schampel, C; Weiss, Daniel (2017): Umweltatlas Lieferketten. Umweltwirkungen und Hot-Spots in der Lieferkette. Hg. v. adelphi/Systain.

Kaltenborn, B. (2021): Bundesländer-Übersicht zu Erneuerbaren Energien. Hg. v. Literaturstudie im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung.

Kempermann, Hanno (2021): Erwerbstätige in der Automobilwirtschaft in den Bundesländern. Sonderauswertung. Hg. v. IW Consult. <https://www.mw.niedersachsen.de/download/176020> zuletzt geprüft am 25.08.2022

Kenkmann, T.; Braungardt, S. (2018): Das Handwerk als Umsetzer der Energiewende im Gebäudesektor. Öko-Institut.

- Knappe et al. (2021): Technische Potenzialanalyse zur Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes, Hg. v. Umweltbundesamt.
- Knodt, M.; Rodi, M.; Flath, L.; Kalis, M.; Kemmerzell, J.; Leukhardt, F.; Flachsland, C. (2022): Analyse: Mehr Kooperation wagen: Wasserstoff-governance im deutschen Föderalismus – Interterritoriale Koordination, Planung und Regulierung. Hg. v. Ariadne Kopernikus Projekt.
- Krebs, T.; Steitz, J. (2021): Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030. Working Paper. Hg. v. Agora Energiewende.
- Landesamt für Statistik Niedersachsen (2022): Statistische Monatshefte Niedersachsen 2/2022.
- Lenz, Volker; Szarka, Nora; Jordan, Matthias; Thrän, Daniela (2020): Status and Perspectives of Biomass Use for Industrial Process Heat for Industrialized Countries. In: Chem. Eng. Technol. 43 (8), S. 1469–1484. DOI: 10.1002/ceat.202000077.
- LHN (2017): Handwerk begeistert weltweit. Best Practice-Beispiele und Praxistipps für international tätige Handwerksunternehmen. Hg. v. Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen.
- LHN (2019): Innovatives Handwerk in Niedersachsen. Sensibilisieren, Informieren, Fördern, Best Practice Beispiel innovativer Handwerksbetriebe. Hg. v. Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen.
- LHN (2021): Das niedersächsische Handwerk im Jahre 2020. Hg. v. Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen.
- LiKi (o.J.): Länderinitiative Kernindikatoren. Online verfügbar unter <https://www.liki.nrw.de/>, zuletzt geprüft am 22.08.2022.
- Lösch, O.; Toro, F.; Ashley-Belbin, N.; Reitze, F.; Schön, M. (2018): Prozessemissionen in der deutschen Industrie und ihre Bedeutung für die nationalen Klimaschutzziele – Problemdarstellung und erste Lösungsansätze. Arbeitspapier 4 im Rahmen des Vorhabens, Klimaschutz durch Energieeffizienz II. Hg. v. Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES).
- LSN (2012): Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2010. Hg. v. Landesamt für Statistik Niedersachsen.
- LSN (2021): Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2019. Hg. v. Landesamt für Statistik Niedersachsen.
- LSN (2022): Regionale Strukturdaten der Rechtlichen Einheiten 2019. Auswertungen aus dem Unternehmensregister. Registerstand 30.09.2020. Rechtliche Einheiten, Beschäftigte und Umsatz. Landesamt für Statistik Niedersachsen. Online verfügbar unter https://www.statistik.niedersachsen.de/startseite/themen/unternehmen_gewerbe-beanzeigen-insolvenzen/unternehmen_in_niedersachsen/unternehmen-in-niedersachsen-tabellen-und-grafiken-181628.html, zuletzt aktualisiert am 30.09.2020, zuletzt geprüft am 25.04.2022.
- LSN (2022b): Verarbeitendes Gewerbe (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) in Niedersachsen - Betriebe; Beschäftigte; Umsatz nach Wirtschaftsabteilungen (WZ 2008). Jahr 2020. Hg.v. Landesamt für Statistik Niedersachsen. Online verfügbar unter <https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/html/default.asp>, zuletzt geprüft am 31.07.2022
- Maedeh, R. M.; Santos Silva, M.; Kienberger, T. (2021): Pulp and Paper Industry: Decarbonisation Technology Assessment to Reach CO₂ Neutral Emissions—An Austrian Case Study. In: Energies 14 (4), S. 1161.
- Material Economics (2019): Industrial Transformation 2050. Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry. Hg. v. University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership.
- Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2019a): Leitfaden Energieeffizienz im Handwerk. Elektro- und Metallgewerbe. Online verfügbar unter <https://www.energieeffizienz-handwerk.de/gewerke/340/Elektro-+und+Metallgewerbe>, zuletzt geprüft am 12.05.2022.
- Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2019b): Leitfaden Energieeffizienz im Handwerk. Friseur. Online verfügbar unter <https://www.energieeffizienz-handwerk.de/gewerke/238/Hauptverbraucher+und+Einsparpotentiale>, zuletzt geprüft am 12.05.2022.
- Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2019c): Steckbrief „Die energieeffiziente Fleischerei“. Hg. v. Umweltzentrum des Handwerks Thüringen.
- Nds. MB (2022): EFRE-ESF+-Multifondsprogramm 2021-2027. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung.
- Nds. MBERW (2020): Regional- und Strukturpolitik der EU im Zeitraum 2021 - 2027. Niedersächsische regionale Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung (RIS3). Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung.
- Nds. MU (2018): Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.
- Nds. MU (2019): Abschlussbericht des Arbeitskreises Kreislaufwirtschaft. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.
- Nds. MU (2021a): Energiewendebericht 2020. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz.
- Nds. MU (2021b): Niedersächsische Klimaschutzstrategie 2021. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz.

Nds. MU (2022): Klimaschutz in Niedersachsen. Online verfügbar unter https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/klima/klimaschutz/klimaschutz_in_niedersachsen/klimaschutz-in-niedersachsen-200413.html, zuletzt geprüft am 21.07.2022.

Nds. MW (2021a): invest in Niedersachsen. Niedersachsen. Der Wirtschaftsstandort in Deutschland. Hg. v. Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung.

Nds. MW (2021b): Wirtschaftsstandort Niedersachsen im Wettbewerb. Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung. Online verfügbar unter https://www.mw.niedersachsen.de/startseite/themen/wirtschaft/wirtschaftsstandort_niedersachsen_im_wettbewerb/wirtschaftsstandort-niedersachsen-15378.html, zuletzt geprüft am 18.07.2022.

Niedersachsen (2022): Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels. Gesamtausgabe in der Gültigkeit vom 06.07.2022. Online verfügbar unter <https://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=KlimaSchG+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true&aiz=true>, zuletzt geprüft am 21.07.2021.

NiedersachsenMetall (2016): Standort in Gefahr. Report 1/2016. Hg. v. Verband der Metallindustriellen Niedersachsens e.V.

Norddeutscher Rundfunk (2021): Zwei Kohlekraftwerke in Niedersachsen fahren runter. Online verfügbar unter https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig_harz_goettingen/Zwei-Kohlekraftwerke-in-Niedersachsen-fahren-heute-runter,mehrhum108.html, zuletzt geprüft am 10.05.2022.

NWN (2022): Niedersächsisches Wasserstoffnetzwerk - Projekte. Online verfügbar unter <https://www.wasserstoff-niedersachsen.de/projekte/>, zuletzt geprüft am 23.08.2022.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI (2022a): Strukturwandel zu einer Green Economy. Analysen und Empfehlungen zur Gestaltung. Hg. v. Umweltbundesamt. Öko-Institut; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Öko-Institut; Fraunhofer ISI (2022b): Strukturwandel zu einer Green Economy. Screening besonders betroffener Branchen. Hg. v. Umweltbundesamt. Öko-Institut; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Öko-Institut; Fraunhofer ISI (2022b): Strukturwandel zu einer Green Economy. Screening besonders betroffener Branchen. Hg. v. Umweltbundesamt. Öko-Institut; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES; Thünen-Institut (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Hg. v. Umweltbundesamt.

Piekenbrock, D. (2018): Monopson. Gabler Wirtschaftslexikon. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/monopson-40707/version-264085>, zuletzt aktualisiert am 19.02.1018, zuletzt geprüft am 29.07.2022.

PIK; MCC; PSI; RWI; IER; Hereon et al. (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045. Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Hg. v. Kopernikus-Projekt Ariadne.

Prognos; EconSight; GWS; TwinEconomics (2020): Klima 2030. Nachhaltige Innovationen. Hg. v. vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V.

Prognos AG (2020): Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020. Hg. v. Prognos AG.

Prognos; EconSight; GWS; TwinEconomics (2020): Klima 2030. Nachhaltige Innovationen. Hg. v. vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V.

Prognos (2018): Fachkräftebedarf für die Energiewende in Gebäuden – Zusammenfassung. Hg. v. Prognos AGs.

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Hg. v. Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.

Rammer, C.; Schubert, T. (2022): ZEW Branchenreport, Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung 2021. Energieversorgung. Jahrg. 29, Nr. 23. ZEW - Leibniz Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim. Online verfügbar unter https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/brarep_inno/issue/2021/23_Energie2021.pdf?v=1643207723, zuletzt geprüft am 07.03.2022.

Ricardo (2021): Decarbonization Roadmap for the European Food and drink manufacturing sector. Hg. v. FoodDrinkEurope. Ricardo Energy & Environment.

Roland Berger; FKA (2021): E-Mobility Index 2021. Roland Berger Advanced Technology Center; FKA GmbH Aachen.

Schlemme, J.; Schimmel, M.; Achtelik, C. (2020): Energiewende in der Industrie. Potenziale und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor. Branchensteckbrief der Eisen- und Stahlindustrie. Hg. v. Navigant Energy Germany GmbH, in Zusammenarbeit mit Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE), BBG und Partner.

Schlomann, B.; Eichhammer, W. (2013): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien: Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. Hg. v. Fraunhofer-Verlag. Stuttgart.

Schwartz, M.; Abel-Koch, J.; Schwarz, M. (2022): Energiekosten im Mittelstand steigen: Unternehmen geben Preiserhöhungen weiter und ergreifen Maßnahmen zur Energieeinsparung. Hg. v. KfW Research.

SCI4climate.NRW (2021): Konzeptualisierung des möglichen Renewables-Pull-Phänomens. Definition, Wirkmechanismen und Abgrenzung zu Carbon Leakage, Wuppertal. Hg. v. SCI4climate.NRW.

SCI4climate.NRW (2022): Quantitativer Vergleich aktueller Klimaschutzszenarien für Deutschland. Unter Mitarbeit von Sascha Samadi. Wuppertal.

Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst (2021a): Branchenreport 2021: Energieversorgung. Hg. v. Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst.

Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst (2021b): Branchenreport 2021: Fleischereien. Hg. v. Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst.

Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst (2021c): Branchenreport 2021: Metallerzeugung und -bearbeitung. Hg. v. Sparkasse Finanzgruppe Branchendienst.

Stappel, M.; Niegisch, C.; Herborn, A. (2016): Branchenanalysen – Auf dem Weg zum „Handwerk 4.0“. Schlüsselfunktion für die gesamtwirtschaftlichen Investitionen. Hg. v. DZ BANK AG.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2022): Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) (Zeitreihe Quartalszahlen). Online verfügbar unter https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=1523064&topic_f=beschaeftigung-sozbe-wz2008-zeitreihe, zuletzt aktualisiert am 07.01.2022, zuletzt geprüft am 07.04.2022.

Statistische Ämter der Länder (o. J.a): Dashboard Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Online verfügbar unter <https://www.giscloud.nrw.de/ugrdl-dashboard.html>, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Statistische Ämter der Länder (o. J.b): Ziele für Nachhaltige Entwicklung. Indikatoren der 17 Nachhaltigkeitsziele. Online verfügbar unter <https://experience.arcgis.com/experience/9113a815db134c7ba1a6d796bfe9c7b5/page/%C3%9Cbersicht/>, zuletzt geprüft am 22.08.2022.

Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige. Mit Erläuterungen. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/Downloads/klassifikation-wz-2008-erlaeuterung.html>, zuletzt geprüft am 07.04.2022.

Statistisches Bundesamt (2020): Produzierendes Gewerbe. Beschäftigte und Umsatz im Handwerk – Messzahlen und Veränderungsraten (Fachserie 4, Reihe 7.2, 2019). Hg. v. Statistisches Bundesamt (Destatis).

Statistisches Bundesamt (2021a): Energieverbrauch: Deutschland, Jahre, Produktionsbereiche (85131-0001). Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=85131-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1649412845853#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 07.04.2022.

Statistisches Bundesamt (2021b): Luftemissionen: Deutschland, Jahre, Luftemissionsart, Produktionsbereiche (85111-0001). Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=85111-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1649412927904#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 07.04.2022.

Statistisches Bundesamt (2022a): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Bundesländer, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-Steller). Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=42271-0011&bypass=true&levelindex=0&levelid=1651487301582#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 24.03.2022.

Statistisches Bundesamt (2022b): Statistisches Unternehmensregister. Rechtliche Einheiten nach Wirtschaftsabteilungen und Größenklassen der Beschäftigten im Berichtsjahr 2020 (Sonderauswertung).

Statistisches Bundesamt (2022c): Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Umweltschutzausgaben. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/umweltschutzausgaben/Tabellen/ausgaben-umweltschutz.html>, zuletzt geprüft am 18.07.2022.

Stifterverband Wissenschaftsstatistik (2021): arendi Zahlenwerk 2021. Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2019. Hg. v. Stifterverband Wissenschaftsstatistik.

Stifterverband Wissenschaftsstatistik (2022): Interne FuE-Aufwendungen und FuE-Personal in Niedersachsen und Deutschland 2011/2019 nach Wirtschaftssektor (Sonderauswertung). Hg. v. Stifterverband Wissenschaftsstatistik.

Stiftung Arbeit und Umwelt (2021a): Branchenausblick 2030+: Die Energiewirtschaft: Strom und Wärme. Hg. v. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. Berlin.

Stiftung Arbeit und Umwelt (2021b): Branchenausblick 2030+: Die kunststoffverarbeitende Industrie. Hg. v. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. Berlin.

Stiftung Arbeit und Umwelt (2021c): Branchenausblick 2030+: Die Papier- und Zellstoffindustrie. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. Berlin.

Stiftung Arbeit und Umwelt (2021d): Branchenausblick 2030+: Kautschuk-Industrie. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. Berlin.

Stiftung Arbeit und Umwelt (2022): Branchenausblick 2030+: Automotive mit Schwerpunkt Ostdeutschland. Hg. v. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE.

Stiftung Klimaneutralität et al. (2022): Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien. Hg. v. Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, BDI, dena, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Ariadne Kopernikusprojekte.

UBA (2020): Dekarbonisierung der NE-Metallindustrie. Möglichkeiten der CO₂-Minderung. Hg.v. Umweltbundesamt.

UBA (2021a): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2021. National Inventory Report for the German Greenhouse. Gas Inventory 1990 – 2019. Hg.v. Umweltbundesamt.

UBA (2021b): Treibhausgasminderungsziele Deutschlands. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands>, zuletzt aktualisiert am 2021, zuletzt geprüft am 25.01.2022.

UBA (2021c): Umweltrisiken und -auswirkungen in globalen Lieferketten deutscher Unternehmen. Branchenstudie Automobilindustrie. Hg.v. Umweltbundesamt

UBA (2022): Rohstoffproduktivität. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/rohstoffe-als-ressource/rohstoffproduktivitaet#entwicklung-der-rohstoffproduktivitaet>, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

Ueckerdt, F.; Pfluger, B.; Odenweller A.; Günther, C.; Knodt, M.; Kemmerzell, J. et al. (2021): Durchstarten trotz Unsicherheiten: Eckpunkte einer anpassungsfähigen Wasserstoffstrategie. Ariadne-Kurzdossier. Hg. v. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

UGRdL (o.J.): Dashboard Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Hg. v. Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Online verfügbar unter <https://www.giscloud.net/nrw.de/ugrdl-dashboard.html>, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

UGRdL (2021): Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder. Indikatoren und Kennzahlen. Hg. v. Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Online verfügbar unter <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse>, zuletzt geprüft am 08.04.2022.

Ullrich, K. (2006): Energiekosten im Handwerk. Hg. v. Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen und Forschungsinstitut im Deutschen Handwerksinstitut e. V.

Verheyen, R. (2020): Ausbau der Windenergie an Land: Beseitigung von Ausbauhemnissen im öffentlichen Interesse 2020.

VGRdL (2022): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder. Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2021. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Online verfügbar unter <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl/ergebnisse-laenderebene/bruttoinlandsprodukt-bruttowertschoepfung#alle-ergebnisse>, zuletzt geprüft am 20.07.2022.

von Hirschhausen, C. (2022): Die weltpolitische Lage als Beschleuniger des Klimaschutzes. DIW Wochenbericht Nr. 27/2022. Hg. v. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.

Wasserstoff Atlas (o.J.): Dashboard Wasserstoff Atlas. Online verfügbar unter <https://wasserstoffatlas.de/>, zuletzt geprüft am 10.07.2022.

Wilt, H. (2017): Key Challenges for Transformations Towards a Circular Economy - The Status Quo in Germany. International Journal of Waste Resources (7(1)).

Wuppertal Institut (2022): NRW 2030: Von der fossilen Vergangenheit zur zirkulären Zukunft. Hg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH.

Zapf, M. (2021): Auf den Papiermarkt herrscht Ebbe, das bekommen Druckereien und Verlage schmerzhaft zur spüren. Die Probleme rühren aber nicht nur von der Coronakrise her – auch der boomende Online-Handel ist ein Grund. Online verfügbar unter <https://www.stern.de/wirtschaft/buchhandel-und-hersteller-alarmiert--warum-papier-immer-teurer-wird-30810714.html>, zuletzt geprüft am 16.06.2022.

ZDH (2022a): ZDH Sonderumfrage - Energieeffizienz im Handwerk. Ergebnisse einer Umfrage unter Handwerksbetrieben im 1. Quartal 2022. Hg. v. Zentralverband des Deutschen Handwerks.

ZDH (2022b): Zukunft braucht Können – Fachkräfte für das Handwerk. Positionspapier. Hg. v. Zentralverband des Deutschen Handwerks.

Herausgeberin



Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit
c/o Klimaschutz- und Energieagentur
Niedersachsen GmbH
Osterstraße 60
30159 Hannover
+49 511 897039-0
info@nachhaltigkeitsallianz.de
www.nachhaltigkeitsallianz.de

Partnerin für nachhaltigen Erfolg.



Stand
August 2022

© Nachhaltigkeitsallianz 2022

Gefördert durch:



Niedersächsisches Ministerium
für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz