

Wrobel, Martin; Althoff, Jörg

**Research Report**

## Klimawandel und Digitalisierung: Potenzielle Chancen und Risiken für die niedersächsische Wirtschaft

IAB-Regional. IAB Niedersachsen-Bremen, No. 1/2022

**Provided in Cooperation with:**

Institute for Employment Research (IAB)

*Suggested Citation:* Wrobel, Martin; Althoff, Jörg (2022) : Klimawandel und Digitalisierung: Potenzielle Chancen und Risiken für die niedersächsische Wirtschaft, IAB-Regional. IAB Niedersachsen-Bremen, No. 1/2022, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg,  
<https://doi.org/10.48720/IAB.RENSB.2201>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/270399>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>



INSTITUT FÜR ARBEITSMARKT- UND  
BERUFSFORSCHUNG  
Die Forschungseinrichtung der Bundesagentur für Arbeit

# IAB-REGIONAL

Berichte und Analysen aus dem Regionalen Forschungsnetz

---

## 1|2022 IAB Niedersachsen-Bremen

Klimawandel und Digitalisierung: Potenzielle Chancen und Risiken für die niedersächsische Wirtschaft

Martin Wrobel, Jörg Althoff

# Klimawandel und Digitalisierung: Potenzielle Chancen und Risiken für die niedersächsische Wirtschaft

Martin Wrobel (IAB Niedersachsen-Bremen), Jörg Althoff (IAB Niedersachsen-Bremen)

IAB-Regional berichtet über die Forschungsergebnisse des Regionalen Forschungsnetzes des IAB. Schwerpunktmäßig werden die regionalen Unterschiede in Wirtschaft und Arbeitsmarkt – unter Beachtung lokaler Besonderheiten – untersucht. IAB-Regional erscheint in loser Folge in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Regionaldirektion der Bundesagentur für Arbeit und wendet sich an Wissenschaft und Praxis.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Megatrend Digitalisierung</b> .....	<b>7</b>
2.1 Digitalisierung: Substituierbarkeitspotenziale .....	7
2.2 Daten und Methode .....	8
2.3 Substituierbarkeitspotenziale nach Wirtschaftsabteilungen .....	10
<b>3 Megatrend Klimawandel</b> .....	<b>14</b>
3.1 Klimawandel und Klimapolitik .....	14
3.2 Daten und Methode .....	15
3.2.1 Daten .....	17
3.2.2 Methode.....	35
3.3 Chancen-Risiko-Index zum Klimawandel (Klima-CRI) nach Branchen .....	38
3.3.1 Berechneter Klima-CRI: 28 Branchen .....	38
3.3.2 Erste Alternativberechnung des Klima-CRI: 26 Branchen (ohne Kokerei und Mineralölverarbeitung und Energieversorgung).....	43
3.3.3 Zweite Alternativberechnung des Klima-CRI: Fiktive Fördergeldsumme im Papiergewerbe in 2019.....	44
<b>4 Folgen des technologischen und klimatischen Wandels für die Wirtschaft in Niedersachsen</b> .....	<b>45</b>
4.1 Koordinatensystem Digitalisierung & Klimawandel: 28 Branchen .....	45
4.2 Koordinatensystem Digitalisierung & Klimawandel: 26 Branchen .....	49
<b>5 Fazit und Ausblick</b> .....	<b>49</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>53</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>56</b>

# Zusammenfassung

Um die Auswirkungen der beiden Megatrends Digitalisierung und Klimawandel auf den Arbeitsmarkt in Niedersachsen zu analysieren, wird in der vorliegenden Studie zum einen auf das Konzept der Substituierbarkeitspotenziale zurückgegriffen. Diese berechneten Potenziale bilden den Anteil an Tätigkeiten innerhalb eines jeweiligen Berufs ab, der durch den Einsatz von Computern und computergesteuerten Maschinen zu einem bestimmten Zeitpunkt bereits automatisiert werden könnte. Zum anderen wird ein Klimaindex berechnet, der anzeigt, für welche Branchen der Klimawandel und die daraus resultierende Klimapolitik überwiegend Chancen bereithält oder aber in erster Linie Risiken birgt. Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass beide Megatrends für die untersuchten Teile der Wirtschaft Herausforderungen bergen. Diejenigen, die bisher durch die dynamische Entwicklung der Digitalisierung entstanden sind, erscheinen für größere Teile der Wirtschaft jedoch dringlicher. So steigt das Substituierbarkeitspotenzial im Beobachtungszeitraum von 2013 auf 2019 in nahezu allen untersuchten Branchen kontinuierlich an und erreicht zum Teil Werte von deutlich über 70 Prozent. Hierin kommt die Schwierigkeit zum Ausdruck, dass die Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung beruflicher Inhalte häufig nicht mit der hohen Geschwindigkeit mithalten kann, mit welcher in steter Folge Innovationen Marktreife erlangen und sich daraufhin Rahmenbedingungen verändern. Im besten Fall finden notwendige Anpassungsprozesse nur zeitverzögert statt, im schlechtesten bleiben sie aus. Mit Blick auf den berechneten Klimaindex kann der überwiegenden Mehrheit der analysierten Branchen attestiert werden, dass sich die Chancen und Risiken, die sich für diese im Beobachtungszeitraum aus dem Klimawandel und der daraus resultierenden Klimapolitik potenziell ergeben, die Waage halten dürften. In jenen Branchen, in denen überwiegend potenziell negative Impulse zu erwarten sind und die zudem hohe Substituierbarkeitspotenziale aufweisen, sind strukturelle Veränderungen in der Beschäftigung, der Produktion bzw. Leistungserbringung und/oder in den Geschäftsmodellen als Anpassungsreaktion am ehesten und umfassendsten zu erwarten. Zu diesen Branchen gehören unter anderem die Chemie sowie die Metallerzeugung und -bearbeitung.

## Keywords

Arbeitsmarkt, Digitalisierung, Klimawandel, Megatrends, Niedersachsen

## Danksagung

Für wertvolle inhaltliche Kommentare und Diskussionen sowie zur Verfügung gestellte Daten danken wir Hubertus Bardt, Simon Marr, Marc Täuber, Holger Seibert, Antje Weyh, Christian Teichert, Oliver Ludewig, Per Kropp, Klara Kaufmann sowie Daniel Jahn. Die Formatierung der Studie entspricht den aktuellen Vorgaben zur Barrierefreiheit.

# 1 Einleitung

„Nichts ist so beständig wie der Wandel“ – dieses Sprichwort, welches auf Heraklit von Ephesos (etwa 520–460 v. Chr.) zurückgeht, ist heute, also nach rund 2.500 Jahren, genauso aktuell wie ehemals. Globale Veränderungen, die sich derzeit mit einer ungeahnten Geschwindigkeit vollziehen, bergen das Potenzial, dass sich die Art, wie Menschen leben, mit hoher Wahrscheinlichkeit in den kommenden Dekaden tiefgreifend und nachhaltig verändern wird. Ob und wie gut die Menschen weltweit auf diese Veränderungen vorbereitet sind, bleibt abzuwarten. Klar ist, dass die global beobachtbaren Veränderungen größtenteils durch menschliche Aktivitäten verursacht werden bzw. worden sind. Forscher sprechen in diesem Zusammenhang häufig von einer neuen geochronologischen Epoche, dem Anthropozän (Steffen et al. 2015). In diesem ist, anders als in den vorangegangenen Zeitaltern, der Mensch der entscheidende Faktor, der mit seinem Handeln das globale Ökosystem und damit auch das Klima nachhaltig (und zum Teil irreversibel) beeinflusst. Als Beispiele seien hier eine übermäßige Rodung von Wäldern, eine Überdüngung von Böden, die zunehmende Versiegelung von Landflächen, eine Überfischung sowie eine Versauerung der Ozeane und eine Veränderung der Atmosphäre durch Treibhausgasemissionen genannt (Springer 2016: 1).

Diese globalen, vom Menschen verursachten Veränderungen sind üblicherweise Ausdruck sogenannter Megatrends (vgl. Sunter 2013). Bei Megatrends handelt es sich um jene nachweislich existierenden, in Wechselwirkung zueinanderstehenden Prozesse (Retief et al. 2016), die das Potenzial bergen, lokale wie auch globale Strukturen fundamental zu verändern, ohne dass diese Trends realistischerweise, wenn überhaupt, im größeren Ausmaß kontrolliert werden könnten (Ilbury/Sunter 2011). Mit dem Begriff „Megatrend(s)“ wurden in der Vergangenheit unterschiedlichste Prozesse belegt. Retief et al. (2016) identifizieren sechs globale Megatrends, die in der Literatur besonders häufig genannt werden, nämlich a) sich rasch verändernde demographische Verhältnisse, b) eine schnell voranschreitende Verstädterung, c) Machtverschiebungen auf Basis global zunehmender (technischer und wirtschaftlicher) Vernetzungen, d) eine zunehmende Ressourcenknappheit, e) beschleunigte technologische Innovationszyklen und f) den Klimawandel.

Die vorliegende Studie greift das Thema der Megatrends auf und fokussiert auf der einen Seite die voranschreitende Digitalisierung/Automatisierung als Ausdruck des technologischen Wandels, welcher sich in der obigen Auflistung im Megatrend der beschleunigten technologischen Innovationszyklen wiederfindet. Auf der anderen Seite wird, als ein weiterer Initiator und Beschleuniger struktureller Veränderungen, der Klimawandel näher untersucht (Bardt/Hüther 2006). Im Blickpunkt einer gemeinsamen Betrachtung beider Trends stehen hierbei die möglichen Auswirkungen der fortschreitenden Digitalisierung sowie des Klimawandels auf die Wirtschaft und insbesondere den Arbeitsmarkt in Niedersachsen.

Die nachfolgenden Analysen zur Digitalisierung basieren auf der in 2021 veröffentlichten Studie von Wrobel und Althoff zum technologischen Wandel und der dort zitierten Literatur. Kern der genannten Studie ist die Ermittlung des sogenannten Substituierbarkeitspotenzials auf Ebene der Berufe. Das Substituierbarkeitspotenzial gibt Auskunft darüber, zu welchem Anteil die in einem Beruf anfallenden Tätigkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt bereits von Computern

oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnten. Die vorliegende Studie erweitert den Fokus der Studie von Wrobel und Althoff (2021) indem sie analysiert, wie sich, über die beruflichen Substituierbarkeitspotenziale, die Substituierbarkeit in den einzelnen Branchen bzw. Wirtschaftsabschnitten darstellt. Damit werden für Niedersachsen erstmals die Substituierbarkeitspotenziale auf Basis von (ausgewählten) Branchen ausgewiesen.

Um Erkenntnisse zum zweiten Schwerpunkt dieser Studie, nämlich den Auswirkungen des Klimawandels auf die niedersächsische Wirtschaft und den Arbeitsmarkt, zu erlangen, wird, analog zur Studie von Bardt (2011), ein Chancen-Risiken-Index zum Klimawandel (Klima-CRI) für Deutschland berechnet. Mit Hilfe dieses Index sowie dem jeweiligen Beschäftigungsanteil einer Branche an der Gesamtbeschäftigung in Niedersachsen lassen sich für das Bundesland erste Abschätzungen vornehmen, ob und inwieweit klimaschutzbedingte strukturelle Veränderungen Transformationsbedarfe erwarten lassen. Auf Grundlage des Index kann zudem eine erste grobe Einschätzung vorgenommen werden, ob klimaschutzbedingte Impulse für die Entwicklung einer jeweiligen Branche eher Chancen oder Risiken bergen. So können klimaschutzbezogene politische Entscheidungen u. a. vielschichtige betriebs- und volkswirtschaftliche Auswirkungen haben, beispielsweise auf die Produktionsbedingungen oder Absatzchancen der Unternehmen einer Branche (vgl. Bardt 2011: 22) und hierüber in der Folge natürlich auch auf die Personalsituation.

Die Befunde der vorliegenden Studie können wichtige Erkenntnisse darüber liefern, in welchen Branchen und in welchem Umfang in den kommenden Jahren in Niedersachsen mit einem technologiebedingten Wandel der Beschäftigtenstruktur zu rechnen ist und wie groß die Herausforderungen in ausgewählten<sup>1</sup> Branchen sind, den klimaschutzbedingten Wandel zu bewältigen.

Die Studie gliedert sich im Weiteren wie folgt: In Kapitel 2 wird der Megatrend „Digitalisierung“ mit dem Fokus auf den sich vollziehenden technologischen Wandel behandelt. Nachdem in das Thema technologischer Wandel eingeführt worden ist (2.1), werden sowohl Daten und Methoden dokumentiert (2.2), als auch Analyseergebnisse zur potenziellen Automatisierbarkeit menschlicher Arbeit auf Ebene ausgewählter Branchen für Niedersachsen diskutiert (2.3). Kapitel 3 lenkt den Fokus auf den Megatrend „Klimawandel“. Ähnlich wie zuvor, werden auch hier nach einer kurzen Einführung in das Thema (3.1), die Daten und Methoden, dieses Mal zur Berechnung eines Chancen-Risiken-Index zum Klimawandel, besprochen (3.2) und Index-Ergebnisse ausgewertet (3.3). Kapitel 4 führt die Ergebnisse zu beiden Megatrends in einem Koordinatensystem zusammen und integriert die niedersächsische Perspektive. Damit ist es möglich, für die untersuchten Branchen und deren Beschäftigte potenzielle Chancen und Risiken, die sich aus dem Wirken beider Megatrends ergeben, abzuschätzen. Kapitel 5 schließt mit Fazit und Ausblick.

---

<sup>1</sup> Die eingeschränkte Datenverfügbarkeit im Hinblick auf das in dieser Studie verwendete sekundärstatistische Datenmaterial erlaubt es nur für einen Teil der (niedersächsischen) Wirtschaft Analysen vorzunehmen. Nähere Ausführungen hierzu in Kapitel 3.

## 2 Megatrend Digitalisierung

Nach der Einführung mechanischer Produktionsanlagen mithilfe von Wasser- und Dampfkraft im späten 18. Jahrhundert, dem Beginn arbeitsteiliger Massenproduktion mithilfe elektrischer Energie im frühen 20. Jahrhundert und der weiteren Automatisierung der Produktion durch den Einsatz von Elektronik und Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in den 1970er Jahren, wird aktuell von einer vierten industriellen Revolution gesprochen, deren Triebfeder die schnell voranschreitende Digitalisierung ist. Ausdruck findet diese Entwicklung unter anderem in einer zunehmend smarten, u. a. auf cyberphysischen Systemen beruhenden Produktion mit modernster IKT, einem vermehrten Einsatz von mobilen, kollaborativen Robotern, selbstlernenden Computerprogrammen, der additiven Fertigung (3D-Druck, vermehrt serienmäßig), dem Einsatz realitätsnaher virtueller Realität oder dem Wertetransfer ohne dritte Instanz (Blockchain) (Dengler/Matthes 2018, 2021).

### 2.1 Digitalisierung: Substituierbarkeitspotenziale

Eine Erkenntnis, die sich mittlerweile wissenschaftlich durchgesetzt hat, ist, dass nur Tätigkeiten von Computern oder computergesteuerten Maschinen übernommen werden können, nicht per se ganze Berufe.<sup>2</sup> Mit Blick auf Tätigkeiten lassen sich insbesondere solche gut automatisieren, die sich quantifizieren, digitalisieren und analytisch standardisieren lassen. Mit anderen Worten laufen solche Tätigkeiten inhaltlich immer nach einem bestimmten Muster ab. Muster wiederum lassen sich programmieren und diese Programmierungen in der Folge von Computern oder computergesteuerten Maschinen ausführen. Derartige Tätigkeiten werden auch als Routinetätigkeiten bezeichnet. Im Gegensatz hierzu lassen sich Tätigkeiten nur schwer oder gar nicht automatisieren, die z. B. unmittelbaren persönlichen Kontakt bzw. direkte Interaktion, Kreativität oder Reaktion auf sich ständig wechselnde Anforderungen erfordern (Nicht-Routine Tätigkeiten).

Das errechnete Substituierbarkeitspotenzial bildet dabei lediglich das technisch Machbare ab, also die Möglichkeit, dass Tätigkeiten, statt vom Menschen von Computern oder computergesteuerten Maschinen ausgeführt werden könnten. In der Höhe des Substituierbarkeitspotenzials kommt die Wahrscheinlichkeit zum Ausdruck, dass es zu technologiebedingten Veränderungen in den Tätigkeitsprofilen von Berufen kommt und Branchen in unterschiedlichem Maße auf veränderte Qualifikationsbedarfe reagieren müssen.

Es gibt verschiedene, vielschichtige Gründe dafür, dass vorhandene Substituierbarkeitspotenziale seitens der Arbeitgeber nicht vollständig oder auch gar nicht genutzt werden. So können beispielsweise die Tätigkeitsprofile in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial an die neuen Gegebenheiten angepasst werden, so dass Mitarbeiter\*innen, anstatt durch Technologie ersetzt und in der Folge entlassen zu werden, weiterhin im Betrieb beschäftigt bleiben können. Auch dürfen bei der Abschätzung der

---

<sup>2</sup> Natürlich ist es durchaus möglich, dass Computer und computergesteuerte Maschinen jegliche Kerntätigkeit (siehe Kapitel 2.2) eines Berufs potenziell ausführen könnten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in solchen Fällen, sollte es zu einer weitreichenden Automatisierung kommen, häufig eher eine Neustrukturierung der beruflichen Inhalte erfolgt, als dass ganze Berufsbilder verschwinden.



Arbeitsmarktwirkungen des technologischen Fortschritts betriebswirtschaftliche Voraussetzungen nicht unberücksichtigt bleiben: Investitionen in digitale Technologien müssen sich lohnen. Selbst wenn die Preise z. B. für Computer weiter sinken, ist es möglich, dass die den Beschäftigten gezahlten Löhne für die Ausführung potenziell substituierbarer Tätigkeiten (Personalkosten) niedriger ausfallen als die (Investitions-) Kosten, die bei einer Umstellung auf Computer oder computergesteuerte Maschinen anfallen würden. Ein weiteres Argument für das Festhalten an der menschlichen Arbeitskraft trotz technologischer Alternativen können Konsumpräferenzen sein, welche durch das Image und/oder die Qualität eines hergestellten Produktes oder einer erbrachten Dienstleistung beeinflusst werden. So wird z. B. die Qualität von in Handarbeit hergestelltem Brot gegenüber jenem aus rein maschineller Produktion als hochwertiger wahrgenommen und Kunden sind bereit, für diese bessere Qualität einen höheren Preis zu zahlen (Dengler/Matthes 2018). Im Ergebnis bedeutet dies, dass der Beruf des Bäckers, der ein hohes Substituierbarkeitspotenzial aufweist, unter diesen Bedingungen nie komplett von computergesteuerten Maschinen übernommen werden wird. Zudem haben Arbeitskräfte gegenüber Maschinen häufig dann einen Vorteil bzw. werden eher nicht substituiert, wenn flexibel auf die zu erledigenden (veränderlichen) Arbeitsanforderungen reagiert werden muss. Zuletzt können zudem auch rechtliche oder ethische Hürden einer Substitution entgegenstehen (Bonin/Gregory/Zierahn 2015).

Überdies darf nicht unerwähnt bleiben, dass im Zuge der zunehmenden Digitalisierung auch neue Arbeitsplätze entstehen: Fachkräfte werden gebraucht, um die neuen Maschinen zu entwickeln, zu bauen, zu steuern und zu warten. Und schließlich kann mit einem Produktivitätswachstum auch eine steigende Beschäftigung einhergehen, wenn Preissenkungen eine steigende Nachfrage und hierüber eine nachfolgende Produktionsausweitung zur Folge haben (Möller 2015). In der Summe kann also, wenn die positiven Impulse stärker als die negativen ausfallen, der Gesamtbeschäftigungseffekt durch die fortschreitende Digitalisierung durchaus auch positiv ausfallen.

Da der technologische Wandel kontinuierlich voranschreitet, hat sich das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) vorgenommen, das Substituierbarkeitspotenzial alle drei Jahre zu aktualisieren (Kruppe et al. 2019: 8). Derzeit liegen insgesamt drei Berechnungen des Substituierbarkeitspotenzials vor, nämlich für die Jahre 2013, 2016 und 2019. Grundlage bildete der Stand der technologischen Entwicklung im jeweiligen Jahr.

## 2.2 Daten und Methode

Um für Niedersachsen abschätzen zu können, wie stark bestimmte Berufe von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden könnten und welche Branchen davon in welchem Ausmaß betroffen sind, werden die von Dengler und Matthes (2015a, 2015b, 2018, 2021) errechneten Anteile der Routinetätigkeiten in den einzelnen Berufen und Jahren genutzt. Die Autorinnen verwenden als Datengrundlage ihrer Berechnungen berufskundliche Informationen aus der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit (BA), die online Informationen über alle in Deutschland bekannten Berufe zur Verfügung stellt. Das BERUFENET wird vor allem bei der Berufsberatung oder bei der Arbeitsvermittlung genutzt und umfasst

aktuell ca. 4.000 Kernberufe<sup>3</sup>. Es enthält z. B. Informationen über die zu erledigenden Aufgaben in der jeweiligen beruflichen Tätigkeit, über die verwendeten Arbeitsmittel, über die Gestaltung von Arbeitsbedingungen und über notwendige Ausbildungen oder rechtliche Regelungen.

Für die Berechnung des Substituierbarkeitspotenzials wird die Anforderungsmatrix (in der BA auch als Kompetenzmatrix bezeichnet) aus den Jahren 2013, 2016 und 2019 verwendet, in der den Einzelberufen ca. 8.000 Anforderungen bzw. Tätigkeiten zugeordnet sind. Welche Tätigkeiten für einen Beruf zentral sind, arbeiten Berufsexperten im Auftrag der Bundesagentur für Arbeit auf Basis von Ausbildungsordnungen oder Stellenausschreibungen heraus. In einem unabhängigen Dreifach-Codier-Verfahren (Dengler/Matthes/Paulus 2014) wurde jede Anforderung aus der jeweiligen Anforderungsmatrix immer aufs Neue danach beurteilt, ob sie jeweils zum aktuellen Zeitpunkt von Computern oder computergesteuerten Maschinen hätte ausgeführt werden können. Dabei wurden nur die Anforderungen betrachtet, die für die Ausübung des Berufes unerlässlich sind (Kernanforderungen/-tätigkeiten). Bei der Entscheidung, ob eine Arbeitsanforderung als Routine- oder Nicht-Routine-Tätigkeit verstanden werden soll, wurde explizit recherchiert, ob die jeweilige Arbeitsanforderung im jeweiligen Jahr, d. h. 2013, 2016 oder 2019, allein unter dem Gesichtspunkt der technischen Machbarkeit von Computern oder computergesteuerten Maschinen hätte ausgeführt werden können.<sup>4</sup> Die Ersetzbarkeit durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ist also zentrales Entscheidungskriterium dafür, ob eine Arbeitsanforderung als Routine- oder Nicht-Routine-Tätigkeit definiert wird.

Der Anteil der Routinetätigkeiten wird berechnet, indem die Summe aller Kernanforderungen in jedem Einzelberuf, die einer Routinetätigkeit zugeordnet werden, durch die gesamte Anzahl der Kernanforderungen im jeweiligen Einzelberuf dividiert wird.<sup>5</sup> Da Einzelberufe mit hohen Beschäftigtenzahlen das Substituierbarkeitspotenzial stärker beeinflussen als Einzelberufe mit einer kleinen Beschäftigtenzahl, wird zur Ermittlung des Substituierbarkeitspotenzials auf Branchenaggregatsebene der gewichtete Durchschnitt der Anteile auf Einzelberufsebene berechnet. Die Gewichtung erfolgt auf Basis der Beschäftigtenzahlen jeweils am 31. Dezember der Jahre 2013, 2016 und 2019 in Niedersachsen.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Mit Kernberuf ist die aktuellste beziehungsweise jüngste Berufsbezeichnung für einen bestimmten Beruf gemeint. So gibt es für den Beruf „Kraftfahrzeugmechatroniker\*in“ ältere Berufsbezeichnungen wie „Kraftfahrzeugmechaniker\*in“ oder spezifischere Berufsbezeichnungen wie „Kraftfahrzeugmechatroniker\*in – Schwerpunkt Karosserietechnik“, die jeweils mit den Anforderungen des Kernberufs „Kraftfahrzeugmechatroniker\*in“ verknüpft sind (vgl. Dengler/Matthes 2018).

<sup>4</sup> Für nähere Informationen siehe Dengler/Matthes/Paulus (2014) sowie Dengler/Matthes (2015a). Beispielsweise konnten von den Kerntätigkeiten im Verkäuferberuf einige Tätigkeiten nach programmierbaren Regeln im Jahr 2019 durch einen Computer oder eine computergesteuerte Maschine ausgeführt werden: Die Warenauszeichnung ist digital ersetzbar, weil die Produkte heutzutage mit einem Barcode oder einem Minichip ausgestattet sind. Die Abrechnung ist digital ersetzbar, weil die Scannerkasse per Knopfdruck jederzeit den Kassenbestand und eine Reihe weiterer Informationen ausdrucken kann. Aber auch das Kassieren kann durch Selbstbedienungskassen ersetzt werden, sowie das Verpacken durch Verpackungsmaschinen. Letztlich wurde im Zuge der zweiten Revision der Substituierbarkeitspotenziale auch der Verkauf aufgrund der nunmehr allgemein verfüg- und einsetzbaren Blockchain-Technologie als automatisierbar eingestuft (Dengler/Matthes 2021). Einzig die Kundenberatung und -betreuung ist eine interaktive, durch Computer nur schlecht ersetzbare Tätigkeit. Im Verkäuferberuf könnten damit im Jahr 2019 fünf von sechs Kerntätigkeiten computerisiert werden. Das entspricht einem Substituierbarkeitspotenzial von 83 Prozent.

<sup>5</sup> Die für einen Beruf beschriebenen Kerntätigkeiten gehen aufgrund der vorhandenen Datenlage derzeit mit jeweils gleichem Gewicht in die Berechnung des Substituierbarkeitspotenzials ein. Die Ermittlung kerntätigkeitsspezifischer Gewichte bleibt zukünftigen Forschungsvorhaben vorbehalten. Dies kann im Ergebnis zu Über- oder auch Unterschätzungen von Substituierbarkeitspotenzialen führen.

<sup>6</sup> Vgl. Dengler/Matthes/Paulus (2014) und Dengler/Matthes (2015a) für detailliertere Informationen zum methodischen Vorgehen.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Zuschnitt der nachfolgend untersuchten 28 Branchen<sup>7</sup> (siehe Tabelle A 1, Anhang), sowie die Wahl der räumlichen Aggregationsebene auf Basis der Datenverfügbarkeit erfolgt ist. Um die Auswirkungen beider Megatrends, d. h. jenem der Digitalisierung und dem Klimawandel, in Kapitel 4 in einem gemeinsamen Koordinatensystem auswerten zu können, bedarf es einer weitestgehend einheitlichen Analyseebene. Hier wirkt vor allem die Datenlage bzw. -verfügbarkeit der Faktoren, die zur Berechnung des Klima-CRI in Kapitel 3 herangezogen werden, beschränkend. Der sich ergebende Branchenzuschnitt bildet das Verarbeitende Gewerbe recht umfangreich ab, weist aber erhebliche Lücken mit Blick auf den Dienstleistungssektor auf. Der analysierte Branchenzuschnitt umfasst hierbei zu allen drei Untersuchungszeitpunkten **rund 50 Prozent** aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SvB) in Niedersachsen (siehe Tabelle A 2, Anhang).

### 2.3 Substituierbarkeitspotenziale nach Wirtschaftsabteilungen

Die nachfolgende Betrachtung nach Wirtschaftsabschnitten und -abteilungen gibt Hinweise darauf, wie sich die beruflichen Substituierbarkeitspotenziale auf die einzelnen Branchen aufteilen. Dabei wird zunächst in Abbildung 1 das Substituierbarkeitspotenzial als solches für die Jahre 2013, 2016 und 2019 dargestellt, um hiernach in Abbildung 2 den Grad der Betroffenheit einer Branche anhand der Beschäftigten in Berufen mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial zu taxieren.

Insgesamt ergibt sich für die Höhe des Substituierbarkeitspotenzials in den einzelnen Jahren ein vergleichsweise homogenes Bild. So liegt das Substituierbarkeitspotenzial in 22 (2013) bzw. 23 Branchen (2016, 2019) in einem Korridor von +/- 10 Prozentpunkten um das jeweilige durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial der 28 Branchen. 2013 lag es bei 55,9 Prozent, stieg bis 2016 auf 64,8 Prozent und erreichte 2019 68 Prozent. Auf Berufsaggregatebene ist das Bild deutlich heterogener (siehe Wrobel/Althoff 2021: 16). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der dortigen Analyse alle Dienstleistungsberufe bzw. auch alle Beschäftigten in Dienstleistungsberufen, die häufig über spürbar niedrigere Substituierbarkeitspotenziale verfügen als solche in der Industrie, enthalten sind. In der vorliegenden Studie fehlen hingegen, wie zuvor unter 2.2 bereits ausgeführt, breite Teile des Dienstleistungssektors, beispielsweise die Wirtschaftsabschnitte P (Erziehung und Unterricht), Q (Gesundheits- und Sozialwesen), R (Kunst, Unterhaltung und Erholung) sowie S (Erbringung von sonstigen Dienstleistungen) und damit ein Großteil der in Dienstleistungsberufen Beschäftigten.

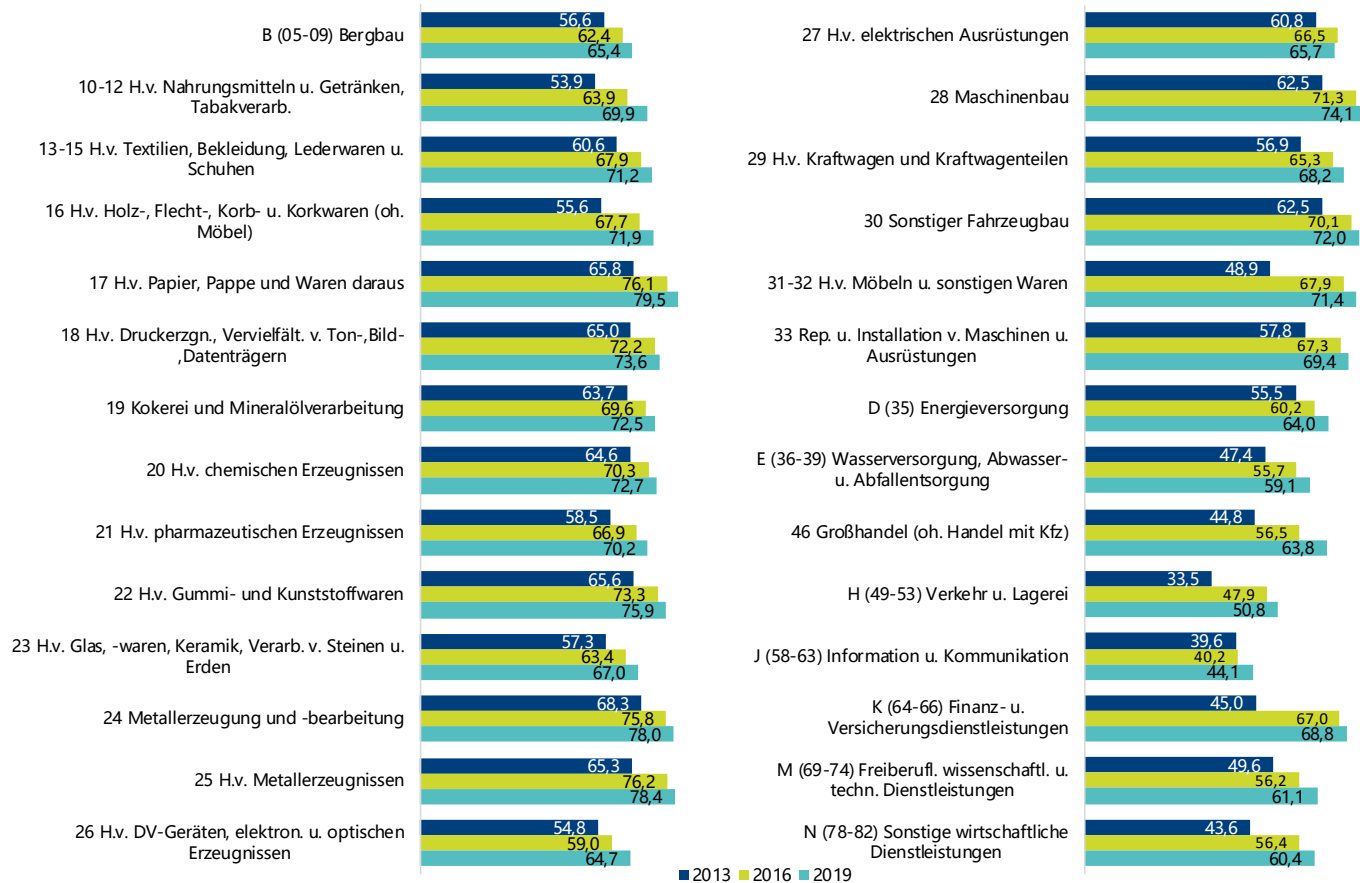
Die höchsten branchenbezogenen Substituierbarkeitspotenziale im Jahr 2019 sind in den Wirtschaftsabteilungen Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17, 79,5 Prozent), Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25, 78,4 Prozent) sowie Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24, 78 Prozent) zu finden (siehe Abbildung 1). Diese drei Branchen vereinten im Dezember 2019 rund 3,2 Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SvB) in Niedersachsen auf sich (siehe Tabelle A2, Anhang).

---

<sup>7</sup> Es handelt sich hierbei um einen Mix aus Wirtschaftsabschnitten und -abteilungen, sowie Zusammenfassungen von Wirtschaftsabteilungen. Der Einfachheit halber werden diese nachfolgend einheitlich als Branchen bezeichnet.

**Abbildung 1: Substituierbarkeitspotenziale nach ausgewählten Branchen in Niedersachsen in den Jahren 2013, 2016 und 2019**

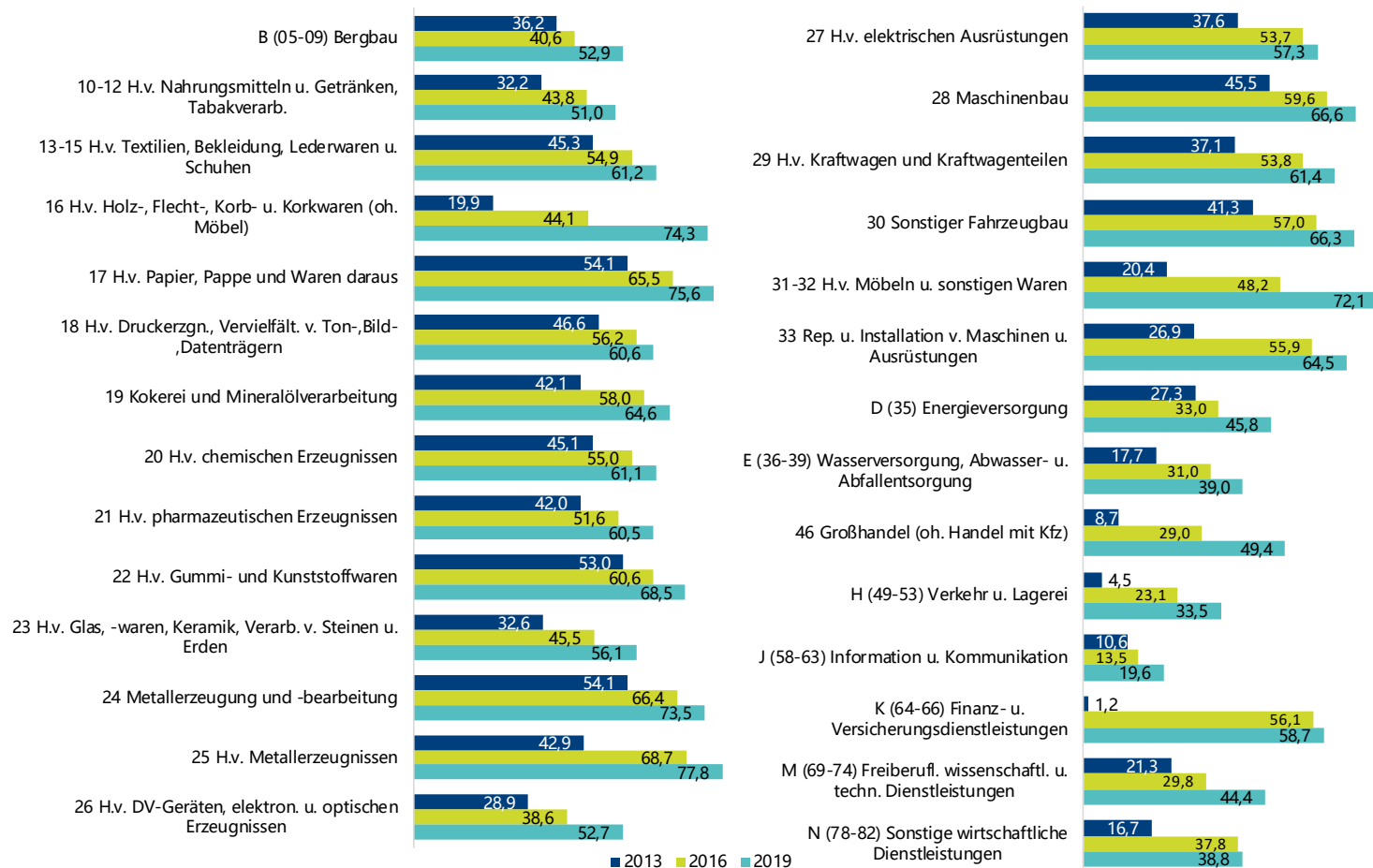
Anteile in Prozent



Quelle: BERUFENET (2013/2016/2019); Statistik der BA (31.12.2013/2016/2019); eigene Berechnungen. © IAB

**Abbildung 2: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen mit einem hohem Substituierbarkeitspotenzial (über 70 Prozent) nach ausgewählten Branchen in Niedersachsen in den Jahren 2013, 2016 und 2019**

Anteile in Prozent



Quelle: BERUFENET (2013/2016/2019); Statistik der BA (31.12.2013/2016/2019); eigene Berechnungen. © IAB

Demgegenüber lag das Substituierbarkeitspotenzial in den Wirtschaftsabschnitten Information und Kommunikation (WZ J, 44,1 Prozent), Verkehr und Lagerei (WZ H, 50,8 Prozent) und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung (WZ E, 59,1 Prozent) noch unter der Marke von 60 Prozent und damit vergleichsweise niedrig. In diesen drei Bereichen arbeiteten zum gleichen Zeitpunkt rund 8,3 Prozent aller SvB im Land.

Dieses Bild kann noch erweitert werden. So zeigt sich z. B. für 2019, dass in 11 der 28 untersuchten Branchen, in denen der Anteil der SvB im Dezember 2019 jeweils mehr als 1 Prozent der Gesamtbeschäftigung in Niedersachsen betrug, acht ein Substituierbarkeitspotenzial von z. T. deutlich unter 70 Prozent aufwiesen. In diesen acht Branchen waren Ende 2019 gut ein Drittel aller SvB in Niedersachsen beschäftigt.

Auffällig ist zudem, dass das Substituierbarkeitspotenzial von einem Untersuchungszeitpunkt auf den nächsten, mit Ausnahme der Branche Herstellung von elektronischer Ausrüstung (WZ 27, von 2016 auf 2019), überall von Jahr zu Jahr angestiegen ist. Ein sehr ähnliches Bild liefert die vorangegangene Studie von Wrobel und Althoff (2021) zum Substituierbarkeitspotenzial in Niedersachsen auf Ebene von Berufsaggregaten. In dieser Entwicklung der Substituierbarkeitspotenziale kommt vor allem zum Ausdruck, dass sich der technologische Wandel, sozusagen als Taktgeber, schneller vollzieht, als dass sich berufliche Inhalte immer wieder zeitnah an die sich verändernden Rahmenbedingungen anpassen lassen (Wrobel/Althoff 2021: 15; Dengler/Matthes 2021: 7). Die Zunahme des Substituierbarkeitspotenzials von 2013 auf 2019 liegt zwischen 4,5 Prozentpunkten im Segment Information und Kommunikation (WZ J) und 23,8 Prozentpunkten im Segment Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (WZ K).

Abbildung 2 zeigt den Anteil hoch substituierbarer Beschäftigungsverhältnisse in den ausgewählten 28 Branchen in Niedersachsen für die Jahre 2013, 2016 und 2019. Verglichen mit Abbildung 1 fallen hier die Entwicklungen und Unterschiede deutlich markanter aus. So liegt der Anteil der Beschäftigten, die sich mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial (> 70 Prozent) konfrontiert sehen, in 2019 in der Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25) bei 77,8 Prozent, während er im Segment Information und Kommunikation (WZ J) nur vergleichsweise geringe 19,6 Prozent beträgt – ein ausgeprägter Unterschied von 58,2 Prozentpunkten. Im Hinblick auf das Substituierbarkeitspotenzial als solches fiel der Abstand mit 35,4 Prozentpunkten erheblich niedriger aus.

Insbesondere in den Branchen des Verarbeitenden Gewerbes liegt der Anteil der Beschäftigten in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial zumeist über dem berechneten Durchschnitt der 28 Branchen. Dieser betrug zu den betrachteten Zeitpunkten 31,8 Prozent (2013), 47,5 Prozent (2016) und 57,4 Prozent (2019). So liegt im Jahr 2019 der Anteil der besonders betroffenen Beschäftigten in den Branchen Herstellung von Holz-, Flecht- Korb- und Korkwaren (WZ 16, 74,3 Prozent), Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17, 75,6 Prozent), Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24, 73,5 Prozent), Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25, 77,8 Prozent) und Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (WZ 31-32, 72,1 Prozent) bei jeweils über 70 Prozent. Hervorzuheben ist jedoch, dass einige beschäftigungsstarke Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (siehe Tabelle A 1), wie beispielsweise die Branchen Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken; Tabakverarbeitung (WZ 10-12, 51 Prozent) sowie die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29, 61,4 Prozent) einen im

Vergleich auffallend niedrigen bzw. als moderat zu bezeichnende Anteil an Mitarbeiter\*innen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial beschäftigen.

Nicht nur in der Höhe des Anteils der Beschäftigten in Berufen mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial, sondern auch in der Entwicklung dieses Anteils von 2013 auf 2019 gibt es zwischen den Branchen erhebliche Unterschiede. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich der Anteil in keiner der beobachteten Branchen rückläufig entwickelt hat. Während die Zunahmen im Segment Information und Kommunikation (WZ J) mit 9 Prozentpunkten und im Bereich Herstellung von Textilien, Bekleidung, Lederwaren und Schuhen (WZ 13-15) mit 15,9 Prozentpunkten das untere Ende des Wachstumstrends markieren, bilden die Branchen Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (WZ 31-32, +51,7 Prozentpunkte), Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (WZ 16, +54,5 Prozentpunkte) sowie Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (WZ K, +57,5 Prozentpunkte) das obere Ende ab. Gerade bei letztgenannter Branche zeigt sich aber, dass (außerordentliche) Entwicklungssprünge, wie sie hier von 2013 auf 2016 erfolgt sind (siehe Abbildung 2), zumeist eher auf die zugrundeliegende Methodik zurückzuführen sind, als auf viele disruptive Technologien, die etwa zeitgleich ihre Marktreife erlangt haben. So arbeiteten 2013 rund 56 Prozent der etwa 81.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in dieser Branche in Niedersachsen im Beruf der Bankkaufleute. Dieser Beruf wies 2013 ein Substituierbarkeitspotenzial von 45,7 Prozent auf. Insbesondere das sich in diesem Zeitraum durchsetzende und sprunghafte zunehmende Online-Banking führte dazu, dass sich der Wert bis 2016 auf 76,5 Prozent erhöhte und damit die 70 Prozent-Marke übersprang, ab der per Definition von einem hohen Substituierbarkeitspotenzial gesprochen wird. Hinzu kamen noch einige weitere, in der Branche weniger beschäftigungsstarke Berufe, deren Substituierbarkeitspotenzial ebenfalls jeweils die 70 Prozent-Schwelle überschritt, z. B. jener der Büro- und Sekretariatsfachkräfte (von 61,3 auf 78 Prozent). All jene Beschäftigten flossen also 2013 noch nicht mit ein in die Berechnung des Beschäftigtenanteils mit hohem Substituierbarkeitspotenzial, wohl aber 2016.

## 3 Megatrend Klimawandel

### 3.1 Klimawandel und Klimapolitik

Der Klimawandel ist eine der großen globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Ein seit der Industrialisierung zunehmend hoher Ausstoß klimaschädlicher Emissionen (insbesondere der Treibhausgas-Emissionen), lässt die mittlere globale Temperatur steigen, was u. a. eine Erhöhung des Meeresspiegels und eine Zunahme extremer Klimaphänomene sowie der Klimavariabilität zur Folge hat. Die volkswirtschaftlichen Folgekosten sind schon heute als immens zu bezeichnen. Kemfert errechnete bereits 2007, dass bei einem Ausbleiben verstärkter globaler Klimaschutzbemühungen allein in Deutschland bis 2050 insgesamt Folgekosten in Höhe von bis zu 800 Mrd. Euro anfallen würden. In einer aktuelleren Studie von Prognos, Netrax Consulting und dem Institut für nachhaltige Kapitalanlagen (NKI), die im Auftrag von KfW Research durchgeführt und 2021 veröffentlicht wurde, wird davon ausgegangen, dass zum Erreichen der angestrebten Klima- bzw. Treibhausgasneutralität in Deutschland im Jahr 2045



rund 192 Mrd. Euro pro Jahr (5,2 Prozent des BIP) investiert werden müssten (Brandt/Römer/Schwarz 2021: 2).

Wichtigstes klimapolitisches Ziel zur Eindämmung der Entwicklung ist, den Anstieg der globalen Erwärmung so gering wie möglich zu halten. Hierzu gelang es den Vertragsparteien der 1992 in New York ratifizierten Klimarahmenkonventionen der Vereinten Nationen (196 Staaten sowie die EU) auf der UN-Klimakonferenz in Paris im Dezember 2015 ein Klimaabkommen zu vereinbaren, in welchem festgehalten wurde, dass der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur deutlich unter + 2 Grad Celsius zu halten sei (gemessen vom Beginn der Industrialisierung bis zum Jahr 2100). Wenn irgend möglich, sollten die Bemühungen sogar dahin gehen, den Anstieg auf + 1,5 Grad Celsius zu begrenzen.

Dieses gesetzte Ziel global zu erreichen ist jedoch voraussetzungsvoll. So sind gegenwärtig erhebliche finanzielle Aufwendungen seitens der Staaten nötig, um eine spürbare Absenkung der Treibhausgasemissionen zu erreichen. Diesen Kosten stehen jedoch erst in der Zukunft liegende, vermiedene Kosten durch die Auswirkungen des Klimawandels gegenüber. Derart aufgewendete finanzielle Mittel stehen zudem nicht mehr zur Realisierung von Projekten zur Verfügung, die unmittelbarer Einfluss auf die Lebenssituation der derzeitigen Bevölkerung in einem Land haben – ein für viele Wähler und politische Entscheidungsträger nicht unwesentlicher Aspekt. Von den Investitionen in den Klimaschutz profitieren also vornehmlich nachfolgende Generationen.

Auch die sich zum Teil deutlich unterscheidenden sozialen und wirtschaftlichen Verhältnisse in den einzelnen Ländern erschweren die globale Bekämpfung des Klimawandels. So sehen viele Entwicklungs- und Schwellenländer vor allem die industrialisierten Länder in der Pflicht, dem Klimawandel mit Maßnahmen zu begegnen, da diese auch als Hauptverursacher angesehen werden. Zudem würden, so die Argumentation vieler Entwicklungs- und Schwellenländer, strenge klimaschutzspezifische Regulierungen den Aufholprozess ihrer Wirtschaft ab- bzw. ausbremsen. Letztlich, und das ist auch ein Teil der Wahrheit, wird es auch Länder geben, die vom Klimawandel profitieren, bspw. jene, in denen „Landstriche fruchtbar und für Ackerbau und Viehzucht nutzbar werden“ (Bardt 2011: 9). Mit anderen Worten kann eine klimabezogene Kosten-Nutzen-Abwägung für jedes Land durchaus unterschiedlich ausfallen. Da es keine Vorschriften und keine Institutionen gibt, die das Ausbleiben einer Beteiligung an der Bekämpfung des globalen Klimawandels durch eigene klimaschutzspezifische Investitionen sanktionieren, d. h. maximal ein Imageverlust als Folge befürchtet werden muss, kann für viele Länder ein Trittbrettfahrerverhalten durchaus eine Option darstellen (Bardt 2011: 10).

## 3.2 Daten und Methode

Durch den Klimawandel verändern sich sukzessive die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für viele Unternehmen. Hier sind, neben dem Klima als solchem, insbesondere zwei Einflussfaktoren zu nennen, nämlich die staatliche Klimapolitik sowie die durch den Klimawandel induzierten Entwicklungen auf den Märkten. So können verändernde Großwetterlagen und größere Schwankungen der Witterung die wirtschaftliche Grundlage einiger Wirtschaftsbereiche, insbesondere im Agrarsektor, nachhaltig beeinflussen. Von staatlicher Seite können klimaschutzbezogene Regulierungen und Auflagen die wirtschaftliche Situation von Unternehmen belasten, nämlich u. a. dann, wenn diese finanzielle Mittel zur Einhaltung neuer



Rahmenbedingungen aufwenden müssen. Diese Mittel fehlen den Unternehmen in der Folge an anderer Stelle, beispielsweise in der Produkt- und Prozessentwicklung. Die Probleme für Unternehmen, die sich aus staatlichen Klimaschutzbedingten Auflagen ergeben (können), erhöhen sich zudem dann drastisch, wenn ein Staat hierbei eine Vorreiterrolle einnimmt, d. h. andere Staaten auf die Einführung derartiger Auflagen verzichten. Gerade exportorientierte Unternehmen haben in einem solchen Fall kaum Möglichkeiten, die durch die Auflagen zusätzlich entstehenden Kosten über Preiserhöhungen an die Kunden weiterzugeben, was letztlich ihre Wettbewerbsfähigkeit einschränkt (Bardt 2011: 21). Allerdings hat der Staat auch Möglichkeiten Unternehmen bei der Transformation hin zu klimafreundlicheren Produktionsprozessen und Produkten über Förderprogramme zu unterstützen. Schließlich müssen viele Unternehmen auch auf veränderte Konsumpräferenzen hin zu klimafreundlicheren Produkten und Herstellungsprozessen reagieren, die aus einem veränderten Klimabewusstsein in der Bevölkerung resultieren.

Unternehmen und Wirtschaftszweige sind jedoch in ganz unterschiedlichem Ausmaß von den sich verändernden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen durch den Klimawandel betroffen. Chancen ergeben sich vor allem dann, wenn sie Produkte herstellen oder Dienstleistungen anbieten, die helfen das +1,5 Grad-Celsius-Ziel zu erreichen. Es dürften z. B. jene Unternehmen profitieren, die Dämmstoffe zur Isolierung von Gebäuden herstellen, da hierüber der Energieverbrauch, und damit letztlich die häufig noch Emissionen verursachende Energieerzeugung, reduziert werden kann (Bardt 2011: 43). Auf der anderen Seite können Risiken überwiegen, wenn politische Vorgaben oder sich verändernde Konsumpräferenzen Unternehmen zwingen, Produktionsprozesse und/oder Produkte an die sich verändernden Rahmenbedingungen anzupassen oder gar komplett zu überdenken. Ein in der öffentlichen Wahrnehmung prominent diskutiertes Beispiel sind die politischen Vorgaben zur Produktion deutlich schadstoffärmerer Kraftfahrzeuge, was eine strukturelle Verschiebung in der Produktion weg von Verbrennungsmotoren hin zu Elektroantrieben angestoßen hat.

Neben Chancen und Risiken gibt es nach Bardt (2011: 24 f.) zudem noch sogenannte Verstärkerfaktoren, d. h. Faktoren, die Chancen und Risiken verkleinern oder vergrößern können. Bardt nennt hier drei: die *Außenhandelsintensität* sowie den *Grad der Investitions-* und den der *Innovationstätigkeit*. Wie bereits angedeutet, kann eine hohe Außenhandelsintensität dazu führen, dass aufgrund des erhöhten Wettbewerbs nicht alle Kostensteigerungen, die aus rein national beschlossenen, klimaschutzbedingten Regulierungen hervorgehen, über Preiserhöhungen an die Kunden weitergegeben werden können. Die Risiken staatlicher, nur in Deutschland geltender Regulierungen würden für Unternehmen betroffener Branchen also umso schwerer wiegen, je stärker ihre (absatzbezogene) Außenhandelsverflechtung ausfällt. Der Grad der Investitionstätigkeiten hingegen kann als Indikator dafür herangezogen werden, inwieweit die Ausstattung und Arbeitsmittel (Maschinen, Anlagen etc.) eines Unternehmens immer wieder an den aktuellen technologischen Stand angepasst werden und, wenn nötig, auch Ausweitungen der Produktionsmittel stattfinden. Dies erhöht die Chance, sich neu ergebende Marktchancen nutzen zu können und mindert parallel die Risiken, die sich bspw. aus neuen politischen Regulierungen ergeben können (bspw. eine Verschärfung von einzuhaltenden Schwellwerten). Die Innovationstätigkeit wiederum kann als Gradmesser dafür gesehen werden, wie ausgeprägt die Bemühungen eines Unternehmens sind, ganz neue Marktchancen zu erschaffen. Hierbei

können z. B. in der Produktentwicklung ganz bewusst klima(schutz)bedingte Veränderungen auf den Märkten, bspw. im Konsumverhalten, aufgegriffen werden, was die späteren Absatzchancen des Produkts potenziell erhöhen sollte. Auch können Risiken, die mit politischen Vorgaben verbunden sind, z. B. über innovative Veränderungen von Produktionsprozessen, schon frühzeitig verringert werden.

An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den Klimaschutzbezogenen Chancen und Risiken – ebenso wie schon bei der Automatisierung von Tätigkeiten im Zuge der zunehmenden Digitalisierung (siehe 2.1) – nur um Potenziale handelt. So müssen Chancen genutzt werden und Risiken sich tatsächlich realisieren, um letztlich einen Einfluss auf ein Unternehmen und darüber auf die Beschäftigten zu haben (Bardt 2011: 45 f.).

### 3.2.1 Daten

Anders als in der Studie von Bardt (2011), die schwerpunktmäßig das Verarbeitende Gewerbe analysiert, wird in dieser Studie versucht, ein möglichst breites wirtschaftliches Spektrum abzubilden. Hierbei setzt die Datenverfügbarkeit jedoch klare Grenzen. Insbesondere fehlende sekundärstatistische Daten zur Innovationstätigkeit von Unternehmen im Dienstleistungssektor grenzen die branchenbezogenen Analysemöglichkeiten ein. Verglichen mit dem Branchenzuschnitt in der zugrunde liegenden Studie von Bardt<sup>8</sup>, sind letztlich der Großhandel sowie die Wirtschaftsabschnitte E, H, J, K, M und N<sup>9</sup> hinzugekommen (siehe Tabelle A 1, Anhang). Zudem liegen die Daten, die zur Berechnung des Klima-CRI benötigt werden, in aller Regel nur auf Bundesebene vor. Mit anderen Worten: Eine Berechnung des Klima-CRI auf Ebene der Bundesländer oder gar der Kreise ist nicht ohne weiteres möglich. Aufgrund dessen wird der Bezug des Bundes-Klima-CRI zu Niedersachsen nachfolgend im Kapitel 4 über die Berücksichtigung der Beschäftigungsanteile in den Branchen an der Gesamtbeschäftigung in Niedersachsen (Tabelle A 3, Anhang) graphisch hergestellt (Abbildung 12 sowie Abbildung A 3, Anhang) und nachfolgend diskutiert.

Analog zur Vorgehensweise bei Bard (2011) sollen im Folgenden die Faktoren, die in die Berechnung des Klima-CRI einfließen, kurz einzeln betrachtet werden. Die Argumentationslinien haben sich hierbei seit der Veröffentlichung der Studie von Bardt kaum verändert, weshalb diese unter 3.2.1.1 und 3.2.1.2 im Grundsatz nachvollzogen werden. Über die Einzeldarstellung lässt sich ein erster Eindruck über die Wirkrichtung der Faktoren sowie deren Bedeutung für einzelne Branchen gewinnen, was allein anhand des nachfolgend unter 3.3 berechneten Index nicht möglich ist. Auftretende Abweichungen im Hinblick auf die genutzten Faktoren im Vergleich zur Studie von Bardt werden nachfolgend unter 3.3.3 diskutiert.

---

<sup>8</sup> Da der Branchenzuschnitt bei Bardt (2011) noch auf der Wirtschaftszweigsystematik (WZ) 2003 beruht, ergeben sich einige kleinere Änderungen im Branchenzuschnitt in der vorliegenden Studie, der die WZ 2008 zugrunde liegt.

<sup>9</sup> Die Branchenzuschnitte der Wirtschaftsabschnitte M und N weichen im Kapitel 3 von jenen im Kapitel 2 aufgrund fehlender Daten ab. Im Wirtschaftsabschnitt N in Kapitel 3 fehlt die Wirtschaftsabteilung 77 (Vermietung von beweglichen Sachen). Da diese weniger als 4 Prozent der SvB im Wirtschaftsabschnitt N ausmacht, ist dies in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar. Im Wirtschaftsabschnitt M hingegen fehlen die beiden Wirtschaftsabteilungen 70.1 (Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben) und 75 (Veterinärwesen). Insbesondere die Abteilung 70.1 macht zu allen Untersuchungszeitpunkten mehr als 20 Prozent der SvB im Wirtschaftsabschnitt M aus. Trotz dieser Abweichungen wurden beide Abschnitte in der nachfolgenden Analyse berücksichtigt, um die im Branchenzuschnitt spärlich vorhandenen Dienstleistungsbranchen nicht noch weiter auszudünnen.

### 3.2.1.1 Chancen- und Risikofaktoren

Zu den Chancen- und Risikofaktoren, die in die Berechnung des Klima-CRI eingehen, zählen die Menge der ausgestoßenen Treibhausgase, der Energieverbrauch, staatliche klimaschutzrelevante Regulierungen und staatliche klimaschutzrelevante Förderungen. Nur bei den Letztgenannten handelt es sich um einen Chancenfaktor, die übrigen drei sind als Risikofaktoren zu werten.

#### Treibhausgasemissionen

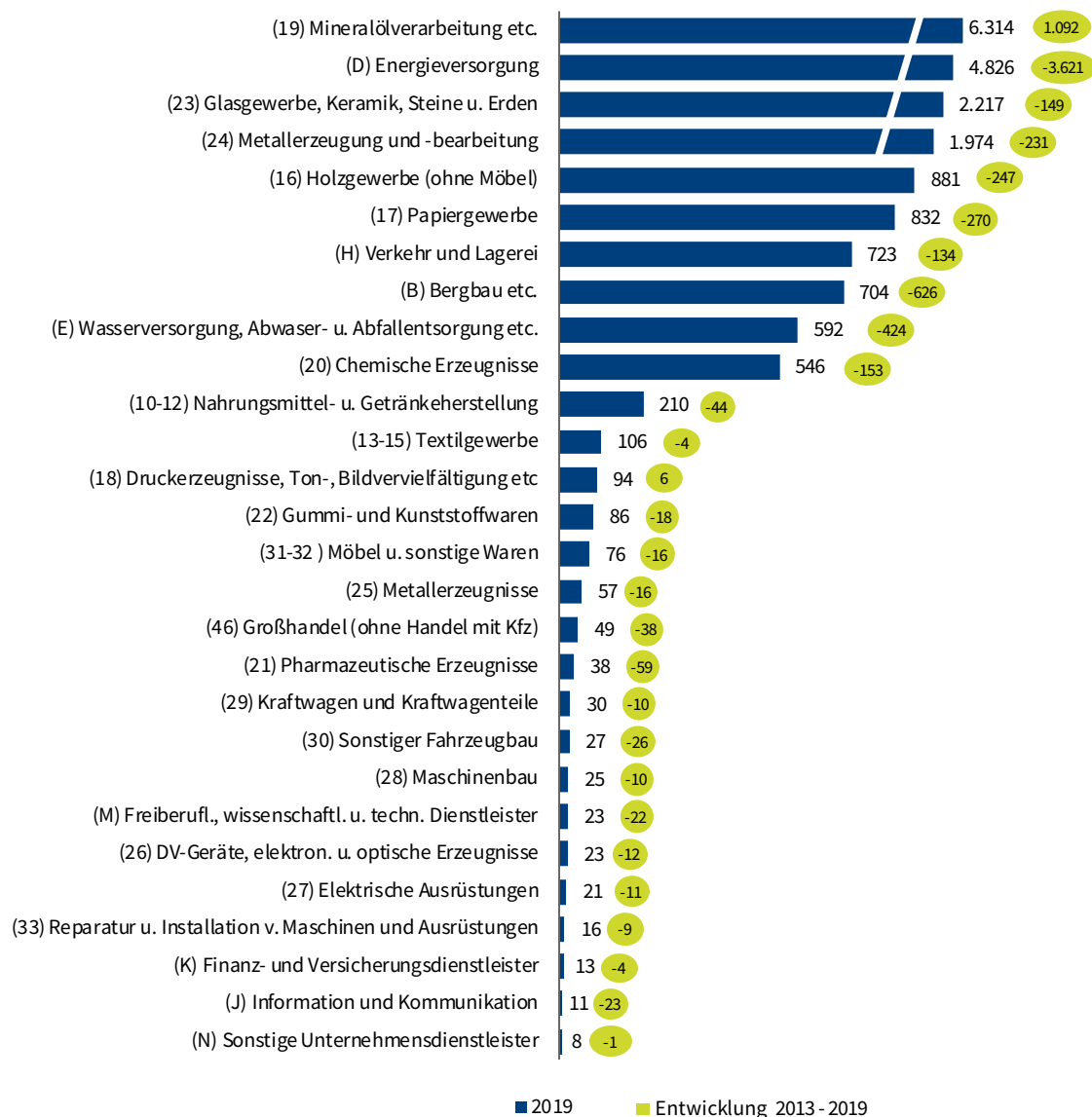
Um die gesetzten Klimaziele zu erreichen, ist es insbesondere wichtig, die Treibhausgas- bzw. CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Ein (nicht unumstrittenes) Instrument zum Erreichen einer Reduzierung ist der Anfang 2005 gestartete EU-Emissionsrechtehandel. Hier müssen Unternehmen, die CO<sub>2</sub> emittieren, für jede emittierte Tonne in der Regel ein Zertifikat vorweisen. Diesen Unternehmen werden pro Jahr eine begrenzte Menge an Zertifikaten durch das Land bzw. ab 2013 durch die Europäische Kommission zugeteilt. Hierbei können sowohl zugeteilte Zertifikate, die nicht (mehr) benötigt werden, am Markt per Auktion versteigert als auch zusätzlich benötigte Zertifikate ersteigert werden; Letzteres vor allem dann, wenn die kostenfrei zugeteilte Menge nicht ausreichend zur Deckung der emittierten Emissionsmenge ist. Ziel des Emissionsrechtehandels ist es, Unternehmen dazu zu bewegen, in emissionsärmere Technologien zu investieren. Lag der Preis pro Zertifikat noch bis 2017 zum Teil deutlich unter 10 Euro, stieg er bis Ende 2019 auf einen Wert von zum Teil merklich über 25 Euro.

Spätestens mit Einführung des EU-Emissionsrechtehandels ist das Emittieren von Treibhausgasen für die meisten Treibhausgasemittenten mit (zusätzlichen) Kosten verbunden – entweder durch den Zukauf benötigter Zertifikate und/oder Investitionen in neue Technologien zur Reduzierung des eigenen Emissionsausstoßes. Insbesondere Branchen mit hohem Ausstoß, wie die Energieversorgung (2019: 307 Mio. t; WZ D), Verkehr und Logistik (101 Mio. t; WZ H) und, mit einigem Abstand, die Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (42 Mio. t; WZ 23), die Metallerzeugung und -bearbeitung (42 Mio. t; WZ 24), die Kokerei- und Mineralölverarbeitung (27 Mio. t; WZ 19) und die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (25 Mio. t; WZ 20), sind von der Einführung der Bepreisung der Emissionen wirtschaftlich betroffen.

Zur Beurteilung der Risiken und Chancen, die sich für Unternehmen der einzelnen Branchen aus dem Klimawandel bzw. der Klimapolitik ergeben, muss aber anstatt der absoluten Emissionswerte eine relative Betrachtung des Ausstoßes vorgenommen werden. So werden zusätzliche Kosten, die Unternehmen durch die Bepreisung der Treibhausgasemissionen direkt oder indirekt zu tragen haben, in Relation zur Bruttowertschöpfung (BWS), d. h. dem Gesamtwert der im Produktionsprozess erzeugten Waren und Dienstleistungen (abzüglich des Werts der Vorleistungen), gesetzt. Auf diese Weise wird die zusätzliche finanzielle Belastung für ein Unternehmen in Relation zum Output gesetzt. Je höher die erzeugte Bruttowertschöpfung je ausgestoßener Tonne CO<sub>2</sub> ausfällt, desto weniger gravierend sollten die zusätzlichen Kosten für ein Unternehmen zu Buche schlagen. Abbildung 3 zeigt für das Jahr 2019 die Treibhausgasemissionen in Gramm je Euro Bruttowertschöpfung sowie die Entwicklung des Wertes von 2013 auf 2019.

### Abbildung 3: Spezifische Treibhausgasemissionen

In Gramm je Euro Bruttowertschöpfung



Quelle: Statistisches Bundesamt 2021a, 2021b; eigene Berechnungen. © IAB

Die Top 4 Branchen emittieren zwischen knapp zwei und mehr als sechs Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Euro BWS. Der Spitzenreiter ist hierbei die Branche Kokerei- und Mineralölverarbeitung (WZ 19) mit gut 6,3 Kilogramm. Dieser Wert ist zudem, anders als in nahezu allen anderen betrachteten Branchen, dadurch gekennzeichnet, dass er seit 2013 angewachsen ist, nämlich um gut ein Kilogramm. Mit 4,8 Kilogramm pro Euro BWS weist die Energieversorgung (WZ D) den zweithöchsten spezifischen Ausstoß auf. Anders als in der Branche Kokerei- und Mineralölverarbeitung, hat sich im Bereich der Energieversorgung der spezifische CO<sub>2</sub>-Ausstoß seit 2013 massiv, nämlich um über 3,6 Kilogramm je Euro BWS reduziert. Ein wesentlicher Grund hierfür dürfte, neben Effizienzmaßnahmen, der im Untersuchungszeitraum deutliche Anstieg des Anteils der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung sein. Dieser stieg von 25,1 Prozent im Jahr 2013 auf 48,1 Prozent im Jahr 2019 (Bundesamt für Wirtschaft und Energie 2021: 5). Auf

Rang drei und vier folgen die Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (2,2 Kilogramm/Euro BWS; WZ 23) und die Metallherzeugung und -bearbeitung (2,0 Kilogramm/Euro BWS; WZ 24). Auf Rang 5 bis 10 befinden sich Branchen, wie z. B. Verkehr und Lagerei (WZ H) oder Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20), bei denen zwischen rund 900 und 550 Gramm je Euro BWS anfallen. Nahezu alle nachfolgend platzierten Branchen weisen einen Wert von unter 100 Gramm je Euro BWS auf.

Das ökonomische Gewicht des Treibhausgasausstoßes wird deutlich, wenn die Zertifikatpreise herangezogen werden. Wird bspw. für 2019 der Mittelwert der Tageskurse in Höhe von 24,72 Euro je Tonne CO<sub>2</sub>-Ausstoß herangezogen (Börse-online 2022), ergeben sich für die Branche Kokerei- und Mineralölverarbeitung (WZ 19) Energiekosten in Höhe von 15,5 Cent je Euro BWS und für die Branche der Energieversorgung (WZ D) immer noch rund 11,7 Cent je Euro BWS.

Letztlich zeigt sich, dass mit dem Beginn der Bepreisung des Emissionsausstoßes im Jahr 2005 Unternehmen, die in nennenswertem Umfang Treibhausgase emittieren, zusätzliche Kosten in nicht unerheblichem Umfang mit einkalkulieren müssen. Dies dürfte aufgrund hoher Unsicherheiten zunehmend schwerer fallen, nicht nur, weil zusätzlich benötigte Zertifikate über ein Auktionsverfahren ersteigert werden müssen, sondern die Preise seit einigen Jahren spürbar steigen. So lag der durchschnittliche Preis für ein Zertifikat im Jahr 2021 schon bei 52,50 Euro, wobei am 17. Dezember für das Jahr 2021 ein Tageshöchststand von 82,25 Euro erreicht wurde (Umweltbundesamt 2022). Hohe Treibhausgasemissionen stellen also ein beachtliches wirtschaftliches Risiko dar.

### Energieverbrauch

Der Energieverbrauch ist ein zweiter Risikofaktor. Energie, zumeist in Form von Strom, wird vielfach über die Verbrennung fossiler Energieträger (Schwarz- und Braunkohle, Torf, Erdöl und Erdgas) gewonnen und ist somit ein Ansatzpunkt für die Klimapolitik. In Deutschland geschieht dies im Untersuchungszeitraum insbesondere über die Umlage nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG), die etwa 20 Prozent des Strompreises (Stand 2021) ausmacht und bis dato als zentrales Steuerungs-/Finanzierungsinstrument der Regierung für den Ausbau der erneuerbaren Energien gilt.<sup>10</sup> In der Möglichkeit einer Verteuerung der Energiekosten, insbesondere durch staatliche klimaschutzspezifische Regulierungen, ist also vor allem für energieintensive Unternehmen ein hohes wirtschaftliches Risiko zu sehen.

In den Fällen, in denen fossile Ressourcen zur Erzeugung von Energie genutzt werden, gibt es zudem eine Schnittmenge zum Aspekt der Emissionen, da die Energieerzeugung über die Verbrennung dieser Stoffe erfolgt, was wiederum Treibhausgase erzeugt.<sup>11</sup> Auch hier kann es über den politischen Wunsch der Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu Auflagen in der Nutzung dieser Art von Brennstoffen kommen, was zusätzliche (Energieerstellungs-) Kosten verursachen würde und mithin ein Risiko darstellt.

---

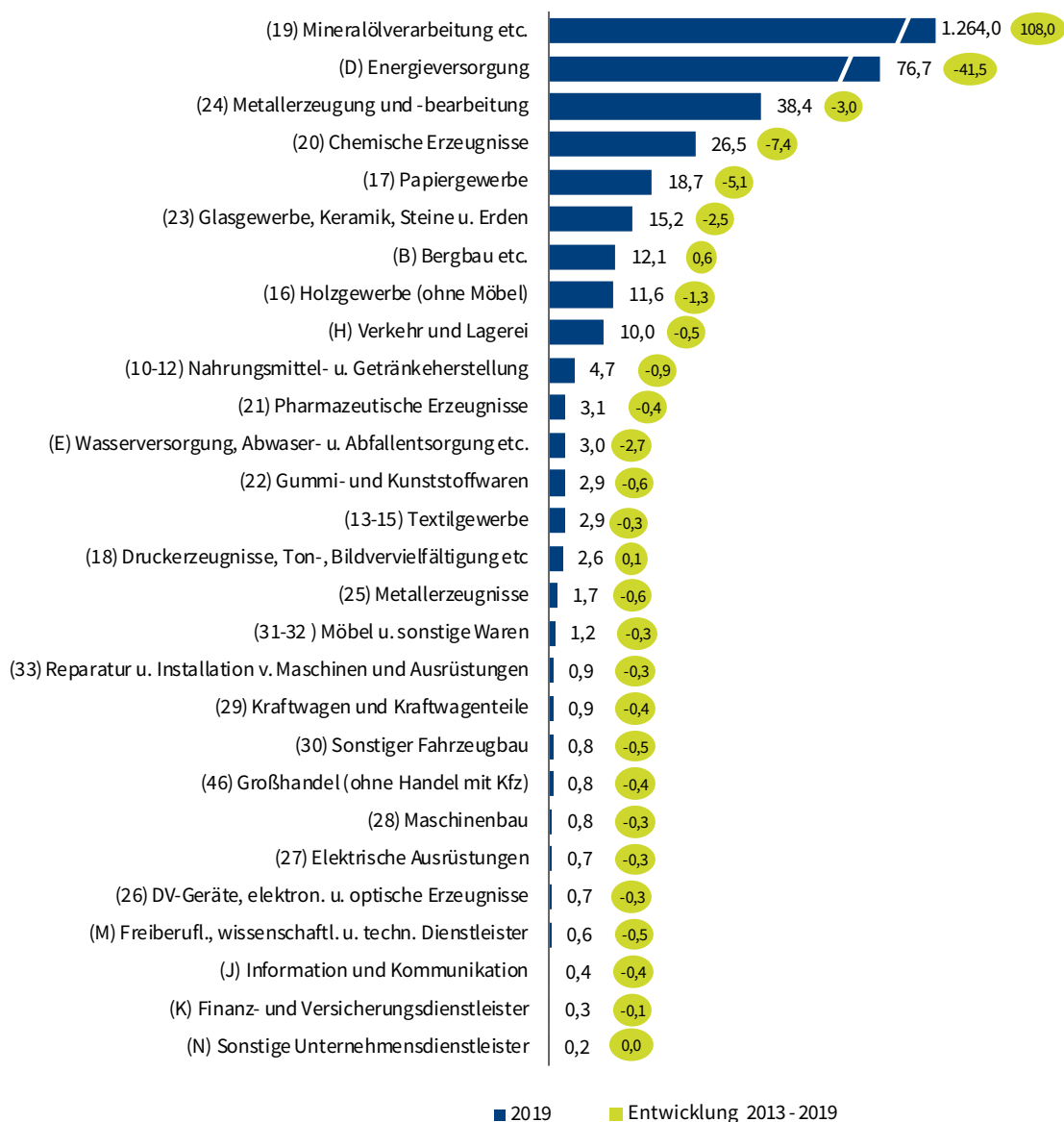
<sup>10</sup> Die in Deutschland seit Dezember 2021 regierende Ampel-Koalition hat sich in ihrem Koalitionsvertrag darauf geeinigt, die EEG-Umlage ab Anfang 2023 abzuschaffen. Aufgrund der aktuellen Preisentwicklungen im Energiesektor wurde der Termin auf Sommer 2022 vorverlegt.

<sup>11</sup> Diesem Punkt wird – analog zu Bardt (2011: 47) – Rechnung getragen, indem die spezifischen Treibhausgase nur mit halbem Gewicht in die nachfolgenden Berechnungen einfließen (siehe auch nachfolgend 3.2.2).

Abbildung 4 zeigt den spezifischen Energieverbrauch in den 28 untersuchten Branchen im Jahr 2019 auf sowie dessen Entwicklung von 2013 auf 2019.<sup>12</sup>

#### Abbildung 4: Spezifischer Energieverbrauch

In Megajoule je Euro Bruttowertschöpfung



Quelle: Statistisches Bundesamt 2021b, 2021c; eigene Berechnungen. © IAB

<sup>12</sup> In Anlehnung an Bardt (2011) wird in dieser Studie ebenfalls der komplette Energieverbrauch als Faktor herangezogen. Dieser umfasst neben der erzeugten Prozessenergie (Primärenergieverbrauch) auch jene, die der Volkswirtschaft zur Nutzung, d. h. für Produktions- und Konsumzwecke zur Verfügung gestellt wird. Durch dieses Vorgehen wird der Energieverbrauch (im klassischen Sinne) insbesondere in den Umwandlerbranchen Kokerei und Mineralölverarbeitung sowie Energieversorgung deutlich überzeichnet. Neben der Tatsache, dass der Energieverbrauch in beiden Branchen auch beim Heranziehen nur des Primärenergieverbrauchs im Vergleich hoch bleibt, wird dem Aspekt der Überzeichnung später über Alternativberechnungen (3.3.2) Rechnung getragen.

Wie schon bei den spezifischen Treibhausgasemissionen, belegt die Kokerei- und Mineralölverarbeitung (WZ 19) auch im Hinblick auf den spezifischen Energieverbrauch mit gut 1.264 Megajoule (MJ) je Euro BWS Platz 1. Mit deutlichem Abstand folgen dann auf Platz 2 die Energieversorgung (WZ D) mit 76,7 MJ je Euro BWS. Auf den nachfolgenden Plätzen mit einem Energieverbrauch von immer noch  $\geq 10$  MJ je Euro BWS folgen die Metallherzeugung und -bearbeitung (38,4 MJ je Euro BWS; WZ 24), die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (26,5 MJ je Euro BWS; WZ 20), die Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (18,7 MJ je Euro BWS; WZ 17), die Herstellung von Glas und Glaswaren, Verarbeitung von Steinen und Erden (15,2 MJ je Euro BWS; WZ 23), der Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (12,1 MJ je Euro BWS; WZ B), die Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (11,6 MJ je Euro BWS; WZ 16) und Verkehr und Lagerei (10 MJ je Euro BWS; WZ H). In den allermeisten der betrachteten Branchen ist der spezifische Energieverbrauch von 2013 auf 2019 gesunken. Eine nennenswerte Ausnahme stellt hierbei wieder die Kokerei- und Mineralölverarbeitung (WZ 19) dar, in welcher der spezifische Energieverbrauch im genannten Zeitraum um 108 MJ je Euro BWS stieg.

Anhand von eigenen Berechnungen auf Basis der Bruttowertschöpfung, der Produktionswerte sowie dem Energieverbrauch (als Anteil am Bruttoproduktionswert) (Statistisches Bundesamt 2021b, 2021c, 2022) lassen sich die real anfallenden (spezifischen) Energiekosten je Euro BWS beziffern, was aufgrund der Datenverfügbarkeit aber nur für den Großteil der untersuchten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes möglich war. So fallen die spezifischen Energiekosten mit Blick auf das Jahr 2019 insbesondere für die Branchen Metallherzeugung und -bearbeitung (WZ 24) mit knapp 30 Cent je Euro BWS, Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (15 Cent; WZ 17) und in der Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (14,4 Cent; WZ 23) erheblich aus. Damit stellen Erhöhungen der Energiekosten im Zuge Klimaschutzspezifischer Maßnahmen, insbesondere für energieintensiv produzierende Unternehmen, ein nicht unerhebliches wirtschaftliches Risiko dar.

### **Staatliche klimaschutzrelevante Regulierungen**

Das Erreichen des Klimaziels einer Erderwärmung von maximal +1,5 Grad Celsius ist ohne zusätzliche klimaschutzbezogene Maßnahmen nicht mehr möglich. So gab es in den zurückliegenden Jahren immer wieder neue und/oder weitreichendere Umweltschutzauflagen/-maßnahmen, bspw. im Bereich energieeffizienter Neubauten und energetischer Gebäudesanierung, bei den Abgasrichtwerten u. a. für die Automobilindustrie sowie Anpassungsmaßnahmen im Hinblick auf landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweisen (nachhaltige Landwirtschaft). Die Umsetzung politischer Vorgaben ist für die Unternehmen in den seltensten Fällen kostenneutral. Unternehmen haben verschiedene Möglichkeiten, diesen Vorgaben über Anpassungsmaßnahmen zu begegnen. So können sie z. B. in neuere Technologien bspw. zur Reduzierung des Energieverbrauchs oder des Treibhausgasausstoßes investieren, und/oder versuchen, die zusätzlich entstehenden Kosten über Preiserhöhungen an die Kunden zu überwälzen. Letzteres ist häufig aber nur dann möglich, wenn sich die Nachfrage als mehr oder weniger preisunelastisch herausstellt (Bardt 2011: 41). In Summe sind klimaschutzrelevante Regulierungen aus Unternehmenssicht also eher mit Risiken für ihre aktuellen Geschäftsmodelle zu assoziieren.

Hat Bardt (2011) diesen Aspekt noch über Erkenntnisse einfließen lassen, die er aus Expertenbefragungen gewonnen hat, so soll in dieser Studie auf sekundärstatistisches



Datenmaterial zurückgegriffen werden. Das Statistische Bundesamt publiziert ab dem Jahr 2008 die Statistik der „Umweltbezogenen Steuern und Abgaben“, mit der in dieser Studie die zusätzliche finanzielle Belastung der Unternehmen durch die von staatlicher Seite eingeführten Klimaschutzrelevanten Regulierungen approximiert werden soll. Die Statistik kann somit als sehr einfacher Gradmesser für die (negative wirtschaftliche) Betroffenheit der Branchen von der Klimapolitik verstanden werden.

In Abbildung 5 ist zu sehen, dass die umweltschutzbezogenen Steuern und Abgaben<sup>13</sup>, gemessen in Euro je 1.000 Euro BWS, in 2019 mit knapp 120 Euro mit Abstand am höchsten in der Branche der Kokerei- und Mineralölverarbeitung (WZ 19) ausfallen.<sup>14</sup> In den beiden nachfolgenden Branchen Energieversorgung (WZ D) und Verkehr und Lagerei (WZ H) beträgt der Wert jeweils nur noch 31,10 Euro bzw. 30,60 Euro. Eine noch immer relativ hohe Belastung mit einem Betrag zwischen 25,- und 26,- Euro, ergibt sich für die Branchen Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24), Bergbau sowie Gewinnung von Steinen und Erden (WZ B), Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17) und Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20). Bei den Branchen mit sehr geringen spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben handelt es sich erwartungsgemäß um jene aus dem Dienstleistungssektor, wie bspw. die Branche der sonstigen Dienstleistungen (WZ N) oder die der Finanz- und Versicherungsdienstleister (WZ K). In den Branchen Energieerzeugung (WZ D), Verkehr und Lagerei (WZ H) sowie Bergbau (WZ B), die vergleichsweise hohe spezifische umweltbezogene Steuern und Abgaben aufweisen, sind diese von 2013 auf 2019 gesunken. Hierfür dürfte sich u. a. die Zunahme der Energieerzeugung aus regenerativen Energieträgern, der zunehmende Einsatz von ökologischeren Technologien im Bereich des Verkehrswesens sowie die Stilllegungen von Förderstätten im Zuge des Anfang 2007 von der Politik beschlossenen Komplettausstiegs aus der Steinkohleförderung in Deutschland bis Ende 2018 verantwortlich zeichnen. In den Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19), Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24), Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17) und Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20), die ebenfalls vergleichsweise hohe spezifische Steuern und Abgaben aufweisen, sind diese im Untersuchungszeitraum hingegen weiter gestiegen. Dies fußt im Wesentlichen darauf, dass hier die umweltbezogenen Steuern und Abgaben weit stärker gestiegen sind als die BWS, welche sich überdies in der Branche Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) im Untersuchungszeitraum sogar rückläufig entwickelt hat.

---

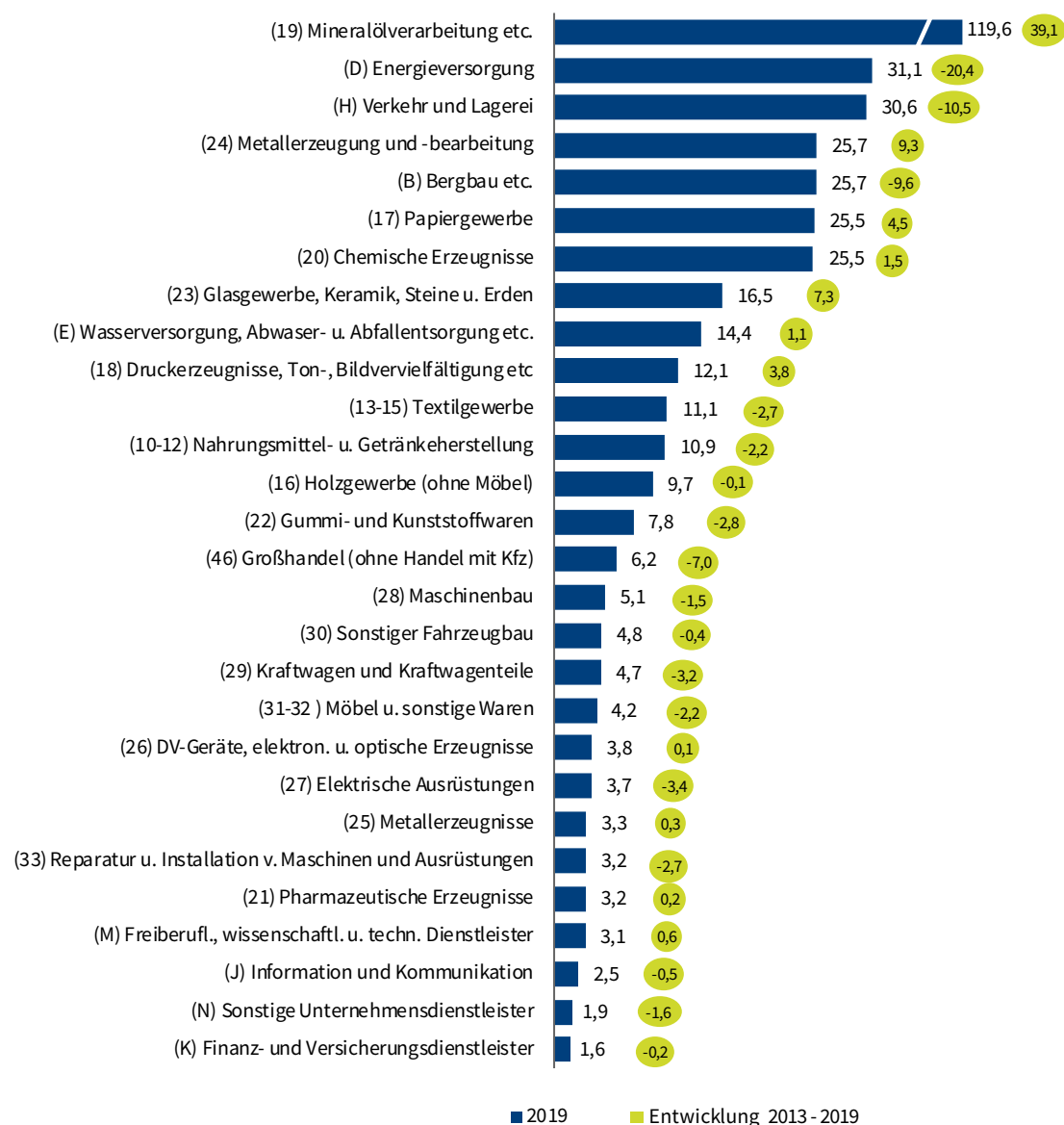
<sup>13</sup> Bei den Werten für 2019 handelt es sich um vorläufige Werte. Die endgültigen Werte lagen laut Statistischem Bundesamt zum Zeitpunkt der Berechnung des Klima-CRI (März 2022) noch nicht vor.

<sup>14</sup> Dieser hohe Wert ergibt sich aus dem Zusammenspiel von einer seit 2017 deutlich abnehmenden Bruttowertschöpfung im Zweig bei gleichzeitig stark ansteigenden umweltbezogenen Steuern und Abgaben. Da für 2020 noch keine Daten vorliegen, bleibt unklar, ob es sich hierbei um eine anhaltende Entwicklung oder nur um einen Peak handelt. Denn mit Ausnahme des Jahres 2014, in welchem die spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben einen Wert von rund 107,- Euro je 1.000 Euro BWS erreichten, lagen diese in den übrigen Jahren innerhalb des Untersuchungszeitraums (mit Ausnahme 2019) in einem Wertebereich zwischen etwa 70,- und 85,- Euro.



## Abbildung 5: Umweltschutzbezogenen Steuern und Abgaben

In Euro je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung



Quelle: Statistisches Bundesamt 2021b, 2021d; eigene Berechnungen. © IAB

Ähnlich wie bei den beiden Faktoren Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch, weist auch der Faktor der umweltbezogenen Steuern und Abgaben Schnittmengen mit einigen anderen der in dieser Studie verwendeten Faktoren auf. Der Faktor setzt sich aus den beiden Umweltsteuerkategorien „Energiesteuern“ und „Verkehrssteuern“ zusammen. Erstere lässt sich in die Energiesteuer (vormals Mineralölsteuer), die Stromsteuer, die Zahlung für Emissionsberechtigungen und den Beitrag zum Erdölbevorratungsverband unterteilen; letztere in die Kraftfahrzeugsteuer und die Luftverkehrssteuer. Insbesondere die Kategorie der Energiesteuern weist über die Elemente Energiesteuer und Zahlungen für Emissionsberechtigungen Schnittmengen mit den Faktoren Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen auf. Die inhaltliche Schnittmenge mit den Treibhausgasemissionen dürfte hierbei jedoch deutlich ausgeprägter sein.

So sind u. a. Energiearten fossiler Herkunft (Mineralöle, Erdgas, etc.), fossile Energieträger (Stein- und Braunkohle, Koks, etc.) sowie nachwachsende Energiearten (Pflanzenöle, Alkohole, etc.) in der Energiesteuer Gegenstände der Besteuerung. Die Höhe der jeweiligen Steuer beim Einsatz der genannten Stoffe zur Energiegewinnung ist in § 2 Energiesteuergesetz (EnergieStG) geregelt. Die Höhe der einzelnen Steuersätze kann im Prinzip jederzeit seitens der Politik geändert bzw. an veränderte Rahmenbedingungen angepasst werden. Mit der Energiesteuer wird somit ein spezifischer Faktor der Energieerstellungskosten adressiert, was vor allem für Unternehmen, die aufgrund ihres hohen Energieverbrauchs die benötigte Prozessenergie ganz oder in Teilen selber erzeugen, von wirtschaftlicher Bedeutung ist.

Die inhaltliche Schnittmenge der Energiesteuer mit dem Aspekt der Treibhausgasemissionen ist noch direkter. So wurde in diesem Kapitel im Hinblick auf den Ausstoß von Treibhausgasen argumentiert, dass diese als Risiko zu werten sind, da vor allem stark emittierende Unternehmen häufig zusätzliche Emissionszertifikate am Markt im Auktionsverfahren hinzukaufen müssen, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Der Aspekt der Zahlung für Emissionsberechtigungen ist aber auch explizit Teil der Energiesteuern und somit des Faktors der umweltbezogenen Steuern und Abgaben. Ein Separieren der Zahlungen für Emissionsrechte ist laut Statistischem Bundesamt nicht möglich, da es sich bei der Statistik der umweltbezogenen Steuern und Abgaben um Ergebnisse eines „Gesamt-Rechensystems“ handelt, bei welchem partiell auch Eckwerte mittels Verteilerschlüssel auf tiefer gelegene (Wirtschaftszweig-) Klassifikationen heruntergebrochen werden. Somit liegt nicht durchgehend eine bottom-up Aggregation vor, die sich top-down wieder (mehrdimensional) kohärent in ihre Bestandteile zerlegen lässt.<sup>15</sup>

Vor dem Hintergrund der vorhandenen Schnittmengen und zur Begrenzung des Einflusses möglicher Doppelzählungen fließen die Energiesteuern als Teil der umweltbezogenen Steuern und Abgaben, ähnlich wie schon die Treibhausgasemissionen (siehe Fußnote 11), nur mit halbem Gewicht in die nachfolgenden Berechnungen des Klima-CRI ein (siehe 3.2.2).

### **Staatliche klimaschutzrelevante Förderungen**

Staatliche klimaschutzbezogene Förderprogramme bzw. Förderrichtlinien bilden sozusagen das Gegenstück zu dem Aspekt der staatlichen klimaschutzbezogenen Regulierungen. Staatliche Förderungen können Unternehmen dabei unterstützen, eine Transformation hin zu klimagerechterem Wirtschaften (leichter) zu realisieren. Denn mitunter können im Zuge neuer, in Kraft getretener klimaschutzrelevanter Regulierungen erhebliche Anpassungskosten anfallen, die z. B. gerade bei eingesetzten Technologien, die nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, für Unternehmen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten im Einzelfall auch existenzbedrohend ausfallen können. Dass klimaschutzbezogene Förderungen ein erhebliches Volumen aufweisen, zeigt eine Auswertung des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW), in welchem u. a. festgestellt wird, dass die „Subventionspolitik der Bundesregierung [...] zunehmend durch die Klima- und Umweltpolitik geprägt wird“ und beispielsweise 2021 „67 der 128 Finanzhilfen einen Bezug zu den deutschen Klimazielen hatten und mit geplanten 16,2 Milliarden Euro rund zwei Drittel des gesamten Finanzhilfenvolumens ausmachten.“

---

<sup>15</sup> Ende Februar 2022 teilte der Referatsleiter des Referats G25 des Statistischen Bundesamtes mit, dass das Referat aufgrund des offenkundig bestehenden Bedarfs nunmehr daran arbeite, zukünftig die Komponente der Zahlungen für Emissionsrechte in der Statistik einzeln ausweisen zu können.

(Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft 2022: 7). Staatliche Klimaschutzbezogene Förderungen können somit insgesamt als Chancen gewertet werden. Ebenso wie beim Aspekt der staatlichen Regulierungen geschehen und anders als bei Bardt (2011), soll zur Operationalisierung des Faktors der staatlichen Förderungen sekundärstatistisches Datenmaterial herangezogen werden. Problem hierbei ist, dass den Autoren dieser Studie keine Datenquelle bekannt ist, in welcher die beantragten oder geflossenen Fördersummen aus klimaschutzrelevanten Förderprogrammen oder Förderrichtlinien komplett erfasst sind. Zudem liegen Fördersummen zu einzelnen Förderprogrammen auf jenem Aggregationsniveau, wie es (im Hinblick auf die Wirtschaftsbereiche) für diese Studie gewählt wurde, in der Regel nicht öffentlich zugänglich vor. Es existiert eine Vielzahl von klimaschutzrelevanten Förderprogrammen, die von unterschiedlichsten Akteuren und Institutionen verwaltet werden. Zu den bedeutendsten Akteuren auf diesem Feld gehören u. a. das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und die KfW-Bank. Beide Institutionen konnten Daten auf dem in dieser Studie verwendeten Aggregationsniveau sowie für den gewählten Untersuchungszeitraum zur Verfügung stellen. Die Daten umfassen die folgenden klimaschutzspezifischen Förderprogramme/Förderrichtlinien:

Elektromobilität, Kälte-Klima-Richtlinie, Kleinserien-Richtlinie (KLS), BMUB Umweltinnovationsprogramm, KfW-Energieeffizienzprogramm GU, KfW-Energieeffizienzprogramm MU, KfW-Energieeffizienzprogramm KU, KfW-Programm Erneuerbare Energien Standard, KfW Erneuerbare Energien – Premium, KfW Erneuerbare Energien – Premium Geothermie, KfW-Photovoltaik-Programm, KfW-Programm Erneuerbare Energien – Speicher, KfW-Energieeffizienzprogramm EBS Neubau, KfW-Energieeffizienzprogramm EBS Sanierung, KfW-Energieeffizienzprogramm Einzelmaßnahmen, KfW Erneuerbare Energien – Premium KU, KfW-Energieeffizienzprogramm Produktionsanlagen und -prozesse, Klimaschutzoffensive für den Mittelstand, KfW-Energieeffizienzprogramm Abwärme, Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft, Zuschuss Förderung Nutzfahrzeuge, KfW-Energieeffizienzprogramm Abwärme Zuschuss und NER 300.

Diese 23 Förderprogramme/-richtlinien umfassen für die in dieser Studie analysierten Wirtschaftsbereiche in den Jahren 2013, 2016 und 2019 ein Fördervolumen von etwa 6,85, 7,11 und 5,83 Mrd. Euro, was durchaus zu den weiter oben erwähnten, vom IW publizierten Dimensionen der klimaschutzrelevanten staatlichen Förderung passen würde.

Die von der KfW-Bank gelieferten Daten konnten nur auf Grundlage des NACE Codes 93, d. h. auf Basis der veralteten Wirtschaftszweigsystematik 1993 zur Verfügung gestellt werden, welche kaum kompatibel ist mit der in dieser Studie verwendeten Wirtschaftszweigsystematik 2008. So wurden bspw. die in dieser Studie untersuchten Branchen Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (WZ 21), Reparatur und Installation von Maschinen und Anlagen (WZ 33) sowie Freiberufliche wissenschaftliche und technische Dienstleistungen (WZ M) in der WZ 1993 noch gar nicht einzeln ausgewiesen. Um die KfW-Daten dennoch zumindest approximativ nutzen zu können, wurden sie, wie nachfolgend im Unterkapitel 3.2.2 beschrieben, transformiert. Vorweggenommen sei, dass diese Transformationsschritte zu keinen maßgeblichen

Veränderungen in der Höhe der Fördergeldzuweisungen führen, d. h. das Verhältnis in der Höhe der zugewiesenen Fördergelder zwischen den analysierten Branchen insgesamt gewahrt bleibt. Ein wichtiger Punkt ist jedoch, dass alle drei der oben genannten Branchen im Zuge des Verfahrens Fördergeldsummen zugeteilt bekommen haben. Die nachfolgend in Abbildung 6 dargestellten Fördergelder zeigen die Summen nach der Transformation.

Ein weiterer, zu erwähnender Aspekt bei der Nutzung des auf Basis der zugelieferten Daten gebildeten Faktors ist die Selektivität. Trotz der durch die KfW-Daten abgebildeten inhaltlichen Breite der klimaschutzbezogenen Förderung, bildet der Faktor nicht die komplette klimaschutzbezogene Förderlandschaft in Deutschland ab. Würden die Angaben des IW für 2021 herangezogen, in denen von „67 staatlichen Finanzhilfen mit direktem Bezug zu den deutschen Klimazielen“ gesprochen wird, würden die in diese Studie eingeflossenen Förderprogramme (so die KfW-Förderprogramme Bestandteil der IW Zahlen sind) etwa ein Drittel dieser Förderungen abbilden (Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft 2021). Da sich die Daten des IW auf das Jahr 2021 beziehen, unterstellt eine solche Annahme natürlich einen über die Jahre relativ konstant bleibenden Anteil der klimaschutzrelevanten Förderprogramme/-richtlinien an allen staatlichen Förderprogrammen.<sup>16</sup> Ein mit Blick auf die Selektivität weiterer Aspekt ist, dass die berücksichtigten Förderprogramme und -richtlinien nicht für jede Branche gleichermaßen von Bedeutung sein dürften. Insgesamt könnte es durch potenziell vorhandene Selektivitätsprobleme zu einer nicht näher bestimmbar schlechteren Stellung von Branchen im nachfolgend berechneten Klima-CRI kommen.

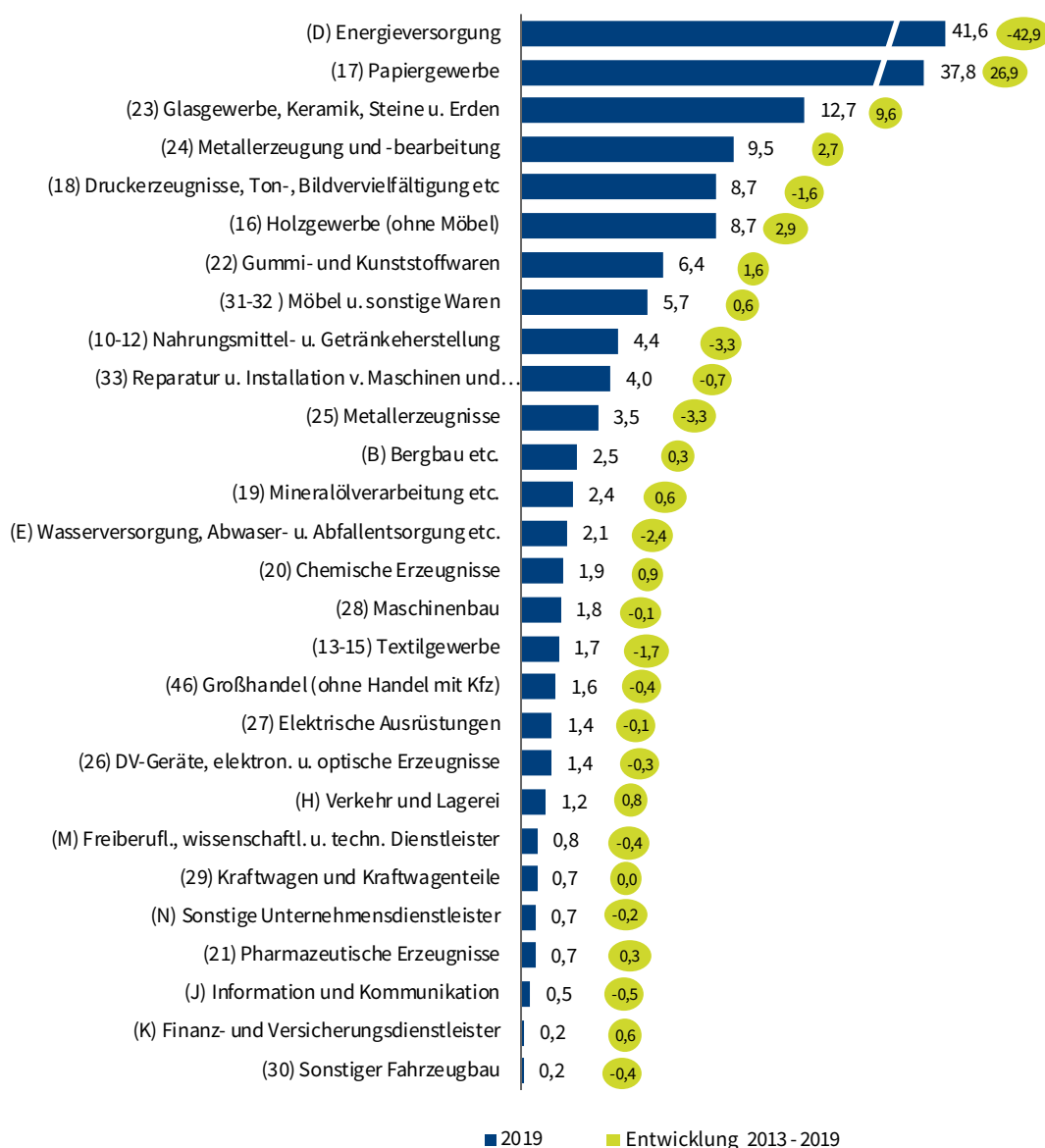
Ein prägnantes Beispiel für das Fehlen bedeutender klimaschutzrelevanter Förderinstrumente stellt die Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG-Umlage) dar. Die EEG-Umlage ist, gemessen am Finanzvolumen, das wahrscheinlich umfangreichste, in Teilen aber eher indirekt wirkende (s. u.) klimaschutzbezogene Förderprogramm in Deutschland. Die Umlage ist Teil des im Jahr 2000 in Kraft getretenen EEG, welches das ältere Stromeinspeisungsgesetz ersetzte. Sie stellt einen Aufschlag auf den regulären Strompreis dar, der vornehmlich zur Finanzierung der ökologischen Transformation in der Energieerzeugung erhoben wird. Über die EEG-Umlage wurden, die Einnahmen- und Ausgabenseite zusammengenommen, in den letzten Jahren immer zwischen 50 und 60 Mrd. Euro bewegt ([www.netztransparenz.de](http://www.netztransparenz.de)). Die Ein- und Ausgaben unterliegen dabei deutlichen Schwankungen, aber es werden jährlich im Mittel grob 25 Mrd. Euro verausgabt. Die EEG-Umlage, so bedeutend sie auch ist, kann in den nachfolgenden Berechnungen des Klima-CRI nicht adäquat berücksichtigt werden. Hierfür sind zwei Gründe ausschlaggebend. Zum einen liegen die Ein- und Auszahlungen bei der Bundesnetzagentur zwar auf Ebene der einzelnen Unternehmen vor. Eine Aggregation auf Ebene der Wirtschaftsabteilungen und -abschnitte, wie sie in dieser Studie verwendet wird, ist seitens der Bundesnetzagentur aber nicht möglich. Zum anderen profitieren insbesondere energieintensiv arbeitende Branchen in Form von Befreiungen oder Teilbefreiungen von der EEG-Umlage, die für diese einen ansonsten nicht unwesentlichen Kostenfaktor darstellen würde. Diese Befreiungen werden aber wiederum durch die einzelnen Netzbetreiber ausgesprochen.

---

<sup>16</sup> Zudem wird der in der IW-Publikation nicht weiter erörterte Begriff der „Finanzhilfen“ mit Förderprogrammen/-richtlinien gleichgesetzt.

**Abbildung 6: Staatliche Fördergelder aus ausgewählten klimaschutzrelevanten Förderrichtlinien/-programmen**

In Euro je 1.000 Euro Bruttowertschöpfung



Quelle: Datenbereitstellung durch das BMU sowie die KfW-Bank; eigene Berechnungen. © IAB

Die Bundesnetzagentur kann, nach eigener Aussage, in ihren Daten durchaus EEG-Befreiungen auf Unternehmensebene als solche erkennen, hat aber keine Informationen über die Höhe der Befreiungen. Über diese Information verfügen ausschließlich die jeweiligen Netzbetreiber. Durch die hieraus resultierende, fehlende Berücksichtigung der EEG-Umlage wird die Situation gerade der energieintensiven Branchen im Klima-CRI also systematisch schlechter dargestellt als sie vermutlich ist.

Ein letzter Punkt, der aufgrund fehlender Informationen methodisch unberücksichtigt bleibt, ist die Laufzeit. So können Fördergelder, die in einem Jahr zugewiesen werden, durchaus auch für Projekte vorgesehen sein, die eine Laufzeit von über einem Jahr vorsehen. Dies kann potenziell zu erhöhten Schwankungen im jährlichen Fördervolumen führen, nämlich dann, wenn in einem

Jahr sehr viele Förderanträge für mehrjährige Projekte bewilligt werden und im darauffolgenden Jahr, ggf. aufgrund personeller und infrastrukturelle Engpässe bei den bereits geförderten Unternehmen, weniger Förderanträge gestellt werden.

Abbildung 6 zeigt die spezifischen, klimaschutzrelevanten staatlichen Fördergelder (ausgewählter Förderprogramme/-richtlinien) im Jahr 2019 sowie deren Entwicklung von 2013 auf 2019. In 2019 sind die mit Abstand höchsten spezifischen Fördersummen an die Branchen Energieerzeugung (41,60 Euro je Tsd. Euro BWS; WZ D) und die Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (37,80 Euro; WZ 17) geflossen. Mit Abstand folgen dann die Branchen Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (12,70 Euro; WZ 23), Metallerzeugung und -bearbeitung (9,50 Euro WZ 24), Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielfältigung von Ton-, Bild-, Datenträgern (8,70 Euro; WZ 18) und Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) (8,70 Euro; WZ 16). Auf der anderen Seite gibt es auch einige Branchen wie z. B. Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (WZ 21) und Information und Kommunikation (WZ J), die keine oder so gut wie keine Fördergelder aus den berücksichtigten klimaschutzbezogenen Förderrichtlinien/-programmen erhalten haben.<sup>17</sup> Auffällig ist, dass die spezifischen Fördersummen von 2013 auf 2019 in den Bereichen Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (Papiergewerbe) (+26,90 Euro; WZ 17) sowie Herstellung vom Glas, Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (+9,60 Euro; WZ23) spürbar angestiegen sind. Gleichzeitig ist die Fördersumme in der Energieversorgung jedoch massiv gesunken (-42,90 Euro; WZ D).

### 3.2.1.2 Verstärkerfaktoren

Verstärkerfaktoren, zu denen innerhalb dieser Studie die Investitionstätigkeit, die Innovationstätigkeit sowie die Außenhandelsintensität zählen, können die Wahrscheinlichkeit des Eintretens klimaschutzbedingter Risiken reduzieren oder bei deren Eintreten dazu beitragen, negative Auswirkungen zu minimieren. Gleichzeitig bergen Verstärkerfaktoren auch das Potenzial, Chancen eher zu ergreifen und positive Effekte hieraus zu steigern.

#### Investitionen

Investitionen von Unternehmen in ihre eigene Struktur zielen häufig auf die Sicherung und Ausweitung ihrer unternehmerischen Handlungsspielräume. Dies kann sowohl über eine Erneuerung und/oder Ausweitung der vorhandenen Produktionsstrukturen (Anlagen, Maschinen etc.) als auch über den Ausbau von Netzwerken, den Zukauf von Patentrechten bis hin zu Unternehmensübernahmen geschehen. Werden solche Investitionen nur in unzureichendem Maße getätigt oder bleiben sie gar ganz aus, veralten die vorhandenen Strukturen sukzessive, was zu einer schleichenden Erosion der Wettbewerbsfähigkeit führen kann. Ein solch negativer Trend ist zudem mit zunehmender Dauer immer schwerer umzukehren, da die Höhe der notwendigen Investitionen stetig wächst und irgendwann der Zeitpunkt erreicht wird, an welchem Investitionen in den Kapitalstock nicht mehr wirtschaftlich darstellbar sind.

---

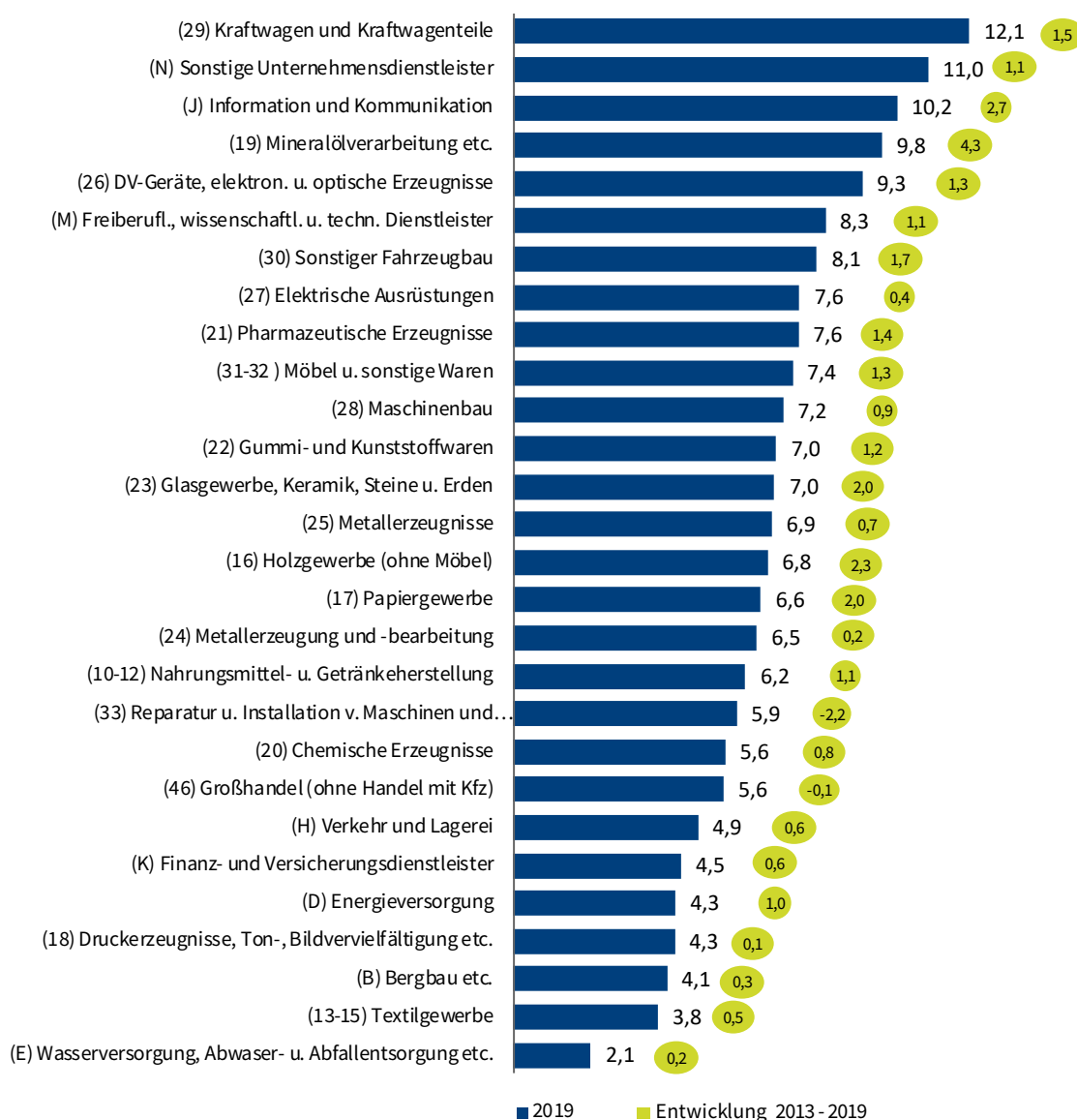
<sup>17</sup> Es gilt hierbei jedoch zu berücksichtigen, dass niedrige Fördersummen nicht per se als „schlecht“ zu beurteilen sind. Branchen, die insgesamt wenig vom Klimawandel und damit der Klimapolitik betroffen sind, dürften aufgrund fehlender Voraussetzungen in deutlich geringerem Ausmaß als stark betroffene Branchen Zugriff auf klimaschutzspezifische Förderprogramme/-richtlinien haben. Die Information zur Stärke der Betroffenheit einer Branche vom Klimawandel bzw. der Klimapolitik fließt implizit über den Faktor der umweltbezogenen Steuern und Abgaben in die Studie mit ein.

Unternehmen, die investieren, um u. a. technologisch auf dem neuesten Stand zu bleiben, sollte es im Hinblick auf den Klimawandel leichter fallen (neuen) staatlichen klimaschutzspezifischen Regulierungen zu begegnen, als jenen Unternehmen, deren eingesetzte Technologien als bereits deutlich veraltet gelten. So sollten notwendige Anpassungsinvestitionen auf Grundlage neuer staatlicher Regulierungen bei den investitionsstarken Unternehmen vergleichsweise geringer ausfallen als bei den investitionsschwachen.

Abbildung 7 zeigt den Anteil der Bruttoanlageinvestitionen am Bruttoanlagevermögen für 2019. Hieraus kann abgeleitet werden, in welcher Höhe Investitionen in die Erneuerung und/oder Ausweitung des vorhandenen Kapitalstocks geflossen sind. Darüber hinaus ist die Entwicklung von 2013 auf 2019 dargestellt.

### Abbildung 7: Investitionstätigkeiten

Anteil der Bruttoanlageinvestitionen am Bruttoanlagevermögen, in Prozent



Quelle: Statistisches Bundesamt 2021b; eigene Berechnungen. © IAB



Deutlich über dem Durchschnitt aller 28 Branchen von 6,8 Prozent investierten insbesondere die Branchen Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (12,1 Prozent des Kapitalstocks; WZ 29), Sonstige Unternehmensdienstleistungen (11 Prozent; WZ N) und Information und Kommunikation (10,2 Prozent; WZ J). Am unteren Ende der Abbildung mit weniger als 4 Prozent Investitionen befinden sich die Branchen Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren sowie Schuhen (3,8 Prozent; WZ 13–15) und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung (2,1 Prozent; WZ E). Die Investitionsneigung liegt 2019 in nahezu allen Branchen höher als in 2013.

Ein Blick auf die Nettoanlageinvestitionen (Bruttoanlageinvestitionen abzüglich der Abschreibungen) bestätigt den Eindruck (siehe Tabelle A 4, Anhang). So gibt es eine Reihe von Branchen, die über den gesamten Betrachtungszeitraum positive Nettoanlageinvestitionen vorweisen können, d. h. den Wert ihres Kapitalstocks kontinuierlich erhöht haben. Hierzu zählen z. B. die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29), Information und Kommunikation (WZ J), der Maschinenbau (WZ 28) und die Branche der sonstigen Unternehmensdienstleistungen (WZ N). Auf der anderen Seite gibt es wiederum Branchen, wie z. B. die Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung (WZ E), den Bergbau (WZ B), die Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielfältigung von Ton-, Bild- und Datenträgern (WZ 18) und die Herstellung von Textilien, Bekleidung, Lederwaren und Schuhen (WZ 13–15), bei denen die Nettoanlageinvestitionen Jahr für Jahr im negativen Bereich lagen, was darauf hinweist, dass „... es über die Jahre unterm Strich zu einer Desinvestition kam, weil die Investitionen nicht ausreichten, um die notwendigen Abschreibungen auszugleichen.“ (Bardt 2011: 37).

### **Innovationen**

Immer neue Innovationen zur Marktreife zu bringen, ist für viele Unternehmen ein wesentlicher Faktor zur langfristigen Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Erfolgreich am Markt platzierte Innovationen vermögen es, neue Standards zu setzen und helfen den innovativen Unternehmen zusätzliche Marktanteile zu gewinnen oder gar komplett neue Märkte zu erschließen. Damit erweitern sie direkt und/oder indirekt ihre unternehmerischen Handlungsspielräume und erhöhen darüber ihre Anpassungsfähigkeit an die sich global wie auch national stetig verändernden ökonomischen Rahmenbedingungen (bspw. über neue technologische Lösungsmöglichkeiten oder auch über eine Ausweitung der finanziellen Ressourcen).

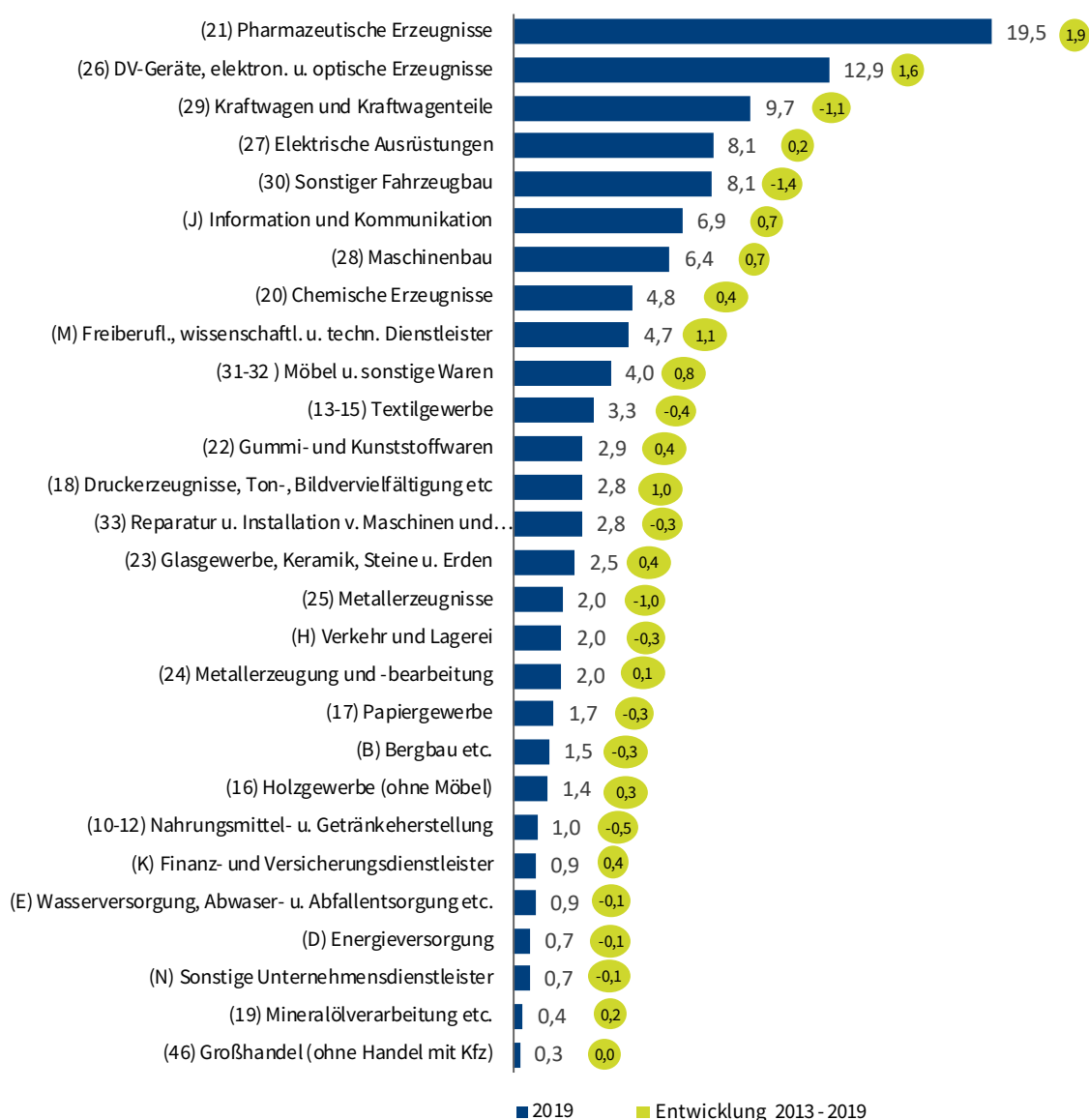
Innovativen Unternehmen sollten also in der Tendenz mehr Handlungsoptionen als nicht innovativen Unternehmen zur Verfügung stehen, um die sich aus dem Klimawandel ergebenden Chancen ergreifen und Risiken, bspw. im Zuge einer anspruchsvollen Klimapolitik, abmildern oder gar ganz eliminieren zu können.

Als Indikator für die Innovationstätigkeit der Unternehmen in den einzelnen Branchen werden die Innovationsausgaben in Relation zum Umsatz herangezogen, die wiederkehrend in den Innovationserhebungen des Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) eruiert werden. Da sich die Innovationstätigkeit als solche wissenschaftlich nur schwer seriös messen lässt, soll mit diesem Indikator der Umfang der Innovationstätigkeiten bzw. die Innovationsintensität approximiert werden (Bardt 2011: 39).



## Abbildung 8: Innovationstätigkeiten

Anteile der Innovationsaufwendungen am Umsatz, in Prozent



Quelle: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), 2021; eigene Berechnungen. © IAB

Die mit Blick auf das Jahr 2019 innovationsstärksten Branchen sind, gemessen an den Innovationsaufwendungen am Umsatz, die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (WZ 21) mit einem Anteil von 19,5 Prozent und die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 26) mit einem Anteil von 12,9 Prozent (Abbildung 8). Auch die Branchen Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (9,7 Prozent; WZ 29), Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (8,1 Prozent; WZ 27) und Sonstiger Fahrzeugbau (8,1 Prozent; WZ 30) liegen deutlich über dem durchschnittlichen Anteil aller 28 Branchen von 4,1 Prozent. In 19 der 28 Branchen liegt der jeweilige Anteil unterhalb des Durchschnitts. In sechs Branchen, wie z. B. dem Großhandel (WZ 46) oder der Energieversorgung (WZ D), liegt der Anteil sogar unterhalb der Marke von einem Prozent, was als Ausdruck dessen gewertet werden kann, dass nicht alle Branchen – mit Blick auf die von den jeweiligen

Unternehmen üblicherweise genutzten Geschäftsmodelle – gleichermaßen auf Innovationen zur Stärkung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit angewiesen sind.

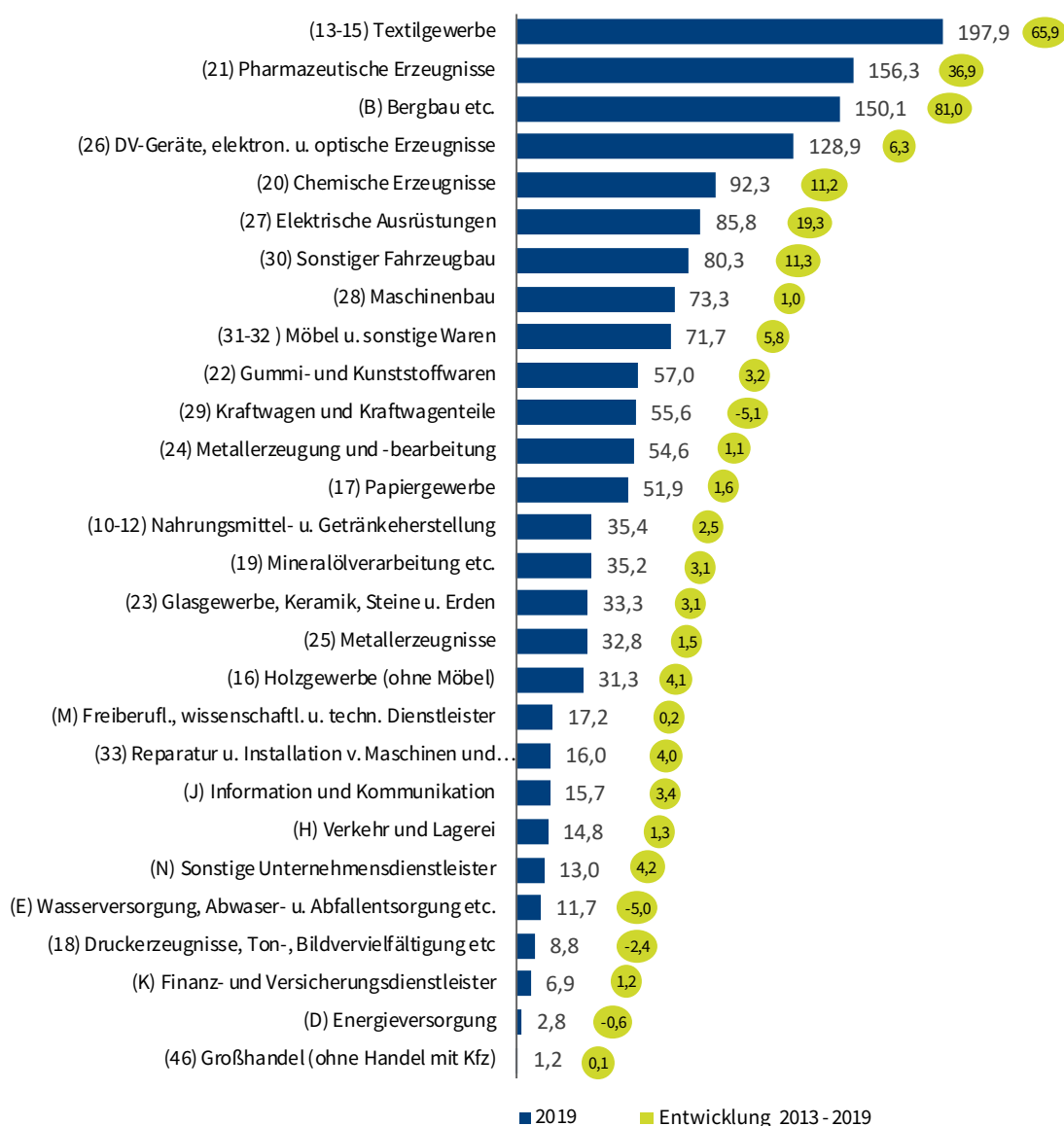
Im Zeitraum von 2013 auf 2019 haben vor allem die Branchen Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (+1,9 Prozentpunkte; WZ 21), die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und elektronischen und optischen Erzeugnissen (+1,6 Prozentpunkte; WZ 26) sowie Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen (+1,1 Prozentpunkte; WZ M) ihre Innovationsaufwendungen (gemessen am Umsatz) erhöhen können. Auf der anderen Seite fällt auf, dass in den durchaus auch innovationsintensiven Branchen Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29) sowie im Sonstigen Fahrzeugbau (WZ 30) eine rückläufige Entwicklung des Anteils beobachtet werden kann. Ursächlich für diese Negativentwicklung dürfte aber weniger eine geringere Investitionsbereitschaft in Forschung & Entwicklung sein, sondern vielmehr eine im Untersuchungszeitraum in beiden Branchen überdurchschnittliche Umsatzentwicklung (Fahrzeugbau: +20,6 Prozent, Sonstiger Fahrzeugbau: +52,9 Prozent, Verarbeitendes Gewerbe: +11,5 Prozent) – einer Wachstumsphase zwischen der Weltwirtschaftskrise von 2008 bis 2010 und der durch die Corona-Pandemie bedingten Krise ab Frühjahr 2020. Die Umsätze haben sich im Beobachtungszeitraum also weit stärker als die Innovationsaufwendungen entwickelt, was die Negativentwicklung in beiden Branchen erklären dürfte.

### **Außenhandel**

Die globalen wirtschaftlichen Verflechtungen haben für Deutschland als Exportnation seit Jahrzehnten eine hohe Bedeutung. Im Hinblick auf den Klimawandel und die Klimapolitik ist der Grad der Exportorientierung durchaus ambivalent zu betrachten, wie Bardt ausführlich darstellt (2011: 39 ff.). So haben auf der einen Seite stark in die globalen Warenströme eingebundene Unternehmen nicht nur Zugriff auf den heimischen Binnenmarkt, sondern auch auf eine Vielzahl von weiteren Absatzmärkten für ihre produzierten Waren, Güter und Dienstleistungen. Als Teil der deutschen klimapolitischen Strategie gilt ja auch, dass in Deutschland im Hinblick auf den Klimawandel innovative technologische Lösungen erarbeitet werden sollen, die dann global Absatz finden. Mit diesen Neuerungen ließen sich sowohl Pionierrenditen erzielen als auch Deutschlands Anspruch als eine der führenden Nationen in der ökologischen (und ökonomischen) Transformation untermauern. Wie bereits unter 3.2 kurz erwähnt, kann eine stärkere Fokussierung auf internationale Absatzmärkte aber auch zu Problemen führen. Das geschieht u. a. dann, wenn Regierungen in nationalen Alleingängen klimaschutzspezifische, für Unternehmen nicht kostenneutrale Auflagen erlassen, die diese dann aufgrund des internationalen gültigen Preisgefüges nicht an ihre Kunden über Preiserhöhungen weitergeben können, ohne Absatzeinbußen befürchten zu müssen. Für Unternehmen, die keine oder nur eine geringe Exportorientierung aufweisen, stellt sich die Situation spiegelbildlich dar: Auf der einen Seite können sie aufgrund ihrer Binnenmarktorientierung und dem damit fehlenden internationalen Wettbewerb zusätzlich Kosten über Preiserhöhungen einfacher an ihre Kunden weitergeben. Auf der anderen Seite können sie aber auch Chancen, die sich ggf. aus dem Klimawandel und der Klimapolitik ergeben, aufgrund der fehlenden Einbindung in den internationalen Güter- und Warenverkehr, d. h. dem fehlenden Zugriff auf zusätzliche Absatzmärkte, schlechter nutzen.

## Abbildung 9: Exportquoten

Anteile der Exporte am Produktionswert je Branche, in Prozent



Anmerkung: Für die Branchen D und E musste die jeweilige Quote für 2013 auf Grundlage der zusammengefassten Exportangabe sowie den jeweils gemittelten Anteilswerten aus den vorliegenden Daten für die Jahre 2016 und 2019 berechnet werden; die Angabe der Exporte liegt für K und L grundsätzlich nur als Aggregat vor. Bezugnehmend auf eine Auswertung der Umsatzsteuerstatistik durch das Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn (2021), wird zur Bildung der jeweiligen Exportquote für K und L aus dem vorhandenen Aggregat (K & L) für 2016 und 2019 das Verhältnis des in der Auswertung angegebenen Exportumsatzes herangezogen; für 2013 wird der gebildete Mittelwert aus beiden Jahresangaben verwendet.

Quelle: Statistisches Bundesamt 2021b, inkl. Sonderauswertung für das IAB, IfM (2021); eigene Berechnungen. © IAB

Abbildung 9 zeigt die Einbindung in den globalen Güter- und Warenverkehr, dargestellt über die am Produktionswert gemessene Exportquote. Auffällig sind die Branchen auf den oberen vier Plätzen, denen allen gemein ist, dass sie in 2019 einen Wert von über 100 erreichen, d. h. die jeweiligen Exporte über den Produktionswerten liegen. Hierbei handelt es sich um die Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren sowie Schuhen (197,9 Prozent; WZ 13–15), die Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (156,3 Prozent; WZ 21), Bergbau, Gewinnung von

Steinen und Erden (150,1 Prozent; WZ B) und die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronische und optische Erzeugnisse (128,9 Prozent; WZ 26).

Grund hierfür dürften aller Wahrscheinlichkeit nach vor allem Waren und Güter sein, die im Ausland produziert, dann importiert und hiernach wieder exportiert worden sind (Bardt 2001: 41). Einzig die hohe Platzierung der Bergbaubranche ist nicht sofort intuitiv erklärbar, da Deutschland als eher rohstoffarm gilt und bei vielen Rohstoffen auf Importe angewiesen ist. Ein Blick in das Verzeichnis der Exporte nach Gütergruppen (Statistisches Bundesamt 2021b) offenbart, dass es sich hierbei wahrscheinlich um eine Sonderentwicklung handelt. So zeigen die Daten eine sprunghafte Zunahme der wertmäßigen Ausfuhr von „Erdöl und Erdgas“ (insbesondere Erdgas) von 2018 auf 2019 um rund 32,5 Prozent bzw. um 3,1 Mrd. Euro. Der sich hieraus für 2019 ergebende Ausfuhrwert für diese Gütergruppe in Höhe von 12,6 Mrd. Euro (rund 87 Prozent der Gesamtausfuhr der Branche) scheint jedoch eine Ausnahme darzustellen. So lag der Wert in 2018 noch bei 9,5 Mrd. Euro und in 2020 wieder bei 8,8 Mrd. Euro, bei einem parallel nur leicht sinkenden Produktionswert. In den Jahren 2013 und 2016 lag die berechnete Quote bei 69,1 Prozent bzw. 68,8 Prozent, was in der Dimension eher dem Erwartungswert für die Branche entspricht. Eine immer noch sehr hohe Außenhandelsorientierung weisen die Branchen Herstellung von chemischen Erzeugnissen (92,3 Prozent; WZ 20), Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (85,8 Prozent; WZ 27), Sonstiger Fahrzeugbau (80,3 Prozent; WZ 30), Maschinenbau (73,3 Prozent; WZ 28) und Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (71,7 Prozent; WZ 31–32) auf. Das untere Ende der Abbildung zeigt aber auch, dass es Branchen wie z. B. die Energieerzeugung (WZ D) und den Großhandel (WZ 46) gibt, die so gut wie keine Ausfuhren haben, was ihre starke Binnenmarktorientierung im Absatz dokumentiert. Insgesamt stellt sich der Umfang der Exportaktivitäten (gemessen am Produktionswert) mit Blick auf die 28 untersuchten Branchen also recht uneinheitlich dar.

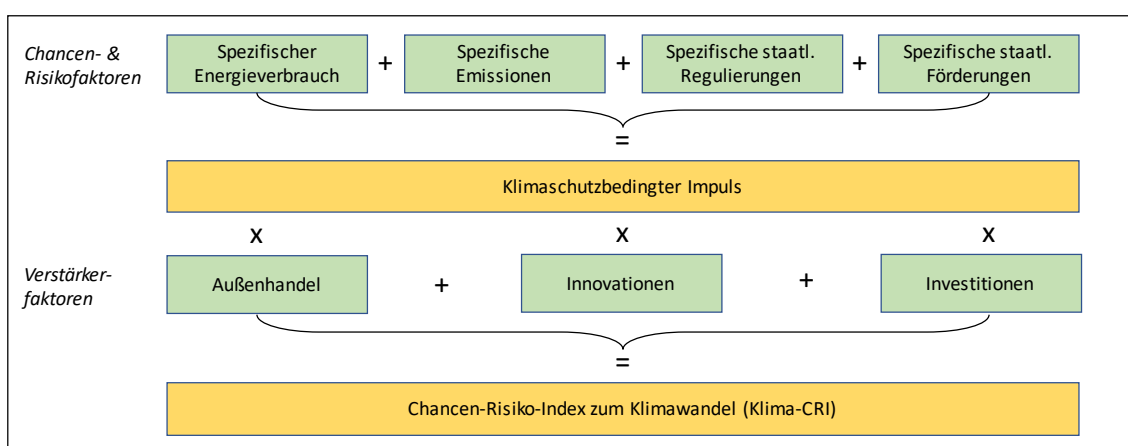
Im Untersuchungszeitraum von 2013 auf 2019 haben sich die Exportaktivitäten vor allem in jenen Branchen, in denen die Exportquote bereits 2013 hoch ausfiel, weiter erhöht. So hat die relative Bedeutung der internationalen Absatzmärkte z. B. für das Textilgewerbe (WZ 13–15), die Pharmazie (WZ 21), die Chemie (WZ 20), Teile der Elektronik (WZ 26 und WZ 27) und dem Sonstigen Fahrzeugbau (WZ 30) weiter zugenommen. In der durchaus exportorientierten Branche der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29) fällt die Entwicklung nur deshalb negativ aus, weil der Produktionswert in diesem Zeitraum spürbar stärker angestiegen ist als der Anteil der Ausfuhren. Ursachen hierfür könnten u. a. im Aufbau zusätzlicher Fertigungskapazitäten im Ausland sowie in einem durch das konjunkturelle Umfeld begünstigten deutlichen Anstieg der Inlandsnachfrage nach Pkw gesehen werden.

### 3.2.2 Methode

Die Berechnung des Klima-Chancen-Risiko-Index erfolgt in weiten Teilen analog zum Vorgehen bei Bardt (2011: 46 f.). Die Art der Berechnung ist nachfolgend schematisch in Abbildung 10 dargestellt. Abweichungen entstanden u. a. dadurch, dass von Bardt verwendete, primärstatistische Daten für die Untersuchungszeitpunkte in der vorliegenden Studie nicht vorlagen und nur teilweise durch sekundärstatistische Daten ersetzt werden konnten. So musste der Faktor „klimarelevante Produkteigenschaften“, der eine Einschätzung der klimaschutzrelevanten Chancen und Risiken einer Branche anhand der von ihr produzierten

Güter abbildet, in den nachfolgenden Berechnungen zum Klima-CRI ersatzlos entfallen. Zudem wird der Faktor „staatliche Förderung/Regulierung“ nachfolgend in zwei separate Faktoren unterteilt, nämlich in „staatliche Förderungen“ sowie „staatliche Regulierungen“. Dies ist möglich, da für beide Faktoren nunmehr sekundärstatistisches Datenmaterial vorliegt, auf dessen Basis die Umriss nationaler Klimapolitik approximativ abgebildet werden können. Aufgrund dieser Abweichungen im Set der Faktoren fließen in die vorliegende Studie im Vergleich zu Bardt weniger Faktoren ein, die potenzielle Chancen beinhalten. Die Werte des Klimaindex dürften hierdurch häufig niedriger ausfallen, was einen direkten Vergleich von *Einzelergebnissen* beider Studien nur bedingt zulässt.

Abbildung 10: Berechnung des Chancen-Risiko-Index zum Klimawandel (Klima-CRI)



Anmerkung: +: additive Verknüpfung, x: multiplikative Verknüpfung.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bardt (2011: 46). © IAB

Die von der KfW-Bank zur Verfügung gestellten Fördergelddaten liegen nur auf Basis des NACE Codes 93 (WZ 93) vor. Um die Daten dennoch in dieser Studie, die auf Grundlage der Wirtschaftszweigsystematik 2008 (WZ 2008) erstellt ist, nutzen zu können, wird ein sehr einfacher Umsteigeschlüssel zur Umverteilung der KfW-Fördergelder auf die einzelnen Branchen genutzt. In dem Datensatz der Beschäftigtenhistorik (BeH) der Bundesagentur für Arbeit für das Jahr 2003 liegt für jeden erfassten Betrieb sowohl die Einordnung nach der WZ 93 als auch nach der WZ 08 vor. Mit Hilfe dieser Daten wird eine Matrix erstellt, die auf der X-Achse die Einordnung eines Betriebs nach der WZ 93 und auf der Y-Achse jene nach der WZ 08 abbildet. Dieser Matrix kann entnommen werden, in welchem Wirtschaftszweig die Betriebe nach der WZ 93 eingruppiert sind und wie viele Betriebe im Hinblick auf Zuordnung in die WZ 08 im gleichen Wirtschaftszweig verbleiben oder aber in einen anderen verschoben wurden. Ein Beispiel: Im Jahr 2003 waren dem Zweig der Herstellung chemischer Erzeugnisse in Summe rund 4.700 Betriebe zugeordnet. Nach der WZ 08 waren für 2003 demselben Zweig gut 3.300 Betriebe zugeordnet. Mit anderen Worten sind 1.400 Betriebe, die nach der WZ 93 im Zweig der Herstellung von chemischen Erzeugnissen verortet waren, nach der neueren WZ 08 anderen Zweigen zugeordnet worden. Rund 700 dieser 1.400 Betriebe sind nach der WZ 08 bspw. dem in der WZ 93 noch nicht einzeln ausgewiesenen Zweig der Herstellung pharmazeutischer Erzeugnisse zugewiesen worden. Die Matrix wird in einem zweiten Schritt so umgerechnet, dass die Zellen jeweils Anteilswerte ausweisen, auf deren

Basis dann eine Neuverteilung der Fördersummen der KfW-Bank über die Wirtschaftszweige vorgenommen werden kann. Ein wesentlicher, mit diesem Vorgehen einhergehender Nachteil ist, dass die inhärente (Wirtschafts-) Struktur von 2003 auf die untersuchten Jahre 2013, 2016 und 2019 übertragen wird. Andererseits wäre das unter 3.2.1 beschriebene Selektivitätsproblem ohne die Nutzung der KfW-Fördergelddaten viel ausgeprägter, da die Daten für 20 der 23 einbezogenen Förderprogramme/-richtlinien von der KfW-Bank zur Verfügung gestellt wurden. Hier wird davon ausgegangen, dass die Vorteile einer Einbeziehung der transformierten KfW-Daten deren Nachteile überwiegen.

In einem ersten Schritt werden die Chancen- und Risikofaktoren zuerst auf Werte zwischen Null und 100 normiert und dann zum Klimaschutzbedingten Impuls addiert (siehe Abbildung 10). Bei der Normierung wird so vorgegangen, dass bei den Faktoren Energieverbrauch, Regulierungen und Förderungen der jeweils höchste Wert = 100, bei den Emissionen der höchste Wert = 50 gesetzt wird. Die übrigen Werte ergeben sich aus der proportionalen Anpassung. Die spezifischen Emissionen gehen nur mit halbem Gewicht in die Berechnung ein, weil oft (insbesondere bei energieintensiven Branchen) ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Energieverbrauchs und der Höhe emittierter Treibhausgase besteht. So kann die Verbrennung fossiler Energieträger „... zur Erzeugung von Prozesswärme sowohl einen Energieverbrauch verursachen als auch eine Emission von Treibhausgasen.“ (Bardt 2011: 32). Dies würde ohne Anpassungsmaßnahmen in der Berechnung also zu „Doppelzahlungen“ führen, die, wenn auch nicht komplett vermieden, auf diese Weise immerhin begrenzt werden. Ebenfalls aus dem Grund der Begrenzung von Doppelzahlungen wurde die Energiesteuer, als Bestandteil des Faktors der umweltbezogenen Steuern und Abgaben, hier aber aufgrund der Zusammensetzung des Faktors bereits in den Ausgangsdaten, um 50 Prozent reduziert (siehe 3.2.1.1).

**Tabelle 1: Beispiel Normierung**

Angaben in Prozent

Branche	X t <sub>0</sub>	X t <sub>0</sub> normiert	X t <sub>1</sub>	X t <sub>1</sub> normiert
A	85,0	100,0	42,5	100,0
B	10,9	12,8	10,9	25,6
C	8,5	10,0	8,5	20,0
D	0,5	0,6	0,5	1,2

Quelle: Eigene Darstellung. © IAB

Die Normierung ist von Bedeutung, da die Daten der spezifischen Chancen- und Risikofaktoren in unterschiedlichen Wertedimensionen vorliegen, gleichwohl alle Faktoren vom Grunde her aber gleichgewichtet in die Indexberechnung einfließen sollen. Tabelle 1 zeigt beispielhaft anhand von vier Branchen (A bis D) für den Faktor X zum Zeitpunkt t<sub>0</sub> und t<sub>1</sub> den Mechanismus einer Normierung und verdeutlicht die große Bedeutung der Spanne des jeweils vorliegenden Wertebereichs, was nachfolgend für die Interpretation der Ergebnisse des Klima-CRI von Relevanz ist. Die jeweils höchsten Werte in t<sub>0</sub> und t<sub>1</sub> werden = 100 gesetzt, die nachfolgenden Werte proportional angepasst. Da der Wertebereich in t<sub>0</sub> mit 0,5 bis 85,0 eine doppelt so große Spanne wie in t<sub>1</sub> aufweist, fallen die normierten Werte der Branchen B bis D in t<sub>0</sub> nur halb so groß

aus wie zum Zeitpunkt  $t_1$ . Mit anderen Worten liegen die normierten Werte umso näher beieinander, je niedriger die Spanne des Wertebereichs ausfällt.

Im Anschluss an die Normierung, d. h. noch vor der Addition, wird der Wirkrichtung der Faktoren Rechnung getragen, indem die Werte der Risikofaktoren mit einem negativen Vorzeichen versehen werden.

Der klimaschutzbedingte Impuls, den Bardt auch als „Auslöser des klimaschutzbedingten Strukturwandels“ bezeichnet (2011: 47), wird im Folgenden jeweils unabhängig mit den drei Verstärkerfaktoren, d. h. dem Außenhandel, den Innovationen und den Investitionen, multipliziert. Die Verstärkerfaktoren wurden im Vorfeld alle auf einen Wertebereich von 0 bis 1 normiert. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Wirkrichtung beibehalten wird, d. h. positive klimaschutzbedingte Impulse verstärkt und negative Impulse graduell abgemildert werden. Die drei sich aus dem Multiplikationsschritt ergebenden Einzelfaktoren werden hiernach summiert und bilden letztlich den Klima-CRI. Die bei Bardt abschließend vorgenommene Normierung des Klima-CRI kann entfallen, da weder ein weiterer Rechenschritt erfolgt, noch für diese Studie eine Transformation in einen bestimmten Wertebereich notwendig ist.

Da dem berechneten Klima-CRI aufgrund der zum Teil eingeschränkten Datenverfügbarkeit sowie dem Problem der inhaltlichen Überlappung von Faktoren eine gewisse Unsicherheit innewohnt (siehe 3.2.1, insbesondere „staatliche Förderungen“), ist es nachfolgend von nicht unerheblicher Bedeutung, die einzelnen Werte des Klima-CRI nicht als solche zu interpretieren. Bardt (2011), dessen Studie insbesondere auch durch die Nutzung primärstatistisch erhobener Daten Unsicherheiten beinhaltet, definiert einen Wertebereich des Klima-CRI von +30 bis -30 als „neutral“. In diesem Bereich ist eine klare Zuordnung einer Branche hinsichtlich des Überwiegens von potenziellen Chancen oder aber potenziellen Risiken nicht möglich (Bardt 2011: 47). Trotz der Unterschiede zwischen beiden Studien kann dieser Wertebereich zur Einordnung herangezogen werden, um den Unsicherheiten, die den Ergebnissen auch dieser Studie innewohnen, zu begegnen. Hieraus kann abgeleitet werden, dass es deutlich sinnvoller erscheint, in der Interpretation der Ergebnisse eher die Platzierung einer Branche im Klima-CRI zu fokussieren bzw. – noch zielführender – eine Gruppierung der Branchen in ein oberes (überwiegend Chancen), ein mittleres (neutral) und ein unteres (überwiegend Risiken) Segment vorzunehmen. Als weitere Orientierungshilfe kann der zusätzlich berechnete Durchschnitt des Klima-CRI herangezogen werden.

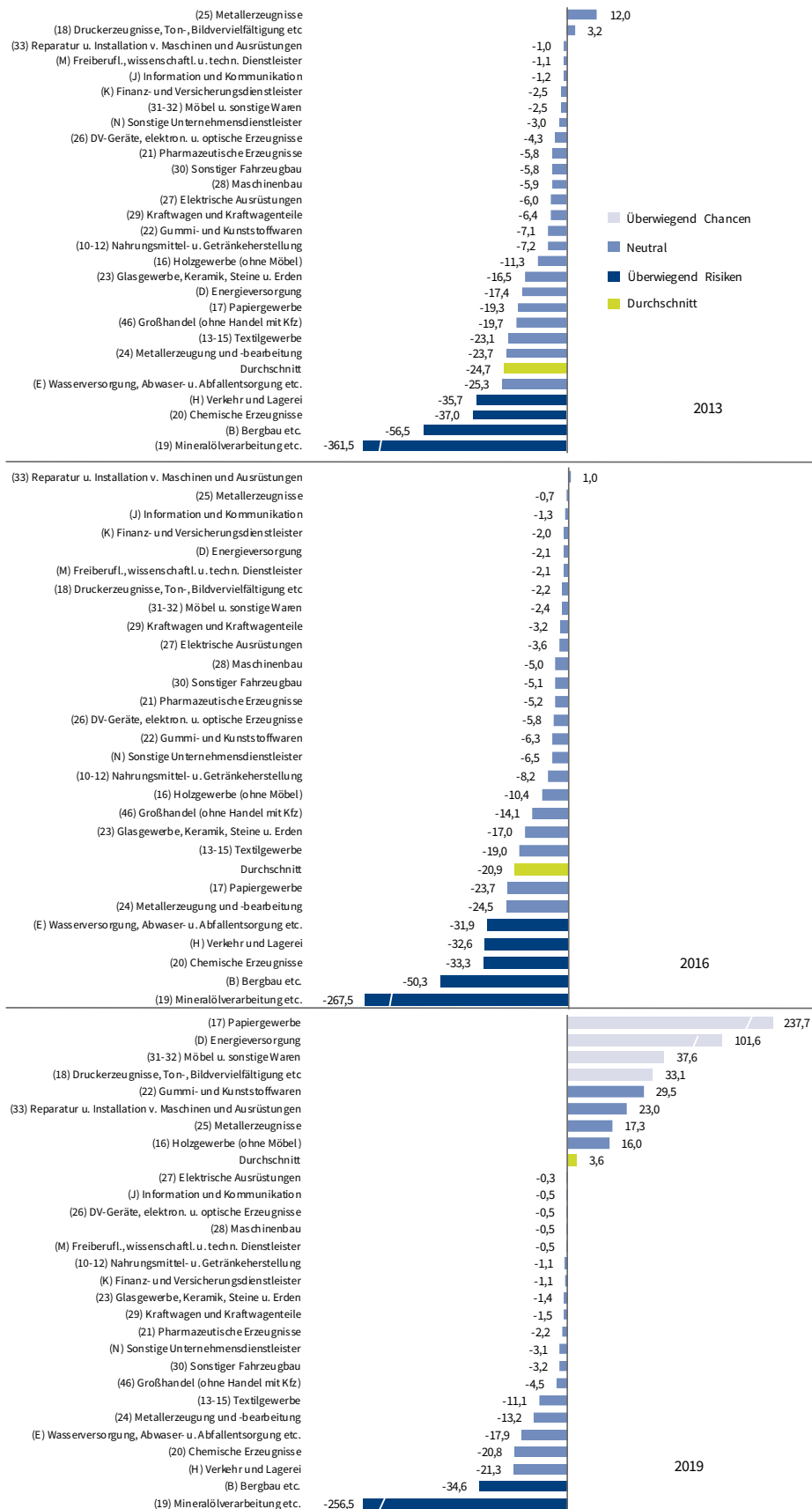
### 3.3 Chancen-Risiko-Index zum Klimawandel (Klima-CRI) nach Branchen

#### 3.3.1 Berechneter Klima-CRI: 28 Branchen

Abbildung 11 zeigt den berechneten Klima-Chancen-Risiken-Index für die Jahre 2013, 2016 und 2019 auf Bundesebene. Deutlich erkennbar ist, dass der durchschnittliche Klima-CRI innerhalb des Untersuchungszeitraums kontinuierlich steigt: Lag er 2013 noch bei -24,7, erreichte er 2016 -20,9 und dreht bis 2019 mit 3,6 sogar ins Positive. Es kann also vorsichtig gemutmaßt werden, dass die (abgebildete) deutsche Wirtschaft es zunehmend besser vermag, sich auf die sich im Zuge des Klimawandels verändernden Rahmenbedingungen einzustellen.



**Abbildung 11: I. Chancen-Risiko-Index (Klima-CRI) nach Branchen für 2013, 2016 und 2019**  
 Branchenauswahl: 28 Branchen



Quelle: Eigene Berechnungen. © IAB



Hierbei dürfte auch die Hilfe u. a. von politischer Seite in Form von aufgesetzten Klimaschutzspezifischen Förderprogrammen/-richtlinien ein wichtiges, unterstützendes Element darstellen.

Die Tatsache, dass der Klima-CRI mit Blick auf die Branchen zumeist negative Werte aufweist, ist nicht weiter verwunderlich, da den drei in die Berechnungen einfließenden Risikofaktoren mit negativer Wirkrichtung (Emissionen, Energieverbrauch und Regulierungen) nur die Förderung als Chancenfaktor gegenübersteht, die kompensatorisch Einfluss nehmen kann.

Die überwiegende Zahl an Branchen weist in den analysierten Jahren Werte beim Klima-CRI auf, die sich innerhalb des Bereichs von +30 bis -30 befinden und somit eine eindeutige Einordnung als klimaspezifische Chance- bzw. Risikobranche aufgrund der Unsicherheiten in der Datengrundlage nicht vorgenommen wird. Diese Branchen werden demnach als neutral eingestuft. In den Jahren 2013 und 2016 finden sich keine Branchen, deren Klima-CRI die Marke von +30 nach oben hin überschreitet, wohl aber Branchen mit einem Klima-CRI von deutlich unterhalb der Marke von -30. Hierbei handelt es sich in beiden Jahren weitestgehend um dieselben Branchen, nämlich Verkehr und Lagerei (WZ H), Herstellung chemischer Erzeugnisse (WZ 20), Bergbau (WZ B) und insbesondere Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19). Letztere weist mit einem Klima-CRI von -361,5 in 2013 und -267,5 in 2016 jeweils den mit weitem Abstand negativsten Wert auf. In 2016 reiht sich noch die Branche Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung (WZ E) mit ein, deren Klima-CRI in 2013 mit -25,3 noch knapp oberhalb der Marke von -30 liegt. Bei den vier Risikobranchen am unteren Ende des Klima-CRI dominieren in der Berechnung zumeist überdurchschnittlich stark ausgeprägte Risikofaktoren, ohne dass eine nennenswerte Kompensation seitens zugeflossener Fördergeldsummen vorhanden ist. Mit Ausnahme der überdurchschnittlichen spezifischen Exportquote in der Chemie, deren abmildernder Einfluss entsprechend niedriger ausfällt, sind die Verstärkerfaktoren ansonsten unauffällig. Im Bereich der Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung sind es die relativ hohen spezifischen Emissionswerte, die den Klima-CRI nach unten drücken. Es kann gemutmaßt werden, dass hier die Abfallentsorgung bzw. konkreter die Müllverbrennung eine nicht unwesentliche Rolle spielen dürfte.

Im Jahr 2019 ist eine Verschiebung zu beobachten. Jetzt liegen weniger Branchen unterhalb der Marke von -30 und erstmals finden sich gleich mehrere Branchen, die im Klima-Index die Marke von +30 überschreiten. Nach wie vor weist die Branche Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) den negativsten Indexwert auf, der bei -256,5 liegt. Auch der Bergbau (WZ B) liegt unterhalb der Marke von -30. Der Klima-CRI fällt hier mit -34,6 weniger negativ aus als 2013 und 2016, wofür sich vor allem auch sinkende spezifische Emissionen, wahrscheinlich aufgrund von Stilllegungen von Förderstätten, verantwortlich zeichnen. Ein weiterer, eher „technischer“ Grund ist, dass in der Branche Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) die spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben von 2016 auf 2019 stark zugenommen haben. So stiegen die umweltbezogenen Steuern und Abgaben in der in dieser Studie verwendeten Form (siehe 3.2.1.1) um über 30 Prozent während sich parallel die BWS in der Branche um über 20 Prozent rückläufig entwickelte. Der sich hieraus ergebende überproportionale Anstieg der spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben in der Mineralölverarbeitung führt dazu, dass sich für die spezifischen Abgaben in anderen Branchen, in denen die Abgaben nicht ähnlich stark angestiegen sind, im Zuge der Normierung in 2019 proportional niedrigere Werte als in 2016

ergeben. Hintergrund ist, dass sich der Abstand zwischen ihrem Wert und dem höchsten Wert (Mineralölverarbeitung) vergrößert hat (siehe auch 3.2.2, Tabelle 1). Dieser Effekt dürfte auch wesentlich dafür verantwortlich zeichnen, dass sich die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20) sowie Verkehr und Lagerei (WZ H) in 2019 mit ihrem Klima-CRI oberhalb der Marke von -30 befinden.

Am oberen Ende des Klima-CRI für 2019 stehen mit der Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17), der Energieversorgung (WZ D), der Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (WZ 31–32) sowie der Herstellung von Druckerzeugnissen, Ton-, Bild- und Datenvervielfältigung (WZ 18) vier Branchen, die einen Klima-CRI von größer +30 haben. Dies deutet darauf hin, dass sich für diese Branchen aus dem Klimawandel und der daraus resultierenden Klimapolitik zum Stand 2019 potenziell überwiegend Chancen ergeben sollten. Bei diesen doch recht unterschiedlichen Branchen, von denen dieses Ergebnis nicht in jedem Fall intuitiv zu erwarten gewesen wäre, spielen jeweils unterschiedliche Faktoren für das Erreichen des positiven Ergebnisses eine Rolle. Bei den beiden Branchen Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (WZ 31–32) sowie Herstellung von Druckerzeugnissen, Ton-, Bild- und Datenvervielfältigung (WZ 18) sind es die eher niedrig ausfallenden Risikofaktoren (siehe Abbildung 3, Abbildung 4, Abbildung 5) bei zugleich vergleichsweise hohen spezifischen Fördergeldern (Abbildung 6). Bei gleichermaßen niedrigen Werten im Bereich der spezifischen Emissionen und dem Energieverbrauch bekam die Möbelbranche in 2019 5,7 Euro je Tsd. Euro BWS an Fördergeldern und die Herstellung von Druckerzeugnissen (etc.) sogar 8,7 Euro, was über dem Durchschnitt von 5,9 Euro liegt. Das Möbelgewerbe weist hingegen im selben Jahr mit 2,4 Euro je Tsd. Euro BWS eine geringere Belastung im Zuge umweltspezifischer Steuern und Abgaben auf als die Herstellung von Druckerzeugnissen (etc.) mit 6,5 Euro – beide Werte liegen unter dem Durchschnitt der analysierten Branchen von 8,2 Euro je Tsd. Euro BWS. Zudem kommt der Branche Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren noch eine relativ hohe Exportorientierung zugute.

Die Energieversorgung (WZ D) wie auch die Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17) gehören zu jenen Branchen, die vergleichsweise hohe Werte in den Risikofaktoren aufweisen. Diese sind hier gekoppelt mit geringen Innovationstätigkeiten und einer moderaten (Papiergewerbe) bzw. starken (Energieversorgung) Binnenmarktorientierung. Der Negativbeitrag der Risikowerte verringert sich im Zeitverlauf, insbesondere in der Energieversorgung, deutlich, bleibt aber dennoch auch im Jahr 2019 z. T. weit über dem Durchschnitt der analysierten 28 Branchen. Die Verstärkerfaktoren können im gesamten Zeitraum in beiden Branchen nur in geringem Umfang abdämpfend auf die Risikofaktoren wirken. Ausschlaggebend für den deutlich positiven Klima-CRI in 2019 sind, neben den genannten Verbesserungen im Bereich der Risikofaktoren, die jeweils überdurchschnittlich hohen zugewiesenen Fördergeldsummen. So nimmt die Energieversorgung (WZ D), ähnlich wie die Branche Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) im Hinblick auf die Risikofaktoren, eine herausragende Rolle bei der Zuweisung von Fördergeldern ein. Sie erhielt auf Basis der transformierten Fördergelddaten (siehe 3.2.2) im Jahr 2013 4,2 Mrd. Euro (61 Prozent aller in der Studie für das Jahr berücksichtigten Fördergelder), in 2016 4,3 Mrd. Euro (60,4 Prozent) und 2019 noch 2,6 Mrd. Euro (45,4 Prozent). Mit Blick auf die spezifischen Fördersummen errechneten sich Beträge von 84,6/85,6/41,6 Euro je Tausend Euro BWS (2013/2016/2019), was in 2013 und 2016 etwa dem 7,7-fachen bzw. 7,3-fachen, in 2019

jedoch nur noch dem 1,1-fachen der zweithöchsten spezifischen Fördergeldsumme, hier in der Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17), entspricht.

Neben der Tatsache, dass die Fördergeldsumme, die die Energieversorgung 2019 erhielt, knapp 40 Prozent niedriger lag als noch 2016, erhöhte sie sich im Papiergewerbe sprunghaft auf 450 Mio. Euro, ein Plus von fast 250 Prozent. Dieser Anstieg führt dazu, dass der Negativbeitrag der drei Risikofaktoren in der Berechnung des Klima-CRI in 2019 im Papiergewerbe durch die in diesem Jahr sehr hohe spezifische Fördergeldsumme erstmals überkompensiert wird, und das relativ deutlich. Lag das Papiergewerbe mit Werten von -19,5 in 2013 und -23,7 in 2016 im mittleren bzw. als neutral bezeichneten Bereich des Klima-CRI, „katapultierte“ der erhebliche Zuwachs an Fördermitteln in 2019 den Klima-CRI auf einen Wert von 237,7 und damit in jenen Bereich, in welchem die potenziellen Chancen aus Klimawandel und Klimapolitik die Risiken weit übertreffen sollten. Nachfolgende Recherchen haben ergeben, dass es sich bei diesem starken Anstieg der Fördergeldsumme im Papiergewerbe um ein singuläres Ereignis (im Sinne eines statistischen Ausreißers) zu handeln scheint. Die Fördersumme in 2020 fiel im Vergleich zu jener in 2019 spürbar niedriger aus und lag sogar unterhalb des Niveaus von 2018. Was zu der hohen Fördergeldsumme in 2019 geführt hat, konnte nicht abschließend geklärt werden. Der Energieversorgung hingegen kann eine im Hinblick auf den Klimawandel positive Entwicklung attestiert werden. Insbesondere die in 2013 und 2016 hohen Fördergeldzuwendungen gekoppelt mit politischen Entscheidungen, die Energieversorgung „grüner“ zu gestalten, haben zu weitgehenden strukturellen Veränderungen geführt. Lag der Wert des Klima-CRI in 2013 noch bei -17,4 und in 2016 bei -2,1, drehte er 2019 mit 101,6 ins Positive und übersprang die Marke von +30 deutlich. Grundlage dieser Entwicklung waren vor allem drastische Reduktionen der spezifischen Emissionen sowie eine spürbare Entlastung im Hinblick auf die spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben, insbesondere von 2016 auf 2019.

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass es einige wenige Branchen im untersuchten Teil der Wirtschaft gibt, die entscheidend Einfluss auf die berechnete Höhe des Klima-CRI in den einzelnen Branchen in den jeweiligen Jahren nehmen. Dies geschieht, wie weiter oben beschrieben (3.2.2), während der notwendigen Normierungen innerhalb der Berechnung des Klima-CRI und zwar dann, wenn in einer Branche ein oder mehrere der Risiko- und Chancenfaktoren zu einem Zeitpunkt Werte aufweisen, die sich in ihrer Höhe, sowohl im positiven als auch im negativen Wertebereich, markant von den Werten in den übrigen Branchen absetzen. Dies gilt in dieser Untersuchung vor allem für die Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) zu allen drei Zeitpunkten für alle drei Risikofaktoren sowie für die Energieversorgung (WZ D) und das Papiergewerbe (WZ 17; hier nur in 2019) für den Chancenfaktor.

Aus diesem Grund wird der Klima-CRI nachfolgend alternativ noch einmal a) auf Basis von 26 Branchen, d. h. ohne die Einbeziehung der Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) sowie Energieversorgung (WZ D) (3.3.2) und b) mit einer für das Jahr 2019 im Papiergewerbe (WZ 17) fiktiven Fördergeldsumme sowohl für die Variante mit 28 als auch mit 26 Branchen berechnet (3.3.3).

### 3.3.2 Erste Alternativberechnung des Klima-CRI: 26 Branchen (ohne Kokerei und Mineralölverarbeitung und Energieversorgung)

Ohne die beiden Branchen mit den höchsten spezifischen Emissionswerten, dem größten spezifischen Energieverbrauch, sehr hohen spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben sowie, im Falle der Energieversorgung, den höchsten spezifischen Fördergeldzuflüssen, ergeben sich deutliche Veränderungen im berechneten Klima-CRI. Dies wird allein schon anhand der abweichenden Durchschnittswerte deutlich (siehe Abbildung A 1, Anhang). So fallen diese für die Jahre 2013 und 2016 mit -5,6 und -7,9 spürbar weniger negativ aus, als dies in der vorangegangenen Berechnung (siehe Abbildung 11), wo sie bei -24,7 und -20,9 lagen, noch der Fall war. In 2019 fällt der Durchschnittswert hingegen mit -37,8 deutlich negativer als in der vorangegangenen Berechnung aus, wo er bei 3,6 lag. Dieser merklich geringere Durchschnittswert in 2019 kann unter anderem auch darauf zurückgeführt werden, dass die Positiventwicklung, die die Energieversorgung im Betrachtungszeitraum (insbesondere von 2016 auf 2019) durchlaufen hat, nun nicht mehr Bestandteil der Berechnung ist. Das sich in der Alternativberechnung ergebende Bild des Klima-CRI und seiner Entwicklung lässt damit eine im Vergleich zur Schilderung unter 3.3.1 gegenläufige Interpretation der Gesamtsituation zu. Hier deuten die Werte des Klima-CRI eher darauf hin, dass sich die Anpassungsfähigkeit der Branchen an den Klimawandel in der Tendenz verschlechtert, und dass insbesondere im Zeitraum von 2016 auf 2019. Anstöße für eine solche Entwicklung könnten sowohl die Einführung neuer als auch die Verschärfungen bestehender klimaschutzspezifischer Regulierungen gegeben haben.

Gleichwohl stellt sich die vorgefundene Grundstruktur des Klima-CRI, d. h. die Verortung der einzelnen Branchen im Klima-CRI, in 2013 und 2016 sehr ähnlich zu jener unter 3.3.1 dar. In 2019 gilt dies für den unteren Bereich des berechneten Klima-CRI. Im oberen und mittleren Bereich hingegen ist eine größere Zahl von Verschiebungen beobachtbar. Im unteren Bereich des Klima-CRI finden sich weiterhin vor allem jene Industrien, die typischerweise (sehr) energieintensiv produzieren bzw. arbeiten. Hierzu gehört u. a. der Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (WZ B), die Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24), die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20), Verkehr und Lagerei (WZ H), die Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik und Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23), die Herstellung von Holz-, Flecht- Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) (WZ 16) und die Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17). Der Klima-CRI liegt bei diesen Branchen in der Alternativberechnung in der Regel jenseits der Marke von -30. Dies deutet darauf hin, dass sich diese Branchen in einem Szenario ohne die Berücksichtigung der beiden größten Emittenten von Treibhausgasen und Energieverbraucher in der Branchenauswahl, die in der vorangegangenen Berechnung (3.3.1) viel klimaschutzspezifisches negatives Potential absorbiert haben, nun selber überwiegend mit potenziellen Risiken im Zuge des Klimawandels konfrontiert sehen.

Beim Klima-CRI im Papiergewerbe (WZ 17) in 2019 zeigen sich recht deutlich die Auswirkungen des Wegfalls der beiden Umwandlungsbranchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) und Energieversorgung (WZ D). Durch den Wegfall beider Branchen bekommen die Risikofaktoren für das Papiergewerbe ein deutlich stärkeres relatives Gewicht in der Berechnung des Klima-CRI. Der sich daraus ergebende höhere Negativbeitrag kann nun nicht mehr vom Chancenfaktor (über-) kompensiert werden, was zu einem in Summe negativen Klima-CRI im Papiergewerbe führt. Der drastische Anstieg der Fördergeldsumme in 2019 in der Branche wirkt sich in diesem

Fall nicht spürbar aus, da das Papiergewerbe im Branchenzuschnitt zu allen Untersuchungszeitpunkten der Empfänger der zweithöchsten Fördersumme (nach der Energieversorgung) ist und somit der Wert des Chancenfaktors im Zuge der Normierung in der Alternativberechnung nur geringfügig höher ausfällt als in der Ausgangsberechnung des Klima-CRI mit 28 Branchen.

Auffällig ist auch die Branche Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung (WZ 10–12). Findet sich diese Branche in der vorangegangenen Berechnung des Klima-CRI mit 28 Branchen immer im unteren Mittelfeld des Index, verortet sich die Branche in der Alternativberechnung mit 26 Branchen in 2013 und 2016 weit oben im Index. In beiden Jahren fällt der Klima-CRI positiv aus und in 2013 liegt er mit 74,6 sogar markant über der Marke von +30. Hintergrund ist, dass auf der einen Seite die Summe der zugewiesenen Fördergelder im Zeitverlauf abnimmt, während die Bruttowertschöpfung steigt. Das sorgt für einen immer niedrigeren Wert des Chancenfaktors. Auf der anderen Seite wird diese Entwicklung in der Ausgangsberechnung (28 Branchen) im Zuge der Normierung vom sehr hohen Wert der spezifischen Fördersumme in der Energieversorgung überdeckt.

### 3.3.3 Zweite Alternativberechnung des Klima-CRI: Fiktive Fördergeldsumme im Papiergewerbe in 2019

Um den Einfluss des sprunghaften Anstiegs der Fördergeldsumme in der Branche Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17) von 2016 auf 2019 auf die Berechnung des Klima-CRI abschätzen zu können, wird in einer zweiten Alternativberechnung des Index für diese Branche in 2019 eine fiktive Fördergeldsumme angenommen, die sich aus dem Mittelwert der Summen aus den Jahren 2017 und 2018 ergibt. Anhand der vorliegenden Zeitreihe (2013 bis 2019) ist abzulesen, dass eine drastische Zunahme der Fördergeldsumme vor allem von 2018 auf 2019 stattgefunden hat. Die fiktive Fördergeldsumme ist vom Umfang her ungefähr halb so groß wie die bisher in die Berechnung eingeflossene Summe. Die Alternativberechnung wird sowohl für die Branchenauswahl mit 28 als auch für jene mit 26 Branchen durchgeführt.

Die obere Abbildung in Abbildung A 2 (Anhang) zeigt, dass die Neuberechnung des Klima-CRI mit 28 Branchen kaum zu Unterschieden führt. Das Papiergewerbe weist einen im Vergleich deutlich geringeren Klima-CRI-Wert auf, der aber immer noch die Marke von +30 überschreitet. Auch der berechnete Durchschnittswert fällt nur moderat von 3,6 auf -3,0. Der Grund für die nur geringfügigen Veränderungen ist, dass die Branche Energieversorgung nach wie vor die höchste Fördergeldsumme in 2019 aufweist und die Werte aller anderen Branchen innerhalb der Normierung immer noch proportional daran angepasst werden. Einzig die Fördersumme des Papiergewerbes, welche trotz Anpassung nach wie vor die Zweithöchste ist, verliert in der Berechnung des Klima-CRI an Gewicht und kann die Negativbeiträge der Risikofaktoren nicht mehr in einem solch hohen Ausmaß wie zuvor kompensieren.

Interessanter ist die zweite Variante, in welcher die Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) sowie Energieversorgung (WZ D) keine Berücksichtigung finden (Abbildung A 2, untere Abbildung). Mit dem Wegfall der Energieversorgung ist nun das Papiergewerbe die Branche, die in der Branchenauswahl in 2019 die höchste Fördergeldsumme vorzuweisen hat. Die Reduzierung der Fördergeldsumme auf den fiktiven Wert führt dazu, dass die Spanne zwischen dem größten und dem kleinsten Wert geringer wird, was innerhalb der Normierung dem

Chancenfaktor in allen Branchen (mit Ausnahme des Papiergewerbes) ein höheres kompensatorisches Gewicht verleiht. Dies hat nicht nur zur Folge, dass sich der Durchschnitt von -37,8 auf -27,4 verbessert, sondern auch, dass der Klima-CRI in den Branchen Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren (WZ 31-32) sowie Reparatur und Installation von Maschinen und Anlagen (WZ 33)<sup>18</sup> über die Marke von +30 springt. Vor dem Hintergrund, dass es sich bei der Höhe der gemeldeten Fördergeldsumme im Papiergewerbe in 2019 wahrscheinlich um einen statistischen Ausreißer handelt, kann angenommen werden, dass die innerhalb dieser Alternativberechnung erfolgte Verortung der Branche im Klima-CRI eher die eigentliche allgemeine Situation der Branche widerspiegelt als der 1. Platz in der Ausgangsberechnung im Jahr 2019 (siehe Abbildung 11).

## 4 Folgen des technologischen und klimatischen Wandels für die Wirtschaft in Niedersachsen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus Kapitel 2 und 3 zusammengeführt, was eine gemeinschaftliche Betrachtung der potenziellen Auswirkungen beider Megatrends, nämlich der Digitalisierung und des Klimawandels, auf Teile der niedersächsischen Wirtschaft ermöglicht. Dies geschieht wieder in zwei Varianten, nämlich einmal mit allen 28 (4.1) und einmal mit nur 26 Branchen (4.2), d. h. ohne die Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) sowie Energieversorgung (WZ D). Zudem ist zu erwähnen, dass möglicherweise vorhandene Wechselwirkungen zwischen beiden Megatrends keine Berücksichtigung finden, da dies den Rahmen dieser Studie sprengen würde.

### 4.1 Koordinatensystem Digitalisierung & Klimawandel: 28 Branchen

Abbildung 12 zeigt nacheinander jeweils ein Koordinatensystem für das Jahr 2013, 2016 und 2019, dessen X-Achse das Substituierbarkeitspotenzial (in Prozent) und dessen Y-Achse den Klima-CRI abbildet. Jeder Kreis bildet eine der analysierten Branchen und ihre Verortung innerhalb des Koordinatensystems ab. Die Kreise können anhand der jeweils nebenstehenden WZ-Klassifikation identifiziert werden (siehe auch Tabelle A 1, Anhang). Der Umfang eines Kreises bildet den Beschäftigtenanteil der Branche an der Gesamtbeschäftigung in Niedersachsen ab (siehe auch 3.2.1). Eine Einteilung in fünf Kategorien (siehe Legende) soll eine erste Einschätzung der relativen Bedeutung der Branche in Niedersachsen auf Basis der Beschäftigtenzahl erleichtern. Hierbei stellt der in der Legende abgebildete Kreisumfang jeweils die darüberstehende Obergrenze der Kategorie dar. Die exakten Anteilswerte jeder Branche sind der

---

<sup>18</sup> Diese Branche stellt einen Sonderfall dar und es ist nicht auszuschließen, dass die im Zuge der matrixbasierten Umverteilung zugewiesene Fördergeldsumme technisch überzeichnet wurde. Die in der WZ 93 noch gar nicht einzeln ausgewiesene Branche setzt sich in den nachfolgenden Wirtschaftszweigsystematiken aus Reparatur- und Installationstätigkeiten zusammen, die hierzu aus einer größeren Zahl anderer Branchen, u. a. dem Maschinenbau, der Herstellung von Metallzeugnissen, der Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik & Optik sowie dem Sonstigen Fahrzeugbau herausgelöst wurden. Ob insbesondere dieses Segment in den abgebenden Branchen so hohe Klimaschutzspezifische Fördergeldsummen erhalten hat, wie im Zuge der Umverteilung geschehen, darf zumindest in Frage gestellt werden.



Tabelle A 3 (Anhang) zu entnehmen. Bei einigen wenigen Branchen, deren Klima-CRI jenseits der abgebildeten Skalen der Y-Achse liegt, wird der korrekte Wert in der Abbildung hinter der WZ-Klassifikation aufgeführt (z. B. Abbildung 12, obere Abbildung [2013], Branche 19, Klima-CRI: -361,5).

Eine erste wesentliche Erkenntnis aus Abbildung 12 ist, dass zum einen im Zeitverlauf das Substituierbarkeitspotenzial im Allgemeinen zunimmt, insbesondere von 2013 auf 2016. Dies spiegelt sich in der sukzessiven Verschiebung der Kreise in die beiden rechten Quadranten des Koordinatensystems wider. Zum anderen verbessert sich der Klima-CRI sukzessive, was in der Verlagerung der Kreise aus dem linken und dem rechten unteren Quadranten in Richtung des Quadranten rechts oben zum Ausdruck kommt. Aus dieser Entwicklung lässt sich ableiten, dass sich Arbeitgeber in vielen Branchen vornehmlich mit immer wahrscheinlicher werdenden, notwendigen technologiebedingten Veränderungen in der Berufs- und damit Beschäftigtenstruktur in ihren Unternehmen beschäftigen müssen.

Gleichzeitig zeigt sich, dass ein Großteil der untersuchten Branchen im gesamten Untersuchungszeitraum im Sinne des Klima-CRI als neutral eingestuft werden kann. Dies deutet darauf hin, dass weder zu erwarten ist, dass sich für diese Branchen durch den Klimawandel und der daraus resultierenden Klimapolitik ein Übermaß an Chancen eröffnet, noch, dass sie mit einer überdurchschnittlich großen Menge klimawandelinduzierter Risiken konfrontiert werden. Gleichwohl deutet sich im Zeitverlauf an, dass sich die untersuchten Branchen insgesamt tendenziell immer besser an die durch den Klimawandel und die Klimapolitik verändernden Rahmenbedingungen anpassen. Dies wird deutlich durch die fortlaufende Verbesserung des Klima-CRI-Wertes bei einer überwiegenden Zahl an Branchen sowie der Tatsache, dass in 2019 sogar einige Branchen erstmalig in den Bereich des Klima-CRI vorrücken können, in denen die potenziellen Chancen klar die potenziellen Risiken überwiegen. Die in Abbildung 12 dargestellten Entwicklungen legen allerdings nahe, dass für einen Großteil der analysierten Branchen die Herausforderungen eines zunehmend schnelleren technologischen Wandels insgesamt schwerer wiegen dürften als jene, die sich ihnen durch den voranschreitenden Klimawandel und der daraus resultierenden Klimapolitik stellen.

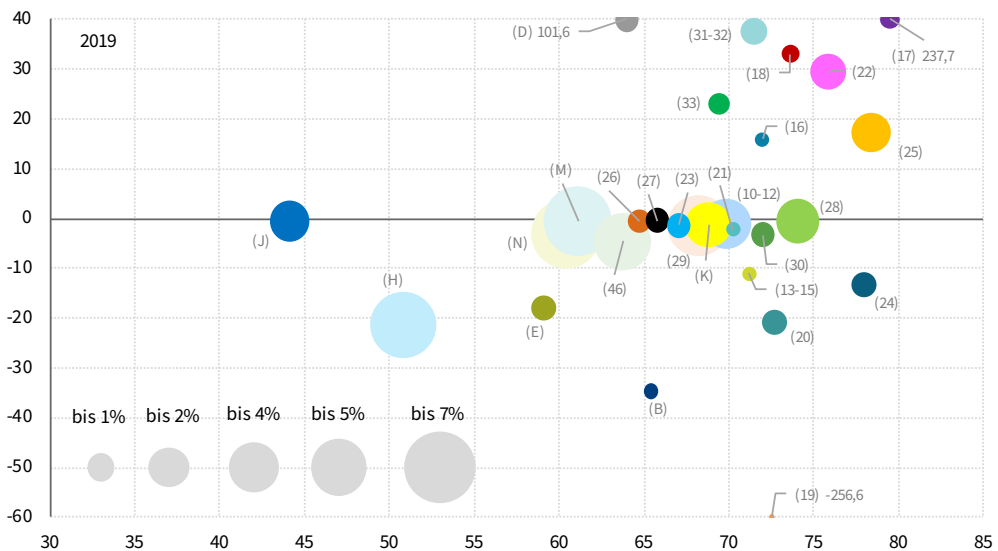
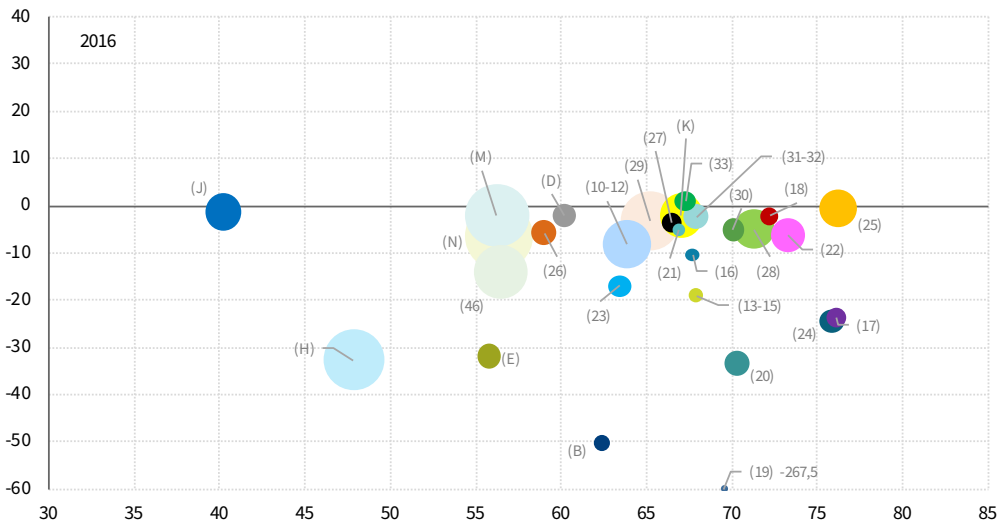
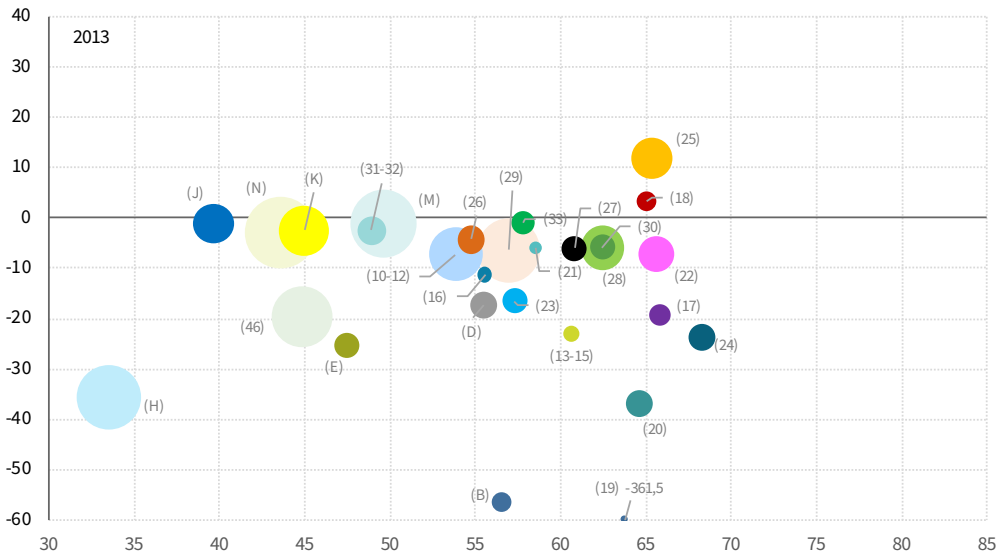
Für Niedersachsen zeigt Abbildung 12, dass sich die überwiegende Mehrheit der beschäftigungsstarken Branchen in 2019 mit Klima-CRI-Werten von -0,5 bis -4,5 klar in jenem Bereich des Koordinatensystems befinden, der als neutral bezeichnet wird. Gleichzeitig liegt das Substituierbarkeitspotenzial dieser Branche zumeist noch unter der Marke von 70 Prozent, gilt also per Definition nicht als hohes Substituierbarkeitspotenzial. Zu dieser Gruppe zählen die Branchen Sonstige Unternehmensdienstleister (WZ N), Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen (WZ M), Großhandel (WZ 46), Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29), Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (WZ K) und Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung (WZ 10–12).

Die beiden Branchen Information und Kommunikation (WZ J) und Maschinenbau (WZ 28) haben einen ähnlich hohen Beschäftigungsanteil an der niedersächsischen Gesamtbeschäftigung von 2,0 und 2,3 Prozent sowie einem identischen Klima-CRI von -0,5 in 2019, unterscheiden sich hinsichtlich ihres Substituierbarkeitspotenzials aber deutlich.



**Abbildung 12: Koordinatensystem Substituierbarkeit & Klima-CRI: 28 Branchen**

Y-Achse: Klima-Chancen-Risiken-Index (Klima-CRI), X-Achse: Substituierbarkeitspotenzial in Prozent



Quelle: Eigene Darstellung, eigene Berechnungen. © IAB

Während im Wirtschaftssegment Information und Kommunikation (WZ J) mit einem Substituierbarkeitspotenzial von 44,1 Prozent nur ein vergleichsweise geringer Veränderungsdruck auf die Beschäftigtenstruktur im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung zu erwarten ist, stellt sich das Bild im Maschinenbau (WZ 28), wo das Substituierbarkeitspotenzial parallel bei 74,1 Prozent liegt, spiegelbildlich dar. In dieser Branche könnten über alle im Zweig vertretenen Berufe im Durchschnitt mehr als sieben von zehn Tätigkeiten von Computern oder computergesteuerten Maschinen bereits potenziell übernommen werden.

Der in Niedersachsen beschäftigungsstarke Zweig Verkehr und Logistik (WZ H) gehört zu jenen Branchen, die einen negativen Klima-CRI aufweisen. Für 2013 und 2016 liegt der jeweilige Wert in jenem Bereich des Index, in welchem die potenziellen Risiken aus Klimawandel und daraus resultierender Klimapolitik die potenziellen Chancen bei weitem übertreffen. In 2019 verbessert sich der Wert im Zuge der allgemeinen Niveauanhebung soweit, dass er die Marke von -30 nicht mehr überschreitet. Trotzdem scheint es vor dem Hintergrund der allgemeinen Entwicklung und der großen Zahl der Beschäftigten in der Branche angeraten, diese klimapolitisch stärker im Sinne möglicher Unterstützungsleistungen im Auge zu behalten. Möglicherweise stehen in der Branche auch relativ gesehen mehr Kapazitäten zur Verfügung, sich klimaspezifischer Herausforderungen anzunehmen, da der potenzielle Veränderungsdruck im Zuge des technologischen Wandels auf die Beschäftigungsstruktur in den Betrieben vergleichsweise moderat ausfällt.

Sehr ähnlich verhält es sich mit der Entwicklung des Klima-CRI in der im Vergleich weniger beschäftigungsstarken Branche der Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20). Liegt dieser in 2013 und 2016 mit -37,0 und -33,3 noch jenseits der Marke von -30, errechnet sich für 2019 ein Wert von -20,8. Anders jedoch als in der Branche Verkehr und Logistik (WZ H) kommt in der Chemie hinzu, dass der potenzielle Veränderungsdruck im Zuge des technologischen Wandels mit einem Substituierbarkeitspotenzial von 72,2 in 2019 als weitaus größer einzuschätzen ist. In der ähnlich beschäftigungsstarken Branche der Metallherstellung und -bearbeitung (WZ 24), die ebenfalls zu allen drei Beobachtungszeitpunkten einen negativen Klima-CRI aufweist (der jedoch zu keinem Zeitpunkt jenseits der Marke von -30 liegt), fällt der potenziell vorhandene, technologiebedingte Veränderungsdruck sogar noch etwas höher aus als in der Chemie.

Daneben gibt es aber auch jene Branchen, für die sich potenziell mehr Chancen als Risiken aus dem Klimawandel und der daraus resultierenden Klimapolitik ergeben sollten. Hierzu gehört neben der Herstellung von Möbeln und anderen Waren (WZ 31–32), der Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielfältigung von Ton-, Bild- und Datenträgern (WZ 18), insbesondere die Energieversorgung (WZ D). Im Gegensatz zu den anderen genannten Branchen, deren deutliche Verbesserung des Klima-CRI von 2016 auf 2019 hauptsächlich auf einer spürbaren Verringerung der spezifischen umweltbezogenen Steuern und Abgaben bei einer gleichzeitig z. T. erheblichen Erhöhung der spezifischen Fördergeldsumme zurückzuführen ist, deutet die erhebliche Verringerung des Negativbeitrags aller Risikofaktoren auf strukturelle Verschiebungen innerhalb der Branche der Energieversorgung in Richtung eines klimagerechteren Wirtschaftens hin. Hierbei darf aber zum einen nicht unerwähnt bleiben, dass diese spürbaren Verbesserungen ohne die außergewöhnlich hohen Zuflüsse an Fördergeldern wahrscheinlich in diesem Umfang nicht hätten realisiert werden können und zum anderen, dass sich Faktoren wie der

Emissionsausstoß oder auch der Energieverbrauch nach wie vor auf einem im Branchenvergleich hohem Niveau befinden.

## 4.2 Koordinatensystem Digitalisierung & Klimawandel: 26 Branchen

Die alternative Darstellung beider Megatrends auf Basis von nur 26 Branchen, d. h. ohne die Branchen Kokerei und Mineralölverarbeitung sowie Energieversorgung (Abbildung A 3, Anhang), veranschaulicht, welche Branchen sich unter den veränderten Niveauunterschieden innerhalb der Branchenauswahl nunmehr in welchem Ausmaß mit (potenziellem) Veränderungsdruck, ausgehend von beiden Megatrends, konfrontiert sehen.

In der Gesamtbetrachtung ähneln sich die Muster in Abbildung 12 und Abbildung A 3. Es zeigt sich jedoch, dass die Nicht-Berücksichtigung der Negativbeiträge der Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) sowie der Energieversorgung (WZ D) in den Jahren 2013 und 2016 dazu führt, dass einige Branchen die Marke von +30 im Klima-CRI in diesen Jahren überschreiten. Die fehlende Berücksichtigung der massiven Positiventwicklung in der Energieversorgung in 2019 führt wiederum dazu, dass keine Branche mehr den Sprung über diese Marke schafft. Zudem verortet sich zu den drei Untersuchungszeitpunkten eine größere Zahl an Branchen in jenem Bereich des Klima-CRI, in welchem die potenziellen Risiken die Chancen klar überwiegen. Die Neuverortung zeigt auf, was unter Einbeziehung von Kokerei und Mineralölverarbeitung sowie der Energieversorgung nicht zu erkennen war, nämlich dass sich eine Reihe von Branchen sowohl mit den eindeutig vorhandenen Herausforderungen durch die Digitalisierung als auch jenen des Klimawandels und der Klimapolitik in stärkerem Maße konfrontiert sehen. Hierzu gehören u. a. die Branchen Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20), Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24) und Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23). Für die in Niedersachsen beschäftigungsstarke Branche der Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung (WZ 10–12) errechnet sich für 2019 ein Klima-CRI von -30,0, der exakt jene definitorische Marke darstellt, bis zu welcher die Branchen noch als neutral eingestuft werden. Bei identischen Substituierbarkeitspotenzialen und ohne die Berücksichtigung von Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) und Energieversorgung (WZ D) zeigt sich, dass sich in Summe durchaus mehr Branchen mit Herausforderungen an ihre Anpassungsfähigkeit aus gleich zwei Richtungen konfrontiert sehen.

## 5 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Studie hat zum Ziel die potenziellen Chancen und Risiken, die sich für Teile der niedersächsischen Wirtschaft aus den beiden Megatrends Digitalisierung und Klimawandel ergeben, in einer gemeinsamen Betrachtung zu eruieren. Hierzu wurden im Hinblick auf die Digitalisierung die sogenannten Substituierbarkeitspotenziale herangezogen, welche Auskunft darüber geben, in welchem Ausmaß Tätigkeiten in Berufen und hierüber in Branchen zu einem bestimmten Zeitpunkt potenziell bereits von Computern oder computergesteuerten Maschinen übernommen werden könnten. Zur Abschätzung potenzieller Chancen und Risiken, welche sich für Branchen aus dem Klimawandel und der daraus resultierenden Klimapolitik ergeben, wurde

ein Klima-Chancen-Risiko-Index berechnet. Die Indexwerte lassen die Schlussfolgerung zu, ob sich für eine Branche hieraus überwiegend potenzielle Chancen oder Risiken ergeben. Hierbei ist auch möglich, dass der Indexwert anzeigt, dass für eine Branche weder das eine noch das andere zutrifft und sie im Kontext des Klimawandels und der Klimapolitik als neutral bewertet wird. Die Untersuchungen wurden für die Jahre 2013, 2016 und 2019 vorgenommen und die Entwicklung der Indikatoren im Zeitverlauf betrachtet.

Beide Indikatoren, das Substituierbarkeitspotenzial und der Klima-CRI, sind nicht 1:1 miteinander vergleichbar bzw. in Beziehung zueinander zu setzen. Dennoch deuten die Ergebnisse der Berechnungen im Hinblick auf Entwicklungsrichtung und Dimension darauf hin, dass für die überwiegende Zahl der untersuchten Branchen bisher wahrscheinlich die Herausforderungen einer zunehmenden Digitalisierung stärker im unternehmerischen Fokus standen als jene des Klimawandels bzw. der Klimapolitik.<sup>19</sup> Eine wesentliche, branchenübergreifende Herausforderung der voranschreitenden Digitalisierung ist die Anpassung beruflicher Inhalte an die sich im Zuge des technologischen Wandels verändernden Rahmenbedingungen. Dass diese häufig notwendigen Anpassungsprozesse scheinbar langsamer umsetzbar sind als der technologische Wandel – sozusagen als Taktgeber – voranschreitet, wird daran sichtbar, dass die Zahl der Branchen in Niedersachsen im Bereich der hohen Substituierbarkeitspotenziale steigt. Von einem hohen Substituierbarkeitspotenzial wird ab einem Wert von > 70 Prozent gesprochen, welcher in 2013 noch von keiner der untersuchten 28 Branchen in Niedersachsen erreicht wurde, in 2016 aber bereits von acht und in 2019 sogar von 13 der 28 Branchen (Abbildung 1). Hohe Substituierbarkeitspotenziale weisen in Niedersachsen in 2019 unter anderem die Branchen Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen, Herstellung von Gummi und Kunststoffwaren, Maschinenbau und Herstellung von chemischen Erzeugnissen auf.

Während die Substituierbarkeitspotenziale im beobachteten Zeitverlauf überall steigen, was in vielen Branchen einen potenziell zunehmenden Anpassungsdruck in der Beschäftigungsstruktur signalisiert, ist für die Mehrzahl der untersuchten Branchen zu erwarten, dass sich die potenziellen Chancen und Risiken, die sich aus Klimawandel und Klimapolitik ergeben, die Waage halten werden. Letzterer Befund bestätigt auch die Ergebnisse der Studie von Bardt (2011), deren methodischer Ansatz der Berechnung des Klima-CRI der vorliegenden Studie zugrunde liegt. Die positive Entwicklung des Klima-CRI im Beobachtungszeitraum legt nahe, dass die Anpassungsfähigkeit der Wirtschaft an klimawandelinduzierte Veränderungen im Allgemeinen im Zeitverlauf zunimmt. Insbesondere die Positiventwicklung in der Energieversorgung lässt auf einen spürbaren strukturellen Wandel innerhalb der Branche schließen, welcher wohl auch von einem anhaltenden Zufluss hoher Fördergeldsummen aus klimawandelspezifischen Förderrichtlinien/-programmen getragen wird. Dennoch, und das zeigen durchgeführte Alternativberechnungen, ist die obige Schlussfolgerung einer zunehmenden Anpassungsfähigkeit nicht eindeutig. Geringfügige Veränderungen bei der Branchenauswahl legen eine genau gegensätzliche Schlussfolgerung nahe, nämlich dass die Anpassungsfähigkeit innerhalb des Beobachtungszeitraums in der Tendenz abnimmt. Vor diesem

---

<sup>19</sup> Bei dieser Beurteilung muss berücksichtigt werden, dass sie aus den Berechnungen für den Beobachtungszeitraum von 2013 bis 2019 abgeleitet wird. Gerade in der Klimapolitik sind aber in den jüngst zurückliegenden Jahren, auch vor dem Hintergrund der „Fridays for Future“-Bewegung, weitreichende Entscheidungen getroffen worden, denen durchaus das Potenzial innewohnt, die hier vorgenommene Beurteilung zu relativieren.

Hintergrund sollte die Situation gerade der energieintensiven Industrien, u. a. der Metallerzeugung und -bearbeitung, dem Papiergewerbe, der Chemischen Industrie oder auch der Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik und Verarbeitung von Steinen und Erden, durch die Politik im Auge behalten werden. Neben einem hohen Energieverbrauch emittieren diese Branchen auch zum Teil nicht unerhebliche Mengen an Treibhausgasen und sind über vergleichsweise hohe umweltspezifische Steuern und Abgaben überdurchschnittlich finanziell belastet. Da sich diese Faktoren von einem Untersuchungszeitpunkt zum anderen zumeist eher graduell verändern, würde z. B. eine spürbare Reduzierung der Fördergeldsummen, die sich als Faktor insgesamt volatiler darstellt, in der ein oder anderen Branche kurzfristig eine deutliche Verschlechterung der klimawandelspezifischen Belastungssituation hervorrufen.

Die Ergebnisse zu den beiden Megatrends in dieser Studie, insbesondere aber jene zum Klima-CRI, bilden aufgrund zahlreicher Einschränkungen eher Tendenzen ab als exakte Verläufe. Beim Substituierbarkeitspotenzial muss im Wesentlichen berücksichtigt werden, dass zurzeit noch alle Kerntätigkeiten in einem Beruf gleichgewichtet in die Berechnung einfließen, was zu einer Über- bzw. auch Unterzeichnung des Potenzials führen kann. Der Grund für die obige Einschätzung mit Blick auf den Klimaindex beruht auf einer deutlich größeren Zahl an Einschränkungen, die vor allem aus der beschränkten Datenverfügbarkeit hervorgehen. So kann mit den verfügbaren Daten nur ein Teil der Wirtschaft abgebildet werden. Insbesondere die fehlende Berücksichtigung des Agrarsektors, welcher durch Klimawandel und Klimapolitik erheblich beeinflusst wird, ist misslich. Aber auch der Dienstleistungssektor ist nur in Teilen erfasst. Insgesamt umfasst die untersuchte Branchenauswahl damit nur rund 50 Prozent der in Niedersachsen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Auch eine wünschenswerte, stärkere wirtschaftsstrukturelle Ausdifferenzierung in der Analyse jenseits der genutzten Ebene der 2-Steller der Wirtschaftszweigsystematik kann aufgrund der Datenlage ebenso wenig vorgenommen werden wie eine Berechnung des Klima-CRI auf Bundeslandebene.

Als weitere Schwierigkeit stellt sich heraus, dass einige der in die Analysen eingeflossenen Faktoren zur Berechnung des Klima-CRI inhaltliche Schnittmengen aufweisen. Um die Auswirkungen einer Doppelzählung bzw. doppelte Berücksichtigung eines Aspekts in den Analysen zu begrenzen, gehen einige der betroffenen Faktoren mit einem geringeren Gewicht in die Berechnungen ein, welches heuristisch gesetzt werden musste. Dies entspricht der Vorgehensweise, wie sie auch in der den klimawandelspezifischen Analysen zugrunde liegenden Studie von Bardt (2011) angewandt wurde. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es u. a. angeraten in zukünftigen, inhaltlich ähnlich gelagerten Studien bei der Berücksichtigung des Energieverbrauchs jene statistischen Daten zu nutzen, die ausschließlich den Primärenergieverbrauch ausweisen (siehe Fußnote 12).

Der gewählten Art der Berechnung des Klima-CRI ist zu attestieren, dass sie einerseits äußerst eingängig ist, da sie in der Hauptsache auf additiven und multiplikativen Verknüpfungen beruht. Andererseits ist die Vorgehensweise aufgrund inkludierter Normierungsschritte anfällig für statistische Ausreißer, d. h. Werte innerhalb eines Faktors, die nicht in das erwartete Wertespektrum passen. Diese weisen einen zumeist großen numerischen Abstand zu den übrigen Werten auf. Die Alternativberechnungen innerhalb der Studie zeigen (siehe 3.3.1 bis 3.3.3), dass die Struktur, d. h. die Verteilung der Branchen im Klima-CRI im Kern stabil bleibt. So finden sich insbesondere im unteren Segment des Index in allen Berechnungsvarianten dieselben Branchen.

Gleichwohl finden sich aber auch einige Unterschiede im Ranking. In weiterführenden Arbeiten wäre zu prüfen, ob alternative Normierungs- bzw. Standardisierungsverfahren zu insgesamt stabileren Ergebnissen führen. Eine Alternative wäre z. B. die sogenannte z-Transformation. Mit dieser würde die Abweichung vom Mittelwert jeder Beobachtung durch die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert geteilt und dadurch normiert werden. Zuletzt ist es mit den in dieser Studie verwendeten Faktoren nicht möglich potenziell vorhandene Wechselwirkungen beider Megatrends zu berücksichtigen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Megatrends Digitalisierung und Klimawandel sowohl Politik als auch Wirtschaft weiterhin vor Herausforderungen stellen werden. Die Auswirkungen beider Trends werden zu wirtschaftsstrukturellen Transformationen führen, die potenzielle Risiken für Wirtschaftswachstum und Beschäftigung bergen, denen aber ebenso (Wachstums-) Chancen innewohnen. Inwieweit bzw. in welchem Umfang sich Potenziale aber realisieren (lassen), hängt von vielerlei Faktoren ab und ist nicht exakt vorhersagbar. Trotz dieser Tatsache sollte die Politik weiterhin bemüht sein, Unternehmen dabei zu unterstützen ihre Anpassungsfähigkeit an die auch weiterhin zu erwartenden, strukturellen Veränderungen durch die voranschreitende Digitalisierung und den Klimawandel zu erhöhen. Eine wesentliche Rolle dürfte hierbei die Flexibilität der Unternehmen spielen, sich an die stetig verändernden Rahmenbedingungen anzupassen.

Ansatzpunkte hierfür könnten u. a. sein, dass Wettbewerbsverzerrungen durch klimapolitische Alleingänge vermieden oder zumindest kompensiert werden. Zudem müssen unternehmerische (Anpassungs-) Investitionen, hervorgerufen durch klimaschutzpolitische Entscheidungen, in ihrer notwendigen Höhe verhältnismäßig bleiben. Hiermit soll vermieden werden, dass derartige Investitionen nicht in der Folge vorhandene Wachstumschancen aufgrund dann fehlender Investitionsmittel vereiteln. So könnten auf Basis von klimaschutzpolitischen Entscheidungen gebundene Investitionsmittel z. B. in Forschung und Entwicklung fehlen; einem Unternehmensbereich, der ggf. eher finanziell stimuliert werden sollte, um über (grüne) Innovationen die Anpassungsfähigkeit der Unternehmen zu verbessern und neue Marktchancen zu eröffnen.

Mit Blick auf die voranschreitende Digitalisierung muss das Ziel sein, Beschäftigte dahingehend zu befähigen, rasch auf Veränderungen des wirtschaftlichen und/oder institutionellen Umfeldes zu reagieren (Rinne/Zimmermann 2016). Die individuell vorhandenen Fähigkeiten und Qualifikationen sollten hierbei jeweils eine erfolgreiche Anpassung ermöglichen. Zur Unterstützung dieses Ziels sollte der Bereich der Aus- und Weiterbildung ein wesentlicher Handlungsschwerpunkt sein (Weber 2017). Um das Wissen und Können der Arbeitskräfte auf dem neuesten technologischen Stand zu halten, wird (Weiter-) Bildung immer wichtiger. Qualifizierungsmaßnahmen erweitern die Einsatzmöglichkeiten von Arbeitnehmern sowohl im Unternehmen als auch auf dem Arbeitsmarkt im Allgemeinen. Die höhere Flexibilität der Arbeitnehmer ist ein wesentliches Element, um einem stetigen, zunehmend schnelleren Wandel erfolgreich begegnen zu können. Lebenslanges Lernen muss weiterhin politisch unterstützt werden und sowohl für Arbeitskräfte aller Qualifikationsniveaus als auch für Arbeitgeber zur selbstverständlichen und dauerhaften Investition werden.

# Literatur

- Bardt, Hubertus (2011): Klima- und Strukturwandel. Chancen und Risiken der deutschen Industrie. IW Analysen, Forschungsbericht aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln Nr. 69, Köln.
- Bardt, Hubertus; Hüther, Michael (2006): Angebotsorientierte Umweltpolitik. Positionsbestimmung und Perspektiven. IW-Positionen, Nr. 21, Köln.
- Brandt, Stephan; Römer, Daniel; Schwarz, Milena (2021): 5 Bio. EUR klimafreundlich investieren – eine leistbare Herausforderung. KfW Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 350.
- Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, Mannheim.
- Börse-Online (2022): Historische Rohstoffkurse. ULR: [https://www.boerse-online.de/rohstoffe/historisch/co2-emissionsrechte/euro/1.1.2013\\_31.12.2019](https://www.boerse-online.de/rohstoffe/historisch/co2-emissionsrechte/euro/1.1.2013_31.12.2019) (eingesehen am 31.01.2022).
- Brand, Stephan; Römer, Daniel; Schwarz, Milena (2021): 5 Bio. EUR klimafreundlich investieren – eine leistbare Herausforderung. KfW Research – Fokus Volkswirtschaft. URL: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-350-Oktober-2021-Investitionsbedarfe-Klimaneutralitaet.pdf> (eingesehen am 21.01.2022)
- Bundesamt für Wirtschaft und Energie (2021): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Berlin. ULR: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-1990-2020.pdf> (eingesehen am 02.02.2022)
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2021): Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt. Zunehmend können auch komplexere Tätigkeiten automatisiert werden. IAB-Kurzbericht, 13/2021, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2018): Substituierbarkeitspotenziale von Berufen: Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. IAB-Kurzbericht, 04/2018, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015a): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht, 11/2015, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta (2015b): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: In kaum einem Beruf ist der Mensch vollständig ersetzbar. IAB-Kurzbericht, 24/2015, Nürnberg.
- Dengler, Katharina; Matthes, Britta; Paulus, Wiebke (2014): Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. FDZ Methodenreport Nr. 12/2014 (DE), Nürnberg.
- Illbury, Chantell; Sunter, Clem (2011): The mind of a fox – Scenario planning in action. Human and Rousseau Tafelberg Publisher, Cape Town.
- Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft (iwd) (2022): Geschenktes Geld. Iwd, 3/2022, S. 6–7.



- Institut für Mittelstandsforschung Bonn (2021): Exportumsatz der KMU nach Wirtschaftszweigen.  
URL: [https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/statistik/mittelstand\\_im\\_einzelen/dokumente/M6d\\_Exportumsatz\\_WZ\\_2015-2019.pdf](https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/statistik/mittelstand_im_einzelen/dokumente/M6d_Exportumsatz_WZ_2015-2019.pdf) (eingesehen am 28.02.2022)
- Kemfert, Claudia (2007): Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. DIW Wochenbericht, Nr. 11/2007, Berlin.
- Kruppe, Thomas; Leber, Ute; Matthes, Britta; Dengler, Katharina; Dietrich, Hans; Janitz, Helga; Janssen, Simon; Jaschke, Philipp; Jost, Oskar; Kosyakova, Yuliya; Lehmer, Florian; Lietzmann, Thorsten; Osiander, Christopher; Schreyer, Franziska; Seibert, Holger; Wiethölter, Doris; Wolf, Katja; Zika, Gerd (2019): Digitale Herausforderungen für die Aus- und Weiterbildung in Deutschland. Beantwortung des Fragenkatalogs der Enquete-Kommission „Berufliche Bildung in der digitalen Arbeitswelt. IAB-Stellungnahme, 01/2019, Nürnberg.
- Möller, Joachim (2015): Verheißung oder Bedrohung? Die Arbeitsmarktwirkungen einer vierten industriellen Revolution. IAB-Discussion Paper, 18/2015, Nürnberg.
- Retief, Francois; Bond, Alan; Pope, Jenny; Morrison-Saunders, Angus; King, Nicholas (2016): Global megatrends and their implications for environmental assessment practice. Environmental Impact Assessment Review, 61, pp. 52–60.
- Rinne, Ulf; Zimmermann, Klaus (2016): Die digitale Arbeitswelt von heute und morgen. In: Aus Politik und Zeitgeschichte, Jg. 66, H 18-19/2016, S. 3–9.
- Springer, Anna Sophie (2016): Der Anthropozän-Wortschatz.  
URL: <https://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/anthropozoen/216925/das-woerterbuch-zum-anthropozoen> (eingesehen am 24.11.2021)
- Statistisches Bundesamt (2021a), Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Anthropogene Luftemissionen, Berichtszeitraum 2000–2019, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2021b), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Inlandsproduktberechnung Fachserie 18 Reihe 1.4, Ausgabe 2020, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2021c), Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Energiegesamtrechnung, Berichtszeitraum 2000–2019, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2021d), Genesis-online Datenbank, URL: <https://www-genesis.destatis.de/>, Tabelle: 85421-0002 (eingesehen am 18.11.2021)
- Statistisches Bundesamt (2021e), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Arbeitsunterlage Investitionen, Ausgabe 2. Vierteljahr 2021, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2022), Genesis-online Datenbank,  
URL: <https://www-genesis.destatis.de/>, Tabelle: 42251-0004 (eingesehen am 03.02.2022)
- Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; Cornell, Sarah E.; Fetzer, Ingo; Bennett, Elena M.; Biggs, Reinette; Carpenter, Stephen R.; De Vries, Wim; De Wit, Cynthia A.; Folke, Carl; Gerten, Dieter; Heinke, Jens; Mace, Georgina M.; Persson, Linn M.; Ramanathan, Veerabhadran; Reyers, Belinda; Sörlin, Sverker (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347, pp. 736-753.

- Sunter, Clem (2013): 21<sup>st</sup> Century megatrends: Perspectives from a fox. Human and Rousseau Tafelberg Publishers, Cape Town.
- Umweltbundesamt (2022): Emissionshandel 2021 mit Rekordeinnahmen von über 12 Milliarden Euro. Einnahmen fördern Klimaschutz und entlasten Verbraucher mit 4,7 Mrd. € beim Strompreis. Pressemitteilung vom 05.01.2022.  
ULR: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/emissionshandel-2021-rekordeinnahmen-von-ueber-12> (eingesehen am 02.02.2022)
- Weber, Enzo (2017): Digitalisierung als Herausforderung für eine Weiterbildungspolitik. In: Wirtschaftsdienst, Jg. 97, H. 5, S. 372–374.
- Wrobel, Martin; Althoff, Jörg (2021): Entwicklung der Substituierbarkeitspotenziale auf dem Arbeitsmarkt in Niedersachsen und Bremen von 2013 auf 2019. IAB-Regional. Berichte und Analysen aus dem Regionalen Forschungsnetz. IAB NSB, 01/2021, Nürnberg.
- Leibnitz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (2021): Kernindikatoren zum Innovationsverhalten der Unternehmen Ausgabe 2021, Mannheim.

# Anhang

**Tabelle A 1: Branchenzuschnitt der vorliegenden Studie**

Klassifikation der Branchen nach WZ 2008	Branchen
B	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
10-12	Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung
13-15	Herstellung von Textilien, Bekleidung und Lederwaren, Schuhen
16	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
18	Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielfältigung von Ton-, Bild- und Datenträgern
19	Kokerei und Mineralölverarbeitung
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
23	Herstellung von Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
24	Metallerzeugung und -bearbeitung
25	Herstellung von Metallerzeugnissen
26	Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
28	Maschinenbau
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen
30	Sonstiger Fahrzeugbau
31-32	Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren
33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
D	Energieversorgung
E	Wasserversorgung, Entsorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzung
46	Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
H	Verkehr und Lagerei
J	Information und Kommunikation
K	Erbringung von Finanz- und Versicherungsleistungen
M <sup>1</sup>	Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen
N <sup>2</sup>	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen

Anmerkung: <sup>1</sup> = ohne WZ 70.1 (Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben) und ohne WZ 75 (Veterinärwesen), <sup>2</sup> = ohne WZ 77 (Vermietung von beweglichen Dingen).

Quelle: Eigene Darstellung. © IAB

**Tabelle A 2: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen mit einem hohem Substituierbarkeitspotenzial (> 70 Prozent) nach Wirtschaftszweigen in Niedersachsen**

In den Jahren 2013, 2016 und 2019, absolute Werte auf Hundert gerundet und in Prozent

Wirtschaftszweige	2013			2016			2019		
	Anteil aller SvB in den jew. WZ an insgesamt"	mit hohem Substituierbarkeitspotenzial		Anteil aller SvB in den jew. WZ an insgesamt"	mit hohem Substituierbarkeitspotenzial		Anteil aller SvB in den jew. WZ an insgesamt"	mit hohem Substituierbarkeitspotenzial	
		SvB in Berufen	Anteil SvB in den jew. WZ		SvB in Berufen	Anteil SvB in den jew. WZ		SvB in Berufen	Anteil SvB in den jew. WZ
B (05-09) Bergbau	0,5	4.300	36,2	0,3	3.800	40,6	0,3	4.700	52,9
10-12 H.v. Nahrungsmitteln u. Getränken, Tabakverarb.	3,3	28.200	32,2	3,2	40.000	43,8	3,2	48.900	51,0
13-15 H.v. Textilien, Bekleidung, Lederwaren u. Schuhen	0,3	3.900	45,3	0,3	4.500	54,9	0,3	5.200	61,2
16 H.v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (oh. Möbel)	0,3	1.500	19,9	0,3	3.100	44,1	0,2	5.400	74,3
17 H.v. Papier, Pappe und Waren daraus	0,5	7.800	54,1	0,5	9.200	65,5	0,5	10.400	75,6
18 H.v. Druckerzgn., Vervielfält. v. Ton-, Bild-, Datenträgern	0,5	5.700	46,6	0,4	6.600	56,2	0,3	6.200	60,6
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	0,1	600	42,1	0,1	900	58,0	0,1	1.100	64,6
20 H.v. chemischen Erzeugnissen	0,9	11.000	45,1	0,8	13.300	55,0	0,8	14.600	61,1
21 H.v. pharmazeutischen Erzeugnissen	0,2	2.300	42,0	0,2	3.100	51,6	0,2	4.500	60,5
22 H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	1,6	23.100	53,0	1,6	27.700	60,6	1,6	32.200	68,5
23 H.v. Glas-, -waren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	0,7	6.000	32,6	0,7	8.700	45,5	0,7	11.500	56,1
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	0,9	12.600	54,1	0,8	15.900	66,4	0,8	17.400	73,5
25 H.v. Metallerzeugnissen	2,0	23.100	42,9	2,0	38.200	68,7	1,9	45.800	77,8
26 H.v. DV-Geräten, elektron. u. optischen Erzeugnissen	0,9	7.100	28,9	0,9	9.400	38,6	0,7	11.500	52,7
27 H.v. elektrischen Ausrüstungen	0,7	7.400	37,6	0,6	9.400	53,7	0,7	11.800	57,3
28 Maschinenbau	2,3	28.300	45,5	2,3	39.000	59,6	2,3	46.600	66,6
29 H.v. Kraftwagen und Kraftwagenteilen	4,9	48.100	37,1	4,9	75.000	53,8	4,7	87.800	61,4
30 Sonstiger Fahrzeugbau	0,7	7.700	41,3	0,7	11.000	57,0	0,7	14.200	66,3
31-32 H.v. Möbeln u. sonstigen Waren	0,9	5.000	20,4	0,9	12.200	48,2	0,9	18.900	72,1
33 Rep. u. Installation v. Maschinen u. Ausrüstungen	0,7	4.700	26,9	0,6	9.600	55,9	0,6	11.400	64,5
D (35) Energieversorgung	0,9	6.400	27,3	0,8	7.200	33,0	0,7	9.800	45,8
E (36-39) Wasserversorgung, Abwasser- u. Abfallentsorgung	0,8	3.800	17,7	0,8	7.000	31,0	0,8	9.600	39,0
46 Großhandel (oh. Handel mit Kfz)	4,4	10.100	8,7	4,2	34.400	29,0	4,2	62.000	49,4
H (49-53) Verkehr u. Lagerei	5,0	6.000	4,5	5,3	34.900	23,1	5,5	55.600	33,5

Wirtschaftszweige	2013			2016			2019		
	Anteil aller SvB in den jew. WZ an insgesamt"	mit hohem Substituierbarkeitspotenzial		Anteil aller SvB in den jew. WZ an insgesamt"	mit hohem Substituierbarkeitspotenzial		Anteil aller SvB in den jew. WZ an insgesamt	mit hohem Substituierbarkeitspotenzial	
		SvB in Berufen	Anteil SvB in den jew. WZ		SvB in Berufen	Anteil SvB in den jew. WZ-		SvB in Berufen	Anteil SvB in den jew. WZ
J (58-63) Information u. Kommunikation	1,9	5.500	10,6	1,9	7.200	13,5	2,0	12.000	19,6
K (64-66) Finanz- u. Versicherungsdienstleistungen	3,0	1.000	1,2	2,8	44.600	56,1	2,6	45.600	58,7
M (69-74) Freiberufl. wissenschaftl. u. techn. Dienstleistungen	5,3	30.300	21,3	5,6	47.700	29,8	5,8	77.900	44,4
N (78-82) Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	6,3	27.800	16,7	6,6	70.800	37,8	6,2	72.300	38,8
Übrige	49,4	70.600	5,4	50,2	157.400	11,0	50,8	310.400	20,2
Insgesamt	100,0	399.900	15,0	100,0	751.700	26,4	100,0	1.065.300	35,2

Anmerkung: SvB = Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Die Absolut-Werte wurden auf 100 gerundet. Rundungsbedingte Differenzen sind möglich.

Quelle: BERUFENET (2013/2016/2019); Statistik der Bundesagentur für Arbeit (Stand 31.12.2013/2016/2019); eigene Berechnungen. © IAB

**Tabelle A 3: Sozialversicherungspflichtige Beschäftigte in Deutschland und Niedersachsen**

In den Jahren 2013, 2016 und 2019, jeweils im Dezember, absolute Werte auf Hundert gerundet und Anteile in Prozent

Wirtschaftszweige	Anzahl						Anteil an allen SvB						Differenz %Punkte Niedersachsen zu Deutschland		
	Deutschland			Niedersachsen			Deutschland			Niedersachsen			2013	2016	2019
	2013	2016	2019	2013	2016	2019	2013	2016	2019	2013	2016	2019	2013	2016	2019
Gesamt	29.884.400	31.847.700	33.740.100	2.695.700	2.874.900	3.047.400	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
(B) Bergbau etc.	79.100	68.300	64.100	12.000	9.500	8.900	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,18	0,12	0,10
(10-12) Nahrungsmittel- u. Getränkeherstellung	662.500	699.500	715.400	87.600	91.400	95.900	2,2	2,2	2,1	3,2	3,2	3,1	1,03	0,98	1,03
(13-15) Textilgewerbe	122.200	125.700	124.100	8.500	8.100	8.400	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	-0,09	-0,11	-0,09
(16) Holzgewerbe (ohne Möbel)	107.500	108.100	112.400	7.300	7.100	7.200	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	-0,09	-0,09	-0,10
(17) Papiergewerbe	124.900	124.100	124.700	14.500	14.100	13.800	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,12	0,10	0,08
(18) Druckerzeugnisse, Ton-, Bildvervielfältigung etc.	148.100	138.300	127.900	12.300	11.700	10.300	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	-0,04	-0,03	-0,04
(19) Mineralölverarbeitung etc.	24.700	25.200	22.900	1.500	1.600	1.600	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,03	-0,02	-0,01
(20) Chemische Erzeugnisse	309.400	326.800	343.600	24.500	24.100	23.900	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	-0,13	-0,19	-0,23
(21) Pharmazeutische Erzeugnisse	140.200	155.300	157.500	5.400	6.000	7.500	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	-0,27	-0,28	-0,22
(22) Gummi- und Kunststoffwaren	371.900	388.100	402.000	43.700	45.700	47.000	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,5	0,38	0,37	0,35
(23) Glasgewerbe, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	196.700	195.800	206.000	18.500	19.000	20.500	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,03	0,05	0,06
(24) Metallherzeugung und -bearbeitung	299.900	289.900	286.800	23.300	23.900	23.700	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	-0,14	-0,08	-0,07
(25) Metallherzeugnisse	785.000	804.100	832.000	53.800	55.700	58.900	2,6	2,5	2,5	2,0	1,9	1,9	-0,63	-0,59	-0,53
(26) DV-Geräte, elektron. u. optische Erzeugnisse	424.400	413.400	429.000	24.500	24.400	21.800	1,4	1,3	1,3	0,9	0,8	0,7	-0,51	-0,45	-0,56
(27) Elektrische Ausrüstungen	349.200	356.900	363.300	19.700	17.500	20.700	1,2	1,1	1,1	0,7	0,6	0,7	-0,44	-0,51	-0,40

Wirtschaftszweige	Anzahl						Anteil an allen SvB						Differenz %Punkte Niedersachsen zu Deutschland		
	Deutschland			Niedersachsen			Deutschland			Niedersachsen			2013	2016	2019
	2013	2016	2019	2013	2016	2019	2013	2016	2019	2013	2016	2019			
(28) Maschinenbau	1.011.700	1.034.200	1.087.500	62.100	65.500	70.000	3,4	3,2	3,2	2,3	2,3	2,3	-1,08	-0,97	-0,93
(29) Kraftwagen und Kraftwagenteile	860.300	917.600	953.500	129.600	139.300	143.000	2,9	2,9	2,8	4,8	4,8	4,7	1,93	1,97	1,87
(30) Sonstiger Fahrzeugbau	155.800	158.400	176.700	18.800	19.300	21.400	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,17	0,17	0,18
(31-32) Möbel u. sonstige Waren	350.300	361.600	377.700	24.400	25.300	26.300	1,2	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	-0,27	-0,26	-0,26
(33) Reparatur u. Installation v. Maschinen und Ausrüstungen	151.200	162.800	174.400	17.400	17.100	17.700	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,14	0,08	0,06
(D) Energieversorgung	236.600	228.900	239.600	23.600	21.900	21.400	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	0,08	0,04	-0,01
(E) Wasserversorgung, Abwasser- u. Abfallentsorgung etc.	231.200	240.400	260.300	21.400	22.700	24.600	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,02	0,04	0,04
(46) Großhandel (ohne Handel mit Kfz)	1.343.500	1.362.000	1.419.600	116.300	118.500	125.600	4,5	4,3	4,2	4,3	4,1	4,1	-0,18	-0,15	-0,09
(H) Verkehr und Lagerei	1.531.200	1.692.800	1.868.900	133.600	151.000	165.900	5,1	5,3	5,5	5,0	5,3	5,4	-0,17	-0,06	-0,09
(J) Information und Kommunikation	909.500	997.600	1.162.400	51.600	53.300	61.100	3,0	3,1	3,4	1,9	1,9	2,0	-1,13	-1,28	-1,44
(K) Finanz- und Versicherungsdienstleister	1.013.600	994.200	972.800	81.100	79.600	77.700	3,4	3,1	2,9	3,0	2,8	2,5	-0,38	-0,35	-0,33
(M) Freiberufl., wissenschaftl. u. techn. Dienstleister	1.457.400	1.593.100	1.766.400	112.800	122.600	133.200	4,9	5,0	5,2	4,2	4,3	4,4	-0,69	-0,74	-0,86
(N) Sonstige Unternehmensdienstleister	1.906.000	2.193.600	2.187.100	166.600	187.400	186.300	6,4	6,9	6,5	6,2	6,5	6,1	-0,20	-0,37	-0,37

Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen. © IAB



**Tabelle A 4: Nettoanlageinvestitionen in den jeweiligen Preisen**

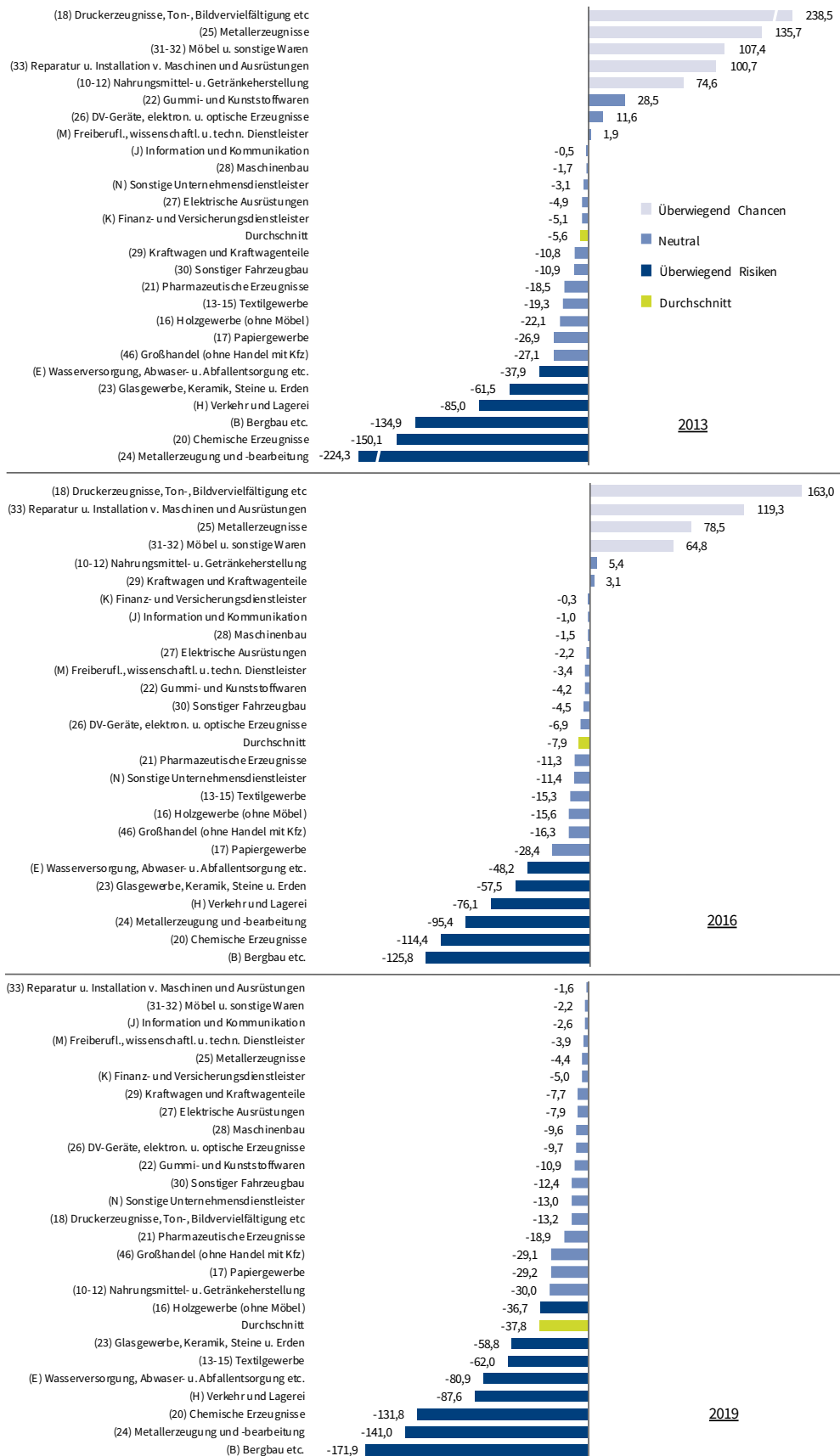
Zeitreihe von 2013 bis 2019, in Mrd. Euro

Wirtschaftszweig	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Saldo
(B) Bergbau etc.	-0,37	-0,08	-0,39	-0,38	-0,45	-0,47	-0,26	-2,40
(10-12) Nahrungsmittel- u. Getränkeherstellung	-0,30	0,20	0,64	0,68	0,44	0,55	0,81	3,02
(13-15) Textilgewerbe	-0,29	-0,21	-0,11	-0,08	-0,08	-0,06	-0,23	-1,05
(16) Holzgewerbe (ohne Möbel)	-0,22	-0,16	-0,07	-0,05	-0,12	-0,08	0,16	-0,55
(17) Papiergewerbe	-0,40	-0,41	-0,42	-0,13	-0,24	0,23	0,27	-1,11
(18) Druckerzeugnisse, Ton-, Bildervielfältigung etc.	-0,48	-0,32	-0,35	-0,23	-0,25	-0,36	-0,39	-2,38
(19) Mineralölverarbeitung etc.	-0,16	0,07	-0,07	0,00	0,08	0,21	0,51	0,64
(20) Chemische Erzeugnisse	-0,81	-0,55	-0,80	-0,43	0,01	-0,19	0,61	-2,16
(21) Pharmazeutische Erzeugnisse	0,83	1,05	1,14	2,41	0,67	2,68	3,00	11,77
(22) Gummi- und Kunststoffwaren	-0,01	0,27	0,81	0,54	0,28	0,48	0,48	2,86
(23) Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden	-0,40	-0,33	-0,24	-0,13	-0,02	0,26	0,40	-0,47
(24) Metallerzeugung und -bearbeitung	0,05	-0,37	-0,34	-0,37	-0,34	-0,11	-0,12	-1,60
(25) Metallerzeugnisse	-0,14	0,03	0,24	0,54	0,48	0,72	0,40	2,28
(26) DV-Geräte, elektron. u. optische Erzeugnisse	-0,35	-0,65	-0,69	-0,49	-0,09	0,62	1,22	-0,44
(27) Elektrische Ausrüstungen	0,21	-0,22	-0,04	0,69	0,43	0,49	0,30	1,86
(28) Maschinenbau	0,45	1,06	0,76	1,17	2,60	2,85	2,26	11,16
(29) Kraftwagen und Kraftwagenteile	5,94	6,93	6,82	8,08	12,85	13,17	12,29	66,08
(30) Sonstiger Fahrzeugbau	-0,09	-0,08	0,22	0,37	0,33	0,35	0,41	1,50
(31-32) Möbel u. sonstige Waren	0,11	0,38	0,41	0,18	0,49	0,64	0,92	3,12
(33) Reparatur u. Installation v. Maschinen und Ausrüstungen	0,08	0,08	0,69	0,48	-0,53	-0,47	-0,35	-0,02
(D) Energieversorgung	-0,57	1,44	1,27	0,69	1,34	1,73	4,10	9,99
(E) Wasserversorgung, Abwasser- u. Abfallentsorgung etc.	-3,57	-2,76	-3,43	-3,37	-3,07	-2,19	-2,36	-20,75
(46) Großhandel (ohne Handel mit Kfz)	1,72	1,24	1,46	2,13	1,71	0,78	1,50	10,55
(H) Verkehr und Lagerei	3,13	5,20	5,97	8,02	7,88	10,50	9,80	50,50
(J) Information und Kommunikation	-0,14	0,08	2,65	2,70	1,55	2,45	8,00	17,29
(K) Finanz- und Versicherungsdienstleister	2,15	2,32	3,13	1,30	1,91	2,66	4,38	17,85
(M) Freiberufl., wissenschaftl. u. techn. Dienstleister	2,44	4,04	3,43	5,52	5,67	4,98	6,88	32,95
(N) Sonstige Unternehmensdienstleister	8,13	11,16	15,42	13,45	17,37	17,37	17,58	100,47

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2021e; eigene Berechnungen. © IAB

## Abbildung A 1: II. Chancen-Risiko-Index (Klima-CRI) nach Branchen für 2013, 2016 und 2019

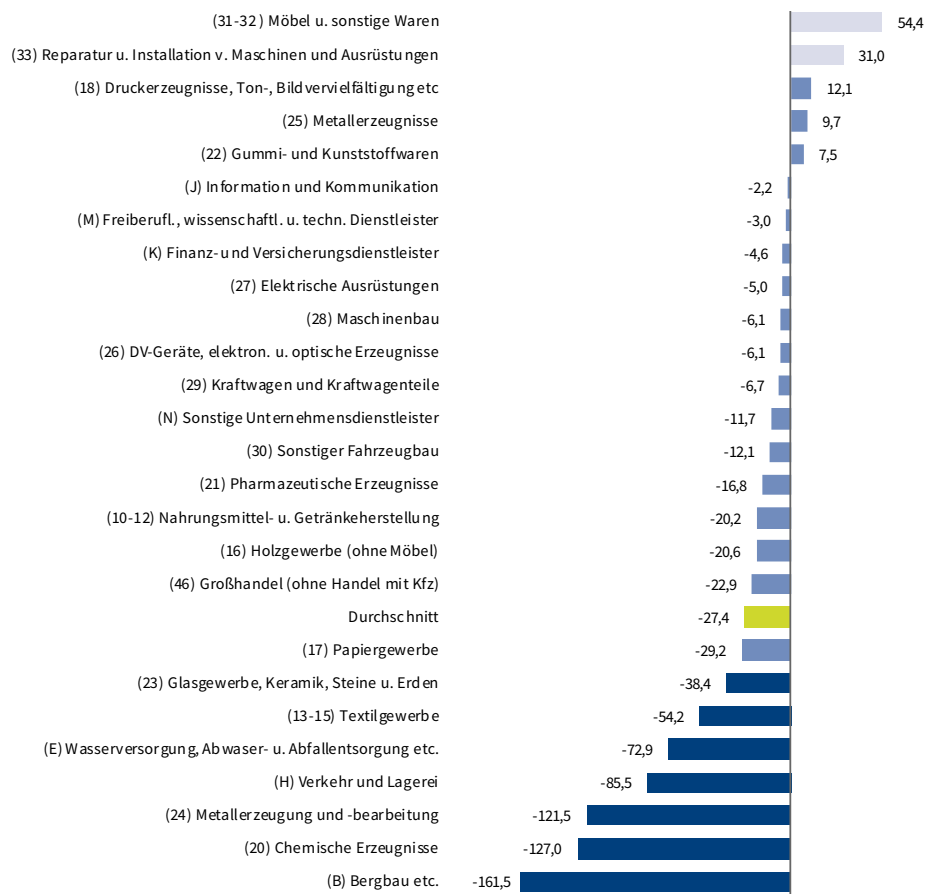
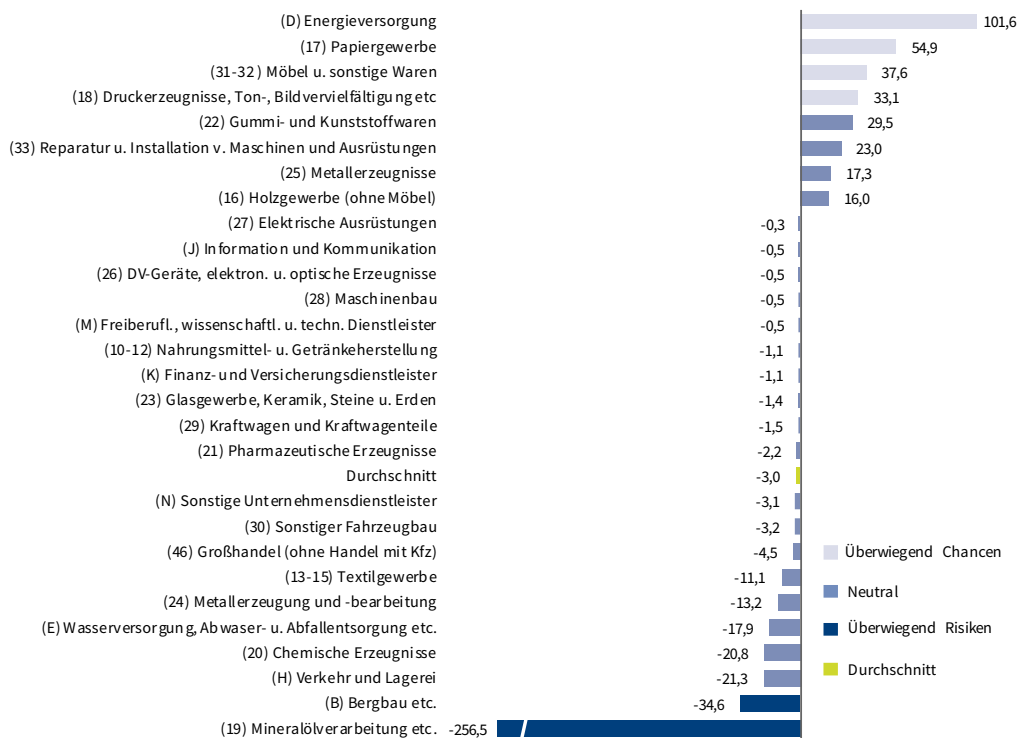
Branchenauswahl: 26 Branchen



Quelle: Eigene Berechnungen. © IAB

### Abbildung A 2: III. Chancen-Risiko-Index (Klima-CRI) nach Branchen 2019

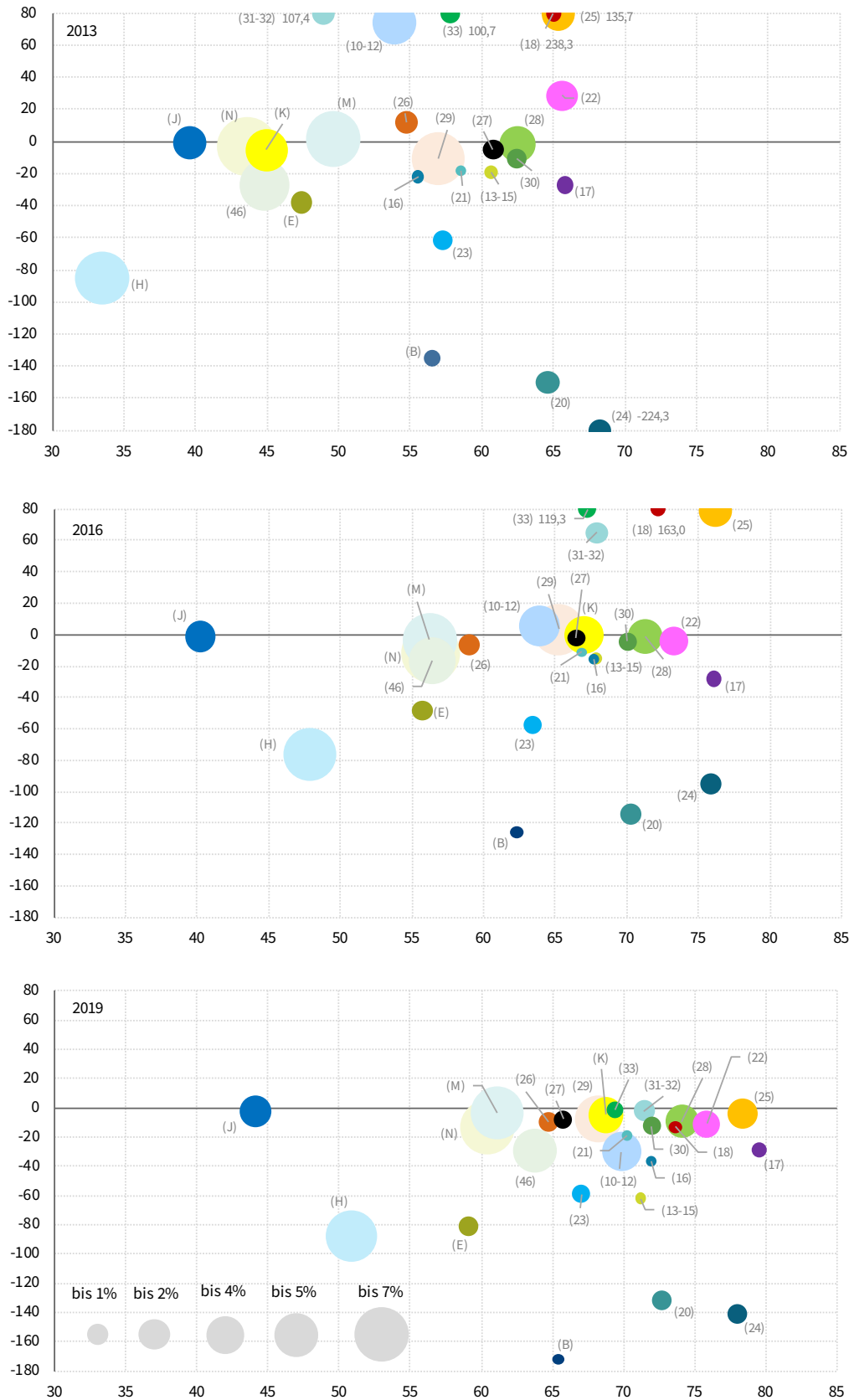
Fiktive Fördergeldsumme im Papiergewerbe in 2019 / obere Abb. 28 Branchen, untere Abb. 26 Branchen



Quelle: Eigene Berechnungen. © IAB

### Abbildung A 3: Koordinatensystem Substituierbarkeit & Klima-CRI: 26 Branchen

Y-Achse: Klima-Chancen-Risiken-Index (Klima-CRI), X-Achse: Substituierbarkeitspotenzial in Prozent



Quelle: Eigene Darstellung, eigene Berechnungen. © IAB

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Substituierbarkeitspotenziale nach ausgewählten Branchen in Niedersachsen in den Jahren 2013, 2016 und 2019.....	11
Abbildung 2:	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen mit einem hohem Substituierbarkeitspotenzial (über 70 Prozent) nach ausgewählten Branchen in Niedersachsen in den Jahren 2013, 2016 und 2019 .....	12
Abbildung 3:	Spezifische Treibhausgasemissionen.....	19
Abbildung 4:	Spezifischer Energieverbrauch .....	21
Abbildung 5:	Umweltschutzbezogenen Steuern und Abgaben.....	24
Abbildung 6:	Staatliche Fördergelder aus ausgewählten klimaschutzrelevanten Förderrichtlinien/-programmen .....	28
Abbildung 7:	Investitionstätigkeiten .....	30
Abbildung 8:	Innovationstätigkeiten .....	32
Abbildung 9:	Exportquoten.....	34
Abbildung 10:	Berechnung des Chancen-Risiko-Index zum Klimawandel (Klima-CRI) .....	36
Abbildung 11:	I. Chancen-Risiko-Index (Klima-CRI) nach Branchen für 2013, 2016 und 2019 .....	39
Abbildung 12:	Koordinatensystem Substituierbarkeit & Klima-CRI: 28 Branchen .....	47

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beispiel Normierung.....	37
------------	--------------------------	----

## Anhang

Tabelle A 1:	Branchenzuschnitt der vorliegenden Studie.....	56
Tabelle A 2:	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Berufen mit einem hohem Substituierbarkeitspotenzial (> 70 Prozent) nach Wirtschaftszweigen in Niedersachsen .....	57
Tabelle A 3:	Sozialversicherungspflichtige Beschäftigte in Deutschland und Niedersachsen .....	59
Tabelle A 4:	Nettoanlageinvestitionen in den jeweiligen Preisen .....	61
Abbildung A 1:	II. Chancen-Risiko-Index (Klima-CRI) nach Branchen für 2013, 2016 und 2019 .....	62
Abbildung A 2:	III. Chancen-Risiko-Index (Klima-CRI) nach Branchen 2019.....	63
Abbildung A 3:	Koordinatensystem Substituierbarkeit & Klima-CRI: 26 Branchen .....	64

## In der Reihe IAB-Regional Niedersachsen-Bremen zuletzt erschienen

Nummer	Autoren	Titel
<a href="#">2/2021</a>	Andrea Brück-Klingberg, Jörg Althoff.	Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Arbeitsmärkte in Niedersachsen und Bremen
<a href="#">1/2021</a>	Martin Wrobel, Jörg Althoff.	Entwicklung der Substituierbarkeitspotenziale auf dem Arbeitsmarkt in Niedersachsen und Bremen von 2013 bis 2019
<a href="#">1/2020</a>	Andrea Brück-Klingberg, Uwe Harten, Jörg Althoff	Arbeitsmarktsituation von Ausländerinnen und Ausländern in Niedersachsen
<a href="#">3/2019</a>	Martin Wrobel, Michaela Fuchs, Antje Weyh, Jörg Althoff	Der Pflegearbeitsmarkt in Niedersachsen - Eine Bestandsaufnahme
<a href="#">2/2019</a>	Uwe Harten	Regionale Bedeutung des Handwerks für Beschäftigung und Ausbildung in Deutschland - Fokus: Niedersachsen

Eine vollständige Liste aller Veröffentlichungen der Reihe „**IAB-Regional Niedersachsen-Bremen**“ finden Sie unter:

<https://www.iab.de/de/publikationen/regional/niedersachsen-bremen.aspx>

Eine vollständige Liste aller Veröffentlichungen der Reihe „**IAB-Regional**“ finden Sie unter:

<https://www.iab.de/de/publikationen/regional.aspx>

# Impressum

**IAB-Regional • IAB Niedersachsen-Bremen 1|2022**

## **Veröffentlichungsdatum**

September 2022

## **Herausgeber**

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung  
der Bundesagentur für Arbeit  
Regensburger Straße 104  
90478 Nürnberg

## **Nutzungsrechte**

Diese Publikation ist unter folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht:  
Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0)  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

## **Bezugsmöglichkeit**

[https://doku.iab.de/regional/NSB/2022/regional\\_nsb\\_0122.pdf](https://doku.iab.de/regional/NSB/2022/regional_nsb_0122.pdf)

## **Website**

<https://www.iab.de>

## **ISSN**

1861-3586

## **DOI**

[10.48720/IAB.RENSB.2201](https://doi.org/10.48720/IAB.RENSB.2201)

---

## **Rückfragen zum Inhalt**

Martin Wrobel  
Telefon 0511.9885-8953  
E-Mail [Martin.Wrobel@iab.de](mailto:Martin.Wrobel@iab.de)