

Bachmann, Ronald; Dürig, Wolfgang; Gonschor, Myrielle; Neumann, Uwe

**Research Report**

## Studie zu Arbeitswelt 4.0 in Hessen und den Digitalisierungsfolgen und -effekten

RWI Projektberichte

**Provided in Cooperation with:**

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

*Suggested Citation:* Bachmann, Ronald; Dürig, Wolfgang; Gonschor, Myrielle; Neumann, Uwe (2021) : Studie zu Arbeitswelt 4.0 in Hessen und den Digitalisierungsfolgen und -effekten, RWI Projektberichte, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/251879>

**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.*



Projektbericht

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung

## **Studie zu Arbeitswelt 4.0 in Hessen und den Digitalisierungsfolgen und -effekten**

**Studie für die Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag der Hessischen Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung**

Endbericht

12. Februar 2021



# Impressum

## Herausgeber:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung  
Hohenzollernstraße 1-3 | 45128 Essen, Germany

Postanschrift:

Postfach 10 30 54 | 45030 Essen, Germany

Fon: +49 201-81 49-0 | E-Mail: [rwi@rwi-essen.de](mailto:rwi@rwi-essen.de)  
[www.rwi-essen.de](http://www.rwi-essen.de)

## Vorstand

Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph M. Schmidt (Präsident)

Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)

Dr. Stefan Rumpf

© RWI 2021

Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des RWI gestattet.

## RWI Projektbericht

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph M. Schmidt

Gestaltung: Daniela Schwindt, Magdalena Franke, Claudia Lohkamp

Studie zu Arbeitswelt 4.0 in Hessen und den Digitalisierungsfolgen und -effekten

Studie für die Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag der Hessischen Ministerin  
für Digitale Strategie und Entwicklung

Auftrags-Nr.: 2020-A-0186

Endbericht

## Projektteam

Prof. Dr. Ronald Bachmann, Wolfgang Dürig, Myrielle Gonschor, Dr. Uwe  
Neumann

*Das Projektteam dankt Marianne Kutzner und Jurek Tiedemann für Unterstützung bei der Erstellung  
des Berichts.*

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	5
2.	Effekte der Digitalisierung auf den deutschen Arbeitsmarkt: Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Literatur .....	7
2.1	Automatisierungsrisiko, Substitutionswahrscheinlichkeit, Zukunftsszenarien .....	7
2.2	Ex-post-Betrachtungen: Arbeitsmarktpolarisierung, Tätigkeiten und Kompetenzen, Qualität der Arbeit .....	14
3.	Effekte der Digitalisierung auf den hessischen Arbeitsmarkt.....	27
3.1	Hessen im Vergleich der Bundesländer .....	28
3.2	Regionale Unterschiede in Hessen .....	36
3.3	Zusammenfassung .....	52
4.	Fallbeispiele von Branchen in Hessen .....	54
4.1	Fallstudie Chemieindustrie .....	54
4.2	Fallstudie Maschinenbau .....	60
4.3	Fallstudie Handwerk .....	69
5.	Zusammenfassung und Handlungsansätze .....	83
5.1	Überblick.....	83
5.2	Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse .....	83
5.3	Implikationen für die Digitalisierungspolitik.....	86
6.	Literaturverzeichnis .....	91

## Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Beschäftigungswachstum 2015-2020.....	28
Abb. 2:	Beschäftigtenanteil in Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen .....	29
Abb. 3:	Beschäftigtenanteil in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen ...	30
Abb. 4:	Beschäftigte mit hohem Substituierbarkeitspotential .....	31
Abb. 5:	Bruttostundenverdienst 2018 und Veränderung 2014-2018.....	32
Abb. 6:	Anteil der Erwerbspersonen, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an einer beruflichen Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen haben .....	35
Abb. 7:	Beschäftigte am Arbeitsort und Beschäftigungswachstum 2015-2020 .....	37
Abb. 8:	BIP je Erwerbstätigen .....	39
Abb. 9:	Beschäftigtenanteile in Fertigungsberufen und fertigungstechnischen Berufen ...	40
Abb. 10:	Beschäftigtenanteile in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen*	41
Abb. 11:	Beschäftigtenanteil in Berufen mit niedrigem und in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial.....	42
Abb. 12:	Beschäftigtenanteil in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial .....	44
Abb. 13:	Veränderung des Beschäftigtenanteils in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial.....	45
Abb. 14:	Beschäftigte in der Chemieindustrie (2020).....	55
Abb. 15:	Beschäftigte im Maschinenbau (2020) und Wachstum 2015-2020 .....	63
Abb. 16:	Beschäftigte im Maschinenbau (2020).....	64
Abb. 17:	Beschäftigte im Maschinenbau mit hohem Substituierbarkeitspotenzial (>70 %)*	68

**Verzeichnis der Tabellen**

Tab. 1: Häufigkeitsverteilung ausgewählter Merkmale der regionalen Arbeitswelt auf der Kreisebene und Korrelation mit dem Substituierbarkeitspotenzial ..... 47

Tab. 2: Merkmale der Positionierung der Kreise und kreisfreien Städte im digitalen Wandel..... 48

Tab. 3: Kategorisierung der hessischen Kreise und kreisfreien Städte in Bezug auf das Substituierbarkeitspotenzial der Beschäftigten ..... 51

Tab. 4: Beschäftigte im Handwerk nach Gewerbegruppen und deren Anteil am Gesamthandwerk..... 70

Tab. 5: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Handwerk und in Hessen insgesamt nach Kreisen..... 71

Tab. 6: Einsatzgebiete von Digitalisierungstechnik in Handwerksunternehmen ..... 74

Tab. 7: Ebenen für die Untersuchung der Digitalisierungsprozesse im Handwerk ..... 77

### 1. Einleitung

In der vorliegenden Studie werden die Effekte der Digitalisierung auf die Arbeitswelt 4.0 mit Hilfe der existierenden wissenschaftlichen Literatur und entsprechenden Daten für Hessen untersucht. Dabei wird auf die für Deutschland existierende Literatur und ausgewählte internationale Studien zurückgegriffen.<sup>1</sup> In der Studie wird „Digitalisierung“ definiert als der steigende Einsatz digitaler Technologien im weiteren Sinne (Computer, Roboter, maschinelles Lernen, 3D-Druck...). Mit dem Begriff Arbeitswelt 4.0 sind neue Arbeitsformen und –verhältnisse gemeint, die aus der Industrie 4.0 und entsprechenden Digitalisierungsprozessen resultieren und in unterschiedlichen Berufsfeldern Einzug gehalten haben. Hierzu zählen neben der Digitalisierung von Arbeitsprozessen insbesondere Flexibilität und Vernetzung (Schneemann et al. 2020).

Bei den möglichen Effekten geht es einerseits um das Verschwinden bzw. die Verlagerung von Jobs, wobei sehr unterschiedliche Schätzungen existieren: Laut Schätzungen auf Ebene der Berufe könnten etwa 40 % der Jobs in Deutschland mit hoher Wahrscheinlichkeit durch neue Technologien ersetzt werden; bei einer entsprechenden Analyse auf Ebene der Tätigkeiten, die im Job durchgeführt werden, gilt dies für 12 % der Jobs (Bonin et al. 2015). Auch die BMAS-Prognose „Digitale Arbeitswelt“, die von einem sich beschleunigenden Tempo der Digitalisierung ausgeht, gibt an, dass etwa sieben Millionen Jobs von den Veränderungen des Arbeitsmarktes betroffen sein könnten (Zika et al. 2019).

Andererseits können sich auch positive Effekte ergeben. So entstehen durch neue Technologien in bestimmten Sektoren neue Jobs, die den Stellenabbau in anderen Bereichen kompensieren können (Wolter et al. 2018, Gartner und Stüber 2019). Es findet jedoch kein einheitlicher Digitalisierungsprozess statt, stattdessen gibt es große Unterschiede in der Implementierung und Nutzung digitaler Technologien zwischen, aber auch innerhalb von Branchen (Reimann et al. 2020). Zudem ändern sich bei bestehenden Jobs die Anforderungen an die auszuführenden Tätigkeiten sowie generell die notwendigen Qualifikationen und Kenntnisse.

Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen der zu erstellenden Studie den folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden:

- Wie verändert die Digitalisierung verschiedene Aspekte der Beschäftigung in Deutschland und speziell in Hessen?
- Wie verändern sich berufliche Tätigkeiten und Beschäftigungsverhältnisse?
- Welche Qualifizierungsbedarfe ergeben sich hierdurch?
- Welche Effizienz-/Rationalisierungsgewinne ergeben sich durch die Digitalisierung der Arbeit, inwiefern werden Arbeitsprozesse verdichtet?

Nach Möglichkeit soll bei der Beantwortung dieser Fragen immer darauf eingegangen werden, welche Art von Digitalisierung jeweils Veränderungen verursacht (z.B. Digitalisierung betrieblicher Prozesse, Ausbau des Breitband-Internets, Einsatz von maschinellem Lernen, ...). Zudem soll wo immer möglich auf mittelständische Unternehmen sowie mögliche strukturelle Veränderungen auch für den ländlichen Raum eingegangen werden.

Die Studie ist wie folgt strukturiert: Das folgende Kapitel 2 besteht aus einem Literaturüberblick zu den Auswirkungen der Digitalisierung in Deutschland. Hierbei wird erstens auf Studien zu den Automatisierungspotentialen von Jobs eingegangen, d.h. wie viele und welche Jobs aus technischer Sicht durch digitale Technologien ersetzt werden könnten. Zweitens wird auf Prognosen eingegangen, die Szenarien für die Digitalisierung und damit einhergehende Jobverluste und -

---

<sup>1</sup> Goos et al. 2019 enthält einen Überblick über internationale Studien.

gewinne entwerfen. Drittens wird dargestellt, welche Auswirkungen Studien verzeichnen, die den Einfluss der Digitalisierung im Allgemeinen und bestimmter digitaler Technologien im Speziellen *ex post* untersuchen. Hierbei stehen die Auswirkungen auf die folgenden Arbeitsmarktaspekte im Zentrum des Interesses: das Beschäftigungsniveau, Arbeitsmarktübergänge (zwischen Sektoren und Berufen sowie zwischen Arbeitsmarktzuständen wie Beschäftigung und Arbeitslosigkeit), Löhne, die Art der Beschäftigungsverhältnisse (insbesondere „reguläre“ und atypische Beschäftigung), Tätigkeitsprofile und Qualifikationsanforderungen, Effizienzgewinne und Verdichtungsprozesse sowie Arbeitsbedingungen. In Kapitel 3 wird speziell auf das Bundesland Hessen eingegangen, um die (möglichen) Folgen der Digitalisierung auf den hessischen Arbeitsmarkt einzuschätzen. Hierbei wird zunächst das hessische Arbeitsmarktprofil hinsichtlich Branchen bzw. Berufen dargestellt. Des Weiteren werden die Ergebnisse von Studien speziell für Hessen erläutert. In Kapitel 4 werden drei Branchen betrachtet, die für Hessen von besonderer Bedeutung sind: die Chemieindustrie, der Maschinenbau und das Handwerk. Die Erkenntnisse der vorhergehenden Kapitel werden in Kapitel 5 zusammengefasst und in Beziehungen zueinander gesetzt, und es werden Implikationen für die Digitalisierungspolitik diskutiert.

### 2. Effekte der Digitalisierung auf den deutschen Arbeitsmarkt: Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Literatur

Welchen Effekt hat die zunehmende Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt, und wie wird der zukünftige „Arbeitsmarkt 4.0“ aussehen? Zur Beantwortung dieser Frage werden in der wissenschaftlichen Literatur verschiedene Herangehensweisen verwendet, die im Folgenden genauer erläutert werden. Die erste Herangehensweise besteht in einer Bestimmung des Automatisierungs- bzw. Substituierungspotenzials. Beide Potenziale drücken aus, wie stark Berufe vor dem Hintergrund der derzeitigen technischen Möglichkeiten Gefahr laufen, durch digitale Technologien ersetzt zu werden. Die entsprechenden Studien befassen sich somit mit den Jobverlusten, die durch den technologischen Wandel verursacht werden könnten. Bei der zweiten Herangehensweise handelt es sich um Szenario-Rechnungen, die abschätzen, wie sich der Arbeitsmarkt bei einem Wandel zu einer Wirtschaft 4.0 voraussichtlich verändern wird. Bei diesen Abschätzungen wird zum einen berücksichtigt, dass der technologische Wandel auch neue Berufe und Jobs mit sich bringt. Zudem wird das Zusammenspiel von Arbeitsnachfrage von Seiten der Firmen und Arbeitsangebot von Seiten der Arbeitskräfte in Betracht gezogen. Die dritte Herangehensweise untersucht, wie sich der technologische Wandel im Allgemeinen und bestimmte Technologien im Speziellen in der jüngeren Vergangenheit auf die Beschäftigung ausgewirkt haben.

#### 2.1 Automatisierungsrisiko, Substitutionswahrscheinlichkeit, Zukunftsszenarien

##### Das Automatisierungsrisiko von Berufen: Nicht so hoch wie ursprünglich befürchtet

Eine Abschätzung dafür, wie hoch die Beschäftigungsverluste durch Automatisierung und Digitalisierung sein könnten, liefert die Automatisierungswahrscheinlichkeit. Dieses Konzept wurde von Frey und Osborne (2017)<sup>2</sup> in einem vielzitierten Forschungsaufsatz bekannt gemacht. Die Autoren kommen hierbei für die USA zu dem Ergebnis, dass fast 50 % der Beschäftigten einem hohen Automatisierungsrisiko ausgesetzt sind, wobei ein hohes Automatisierungsrisiko einer Wahrscheinlichkeit von größer als 70 % entspricht. Ihr methodisches Vorgehen war zweistufig: Im Rahmen eines Expertenworkshops wurde zunächst die Automatisierungswahrscheinlichkeit für eine kleine Gruppe an Berufen bestimmt. Grundlage der Experteneinschätzung war hierbei der neueste Stand der Technik. Basierend auf diesen Einschätzungen wurden die Automatisierungswahrscheinlichkeiten für die weiteren Berufe bestimmt. Hierzu wurden Methoden des maschinellen Lernens herangezogen und auf die O\*NET-Datenbank des amerikanischen Arbeitsministeriums angewendet. Diese Datenbank enthält Informationen über die Tätigkeitsprofile von Berufen auf dem amerikanischen Arbeitsmarkt. Sie spiegelt die Tatsache, dass sich die Tätigkeitsprofile in einem Beruf über die Zeit ändern und innerhalb eines Berufes variieren, jedoch nur unzureichend wider.

Eine Übertragung dieser Studie auf Deutschland wurde von Bonin et al. (2015) vorgenommen. Dabei wird die Annahme getroffen, dass sich Kerntätigkeiten in Berufen in den USA und in Deutschland nicht unterscheiden. Die Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass 42 % der Beschäftigten in Deutschland in einem Beruf mit einem hohen Automatisierungsrisiko arbeiten und Personen mit einem höheren Einkommen und höherer Bildung weniger stark betroffen sind.

Eine Schwäche der Studie von Frey und Osborne (2017) ist die implizite Annahme, dass Technologie komplette Berufe ersetzt. Dies erscheint unrealistisch, da Technologien bestimmte Tätigkeiten in Berufen, aber nicht komplette Berufe ersetzen. Daher führen Bonin et al. (2015) auch

---

<sup>2</sup> Die erste Version dieser Forschungsarbeit wurde 2013 veröffentlicht.

eine Schätzung der Automatisierungswahrscheinlichkeit durch, die auf Tätigkeiten statt auf Berufen basiert. Hierzu wurden die Daten der PIACC Studie (Programme for the International Assessment of Adult Competencies) verwendet, in der Informationen zu den in einem Beruf durchgeführten Tätigkeiten auf individueller Ebene erhoben wurden. Zunächst schätzen Bonin et al. (2015), inwiefern die Automatisierungswahrscheinlichkeit von den Tätigkeiten in einem Beruf abhängt, um dann Personen auf Basis ihres Tätigkeitsprofils Automatisierungswahrscheinlichkeiten zuzuordnen. Diese Vorgehensweise berücksichtigt, dass Automatisierungswahrscheinlichkeiten nicht nur zwischen Berufen variieren können, sondern auch in ein und demselben Beruf. Ihr Ergebnis ist eine durchschnittliche Automatisierungswahrscheinlichkeit der Berufe in Deutschland von 12 % und in den USA von 9 %. Diese Schätzungen liegen somit deutlich unter der berufs-basierten Schätzung von Frey und Osborne (2017).

Arntz et al. (2016b) übertragen diese tätigkeitsbasierte Schätzung des Automatisierungsrisikos auf 21 OECD-Länder. Sie finden, dass im Durchschnitt 9 % der Berufe einem hohen Automatisierungsrisiko unterliegen, wobei es Heterogenität zwischen den Ländern gibt. Sie heben hervor, dass die Automatisierbarkeit nur ein Potenzial angibt und nicht den tatsächlich erwarteten Jobverlust. Gründe hierfür sind zum einen eine schrittweise Implementierung der Technologien wegen ökonomischer, legaler, aber auch ethischer Hürden. Des Weiteren können sich Arbeitskräfte an den technologischen Wandel anpassen, neue Kompetenzen erwerben und den Job wechseln. Die Analyse liefert jedoch Hinweise darauf, dass sich die Umverteilung der Berufe im Rahmen des technologischen Wandels zu Ungunsten von Beschäftigten mit einem niedrigeren Bildungsniveau entwickelt.

### **Das Substituierbarkeitspotenzial: Große Unterschiede zwischen Berufen**

Die bisher beschriebenen Studien verwenden ein Maß für die Automatisierungswahrscheinlichkeit, das auf Daten des amerikanischen Arbeitsmarktes beruht. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Tätigkeitsprofile eines bestimmten Berufs zwischen Deutschland und den USA unterscheiden, z.B. weil unterschiedliche Arbeitsabläufe vorherrschen oder unterschiedliche Qualifikationsniveaus vorliegen. Um die spezifischen Tätigkeitsprofile der Berufe in Deutschland abbilden zu können und somit eine differenziertere Betrachtung des Einflusses von Technologie auf die Beschäftigung für Deutschland zu erhalten, hat das IAB das Maß des Substituierbarkeitspotenzials auf Basis von berufskundlichen Informationen der Expertendatenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit entwickelt (Dengler et al. 2014).

Dengler und Matthes (2015) definieren das Substituierbarkeitspotenzial als den Anteil der Kerntätigkeiten in einem Beruf, der nach dem gegenwärtigen Stand der Technik durch den Einsatz von Computern und computergesteuerten Maschinen ersetzt werden kann. Einem Beruf wird eine hohe Substituierbarkeit zugeordnet, wenn mehr als 70 % der Tätigkeiten von einem Computer erledigt werden können. Hierbei wird die Ersetzbarkeit dieser Berufe durch die Anteile an Routinetätigkeiten in den Berufen gemessen. Wie das Automatisierbarkeitsmaß konzentriert sich das Substituierbarkeitspotenzial auf die technische Machbarkeit und kann keine Aussage über die tatsächliche Implementierung von Technologien in den Unternehmen treffen. Dengler und Matthes (2015) kommen für das Jahr 2013 zu dem Ergebnis, dass 15 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland im Jahr 2013 einem sehr hohen Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt sind.

Für eine genauere Analyse berechnen Dengler und Matthes (2015) das Substituierbarkeitspotenzial für verschiedene Anforderungsniveaus. Hierbei folgt man der Klassifikation der Bundesagentur für Arbeit, die nach vier Anforderungsniveaus unterscheidet, die sich an beruflichen Bildungsabschlüssen orientieren. So unterteilt man in Helfer, die keine berufliche

Ausbildung oder eine einjährige Ausbildung besitzen, Fachkräfte mit einer mindestens zweijährigen Berufsausbildung oder einem berufsqualifizierenden Abschluss an einer Berufsfach- oder Kollegschule, Spezialisten mit einem Meisterabschluss oder einer Techniker Ausbildung bzw. einem weiterführenden Fachschul- oder Bachelorabschluss und Experte mit einem mindestens vierjährigen, abgeschlossenen Hochschulstudium. Die detaillierte Analyse zeigt, dass das Substituierbarkeitspotenzial mit steigendem Anforderungsniveau (und Ausbildungsgrad) sinkt. So sind vor allem Helferberufe von einem hohen Substituierbarkeitspotenzial durch computergesteuerte Maschinen betroffen. Dies ist aber ebenfalls noch für Fachkraftberufe der Fall. Erst für Spezialisten- und Expertenberufe lässt sich ein niedrigeres Substituierbarkeitspotenzial beobachten. Zudem betonen die Autoren, dass beim Substituierbarkeitspotenzial innerhalb der Anforderungsniveaus große Unterschiede zu beobachten sind, so dass es in der Regel erforderlich ist, berufliche Teilarbeitsmärkte getrennt zu betrachten.

Da sich das Substituierbarkeitspotenzial von Berufen mit dem technologischen Wandel verändert, aktualisieren Dengler und Matthes (2018) das Maß auf Basis der Daten von 2016. Zu Veränderungen des Substituierbarkeitspotenzials in einem Beruf kommt es aus verschiedenen Gründen. Erstens macht die technologische Entwicklung zusätzliche Tätigkeiten eines Berufs substituierbar. Zweitens können sich die Kerntätigkeiten eines Berufes in der BERUFENET Datenbank verändern. So kann es sein, dass bestimmte Kerntätigkeiten wegfallen, da sie bereits durch Technologien ersetzt wurden. Drittens führt der technologische Wandel zum Entstehen neuer Berufe. Die Neueintragung von Berufen in BERUFENET seit 2013 fand vor allem in der Anwendung neuer Technologien statt wie z.B. bei dem Beruf Data Scientist oder der Interfacedesignerin und dem Interfacedesigner. Das Substituierbarkeitspotenzial für den gesamten Arbeitsmarkt wird zudem durch die Beschäftigungsanteile der Berufe an der Gesamtbeschäftigung beeinflusst. Erhöht sich zum Beispiel der Anteil der Beschäftigten eines Berufes mit hohem Substituierbarkeitspotenzial, so steigt das für den gesamten Arbeitsmarkt gemessene Substituierbarkeitspotenzial. Die Daten in BERUFENET weisen darauf hin, dass neue Technologien weniger zur Entstehung neuer Berufe als mehr zur Veränderung von Tätigkeiten in einem Beruf führen (Dengler und Matthes 2018). Auf die Veränderung der Tätigkeitsprofile in einem Beruf gehen wir in Kapitel 2.2 näher ein.

Verwendet man die Datengrundlage 2016, zeigt sich im Vergleich zu den Berechnungen auf Grundlage von 2013 ein Anstieg des Substituierbarkeitspotenzials für alle Berufsgruppen. Der Anstieg fällt jedoch bei Berufen mit einfachen Tätigkeiten am stärksten aus (Dengler und Matthes 2018). Es zeigt sich weiterhin, dass das Substituierbarkeitspotenzial mit steigendem Anforderungsniveau sinkt: in 2015 liegt es für Helferberufe bei 58 %, für Fachkräfte bei 54 %, für Spezialisten bei 40 %, für Experten bei 24 %. Betrachtet man die Berufssegmente, so ist das Substituierbarkeitspotenzial für die Fertigungsberufe und Fertigungstechnischen Berufe am höchsten. Dagegen ist das Potenzial am geringsten für Sicherheitsberufe und soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe. Insgesamt arbeiten im Jahr 2015 etwa 25 % der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in Deutschland, d.h. 7,9 Millionen Personen, in einem Beruf mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial. Betrachtet man den Zeitraum zwischen 2013 und 2016, zeigt sich für Berufe mit hohem Substituierbarkeitspotenzial ein geringerer Beschäftigungszuwachs (bzw. sogar ein Rückgang) als für Berufe mit geringem Substituierbarkeitspotenzial (Dengler und Matthes 2018).

Dengler et al. (2018) führen die Analyse des Substituierbarkeitspotenzials auch auf Ebene der Bundesländer durch. Hierbei zeigt sich, dass der bundesweite Anstieg des Substituierbarkeitspotenzial seit 2013 in allen Bundesländer zu erkennen ist. Das Substituierbarkeitspotenzial bewegt sich zwischen 15 % in Berlin und 30 % im Saarland. Hessen bewegt sich mit

einem Wert von 23,5 % im Mittelfeld. Die Unterschiede zwischen den Ländern lassen sich zum einen durch unterschiedliche Branchenstrukturen, aber auch unterschiedliche Berufsstrukturen erklären. Generell erkennt man, dass eine größere Bedeutung des produzierenden Gewerbes in einem Land mit einem höheren Substituierbarkeitspotenzial einhergeht. Des Weiteren ist das Substituierbarkeitspotenzial in einem Bundesland höher, je höher der Anteil an Beschäftigten in Fertigungsberufen oder fertigungstechnischen Berufen ist, die ein hohes Substituierbarkeitspotenzial aufweisen. Dies spielt auch für das Bundesland Hessen eine Rolle, worauf in Kapitel 3 näher eingegangen wird.

### **Szenario-Rechnungen: Verschiebungen zwischen Berufen zu erwarten**

Die Automatisierungswahrscheinlichkeit und das Substituierbarkeitspotenzial sind Maße, die angeben, wie stark bestimmte Berufe bzw. Tätigkeiten in bestimmten Berufen von neuen Technologien ersetzt werden können. Wie oben bereits ausgeführt, bedeutet eine hohe potenzielle Automatisierbarkeit jedoch nicht, dass diese tatsächlich umgesetzt wird. Zugleich stellt eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit auch ein Potenzial für einen Wandel dar, denn die freigegebenen Kapazitäten können anderweitig genutzt werden, da der technologische Wandel auch zu neu geschaffenen Jobs führt und neue Berufe entstehen lässt. Somit lassen sich auf Grundlage von Automatisierungswahrscheinlichkeit und Substituierbarkeitspotenzial nur eingeschränkte Aussagen über die zukünftige Entwicklung des Arbeitsmarktes treffen.

Um die Wirkungen eines Umbaus zu einem Arbeitsmarkt 4.0 besser vorhersagen zu können, hat das IAB daher Szenario-Rechnungen durchgeführt (Wolter et al. 2015, Wolter et al. 2016). Im Kern steht die Annahme, dass durch den technologischen Wandel Berufe mit einem hohen Anteil an Routinetätigkeiten an Bedeutung verlieren werden, während Berufe mit einem geringen Anteil an Routinetätigkeiten Beschäftigungszuwächse verzeichnen werden. Die Szenario-Rechnungen beruhen auf den BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen (QuBe-Projekt), die in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung entstehen. Diese Projektionen zeigen basierend auf Modellrechnungen und der Fortschreibung von empirischen Trends, wie sich die Nachfrage und das Angebot nach Arbeit, aber auch nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln könnte. Das besondere an der QuBe-Projektion ist, dass Arbeitsnachfrage und -angebot gegenübergestellt werden können. Darauf basierend kann eine Aussage über die voraussichtliche Beschäftigungsentwicklung und den Auf- und Abbau von Jobs in Berufen und Branchen getroffen werden. Ausgangspunkt für die Berufsprojektion ist die Bevölkerungsprojektion, die auch Faktoren wie Migration und Demographie berücksichtigt. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind Flexibilitätsmatrizen, die mögliche Übergänge von erlernten zu ausgeübten Berufen modellieren. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass es bei beruflichen Engpässen zu Lohnerhöhungen kommen kann, was den Beruf für Arbeitskräfte attraktiver macht und dementsprechend das Angebot an Arbeitskräften erhöht (Maier et al. 2014).

In der ersten entsprechenden IAB-Studie wurde ein Szenario entworfen, das die Auswirkungen eines Wandels hin zu einer Industrie 4.0 bis zum Jahr 2030 abschätzt (Wolter et al. 2015). Unter Industrie 4.0 wird hier die vermehrte Nutzung digitaler Technologien in der Produktion verstanden, insbesondere die interaktive Vernetzung der analogen Produktion mit der digitalen Welt. Dabei liegt der Fokus auf den Branchen des verarbeitenden Gewerbes und der Landwirtschaft, die ebenfalls einen vermehrten Einsatz von Technologien verzeichnet, die der Industrie 4.0 zugeordnet werden. Das Szenario basiert auf der dritten Welle der BIBB-IAB-Berufsfeldprojektion. Um die Auswirkungen des Übergangs zur Industrie 4.0 zu bestimmen, werden fünf Teilszenarien entworfen, die durch aufeinander aufbauende Annahmen entstehen. Zunächst wird angenommen, dass es durch den technologischen Wandel einen Mehrbedarf an Ausrüstungen im Bereich

Maschinenbau geben wird, aber auch bei notwendigen IT- und Informationsdienstleistungen (1). In einem nächsten Schritt wird angenommen, dass es zusätzliche Investitionen in Infrastruktur geben wird, vor allem in den Aufbau eines schnelleren Internets (2). Diese Investitionen werden die Kosten- und Gewinnstruktur von Unternehmen beeinflussen durch Kosten für die Weiterbildung der Beschäftigten, den Einkauf externer Beratungsdienstleistungen, aber auch Kosteneinsparungen durch verringerte Lagerhaltung und Logistikkosten und reduzierten Personalaufwand durch eine höhere Produktivität (3). Damit würde sich auch der Bedarf nach bestimmten Berufen und Qualifikationen verändern (4) und zuletzt die Nachfrage, privat, staatlich, aber auch anderer Länder, an die veränderten Gegebenheiten anpassen (5). Schätzt man die Erwerbsströme zwischen den Berufsfeldern<sup>3</sup>, so ergibt die Gesamt-Szenario-Rechnung, dass der Umbau zu einer Industrie 4.0 (ausgehend vom Jahr 2015) bis zum Jahr 2025 rund 450.000 Arbeitsplätze kosten und rund 390.000 neue Arbeitsplätze schaffen wird, was einem Wegfall von rund 60.000 Arbeitsplätzen entspricht (Wolter et al. 2015).

In einer Folgestudie erweitern Wolter et al. 2016 die Szenario-Rechnung auf die Gesamtwirtschaft, da die Industrie 4.0 nicht isoliert betrachtet werden kann und direkte Auswirkungen auf andere Sektoren hat. Das entworfene Szenario soll die Folgen eines Übergangs zu einer Wirtschaft 4.0 bis zum Jahr 2035 für den deutschen Arbeitsmarkt abschätzen. Das Szenario zeigt, dass sich insbesondere für Berufe im produzierenden Gewerbe ein negativer Effekt ergibt. Berufe im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich, Sozialberufe, unterrichtende Berufe und Sicherheits- und Wachberufe profitieren dagegen am stärksten. Ebenso zeichnen sich positive Wirkungen für medien- und geisteswissenschaftliche Berufe ab. Relativ betrachtet ist auf Berufsfeldebene neben dem produzierenden Gewerbe auch das Berufsfeld Finanzen, Rechnungswesen, Buchhaltung stark betroffen. Zudem ergeben sich negative Auswirkungen für Elektronikberufe und Berufe in der Chemie- und Kunststoffindustrie. Bedingt durch das hohe Substituierbarkeitspotenzial dieser Berufsfelder wird erwartet, dass die Produktionsprozesse und Berufskonstellationen von der Digitalisierung stärker betroffen sein werden. Gemessen an der absoluten Beschäftigung ist das produzierende Gewerbe jedoch am stärksten betroffen. Auf Berufsfeldebene trifft es hier besonders die Berufe im Bereich Büro und Personal. Es wird prognostiziert, dass in einer Wirtschaft 4.0 zum Jahr 2025 einerseits rund 1,22 Mio. Arbeitsplätze wegfallen, andererseits 1,19 Mio. Arbeitsplätze an anderer Stelle entstehen, was einem Netto-Rückgang von 30.000 Personen entspricht (Wolter et al. 2016).

Da sich die Branchen- und Beschäftigungsstruktur in Deutschland regional unterscheidet, werden die Szenario-Rechnungen für die Wirtschaft 4.0 auch regional differenziert durchgeführt. In der Analyse von Zika et al. (2018) wird Hessen der Region Mitte-West zugeteilt. Diese Region setzt sich zusammen aus den Bundesländern Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland. Wenn man die Branchenstruktur in dieser Region betrachtet, so arbeiten hier überdurchschnittlich viele Beschäftigte in den Branchen Finanz- und Versicherungsdienstleister sowie Verkehr und Lagerhaltung – insbesondere in der Region um Frankfurt. Außerdem befinden sich in der Region wichtige Chemie- und Pharmastandorte, die dem sonstigen verarbeitenden Gewerbe zugeordnet werden. Im Bundesvergleich arbeiten jedoch relativ wenig Beschäftigte in den Branchen Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden und im Bereich Kultur und Erholung.

In ihren Berechnungen vergleichen Zika et al. (2018) ein Basisszenario, in dem der technologische Fortschritt sich entsprechend dem bisherigen Entwicklungspfad fortsetzt, mit einem Wirt-

---

<sup>3</sup> Die vom BiBB entwickelte Berufsfeld-Definition bündelt die einzelnen Berufe der KldB basierend auf Tätigkeits- und Branchenschwerpunkten in 54 Berufsfelder (Tiemann et al. 2008, Tiemann 2018).

schaft 4.0-Szenario, in dem die Wirtschaft bis 2035 vollständig digitalisiert ist. Relativ zum Basisszenario werden in der Region Mitte-West laut der oben beschriebenen Gesamt-Szenariorechnung bis 2035 180.000 Stellen abgebaut, aber auch gut 180.000 aufgebaut sein. Ein Übergang zu einer Wirtschaft 4.0 würde also zum Auf- bzw. Abbau von insgesamt etwa 360.000 Stellen führen, was etwa 6,4 % aller Arbeitsplätze entspricht.<sup>4</sup> Es wird prognostiziert, dass es überdurchschnittliche Beschäftigungsverluste in den Branchen Sonstiges Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft und Fahrzeugbau geben wird und unterdurchschnittliche Verluste in den Bereichen Verkehr- und Lagerhaltung, sowie in der Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen und bei den freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen. Im Vergleich soll es überdurchschnittliche Entwicklungen bei den Informations- und Kommunikationsdienstleistungen und in den Branchen Erziehung und Unterricht sowie bei den sonstigen Unternehmensdienstleistungen geben.

Die Szenario-Rechnungen des IAB fokussieren auf den Arbeitsmarkt, berücksichtigen andere Faktoren aber nicht. Daher hat das Bundesministerium für Arbeit und Soziales eine weitere Studie in Auftrag gegeben, die die Auswirkungen einer digitalisierten Arbeitswelt abschätzen soll, um zu ermitteln, in welchen Berufen und Branchen es künftig einen Mangel oder Überbedarf an Arbeitskräften geben wird (Zika et al. 2019). Wie die Szenario-Rechnungen des IAB baut die BMAS-Studie auf der QuBe-Berufsprojektion (5.Welle, Zeitraum 2015-2035) auf und übernimmt die Annahmen aus den Szenario-Rechnungen der Wirtschaft 4.0 des IAB. Zusätzlich werden folgende Annahmen für die digitalisierte Arbeitswelt hinzugefügt: 1. ein verändertes privates Konsumverhalten und verstärkte Nutzung des Online-Handels, 2. die öffentliche Verwaltung entwickelt sich weiter zu einem E-Government. Dabei wird angenommen, dass es sich bei diesem Wandel um einen Prozess handelt, der bis 2030 dauert.

Die Prognose zeigt auf, dass sich die Arbeitsmarktsituation durch den Wandel hin zu einer digitalisierten Arbeitswelt bis 2030 stark verändern wird. Auf Basis der Projektion und den getroffenen Annahmen wird ermittelt, dass etwa 4 Millionen Arbeitsplätze wegfallen werden, während 3,3 Millionen neue Arbeitsplätze entstehen. Eine Schwachstelle der Prognose ist jedoch, dass hier die Arbeitsnachfrage nicht durch das verfügbare Angebot begrenzt wird. Vielmehr wird angenommen, dass alle neuen Stellen besetzt werden können, insbesondere durch den Wechsel von Arbeitskräften von wegfallenden Arbeitsplätzen hin zu neu entstehenden Arbeitsplätzen – und dies unabhängig von früheren Berufen und Qualifikationen und von den Anforderungen der neuen Arbeitsplätze. Wäre dies nicht der Fall, würden die Arbeitskräfte, die ihre Beschäftigung verlieren, arbeitslos, und die Erwerbslosigkeit würde stärker steigen. Die Annahme, dass das Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage zueinander finden, ist jedoch nur dann realistisch, wenn den Erwerbspersonen die richtigen Fähigkeiten für ihre künftigen Tätigkeiten vermittelt werden (Zika et al. 2019).

Zika et al. (2020) betrachten die Prognose der digitalisierten Arbeitswelt auf regionaler Ebene. Hier werden insbesondere zwei Komponenten für die unterschiedliche Entwicklung der Arbeitsmarktregionen herangezogen: die demografische Bevölkerungsstruktur und deren Entwicklung sowie die Branchenstruktur. So hat die demografische Struktur einer Region nicht nur Einfluss auf das Arbeitsangebot der Region, sondern auch darauf, welche Güter und Dienstleistungen besonders nachgefragt werden (z.B. Erziehung oder Pflege). Für das Arbeitsangebot, also die Anzahl der Arbeitskräfte, die dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen, gilt: Je größer der Anteil der Per-

---

<sup>4</sup> Mögliche Veränderungen bei Arbeitsplätzen, die bestehen bleiben, werden in der zitierten Studie nicht berücksichtigt.

sonen zwischen 15 und 70 Jahren in einer Arbeitsmarktregion, desto größer ist das direkte Angebot an Arbeitskräften. Die Branchenstruktur einer Region ist von Bedeutung, weil sie einen großen Einfluss darauf ausübt, in welchen Berufen die in der Region ansässigen Personen ausgebildet wurden und welche Personen in diese Region gezogen sind, um in einer bestimmten Branche zu arbeiten (z.B. Pharmabranche)<sup>5</sup>.

Hessen wird in der Analyse in die Arbeitsmarktregion Frankfurt und die Arbeitsmarktregion Kassel unterteilt. Für die Arbeitsmarktregion Frankfurt ergibt sich aus der Analyse, dass die Branchen mit dem größten zu erwartenden Arbeitsplatzaufbau das Gesundheitswesen (+56.000), Heime und Sozialwesen (+33.400) und Erziehung und Unterricht (+23.300) sind. Die größten negativen Beschäftigungsentwicklungen werden für den Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen) (-30.300) erwartet, gefolgt vom Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen) (-24.100) und dem übrigen verarbeitenden Gewerbe<sup>6</sup> (-21.500). Für die Arbeitsmarktregion Kassel wird eine negative Bevölkerungsentwicklung erwartet und laut Prognose wird die Zahl der potenziellen Erwerbstätigen in 2035 die Zahl der Erwerbspersonen (inkl. Pendler) in der Arbeitsmarktregion übersteigen. Diese Differenz deutet auf einen Mangel an Arbeitskräften hin. Gemessen an der Zahl der Beschäftigten werden im Bereich des Gastgewerbes (+6.600), im Gesundheitswesen (+5.900) und bei Heimen und im Sozialwesen (+4.400) am meisten Stellen geschaffen. Die Branchen, in denen der Stellenabbau am stärksten ausfallen soll, sind der Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen) (-6.600), die öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung (-4.800), die Metallherzeugung und -bearbeitung und die Herstellung von Metallherzeugnissen (-4.500) und im Fahrzeugbau (-4.500) (Zika et al. 2020).

Zur besseren Beschreibung der Fachkräftesituation dient der Fachkräfteindikator (FKI). Dieser liefert genauere Angaben zu Über- oder Unterbedarfen am Arbeitsmarkt. Der Indikator berücksichtigt auch, inwieweit Personen, die eine bestimmte Qualifikation erworben haben, eine Tätigkeit in einem anderen Beruf übernehmen können (Zika et al. 2019). Mit Hilfe des FKI werden Engpässe bei Fachkräften auf Berufsebene bestimmt. So werden für die Regionen Frankfurt und Kassel die größten Engpässe prognostiziert bei den Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufen, den Schutz-, Sicherheits- und Überwachungsberufen, bei Berufen in Recht und Verwaltung, bei (nicht-)medizinischen Gesundheitsberufen, in der Erziehung und bei sozialen und hauswirtschaftlichen Berufen und in der Theologie. Für die Region Kassel ergibt sich darüber hinaus ein Mangel an Fachkräften bei den Land-, Tier- und Forstwirtschaftsberufen, bei der Lebensmittelherstellung und -verarbeitung, bei Berufen im Hoch- und Tiefbau, bei (Innen-)Ausbauberufen, bei gebäude- und versorgungstechnischen Berufen, bei Verkehrs- und Logistikberufen, bei Führern und Führerinnen von Fahrzeug- und Transportgeräten, bei Berufen im Hotel, Tourismus und in Gaststätten. Generell ist hierbei zu beachten, dass der FKI sämtliche Faktoren berücksichtigt, die sich auf das Angebot von und die Nachfrage nach Arbeitskräften auswirken. Dies sind zum Beispiel der technologische Wandel und die Digitalisierung, aber auch die allgemeine Wirtschaftsentwicklung einer Branche und der demographische Wandel.

---

<sup>5</sup> Die Brancheneinteilung erfolgt gemäß der Statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft von 2008 (NACE-Klassifikation WZ 08). Aufgrund der Datenbasis erfolgt die Zusammenfassung zu 37 Branchen im Rahmen der regionalen Analyse des QuBe-Projekts.

<sup>6</sup> Das „übrige verarbeitende Gewerbe“ umfasst die Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen (CB), Herstellung von Holzwaren, Papier, Pappe und Waren daraus, Herstellung von Druckerzeugnissen (CC), Kokerei und Mineralölverarbeitung (CD), und Sonstige Herstellung von Waren, Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (CM).

## 2.2 Ex-post-Betrachtungen: Arbeitsmarktpolarisierung, Tätigkeiten und Kompetenzen, Qualität der Arbeit

Die bisher diskutierten Herangehensweisen, die Berechnung von Automatisierungs- und Substitutionspotenzialen sowie die Erstellung von Szenarien, sind in die Zukunft gerichtet und beruhen dementsprechend teilweise sehr stark auf Annahmen. Im Gegensatz dazu untersuchen ex-post Analysen vorliegende Daten, um Erkenntnisse darüber zu erhalten, wie sich die Beschäftigung in der jüngeren Vergangenheit entwickelt hat und welche Rolle dabei die Digitalisierung und spezifische Technologien gespielt haben. Auf Basis der erzielten Ergebnisse kann eine Einschätzung über mögliche zukünftige Entwicklungen getroffen werden.

Im Folgenden gehen wir zunächst darauf ein, wie sich das Beschäftigungsniveau und Arbeitsmarktübergänge verändert haben, bspw. ob sich das Arbeitslosigkeitsrisiko durch den technologischen Fortschritt erhöht hat. Danach betrachten wir die Auswirkungen auf (weiterhin) bestehende Beschäftigungsverhältnisse. Hier stehen folgende Fragen im Vordergrund: Wie wirkt sich der technologische Fortschritt auf die Löhne aus? Wie ändern sich die Tätigkeitsprofile, also die Tätigkeiten innerhalb von Berufen, über die Zeit? Welche Kompetenzen der Arbeitskräfte werden wichtiger, welche verlieren an Bedeutung? Inwiefern gibt es einen Zusammenhang zwischen technologischem Fortschritt bzw. Digitalisierung und atypischer Beschäftigung? Wie stark ist die Weiterbildung ausgeprägt und inwiefern kann sie helfen, den digitalen Wandel zu bewältigen? Letztlich gehen wir auf mögliche Effizienz- bzw. Produktivitätsgewinne der Digitalisierung ein.

### **Arbeitsmarktpolarisierung: *Routine-Jobs verschwinden zunehmend***

Einer der wichtigsten Erklärungsansätze für technologieinduzierte Beschäftigungsveränderungen ist der „routine-biased technological change“, der als erstes in den USA festgestellt wurde: Autor et al. (2003) untersuchen den Einsatz von Computern, welche Aufgaben sie genau erledigen und wie sie Arbeitskräfte in ihren Tätigkeiten ersetzen. Sie formulieren die Hypothese, dass Computer Arbeitskräfte in klar definierten kognitiven and manuellen Tätigkeiten ersetzen, die durch Regeln (d.h. Routinen) festgelegt sind. Sie bezeichnen diese Tätigkeiten dementsprechend als Routinetätigkeiten. Computer unterstützen aber auch Arbeitskräfte beim Lösen komplexer Probleme und bei interaktiven, kommunikativen Tätigkeiten – die sogenannten Nicht-Routinetätigkeiten.

Somit unterscheiden sich die Auswirkungen des technologischen Wandels je nach Art der Tätigkeit, die Beschäftigte überwiegend ausführen: Beschäftigte, die überwiegend Routinetätigkeiten ausführen, laufen Gefahr, durch Computer ersetzt zu werden; Beschäftigte, die überwiegend kognitive Nicht-Routinetätigkeiten durchführen, profitieren eher von Computern, da ihre Produktivität steigt; und Beschäftigte, die überwiegend manuelle Nicht-Routinetätigkeiten durchführen, sind vom technologischen Wandel relativ wenig betroffen. Mit dem sinkenden Preis für Technologie wird der Einsatz von Technologie für Unternehmen immer attraktiver, was die genannten Veränderungen beschleunigt. Autor et al. (2003) können für die USA zeigen, dass der sinkende Computerpreis dazu führt, dass Industrien, die traditionell stark durch Berufe mit Routinetätigkeiten geprägt sind, auch stärker in Technologien investieren. In diesen Industrien sinkt die Nachfrage nach Routine-Arbeitskräften und die Nachfrage nach Arbeitskräften, die Nicht-Routinetätigkeiten durchführen, steigt.

Autor et al. (2006), Goos und Manning (2007) und Goos et al. (2009) beobachten für die USA, Großbritannien und eine Vielzahl europäischer Länder, dass seit 1980 die Beschäftigung für Arbeitskräfte im oberen Teil der Einkommensverteilung gewachsen ist, in dem vor allem kognitive Nicht-Routinetätigkeiten ausgeübt werden. Zudem ist der Einsatz von Arbeitskräften am unteren

Rand der Einkommensverteilung, in dem manuelle Nicht-Routinetätigkeiten vorherrschen, relativ zu Arbeitskräften in der Mitte der Einkommensverteilung angestiegen. Goos und Manning (2007) finden, dass die Hypothesen des „routine-biased technological change“ ein Drittel des Wachstums am unteren Ende der Einkommensverteilung und die Hälfte des Wachstums am oberen Ende der Einkommensverteilung für Großbritannien erklären kann. Getrieben wird diese Entwicklung der Job-Polarisierung durch neue Technologien, die Arbeitskräfte in Routinetätigkeiten ersetzen, die sich meist in der Mitte der Einkommensverteilung befinden und ein mittleres Qualifikationsniveau haben. Entsprechend findet eine Verschiebung nach oben (zu kognitiven Nicht-Routinetätigkeiten) und unten (manuelle Nicht-Routinetätigkeiten) statt.

Autor und Dorn (2013) untersuchen die Gründe für die Beschäftigungszuwächse am unteren Ende der Einkommensverteilung. Sie analysieren Arbeitsmarktregionen in den USA und finden, dass regionale Arbeitsmärkte, die besonders stark durch Routinebeschäftigung geprägt waren, mit dem sinkenden Technologiepreis stärker in Informationstechnologien investiert haben. Zudem beobachten sie, dass insbesondere geringer qualifizierte Beschäftigte, die Routinetätigkeiten durchgeführt haben, in der Folge in den niedrig entlohnten Sektoren wechseln. Diese Entwicklung wird dadurch weiter angetrieben, dass technologische Investitionen auch die Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften steigern, die einen höheren Bedarf an Service-Dienstleistungen haben. Dadurch entsteht ein Anstieg in der Beschäftigung am oberen sowie am unteren Einkommensrand.

Für den deutschen Arbeitsmarkt beschreiben Eichhorst et al. (2015) vergleichbare Polarisierungstendenzen. Während sich seit Mitte der 90er Jahre die Beschäftigungssituation vor allem für Beschäftigte mit einer akademischen Ausbildung, aber auch für einige Berufsgruppen im gering entlohnten Bereich, wie bei Dienstleistungsberufen mit viel Kundenkontakt, verbessert hat, ist die Nachfrage nach Beschäftigten der mittleren Qualifizierungsgruppe zurückgegangen.

Auch Gartner und Stüber (2017) betrachten die Beschäftigungsentwicklung seit 1993 in Deutschland deskriptiv. Beim Vergleich der Arbeitsplatzauf- und -abbaurate zwischen den Qualifikationsstufen fällt auf, dass für höher qualifizierte mehr Jobs entstanden als weggefallen sind, während für Geringqualifizierte das Gegenteil der Fall war. Außerdem sind für geringer qualifizierte Aufbau- und Abbaurate über den Zeitraum gestiegen, die Abbaurate jedoch in einem höheren Maß, was als Hinweis auf eine zunehmende Gefahr des Arbeitsplatzverlustes gesehen werden kann. Diese Beobachtung gibt Anlass dazu, den Einfluss von Technologie auf Arbeitsmarktübergänge genauer zu beleuchten.

Cortes (2016) untersucht für den US-Arbeitsmarkt, wie sich die Jobpolarisierung auf Arbeitsmarktübergänge, z.B. zwischen der Beschäftigung und der Arbeitslosigkeit, insbesondere für Beschäftigte mit einem hohen Anteil an Routinetätigkeiten auswirkt. Für seine Studie nutzt er die Daten einer amerikanischen Einkommens-Panelstudie (PSID) über den Zeitraum 1976 bis 2007. Er kann zeigen, dass eine Selektion nach Qualifizierung stattfindet. Geringer qualifizierte Routinebeschäftigte wechseln zu einfacheren manuellen Tätigkeiten, während höher qualifizierte Routinebeschäftigte zu kognitiven Nicht-Routinetätigkeiten wechseln.

Bachmann et al. (2019) führen eine entsprechende Studie für den deutschen Arbeitsmarkt durch. Für ihre Daten nutzen sie administrative Daten über alle sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland über den Zeitraum 1975-2014 und Daten der Erwerbstätigenbefragung des Bundesinstituts für Berufsbildung („BiBB/BAuA-Daten“). Mit Hilfe der BiBB/BAuA-Daten kann berücksichtigt werden, dass sich die ausgeübten Tätigkeiten innerhalb von Berufen über die Zeit ändern. Die Ergebnisse der Studie bestätigen zunächst, dass es über die Zeit eine Verschiebung

weg von Berufen mit einem hohen Anteil an Routinetätigkeiten gegeben hat. Zudem haben Beschäftigte mit einem hohen Anteil an Routinetätigkeiten eine geringere Wahrscheinlichkeit, zukünftig beschäftigt zu sein. Letztlich beeinflusst ein höherer Anteil an Routinetätigkeiten die Jobsicherheit von Beschäftigten negativ. Gleichzeitig weisen diese Arbeitskräfte auch eine höhere Wahrscheinlichkeit auf, die Arbeitslosigkeit zu verlassen. Somit ergibt sich für diese Arbeitskräfte generell eine höhere Wahrscheinlichkeit, den Arbeitsmarktzustand der Arbeitslosigkeit zu durchlaufen.

### **Industrie 4.0 und Robotik in Deutschland: Bisher begrenzte Auswirkungen auf die Beschäftigung**

Eine besonders wichtige Technologie stellen Industrieroboter dar, die vor allem im produzierenden Gewerbe eingesetzt werden. Für die USA untersuchen Acemoglu und Restrepo (2020a) den Einfluss der Robotertechnologie auf die Beschäftigung, wobei sie die Entwicklung zwischen 1993 und 2007 betrachten. Sie finden signifikante, negative Effekte von Robotern auf Beschäftigung und Löhne. Für den deutschen Arbeitsmarkt können Dauth et al. (2018) für den Zeitraum 1994 bis 2014 auf Basis administrativer Daten hingegen keine Effekte von Robotern auf die Gesamtbeschäftigung feststellen. Allerdings zeigt ihre Analyse, dass im produzierenden Gewerbe ein gewisser Stellenabbau zu verzeichnen ist, der durch neue Stellen im Dienstleistungssektor ausgeglichen wird, so dass auf aggregierter Ebene kein signifikanter Beschäftigungseffekt zu verzeichnen ist. Der Unterschied zwischen Deutschland und den USA wird auf zwei Faktoren zurückgeführt. Erstens trägt der höhere Kündigungsschutz in Deutschland dazu bei, dass beschäftigte Arbeitskräfte ihren Arbeitsplatz behalten, aber innerhalb ihrer Firma andere Tätigkeiten und ggf. sogar einen anderen Beruf ausüben. Zweitens sind in Deutschland junge Arbeitskräfte offenbar erfolgreicher darin, sich die für komplexere Tätigkeiten notwendigen Fähigkeiten anzueignen.

In einer Analyse einer Vielzahl an Staaten finden de Vries et al. (2020), dass Roboter insbesondere in entwickelten Ländern die Arbeitsmarktsituation von Beschäftigten in manuellen Routinetätigkeiten verschlechtert haben. Diesen Zusammenhang finden sie jedoch nicht für noch aufstrebende Industrienationen. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Analysen von Bachmann et al. (2021b), die den Einfluss von Robotern auf Arbeitsmarktübergänge in europäischen Ländern betrachten. Sie zeigen für europäische Länder mit unterdurchschnittlichen Arbeitskosten, dass sich Roboter positiv auf die Jobsicherheit und die Wahrscheinlichkeit, Arbeit zu finden auswirken. Im Gegensatz zu de Vries et al. (2020) finden Bachmann et al. (2021b) in Ländern mit überdurchschnittlichen Arbeitskosten (darunter Deutschland) hingegen keinen signifikanten Einfluss von Robotern auf die Wahrscheinlichkeit, den Job zu verlieren oder einen neuen Job zu finden.

Erste Informationen zum Einsatz von Technologien 4.0 in Unternehmen in Deutschland bietet eine repräsentative vom IAB und dem ZEW durchgeführte Betriebsbefragung zum Thema „Arbeitswelt 4.0“. Ziel der Befragung ist es, herauszufinden, wie weit moderne Technologien bereits in deutschen Unternehmen verbreitet sind und wo Hürden für die Nutzung bestehen. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass Dienstleister die neuen Technologien deutlich stärker nutzen als Produktionsbetriebe und dementsprechend digital affiner sind (Arntz et al. 2016a).

Die genannte Befragung zeigt hinsichtlich der Auswirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung zwischen 2011 und 2016 kein klares Bild (Lehmer und Matthes 2017): für Betriebe, die erheblich in neue Technologien investiert haben, wächst die Beschäftigung um 7 %, und damit stärker als für Betriebe, die durchschnittliche Investitionen in neue Technologien aufweisen – dort wächst die Beschäftigung um 4 %. Allerdings wächst die Beschäftigung in Betrieben, die deutlich unterdurchschnittlich in neue Technologien investiert haben, mit 9 % am

stärksten. Es zeigen sich jedoch starke Unterschiede zwischen Beschäftigten und Betrieben: Während Beschäftigte, die hochkomplexe Expertentätigkeiten in technologieaffinen IKT-Betrieben ausüben, sowie bisher nicht-wissensintensive Dienstleistungen eine positive Beschäftigungsentwicklung aufweisen, sind bei Helfertätigkeiten im Bereich der nicht-wissensintensiven Dienstleistungen Beschäftigungsverluste zu verzeichnen. Die Autoren der Studie weisen jedoch darauf hin, dass sich diese Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf die Gesamtwirtschaft übertragen lassen.

### **Löhne: Jobwechsel können Lohnverluste mit sich bringen**

Bei den Auswirkungen des technologischen Fortschritts auf Löhne stellt sich zunächst die Frage, ob die gesamte Lohnverteilung beeinflusst wurde. Hier zeigen Antonczyk et al. (2009) für den Zeitraum 1999 bis 2006, dass die Veränderung der Tätigkeitsprofile von Arbeitskräften nicht den Anstieg der Lohnungleichheit erklären kann. Eine Untersuchung für den Zeitraum 1979 bis 2004 von Antonczyk et al. (2018) kommt zu dem Ergebnis, dass es seit den 1980er Jahren kaum Evidenz für eine Polarisierung der Löhne in Deutschland gibt. Sie ziehen daher die Schlussfolgerung, dass der technologische Fortschritt nur geringe Auswirkungen auf den Anstieg der Lohnungleichheit in Deutschland hatte. Veränderungen bei Arbeitsmarktinstitutionen, wie der Rückgang der Tarifbindung, spielten hier eine größere Rolle.

Trotz des Ergebnisses, dass sich der technische Fortschritt bisher offenbar kaum auf die Lohnungleichheit ausgewirkt hat, könnte es auf individueller Ebene durchaus zu Effekten gekommen sein. In diesem Zusammenhang vergleichen Blien et al. (2019) die Kosten eines Jobverlusts, gemessen durch entgangenes Einkommen, zwischen Personen, die in Berufen mit viel Routinetätigkeiten beschäftigt waren, mit den entsprechenden Kosten von Personen, die in Berufen mit wenig Routinetätigkeiten beschäftigt waren. Hierzu verwenden sie Daten von Massentlassungen, die zwischen 1980 und 2010 stattgefunden haben. Die Ergebnisse der Analysen zeigen, dass Personen aus routineintensiveren Berufen nach einem solchen Jobverlust über einen längeren Zeitraum deutlich weniger verdienen als Personen aus anderen Berufen. Hierbei spielen zwei Faktoren eine Rolle: erstens haben Personen aus Routineberufen größere Schwierigkeiten, einen neuen Job zu finden. Zweitens müssen diese Personen häufiger den Beruf wechseln und erhalten in einer neuen Beschäftigung einen deutlich niedrigeren Lohn, da sie für den neuen Beruf in der Regel weniger geeignet sind bzw. sich die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten erst aneignen müssen. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen einer Untersuchung, die für den deutschen Arbeitsmarkt zeigt, dass Jobwechsel tendenziell zu einer Verschlechterung beim Lohn führen, wenn der neue Beruf im Vergleich zum alten Beruf ein sehr unterschiedliches Tätigkeitsprofil aufweist (Gathmann und Schönberg 2010). Diese Ergebnisse weisen daher darauf hin, dass der durch technischen Fortschritt ausgelöste strukturelle Wandel zu deutlichen Kosten auf der individuellen Ebene führen kann.

### **Arbeitskräfte üben zunehmend komplexe und interaktive Tätigkeiten aus**

Zu Beginn von Kapitel 2 wurde dargestellt, dass vor allem in Routinetätigkeiten Technologien Beschäftigte ersetzen, aber Arbeitskräfte bei komplexen analytischen und interaktiven bzw. kommunikativen Tätigkeiten unterstützen können (Autor et al. 2003). Jedoch können viele Studien aufgrund der Datenlage Tätigkeitsprofile in Berufen nur auf einer relativ aggregierten Ebene betrachten. Daher wird oft vernachlässigt, wie sich Tätigkeitsprofile in einem Beruf über die Zeit verändern und wie stark Tätigkeitsprofile innerhalb eines Berufs variieren. Daher werden im Folgenden Studien aufgeführt, die diese beiden Aspekte beleuchten.

Ein Datensatz, der eine genauere Analyse der Tätigkeitsprofile für den deutschen Arbeitsmarkt über die Zeit erlaubt, ist die BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung. Dabei handelt es sich um repräsentative telefonische Befragungen von rund 20.000 Erwerbstätigen, die in einem regelmäßigen Abstand von ca. sechs Jahren vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BiBB) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführt werden. Im Fokus steht die Erhebung der ausgeübten Tätigkeiten am Arbeitsplatz sowie Informationen über die PC-Nutzung. Eine Alternative zur Messung der Tätigkeiten in Berufen bietet die Datenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um individuelle Daten, sondern um Informationen auf Berufsebene, die über die Zeit angepasst werden (Dengler et al. 2014).

Spitz-Oener (2006) untersucht auf Basis der BiBB/BAuA-Daten, wie sich die Tätigkeitsanforderungen in einem Job durch den technologischen Wandel von 1979 bis 1998 in Westdeutschland verändert haben. Für ihre Analyse misst sie die Tätigkeitsanforderungen anhand der Tätigkeiten, die eine Arbeitskraft in einem Job ausführt. So unterscheidet sie fünf Tätigkeiten: nicht-routine analytisch, nicht-routine interaktiv, routine kognitiv, routine manuell und nicht-routine manuell. Sie findet, dass sich die Tätigkeitsprofile am stärksten in den Berufen verändert haben, die stark vom technologischen Wandel betroffen sind. Generell ist zu beobachten, dass die Tätigkeitsanforderungen im Durchschnitt über die Zeit komplexer geworden sind und dass es in den Berufen eine Verschiebung hin zu Aufgaben gibt, die mehr interaktive und kognitive Fähigkeiten erfordern. Diese Veränderung ist innerhalb eines Berufes, aber auch innerhalb einer Berufs-Qualifikationsgruppe zu beobachten.

Bachmann et al. (2021a) erweitern die Analyse von Spitz-Oener (2006) auf den Zeitraum 1998-2018. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Bedeutung von nicht-routine, kognitiven und interaktiven Tätigkeitsprofilen weiter zunimmt und dass dieser Trend durch den Strukturwandel weiter angetrieben wird. Während sich die Tätigkeitsprofile seit Beginn der 2000er Jahre somit weiter verändert haben, hat sich die Rate der Veränderung jedoch verlangsamt. Zudem verlief die Veränderung nicht gleichförmig über den Analysezeitraum. So veränderten sich die Tätigkeitsprofile noch relativ stark zwischen 1998/99 und 2006, bevor die Dynamik zwischen 2006 und 2012 abnahm, um sich dann ab 2012 wieder zu beschleunigen. An Bedeutung verloren haben insbesondere manuelle Routine- und manuelle Nicht-Routinetätigkeiten. So halbierte sich der Anteil von manuellen Routinetätigkeiten an allen Berufen zwischen 1999 und 1998 auf etwa 10 %. Interessant ist zudem, dass die Studie eine Zunahme der Bedeutung kognitiver Routinetätigkeiten zwischen 1999 und 2006 und eine positive Korrelation zwischen Routinetätigkeiten und Computernutzung findet. Gemäß der Theorie des „Routine-Biased Technological Change“ wäre zu erwarten, dass diese Tätigkeiten automatisiert und damit auch weniger nachgefragt werden. Eine mögliche Erklärung hierfür besteht darin, dass der Einsatz neuer Technologien eine noch stärkere Arbeitsteilung möglich macht, die die Arbeit weniger abwechslungsreich macht und ihr einen stärkeren Routine-Charakter verleiht. Zu sehen ist dies beispielsweise in der britischen Finanzverwaltung, in der ein Workflow-System eingeführt wurde. In der Folge beschäftigten sich die zuständigen Personen nicht mehr mit einer gesamten Steuererklärung, sondern spezialisierten sich bei der Bearbeitung eines Steuerfalls auf einzelne Schritte (Carter et al. 2011).

### **Veränderte Tätigkeitsprofile haben Folgen für die erforderlichen Kompetenzen**

Die Veränderung der Tätigkeitsprofile hat auch Auswirkungen auf die Kompetenzen der Beschäftigten. Kruppe et al. (2017) sehen für Beschäftigte vor allem eine steigende Bedeutung von digitalen Fähigkeiten und sozialen Kompetenzen, um in einer vernetzten Arbeitswelt zu bestehen. Auch Bennewitz und Stops (2017) weisen darauf hin, dass es wichtig ist, Beschäftigte auf neue Tätigkeiten vorzubereiten. Zu diesen neuen Tätigkeiten zählen sie zum einen Tätigkeiten, die sich

mit der Steuerung und Überwachung von Maschinen beschäftigen, aber auch Tätigkeiten, die schwerer zu automatisieren sind wie wissenschaftsnahe sowie kreative und interaktive Tätigkeiten. Eine Expertenbefragung ergibt, dass insbesondere Kompetenzen für die Bedienung komplexer Maschinen gefragt sein werden. Da die technologischen Möglichkeiten jedoch eine hohe Benutzerfreundlichkeit erlauben, wird die Bedienung voraussichtlich von Hilfs- und Fachkräften übernommen werden können (Patscha et al. 2017).

In ihrer Analyse der Tätigkeitsprofile für Westdeutschland zeigt Spitz-Oener (2006), dass der Bedarf an höherqualifizierten Arbeitskräften zwischen 1989 und Anfang der 2000er Jahre stark angestiegen ist, was durch die oben beschriebene Veränderung der Tätigkeitsprofile in Berufen erklärt werden kann. Dies ist auf die zunehmende Bedeutung von analytischen und interaktiven Nicht-Routinetätigkeiten zurückzuführen, die generell ein relativ hohes Bildungsniveau erfordern.

Bachmann et al. (2021a) betrachten neben den Anforderungen an das formale Qualifizierungsniveau der Beschäftigten auch die Anforderungen an die kognitiven und nicht-kognitiven Kompetenzen. Hierbei folgen sie Borghans et al. (2008), die den Einfluss von Persönlichkeitsmerkmalen auf ökonomische Outcomes untersuchen. So verstehen sie kognitive Kompetenzen als die Fähigkeit, abstrakte Aufgaben zu lösen, und nicht-kognitive Kompetenzen als Persönlichkeitsmerkmale. Kognitive Kompetenz messen sie mittels eines Intelligenztests, während für die Persönlichkeitsmerkmale die „Big Five“ Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit, emotionale Stabilität, Extraversion, und Offenheit für Neues herangezogen werden. Die Analyse von Bachmann et al. (2021a) ergibt, dass durch den technologischen Wandel über den Zeitraum 1999 bis 2018 insbesondere die Nachfrage nach Kompetenzen gestiegen ist, die Beschäftigte zur Ausführung analytischer Nicht-Routinetätigkeiten befähigen. Zu diesen Kompetenzen zählen neben formaler Bildung auch kognitive Fähigkeiten und die Offenheit für Neues. Sie finden jedoch keine Evidenz, dass sich durch den technologischen Wandel der Bedarf an den weiteren nicht-kognitiven Fähigkeiten Gewissenhaftigkeit, Extraversion, Verträglichkeit und emotionale Stabilität stark verändert hat.

Eine Reihe von internationalen Studien beschreibt, dass durch technologische Fortschritte wie Algorithmen und künstliche Intelligenz zunehmend auch Tätigkeiten in qualifizierten Berufen automatisiert werden können (Acemoglu und Restrepo 2020b, Webb 2019). Während Spitz-Oener (2006) in ihrer Analyse noch zeigt, dass die steigende Nachfrage nach analytischen und interaktiven Nicht-Routinetätigkeiten die Nachfrage nach höherqualifizierten Arbeitskräften antreibt, gibt es Hinweise darauf, dass sich die Nachfrage nach rein analytischen Nicht-Routinetätigkeiten seit Anfang 2000 etwas abgeflacht hat (Beaudry et al. 2016, Deming 2017). Zudem werden auch in höher bezahlten Jobs immer häufiger soziale Kompetenzen nachgefragt (Deming 2017). So hat sich in den USA in dieser Zeit der Bedarf an Berufen mit einem rein kognitiv-analytischen Tätigkeitsprofil reduziert, während Beschäftigung und Einkommen besonders stark in Berufen gestiegen sind, die einen Mix von kognitiv-analytischen und sozialen Kompetenzen erfordern. Deming und Kahn (2018) bestätigen die Bedeutung des Zusammenspiels von kognitiven und sozialen Kompetenzen. Stärker ausgeprägte soziale und interaktive Kompetenzen werden – neben soziokulturellen Veränderungen und verbesserten Qualifikationsmöglichkeiten – als ein Grund angesehen, weshalb sich die Arbeitsmarktsituation der Frauen seit den 1980er Jahren deutlich verbessert hat. Entsprechende Evidenz liefern Cortes et al. (2018) für den US-amerikanischen und Bachmann und Stepanyan (2020) für den deutschen Arbeitsmarkt.

### **Auswirkungen auf Beschäftigungsverhältnisse und Leistungsdruck bisher nicht erkennbar**

Der zunehmende Einsatz von neuen Technologien hat zu Bedenken geführt, dass es dadurch zu einer Erosion des Normarbeitsverhältnisses kommen könnte. Das würde bedeuten, dass Tarifbindungen weiter zurückgehen, der Niedriglohnsektor sich weiter ausbreitet, aber auch dass atypische Beschäftigung ansteigen und instabile Erwerbsverläufe zunehmen. Dies könnte zu einer Dualisierung des Arbeitsmarktes führen, wobei prekäre Beschäftigungsverhältnisse insbesondere für Beschäftigte am unteren Rand der Lohnverteilung zunehmen. Das Grünbuch des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) wurde mit dem Ziel entwickelt, einen Rahmen für den künftigen Dialog über Arbeit 4.0 zu bieten und empfiehlt die Entwicklung gesetzlicher Rahmenbedingungen, um den Arbeitnehmerschutz in Zeiten des digitalen Wandels aufrechtzuerhalten (BMAS 2015).

Doch warum sollte der digitale Wandel zu einem Anstieg atypischer Beschäftigungsverhältnisse führen? Stettes (2016) geht dieser Frage nach und formuliert zwei Hypothesen, um diesen Zusammenhang besser darzustellen. Die erste Hypothese besagt, dass der Wechsel von alten zu neuen Geschäftsmodellen Unsicherheiten mit sich bringt, die den Bedarf an flexiblen Geschäftsmodellen ansteigen lassen. Die zweite Hypothese besagt, dass der technologische Wandel flexiblere Arbeitsprozesse und eine zunehmende Vernetzung zwischen verschiedenen Akteuren erfordert. Dies führt zu neuen Geschäftsmodellen und einem höheren Bedarf an externer Expertise, die temporär und zweckgebunden in die Unternehmung eingegliedert wird.

Die Hypothesen können mit Hilfe empirischer Untersuchungen genauer untersucht werden. So betrachtet Stettes (2016) die Anteile an atypischen Beschäftigungsverhältnissen für bestimmte Gruppen von Arbeitskräften sowie die Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit für verschiedene Wirtschaftszweige und argumentiert, dass hieraus kein systematischer Zusammenhang zwischen der Digitalisierung und einer Zunahme an atypischen Beschäftigungsverhältnissen zu erkennen ist. Eichhorst (2015) analysieren ebenfalls die Bedeutung atypischer Beschäftigungsverhältnisse. Mithilfe von Daten des Mikrozensus konstatieren sie für den Zeitraum 1996 bis 2011 ein Wachstum atypischer Beschäftigung, das sie als Hinweis für ein sich veränderndes Beschäftigungsmuster deuten. Der Anstieg atypischer Beschäftigung kann vor allem bei Beschäftigten mit mittlerer und niedriger Qualifizierung insbesondere im Dienstleistungsbereich beobachtet werden. Bei niedrigqualifizierten Fertigungsberufen, die durch ein hohes Substituierbarkeitspotenzial gekennzeichnet sind, ist die Beschäftigung insgesamt zurückgegangen, während der Anteil an atypischer Beschäftigung gestiegen ist. Aber auch bei Beschäftigten mit einer höheren Qualifikation ist der Anteil atypischer Beschäftigung angestiegen, besonders im hoch qualifizierten kreativen Bereich (Freelancern), im Gesundheits- und Sozialwesen sowie im akademisch-wissenschaftlichen Bereich (Teilzeit, Befristungen). Dennoch gilt, dass für den Großteil der Beschäftigten weiterhin der unbefristete Vollzeitvertrag der Standard ist.

Tamm et al. (2017) nutzen die Verlinkung der Auswertung der Erwachsenenbefragung des Nationalen Bildungspanels (NEPS) mit den administrativen IAB-Daten, um verschiedene Alterskohorten miteinander über die Zeit zu vergleichen. Mit diesen Daten sehen sie, dass Männer und Frauen jüngerer Kohorten relativ häufiger in atypischer Beschäftigung arbeiten. So ist bei jungen Erwachsenen eine Normalbeschäftigung keineswegs mehr Standard. Über die Kohorten nimmt die atypische Beschäftigung auch bei Männern im mittleren Lebensalter zu, sinkt dann und steigt dann wieder gegen Ende des Berufslebens. Bei Frauen ist der Anstieg der atypischen Beschäftigung teilweise auf die gestiegene Erwerbstätigenquote zurückzuführen. Generell sind befristete Beschäftigungsverhältnisse vor allem zu Beginn des Erwerbslebens, aber bei Männern auch vor

Renteneintritt verbreitet. Bei Frauen ab Mitte 20 ist ein gradueller Anstieg der Teilzeitbeschäftigung messbar. Über die Kohorten kann man jedoch keine Veränderungen in der Art der atypischen Beschäftigung feststellen.

Neue Technologien wirken sich auch auf die Art der Arbeit aus, insbesondere hinsichtlich Flexibilität und Erreichbarkeit. Einerseits bringen die Digitalisierung und die Vernetzung der Arbeit mit sich, dass Beschäftigte – insbesondere Führungskräfte - zunehmend auch außerhalb ihrer Arbeitszeiten erreichbar sind, was die Belastung deutlich erhöhen kann. Andererseits ermöglicht das digitale Arbeiten vielen Beschäftigten auch mehr Flexibilität und eine bessere Koordinierung von Arbeits- und Privatleben, z.B. durch die Nutzung von Arbeit im Homeoffice (Eichhorst 2015, Stettes 2016).

Genauere Informationen darüber, wie Beschäftigte ihre Arbeitssituation empfinden, bieten Daten des Linked Personal Panel, die im Rahmen des Projektes „Arbeitsqualität und wirtschaftlicher Erfolg“ für die Jahre 2012/13 und 2014/15 durch das IAB erhoben wurden. Für das Panel wurden sowohl Betriebe als auch Beschäftigte in diesen Betrieben befragt. Aus dem Datensatz geht hervor, dass Angestellte, die im Homeoffice arbeiten, deutlich mehr Überstunden machen. Dennoch wird die Arbeitsqualität von dieser Gruppe der Beschäftigten als eher positiv bewertet. So erleben Beschäftigte, die auch außerhalb ihrer vertraglichen Arbeitszeiten arbeiten, zwar häufiger Konflikte zwischen Arbeits- und Privatleben, dennoch weisen die Befragungsdaten für diese Gruppe eine höhere Arbeitszufriedenheit aus (Arnold et al. 2016, Arnold et al. 2015). Die Gründe hierfür sind jedoch unklar, so dass nicht von einem kausalen Zusammenhang ausgegangen werden kann.

Eine Auswertung des Linked Personal Panel (LPP) zeigt zudem, dass 78 % der befragten Beschäftigten wahrnehmen, dass der technologische Wandel mit gestiegenen Anforderungen an die Arbeit einhergeht. Diese Beobachtung erstreckt sich über alle Qualifikationsniveaus und geht ebenso einher mit einer wahrgenommenen Arbeitsverdichtung. Auf der anderen Seite geben 15 % der befragten Beschäftigten an, dass sich durch den technologischen Wandel die Anforderungen an ihre Arbeit verringert haben. Dies gilt insbesondere für Geringqualifizierte, die das Gefühl haben durch die Automatisierung einfachere Aufgaben auszuführen als vorher (Arnold et al. 2016).

Auch eine Analyse der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung ergibt, dass Beschäftigte, die vernetzter arbeiten und häufiger das Internet nutzen, einen größeren Termin- und Leistungsdruck haben als Beschäftigte, die entweder isoliert arbeiten oder das Internet seltener nutzen. Zugleich verfügt diese Gruppe aber auch über mehr Handlungs- und Entscheidungsspielraum und kann selbstständiger arbeiten. Generell zeigt sich auch, dass sie zufriedener mit ihrem Einkommen und mit ihren Aufstiegschancen sind. Offenbar werden Multitasking, häufige Unterbrechungen bei der Arbeit sowie Termin- und Leistungsdruck von ihnen nicht per se als belastend empfunden; darauf deutet zumindest der Anteil der zufriedenen Beschäftigten auf Internetabeitsplätzen mit Handlungsspielräumen hin, der mit 95 % unter den Befragten am höchsten ist. Dennoch geben 4 % der Befragten an, dass sie aufgrund des häufig starken Termin- und Leistungsdrucks und fehlenden Handlungsspielraums unter einem erhöhtem Belastungsrisiko leiden (Hammermann und Stettes 2015).

Wichtig für die Interpretation der beschriebenen Ergebnisse ist es, dass es sich hier um deskriptive Beobachtungen handelt. Beschäftigte entscheiden sich auf Basis ihrer eigenen Fähigkeiten und Präferenzen für ihren Beruf. Wenn Personen mit einer höheren Arbeitsmotivation Berufe wählen, die mehr Homeoffice ermöglichen und ein Arbeiten in der Freizeit erfordern, dann sind die oben angeführten Ergebnisse nach oben verzerrt.

Oft wird angeführt, dass neue Technologien zu einer Verdichtung der Arbeit führen können, die dann wiederum gesundheitliche Folgen für die Beschäftigten haben. Eine Befragung der Betriebs- und Personalräte durch die Hans Böckler-Stiftung zeigt, dass das Thema Arbeitsverdichtung von den Betriebsräten – insbesondere im Dienstleistungsbereich – wahrgenommen wird (Ahlers und Erol 2019). Als Hauptgründe für diese Entwicklung werden jedoch vor allem eine unzureichende Personalausstattung und Führungsschwächen verantwortlich gemacht. Die Digitalisierung wird als ein beitragender Faktor angesehen, jedoch nicht zu den Hauptursachen gezählt.

### **Der Unterschied zwischen Stadt und Land könnte durch die Digitalisierung größer werden**

Zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf den ländlichen Raum sowie die Unterschiede zwischen Stadt und Land gibt es bisher kaum Evidenz für Deutschland. Eine der wenigen Ausnahmen ist Dauth (2014). Seine Analyse zeigt, dass die Polarisierung der Berufe zwischen Stadt und Land ungleich verteilt ist. Grundsätzlich führt der Rückgang von Routineberufen in beiden Regionstypen zu Beschäftigungsrückgängen. Die Beschäftigungszuwächse im kognitiv-kommunikativen Bereich finden aber überwiegend in urbanen Regionen statt, da dort die entsprechende Nachfrage nach den erbrachten Dienstleistungen und Produkten sowie das entsprechende Angebot an Arbeitskräften vorherrschen.

Einen Literaturüberblick über 157 Studien für Industrieländer liefern Salemink et al. (2017). Sie fassen zusammen, dass die geringere Nutzung digitaler Technologien in ländlichen Regionen als in Städten auf zwei Effekte zurückzuführen ist. Erstens sind ländliche Regionen in der Regel schlechter mit digitaler Infrastruktur versorgt als urbane Regionen. Zweitens weisen ländliche Regionen häufig hinsichtlich bspw. der Alters- und Berufsstruktur eine weniger Technologie-affine Bevölkerung auf als Städte.

### **Qualifizierungsanforderungen steigen, (Weiter-)Bildung gewinnt an Bedeutung**

Aus den oben beschriebenen bereits eingetretenen oder erwarteten Effekten der Digitalisierung auf Beschäftigung und Tätigkeitsprofile ergeben sich neue Bedarfe für die Qualifizierung von Arbeitskräften. Kruppe et al. (2017) argumentieren, dass durch die zunehmend komplexeren Tätigkeiten eine gute Grundqualifikation daher immer wichtiger wird, da diese bestmöglich auf künftige Anforderungen am Arbeitsmarkt vorbereitet. Dies steht im Einklang mit Rendall und Weiss (2016), die zeigen, dass Beschäftigte mit einer dualen Ausbildung weniger von Jobverlust und Arbeitsmarktpolarisierung betroffen sind als vergleichbare Beschäftigte ohne duale Ausbildung. Allerdings weisen Kruppe et al. (2017) auch darauf hin, dass durch neue Technologien bestehendes Wissen immer schneller veraltet. Das bedeutet, dass Weiterbildungen an Bedeutung gewinnen. Hierzu zählen zum einen die Weiterbildung im Job, zum anderen Qualifikationsprogramme, die den Erwerb formaler, weiterführender Qualifizierungsnachweise beinhalten.

Die erste Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, wie stark sich Beschäftigte weiterbilden und ob hierbei Veränderungen über die Zeit zu beobachten sind, die möglicherweise auf den digitalen Wandel zurückzuführen sind. In diesem Zusammenhang zeigen Daten des IAB-Betriebspanels, dass sich die Weiterbildungsbeteiligung sowie der Anteil der in die Weiterbildungsaktivitäten einbezogenen Mitarbeiter seit Beginn 2000 deutlich erhöht hat. Ein Hinweis darauf ist auch die Zunahme der Nutzung des Meister-Bafögs. Aber auch bei der öffentlichen Weiterbildung nach Sozialgesetzbuch II und III zeigt sich eine konstante Steigerung (Kruppe et al. 2017). Die Daten der IAB-ZEW Betriebsbefragung deuten aber auch darauf hin, dass das Kennenlernen und der Umgang mit neuen Technologien bei Betrieben 4.0 eine größere Rolle spielt und diese

auch bereit sind, mehr in die Weiterbildung ihrer Beschäftigten zu investieren (Janssen et al. 2018).

Bei der Weiterbildungsbeteiligung zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Beschäftigten. So analysieren Seyda et al. (2018b) die Weiterbildungsbeteiligung der Gruppe der Geringqualifizierten auf Grundlage der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung für den Zeitraum 1979 bis 2012. Sie finden, dass die Weiterbildungsquote für Geringqualifizierte über den Beobachtungszeitraum relativ stark gestiegen ist, was vermutlich auf die steigenden Anforderungen für Geringqualifizierte zurückzuführen ist. Ihre Weiterbildungsbeteiligung fällt aber weiterhin geringer aus als bei Beschäftigten mit einer mittleren und höheren Qualifizierung. Dies bestätigt die kausale Evidenz in Kramer und Tamm (2018), dass Personen, die ein höheres Qualifikationsniveau aufweisen, häufiger an Weiterbildungen teilnehmen.

Auch die Art der ausgeübten Tätigkeit spielt eine Rolle für die Weiterbildungsbeteiligung. Wie oben ausgeführt, sind insbesondere Arbeitskräfte in Berufen, die intensiv in Routinetätigkeiten sind, von einem hohen Substituierbarkeitspotenzial betroffen. Eine Auswertung der Erwachsenenbefragung des Nationalen Bildungspanels (NEPS) für die Jahre 2011/12 hinsichtlich der Teilnahme an nicht-formalen Bildungsangeboten (nicht abschlussbezogen) deutet jedoch darauf hin, dass diese Gruppe vergleichsweise weniger an Weiterbildungsmaßnahmen teilnimmt und dass ihre Maßnahmen auch noch eine kürzere Dauer aufweisen (Heß et al. 2019). Ein Grund für die Weiterbildungslücke könnten fehlende Anreize bei Unternehmen sein, für die sich diese Investition weniger lohnt, wenn der Job künftig wegfällt. Da die Teilnahme von Routinearbeitskräften an Weiterbildungen jedoch auch geringer ist, wenn Lohnzuwächse zu erwarten sind, argumentieren Heß et al. (2019), dass dies nicht der einzige Grund für die geringere Teilnahmequote sein kann. Eine von ihnen durchgeführte Dekompositionsanalyse zeigt, dass betriebliche Charakteristika ebenfalls eine wesentliche Rolle spielen. So ist die Teilnahme an einer Weiterbildung wahrscheinlicher für Unternehmen mit einer aktiven Weiterbildungspolitik (Weiterbündungsvereinbarungen, Weiterbildungsplanung und feste Verantwortliche für Weiterbildung) und wenn sich Unternehmen finanziell an den Kurskosten beteiligen sowie die Beschäftigten für die Teilnahme von der Arbeit freistellen.

Informationen über die Weiterbildungsaktivitäten von Unternehmen, ihre Investitionen, aber auch ihre Motive und Hemmnisse beim Angebot von Weiterbildung liefern Seyda et al. (2018a) auf Grundlage der IW-Weiterbildungserhebung. Die deskriptive Auswertung ihrer Daten zeigt ebenfalls, dass technologieaffinere Unternehmen stärker in die Ausbildung, gemessen an Stunden und übernommenen Kosten, investieren. Die Befragungsdaten ergeben zudem, dass Unternehmen, die verstärkt digitale Technologien nutzen, auch eher soziale Kompetenzen vermitteln. Dies deutet darauf hin, dass diese Unternehmen die Komplementarität von Technologien und sozialen Kompetenzen stärker wahrnehmen.

Den Zusammenhang zwischen der Veränderung des Tätigkeitsprofils und der Teilnahme an Weiterbildungen untersuchen Bachmann et al. (2021a) auf Grundlage der BIBB/BauA Erwerbstätigenbefragung. Sie finden, dass sich die Veränderung des Tätigkeitsprofils auch positiv auf die Weiterbildungsbeteiligung auswirkt. So nehmen Beschäftigte mit einer höheren Wahrscheinlichkeit an IT-Kursen teil, wenn sie in Berufen arbeiten, in denen kognitive Nicht-Routinetätigkeiten an Bedeutung gewonnen haben, und sie nehmen häufiger an Kursen im Bereich Soziales, Bildung, und Gesundheit teil, wenn insbesondere manuelle Nicht-Routinetätigkeiten stark angestiegen sind.

Die Teilnahme an Weiterbildung kann wiederum die ausgeübten Tätigkeiten beeinflussen. So zeigt Tamm (2018), dass Beschäftigte nach der Ausbildung mehr mit nicht-routinemäßigen interaktiven Aufgaben beschäftigt sind, als sie es vor der Ausbildung waren. Analysen nach Themen der Ausbildung zeigen eine beträchtliche Heterogenität in den Auswirkungen der Ausbildung auf die Arbeitsaufgaben. Insbesondere das Training von „Kommunikation und Soft Skills“ ist mit mehr nicht-routinemäßigen interaktiven Aufgaben verbunden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Digitalisierung ist, dass diese sich auch auf die Art der Ausbildung selber auswirkt. Flake et al. (2019) untersuchen die Auswirkungen des digitalen Wandels auf die Berufsausbildung anhand von Daten einer online-Unternehmensbefragung zum Thema „Digitalisierung in der betrieblichen Ausbildung“, die im Rahmen des IW-Personalpanels durchgeführt wurde. Ihre Auswertung der Daten zeigt, dass sich etwa ein Drittel der Unternehmen (insbesondere kleinere Unternehmen und Bauunternehmen) bisher noch nicht mit dem Thema Digitalisierung in der Ausbildung beschäftigt hat. Unter den Unternehmen, die sich bereits mit dem Thema beschäftigt haben, sind die häufigsten Aktivitäten die Nutzung von Impulsen von Auszubildenden, die Anpassung der Ausbildungsinhalte sowie die Weiterbildung der Auszubildenden. Diese Angaben relativieren sich bei der Betrachtung der Intensitäten. So gaben zwar etwas mehr als 50 % der Unternehmen an, ihre Ausbildungsinhalte angepasst zu haben, davon jedoch 27 % nur im geringen Maße. Auch in Bezug auf die Auszubildenden gaben mehr als 40 % der Unternehmen an, diese auf die Digitalisierung vorzubereiten, dies fand jedoch in 27 % der Unternehmen nur in geringem Maße statt. Janssen et al. (2018) zeigen ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen Unternehmen: Betriebe, die intensive digitale Möglichkeiten nutzen („Betriebe 4.0“) geben häufiger an, dass sie ihre Ausbildungsinhalte angepasst haben bzw. in neuen Berufen ausbilden.

Die IAB-ZEW-Betriebsbefragung und die IW-Weiterbildungserhebung gehen auch auf die Möglichkeiten des E-Learnings ein. E-Learning wird im Rahmen der digitalen Transformation Potenzial zugeschrieben, da es kostengünstig, zeitsparend und flexibel ermöglicht, neue Kenntnisse zu vermitteln. So ergibt die Betriebsbefragung, dass fast 40 % der Betriebe bereits von diesem Angebot Gebrauch machen und E-Learning für Fort- und Weiterbildungen nutzen (Janssen et al. 2018). Gemäß der IW-Weiterbildungserhebung nehmen sogar 84 % der befragten Unternehmen digitale Lernangebote wahr, 13 % davon jedoch nur vereinzelt (Seyda et al. 2018a). Die Umfragen zeigen, dass diese Angebote besonders häufig von Unternehmen genutzt werden, in denen Technologien bereits verbreiteter sind (Janssen et al. 2018, Seyda et al. 2018a), aber auch von kleineren Unternehmen (Janssen et al. 2018). Als Vorteile von E-Learning werden von den Unternehmen die gute Integrierbarkeit in den Arbeitsalltag und die Möglichkeit, die Inhalte an die Bedarfe der eigenen Mitarbeiter anzupassen, genannt (Seyda et al. 2018a). Die Ergebnisse der IW-ZEW Betriebsbefragung weisen jedoch darauf hin, dass E-Learning weniger von Betrieben mit einem höheren Anteil an älteren Arbeitnehmern und Geringqualifizierten eingesetzt wird (Janssen et al. 2018). Da für diese Gruppen die Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen besonders wichtig wäre, gilt es zu überlegen, wie die E-Learning Angebote auch für diese Zielgruppen attraktiver und zugänglicher gestaltet werden können.

Von Seiten der Unternehmen wird hinsichtlich der Ausbildung Unterstützung gewünscht, wie die Unternehmensbefragung des IW-Personalpanels deutlich macht: danach wünscht sich etwa ein Drittel der auszubildenden Unternehmen Unterstützung bei der Gestaltung digitaler Lehr- und Lernmethoden und bei der Auswahl der Ausbildungsinhalte. Zudem würde die Hälfte der befragten Unternehmen Unterstützung bei der Weiterbildung für ihre Auszubildenden befürworten und auch die Bereitstellung von Zusatz- und Wahlqualifikationen wird als sinnvoll angesehen. Die Umfrage zeigt darüber hinaus, dass ein Großteil der Unternehmen sehr unzufrieden über die

Zusammenarbeit mit den Berufsschulen ist und 40 % der Unternehmen nicht mal eine Aussage über die Zusammenarbeit mit den Berufsschulen treffen kann (Flake et al. 2019).

Letztlich kann veränderten Qualifizierungsbedarfen und der Deckung des künftigen Fachkräftebedarfs durch eine optimale Berufswahl junger Menschen Rechnung getragen werden. Bachmann et al. (2021a) untersuchen daher, ob die Veränderung des Tätigkeitsprofils und der Kompetenzanforderungen die Berufswahl junger Menschen beeinflussen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Veränderung des Tätigkeitsprofils und der Kompetenzanforderungen nur einen äußerst geringen Effekt auf die Berufswahl haben. Dieses Ergebnis kann als Hinweis gedeutet werden, dass diese Faktoren für junge Menschen nur eine untergeordnete Rolle spielen, möglicherweise weil sie bisher nur unzureichend über den Einfluss von Digitalisierung auf Berufsprofile informiert sind und diese Thematik möglicherweise bisher nur unzureichend wahrnehmen.

### **Effizienz- und Rationalisierungsgewinne halten sich in Grenzen, die Unterschiede zwischen Firmen steigen**

Bei der Untersuchung der Auswirkungen des technologischen Wandels auf den Arbeitsmarkt ist auch von Bedeutung, inwiefern Firmen vom Einsatz neuer Technologien profitieren und ob es zu Effizienzgewinnen kommt. Zur Beantwortung dieser Frage kann auf Studien zurückgegriffen werden, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Einsatz neuer Technologien und der Produktivitätsentwicklung auf Firmenebene befassen. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass neue Technologien dazu führen, dass Abläufe innerhalb von Firmen, sowohl in der Produktion als auch in der Verwaltung, effizienter und damit kostengünstiger organisiert werden können. Dadurch kann eine Firma mit einer gegebenen Ausstattung an Produktionsmitteln (Arbeit, Kapital) mehr Produkte bzw. Dienstleistungen erzeugen, d.h. die Produktivität steigt.

Angesichts dieser klaren theoretischen Vorhersage ist die vorliegende empirische Evidenz erstaunlich wenig eindeutig. Der unklare Zusammenhang zwischen technologischem Fortschritt und Produktivitätswachstum wurde bereits im Jahr 1987 von Robert Solow für den Einsatz von Computern wie folgt formuliert: „Man kann das Computerzeitalter überall sehen außer in den Produktivitätsstatistiken.“ (Solow 1987). Dieses „Solow-Paradox“ ist auch weiterhin zu beobachten (Berlingieri et al. 2017).

Hinzu kommt, dass die Untersuchung der Auswirkungen von Technologie auf die Produktivität einzelner Firmen methodisch kompliziert ist. Grund hierfür ist, dass man zur Untersuchung dieses Zusammenhangs idealerweise eine Firma mit relativ hohem Einsatz von Technologie mit einer anderen Firma mit relativ geringem Einsatz von Technologie vergleichen würde, wobei sich diese beiden Firmen ansonsten möglichst wenig voneinander unterscheiden sollten. Die letztgenannte Bedingung ist in der Realität aber kaum gegeben, da in der Regel jene Firmen, die ohnehin schon (also unabhängig von der eingesetzten Technologie) produktiver und effizienter sind, mehr in neue Technologien investieren als Firmen, die weniger produktiv und effizient sind. Dies erschwert die empirische Analyse auf Firmenebene deutlich, und viele Studienergebnisse sollten daher vorsichtig interpretiert werden.

Vor diesem Hintergrund verwenden Gal et al. (2019) Daten zur Produktivität auf Unternehmensebene und Daten über den Einsatz digitaler Technologien auf Industrieebene, wobei eine Reihe von Industrieländern, einschließlich Deutschland, in die Analyse eingeht. Hierbei zeigt sich, dass die Einführung digitaler Technologien in einer Branche mit Produktivitätsgewinnen auf Unternehmensebene verbunden ist. Die stärksten Effekte sind im verarbeitenden Gewerbe und bei routineintensiven Tätigkeiten zu beobachten. Für Deutschland liefert Engelstätter (2009) de-

skriptive Evidenz, dass der Einsatz von IT-Systemen in einem positiven Zusammenhang mit Produktivitätsgewinnen für Firmen steht. Grundsätzlich entsprechen die empirischen Ergebnisse somit den theoretischen Vorhersagen, dass Firmen durch den verstärkten Einsatz von digitalen Technologien Effizienzgewinne realisieren können.

Allerdings sind diese Effizienzgewinne offenbar nicht gleichmäßig über die Firmen verteilt. In Studien für eine Reihe von Industrieländern zeigen Andrews et al. (2016) und Berlingieri et al. (2020), dass sich die Kluft zwischen Firmen hinsichtlich ihrer Produktivität seit dem Jahr 2000 deutlich erhöht hat. Dies kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass sich Firmen stark in der Nutzung von digitalen Technologien unterscheiden (DeStefano und Backer 2017). Zum anderen sind die Auswirkungen von digitalen Technologien stark von der Interaktion mit anderen Faktoren abhängig. Hierzu zählen insbesondere die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften und die Fähigkeit des Managements, den Einsatz von Technologie gut zu organisieren (Gal et al. 2019, 2019, Schweikl und Obermaier 2019). Somit kann der Einsatz der gleichen Technologie in verschiedenen Firmen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen.

### 3. Effekte der Digitalisierung auf den hessischen Arbeitsmarkt

Die Digitalisierung wirkt sich regional sehr unterschiedlich auf den Arbeitsmarkt aus, wobei die Bevölkerungsentwicklung und der wirtschaftliche Strukturwandel eine wichtige Rolle spielen. Daher geht die Studie im folgenden Abschnitt spezifisch auf den hessischen Arbeitsmarkt ein, um die zu Beginn genannten Forschungsfragen für Hessen zu beantworten. Dies geschieht auf zwei Arten:

Im Teilabschnitt 3.1 wird mithilfe von statistischen Auswertungen die Situation Hessens in Bezug auf die Arbeitsmarktwirkungen der Digitalisierung untersucht. Im Teilabschnitt 3.2 wird auf Studien eingegangen, die Antworten speziell für Hessen liefern.

In der folgenden Analyse der Arbeitsmarktwirkungen der Digitalisierung stehen die Automatisierungspotenziale in Hessen insgesamt sowie in den Teilregionen Hessens im Mittelpunkt.<sup>7</sup> Dabei wird der Frage nachgegangen, welche Merkmale der regionalen Arbeitsmärkte aktuell eher auf eine hohe und welche auf eine geringe „Verdrängungsgefahr“ der lokalen Arbeitsplätze schließen lassen.

Hinsichtlich der regionalen Situation in Bezug auf Automatisierungspotenziale hat sich für mehrere deutsche Bundesländer gezeigt, dass der Anteil des produzierenden Gewerbes das Automatisierungspotenzial in einer Region erhöht (Buch et al. 2016). Da dieses Ergebnis nahelegt, dass dies auch für Hessen gilt, wird im Folgenden untersucht, inwieweit diese Erkenntnis auf die hessischen Regionen übertragen werden kann. Eine zentrale Datenquelle sind hierbei die von der Bundesagentur für Arbeit quartalsweise veröffentlichten Regionalreports (Bundesagentur für Arbeit 2020a). Sie geben Aufschluss über Beschäftigte nach 36 Berufshauptgruppen und ihre Verteilung auf bestimmte Wirtschaftszweige wie die chemische Industrie, die Metall- und Elektroindustrie (einschließlich Maschinenbau) sowie die Zahl sozialversicherungspflichtiger und geringfügiger Beschäftigungsverhältnisse. Hiermit wird der regionale Bestand verschiedener Beschäftigungsverhältnisse nach Beruf, Tätigkeitstyp (z.B. routine/nicht-routine) und Branche untersucht und eine entsprechende Analyse des IAB (Bennewitz et al. 2016) aktualisiert. Dabei werden auch Substitutionswahrscheinlichkeiten wie in Dengler et al. (2014) geschätzt.

Interessante Erkenntnisse ergeben sich zudem aus regionalen Studien und Statistiken zu Bildungsinputs und -outputs auf den verschiedenen Stufen des Bildungssystems (Schulen, Berufsschulen, Hochschulen und Weiterbildung) (RWI et al. 2020, BMBF 2020). Insbesondere die Weiterbildungsbereitschaft hat große Bedeutung beim Erlernen von neuen Tätigkeiten und Fähigkeiten (Janssen et al. 2018, Edin et al. 2019, Schmidpeter und Winter-Ebmer 2019).

Der folgende Teilabschnitt 3.1 stellt zunächst für Hessen insgesamt im Vergleich der Bundesländer die Beschäftigungsentwicklung, die Berufsgruppenstruktur und die resultierenden Automatisierungspotenziale dar. Eine Kernfrage bei der Beurteilung der Arbeitsmarktwirkungen der Digitalisierung lautet, ob und inwiefern der Verlust an automatisierbaren Tätigkeiten durch eine Verlagerung hin zu komplexeren Aufgaben kompensiert wird. Da diese komplexeren Aufgaben in der Regel besser entlohnt werden, gehört die Lohn- und Einkommensentwicklung zu den Untersuchungsgegenständen der folgenden Analyse. Der nachfolgende Teilabschnitt 3.2 fokussiert den Blick auf die regionale Variation innerhalb von Hessen.

---

<sup>7</sup> Kapitel 2.1 enthält Ausführungen zu den Substituierbarkeitspotenzialen für den gesamtdeutschen Arbeitsmarkt.

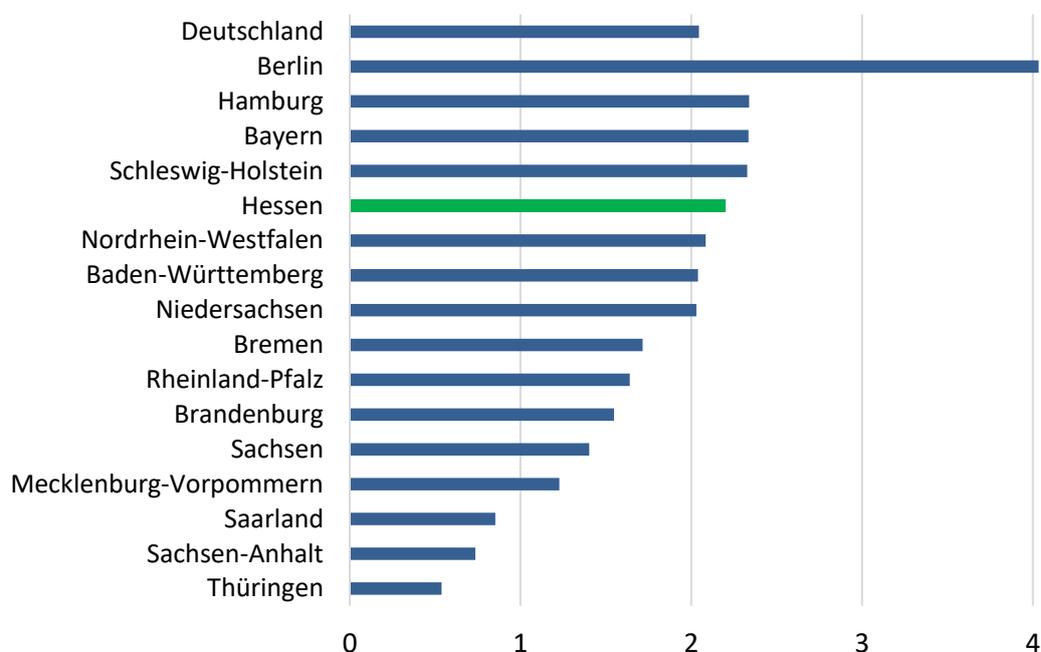
Basierend auf aktualisierten Substituierbarkeitswerten für das Jahr 2016 (Dengler und Matthes 2018) passt Weißler (2018) eine Analyse von Bennewitz et al. (2016) für Hessen an. Wie auf Bundesebene war das Substituierbarkeitspotenzial im Vergleich zu 2013 bis 2016 in fast allen Berufen gestiegen. Starke Zuwächse verzeichneten unter anderem auch Berufssegmente, die vorher nur ein sehr geringes Substituierbarkeitspotenzial aufwiesen, wie Sicherheitsberufe und die sozialen und kulturellen Dienstleistungen. Dagegen sank das Substituierbarkeitspotenzial bei den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungen sowie bei den (nicht-)medizinischen Gesundheitsberufen. In einer Stellungnahme ordnen Bennewitz und Stops (2017) die Ergebnisse zum Substituierbarkeitspotenzial in Hessen ein und weisen vor allem darauf hin, dass es sich dabei um eine rein theoretische Größe handelt, die die maximale Ersetzbarkeit von Tätigkeiten durch Berufe beschreiben soll. Der folgende Abschnitt 3.2 aktualisiert die Analyse für Hessen bis auf den Stand von 2020 und erläutert dabei die berufsspezifischen Unterschiede des Substituierbarkeitspotenzials im Detail.

### 3.1 Hessen im Vergleich der Bundesländer

#### Hessen liegt auf Platz 3 der Flächenländer beim Beschäftigungswachstum 2015-2020

Betrachtet man die regionale Arbeitsmarktpositionierung im Ländervergleich zunächst anhand der Beschäftigungsentwicklung im Laufe der vergangenen 5 Jahre, so liegt Hessen mit einem durchschnittlichen Beschäftigungswachstum von 2,2 % pro Jahr zwar nur knapp über dem Bundesdurchschnitt (+2,0 %), zeichnet sich jedoch mit Rang 5 unter den 16 Bundesländern bzw. Platz 3 der Flächenländer insgesamt durch ein vergleichsweise starkes Wachstum aus (Abb. 1).

**Abb. 1: Beschäftigungswachstum 2015-2020**  
in %, pro Jahr



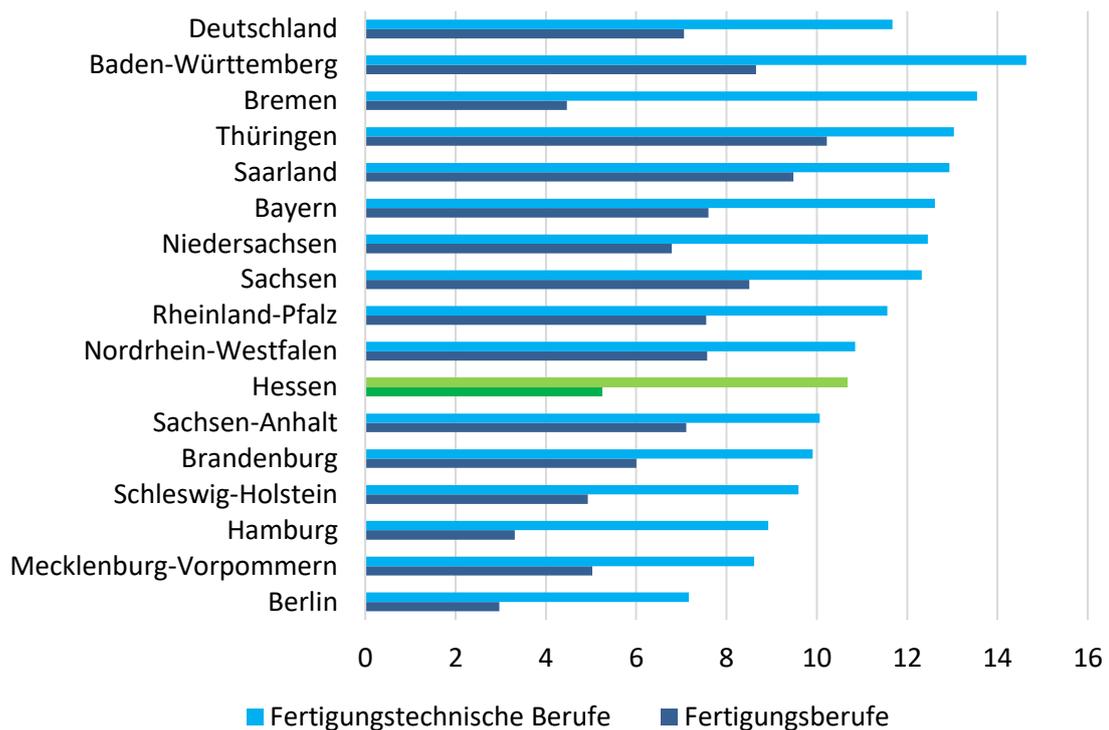
Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a).

Insgesamt waren in Hessen im März 2020 2,66 Millionen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer sozialversicherungspflichtig beschäftigt, im März 2015 waren 2,39 Millionen. Die Zahl der sozialversicherungspflichtig (SV-)Beschäftigten nahm in diesem Zeitraum in Hessen um etwa 263.000 zu. Die Beschäftigungsentwicklung in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts lässt somit für Hessen insgesamt auf eine vergleichsweise erfolgreiche wirtschaftliche Positionierung schließen.

### **Berufsgruppenstruktur und Substituierbarkeit – in Hessen sind relativ wenige Arbeitsplätze durch die Digitalisierung gefährdet**

Ob trotz der positiven Beschäftigungsentwicklung in Hessen eine „Verdrängungsgefahr“ von Arbeitsplätzen durch die Digitalisierung besteht, wird anhand des Substituierungspotenzials (siehe Kapitel 2.1) untersucht. Am Beispiel von zwei sehr voneinander verschiedenen Berufsgruppen, den manuellen Fertigungsberufen – für die ein hohes „Substituierbarkeitspotenzial“ auf der Hand liegt – und den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen – mit geringerer Verdrängungswahrscheinlichkeit – können länderspezifische Unterschiede der Berufsgruppenstruktur aufgezeigt werden.

**Abb. 2: Beschäftigtenanteil in Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen**  
in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020



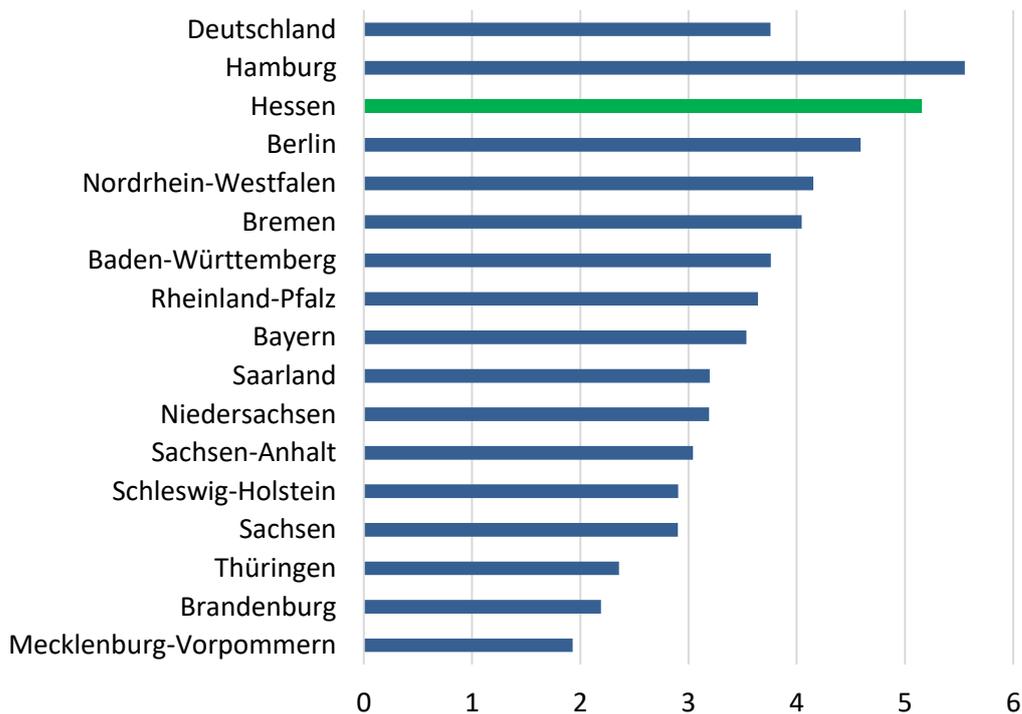
12Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a). – Fertigungsberufe: Rohstoffgewinn, Glas- und Keramikverarbeitung, Kunststoff- und Holzherstellung bzw. -verarbeitung, Papier- und Druckberufe, technische Mediengestaltung, Metallerzeugung und -bearbeitung, Metallbau, Textil- und Lederberufe, Produktdesign und kunsthandwerkliche Berufe. Fertigungstechnische Berufe: Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe, Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe, technische Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionssteuerungsberufe.

Die Zuordnung der Beschäftigten zu Berufsgruppen orientiert sich für Deutschland an der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010. Die KldB 2010 ist als hierarchische Klassifikation mit fünf Gliederungsebenen aufgebaut. Für die vorliegende Analyse sind die 36 sogenannten Berufshauptgruppen sowie 14 Berufssegmente (die jeweils mehrere Berufshauptgruppen zusammenfassen) von Interesse (Bennewitz et al. 2016).

Dieser Kategorisierung zufolge sind aktuell (2020) in Hessen die Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufe mit einem Beschäftigtenanteil von 5,2 bzw. 10,7 % gegenüber dem jeweiligen bundesweiten Durchschnittswert (7,1 bzw. 11,7 %) unterdurchschnittlich, die IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe dagegen deutlich überdurchschnittlich (5,1 gegenüber 3,8 %) vertreten (s. Abb. 2 auf der vorigen Seite und Abb. 3). Nach Hamburg weist Hessen den höchsten Anteil aller Bundesländer an Beschäftigten in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen auf.

Die manuellen Fertigungsberufe (Fertigungsberufe und fertigungstechnische Berufe) weisen unter den Berufssegmenten aktuell (bzw. im Jahr 2015) in Deutschland insgesamt sowie in Hessen das höchste Automatisierungspotenzial auf.<sup>8</sup> Unter den Fertigungsberufen waren 2015 in Deutschland 72,8 % aller Tätigkeiten substituierbar. In den fertigungstechnischen Berufen waren es 64,4 %.

**Abb. 3: Beschäftigtenanteil in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen**  
in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a).

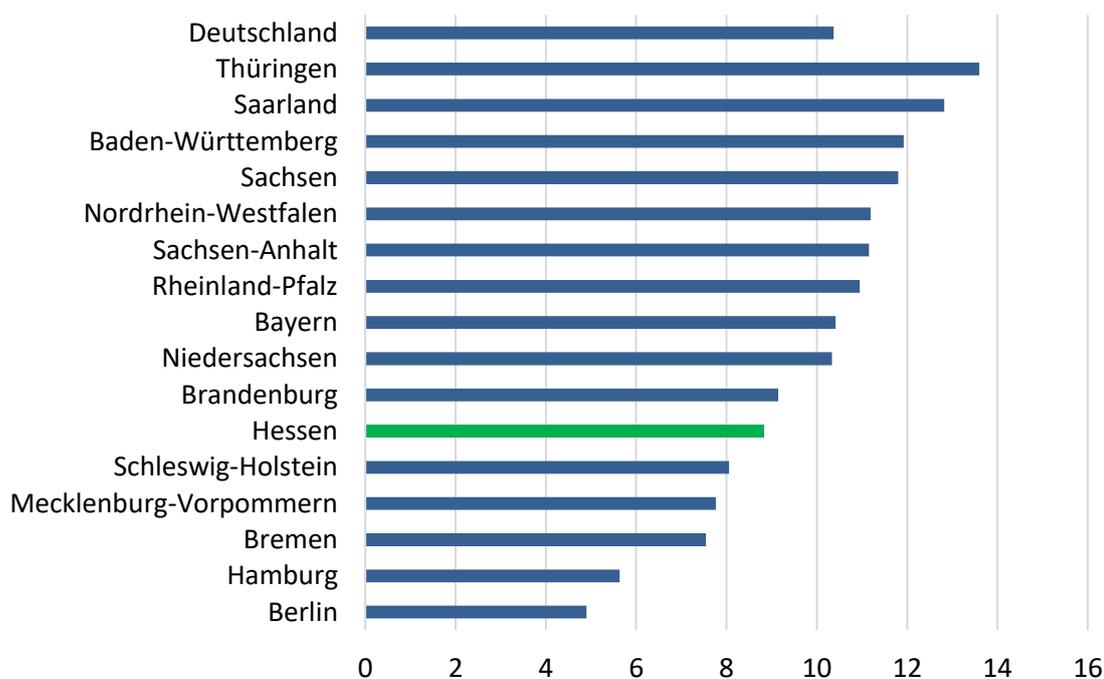
Auch unter den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, für die man eine hohe Affinität zur Nutzung digitaler Technik annehmen kann, waren 42,5 % der Tätigkeiten ersetzbar (Bennewitz et al. 2016). Eine geringe Substituierbarkeit weisen dagegen Berufe auf, die durch

<sup>8</sup> Die Anmerkungen zu Abb. 2 enthalten eine Definition der Fertigungsberufe und fertigungstechnischen Berufe.

einen hohen Anteil kommunikativer Tätigkeiten bzw. persönlicher Interaktion gekennzeichnet sind, allen voran soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe (Erziehung, soziale, hauswirtschaftliche, lehrende, ausbildende, geistes-, gesellschafts-, wirtschaftswissenschaftliche, darstellende und unterhaltende Berufe) mit einer Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit von nur 7,1 %.

Ein Vergleich der Substituierbarkeitspotenziale zwischen den Bundesländern zeigt einige interessante Muster. Als besonders „resilient“ gegenüber den Automatisierungsprozessen der näheren Zukunft erscheinen die dienstleistungsorientierten urbanen Arbeitsmärkte der Stadtstaaten Berlin (mit einem Beschäftigtenanteil von nur 4,9 % in mit hoher Wahrscheinlichkeit substituierbaren Tätigkeiten), Bremen (7,5 %) und Hamburg (5,6 %). Unter den deutschen Flächenländern zeichnet Hessen insgesamt durch einen besonders geringen Anteil an voraussichtlich stark von Automatisierung betroffenen Beschäftigten aus. So übt in Hessen aktuell mit 8,8 % ein gegenüber dem Bundesdurchschnitt (10,4 %) unterdurchschnittlicher Anteil der Beschäftigten berufliche Tätigkeiten aus, die in hohem Maße (zu mehr als 70 %) substituierbar sind (Abb. 4).

**Abb. 4: Beschäftigte mit hohem Substituierbarkeitspotential**  
in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a).

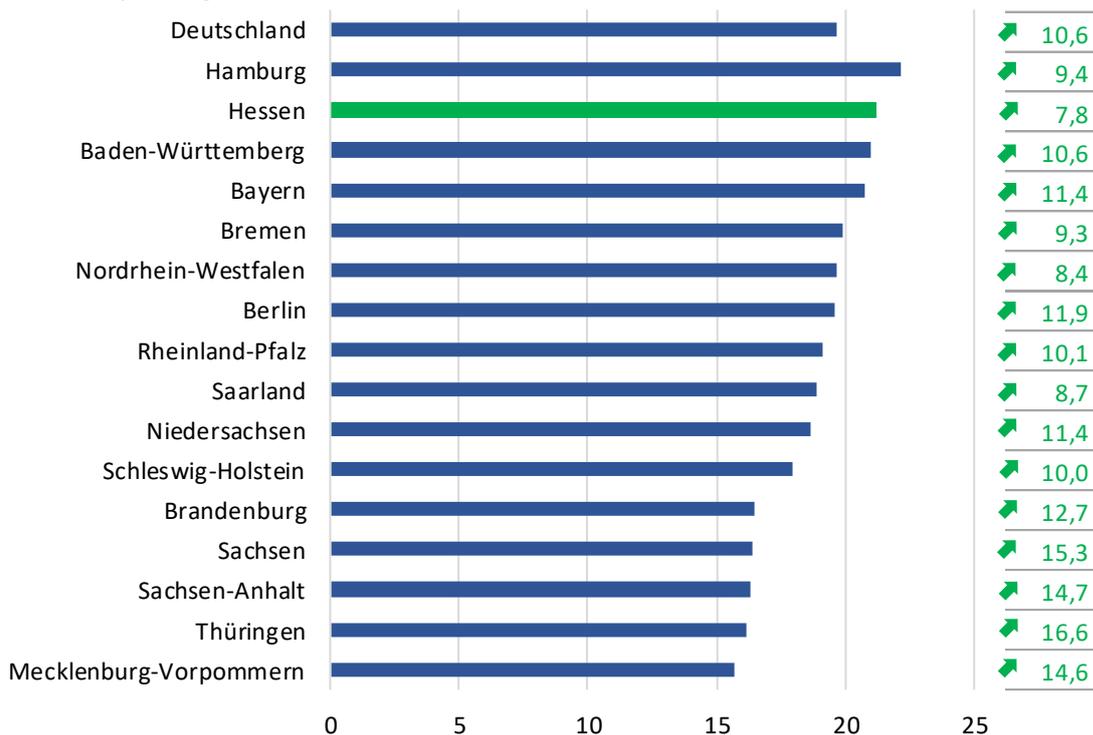
### Löhne – Hessen auf dem Spitzenplatz unter den Flächenländern

Im Folgenden werden die Unterschiede in der Höhe der Löhne sowie der Veränderung auf der Länderebene näher betrachtet. Wie erläutert, gehen komplexere Tätigkeiten in der Regel mit höheren Löhnen einher. Geht man davon aus, dass das Lohnniveau auf der regionalen Ebene die berufliche Struktur widerspiegelt, dürfte Hessen durch ein vergleichsweise hohes Lohnniveau gekennzeichnet sein. Es ist jedoch auch zu erwarten, dass die Löhne aktuell nicht mehr so stark zunehmen wie in Bundesländern, deren regionale Arbeitsmärkte (noch) ein höheres Substituierbarkeitspotenzial aufweisen bzw. an den digitalen Wandel noch nicht so weit angepasst sind wie der hessische Arbeitsmarkt.

In der Tat ist der hessische Arbeitsmarkt mit einem durchschnittlichen Bruttostundenlohn von 21,24 € (2018, gegenüber 19,66 € im Bundesdurchschnitt) im Ländervergleich durch einen Spitzenplatz gekennzeichnet, übertroffen nur von Hamburg (22,14 €). Allerdings stimmt das verhältnismäßig geringe (verbleibende) Substituierbarkeitspotenzial der Beschäftigten in Hessen offenbar mit bereits in der Vergangenheit erfolgten Änderungen der beruflichen Struktur überein, die weitere starke Lohnzuwächse möglicherweise einschränken. So zeichnete sich der hessische Arbeitsmarkt im Zeitraum von 2014 bis 2018 im Ländervergleich durch die geringsten nominalen Lohnsteigerungen aus (+7,8 % gegenüber +10,6 % im Bundesdurchschnitt) (Abb. 5).

**Abb. 5: Bruttostundenverdienst 2018 und Veränderung 2014-2018**

in € bzw. % (jeweilige Preise)



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (2021).

Getrieben ist das hohe Lohnniveau sicher unter anderem von der besonderen Konzentration der Finanzwirtschaft am Bankenstandort Frankfurt. Mit 5,4 % (2020) ist in Hessen insgesamt ein gegenüber dem Bundesdurchschnitt (2,9 %) deutlich überdurchschnittlicher Anteil an Beschäftigten im Finanzsektor (Finanz- und Versicherungsdienstleistungen sowie damit verbundenen Tätigkeiten) zu verzeichnen. Die Bruttostundenverdienste liegen im Finanzsektor mit 27,86 € deutlich über dem Bundesdurchschnitt (19,66 €, s.o.). Sicher erklärt die Konzentration der Bankenwirtschaft in Frankfurt allein jedoch nicht das insgesamt hohe Lohnniveau in Hessen.

So werden in Hessen auch im verarbeitenden Gewerbe und im Informations- und Kommunikationssektor überdurchschnittliche Löhne gezahlt. Mit einem (nominalen) Wachstum von +9,3 % (Bundesdurchschnitt: +10,8 %) von 2014 bis 2018 liegt Hessen jedoch bei der Höhe des relativen Lohnzuwachses nur auf Rang 12 der 16 Bundesländer. Hinsichtlich der Bruttostundenverdienste im Informations- und Kommunikationssektor liegt Hessen mit 28,05 € auf Rang 4 der Bundesländer. In Bezug auf den Lohnzuwachs (+2,3 % - der Bundesdurchschnitt beträgt +12,9 %) aber auf dem vorletzten Rang. Nur in Rheinland-Pfalz verzeichnete die Branche eine schwächere Lohnentwicklung, dort sank der Durchschnittsverdienst um 4,4 %.

Hessen zeichnet sich insgesamt durch ein hohes Lohnniveau bei momentan vergleichsweise geringen Zuwächsen und ein verhältnismäßig geringes Substituierbarkeitspotenzial von Berufstätigkeiten durch die Digitalisierung aus. Das Zusammentreffen beider Sachverhalte spricht dafür, dass die durch Automatisierung bewirkte Veränderung der beruflichen Struktur in der hessischen Arbeitswelt in den kommenden Jahren mit geringeren weiteren Umwälzungen verbunden sein könnte als in den meisten anderen Bundesländern. Allerdings lässt sich aus dieser Feststellung nicht direkt ableiten, inwiefern sich die Unternehmen in Hessen in den vergangenen Jahren schneller als in anderen Bundesländern gezielt auf die Digitalisierung eingestellt haben könnten. Fakt ist, dass Tätigkeiten mit hohem Routine-Anteil in Hessen insgesamt eine geringere Rolle spielen als in anderen Ländern. Wie die folgenden Ausführungen noch genauer darlegen werden, sind jedoch auch innerhalb von Hessen erhebliche Unterschiede zwischen Regionen und Branchen festzustellen. Insbesondere in kleineren Unternehmen verschiedener hessischer Mittelgebirgsregionen gehen viele Beschäftigte noch Tätigkeiten nach, die in den kommenden Jahren durch Computertechnik bzw. computergesteuerte Maschinen ersetzt werden könnten (s.u.).

### **Bildungssystem – Hessen ist der Flächenstaat mit den höchsten Bildungsausgaben je Einwohner**

Bei der Bewältigung des digitalen Wandels spielt es eine zentrale Rolle, inwieweit das Bildungssystem die nachkommenden, aber auch die bereits im Erwerbsalter stehenden Generationen, auf die entsprechenden Anforderungen vorbereitet. So bestimmt die Qualität der Bildung in Primär- und Sekundarschulen und in Hochschulen sowie die betriebliche Aus- und Weiterbildung sowohl die beruflichen Möglichkeiten des Einzelnen als auch die Entwicklungsperspektiven der Wirtschaft insgesamt. Wichtige Faktoren im Rahmen eines regionalen Innovationssystems sind dabei der Zugang zur Bildungsinfrastruktur, die Qualifikation der Erwerbstätigen, die Übergänge vom Bildungssystem in das Berufsleben und das Zusammenspiel zwischen Bildungseinrichtungen und Unternehmen. Eine Analyse der regionalen Differenzierung entsprechender Merkmale des Bildungssystems innerhalb von Hessen würde den Umfang der vorliegenden Studie sprengen. Allerdings soll die Auswertung ausgewählter zentraler Indikatoren zum Bildungssystem – öffentlichen Ausgaben für Bildung insgesamt und Teilnahme an beruflicher Weiterbildung – Hinweise auf die Positionierung Hessens im Bundesländervergleich liefern.

Bei der Analyse von Indikatoren zur Bildungsinfrastruktur muss berücksichtigt werden, dass in der bildungsökonomischen Literatur über die genauen Wirkungsmechanismen der Investitionen in das Bildungssystem in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Bildungsinput, Bildungoutput und wirtschaftlicher Innovationsfähigkeit auf nationaler oder regionaler Ebene keineswegs Klarheit herrscht. Unbestritten ist, dass sich für Einzelpersonen Investitionen in die Schulbildung bezüglich der eigenen lebenslangen Einkommensperspektiven immer lohnen werden. Auch wenn dies empirisch schwerer nachzuweisen ist, dürften die auf der Individualebene messbaren Effekte der (zusätzlichen) Schulausbildung ebenso die Perspektiven der Regionen verbessern, in denen viele Einzelindividuen bzw. Familien sich dazu entscheiden, in ihre eigene (Schul-) Ausbildung bzw. die ihrer Kinder zu investieren (Psacharopoulos und Patrinos 2018).

Delgado et al. (2014) geben einen Überblick über die empirische Literatur zu den Effekten der Bildungsinvestitionen auf das nationale Wirtschaftswachstum. Hier besteht die methodische Schwierigkeit, dass das Wirtschaftswachstum einerseits die Bildungsinvestitionen beeinflusst, da bei höherem Wirtschaftswachstum mehr Geld zur Verfügung steht. Andererseits können Bildungsinvestitionen das Wirtschaftswachstum aber auch positiv beeinflussen. Daher ist es nicht trivial festzustellen, in welche Richtung der Kausalzusammenhang wirkt, vom Wirtschaftswachs-

tum zu den Bildungsinvestitionen oder andersrum. Gelingt es, diese methodischen Schwierigkeiten zu überwinden, so messen einige Studien einen signifikanten Einfluss einzelner Merkmale des Bildungssystems, z.B. der Grundschulausbildung (Sala-i-Martin et al. 2004). Andere Autoren (z.B. Henderson 2010) kommen zu dem Ergebnis, dass es keine unmittelbaren Zusammenhänge zwischen Bildungsstand und Wirtschaftswachstum gibt. Delgado et al. 2014 schlagen vor, in die Analyse der bildungsspezifischen Einflussfaktoren auf das Wirtschaftswachstum u.a. auch Merkmale der beruflichen Aus- und Weiterbildung einzubeziehen. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse wird im Folgenden neben den Investitionen in das Bildungssystem zusätzlich das Engagement der Berufstätigen bei der Teilnahme an Weiterbildungsmaßnahmen im Ländervergleich betrachtet.

Untersucht man die Bildungsausgaben der Länder und Gemeinden je Einwohner, so belegen die Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg nach Angaben des Statistischen Bundesamts (2020) aktuell (d.h. 2018) die drei Spitzenplätze, gefolgt von Hessen als Flächenstaat mit den höchsten Bildungsausgaben je Einwohner auf Rang 4.

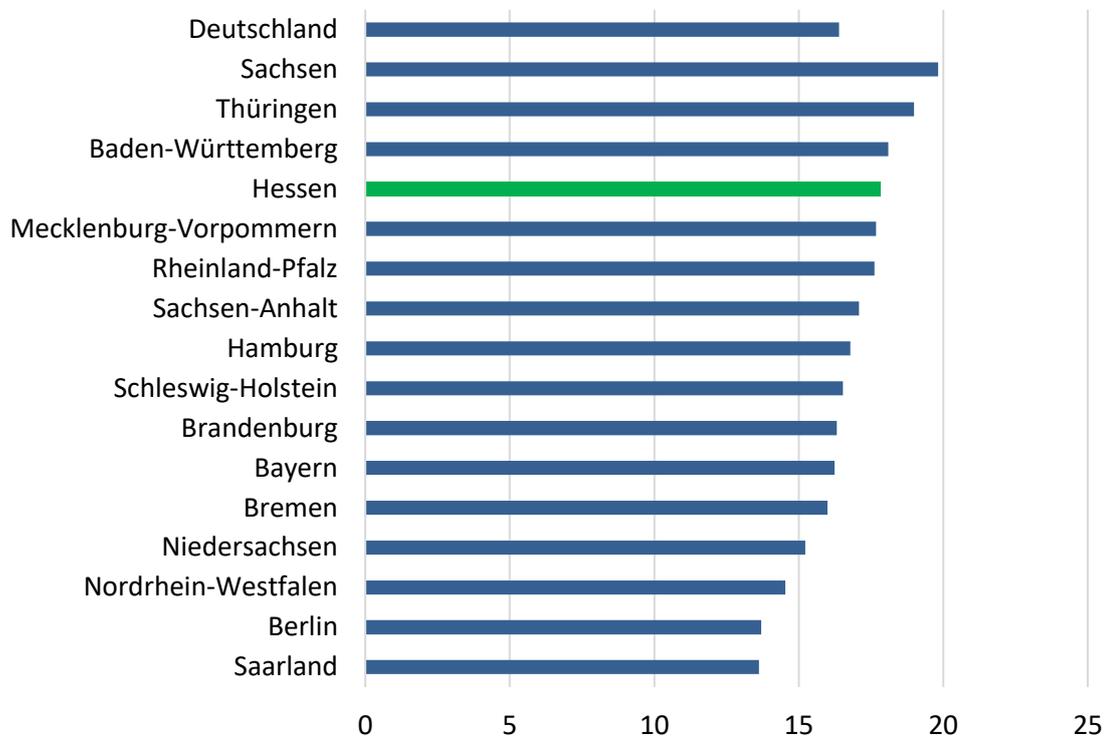
Ohne messen zu können, inwieweit die Bildungsinvestitionen die Anpassungsfähigkeit des hessischen Innovationssystems an die Herausforderungen des digitalen Wandels befördern bzw. ob es die bereits erzielten wirtschaftlichen Anpassungsfortschritte sind, die die vergleichsweise hohen Bildungsinvestitionen des Landes und der Gemeinden in Hessen ermöglichen, ist somit festzustellen, dass das hohe Lohnniveau und die bereits in hohem Maße verwirklichten Automatisierungspotenziale mit vergleichsweise sehr hohen Bildungsinvestitionen einhergehen.

#### **Hessen auf Platz 4 aller Bundesländer bei der Weiterbildungsteilnahme**

Aus der Weiterbildungsteilnahme der Berufstätigen können wichtige Indizien dahingehend abgeleitet werden, inwieweit Investitionen in die Bildungsinfrastruktur innerhalb eines Bundeslands unmittelbar die Verbesserung der regionalen Anpassungsfähigkeit an wirtschaftliche Veränderungen unterstützen können. Nehmen viele Berufstätige an Weiterbildungsmaßnahmen teil, deutet dies einerseits auf eine hohe Bereitschaft zur eigenen Weiterbildung hin, andererseits aber auch auf ein bedarfsgerechtes Angebot. Lehrveranstaltungen der allgemeinen und beruflichen Weiterbildung übernehmen eine wichtige Funktion im Anpassungsprozess der Erwerbstätigen an veränderte Qualifikationsanforderungen, vor allem im Zuge der digitalen Transformation. Die berufliche Weiterbildung gilt dabei ebenso als Schlüssel zur Förderung gesellschaftlicher Teilhabe wie als Instrument zur Stärkung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit, zur Verwirklichung von Chancengleichheit und zur Bewältigung des demographischen Wandels. Die Anerkennung entsprechend erworbener (nicht-formaler) Qualifikationen fördert die individuelle berufliche Mobilität und kann aus Sicht von Unternehmen die Besetzung von Stellen erleichtern (Tamm 2018, Görlitz und Tamm 2015).

Es überrascht nicht sehr, dass Hessen mit einer Weiterbildungsteilnahme von 17,8 % der Erwerbspersonen (2018) den Bundesdurchschnitt (16,4 %) übertrifft und im Ländervergleich erneut einen der vorderen Plätze (Rang 4) belegt (s. Abb. 6 auf der folgenden Seite). Offensichtlich lässt sich auf der Ebene der Bundesländer anhand verschiedener Indikatoren belegen, dass die hessische Arbeitswelt bei der Anpassung an den digitalen Wandel weit fortgeschritten ist und durch vergleichsweise hohe Bildungsinvestitionen unterstützt wird, wobei sich die Anpassungsfähigkeit auch in einer hohen Weiterbildungsbereitschaft äußert.

**Abb. 6: Anteil der Erwerbspersonen, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an einer beruflichen Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen haben**  
in %, 2018



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben des BMBF (2020).

Zusammenfassend ist die Ausgangslage zur Bewältigung kommender digitaler Herausforderungen in Hessen sehr gut, denn die hessische Arbeitswelt ist gekennzeichnet durch

- einen relativ geringen Anteil an Berufstätigen in Segmenten mit hoher Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit,
- ein hohes Lohnniveau,
- ein überdurchschnittliches Beschäftigungswachstum,
- hohe Bildungsinvestitionen und
- eine hohe Weiterbildungsbereitschaft der Erwerbstätigen.

Als Flächenland weist Hessen jedoch starke regionale Differenzierungen innerhalb des Landesterritoriums auf, etwa zwischen den urbanen Ballungskernen des Rhein-Main-Gebiets im Süden und den peripheren Regionen in der Mitte und insbesondere im Norden des Bundeslands. Auch innerhalb des urbanisierten hessischen Südens liegen erhebliche Unterschiede der wirtschaftlichen Schwerpunkte und der Bevölkerungsstruktur vor, etwa zwischen Darmstadt, Frankfurt, Wiesbaden und Offenbach. Ebenso dürften sich die Anpassungsfortschritte an den digitalen Wandel nach Branchen unterscheiden. Der folgende Teilabschnitt 3.2 nimmt die regionale Differenzierung innerhalb von Hessen in den Fokus, Abschnitt 4 befasst sich mit relevanten Branchenschwerpunkten.

### 3.2 Regionale Unterschiede in Hessen

Die folgende Analyse der regionalen Unterschiede im Anpassungsprozess an die Digitalisierung greift auf verschiedene Datenquellen zurück, wobei die von der Bundesagentur für Arbeit zur Verfügung gestellten Regionalreporte auf der Ebene der Kreise und kreisfreien Städte die Hauptquelle darstellen. Sie geben wie erläutert Aufschluss über Beschäftigte nach Berufshauptgruppen und Wirtschaftszweigen. Damit wird der regionale Bestand an Beschäftigungsverhältnissen nach Beruf, Tätigkeitstyp und Branche untersucht und es werden Substitutionswahrscheinlichkeiten wie in Dengler et al. (2014) geschätzt. Zentrale Vorarbeiten stellen entsprechende Analysen des IAB für Hessen (Bennewitz et al. 2016) und Weißler (2018) dar, die im folgenden Teilabschnitt aktualisiert werden.

Auswertungen des IAB (2019) zu Folge sind die Substituierbarkeitspotenziale der Beschäftigten innerhalb der Berufsgruppen zwischen den Ländern nicht gleichmäßig verteilt. Die IAB-Studie von Bennewitz et al. (2016) überträgt den von Dengler et al. (2014) entwickelten Ansatz zur Abschätzung von Substituierbarkeitswahrscheinlichkeiten auf die Ebene der hessischen Kreise und kreisfreien Städte. Die zugrunde liegende Expertendatenbank BERUFENET umfasst etwa 3.900 Einzelberufe, denen 8.000 berufliche Anforderungen gegenübergestellt werden. Dengler et al. (2014) haben jede Anforderung aus der Anforderungsmatrix danach beurteilt, ob sie aktuell von Computern ausgeführt werden könnte. Das Substituierbarkeitspotenzial wurde anhand der Anforderungsmatrix (Stand 2013) für alle Einzelberufe berechnet. Durch Berechnung der Beschäftigtenanteile in den Einzelberufen pro Kreis bzw. kreisfreier Stadt schätzen Bennewitz et al. (2016) für jede Berufshauptgruppe ein kreisspezifisches Substituierbarkeitspotenzial (Stand 30.06.2015). Weißler (2018) aktualisiert die Schätzung auf Basis des Datenstandes zum 31.12.2016.

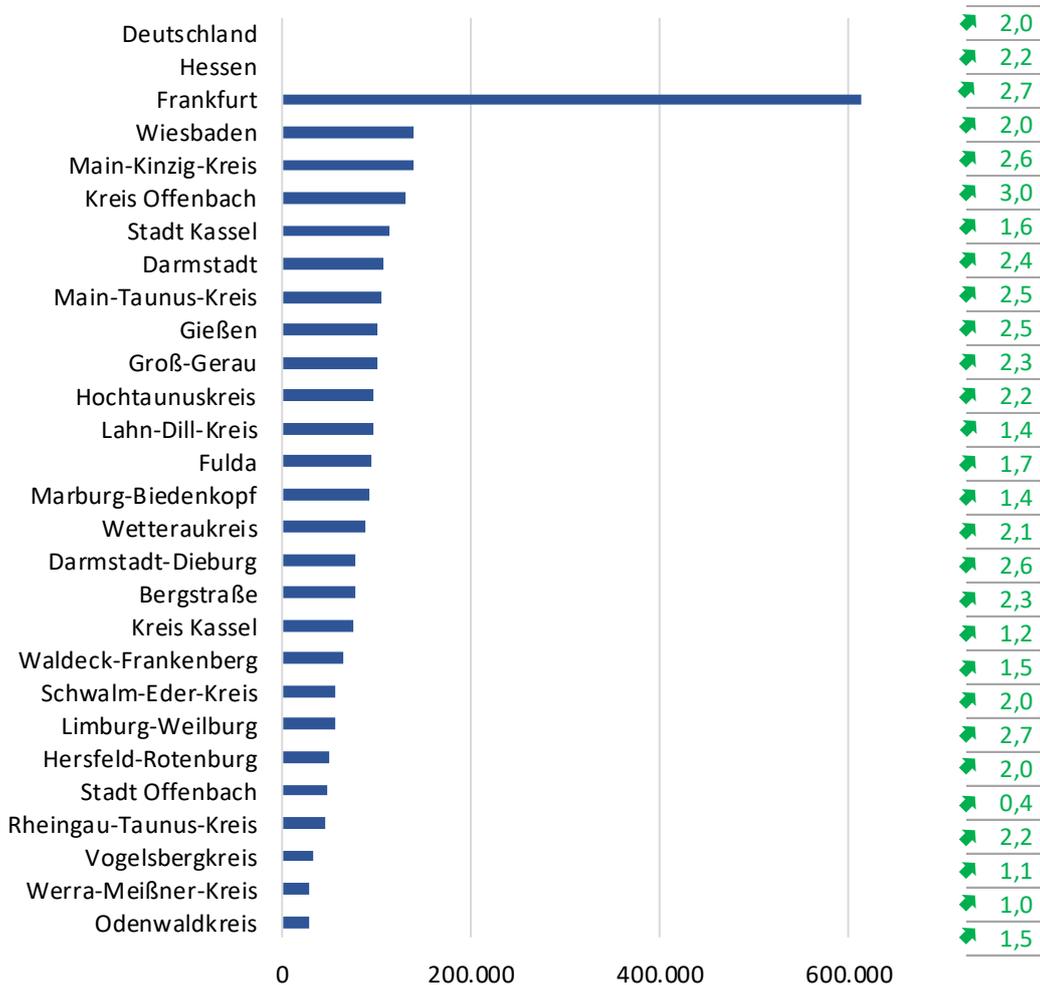
Nachfolgend soll unter anderem die Veränderung der Beschäftigtenanteile in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial gegenüber 2014 untersucht werden. Grundlage zur Schätzung der kreisspezifischen Potenziale stellen daher im Folgenden die Berechnungen von Bennewitz et al. (2016) dar, die zeitlich genauer das Ausgangsjahr abbilden. Veränderungen der kreisspezifischen Substituierbarkeitspotenziale gegenüber dem Ausgangsjahr 2014 ergeben sich durch seitdem eingetretene Änderungen der Beschäftigtenanteile der Berufshauptgruppen.

Im Folgenden wird unter Verwendung der kreisspezifischen Wahrscheinlichkeiten der Substituierbarkeit untersucht, welcher Anteil der Beschäftigten in den Kreisen und kreisfreien Städten zum Stand 31.3.2020 von einem hohen, mittleren und niedrigen Automatisierungspotenzial betroffen ist, wie diese Wahrscheinlichkeit aktuell in wichtigen Berufssegmenten zwischen den Kreisen variiert und mit welchen anderen Merkmalen der Kreise die Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit korreliert.

#### **Arbeitsplätze und Beschäftigungswachstum – Ballung in Frankfurt**

Betrachtet man zunächst die Verteilung der Arbeitsplätze innerhalb von Hessen, wird die erhebliche Dominanz von Frankfurt deutlich (s. Abb. 7 auf der folgenden Seite). Über 600.000 bzw. fast ein Viertel der 2,7 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Hessen arbeiten in Frankfurt. Sortiert man die Kreise zudem nach dem jahresdurchschnittlichen Beschäftigungswachstum im Zeitraum von 2015 bis 2020, ist in Bezug auf die regionale Verteilung der Arbeitsplätze innerhalb von Hessen keine Konvergenz, sondern eine weitere Agglomeration in Frankfurt festzustellen.

**Abb. 7: Beschäftigte am Arbeitsort und Beschäftigungswachstum 2015-2020**  
absolut (2020), in % pro Jahr



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020b). Absolute Zahlen für Deutschland und Hessen fehlen aus Gründen der Darstellbarkeit.

Unter den Kreisen und kreisfreien Städten verzeichnete Frankfurt (neben dem Kreis Limburg-Weilburg) den zweithöchsten Beschäftigungszuwachs (+2,7 %), übertroffen nur vom Kreis Offenbach (+3 %). Für Hessen insgesamt sowie Deutschland sind in der Abbildung nur die Wachstumsraten dargestellt, da die absoluten Beschäftigtenzahlen hier keine sinnvolle Vergleichsgrundlage mit der Kreisebene darstellen. Vergleicht man jedoch die Wachstumsraten der Kreise mit denen des Landes bzw. des Bundes, stellt man u.a. eine erhebliche Differenzierung innerhalb des hessischen Großstädte-Systems fest.

Wie erläutert weist Frankfurt nicht nur die höchste Agglomeration von Beschäftigten auf, sondern auch das stärkste Beschäftigungswachstum, welches den hessischen bzw. bundesweiten Durchschnittswert (ca. +2 %) deutlich übersteigt. Über dem Bundesdurchschnitt liegt die Wachstumsrate ansonsten unter den kreisfreien Städten nur in Darmstadt (+2,4 %). Wiesbaden liegt mit +2 % beim Bundesdurchschnitt, Kassel mit +1,5 % bereits deutlich darunter. Offenbach bildet mit +0,4 % das Schlusslicht der hessischen Kreise und kreisfreien Städte. In Bezug auf das Beschäftigungswachstum ist daher nicht allein eine Stadt-Land-Differenzierung festzustellen, denn die großstädtischen Ballungkerne bilden die Bandbreite des Wachstumsspektrums weitgehend ab, d.h. sie repräsentieren die wachstumsstärksten und wachstumsschwächsten Standorte.

Neben der Differenzierung innerhalb des Städtesystems, in dem Frankfurt und Darmstadt als besonders wachstumsstark hervortreten, ist allerdings zusätzlich eine Differenzierung innerhalb des Ballungsraums festzustellen. So ist der Kreis Offenbach besonders wachstumsstark, die Stadt Offenbach dagegen eher wachstumsschwach. Landkreise mit – im Vergleich zu Hessen bzw. dem Bund insgesamt – unterdurchschnittlichem Beschäftigungswachstum liegen eher nördlich der Rhein-Main-Region (Werra-Meißner-Kreis, Vogelsbergkreis, Kreis Kassel, Lahn-Dill-Kreis, Waldeck-Frankenberg, Fulda). Eine Ausnahme mit ebenfalls schwachem Wachstum im Süden Hessens stellt der Odenwaldkreis dar.

Im Wesentlichen lässt sich am Beispiel des Beschäftigungswachstums in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts eine regionale Differenzierung zwischen dem wachstumsstarken (weiteren) Rhein-Main-Ballungsraum und den peripheren Regionen im Norden und Süden (Odenwaldkreis) sowie ein Süd-Nord-Gefälle mit überwiegend höherem Wachstum im Süden sowie außerdem eine kleinräumige Differenzierung innerhalb des Rhein-Main-Ballungskerns mit überwiegend starkem Wachstum, aber Wachstumsschwäche in Offenbach, feststellen.

### **Regionale Wertschöpfung – hohe Produktivität in der Rhein-Main-Region**

Ein zentraler Indikator der regionalökonomischen Prosperität ist das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Die jüngsten Daten liegen für das Jahr 2017 vor.<sup>9</sup> Das BIP je Erwerbstätigen (am Arbeitsort) ist vor allem ein Maß der Arbeitsproduktivität. Es fällt in Hessen erwartungsgemäß mit fast 82.000 € deutlich höher aus als in Deutschland insgesamt (74.000 €). Über dem hessischen Durchschnitt liegen ausschließlich Kreise der Rhein-Main-Region, mit dem Main-Taunus-Kreis (101.190 €) an der Spitze, gefolgt von Frankfurt, dem Kreis Groß-Gerau, Wiesbaden, dem Kreis Offenbach, der Stadt Darmstadt und dem Hochtaunuskreis (s. Abb. 8 auf der folgenden Seite).

Die Bevölkerungsentwicklung ist auf der regionalen Ebene seit 2015 sehr stark von der starken Zuwanderung aus dem Ausland beeinflusst worden. Das in Folge des demographischen Wandels vormals zum Teil schwache bzw. sogar rückläufige Wachstum wurde hierdurch insbesondere in den Ballungsräumen in eine zumindest vorübergehende Wachstumsphase überführt. Ein Bevölkerungswachstum verzeichnen somit alle kreisfreien Städte. Im Vergleich zu Hessen nahm die Bevölkerung außerdem überdurchschnittlich in mehreren Kreisen zu, die teilweise innerhalb der Rhein-Main-Region (Main-Taunus-Kreis, Kreis Offenbach) bzw. in deren näherem oder weiteren Randbereich (Kreis Groß-Gerau, Wetteraukreis, Main-Kinzig-Kreis) bzw. außerhalb (Gießen) liegen. Mit +5,3 % weist die Stadt Offenbach ein stark überdurchschnittliches Bevölkerungswachstum auf. Es liegt nahe, dass Offenbach in diesem Zeitraum einen starken Zuzug, insbesondere aus dem Ausland, verzeichnete.

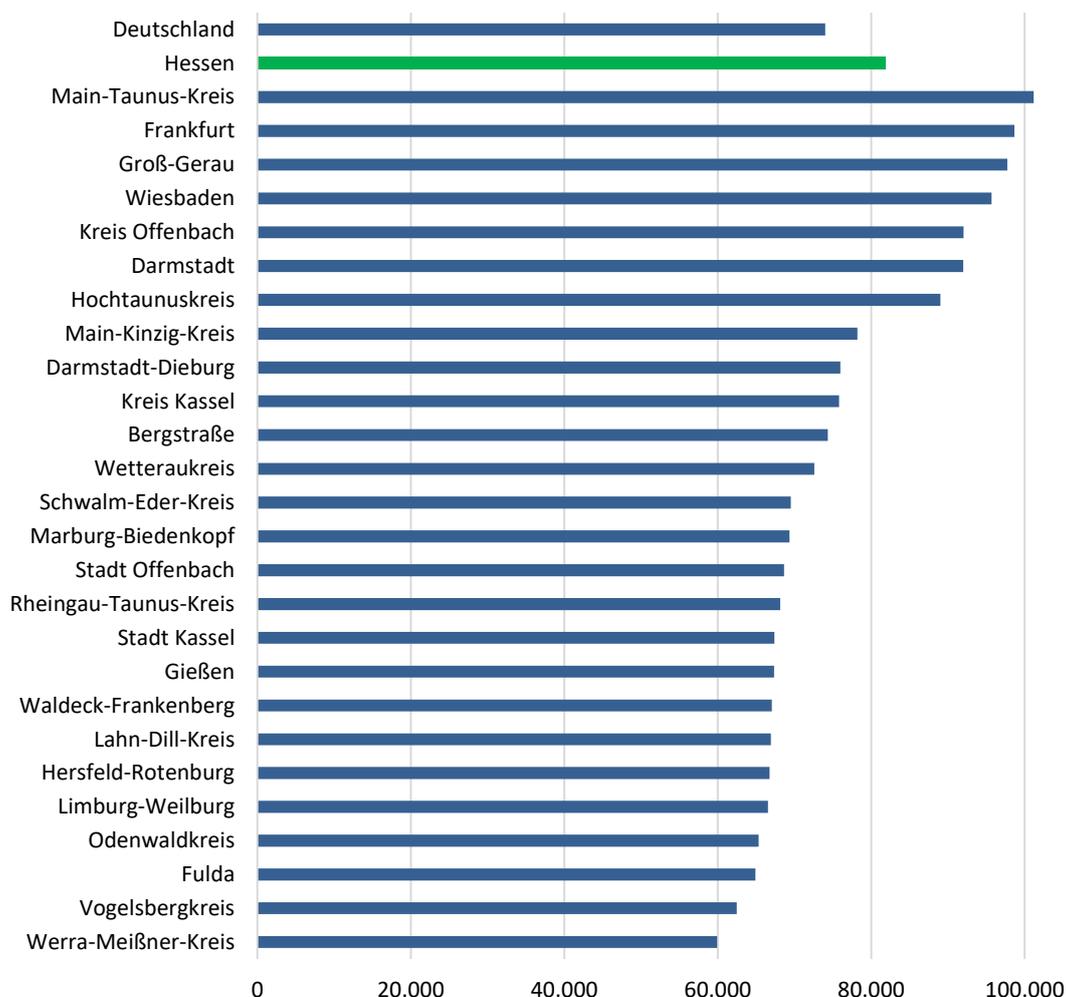
Hohe Arbeitslosigkeit ist vor allem ein städtisches Phänomen. So liegen in Hessen unter den Kreisen und kreisfreien Städten die kreisfreien Städte an der Spitze der Rangfolge hinsichtlich der Arbeitslosenquoten, geführt mit Abstand von Offenbach (8,6 %), vor Kassel (7,3 %) und Wiesbaden (6,3 %).

Die Analyse ausgewählter allgemeiner Regionalindikatoren liefert Aufschluss über die regionalen Rahmenbedingungen des digitalen Wandels in Hessen. So wird die starke Differenzierung zwi-

<sup>9</sup> Die etwas geringere Aktualität im Vergleich zu den anderen in dieser Studie verwendeten Indikatoren ist – obwohl selbstverständlich ein aktueller Stand immer wünschenswert ist – für Zwecke des Regionalvergleichs kein größerer Nachteil, denn über wenige Jahre hinweg ändert sich zwar in der Regel angesichts des allgemeinen Wirtschaftswachstums das BIP in absoluter Höhe, jedoch weniger die relative Verteilung auf die Regionen.

schen dem Rhein-Main-Ballungsraum und den peripheren Regionen deutlich, wobei sich Beschäftigung, Wachstum, aber auch soziale Probleme im Kernraum konzentrieren. Um die Ausgangslage genauer beurteilen zu können, wird im Folgenden die regionale Verteilung wichtiger Branchenschwerpunkte betrachtet.

**Abb. 8: BIP je Erwerbstätigen**  
in €, 2017



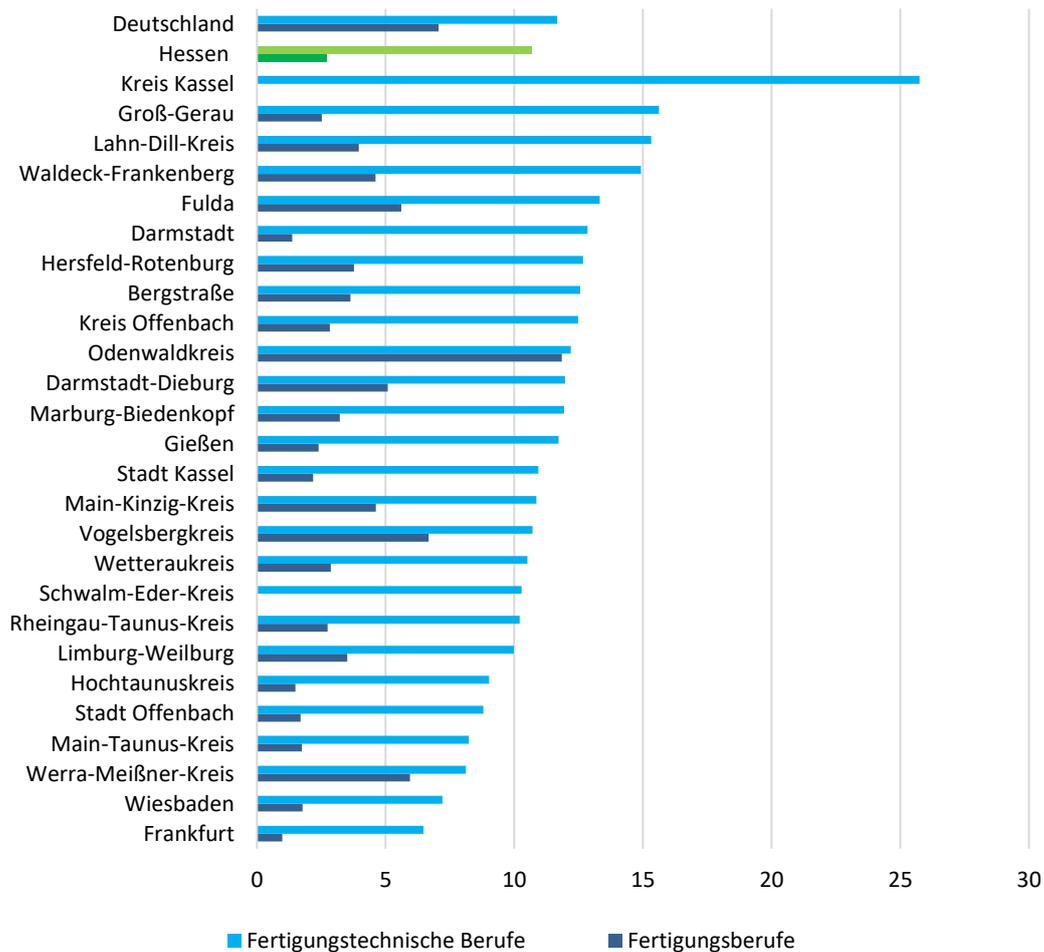
Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2020c).

Frankfurt ist als weitgehend tertiärisierter Wirtschaftsstandort gekennzeichnet, an dem nur noch 10 % der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe tätig sind (Bundesagentur für Arbeit 2020b). Beschäftigtenanteile von über 85 % (Main-Taunus-Kreis) bzw. über 80 % (Hochtaunuskreis) im Dienstleistungssektor belegen, dass auch die Landkreise im Kernraum der Rhein-Main-Region als „tertiärisiert“ bezeichnet werden können, d.h. dort findet kaum noch Produktion statt. Mit Ausnahme dieser beiden Kreise weisen dagegen alle anderen hessischen Kreise einen im Vergleich zum Landesdurchschnitt (23,7 % im März 2020) überdurchschnittlichen Beschäftigungsanteil im produzierenden Gewerbe auf, wobei die Produktionsanteile zwischen 24,0 % im Landkreis Gießen und 43,3 % im Kreis Kassel variieren. In Darmstadt liegt der Anteil der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe (24,7 %) über dem Landesdurchschnitt. Das bedeutet, Darmstadt unterscheidet sich unter anderem durch eine stärkere Bedeutung als Produktionsstandort deutlich von den anderen Großstädten in Hessen.

Eine wichtige Industriebranche, auf die insgesamt 10 % der SV-Beschäftigten in Hessen insgesamt und fast die Hälfte der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe entfällt, ist die Metall- und Elektroindustrie. Eine Branche dieses Industriebereichs, der Maschinenbau, ist Gegenstand einer der Fallstudien des 4. Abschnitts (s.u.). Betrachtet man zunächst die räumliche Verteilung des Industriesektors insgesamt, zeigt sich zunächst erwartungsgemäß ein unterdurchschnittlicher Besatz in den Großstädten der Rhein-Main-Region sowie im Main-Taunus- und Hochtaunuskreis, außerdem in Hersfeld-Rotenburg, im Wetteraukreis und im Kreis Fulda. In einigen Regionen (Kreis Kassel, Lahn-Dill-Kreis) entfällt (fast) ein Drittel der Beschäftigten auf die, Metall- und Elektroindustrie, die allerdings einen insgesamt sehr heterogenen Industriesektor darstellt.

Mit Bezug auf die Digitalisierung ist neben anderen Branchen der Bereich Information und Kommunikation (IuK) von besonderem Interesse, der vom diesbezüglichen technologischen Fortschritt besonders betroffen ist. In Hessen sind diese Branchen im Vergleich zu Deutschland insgesamt überdurchschnittlich (4 % gegenüber 3,5 % der Beschäftigten) vertreten. Eine besondere Agglomeration befindet sich in Darmstadt. Dort entfallen 10 % der Beschäftigten auf die IuK-Branche. Hohe Beschäftigtenanteile weisen ebenso der Main-Taunus-Kreis und der Hochtaunuskreis sowie Frankfurt auf. Während zu erwarten ist, dass IuK-Tätigkeiten eher in Ballungsräumen konzentriert sind, weisen die Städte Kassel und Offenbach gegenüber Hessen insgesamt unterdurchschnittliche Anteile an IuK-Beschäftigten auf.

**Abb. 9: Beschäftigtenanteile in Fertigungsberufen und fertigungstechnischen Berufen**  
in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020



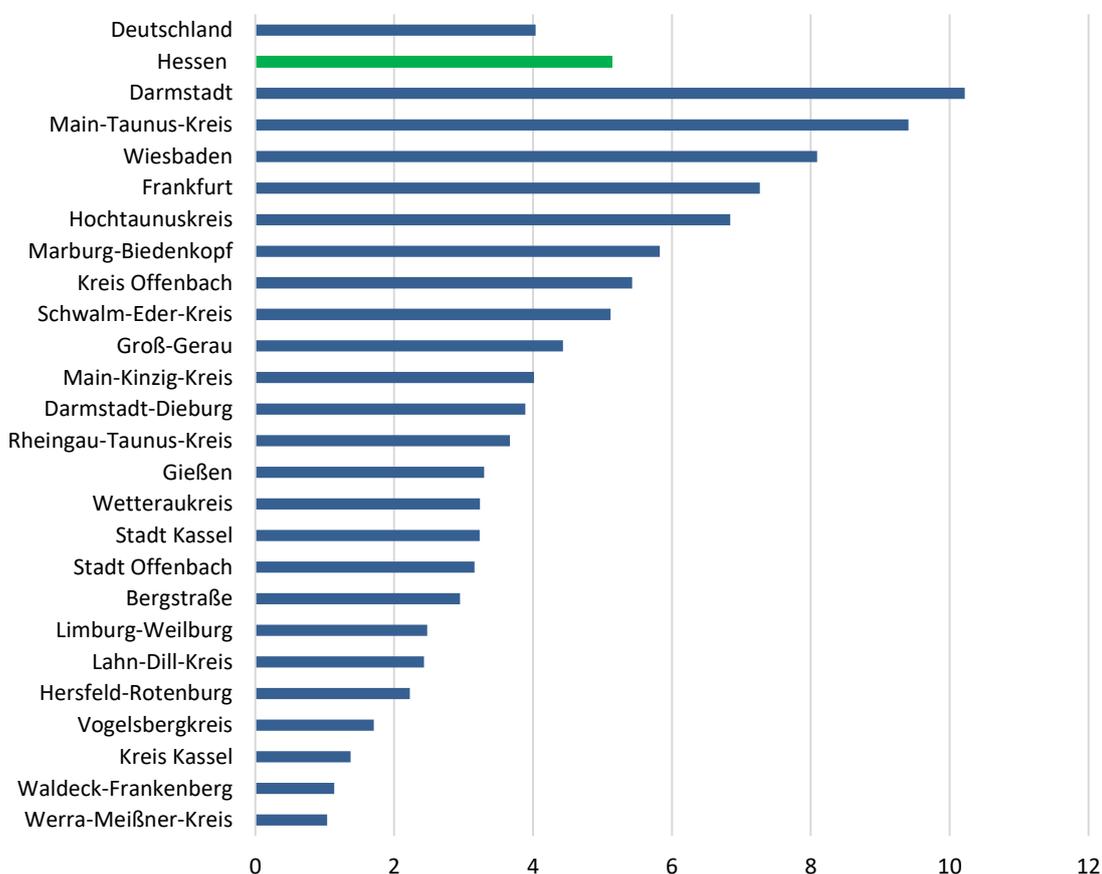
Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020b).

### Berufsgruppenstruktur und Substituierbarkeit – sehr starke regionale Unterschiede

Die besonders stark von Substituierung betroffenen Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufe (s.o.) sind in Hessen wie gesagt insgesamt unterrepräsentiert (s. Abb. 9 auf der vorigen Seite).

Auf die fertigungstechnischen Berufe entfallen in Hessen 10,7 %, auf die besonders substituierungsgefährdeten Fertigungsberufe nur 2,7 % der Beschäftigten (gegenüber 7,1 % im Bundesdurchschnitt). Mit einem überdurchschnittlichen Anteil der fertigungstechnischen (12,2 %) und einem weit überdurchschnittlichen Anteil der Fertigungsberufe (11,9 %) weist der Odenwaldkreis einen besonderen Schwerpunkt im Bereich dieser Berufstätigkeiten auf. Im Kreis Kassel übt mehr als ein Viertel aller Beschäftigten fertigungstechnische Berufe aus, für den Anteil an Fertigungsberufen standen dagegen für diesen Kreis keine aktuellen Daten zur Verfügung.

**Abb. 10: Beschäftigtenanteile in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen\***  
in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020b). – Anmerkungen: \*keine Angaben für den Odenwaldkreis und den Kreis Fulda.

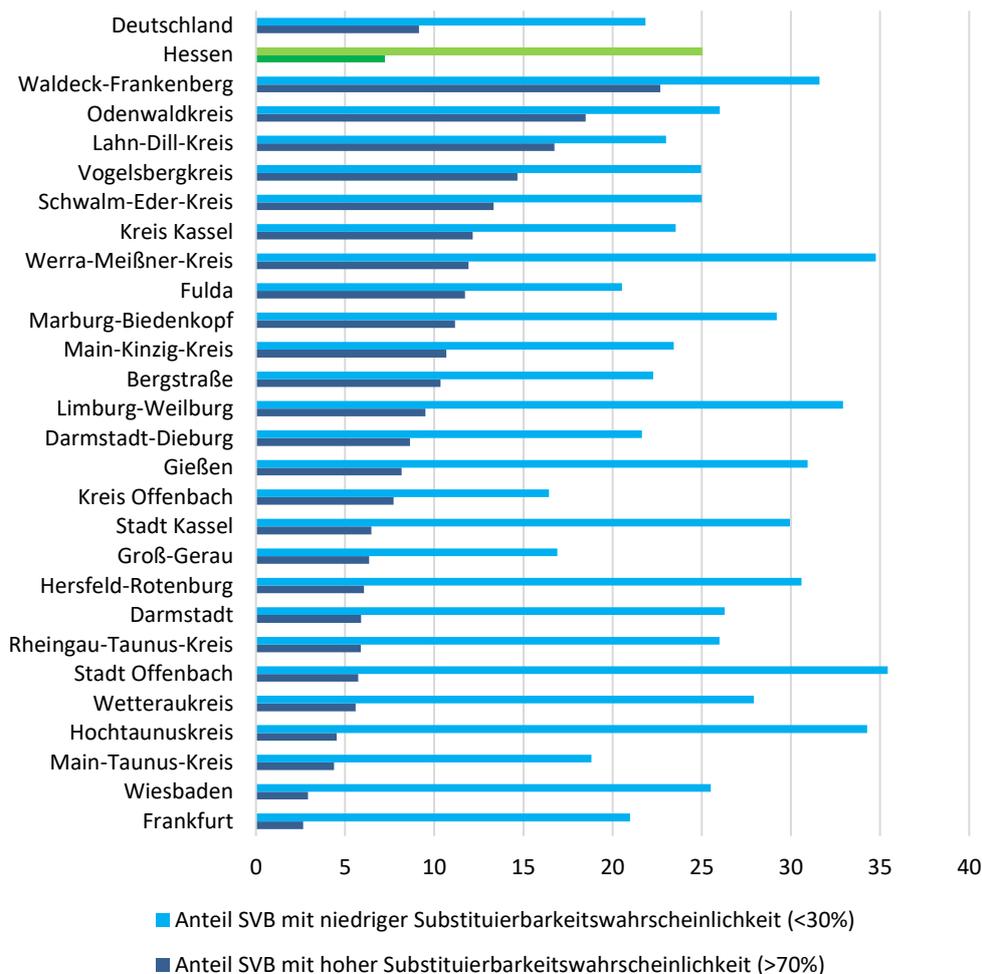
Fertigungsberufe sind außerdem im Vogelsbergkreis (6,7 %), im Werra-Meißner-Kreis sowie in den Kreisen Fulda (5,6 %) und Darmstadt-Dieburg (5,1 %) überrepräsentiert. Hohe Anteile an fertigungstechnischen Berufen (>15 %) weisen der Kreis Groß-Gerau und der Lahn-Dill-Kreis auf. Unter den Großstädten unterscheidet sich Darmstadt von den anderen Städten durch einen überdurchschnittlichen Anteil fertigungstechnischer Berufe (12,8 %) und auch die Stadt Kassel liegt mit 10,9 % knapp über dem hessischen Durchschnitt. Durch den Anteil an Fertigungs- und

fertigungstechnischen Berufen allein kann man noch nicht darauf schließen, dass alle Berufe aus diesen Tätigkeitsbereichen ein hohes Substituierungspotenzial aufweisen.

Für die von der Digitalisierung stark betroffene IuK-Branche besteht für Hessen aktuell ein im Vergleich Deutschland insgesamt überdurchschnittlicher Beschäftigtenanteil festgestellt worden (4 % gegenüber 3,5 %, s.o.). Der Anteil der IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe liegt in Hessen (5,1 %) ebenfalls über dem Bundesdurchschnitt (4 %, s. Abb. 10 auf der vorigen Seite). Die Betrachtung nach Berufssegmenten bestätigt die anhand der Branchenverteilung festgestellte außerordentliche Agglomeration in Darmstadt, gefolgt in geringem Abstand vom Main-Taunus-Kreis sowie Wiesbaden, Frankfurt und dem Hochtaunuskreis. Die Städte Offenbach und Kassel liegen wie bei der Branchenbetrachtung deutlich unter dem hessischen Durchschnitt. Hinsichtlich der IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe ist somit eine mit der IuK-Branche vergleichbare regionale Verteilung der Beschäftigten innerhalb Hessens zu beobachten. In anderen Branchen dürften dagegen weniger eindeutige Parallelen zu bestimmten Berufsgruppen vorliegen.

**Abb. 11: Beschäftigtenanteil in Berufen mit niedrigem und in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial**

in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020b).

Die Betrachtung der regionalen Verteilung ausgewählter Branchen- und Berufsgruppenschwerpunkte lässt erwarten, dass der Anteil von Beschäftigten mit hoher Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit innerhalb von Hessen stark variiert und dass geringe Anteile im Ballungskern der Rhein-Main-Region anzutreffen sind. In allen kreisfreien Städten liegt der Anteil der Beschäftigten mit hoher Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit (>70 %) unter dem hessischen Durchschnitt (7,2 %), der Anteil mit niedriger Wahrscheinlichkeit (<30 %) liegt dagegen nicht in allen Städten über, sondern in Frankfurt unter dem Durchschnitt (s. Abb. 11 auf der vorigen Seite).

Generell zeigt die Gegenüberstellung von hoher und niedriger Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit keine genau gegenläufige Verteilung. So liegen in den beiden Kreisen mit dem höchsten Anteil der Beschäftigten mit hohem Substituierungspotenzial, d.h. im Kreis Waldeck-Frankenberg und im Odenwaldkreis, auch die Anteile der Beschäftigten mit niedrigem Potenzial über dem hessischen Durchschnitt. D.h. die Berufsgruppenstruktur ist in diesen peripheren Regionen ausgeprägter zwischen stark und voraussichtlich wenig betroffenen Beschäftigten polarisiert als etwa in den stärker diversifizierten Arbeitsmärkten von Frankfurt oder des Main-Taunus-Kreises, wo sowohl die besonders stark als auch die kaum Betroffenen weniger dominieren.

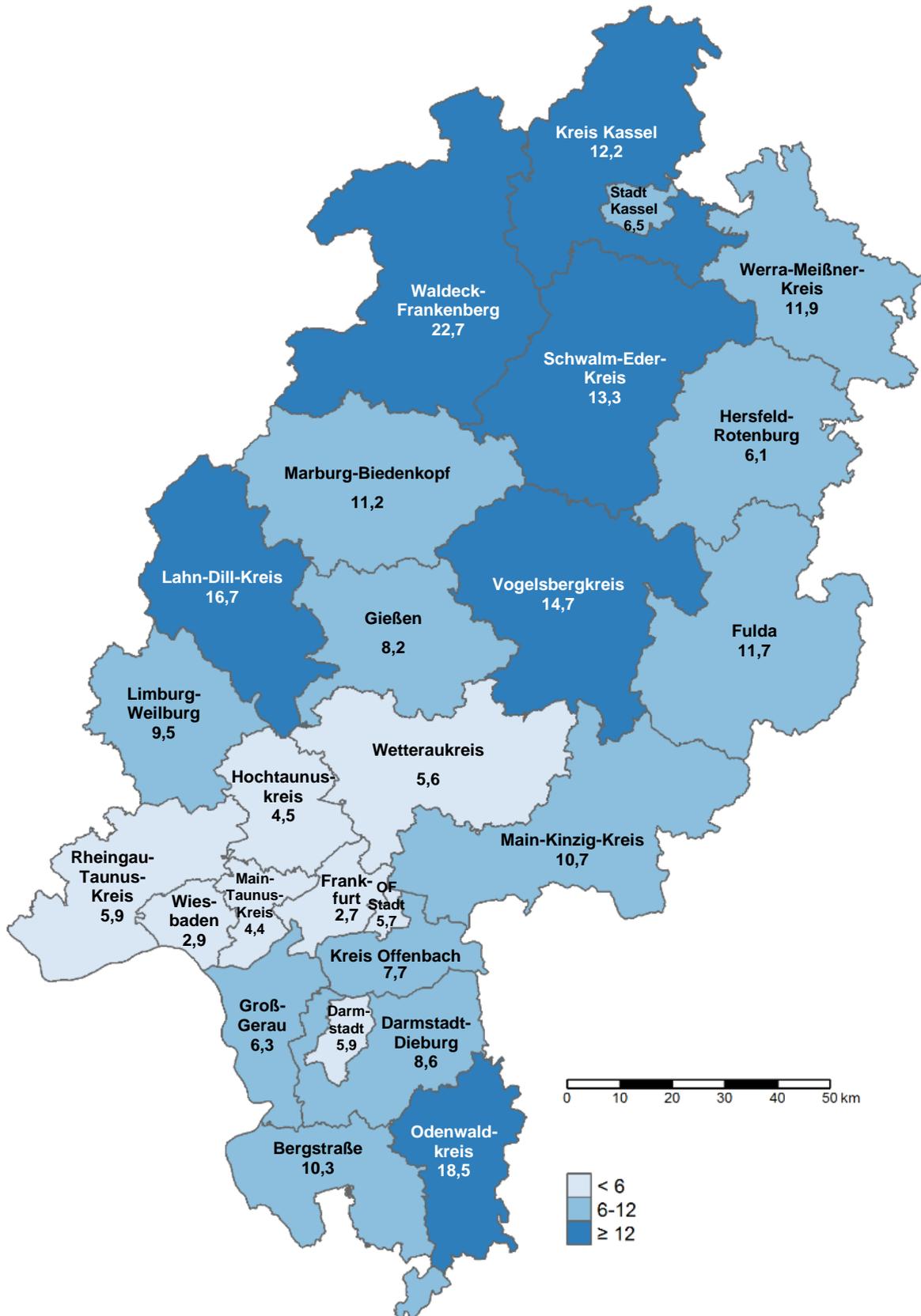
Die kartographische Darstellung der regionalen Verteilung der Beschäftigten mit hoher Substituierbarkeit zeigt eine Zone mit geringen Beschäftigtenanteilen innerhalb des Kerns des Rhein-Main-Ballungsraums zwischen dem Rheingau-Taunus-Kreis im Westen und dem Wetteraukreis im Osten, zu der außerdem Darmstadt gehört (s. Abb. 12 auf der folgenden Seite).

Auch der Kreis Groß-Gerau liegt mit einer Quote von 6,3 % unter dem aktuellen hessischen Durchschnittswert von 7,2 %. Die Stadt Kassel sowie der Kreis Hersfeld-Rotenburg sind ebenfalls unterdurchschnittlich betroffen und weisen jeweils gleichzeitig überdurchschnittliche Anteile von gering betroffenen Beschäftigten auf (s.o.). Mit Ausnahme des Odenwaldkreises, dessen Beschäftigte wie erläutert in hohem Maße substituierungsgefährdet sind, bilden das Osthessische Bergland in der Grenzregion zu Bayern und Thüringen sowie der Südhessische Rheingraben an den Grenzen zu Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz eine Zone, in der das Potenzial zwar über dem hessischen Durchschnitt liegt, d.h. höher ist als im Rhein-Main-Kernraum, aber deutlich niedriger ist als in Teilen der Randzone zu Nordrhein-Westfalen bzw. zum Westerwald und Rothaargebirge (Lahn-Dill-Kreis) sowie im nordhessischen Bergland (Kreis Waldeck-Frankenberg).

In den „Binnenkreisen“ Vogelsbergkreis und Schwalm-Eder-Kreis, d.h. rund um den Vogelsberg sowie in der vom West- und Osthessischen Bergland sowie der Hessischen Senke gebildeten Mittelgebirgslandschaft, liegen die Substituierungspotenziale deutlich über dem hessischen Durchschnittswert.

Kreise mit hohem Substituierungspotenzial wie der Lahn-Dill-Kreis, der Odenwaldkreis und der Kreis Waldeck-Frankenberg weisen ein geringes Beschäftigungswachstum, hohe Anteile an Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen sowie geringe Anteile an Dienstleistungsberufen generell und an Berufen wie den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungen auf, die zwar selbst stark vom digitalen Wandel betroffen sind, sich die damit verbundenen Chancen und Effizienzgewinne aber eher zu Nutzen machen können.

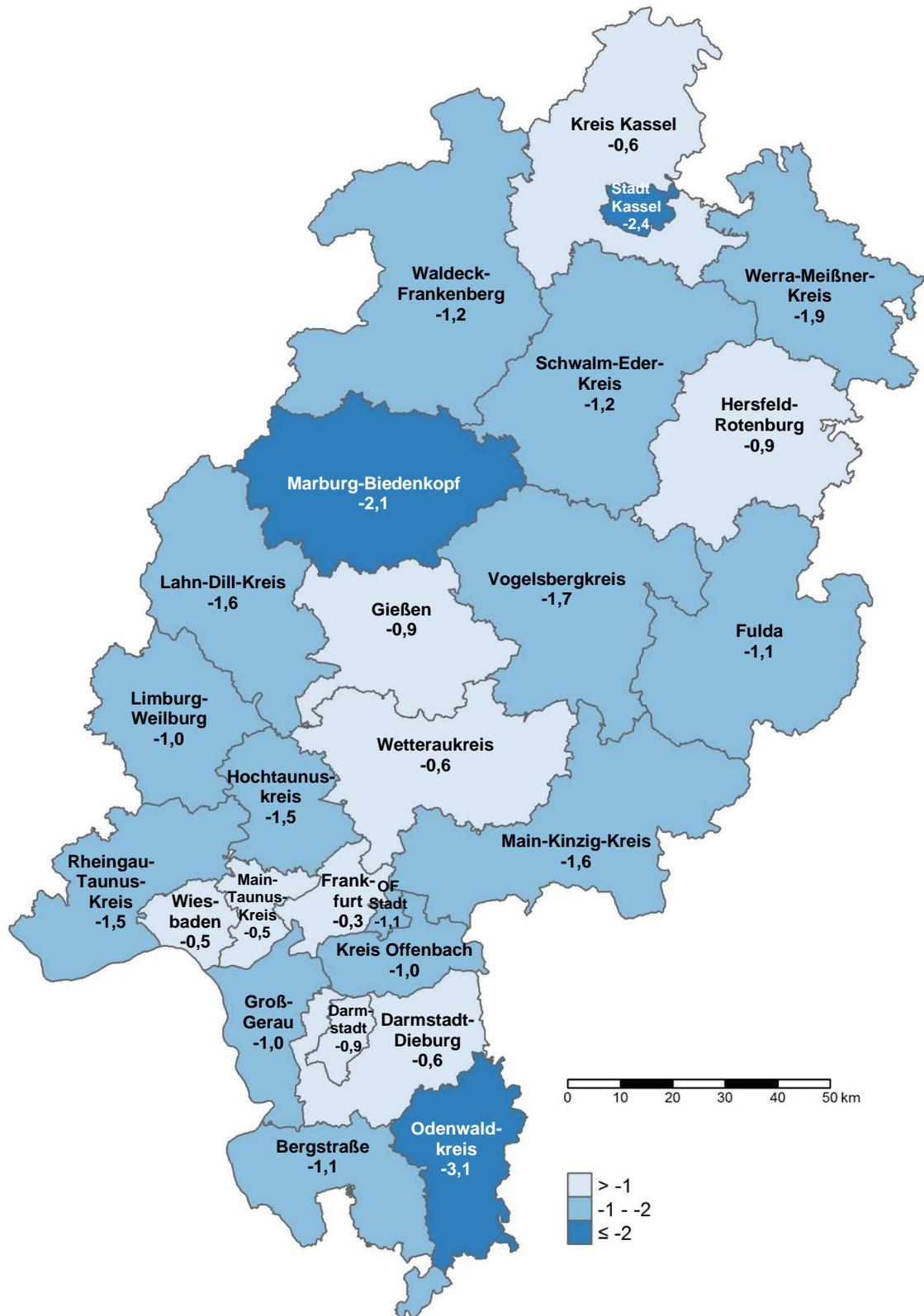
**Abb. 12: Beschäftigtenanteil in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial in % an der Gesamtbeschäftigung, 2020**



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020b).

Abb. 13: Veränderung des Beschäftigtenanteils in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial

in Prozentpunkten, 2014-2020



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020b).

Untersucht man die Veränderung des Anteils substituierungsgefährdeter Beschäftigter, ist festzustellen, dass der Anteil der Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial, so wie es durch die IAB-Analyse von Bennewitz et al. (2016) für die Berufshauptgruppen berechnet wurde, in Deutschland insgesamt, in Hessen sowie in allen Kreisen und kreisfreien Städten seit 2014 zurückgegangen ist. Somit hat sich gezeigt, dass in den als stark substituierbar eingestuften Berufen tatsächlich ein allgemeiner Beschäftigungsrückgang eingetreten ist, während Deutschland insgesamt im Zeitraum von 2015 bis 2020 ein Beschäftigungswachstum von insgesamt 10 %, Hessen sogar von 11 % verzeichnete (s.o.). In Deutschland insgesamt sowie in Hessen ist der Beschäftigtenanteil mit hohem Potenzial seit 2014 um etwa einen Prozentpunkt zurückgegangen. Auf der Kreisebene variiert der Rückgang zwischen -0,3 Prozentpunkten in Frankfurt und -3,1 Punkten im Odenwaldkreis (s. Abb. 13 auf der vorigen Seite). Es überrascht nicht, dass der Rückgang des Beschäftigtenteils mit hohem Potenzial in Prozentpunkten vor allem dort hoch ist, wo auch der Anteil in Prozent besonders hoch ist, d.h. eher in den Kreisen in Randlage bzw. in den „Binnenkreisen“ mit hohem Verdrängungspotenzial.

In der Stadt Kassel ist ein überdurchschnittlicher Rückgang (-2,5 Prozentpunkten) zu verzeichnen, obwohl der Beschäftigtenanteil mit hohem Potenzial bereits relativ niedrig ist bzw. 2014 schon war. Im Kreis Kassel, der einen überdurchschnittlichen Anteil von Beschäftigten mit hohem Potenzial aufweist, war der Rückgang dagegen weniger stark (-0,6 Prozentpunkten). Die Beschäftigungsentwicklung der vergangenen Jahre verdeutlicht somit, dass die Einschätzung des Substituierbarkeitspotenzials ernst zu nehmen ist, denn ganz offensichtlich geht die Beschäftigung in den entsprechend klassifizierten Berufen allgemein zurück, auch wenn die Umsetzung der Substituierungspotenziale auf der regionalen Ebene unterschiedlich schnell verläuft.

#### **Welche Merkmale der Regionen korrelieren mit der Substituierbarkeit?**

Wie bereits das entsprechende Schaubild verdeutlichte, besteht auf der Ebene der Kreise und kreisfreien Städten keine (negative) statistische Korrelation zwischen dem Anteil der Beschäftigten mit hohem (>70 %) und dem Anteil mit niedrigem Substituierbarkeitspotenzial (<30 %) (s. Tab. 1 auf der folgenden Seite). Ein hoher Anteil der einen Gruppe trifft nicht in allen Fällen mit einem niedrigen Anteil der anderen Gruppe überein. Vielmehr stehen stärker polarisierte regionale Arbeitsmärkte mit hohen Anteilen beider Gruppen weniger polarisierten mit geringen Anteilen beider Gruppen gegenüber (wobei letztere vor allem die urbanisierten Arbeitswelten des Rhein-Main-Ballungskerns kennzeichnen). Ein hohes Substituierbarkeitspotenzial kennzeichnet dagegen die Arbeitswelt der Kreise, in denen noch ein hoher Beschäftigtenanteil auf das produzierende Gewerbe entfällt. Auf der Ebene der Kreise korreliert die so skizzierte Branchenstruktur stärker mit dem Substituierbarkeitspotenzial als der Beschäftigtenanteil in bestimmten Berufsgruppen, z.B. dem Anteil in fertigungstechnischen Berufen.

Eine negative Korrelation besteht zwischen dem heutigen Anteil von Beschäftigten mit hohem Substituierungspotenzial und der Beschäftigungsentwicklung seit 2015. Offensichtlich waren Kreise mit hohem Potenzial in den vergangenen Jahren von einem unterdurchschnittlichen Wachstum gekennzeichnet. Es ist somit davon auszugehen, dass in den betroffenen Kreisen auch in den kommenden Jahren ein schwächeres Wachstum, verbunden mit einem Arbeitsplatzabbau in substituierbaren Tätigkeiten, eintreten wird. Während die Kreise mit hohem Substituierungspotenzial oftmals einen hohen Anteil der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe aufweisen, sind die dort in der Produktion gezahlten Löhne eher unterdurchschnittlich. Gleichzeitig verzeichnen diese Kreise ein unterdurchschnittliches Bevölkerungswachstum bzw. Bevölkerungsverluste. Während innerhalb des Rhein-Main-Ballungsraums intensive Pendelverflechtungen über die Stadt- und Kreisgrenzen – sowohl innerhalb des Ballungskerns als auch zwischen Ballungskern

und Kreisen das näheren Umlands (Bachmann 2020, Budde 2018) – bestehen, profitieren die weiter entfernt gelegenen Kreise weniger von einer Funktion als „Schlafstandorte“ für Arbeitskräfte des Ballungsraums.

**Tab. 1: Häufigkeitsverteilung ausgewählter Merkmale der regionalen Arbeitswelt auf der Kreisebene und Korrelation mit dem Substituierbarkeitspotenzial**

Merkmal	Mittelwert	Min.	Max.	Korrelation mit Substituierbarkeitspotenzial*
Hohe Substituierbarkeit <sup>1</sup>	9,4	2,7	22,7	-
Niedrige Substituierbarkeit <sup>1</sup>	26,1	16,4	35,4	n.s.
Beschäftigte Produz. Gewerbe	28,1	10,2	43,3	0,83***
Beschäftigte Fertigungst. Berufe <sup>1</sup>	11,8	6,5	25,8	n.s.
Beschäftigte IT- u. nw. Dienstl. <sup>1</sup>	4,4	1,1	10,2	n.s.
Beschäftigungswachstum <sup>2</sup>	2,0	0,4	3,0	-0,43**
Geringfügig Beschäftigte <sup>1</sup>	20,3	11,5	30,1	n.s.
BIP je Erwerbstätigen <sup>3</sup>	75.907	59.922	101.190	n.s.
Haushaltseinkommen <sup>3</sup>	22.851	18.023	33.827	n.s.
Löhne Produzierendes Gewerbe <sup>4</sup>	51.370	37.072	69.782	-0,48**
Arbeitslosenquote <sup>5</sup>	4,4	2,7	8,6	n.s.
Bevölkerungswachstum <sup>6</sup>	1,4	-1,5	5,3	-0,67**

Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a), der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2021, 2020a, b, c) und des Hessischen Statistischen Landesamts (2021). – Anmerkungen: 26 Beobachtungen (Kreise); \*Anteil der Beschäftigten (2020) mit hohem Substituierbarkeitspotenzial (>70 %); der Korrelationskoeffizient misst Stärke und Richtung der linearen Beziehung zwischen zwei Variablen; er kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen; je näher der Wert bei +1 bzw. -1 liegt, desto höher der lineare Zusammenhang; wenn beide Variablen auf der Ebene der Kreise jeweils gemeinsam hohe oder niedrige Werte annehmen, ist der Koeffizient positiv, wenn eine Variable tendenziell ansteigt, während die andere abfällt, ist der Korrelationskoeffizient negativ; je näher der Wert des Koeffizienten bei 0 liegt, desto geringer ist der lineare Zusammenhang, d.h. es liegt kein Zusammentreffen von hohen oder niedrigen Werten der beiden Variablen vor; \*\*/\*\*: Irrtumswahrscheinlichkeit <1/5 %, d.h. das Risiko, dass tatsächlich keine Korrelation vorliegt (etwa weil aufgrund einer zu geringen Zahl an Beobachtungen auf eine Korrelation geschlossen wird), liegt bei unter 1% bzw. unter 5 %; Fertigungst. = Fertigungstechnische; n.s. = nicht signifikant bzw. Irrtumswahrscheinlichkeit größer oder gleich 5 %; nw Dienstl. = naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe; <sup>1</sup>in %, 2020; <sup>2</sup>in % pro Jahr, 2015-2020; <sup>3</sup>in € (log), 2017; <sup>4</sup>in € (log), 2019; <sup>5</sup>in %, 2019, <sup>6</sup>in %, 2015-2019.

Innerhalb von Hessen ist insgesamt eine fortlaufende Agglomeration von Arbeitsplätzen mit hohem Anteil von Nicht-Routinetätigkeiten, hohen Verdiensten und verhältnismäßig geringer weiterer Automatisierbarkeit im Ballungskernraum der Rhein-Main-Region festzustellen. In den peripheren Regionen, insbesondere im Nord- und Westhessischen Bergland an den Grenzen zu NRW und Niedersachsen sowie im Odenwaldkreis, ist dagegen eher eine wirtschaftliche Schwerpunktlegung auf Branchen bzw. berufliche Tätigkeiten festzustellen, die in den kommenden Jahren weiterhin von Automatisierung betroffen sein dürften.

Aus dieser Feststellung ist keinesfalls abzuleiten, dass die peripheren Regionen dem Ballungskernraum nacheifern und versuchen sollten, dessen wirtschaftliche Standortmerkmale zu kopieren, um auf diese Weise besser die anstehenden Herausforderungen durch die Digitalisierung bewältigen zu können. Ebenso wäre die Schlussfolgerungen verfehlt, für die Mittelgebirgsregionen wäre gar keine Intensivierung der Digitalisierung anzustreben, weil dort gar keine Chance darauf bestehen würde, den entsprechenden Wandel ohne massive Verluste von Arbeitsplätzen zu überstehen.

Wie im folgenden Kapitel 4 anhand ausgewählter Branchen erläutert wird, kann der entsprechende Wandel in den peripheren Regionen nur gelingen, wenn Regionalpolitik und Unternehmen gemeinsam auf das Ziel hinwirken, gerade auch in mittelständisch geprägten Branchen verstärkt auf digitale Produktions- und Produktionssteuerungstechniken zu setzen. Weil mit der Au-

tomatisierung zwar einerseits berufliche Tätigkeiten durch den Einsatz von Computertechnik ersetzt werden, andererseits aber neue Aufgaben hinzukommen, ist die Sorge vor Arbeitsplatzverlusten in den peripheren Regionen bei proaktiver Gestaltung der Digitalisierung weniger angebracht. Sollten sich Politik und Unternehmen in den Mittelgebirgsregionen jedoch die mit dem technischen Fortschritt einhergehenden Produktivitätsfortschritte nicht zu Nutze machen, sind Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätze gefährdet.

Im hessischen Städtesystem ist eine sehr deutliche Differenzierung zwischen den prosperierenden Dienstleistungszentren Frankfurt und Wiesbaden, der durch schwaches Wirtschaftswachstum aber hohen Bevölkerungszuwachs und vergleichsweise hohe Arbeitslosigkeit gekennzeichneten Stadt Offenbach, dem wirtschaftsstarken IT- und Wissenschaftsstandort Darmstadt und dem aus hessischer Sicht unterdurchschnittlich wirtschaftskräftigen, nordhessischen Standort Kassel festzustellen.

Tab. 2 stellt abschließend für jeden Kreis den Anteil der Beschäftigten mit hoher Substituierbarkeit sowie die Werte der mit dem Substituierungspotenzial korrelierten Merkmale Beschäftigtenanteil im Produzierenden Gewerbe, Beschäftigungswachstum 2015-2020, Bruttojahreslöhne im produzierenden Gewerbe und Bevölkerungswachstum 2015-2019 dar.

**Tab. 2: Merkmale der Positionierung der Kreise und kreisfreien Städte im digitalen Wandel**

Merkmal	Substituierbar* <sup>1</sup>	Produz. Gew. <sup>1</sup>	SVB-Wachst. <sup>2</sup>	Löhne <sup>3</sup>	Bev.-wachst. <sup>4</sup>
Darmstadt	5,9	<b>24,7</b>	<b>2,4</b>	<b>66.325</b>	<b>2,9</b>
Frankfurt	2,7	10,2	<b>2,7</b>	<b>69.783</b>	<b>4,2</b>
Offenbach	5,7	19,6	0,4	<b>62.699</b>	<b>5,3</b>
Wiesbaden	2,9	15,6	2,0	<b>64.613</b>	0,8
Bergstraße	<b>10,3</b>	<b>31,5</b>	<b>2,3</b>	46.005	1,3
Darmstadt-Dieburg	<b>8,6</b>	<b>31,3</b>	<b>2,6</b>	52.256	1,7
Groß-Gerau	6,3	<b>29,0</b>	<b>2,3</b>	<b>65.814</b>	<b>3,6</b>
Hochtaunuskreis	4,5	19,2	2,2	<b>59.127</b>	1,5
Main-Kinzig-Kreis	<b>10,7</b>	<b>32,9</b>	<b>2,6</b>	53.092	<b>2,1</b>
Main-Taunus-Kreis	4,4	14,6	<b>2,5</b>	<b>55.078</b>	<b>2,5</b>
Odenwaldkreis	<b>18,5</b>	<b>39,6</b>	1,5	45.427	-0,3
Kreis Offenbach	<b>7,7</b>	<b>24,3</b>	<b>3,0</b>	48.693	<b>2,4</b>
Rheingau-Taunus-Kreis	5,9	<b>26,1</b>	2,2	46.106	1,7
Wetteraukreis	5,6	<b>25,3</b>	2,1	51.079	<b>2,1</b>
Gießen	<b>8,2</b>	<b>24,5</b>	<b>2,5</b>	47.273	<b>3,1</b>
Lahn-Dill-Kreis	<b>16,7</b>	<b>40,8</b>	1,4	49.541	0,1
Limburg-Weilburg	<b>9,5</b>	<b>30,8</b>	<b>2,7</b>	40.465	0,0
Marburg-Biedenkopf	<b>11,2</b>	<b>35,9</b>	1,4	47.453	0,8
Vogelsbergkreis	<b>14,7</b>	<b>35,0</b>	1,1	37.052	-1,5
Stadt Kassel	6,5	20,6	1,6	<b>58.438</b>	<b>2,1</b>
Fulda	<b>11,7</b>	<b>29,6</b>	1,7	39.794	1,4
Hersfeld-Rotenburg	6,1	<b>28,6</b>	2,0	43.848	-0,4
Kreis Kassel	<b>12,2</b>	<b>43,3</b>	1,2	<b>56.447</b>	0,4
Schwalm-Eder-Kreis	<b>13,3</b>	<b>31,5</b>	2,0	46.939	-0,4
Waldeck-Frankenberg	<b>22,7</b>	<b>37,9</b>	1,5	42.947	-0,8
Werra-Meißner-Kreis	<b>11,9</b>	<b>28,5</b>	1,0	39.329	-0,1
Hessen	7,2	23,7	2,2	53.137	1,8

Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a), der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2021, 2020a, b, c) und des Hessischen Statistischen Landesamts (2021). – Anmerkungen: \*Anteil der Beschäftigten (2020) mit hohem Substituierbarkeitspotenzial (>70 %); <sup>1</sup>in %, 2020 (Produz. Gew. = produzierendes Gewerbe); <sup>2</sup>in % pro Jahr, 2015-2020 (SVB-Wachstum = Beschäftigungswachstum); <sup>3</sup>in €, 2019 (Löhne = Bruttojahresverdienste aller Beschäftigter); <sup>4</sup>in %, 2015-2019 (Bev.-wachst = Bevölkerungswachstum); Werte über dem hessischen Durchschnitt sind fettgedruckt.

### Kategorisierung der Substituierbarkeitspotenziale in den hessischen Kreisen und kreisfreien Städten

Aus dem Zusammenspiel der hier abgebildeten Indikatoren ergibt sich folgende Kategorisierung der Positionierung der Kreise hinsichtlich der Fortschritte bei der Anpassung an den digitalen Wandel:

1. Die Städte Frankfurt und Wiesbaden sowie der Main-Taunus-Kreis und Hochtaunuskreis bilden den Kern des Rhein-Main-Ballungsraums, gekennzeichnet durch einen weit unterdurchschnittlichen Anteil von Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial, einen weitgehend tertiärisierten Arbeitsmarkt mit über 80 % der Beschäftigten im Dienstleistungssektor, starkem Beschäftigungswachstum bei hohen Löhnen und Bevölkerungswachstum. In Bezug auf die Bewältigung des digitalen Wandels übernimmt der Kernraum eine zentrale Funktion als Finanz-, Informations- und Headquarter-Standort von überregionaler bzw. europäischer Bedeutung. Von Bedeutung für Hessen ist der weitere Ausbau der digitalen Infrastruktur zur Gewährleistung und Intensivierung der digitalen Verknüpfung zwischen dem Ballungskern und den anderen Landesteilen. Der Ballungskern übernimmt neben zentralen Verwaltungs- und Informationsfunktionen auch vielfältige Bildungs- und Weiterbildungsaufgaben von landesweiter bzw. darüber hinaus gehender Bedeutung. Zu den Aufgaben der Landespolitik gehört es, die landesweite Informations- und Verkehrsinfrastruktur so zu gestalten, dass die digitale und physische Erreichbarkeit des Zentrums gewährleistet bleibt.
2. Der Wissenschaftsstandort Darmstadt ist durch ein ähnlich hohes Lohnniveau wie der Ballungskernraum, ebenso durch ein starkes Beschäftigungs- und Bevölkerungswachstum und ein geringes Automatisierungspotenzial der örtlichen Arbeitsplätze gekennzeichnet. Er unterscheidet sich von Kategorie 1 durch einen deutlich höheren Anteil von Beschäftigten im produzierenden Gewerbe, d.h. im Fall von Darmstadt in hoch produktiven und modernen Betrieben, insbesondere aus Chemie- und Pharmaindustrie sowie Maschinenbau, die vor Ort Forschungs- und Entwicklungsabteilungen betreiben. Der benachbarte Kreis Groß-Gerau kann ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet werden. In Bezug auf die digitalisierte Arbeitswelt 4.0 übernimmt dieser Standort eine herausragende Funktion in deren Entwicklung und industriellen Umsetzung. Neben der selbstverständlich auch für die Region Darmstadt geltenden Infrastrukturbedarfe kann die Unterstützung des örtlichen Innovationssystems, etwa durch Förderung von Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sowie auch der Forschungsförderung an sich zu den Handlungsmöglichkeiten der Politik gehören. Im Zusammenhang mit der Digitalisierung entsteht auch die Chance, die hohe Verkehrsbelastung der Kernstädte in Folge des hohen Pendelaufkommens zu mindern. So kann eine leistungsfähige digitale Infrastruktur dazu beitragen, die täglichen Pendelbewegungen zwischen Wohn- und Arbeitsort zu verringern.
3. Die Stadt Offenbach weist in Bezug auf das Substituierbarkeitspotenzial der örtlichen Beschäftigten, den Dienstleistungsanteil und das Lohnniveau ähnliche Charakteristiken auf wie die anderen Kernstädte des Rhein-Main-Ballungsraums. Sie unterscheidet sich aber durch ein schwächeres Beschäftigungswachstum und ein deutlich höheres Bevölkerungswachstum von den anderen Kernstädten. In Bezug auf das Einkommen der privaten Haushalte bildet Offenbach das Schlusslicht aller Kreise und kreisfreien Städte in Hessen, die Arbeitslosigkeit ist dagegen am höchsten. Die vor Ort generierten Löhne kommen somit überwiegend nicht der lokalen Wohnbevölkerung zugute. Handlungsbedarfe ergeben sich hier weniger in Bezug auf die Bewältigung des digitalen Wandels in den örtlichen Unternehmen, sondern bei der Verbesserung des Bildungszugangs der Bevölkerung, unter anderem der vielen in den vergangenen Jahren aus dem Ausland zugewanderten Einwohner der Stadt.

4. Der Kreis Offenbach, der Rheingau-Taunus-Kreis sowie die Wetterau bilden den Rand des Rhein-Main-Ballungsraums mit niedrigem bis durchschnittlichem Substituierungspotenzial, etwas höherem Industrieanteil als der Kernraum, mittlerem bis überdurchschnittlichem Beschäftigungs- und Bevölkerungswachstum und leicht unterdurchschnittlichem Lohnniveau. Die Teils ländlich bzw. landwirtschaftlich (im Rheingau durch Weinanbau) geprägten Landschaften übernehmen unter anderem eine Naherholungsfunktion für die Bevölkerung des Kernraums. Wie in allen Regionen gehört die Gewährleistung des Infrastrukturzugangs zu den Aufgaben der Politik, wobei die Hauptaufgabe im Abwägen darin liegen dürfte, inwieweit sich die Randregion im Zuge ihres Beschäftigungs- und Bevölkerungswachstums zum Standort eher städtisch geprägter Wohn- und Arbeitswelten verändern sollte.
5. Die Kreise Gießen, Limburg-Weilburg und Marburg-Biedenkopf im Westhessischen Bergland bzw. im Randbereich zum Westerwald und Rothaargebirge, die osthessischen Kreise Fulda und Hersfeld-Rotenburg sowie die südhessischen Kreise Bergstraße und Darmstadt-Dieburg sind eher durch ein leicht überdurchschnittliches Substituierbarkeitspotenzial, einen Anteil von bis zu einem Drittel der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe, ein durchschnittliches Beschäftigungswachstum, ein leicht unterdurchschnittliches Lohnniveau und ein durchschnittliches bis leicht überdurchschnittliches Bevölkerungswachstum gekennzeichnet. Die weitere Anpassung an den digitalen Wandel wird in diesen Regionen zu Änderungen der beruflichen Schwerpunkte führen, wobei jedoch davon auszugehen ist, dass dieser Wandel ohne erhebliche Verdrängung von Arbeitsplätzen stattfinden kann.
6. Die in peripherer bzw. Binnenlage gelegenen Kreise, d.h. der Lahn-Dill-Kreis, der Kreis Waldeck-Frankenberg, der Kreis Kassel, der Schwalm-Eder-, Vogelsberg-, Main-Kinzig-, Werra-Meißner- und Odenwaldkreis, weisen – bei all ihrer Vielfältigkeit – als Gemeinsamkeit ein überdurchschnittliches Substituierungspotenzial bei hohem Beschäftigtenanteil im produzierenden Gewerbe, schwachem Beschäftigungswachstum, verhältnismäßig niedrigen Löhnen und stagnierender bis rückläufiger Wohnbevölkerung auf. Die Arbeitswelt der peripheren Regionen steht vor der Herausforderung, den anstehenden digitalen Wandel ohne erhebliche Arbeitsplatzverluste zu bewältigen. Anders als die Kreise der anderen Kategorien üben die peripheren Regionen eine verhältnismäßig geringe Anziehungskraft auf auswärtige Erwerbstätige aus, so dass die Veränderung der Arbeitswelt durch die bereits ansässigen Arbeitskräfte bewältigt werden muss. Die Etablierung einer Arbeitswelt, in der neben der beruflichen Aus- vor allem auch die Weiterbildung zum Arbeitsalltag gehört, dürfte zu den anstehenden Aufgaben der Unternehmen gehören, bei denen sie die regionale Arbeitsmarktpolitik unterstützen sollte.
7. Die Stadt Kassel übernimmt eine gewisse Sonderrolle. Wie die Städte im Ballungskern der Rhein-Main-Region lässt sie ein geringes (verbleibendes) Substituierbarkeitspotenzial und einen geringen Besatz mit Beschäftigten in der Produktion erkennen. Das Lohnniveau in der Produktion und das Bevölkerungswachstum liegen über dem hessischen Durchschnitt. Das Beschäftigungswachstum liegt unter dem Durchschnitt. Gemeinsam mit Offenbach bildet Kassel das Schlusslicht der Haushaltseinkommen und weist die höchste Arbeitslosenquote auf. Im Gegensatz zu Offenbach ist Kassel jedoch nicht Teil des Ballungsraums, sondern übernimmt die zentralörtliche Funktion für die Region Nordhessen. In den vergangenen Jahren war die Stadt Kassel im Gegensatz zu den anderen Städten durch einen verhältnismäßig starken Rückgang im Anteil der Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial gekennzeichnet, d.h. in der lokalen Arbeitswelt fanden stärkere Verschiebungen im Zusammenhang mit der Digitalisierung statt. Aufgaben im Zusammenhang mit der Bewältigung

des digitalen Wandels entstehen für Kassel insbesondere als Informations- und Kommunikationszentrum für die ländlich geprägten Regionen Nordhessens.

Tab. 3 fasst nachfolgend wesentliche Kennzeichen der Kategorien und ausgewählte Handlungsbedarfe zusammen.

**Tab. 3: Kategorisierung der hessischen Kreise und kreisfreien Städte in Bezug auf das Substituierbarkeitspotenzial der Beschäftigten**

Kategorie/Kreise	Substituierbarkeitsmerkmale	Handlungsansatz
1. Frankfurt, Hochtaunuskreis, Main-Taunus-Kreis, Wiesbaden	Ballungskern mit diversifizierter Arbeitswelt, hoch qualifizierten Dienstleistungen; geringe Substituierbarkeit; Hohe Löhne, Bevölkerungs- und Beschäftigungswachstum	Ausbau der digitalen Infrastruktur zur Stärkung der Bedeutung als Finanz-, Kommunikations- und Verwaltungszentrum; Chance zur Minderung der Verkehrsbelastung durch Digitalisierung Förderung von Wissenschaft, FuE sowie industrieller Umsetzung von Arbeitswelt 4.0; Chance zur Minderung der Verkehrsbelastung durch Digitalisierung
2. Darmstadt, Groß-Gerau	Wissenschaftsstandort mit starker industrieller FuE; geringe Substituierbarkeit	Förderung von Aus- und Weiterbildung der Wohnbevölkerung; spezielle Angebote für Zuwanderer
3. Stadt Offenbach	Teil des Ballungskerns mit geringem Substituierungspotenzial Hohe Arbeitslosigkeit, niedrige Einkommen der Wohnbevölkerung, starke Zuwanderung	Ausbau der digitalen Infrastruktur im Spannungsfeld zwischen Urbanisierung und Naherholung
4. Kreis Offenbach, Rheingau-Taunus-Kreis, Wetteraukreis	Ballungsrandzone mit mittlerem Substituierungspotenzial	Unterstützung der Anpassung an digitalen Wandel durch Förderung von Aus- und Weiterbildung
5. Kreise Bergstraße, Darmstadt-Dieburg, Fulda, Gießen, Hersfeld-Rotenburg, Limburg-Weilburg und Marburg-Biedenkopf	Mittleres Substituierbarkeitspotenzial, mittlerer Beschäftigtenanteil im produzierenden Gewerbe	Unterstützung der Anpassung an digitalen Wandel und Bewältigung erheblicher Veränderungen der Arbeitswelt und Abfederung von Arbeitsplatzrückgängen durch Förderung von Aus- und Weiterbildung; ggf. Förderung betrieblicher Investitionen in Modernisierung
6. Kreise Kassel und Waldeck-Frankenberg, Lahn-Dill-, Main-Kinzig-, Odenwald-, Schwalm-Eder-, Vogelsberg- und Werra-Meißner-Kreis	Hohes Substituierbarkeitspotenzial, hoher Besatz an produzierendem Gewerbe, z.T. Bevölkerungsrückgang	Ausbau der Digitalen Infrastruktur zur Förderung der Funktion als Kommunikations- und Verwaltungszentrum Nordhessens
7. Stadt Kassel	Niedriges verbleibendes Potenzial, aber relativ starker Arbeitsplatzabbau in Zusammenhang mit digitalem Wandel in vergangenen Jahren; hohe Arbeitslosigkeit, niedrige Haushaltseinkommen	

Quelle: Eigene Übersicht.

### 3.3 Zusammenfassung

Die vergleichende Betrachtung ausgewählter Indikatoren mit Bezug zum regionalen Arbeitsmarkt auf der Ebene der Länder führt zu dem Ergebnis, dass die hessische Arbeitswelt mit einer relativ geringen Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit, einem überdurchschnittlichem Beschäftigungswachstum, einem hohem Lohnniveau, vergleichsweise hohen Bildungsinvestitionen und einer hohen Weiterbildungsbereitschaft durch eine vergleichsweise gute Ausgangslage zur Bewältigung kommender digitaler Herausforderungen gekennzeichnet ist. Die Analyse wichtiger Regionalindikatoren zeigt jedoch eine sehr erhebliche landesinterne Differenzierung, insbesondere zwischen dem Rhein-Main-Ballungsraum und den peripheren Regionen, aber auch innerhalb des Ballungskerns und zwischen verschiedenen Regionen außerhalb des Verdichtungsraums auf.

Die diversifizierte urbane Arbeitswelt des Ballungskernraums ist durch einen geringen Anteil von Routinetätigkeiten gekennzeichnet. In den peripheren Regionen ist die Berufsgruppenstruktur dagegen stärker zwischen Tätigkeiten mit geringer und hoher Substituierbarkeit polarisiert. Vor allem manuelle Tätigkeiten im verarbeitenden Gewerbe stehen dort weiteren Automatisierungspotenzialen gegenüber.

Der vorliegende Abschnitt untersucht, welche weiteren regionalökonomischen Merkmale der Kreise und kreisfreien Städte mit der Substituierbarkeit der vor Ort beschäftigten Personen korrelieren und wie jeder Kreis und jede kreisfreie Stadt - von diesen Merkmalen ausgehend - in Bezug auf die Herausforderungen im digitalen Wandel zu kategorisieren ist. Für jede Kategorie werden zentrale Handlungsbedarfe abgeleitet. Mit Ausnahme des Odenwaldkreises, dessen Beschäftigte in hohem Maße substituierungsgefährdet sind, bilden das Osthessische Bergland in der Grenzregion zu Bayern und Thüringen sowie der südhessische Rheingraben an den Grenzen zu Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz eine Zone, in der das Potenzial zwar höher ist als im Rhein-Main-Kernraum, aber deutlich niedriger als in Teilen der Randzone zu Nordrhein-Westfalen bzw. zum Westerwald und Rothaargebirge (Lahn-Dill-Kreis) sowie im nordhessischen Bergland (Kreis Waldeck-Frankenberg). In den „Binnenkreisen“ rund um den Vogelsberg sowie in der vom West- und Osthessischen Bergland sowie der Hessischen Senke gebildeten Mittelgebirgslandschaft liegen die Substituierungspotenziale deutlich über dem hessischen Durchschnittswert.

Handlungsbedarfe ergeben sich für alle Regionalkategorien. Im Ballungskernraum unterscheiden sich die Bedarfe zwischen dem Finanz- und Verwaltungszentrum um die Städte Frankfurt und Wiesbaden, der Stadt Offenbach und dem Wissenschaftsstandort Darmstadt. Das Finanz- und Verwaltungszentrum übernimmt wirtschaftliche Steuerungsfunktionen und benötigt für die landesinterne Vernetzung insbesondere einen weiteren Ausbau leistungsfähiger digitaler Infrastrukturen. Die Stadt Offenbach ist durch Zuwanderung und stärkere soziale Probleme gekennzeichnet, so dass sich gerade dort vielfältige Bildungs- und Weiterbildungsbedarfe der Wohnbevölkerung abzeichnen. In Darmstadt finden unter anderem vielfältige Forschungs- und Entwicklungs-Aktivitäten (FuE) statt, die zur Umsetzung der Industrie 4.0 beitragen. Bei Nachweis der Exzellenz der teilnehmenden Partner aus Wissenschaft und Industrie bzw. der vorgeschlagenen Projekte sollte geprüft werden, inwieweit die Förderpolitik des Landes für entsprechende Clusterinitiativen verstärkt und neue entwickelt werden können.

Für die Kreise im Ballungsrandbereich sowie für mehrere Kreise in Süd-, Mittel- und Nordhessen, besteht vielfach die Perspektive, die Anpassung an den digitalen Wandel durch betriebliche Investitionen sowie mit Hilfe eines leistungsfähigen örtlichen Bildungs-, Ausbildungs- und Weiterbildungssystems ohne erhebliche Arbeitsplatzverluste zu bewältigen. In mehreren Kreisen mit

hohem Besatz an Fertigungstätigkeiten und teilweise Bevölkerungsrückgängen steht die Arbeitswelt dagegen fundamentalen Veränderungen gegenüber. Für deren Bewältigung bzw. zur Verhinderung von Arbeitsplatzverlusten zeichnen sich vielfältige Unterstützungsbedarfe ab. Dies betrifft verschiedene Regionen Mittel- und Nordhessens sowie den Odenwaldkreis im Süden. Die Stadt Kassel übernimmt im Städtesystem eine Sonderrolle als Wirtschaftszentrum Nordhessens mit relativ niedrigen lokalen Substituierungspotenzialen, aber relativ hoher Arbeitslosigkeit und starkem Rückgang an Routinetätigkeiten.

## 4. Fallbeispiele von Branchen in Hessen

Im Folgenden wird auf die Herausforderungen der Digitalisierung für drei Branchen eingegangen, die in Hessen eine besondere Rolle spielen: Chemie, Handwerk und Maschinenbau. Hierbei wird jeweils dargestellt, welche Bedeutung die Branche für Hessen hat, wie stark sie voraussichtlich von der Digitalisierung betroffen sein wird und welche Beschäftigungseffekte zu erwarten sind.

### 4.1 Fallstudie Chemieindustrie

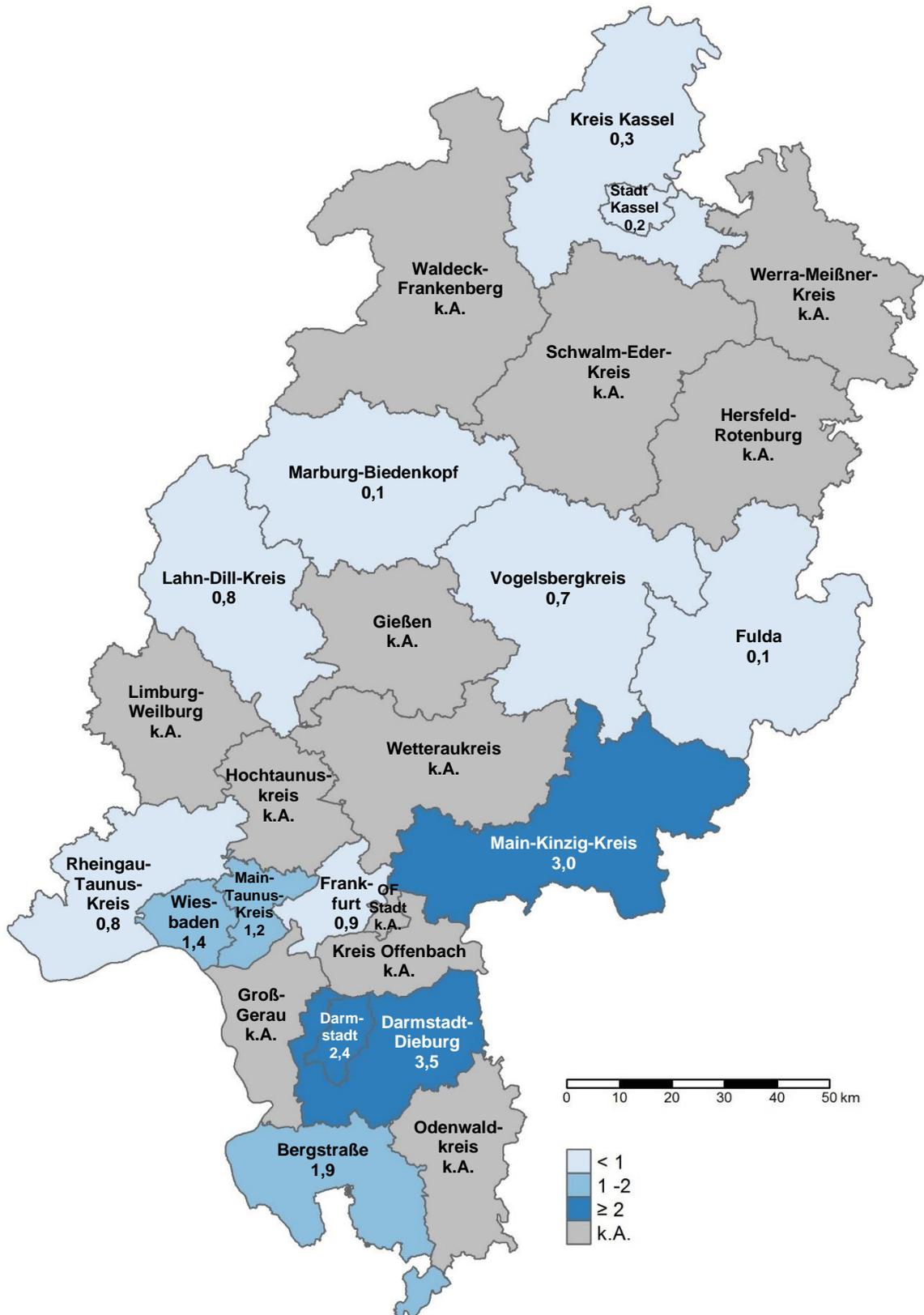
Die deutsche Chemieindustrie ist mit etwa 464.000 Beschäftigten und rund 2.000 Unternehmen ein bedeutender Arbeitgeber und Wirtschaftsfaktor in Deutschland (IG Chemie 2019). Im Jahr 2019 erwirtschaftete die chemische Industrie einen Umsatz von 198,3 Milliarden €, wovon etwa 10 % auf die Herstellung pharmazeutischer Produkte entfielen. Hierzu tragen auch hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung (10 Milliarden € in 2019) bei. Die internationale Vernetzung der Branche zeigt sich durch einen Exportumsatz von 202,2 Milliarden € und einem Handelsüberschuss von fast 50 Milliarden € (BMWi 2020a). Im Folgenden verwenden wir den Überbegriff chemische Industrie für die gemeinsame Betrachtung der chemischen und pharmazeutischen Industrie.

#### Bedeutung der Chemieindustrie für Hessen

In Hessen ist die chemische Industrie mit 60.854 Beschäftigten (Stand 2018) der größte industrielle Arbeitgeber. Davon arbeiten zwei Drittel (38.552 Beschäftigte) in der Herstellung chemischer Erzeugnisse und ein Drittel ist im Bereich der Pharmazie tätig (22.302). Über den Zeitraum 2013 bis 2018 hat sich die Beschäftigung grundsätzlich positiv entwickelt. So konnte die schwächere Beschäftigungsentwicklung der Jahre 2015 und 2016 durch den Aufbau neuer Stellen seit 2017 ausglich werden. Dieser positive Trend ist vor allem auf den Pharmabereich zurückzuführen (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020a). Abb. 14 zeigt auf der folgenden Seite die Beschäftigungsanteile in der chemischen Industrie auf Kreisebene basierend auf einer Auswertung der Daten der Bundesagentur für Arbeit. Die Daten beziehen sich jedoch nur auf die Herstellung chemischer Erzeugnisse. Die Abbildung zeigt, dass die chemische Industrie insbesondere im bevölkerungsreichen Süden von Hessen, aber auch in der Rhein-Main Region vertreten ist. Die höchsten Beschäftigungsanteile misst die Industrie im Kreis Darmstadt-Dieburg (3,5 % der Gesamtbeschäftigung; 2.777 Beschäftigte), im Main-Kinzig-Kreis (3,0 %; 4.134 Beschäftigte) und in der Stadt Darmstadt (2,4 %; 2.593 Beschäftigte). Die absoluten Beschäftigungszahlen sind jedoch für die Stadt Frankfurt mit 5.323 Beschäftigten am höchsten.

Die chemische Industrie ist zudem mit einem Umsatz von 27,0 Milliarden € die umsatzstärkste Branche des verarbeitenden Gewerbes in Hessen, wobei hier fast die Hälfte des Umsatzes (12,0 Milliarden €) auf den Pharmabereich zurückzuführen ist. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung der Pharmaindustrie in Hessen. Betrachtet man die Umsatzentwicklung, so kam es nach einem umsatzstarken Jahr 2013 zu Umsatzrückgängen in den Jahren 2014 und 2016 für die chemische Industrie und im Jahr 2015 für die pharmazeutische Industrie. In den Jahren 2017 und 2018 verzeichneten beide Bereiche wieder ein Umsatzplus im Vergleich zum Vorjahr (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020a).

**Abb. 14: Beschäftigte in der Chemieindustrie (2020)**  
in % an den Beschäftigten insgesamt



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020c) - Anmerkungen: Die Zahlen beziehen sich exklusiv auf den Wirtschaftszweig „Herstellung chemischer Erzeugnisse“.

Entgegen der öffentlichen Wahrnehmung sind 90 % aller Betriebe in der chemischen Industrie in Deutschland Klein- und Mittelständler, die häufig jedoch Weltmarktführer in ihrem Bereich sind (VCI 2021). Im Vergleich mit anderen Industrien sind die chemische und pharmazeutische Industrie in Hessen jedoch durch eine stärkere Unternehmenskonzentration geprägt. So beträgt der Anteil der Großbetriebe (mindestens 250 Beschäftigte) 21 % und liegt damit etwa 10 % über dem Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes in Hessen. Diese Großunternehmen machen zudem etwa 75 % der Beschäftigung und 68 % des Umsatzes in der hessischen Chemieindustrie aus (Hessisches Ministerium 2020a).

Die hessische Chemieindustrie ist auch international gut vernetzt und ist der Standort internationaler Unternehmen. So generierte die chemische Industrie in 2018 im Ausland einen Umsatz von 18,0 Milliarden € und erarbeitete eine Exportquote von 66,8 %. Wie bereits die Beschäftigungszahlen zeigen, ist die Chemie- und Pharmaindustrie besonders stark im südlichen Hessen u.a. mit Unternehmen wie der Sanofi-Aventis Deutschland GmbH im Industriepark Höchst, der Merck KGaA in Darmstadt und dem Evonik Konzern im Industriepark Hanau bei Wolfgang vertreten. In Mittelhessen sind die Behringwerke in Marburg und in Nordhessen die Braun Melsungen AG zu nennen (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020a).

### **Digitalisierung in der Chemieindustrie**

Für die Chemie werden durch neue Technologien weniger disruptive, sondern eher kontinuierliche Veränderungen erwartet (Gehrke et al. 2018, Deloitte 2017). Mit dem Wandel zur Chemie 4.0 werden auch Innovations- und Investitionszyklen kürzer. Zum einen beschleunigen sich Prozesse durch die Digitalisierung, zum anderen können über das Internet neue Ideen und Problemlösungen schneller verbreitet werden (Gehrke et al. 2018, Deloitte 2017).

Auf operativer Ebene werden digitale Prozesse und datenbasierte Betriebsmodelle voraussichtlich an Bedeutung gewinnen. Digitale Prozesse umfassen das Sammeln und die Auswertung von im Produktionsprozess erhobenen Daten für eine höhere Effizienz- und Ressourcenauslastung. Darüber hinaus werden in datenbasierten Betriebsmodellen selbsterhobene mit externen Daten kombiniert und ausgewertet, um diese für die Entscheidungsfindung und Prozessoptimierung zu nutzen. Ein Anwendungsgebiet ist die vorausschauende Wartung, für die Messdaten mit Hilfe von Algorithmen ausgewertet werden (Gehrke et al. 2018, Deloitte 2017). Auch im Bereich Forschung und Entwicklung werden digitale Prozesse immer wichtiger. Expertinnen und Experten sehen hier bis 2030 vor allem Potenzial in der Nutzung von Big Data und Künstlicher Intelligenz, aber auch im Einsatz von robotischen Systemen (z.B. von Pipettierrobotern) (Priesack et al. 2019).

Auf der Organisationsebene wird eine noch stärkere Vernetzung von Produktionsbetrieben prognostiziert. Während Chemiebetriebe bereits häufig in Verbundstandorten zusammenarbeiten, wird sich diese Kooperation voraussichtlich künftig auch auf Dienstleistungen ausweiten (Bazzanella et al. 2016, Gehrke et al. 2018). Zudem werden digitalen Geschäftsmodellen großes Potenzial zugesprochen (Deloitte 2017). Diese sind stärker am Kunden ausgerichtet, bieten ihnen eine Kombination aus Produkten und Dienstleistungen und die Möglichkeit, sich in die Produktgestaltung einzubringen. Ein Beispiel ist der Bereich der Additiven Fertigung, der Kompetenzen aus dem Druck, dem Maschinenbau, dem Softwarebereich und der Chemie miteinander verknüpft (Deloitte 2017, Gehrke et al. 2018). In diesem Kontext werden Plattformen wichtiger, über die sich Akteure austauschen und zusammenarbeiten können (Deloitte 2017).

Der Zusammenschluss von Unternehmen über ökonomische Netzwerke ist dann sinnvoll, wenn die gestellten Anforderungen von einem Unternehmen allein nicht mehr bedient werden können. So stellt die Geschäftsstelle Technologieland Hessen Verknüpfungen zwischen Unternehmen her und berät Cluster- und Netzwerkiniciativen hinsichtlich der Gestaltung von Prozessen und Strukturen (Technologieland Hessen 2021b). Ein Kompetenzfeld ist der Bereich der Materialtechnologien, in dem sich durch die branchenübergreifende Bündelung von Expertise besondere Synergieeffekte ergeben können (Technologieland Hessen 2021a).

Während die chemische Industrie in Hessen in den letzten Jahren grundsätzlich eine positive Beschäftigungsentwicklung verzeichnete (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020a), wird nicht angenommen, dass sich dieser positive Trend bis 2030 fortsetzen wird. Durch den technologischen Fortschritt und effizientere Strukturen sowie Outsourcing, aber auch durch die zunehmende digitale Vernetzung, wird sich die Beschäftigtenzahl voraussichtlich bis 2030 um 0,8 % reduzieren. Der größte Rückgang wird für die Basischemie prognostiziert. Dabei wird die Digitalisierung auch zu schlankeren Strukturen in der Pharma- und Spezialchemie führen. In diesen Bereich können die negativen Beschäftigungseffekte jedoch voraussichtlich durch Produktionssteigerungen ausgeglichen werden (VCI 2017).

Die chemische Industrie gilt als ein Arbeitgeber, der überdurchschnittliche Gehälter zahlt und zukunftssichere Arbeitsplätze bietet. Eine deskriptive Auswertung einer Sonderstatistik der Bundesagentur für Arbeit für die deutsche Chemie- und Pharmabranche zeigt, dass die größte Berufsgruppe<sup>10</sup> mit einem Anteil von einem Drittel die Berufsgruppe der Chemieberufe (413) ist. Diese Gruppe lässt sich noch weiter in die Berufsuntergruppen Chemie- und Pharmatechnik, chemisch-technisches Laboratorium, Aufsicht und Führung, die Chemie und sonstige Berufe in der Chemie aufteilen. Die Chemie- und Pharmatechnik stellt mit über 100.000 Beschäftigten die größte Untergruppe dar. Die nächstgrößeren Berufsgruppen sind dann die Unternehmensorganisation und -strategie (713), die technische Produktionsplanung und -steuerung (273) sowie der Maschinenbau und die Betriebstechnik (251) (Priesack et al. 2019).

Nach Priesack et al. (2019) kommt es bereits heute punktuell zu Fachkräfteengpässen in naturwissenschaftlichen und technischen Fachgebieten. Die VCI-Prognose (VCI 2017) sieht bis 2030 aufgrund der guten Studierendenzahlen in der Chemie und in den Naturwissenschaften jedoch keinen drohenden Fachkräftemangel. Auch Hessen scheint in Bezug auf Nachwuchsfachkräfte gut aufgestellt zu sein. So waren im Wintersemester 2018/19 6.117 Studierende der Chemie und Pharmazie und 5.287 Studierende der Biologie an hessischen Hochschulen immatrikuliert (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020a). Mögliche Engpässe werden jedoch bei den Ingenieuren prognostiziert. Die besten Beschäftigungsperspektiven werden für Studierende mit einer interdisziplinären Ausrichtung an der Schnittstelle von Naturwissenschaften und Technik erwartet (Priesack et al. 2019). Da dieser Kompetenzmix auch in anderen Wirtschaftszweigen besonders gefragt ist, gestaltet sich die Besetzung der Stellen hier bereits schwieriger (Gehrke et al. 2018). Bedarfe werden außerdem bei nicht-akademischen Fachkräften mit mittlerem Qualifikationsniveau gesehen. So wird es voraussichtlich zu Engpässen in den Produktionsberufen (z.B. Chemikanten) sowie Berufen im gewerblich-technischen Bereich (z.B. Industrie- und Anlagenmechanikerinnen und -mechaniker, Elektronikerinnen und Elektroniker, Mechatronikerinnen und Mechatroniker) kommen. Auch wenn Betriebe die oft unzureichende Qualität der Bewerbungen im Ausbildungsbereich bemängeln (VCI 2017, Diel und Kirchhof 2018), so zeigt sich, dass Unternehmen die Schwächen der Auszubildenden gut durch interne

---

<sup>10</sup> Berufsgruppen beziehen sich auf die dritte Ebene der Klassifikation der Berufe 2010 und teilen Berufe in 144 Gruppen ein.

Schulungen oder Absprachen mit Berufsschulen ausgleichen können (Gehrke et al. 2018). Wegen des hohen Substituierbarkeitspotenzial für Fachkräfte der Chemie- und Pharmatechnik (Bennewitz et al. 2016), würde man eigentlich einen Rückgang in der Nachfrage nach diesen Berufen erwarten. Eine Erklärung für die dennoch hohe prognostizierte Nachfrage (VCI 2017), könnte eine erwartete Verschiebung des Tätigkeitsprofils weg von Routinetätigkeiten hin zu Nicht-Routinetätigkeiten und einem damit einhergehenden Anstieg des Anforderungsniveaus sein.

Das Qualifikationsniveau in der Chemiebranche ist verglichen mit anderen Branchen hoch und es wird erwartet, dass neue Technologie und zunehmende Spezialisierung die Anforderungen weiter erhöhen werden (Gehrke et al. 2018). Dabei werden voraussichtlich neben technischen verstärkt auch kognitive und soziale Kompetenzen wie Problemlösungskompetenz, vernetztes Denken, aber auch Eigeninitiative und Kreativität gefragt sein (Bazzanella et al. 2016). Nach der Einschätzung von Expertinnen und Experten wird sich diese Entwicklung aber nicht nur auf akademische Berufe auswirken, sondern auch auf die berufliche Ausbildung, der weiterhin eine wichtige Rolle zukommen wird. Der ohnehin kleine Anteil der Beschäftigten ohne Bildungsabschluss wird in der chemischen Industrie voraussichtlich weiter zurückgehen. Dies betrifft insbesondere Beschäftigte, die in Berufen mit einem hohen Anteil an manuellen Routinetätigkeiten arbeiten, die leicht automatisiert werden können (Produktion und Logistik). Aber auch die Nachfrage nach Berufen mit einem hohen Anteil an kognitiven Routinetätigkeiten wie z.B. in kaufmännischen Berufen, wird voraussichtlich zurückgehen (Gehrke et al. 2018).

Zudem wird prognostiziert, dass Beschäftigte künftig vermehrt an Schnittstellen zu technischen Systemen arbeiten werden. Damit wird ein ganzheitliches Verständnis der Prozesse immer bedeutender (Priesack et al. 2019). Des Weiteren werden durch die zunehmende Bedeutung von ökonomischen Netzwerken soziale und interaktive Fähigkeiten für die Zusammenarbeit mit anderen Wirtschaftspartnern wichtiger. Diese Entwicklungen lassen vermuten, dass die nicht-routine kognitiven Tätigkeiten noch stärker an Bedeutung gewinnen, was die Beschäftigung in der Chemiebranche gegenüber den Herausforderungen der Digitalisierung recht gesichert erscheinen lässt (siehe hierzu auch Kapitel 2.2).

Die chemische Industrie ist auf qualifizierte Arbeitskräfte angewiesen und investiert viel in die Ausbildung des Nachwuchses, auch vor dem Hintergrund der geringen Verfügbarkeit ausgebildeter Fachkräfte am Markt. Um die Ausbildung attraktiver zu gestalten, bieten die Unternehmen gute Übernahmechancen (etwa 90 %) (Gehrke et al. 2018). Es wird angenommen, dass sich auch die Anforderungen in der Ausbildung ändern werden: Routinetätigkeiten werden wegfallen und Nicht-Routinetätigkeiten stärker im Mittelpunkt stehen. Dadurch werden die Aufgaben für Auszubildende vielfältiger, aber auch anspruchsvoller (Gehrke et al. 2018). Damit die Auszubildenden die Anforderungen auch künftig erfüllen können, haben der Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V. und der Verband der Chemischen Industrie e.V. Forderungen für die digitale Bildung an Grundschulen und an weiterführenden Schulen formuliert. So fordern sie eine verstärkte Vermittlung von technischen Fähigkeiten, aber auch von weicheren Kompetenzen, wie Team- und Kommunikationsfähigkeit (BAVC & VCI 2018).

Wichtig ist auch eine Anpassung der beruflichen Ausbildung. So wurden zuletzt im Jahr 2018 digitale Inhalte in Form von Wahlqualifikationen in die Ausbildungsordnungen ausgewählter Berufsausbildungen integriert (z. B. Chemikant/in, Elektroniker/in für Automatisierungstechnik). Wie in Kapitel 2.2. beschrieben, ist es außerdem wichtig, die Auszubildenden auf die neuen Inhalte und deren Vermittlung vorzubereiten. Des Weiteren wäre eine gute Absprache zwischen Unternehmen und Berufsschulen wichtig, um den Unterricht an den Bedarfen der Unternehmen auszurichten. Hier gibt es offenbar Verbesserungspotenzial, da eine Umfrage zeigt, dass viele Unternehmen unzufrieden mit der Zusammenarbeit mit den Berufsschulen sind (siehe Kapitel 2.2). Ein

weiterer wichtiger Punkt sind notwendige Investitionen in die digitale Ausstattung der Berufsschulen (Gehrke et al. 2018).

Aber auch in der Hochschulbildung wird eine stärkere Vermittlung von digitalen und technischen Kompetenzen als wichtig angesehen. In den naturwissenschaftlichen Studiengängen, die für die Chemieindustrie besonders interessant sind, sollten neben den Fachkenntnissen auch technische Inhalte unterrichtet werden, um die Studierenden bestmöglich auf die Anforderungen am Arbeitsmarkt vorzubereiten (Priesack et al. 2019). Eine Umfrage von Expertinnen und Experten, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern von Firmen, aus der Wissenschaft und von Sozialpartnern in Deutschland ergibt zudem, dass das naturwissenschaftliche Studium bisher immer noch sehr stark wissenschaftlich geprägt ist und kaum unternehmerische Elemente enthält (Gehrke et al. 2018). Diese Kompetenzen wären wichtig, um eine stärkere Start-up Kultur in der Chemiebranche zu fördern.

Die Weiterbildungsbeteiligung der chemischen Industrie liegt mit 87,8 % über dem Durchschnitt des verarbeitenden Gewerbes. Im Vergleich zu 2016 sank die Weiterbildungsquote jedoch um fast 6 % ab, sodass sie im Branchenvergleich nicht mehr vorne liegt (BAVC 2021). Der Weiterbildung kommt im Rahmen der Digitalisierung eine immer wichtigere Rolle zu, um die Beschäftigten auf die veränderten Tätigkeitsprofile vorzubereiten (siehe Kapitel 2.2). Der Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Weiterbildung ist jedoch nicht eindeutig. Während eine Unternehmensbefragung keine direkte Beziehung erkennen lässt, ist doch anzunehmen, dass die Weiterbildungsmaßnahmen dazu beitragen, Beschäftigte auf ihre künftigen Anforderungen vorzubereiten. So werden Seminare, die soziale Kompetenzen vermitteln, insbesondere den Beschäftigten empfohlen, die perspektivisch in temporären Teams arbeiten werden (Schleiermacher und Stettes 2017). Neben der beruflichen Weiterbildung bieten nach Meinung der Expertinnen und Experten informelle Lernformate (Training-on-the-Job), nicht-formale Weiterbildung (Teamsitzungen, Coaching) und eine lernförderliche Arbeitsumgebung weiteres Potenzial, die Kompetenzentwicklung von Beschäftigten zu fördern (Priesack et al. 2019).

Im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung kann die Politik die Branche insbesondere durch die Schaffung der notwendigen Rahmenbedingungen unterstützen. So ist eine stabile, technische Infrastruktur eine Voraussetzung für die Digitalisierung und das vernetzte Arbeiten. Der Breitbandatlas des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zeigt für Hessen, dass im Durchschnitt über 95 % der Haushalte über einen Breitbandanschluss mit mindestens 50 Mbit/s verfügen; wobei hier der Anteil in den städtischen Gebieten höher ist als in den ländlichen. Bei Gewerbegebieten liegt der Anteil bei 94,2 % und bei Schulstandorten bei 88,6 % (BMVI 2020). Mit der Gigabitstrategie hat sich Hessen auch das Ziel gesetzt, bis 2025 gigabitfähige Strukturen, vorrangig in Gewerbegebieten, bereitzustellen und bis 2030 den flächendeckenden Ausbau des Glasfaseranschlusnetztes voranzutreiben (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2018b).

Auch ökonomische Netzwerke, die Kunden Produktpaletten aus Produkten und Dienstleistungen anbieten, werden in der chemischen Industrie künftig eine größere Rolle spielen. Die Politik kann hier den Abbau administrativer Hürden unterstützen, um Effizienzverluste zu vermeiden. So bietet die Geschäftsstelle des Technologielandes Hessen Unternehmen ein Netzwerk und Unterstützung, um neue Kontakte aufzubauen und sich in hessischen Clustern oder Houses zu organisieren (Technologieland Hessen 2021b). Weitere Beispiele für Netzwerk-Initiativen sind der Verein Materials Valley e.V. sowie die Initiative Gesundheitsindustrie Hessen (Materials Valley e.V. 2021, Initiative Gesundheitsindustrie Hessen 2021).

Damit sich Unternehmen weiterhin im internationalen Wettbewerb durch Produktqualität und ihren Forschungsvorsprung behaupten können, ist ein Engagement der Politik im Bereich der Forschungs- und Innovationsförderung wichtig (Deloitte 2017). Beispiele für Förderinitiativen der hessischen Landesregierung sind das Digitalisierungsprogramm Distr@I („Digitalisierung stärken – Transfer leben“, Hessisches Ministerium für Digitale Strategie und Entwicklung), bei dem derzeit (Februar 2021) z.B. ein E-Health-Call läuft, und das Forschungsförderungsprogramm LOEWE („Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz“, Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst), das in der Förderlinie 3 Verbundvorhaben von kleinen und mittleren Unternehmen und Hochschulen sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen fördert.

### Fazit

Die chemische und die pharmazeutische Industrie sind gemeinsam der größte industrielle Arbeitgeber in Hessen. Besonders stark ist die Industrie im bevölkerungsreichen Süden Hessens vertreten. Die schwache Beschäftigungsentwicklung der letzten Jahre ist vor allem auf den Rückgang bei der Herstellung chemischer Erzeugnisse zurückzuführen. Der Einsatz moderner Technologien wird für die Branche voraussichtlich immer wichtiger und ermöglicht einen Wettbewerbsvorteil durch eine effizientere und ressourcenschonende Produktion. Außerdem wird prognostiziert, dass sich Geschäftsmodelle verändern und ökonomische Netzwerke, in denen neben Produkten auch Dienstleistungen angeboten werden, zunehmend an Bedeutung gewinnen werden.

Das Qualifikationsniveau wird sich in akademischen, aber auch nicht akademischen Berufen weiter erhöhen. Obwohl Fachkräfte in der Chemie ein hohes Substituierbarkeitspotenzial aufweisen, wird für diese Gruppe eine konstant hohe Nachfrage erwartet. Das Engagement der Industrie im Bereich der Aus- und Weiterbildung ist im Rahmen der Digitalisierung positiv zu bewerten. Dabei sollten Inhalte von Aus- und Weiterbildungen an sich verändernde Tätigkeitsprofile angepasst werden. Ein gutes Zeichen ist die Anpassung der Ausbildungsverordnungen einzelner Ausbildungsberufe. Weiteres Potenzial für die Branche besteht in der Nutzung informeller und nicht-formeller Lernangebote und der Schaffung einer lernförderlichen Arbeitsumgebung. Von diesen Faktoren wird es sicherlich maßgeblich abhängen, dass die prognostizierte gleichbleibend hohe Nachfrage nach Fachkräften in der Chemieindustrie tatsächlich realisiert werden kann.

## 4.2 Fallstudie Maschinenbau

Der folgende Abschnitt gibt auf Basis vorliegender Studien sowie aktueller Daten einen Überblick über die Bedeutung des Maschinenbaus für Hessen und stellt dar, in welcher Form die Digitalisierung die Branche betrifft und welche Qualifizierungsbedarfe sich abzeichnen.

Mit 1,05 Millionen Beschäftigten (Stand 30.6.2020) in über 6.600 Unternehmen mit (2019) ca. 229 Milliarden € Jahresumsatz ist der Maschinenbau nach der Systematik der Wirtschaftszweige die größte Industriebranche in Deutschland (Bundesagentur für Arbeit 2021; BMWi 2021). Etwa 200.000 Ingenieurinnen und Ingenieure sind im Maschinenbau tätig, so dass die Branche einen wichtigen Schwerpunkt der industriellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in Deutschland darstellt. Knapp 50 % der Ingenieure sind in den Unternehmensbereichen Forschung und Entwicklung sowie Konstruktion tätig (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) 2020). Die Branche ist in Deutschland außerordentlich exportstark, jedoch insgesamt mittelständisch geprägt. In Hessen ist sie durch eine besonders kleinbetriebliche Struktur gekennzeichnet. Auf insgesamt 40 Großbetriebe mit mehr als 250 Beschäftigten entfielen im Jahr 2016 in Hessen

43,1 % der Beschäftigten und 58,2 % des Umsatzes. In Deutschland waren 62,2 % der Beschäftigten in Großbetrieben tätig, auf die 71,2 % des Umsatzes entfiel (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2018a).

### **Bedeutung des Maschinenbaus für Hessen**

Zwei aktuellere Studien des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2018a) und des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020b) liefern eine umfassende Beschreibung der Bedeutung des Maschinenbaus für Hessen. Sie befassen sich mit dem Branchenprofil (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2018a) bzw. mit der Situation des Mittelstands (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020b). Der Bezug beider Berichte zu dieser Branche verdeutlicht ein erstes wichtiges Kennzeichen des hessischen Maschinenbaus: Im Gegensatz zu anderen bedeutenden Industriebranchen, insbesondere der chemischen und pharmazeutischen Industrie oder der Automobilbranche, ist der Maschinenbau in Hessen nicht durch Großunternehmen mit teilweise mehreren Tausend Beschäftigten gekennzeichnet. Er ist in Hessen vielmehr überwiegend mittelständisch und wie erläutert im Vergleich zu Deutschland insgesamt durch eine noch kleinbetrieblichere Struktur geprägt.

Als Mittelstand werden im Mittelstandsbericht (2018a) gemäß EU-Definition Betriebe mit weniger als 250 Beschäftigten definiert. Nach Angaben der Umsatzsteuerstatistik entfielen im Jahr 2018 in Hessen 35,2 % des gesamten Jahresumsatzes der Unternehmen auf den Mittelstand und 64,8 % auf größere Unternehmen. Im Laufe des vergangenen Jahrzehnts war der Umsatzanteil des Mittelstands weitgehend stabil. In Deutschland insgesamt lag er mit 36 % im Jahr 2018 nur leicht über dem in Hessen, allerdings blieb auch der Abstand im Laufe des vergangenen Jahrzehnts stabil. Im Maschinenbau in Hessen beträgt der Anteil des Mittelstands 39,2 % und ist damit recht nah am Gesamtdurchschnitt aller Branchen in Hessen. Innerhalb Deutschlands ist dieser Wert jedoch ungewöhnlich: So liegt der Umsatzanteil des Mittelstands im Maschinenbau in Deutschland insgesamt bei nur 29,1 %.

Der Beschäftigtenanteil des Maschinenbaus am verarbeitenden Gewerbe lag 2016 in Hessen bei 11,1 %, der Anteil des Auslandsumsatzes dagegen bei 12 %, d.h. der hessische Maschinenbau ist im Industrievergleich leicht überdurchschnittlich exportorientiert.

Insgesamt waren am 31.3.2020 in Hessen 48.300 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Maschinenbau tätig, am 31.3.2015 waren es 46.960. Die Beschäftigung im hessischen Maschinenbau stieg somit um 2,9 %, insgesamt stieg die Zahl der Beschäftigten in Hessen um 11 % an. Ob und inwieweit das im Branchenvergleich schwächere Beschäftigungswachstum mit entsprechenden Produktivitätssteigerungen einhergeht, kann für den hier betrachteten Zeitraum nicht abschließend anhand von Daten zur branchenspezifischen Wertschöpfungs- oder Umsatzentwicklung beurteilt werden, weil diese Informationen nicht in gleicher Aktualität vorliegen. Im Zeitraum von März 2018 bis März 2019 verzeichnete der Maschinenbau in Hessen nach Angaben des Hessisches Statistisches Landesamt 2019) jeweils einen gegenüber dem verarbeitenden Gewerbe insgesamt überdurchschnittlichen Beschäftigungs- (+4 %) und Umsatzzuwachs (+5,5 %). Dies lässt zumindest für den Zeitraum 2018-2019 auf Produktivitätsgewinne schließen.

Die Produktpalette des hessischen Maschinenbaus ist breit. Der überwiegende Teil der Erzeugnisse wird als Investitionsgüter bei anderen Unternehmen eingesetzt, z.B. in der Automobil-, Elektro- oder Chemieindustrie oder im Maschinenbau selbst. Die Bandbreite der hergestellten

Maschinen und Anlagen umfasst etwa Verbrennungsmotoren, Turbinen, Pumpen, Kompressoren, Öfen und Brenner, Aufzüge, Kräne und Erzeugnisse der Kältetechnik (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020b).

2015 entfielen 8 % der Industriearbeitsplätze in Hessen auf den Maschinenbau, jedoch nur 4,7 % der industriellen FuE-Aufwendungen. Letztere werden sehr stark von der pharmazeutischen Industrie und der Automobilbranche dominiert. Die Investitionen entsprachen 2016 im Maschinenbau einer Investitionsquote – definiert als Bruttoanlageinvestitionen in Relation zum Umsatz – von 1,7 %. Im hessischen verarbeitenden Gewerbe insgesamt waren es wie auf Bundesebene 3,6 %. Nahe liegt, dass die vergleichsweise geringe FuE-Tätigkeit und die unterdurchschnittlichen Investitionen des hessischen Maschinenbaus zum großen Teil auf dessen relativ kleinbetriebliche Struktur zurückzuführen sind. Die insgesamt sehr gute Wirtschaftslage in Hessen wird stark von den eher großindustriellen Branchen sowie von der Wirtschaftskraft des Rhein-Main-Ballungsraums getrieben. Der Maschinenbau tritt im hessischen Vergleich nicht als besonders leistungsstark hervor. Die relativ ausgeprägte Exportorientierung und das Beschäftigungs- und Umsatzwachstum lassen jedoch auf eine Branche schließen, die sich zumindest bislang auch im internationalen Wettbewerb behaupten konnte.

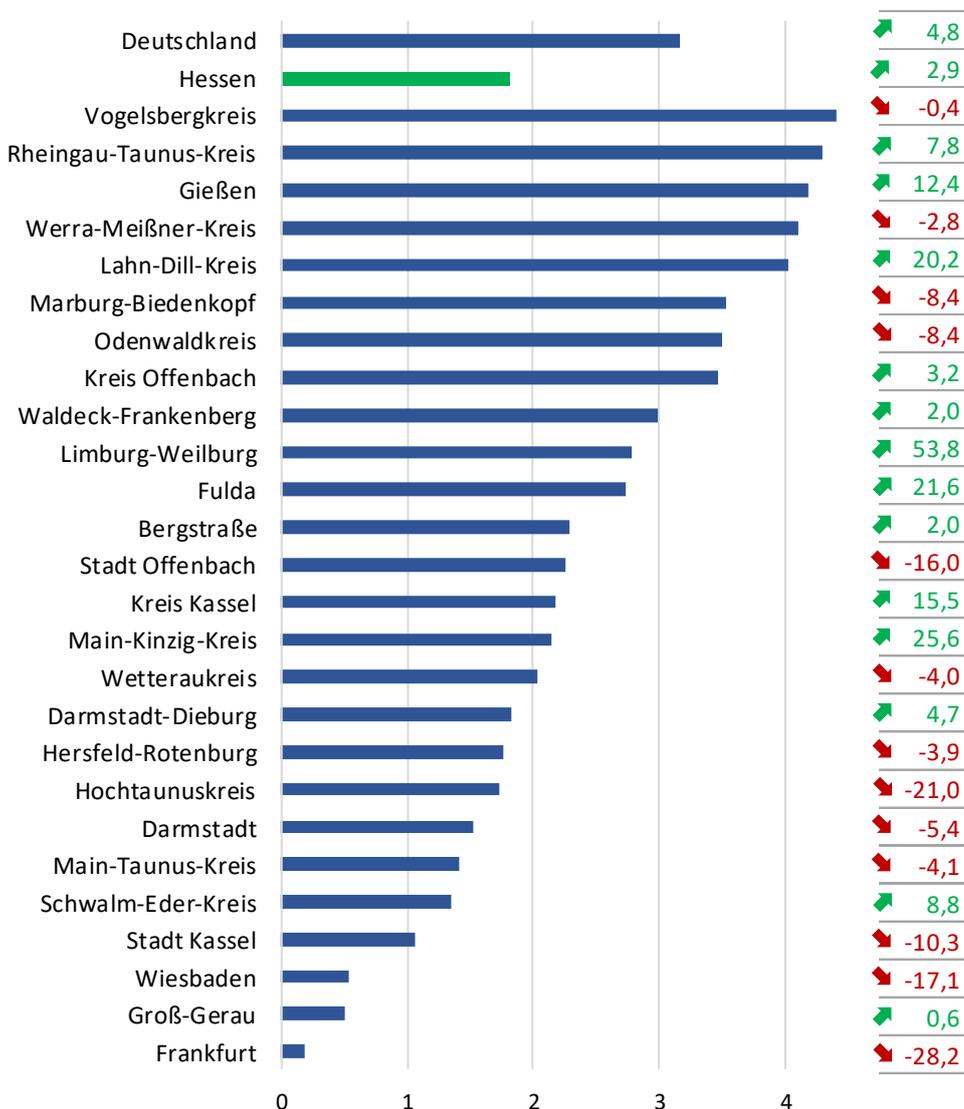
Die mittelständische Struktur ist innerhalb von Hessen mit einer relativ breiten regionalen Streuung verbunden (s. Abb. 15 auf der folgenden und Abb. 16 auf der übernächsten Seite). Größere Arbeitgeber befinden sich im Kreis Offenbach (z.B. die Karl Meyer Stoll-Textilmaschinenfabrik mit etwa 1.100 Beschäftigten am Stammsitz in Obertshausen im Jahr 2016), im Kreis Gießen (die Robert Bosch Lollar Guss GmbH mit etwa 1.400 Beschäftigten) sowie im Lahn-Dill-Kreis (Stammwerk der Sell GmbH mit etwa 1.500 Beschäftigten in Herborn). Die örtlichen Beschäftigtenanteile variieren aktuell zwischen 0,2 % in Frankfurt und 4,4 % im Vogelsbergkreis (s. Abb. 16 auf der übernächsten Seite), im hessischen Durchschnitt sind es 1,8 %. Niedrige Anteile (<1 %) kennzeichnen außerdem Wiesbaden und den Kreis Groß-Gerau. Auch Darmstadt und die Stadt Kassel weisen einen unterdurchschnittlichen Besatz auf, in der Stadt Offenbach liegt er dagegen über dem hessischen Durchschnitt. Dort befindet sich u.a. ein größerer Siemens-Standort.

Das Beschäftigungswachstum verteilte sich im Zeitraum 2015 bis 2020 heterogen unter Standorten mit höherem und niedrigem Beschäftigtenbesatz im Maschinenbau. So verzeichneten der Kreis Offenbach und der Lahn-Dill-Kreis mit einem Wachstum von +25,6 % bzw. +21,6 % eine weitere Agglomeration, andere Kreise mit größerer Konzentration von Beschäftigten im Maschinenbau, wie die Kreise Gießen und Marburg-Biedenkopf, wiesen dagegen ein nur schwaches Wachstum (+2 %) bzw. sogar einen Rückgang (Main-Kinzig-Kreis, Fulda) auf.

Abgesehen von den genannten sowie einigen weiteren großen Betriebsstätten (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020b) steht der hessische Maschinenbau dem digitalen Wandel somit überwiegend aus der Perspektive eines mittelständischen Industriezweigs gegenüber. Ein im Vergleich aller Branchen unterdurchschnittliches Beschäftigungswachstum, im Industrievergleich unterdurchschnittliche FuE-Aktivitäten und unterdurchschnittliche Investitionen lassen erwarten, dass viele der im Zuge des digitalen Wandels erzielbaren Automatisierungen noch nicht umgesetzt wurden. Wenn es den mittelständischen Unternehmen gelingt, die durch die Digitalisierung entstehenden Chancen (siehe unten) zu nutzen, können sie jedoch der zunehmenden Polarisierung zwischen der Rhein-Main-Region als prosperierendem Zentrum und den peripheren Regionen entgegenwirken.

**Abb. 15: Beschäftigte im Maschinenbau (2020) und Wachstum 2015-2020**

Absolut und Wachstum in %



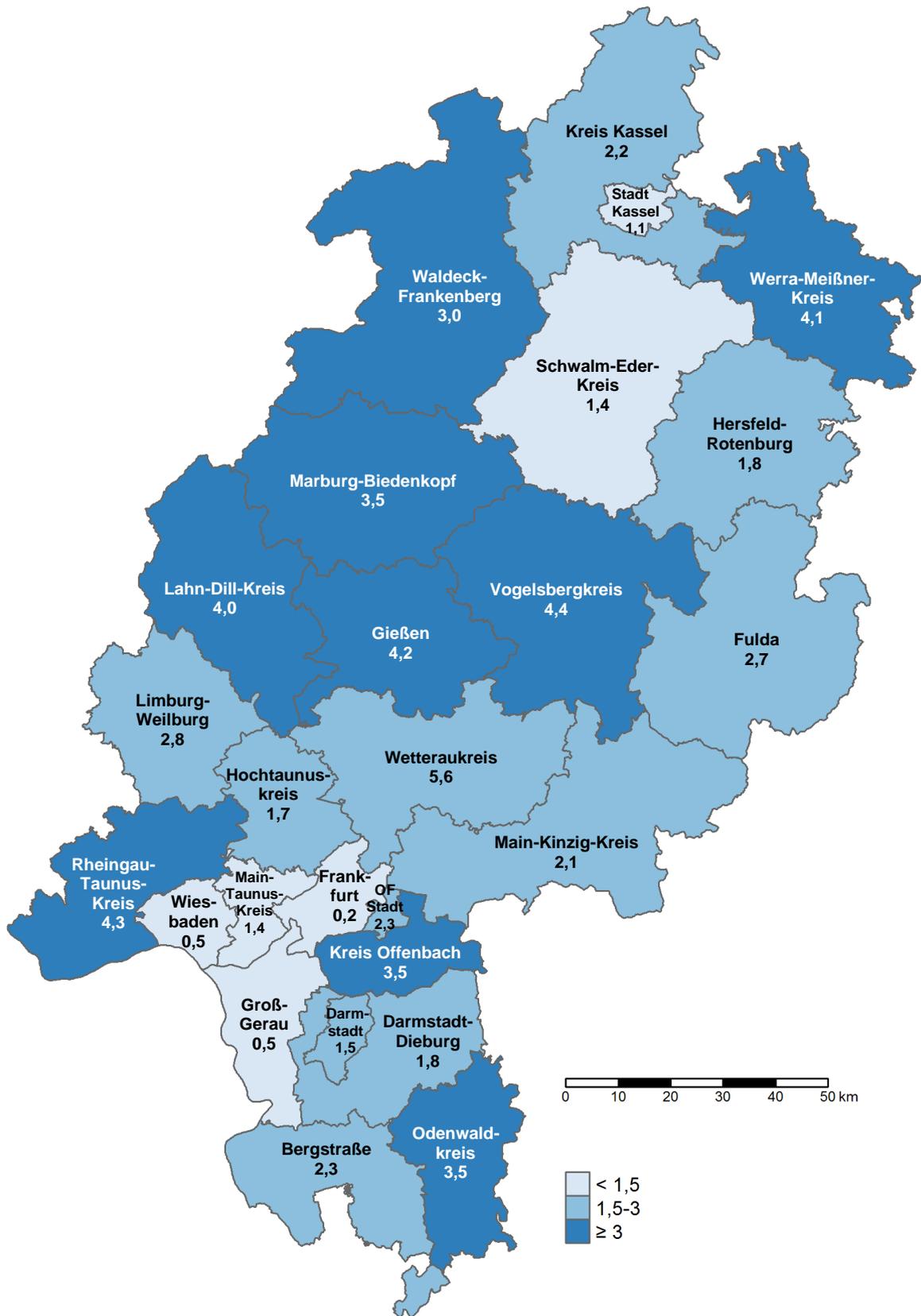
Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020c).

## Digitalisierung im Maschinenbau

Berufliche Schwerpunkte konzentrieren sich im hessischen Maschinenbau erwartungsgemäß auf Fertigungs- und fertigungstechnische Berufe. Auf diese Berufssegmente entfallen aktuell fast zwei Drittel der Tätigkeiten (63,3 %), kleinere Schwerpunkte umfassen die Handelsberufe (7,4 %) sowie Unternehmensführung und -organisation (14,5 %) (Bundesagentur für Arbeit 2020c).

Die Studie des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (2020b) zum Branchenprofil stellt fest, dass der Maschinenbau selbst eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung von „Smart Factory-“ und Industrie 4.0-Prozessen in Hessen darstellt, andererseits aber selbst in hohem Maße von der Digitalisierung geprägt werden wird. So gehen die Autoren davon aus, dass sich aus der Verschmelzung von klassischem Maschinenbau mit den Informations- und Kommunikationstechnologien umfangreiche Potenziale für die Branche ergeben. Bestandteil des digitalen Wandels sind neue Fertigungsverfahren (z.B. 3D-Druck), die die Möglichkeit bieten, individuelle Bauteile und kleine Serien schnell, kostengünstig und quasi „werkzeuglos“ zu produzieren.

**Abb. 16: Beschäftigte im Maschinenbau (2020)**  
 Anteil in % an den Beschäftigten insgesamt



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020c).

Die Autoren gehen davon aus, dass die Digitalisierung nicht nur zu weiteren Produktivitätssteigerungen, sondern auch zur Einführung neuer, „hybrider“ Kombinationen aus Produktion und Service führen wird. Die Leistung der Maschinenbauunternehmen wird dabei über Montage, Inbetriebnahme, Probefertigung, Schulung, Reparatur und „klassische Wartung“ hinausgehen. Vielmehr wird eine „Predictive Maintenance“ bzw. vorausschauende Wartung auf der (Fern-) Überwachung von Maschinen basieren, wobei auf Basis laufend erfasster Daten nicht mehr nur der aktuelle, sondern der zukünftige Zustand von Anlagen prognostiziert und auf diese Art Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen genauer und bedarfsgerechter geplant werden können.

In diesem Zusammenhang zeichnet sich ab, dass im Zuge des fortschreitenden digitalen Wandels digitale Plattformen für das Internet der Dinge (IoT) zum zentralen Knowhow-Träger zukünftiger Automatisierungskonzepte werden (Dispan und Schwarz-Kocher 2018b). Künstliche Intelligenz und die Virtualisierung der Fabriksteuerung in cyber-physischen-Systemen (CPS) werden nicht mehr Element der Maschinen und ihrer Steuerungen sein, d.h. Maschinen könnten in einem komplexen CPS zum mechanischen Anhängsel und standardisierten Ausführer degradiert werden. Ziel für Maschinenbauunternehmen dürfte es daher sein, die direkte Kundenschnittstelle weiterhin zu kontrollieren und nicht an branchenfremde (Software-)Anbieter zu verlieren.

Mit der Digitalisierung verbindet sich in vielen Unternehmen die Erwartung, dass auf der Grundlage von Echtzeitdaten die Produktion flexibler und störungsfreier betrieben werden kann, wobei die Optimierung der Intralogistik eine zunehmende Rolle spielt. Hohe Anforderungen der Kunden an Automatisierung, Vernetzung und 24/7-Verfügbarkeit führen zudem zur Integration der wachsenden Logistikbranche (zur Durchführung des Warentransports zwischen Betrieben bzw. Betriebsstätten) in den digitalisierten Produktionsprozess.

Inwieweit die Chancen der Digitalisierung durch den hessischen Maschinenbau genutzt werden können, wird davon abhängen, dass nicht nur Großunternehmen und innovative Start-ups entsprechende Strategien entwickeln und investieren, sondern auch der Mittelstand. Die Digitalisierung stellt hohe Anforderungen an Forschung und Entwicklung an der Schnittstelle von Maschinenbau, Elektrotechnik und IT. Hierfür werden hauptsächlich hochqualifizierte Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer benötigt. Deren Berufsbilder dürften sich dabei in erheblichem Maße wandeln.

Zahlreiche Anbieter des hessischen Maschinenbaus gehören in ihrer jeweiligen Nische zu den Technologie- oder Marktführern und in den Mittelgebirgsregionen zu den Leistungsträgern der regionalen Wirtschaft. Diese „Hidden Champions“ bieten oftmals individuell angepasste Kundenlösungen, wobei sie oftmals keine eigenen FuE-Abteilungen unterhalten. Viele Unternehmen nutzen daher nach Aussage der Studie des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen 2020b eine Kooperation in Wirtschaftsclustern, um betriebsgrößenbedingte Nachteile zu kompensieren.

Im Gegensatz zur inzwischen umfangreichen Literatur zu den Arbeitsmarkteffekten der Digitalisierung liegen relativ wenige Untersuchungen mit spezifischem Maschinenbau-Bezug vor (Hirsch-Kreisen 2009; Pfeiffer et al. 2016a,b). Dispan und Schwarz-Kocher (2018) arbeiten in einer qualitativen Studie Einschätzungen zu Beschäftigungswandel und betrieblichen Gestaltungsfeldern des digitalen Wandels im Maschinenbau heraus. Der Studie zufolge werden die künftigen Beschäftigungswirkungen der Digitalisierung durch gegenläufige Prozesse geprägt sein. Neue Produkte und Dienstleistungen werden Arbeitsplätze sichern und schaffen. Dagegen werden Effizienzgewinne Arbeitsplätze verändern und teilweise überflüssig machen. Aktuelle Problemfelder für Maschinenbau-Unternehmen liegen nach Expertenmeinung insbesondere im Bereich

fehlender Qualifikationen. Die Autoren leiten zwei mögliche Szenarien der durch die Digitalisierung bedingten Qualifikationserfordernisse ab:

- **Upgrading:** Für eine Aufwertung der Facharbeiter-Qualifikationen im Maschinenbau sprechen hohe Anforderungen an Flexibilität und Genauigkeit in der von Software-Systemen und digitalen Technologien geprägten Prozesslandschaft.
- **Polarisierung:** Für eine Qualifikations-Abwertung hin zu verstärktem Angelernten-Einsatz spricht die Standardisierbarkeit von Montageprozessen, selbst bei individuellen Kundenlösungen. Gleichzeitig könnte es mehr anspruchsvolle Tätigkeiten für die Wartung und Installation von Systemen geben.

Pfeiffer et al. (2016b) zeigen in einer bundesweiten Befragung auf, dass sich die formale Qualifikationsstruktur der Beschäftigten im Maschinenbau aus vielfältigen Mischformen von Erst- und Mehrausbildungen und Berufswechseln zwischen Qualifikationsniveaus zusammensetzt. Der Befragung aus dem Jahr 2012 zu Folge ist die Weiterbildungsbereitschaft im Maschinenbau stark ausgeprägt. Wie insgesamt profitieren allerdings überwiegend die schon Qualifizierten. Die Autoren gehen davon aus, dass für den Umgang mit Unwägbarkeiten und Komplexität neben der formalen Ausbildung und Weiterbildung insbesondere informelle Fähigkeiten und Erfahrungswissen relevant sind. Mit steigendem Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad könnte ein „Hightech-Gespür“, insbesondere zur Vermeidung von Störungen, bedeutender werden.

In Bezug auf Qualifizierungsbedarfe für die Industrie 4.0 bis 2025 erkennen Pfeiffer et al. (2016a) drei Szenarien, die der Einschätzung durch Dispan und Schwarz-Kocher (2018b) entsprechen.

- Beim Szenario „Growing Gap“ geht die Schere zwischen hoch und niedrig Qualifizierten – wie im Polarisierungsszenario - stärker auseinander.
- Ein „General Upgrading“-Szenario geht – vergleichbar mit dem Upgrading-Szenario - von der Notwendigkeit (und Umsetzung) einer höheren Qualifizierung für alle aus.
- Ein drittes Szenario nimmt – im Gegensatz zum Polarisierungsszenario – eine Aufwertung der Facharbeiterqualifikation und der damit verbundenen Scharnierfunktion zwischen Qualifikationsniveaus, Fachrichtungen und abstrakten wie konkreten Anforderungen an.

Das dritte Szenario ist für die Abschätzung der Arbeitsmarkteffekte des technologischen Fortschritts der näheren Zukunft besonders interessant, weil es neue Perspektiven für Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer mit mittlerer Industriefacharbeiter-Ausbildung eröffnet. Eine viel beachtete „Globalisierungshypothese“ der 1980er und 1990er Jahre (Friedmann 1986) führte zu der Einschätzung, dass es im Zuge des Wandels der wirtschaftlichen Schwerpunkte von der Industrie zu den Dienstleistungen insgesamt – zunächst in Großstädten - zu einer weitgehenden Verdrängung von Arbeitsplätzen mit mittlerer Qualifikation kommen könnte. Eine stärkere Verzahnung von Produktions- und Dienstleistungsaktivitäten innerhalb von Industriebranchen wie dem Maschinenbau könnte dagegen im Zuge des digitalen Wandels die Berufschancen der Absolventinnen und Absolventen von Facharbeiterausbildungsgängen verbessern. Dieses Szenario ist insbesondere für die mittelständisch geprägten Regionen von Bedeutung. Für sie könnten sich im Gegensatz zum im Moment erwarteten Arbeitsplatzabbau bessere Aussichten ergeben, vorausgesetzt, dass die vermutete Bedeutungszunahme der Scharnierfunktion von Facharbeiterqualifikationen innerhalb der dort vertretenen Industriebranchen auch tatsächlich eintritt.

Das durchschnittliche Substituierbarkeitspotenzial für das verarbeitende Gewerbe wird durch aktuelle IAB-Analysen auf Basis der Berufsstruktur (zu 53 % sind es Fertigungs- und fertigungstechnische Berufe) auf 68 % geschätzt (Weißler 2018). Im Maschinenbau sind aktuell sogar 63,3 % in Fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen tätig.

Eine zentrale wirtschaftspolitische Handlungsempfehlung mit Blick auf den hessischen Maschinenbau lautet, in Zusammenarbeit insbesondere mit den mittelständischen Unternehmen die Umsetzbarkeit des „Upgrading-Szenarios“ zu prüfen. Hierbei dürfte die „Hybridisierung“ der Maschinenbau-Industrie bzw. die weitere Verzahnung von Produktion und Serviceleistungen innerhalb von Unternehmen eine zentrale Rolle spielen. Zudem kommt für die Bewältigung der hierbei entstehenden technischen und organisatorischen Herausforderungen gerade für mittelständische Unternehmen die Kooperation mit Forschungseinrichtungen innerhalb von Wirtschaftsclustern eine große Bedeutung zu.

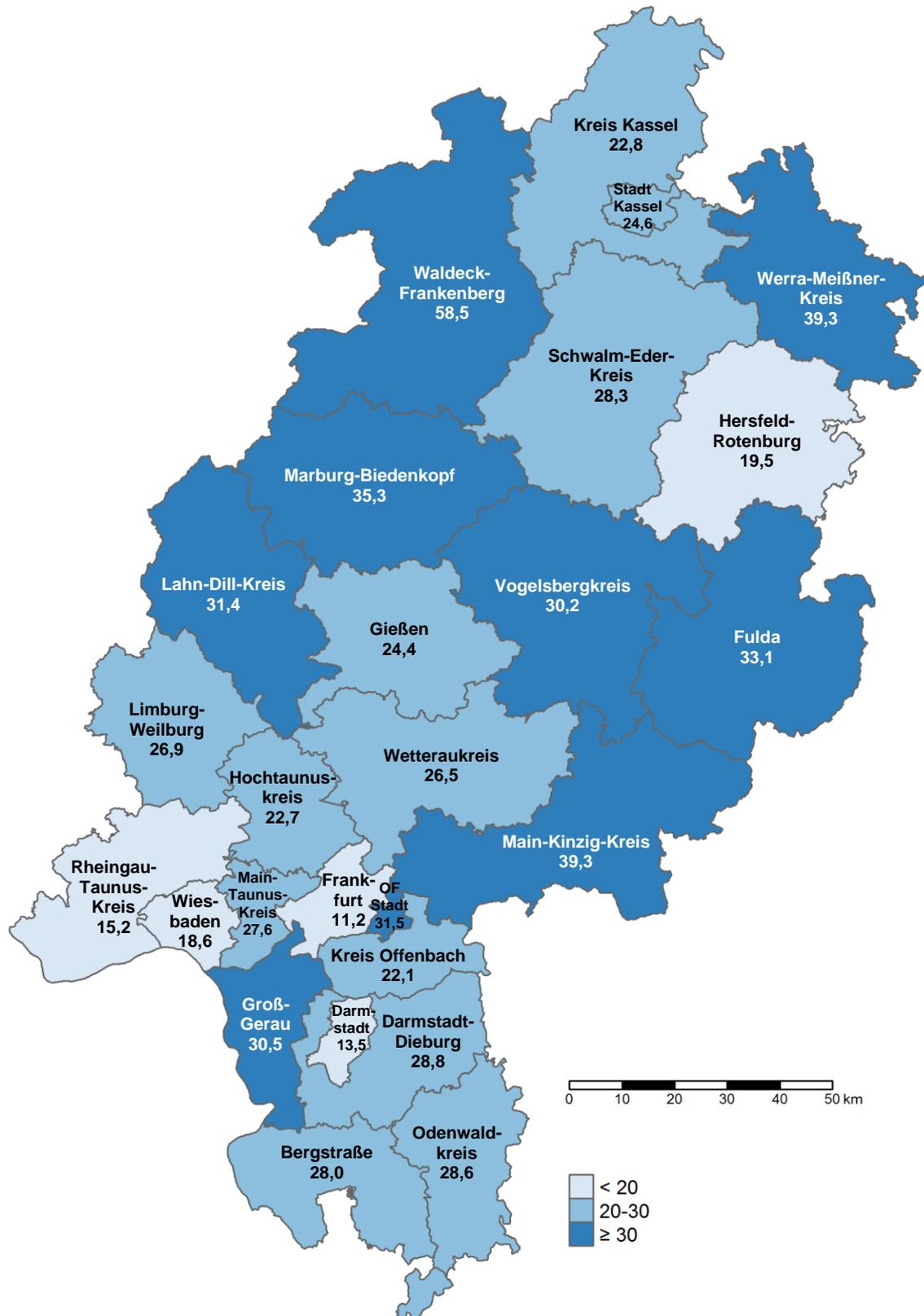
Abb. 17 stellt auf der folgenden Seite die regionalen Beschäftigtenanteile mit hohem Substituierbarkeitspotenzial innerhalb des Maschinenbaus auf der Ebene der Kreise und kreisfreien Städte in Hessen dar. Erwartungsgemäß weist der Maschinenbau überdurchschnittliche Substituierbarkeitspotenziale in Kreisen auf, die insgesamt durch ein hohes Potenzial gekennzeichnet sind, so im Lahn-Dill-, Main-Kinzig-, Vogelsberg- und Werra-Meißner-Kreis. Am höchsten ist das Substituierbarkeitspotenzial im Kreis Waldeck-Frankenberg (58 %), was mit hohen Beschäftigtenanteilen in Berufshauptgruppen (Metallerzeugung, -bearbeitung, Metallbau, Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe) erklärt werden kann, die ein hohes Substituierbarkeitspotenzial aufweisen. Auch im Schwalm-Eder- und Odenwaldkreis (mit insgesamt hohem Substituierbarkeitspotenzial) weist die Maschinenbaubranche überdurchschnittlich viele Beschäftigte mit hohem Substituierbarkeitspotenzial auf.

Unter den Kreisen mit insgesamt mittlerem Substituierbarkeitspotenzial ist der Maschinenbau in den Kreisen Gießen, Hersfeld-Rotenburg und Limburg-Weilburg durch ein unterdurchschnittliches, in den Kreisen Bergstraße, Darmstadt-Dieburg, Fulda und Marburg-Biedenkopf dagegen durch ein überdurchschnittliches Substituierbarkeitspotenzial gekennzeichnet. Im Kreis Hersfeld-Rotenburg entfällt der größte Teil der Beschäftigten auf Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe, für die dort ein etwas geringeres Substituierbarkeitspotenzial (< 70 %) ausgewiesen wird, sowie ein überdurchschnittlicher Anteil auf Unternehmensführung und Organisation (20 %). Innerhalb der Kreise mit großen Maschinenbaustandorten liegt das branchenspezifische Substituierbarkeitspotenzial in den Kreisen Offenbach und Gießen unter dem hessischen Durchschnitt, im Lahn-Dill-Kreis darüber.

### Fazit

Die Fallstudie zeigt auf, dass der hessische Maschinenbau - abgesehen von einzelnen größeren Betriebsstätten mit mehr als 1.000 Beschäftigten in den Kreisen Gießen und Offenbach sowie im Lahn-Dill-Kreis und einem größeren Betrieb in der Stadt Offenbach - dem digitalen Wandel überwiegend als mittelständischer Industriezweig gegenübersteht. Ein im Industrievergleich unterdurchschnittliches Beschäftigungswachstum, unterdurchschnittliche FuE-Aktivitäten und Investitionen lassen erwarten, dass viele der im Zuge des digitalen Wandels erzielbaren Automatisierungen noch nicht umgesetzt wurden. Dies geht einher mit einem erhöhten Bedarf an Anlagemodernisierungen mit Blick auf digitale Prozessoptimierungen, Predictive Maintenance und andere IoT-Potenziale. Im Durchschnitt der hessischen Kreise ist deshalb mehr als ein Viertel der Beschäftigten im Maschinenbau akut substituierungsgefährdet. Eine besondere Substituierungsgefahr kennzeichnet den Maschinenbau insbesondere in Kreisen mit insgesamt hohem Beschäftigtenanteil im verarbeitenden Gewerbe, vor allem in den mittleren und nördlichen Landesteilen, außerhalb des Rhein-Main-Ballungsraums.

**Abb. 17: Beschäftigte im Maschinenbau mit hohem Substituierbarkeitspotenzial (>70 %)\*  
in % an der Beschäftigung im Maschinenbau, 2020**



Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben der Arnold et al. (2015). \*Die Karte zeigt den Anteil der Beschäftigten, die beruflichen Tätigkeiten nachgehen, von denen bereits heute mehr als 70 % von einem Computer bzw. einer computergesteuerten Maschine erledigt werden könnten.

Im hessischen Vergleich kann es der Maschinenbau nicht mit der Forschungsintensität der Großindustrie oder der Wertschöpfung am Finanzplatz Frankfurt aufnehmen. Er zeichnet sich jedoch durch eine insgesamt robuste Beschäftigungs- und Umsatzentwicklung aus und kann bislang auch im internationalen Wettbewerb bestehen. Für den mittelständischen Maschinenbau in den ländlicheren Regionen wird viel davon abhängen, ob und inwieweit es gelingen kann, ein „Upgrading“-Szenario zu verwirklichen, in dem es zu einer Aufwertung der Facharbeiterqualifikation und einer damit verbundenen Scharnierfunktion zwischen verschiedenen Qualifikationsniveaus kommen wird. Aus Expertensicht gehört ein solches Szenario – neben einem alternativen Polarisierungsszenario – zu den möglichen Perspektiven für die nähere Zukunft. Seine Verwirklichung wird von der Umsetzung zunehmend hybrider Geschäftsmodelle – Verzahnung von Produktion und „Predictive Maintenance“ – abhängen, die die Branche vor vielfältige Umstrukturierungs- und Qualifizierungsherausforderungen stellt.

### 4.3 Fallstudie Handwerk

Das Handwerk ist in Deutschland ein beschäftigungs- und umsatzstarker Wirtschaftsbereich. Er repräsentiert einen großen Teil des gewerblich-technischen Mittelstandes. In dieser Funktion ist es nicht nur ein bedeutender Arbeitgeber, sondern erfüllt auch wichtige Aufgaben im Bereich der dezentralen Versorgung mit technischen und persönlichen Dienstleistungen sowie der beruflichen Ausbildung. In Hessen sind 7,4 % der Unternehmen des deutschen Gesamthandwerks ansässig, sie beschäftigen 6,8 % aller Handwerker in Deutschland und erzielen 6,4 % des Umsatzes. Handwerksunternehmen sind in vielen Wirtschaftssektoren anzutreffen, wo sie an der Bereitstellung passgenauer und individueller Produkte und Dienstleistungen, sei es im Bereich Gesundheit, Mobilität, Energie, Umwelt, Kultur, Wohnen oder Ernährung, beteiligt sind. Sie decken regionale Bedarfe ab, für die industrielle Massenfertigung keine Anwendung findet oder sich wegen der geringen Marktgröße nicht lohnt.

Handwerk kann kaum trennscharf von anderen Wirtschaftsbereichen definiert werden, da „konstitutive“ Merkmale (wie beispielsweise Personalität, Individualität, Lokalität, Technikeinsatz, Berufsbildung, Selbständigkeit, Flexibilität, Unternehmensgröße) sich als unzureichend erwiesen haben, Handwerk von Unternehmen anderer Wirtschaftsbereiche (Industrie, Handel, Dienstleistungen) eindeutig abzugrenzen (RWI 2004). Deshalb wird hier auf die in den Anlagen zur Handwerksordnung (HwO) verzeichneten Berufe zurückgegriffen, die qua Gesetz als Handwerk festgelegt sind (Legaldefinition).<sup>11</sup> Seit 2004 werden innerhalb des Handwerks drei Kategorien unterschieden: zulassungspflichtige, zulassungsfreie und handwerksähnliche Handwerkszweige.

Handwerksunternehmen sind nicht nur in zahlreichen Marktfeldern vertreten, sondern sie erfüllen auch eine wichtige regionale Versorgungsfunktion. Viele Handwerksleistungen gehören in Deutschland zur infrastrukturellen Grundausrüstung einer Region. Der Bäcker und Fleischer um die Ecke oder der Installateur aus der Nachbarschaft, der kurzfristig einen Rohrbruch beseitigt, sind hierzulande eine Selbstverständlichkeit. Der weit überwiegende Teil des Handwerks ist auf „kleinen“ Märkten tätig, d.h. der Absatzradius liegt in der Regel unter 50 km. Nur 3,5 % des handwerklichen Umsatzes wird im Ausland erwirtschaftet und lediglich 7,2 % der Handwerksbetriebe sind im Ausland tätig (BMW2020b).

---

<sup>11</sup> In dieser Fallstudie wird unter Handwerk – sofern nicht ein bestimmtes Gewerk genannt wird – sowohl das zulassungspflichtige als auch das zulassungsfreie Handwerk verstanden.

## Das Handwerk in Hessen

Allein in Hessen sind nach der letzten Handwerkszählung knapp 41.000 zulassungspflichtige und zulassungsfreie Handwerksunternehmen registriert. In ihnen sind 356.000 Personen tätig, die zusammen einen Umsatz von mehr als 36,6 Mrd. € Umsatz erwirtschaften (Handwerkszählung 2018). Im Ländervergleich erzielt das hessische Handwerk das viertgrößte Umsatzvolumen in Deutschland. Rückblickend auf die letzten 3 Jahre hat das Handwerk in Hessen beim nominalen Umsatzwachstum etwas schlechter als das Handwerk im Bundesdurchschnitt abgeschnitten, lag aber 2019 mit einem Plus von 4,5 % wieder leicht vorne.

Unterschieden nach Gewerbegruppen hat das hessische Handwerk einen Schwerpunkt im Bereich „Leistungen für den gewerblichen Bedarf“ (Tab. 4). Nach dem Ausbaugewerbe ist der Anteil der hier Beschäftigten am größten. In Hessen liegt er 2,4 Prozentpunkte über dem Bundesdurchschnitt. Das hängt mit der starken industriellen Basis im Rhein-Main-Gebiet und rund um Kassel zusammen, wo das Handwerk ein wichtiges Verbindungsglied zwischen Produzenten und Endverbrauchern darstellt (Zulieferhandwerk, technischer Servicedienstleister für Industriebetriebe etc.). In diese Gewerbegruppe fallen überwiegend Berufe des Metall- und Elektrobereichs, in denen technische Anwendungen eine besondere Rolle spielen und von denen angenommen werden kann, dass dort Prozesse der Digitalisierung eine besondere Rolle spielen.

**Tab. 4: Beschäftigte im Handwerk nach Gewerbegruppen und deren Anteil am Gesamthandwerk**

	Tätige Personen im Jahresdurchschnitt					Anteil 2018	Jahresdurchschnittliche Veränderung in %
	2014	2015	2016	2017	2018		
<b>Hessen</b>							
Handwerk insgesamt	332.826	336.000	340.639	344.540	356.625	100,0	1,4
Bauhauptgewerbe	43.447	44.118	45.405	46.385	49.784	14,0	2,9
Ausbaugewerbe	92.707	93.844	95.330	96.278	100.304	28,1	1,6
Handwerke für den gewerblichen Bedarf	87.666	89.774	91.665	93.690	97.366	27,3	2,2
Kraftfahrzeuggewerbe	36.658	36.475	36.897	37.440	38.038	10,7	0,8
Lebensmittelgewerbe	33.127	32.445	32.221	31.587	31.410	8,8	-1,0
Gesundheitsgewerbe	13.149	13.372	13.438	13.532	13.640	3,8	0,7
Handwerke für den privaten Bedarf	26.072	25.972	25.683	25.628	26.083	7,3	0,0
<b>Bundesebene</b>							
Handwerk insgesamt	5.126.277	5.113.267	5.142.464	5.218.897	5.337.019	100,0	0,8
Bauhauptgewerbe	709.207	709.223	713.463	727.929	754.581	14,1	1,3
Ausbaugewerbe	1.426.877	1.429.245	1.437.632	1.465.916	1.505.744	28,2	1,1
Handwerke für den gewerblichen Bedarf	1.313.319	1.318.609	1.327.054	1.344.449	1.371.734	25,7	0,9
Kraftfahrzeuggewerbe	552.443	547.630	555.569	566.104	582.690	10,9	1,1
Lebensmittelgewerbe	542.697	534.249	532.557	533.651	537.640	10,1	-0,2
Gesundheitsgewerbe	193.520	196.042	198.592	201.554	204.844	3,8	1,2
Handwerke für den privaten Bedarf	388.214	378.269	377.597	379.294	379.786	7,1	-0,4

Quelle: Hessisches Statistisches Landesamt 2020 - Anmerkungen: Handwerk insgesamt (zulassungspflichtige und zulassungsfreie Gewerke), Sozialversicherungspflichtige und ausschließlich geringfügig Beschäftigte 2014-2018 einschließlich tätiger Unternehmer (geschätzt).

Handwerksleistungen gehören in Deutschland zur infrastrukturellen Grundausstattung einer Region. Um die Versorgungsdichte mit Handwerksleistungen zu ermitteln, kann die Zahl der Betriebe je 1.000 Einwohner herangezogen werden. Die Kennziffer ist entsprechend der Siedlungsstrukturen unterschiedlich und reicht von 8 in Darmstadt bis über 15 im Odenwaldkreis. Die teils

gravierenden regionalen Unterschiede dürften schwerpunktmäßig dem Einfluss regionaler wirtschaftlicher Gegebenheiten und Entwicklungen geschuldet sein. Das Bauhaupt- und das Ausbaugewerbe sind beispielsweise abhängig von der allgemeinen Baunachfrage – sei sie privat, öffentlich oder gewerblich. Die Unternehmen der Handwerke für den gewerblichen Bedarf sind vorrangig als handwerkliche Zulieferer abhängig vom Bedarf der Industrie, der wiederum maßgeblich vom Außenhandel, der Binnennachfrage und der allgemeinen Investitionsneigung beeinflusst ist. Die Situation des Lebensmittelgewerbes und der Handwerke für den privaten Bedarf wird schwerpunktmäßig bestimmt von der Einkommenssituation der privaten Haushalte und ihrer Konsumneigung. Das relative Gewicht einzelner Branchen – etwa der Industrie – variiert ebenso von Landkreis zu Landkreis wie die Kaufkraft der Privathaushalte. Entwicklungen, die diese Parameter beeinflussen, schlagen deshalb auch regional in unterschiedlichem Maße auf die Beschäftigungssituation und die Gesamtentwicklung in den einzelnen Gewerbegruppen des Handwerks durch.

**Tab. 5: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Handwerk und in Hessen insgesamt nach Kreisen**

	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Hessen			Anteil Handwerk in %
	im Handwerk		insgesamt	
	2015	2020	2020	
Darmstadt	6.851	6.307	106.759	5,9
Frankfurt	28.403	30.352	612.751	5,0
Stadt Offenbach	3.529	3.453	46.990	7,3
Wiesbaden	8.494	8.462	139.757	6,1
Bergstraße	9.176	9.457	77.110	12,3
Darmstadt-Dieburg	7.973	8.423	78.506	10,7
Groß-Gerau	9.012	9.528	100.676	9,5
Hochtaunuskreis	6.778	6.343	97.428	6,5
Main-Kinzig-Kreis	13.555	14.693	139.492	10,5
Main-Taunus-Kreis	6.974	7.204	104.421	6,9
Odenwaldkreis	4.930	4.774	27.675	17,3
Kreis Offenbach	12.680	13.596	129.946	10,5
Rheingau-Taunus-Kreis	4.492	4.265	45.767	9,3
Wetteraukreis	9.048	9.393	88.070	10,7
Gießen	9.089	9.449	101.648	9,3
Lahn-Dill-Kreis	12.527	11.573	95.693	12,1
Limburg-Weilburg	6.347	6.709	55.702	12,0
Marburg-Biedenkopf	9.525	9.679	92.864	10,4
Vogelsbergkreis	4.525	4.386	32.598	13,5
Stadt Kassel	9.644	9.361	112.725	8,3
Fulda	12.962	12.658	94.989	13,3
Hersfeld-Rotenburg	5.284	5.532	49.747	11,1
Kreis Kassel	10.480	10.929	75.777	14,4
Schwalm-Eder-Kreis	5.805	5.845	56.619	10,3
Waldeck-Frankenberg	7.254	7.500	64.162	11,7
Werra-Meißner-Kreis	4.115	4.061	28.769	14,1
Hessen insgesamt	229.452	233.932	2.656.641	8,8

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit.

Tab. 5 zeigt die arbeitsmarktpolitische Bedeutung des Handwerks anhand seines Anteils an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten insgesamt in Hessen nach Kreisen. Hier ragt der Odenwaldkreis mit 17,3 % heraus, während in den städtischen Regionen Darmstadt und Frankfurt ge-

ringere Anteile zu verzeichnen sind. Allerdings ist die Frage nicht zu beantworten, ob und in welcher Form die Digitalisierung zurzeit auf Standortentscheidungen Einfluss nimmt. Ob zukünftig Neuerungen wie z.B. Ferndiagnose und Fernwartung den regionalen Bezug des Handwerks relativiert, ist derzeit nicht vorhersagbar. In absehbarer Zeit wird die Präsenz des Handwerkers beim Kunden oder auf der Baustelle weiterhin erforderlich sein.

### **Beschäftigungsentwicklung und Facharbeitskräftemobilität**

Das hessische Handwerk konnte in den letzten Jahren seine Beschäftigung ausweiten. Dies ging wesentlich auf den Bausektor zurück, der sich in den vergangenen 10 Jahren dynamisch entwickelte. Die jahresdurchschnittlichen Steigerungsraten lagen jedoch unter der gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungsentwicklung. Die Ursache hierfür wird in dem Facharbeitskräftemangel gesehen. Aus Umfragen der Handwerkskammern geht hervor, dass die Nachfrage nach Handwerksleistungen zahlreichen Unternehmen erlauben würde, die Mitarbeiterzahl zu erhöhen, doch die Betriebe im Wettbewerb um qualifizierte Arbeitskräfte oft unterlegen sind. Untersuchungen haben ergeben, dass in der Öffentlichkeit ein unzureichendes und mitunter verzerrtes Bild des Handwerks besteht (Dürig 2011; Cramer und Müller 2011). Die Handwerksorganisation hat mit Imagekampagnen versucht, dem entgegenzuwirken.

Es sind jedoch weitere Faktoren hierfür ursächlich. Für das Handwerk stellt die eigene Ausbildungsaktivität die wichtigste Rekrutierungsstrategie dar: Über 80 % der hier Erwerbstätigen waren hier bis Ende der neunziger Jahre sektorenintern ausgebildete Gesellen, im Jahre 2005 waren es über 70 % (Haverkamp 2014) mit abnehmender Tendenz. Während also die Industrie über Jahrzehnte weniger Fachkräfte ausbildete als sie später beschäftigte und im bedeutenden Umfang fortwährend handwerklich qualifizierte Fachkräfte „importierte“, leistete das Handwerk überproportionale Ausbildungsbeiträge (Haverkamp 2012: 107ff). Thomä (2018) kommt in seiner Analyse zu dem Ergebnis, dass viele der abgewanderten Gesellen und Meister in besonders innovationsstarken Branchen tätig wurden. Insbesondere in der forschungsintensiven Industrie üben sie häufig komplexe Experten- und Spezialistentätigkeiten in innovativen Arbeitsumgebungen aus. Dieses Potenzial geht dem Handwerk u.a. bei der Umsetzung von Effizienzvorteilen durch Digitalisierung verloren.

Beschäftigte, die einen Arbeitsplatzwechsel vornehmen und aus anderen Wirtschaftsbereichen kommend eine Beschäftigung im Handwerk aufnehmen, haben deutlich höhere Lohnnachteile hinzunehmen, als wenn sie in anderen nicht-handwerklichen Berufen tätig werden würden (Haverkamp 2012: 112, Haverkamp 2014). So hat eine Untersuchung von Haverkamp und Fredriksen (2018) ergeben, dass im Durchschnitt über alle Beschäftigten und Branchen die Mitarbeiter im Handwerk 20 % weniger als die Mitarbeiter in der Gesamtwirtschaft verdienen (Haverkamp und Fredriksen 2018). Ein Nachteil der kleinen und mittleren Unternehmen ist es zudem, dass sie allein größenbedingt nicht in dem Umfang Vergünstigungen und soziale Vorzugsbedingungen bieten können wie größere („Beruf und Familie“, flexiblere Arbeitszeiten, Homeoffice usw.). Doch gerade in Zeiten einer großen Arbeitskräftenachfrage werden die angebotenen Arbeitsbedingungen bei Fachkräften zu einem entscheidenden Kriterium der Arbeitsplatzwahl.

### **Digitalisierung im Handwerk**

Handwerk ist ein arbeitsintensiver Wirtschaftsbereich. Dies hat nicht zuletzt mit der Tatsache zu tun, dass ein Großteil der Handwerksleistungen nicht standardisierbar ist und ein hohes Maß an Qualifikation erfordert. In vielen Handwerkszweigen geht es um die Entwicklung von technischen Lösungen für den speziellen Bedarf. Serienproduktion ist die Ausnahme. Trotz der vom Handwerk

erbrachten Individualleistungen steht es im Wettbewerb mit Industrie, Handel und anderen Dienstleistungsanbietern (RWI 2012).

In der Industrie wurden und werden zunehmend Maschinen und Anlagen entwickelt, die sich durch eine hohe Flexibilität auszeichnen. Das heißt, sie sind in der Lage, ein Standardprodukt in zahlreichen Varianten herzustellen (Mass Customization). Weiterhin wurden Geräte und Werkzeuge entwickelt, deren Bedienung stark vereinfacht und damit auch für weniger qualifizierte Arbeitskräfte (bis zum Do-it-Yourself-Bereich) bedien- und nutzbar sind. Der Handel hat sein Distributionssystem ausgebaut und damit die Verfügbarkeit von einst vor allem von Handwerksbetrieben angebotenen Produkten ausgeweitet (z.B. Musikinstrumente). Der Trend zu Leistungen aus einer Hand hat auch im Dienstleistungsbereich neue Geschäftsmodelle hervorgebracht. So haben sich Generalunternehmermodelle im Baugewerbe verbreitet, bei denen ein Dienstleister die Koordination der unterschiedlichen Gewerke übernimmt und damit in der Wertschöpfungskette eine wichtige Schlüsselposition zwischen Handwerk und Bauherren einnimmt. Diese Beispiele zeigen, dass es Entwicklungstrends bereits seit Jahrzehnten gibt, die geeignet sind, dem Handwerk nicht nur Konkurrenz auf seinen angestammten Märkten zu machen, sondern es möglicherweise zu verdrängen.

Aus diesen hier nur kurz skizzierten Marktprozessen resultiert, dass das Handwerk keineswegs (wie mitunter behauptet) durch die Handwerksordnung vom Wettbewerb abgeschottet ist, sondern sich mächtigen Anpassungserfordernissen gegenübergestellt sieht. Die Art der Handwerksleistungen mit einem hohen Grad der Arbeitsintensität setzt den Möglichkeiten der Produktivitätssteigerung Grenzen. Das Handwerk ist insbesondere im Preiswettbewerb gezwungen, seine betrieblichen Prozesse zu optimieren. Wenn Handwerk allerdings als ein „Gegenmodell“ zur Industrialisierung verstanden wird, welches sich traditioneller Werte und Techniken verpflichtet fühlt, dann sind hier Konflikte zwischen Bewahrern und Erneuerern vorgezeichnet. Die Diskussion um die Chancen und Risiken der Digitalisierung des Handwerks verstärkt somit eine Auseinandersetzung, die bereits durch Technologie- und Marktprozesse in der Vergangenheit die handwerkswirtschaftliche Entwicklung beeinflusst haben. Die Digitalisierung hat demnach bestehende Entwicklungen forciert.

### **Tätigkeitsprofile und mögliche digitale Einsatzfelder**

Die Entscheidungen für und die Umsetzung von Digitalisierungsprozessen erfolgen auf Unternehmensebene. Es gilt zunächst grob zwei große Bereiche des betrieblichen Einsatzes von Digitalisierungstechniken zu unterscheiden, auch wenn das nachgelagerte Ziel die digitale Verknüpfung aller Bereiche sein kann. Das erste und durchaus größte Einsatzgebiet von Digitaltechnik liegt im Bereich der Unternehmenssteuerung bzw. der verwaltungstechnischen Prozesse im Unternehmen. In Tab. 6 werden auf der folgenden Seite Beispiele für Einsatzbereiche digitaler Techniken in Handwerksunternehmen dargestellt (Dürig und Weingarten 2019). Die Abbildung strebt keine Vollständigkeit an und dient der Veranschaulichung der Bandbreite von Einsatzmöglichkeiten digitaler Technik in Handwerksunternehmen. Kaum ein handwerkliches Unternehmen strebt eine komplette Revision seiner Geschäftstätigkeit unter dem Gesichtspunkt der Digitalisierung an.

Der Bereich Unternehmenssteuerung und Verwaltung bietet große Chancen, Effizienzsteigerungen durch Digitaltechnik (insbesondere Informations- und Kommunikationstechnik) zu realisieren. In der Übersicht in Tab. 6 sind Beispiele für die Anwendung von Digitalisierungstechnik in Handwerksunternehmen dargestellt. Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Anbietern, die passgenaue und für die Bedürfnisse kleiner und mittlerer Unternehmen zugeschnittene Lösungen anbieten, diese Prozesse zu digitalisieren. Tatsächlich hat hier in den letzten zehn Jahren das Hand-

werk bedeutende Fortschritte erzielt. Dies wird durch Umfragen des Zentralverbands des Deutschen Handwerks (ZDH) und des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. Bitkom bestätigt (Veltkamp und Schulte 2020). Der Computereinsatz und die Präsentation von Handwerksunternehmen im Internet ist heutzutage Standard.

**Tab. 6: Einsatzgebiete von Digitalisierungstechnik in Handwerksunternehmen**

Digitalisierung von verwaltungstechnischen Prozessen in Unternehmen (Beispiele)		
I.	Kundenbetreuung / Vertrieb <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auftragsbearbeitung</li> <li>• Akquise</li> <li>• Angebotserstellung</li> <li>• Planen und Entwerfen der auszuführenden Handwerksarbeiten (u.a. Visualisierungstools); Erstellen des Aufmaßes mit digitalen Hilfen (u.a. mit Drohnen; Umsetzung von Bauentwürfen und technische Zeichnungen mit Hilfe von Building Information Modeling (BIM))</li> <li>• Service, Kommunikation</li> <li>• Visualisierung von Plänen</li> <li>• Kundenbindung, Homepage</li> <li>• Checklisten für Wartungen</li> <li>• Vertriebslogistik</li> <li>• Vorabmeldung beim Kunden bei Terminverschiebungen</li> <li>• Terminvereinbarung online</li> </ul>	Einkauf / Beschaffung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatzteilbeschaffung</li> <li>• Materialeinkauf / Lagerzeiten</li> <li>• Lagermanagement (Barcodes)</li> <li>• Rohstoffmarkt-Screening</li> </ul>
		Personalmanagement <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personalauswahl</li> <li>• Personalentwicklung</li> <li>• betriebliches Gesundheitsmanagement</li> <li>• Zeitmanagement</li> <li>• Personaleinsatzsteuerung (Enterprise-Resource-Planning ERP)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handwerkerteams steuern</li> <li>• Zeiterfassung, Zeitmanagement</li> <li>• Werkzeuge mit Bluetooth orten</li> <li>• Flottenmanagement</li> <li>• Mobile Kommunikation zur Material- und Arbeitskräftesteuerung</li> </ul>
	Rechnungswesen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechnungserstellung</li> <li>• Inkassowesen</li> <li>• Finanzierung / Controlling / Operation Research</li> </ul>	Digitale Vermarktungskonzepte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Webseite (Pflege/ Aktualisierung)</li> <li>• Online-Shop</li> <li>• Digitale Bezahlungsdienste</li> </ul>
Digitale Technik im Bereich der Leistungserstellung (Beispiele)		
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CNC-Maschinen (Metall)</li> <li>• 3D-Drucker (Zahntechniker)</li> <li>• CNC – Sägen und CNC Wasserstrahlautomaten (Steinmetze);</li> <li>• Einsatz von Exoskeletten als äußere Stützstruktur für einen Organismus zur Erleichterung von Heben und Tragen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzte Maschinen und Fertigungsanlagen (Metallbau)</li> <li>• Robotik (Steuerung, Antriebe, Sensorik, Kinematik, Greifsysteme)</li> <li>• Projektfortschrittsdokumentation in Echtzeit</li> <li>• Betriebliche Ressourcensteuerung (Material- und Arbeitskräftesteuerung)</li> <li>• Digitale Programme zur Optimierung der zur Material- und Arbeitskräftesteuerung</li> </ul>

Ob und in welcher Intensität sich die Unternehmensleitung eines Handwerksbetriebes dazu entschließt, neue digitale Methoden einzuführen, hängt jedoch von einer Vielzahl von Faktoren ab. Dies gilt insbesondere für den Teil II der Einsatzbereiche, nämlich die Nutzung digitaler Werkzeuge bei der Produktion bzw. Verarbeitung im Handwerk. Da viele Modernisierungstechniken in und für die Industrie entwickelt werden, ist nicht gewährleistet, dass digitale Instrumente auch

für die Gegebenheiten kleiner und mittlerer Unternehmen unmittelbar verfügbar bzw. geeignet sind. In einer Umfrage gaben 79 % der befragten Handwerker an, dass viele digitale Anwendungen für ihre Unternehmen überdimensioniert seien. Daher haben sich inzwischen zahlreiche Soft- und Hardwareanbieter darauf spezialisiert, branchenspezifische Software und digitale Werkzeuge herzustellen bzw. für den jeweiligen Bedarf anzupassen.

Hammermann und Stettes (2016) kommen in ihrer Untersuchung zu dem Schluss, dass personengebundenen Erfahrungswissen im Handwerk durch Digitalisierung schwer ersetzbar sei. Befürchtungen umfangreicher Freisetzungen aufgrund von Digitalisierungsmaßnahmen im Handwerk sind nach überwiegender Meinung der Untersuchungen zum Handwerk nicht zu erwarten. Für diese Einschätzung sprechen folgende weitere Gründe:

- Es gibt Handwerkszweige, bei denen Maßnahmen der Digitalisierung keine größeren Effizienzvorteile bringen (z.B. bei personenbezogenen Dienstleistungen).
- Nicht jeder Handwerksbetrieb verfolgt die Strategie der Expansion und des Ausreizens aller digitaltechnischen Möglichkeiten, sondern begnügt sich mit einem vom Betriebsinhaber als ausreichend und beherrschbar angesehenen Geschäftsmodell. Dahinter steht der Wunsch nach Kontrolle, Bewahrung von Übersichtlichkeit sowie nach persönlicher Nähe zur Belegschaft und zu den Kunden.
- Bei Handwerksbetrieben steht das handwerkliche Fachwissen im Vordergrund. Technische und digitale Innovationen werden eher als Ergänzung bzw. Zusatz zum beruflichen Know-how angesehen. Neue Technik oder digitale Verfahren (siehe nächster Abschnitt) werden häufig über „Learning by doing“ oder durch kurzzeitige Intensivkurse von industriellen Lieferanten (Vertragswerkstätten, Werkskundendienste) bzw. Herstellern von Investitionsgütern vermittelt. Diese Art des Umgangs mit neuen innovativen Verfahren schlägt sich nicht in größerer Personalfuktuation nieder.
- Effizienzsteigerungen am Arbeitsplatz werden häufig ausgeglichen durch eine Umstrukturierung der Arbeitsaufgaben (Job-Enrichment). Die durch Digitalisierung gewonnen zeitlichen Freiräume führen dazu, dass sich die Komposition der Tätigkeiten am jeweiligen Arbeitsplatz verändert. Per Saldo schlägt sich das nicht in einer großen Zahl von Freisetzungen nieder.

Innovationsprozesse in kleinen und mittleren Unternehmen zeichnen sich erfahrungsgemäß dadurch aus, dass vorsichtig, abwartend und schrittweise vorgegangen wird. Dieser Aspekt ist wichtig, wenn die Frage beantwortet werden soll, welche Beschäftigungswirkungen von der Digitalisierung auf das Handwerk ausgeht. Personalpolitik in Handwerksbetrieben zeichnet sich ohnehin dadurch aus, dass Anpassungsprozesse bei den Beschäftigten an veränderte Auslastung z.B. durch konjunkturbedingten Auftragsrückgang, meist hinausgezögert werden. Dies gilt allerdings auch bei einer Wiederbelebung der Konjunktur, so dass die Betriebe häufig erst abwarten, bevor sie neues Personal einstellen.

Will man die Folgen der Einführung von digitalen Technologien auf die Beschäftigungslage in Handwerksbetrieben abschätzen, so muss man die Effekte von zahlreichen anderen Faktoren trennen, die Einstellungen und Entlassungen in diesen Unternehmen beeinflussen. Dies ist empirisch eine herausfordernde Aufgabe. Bislang ist die Verbreitung und Umsetzung der Digitalisierung auf Ebene der Tätigkeiten im Handwerk nur in Studien für einzelne Handwerkszweige untersucht worden. Aus Interviews mit Betriebsberatern der Handwerkskammern sowie aus den im Folgenden angeführten Studien ergibt sich folgendes Bild:

- Müller (2015) hat in einer Untersuchung zur Strukturentwicklung im Handwerk belegt, dass es in der Größenstruktur eine Tendenz zur Polarisierung gibt. Sowohl die Kleinst- als auch die Großunternehmen haben an Gewicht gewonnen, was insbesondere in der Umsatzentwicklung abzulesen ist. Die mittleren Größenklassen haben dagegen an Bedeutung verloren. Parallel dazu zeigt sich, dass größere und umsatzstärkere Unternehmen stärker digitalisiert sind als die kleineren.
- Der Digitalisierungsgrad zwischen den Handwerksgruppen unterscheidet sich. In den Handwerken für den privaten Bedarf und den Gesundheitshandwerken sind es vor allem die Kundenbeziehungen, bei denen Digitaltechnik stark zum Einsatz kommt. Bei den Kfz-Handwerken kommen verbreitet digitalisierte Geschäftsmodelle (Handelsplattformen, Leasing- und Kreditvermittlung etc.) zum Einsatz. Geringe Umsetzungsgrade sind bei den Lebensmittelhandwerken festzustellen Runst et al. (2018).
- Vielfach werden erst Teilkomponenten digitalisiert, bevor dies weitere Digitalisierungsschritte auslöst. Digitalisierung wird nicht als umfassender Veränderungsprozess gesehen, so dass die Möglichkeiten der Vernetzung digitaler Prozesse oft nicht genutzt werden. Zur Begründung wird hier die dynamische Entwicklung neuer digitalisierter Werkzeuge angeführt, die den Zeitraum für Amortisationen verkürzen. Weiterhin wird darauf verwiesen, dass digitale Prozesse erst erlernt und beherrscht werden müssen, bevor eine Verknüpfung zwischen den Teilkomponenten erfolgen kann.

### **Betrachtungsebenen**

Aus den vorstehenden Überlegungen wird bereits ersichtlich, dass es wichtig ist, bei der Untersuchung der Digitalisierungswirkungen auf das Handwerk verschiedene Betrachtungsebenen zu unterscheiden. Die Heterogenität und Vielfalt des Handwerks und seine Verankerung in sehr unterschiedlichen Marktfeldern verbietet vereinfachende, pauschale Antworten. Tab. 7 auf der folgenden Seite dient der Sortierung der Betrachtungsebenen, auf denen sich jeweils unterschiedliche Untersuchungsfragen stellen.

Grundsätzlich kann das Gesamthandwerk (Ebene 1) mit anderen Wirtschaftsbereichen (wie z.B. Industrie, Handel und Dienstleistungen) hinsichtlich ihrer Affinität zur Veränderung durch Digitalisierung verglichen werden. Dabei wird es einerseits Ähnlichkeiten im Bereich des Einsatzes digitaler Tools in den betrieblichen Funktionsbereichen wie z.B. Rechnungswesen, Marketing, Lagerhaltung und Beschaffung usw. geben. Andererseits werden sich im Produktionsbereich aufgrund der Spezialisierung deutlich weniger vergleichbare Rahmenbedingungen zum Vergleich anbieten.

Es kann – ohne ins Detail zu gehen – festgestellt werden, dass eine „Makrobetrachtung“ an Grenzen stößt und für die Politik vermutlich wenig nützliche Erkenntnisse hervorbringt. Im Handwerk selbst sowie in vorliegenden Untersuchungen besteht Einigkeit darin, dass das Handwerk zwar nicht bedroht sei, aber seine Erscheinungsform deutlich verändern wird.

Die zweite Ebene wäre die der Handwerksgruppen. Zur empirischen Erfassung des Wirtschaftsgeschehens hat die amtliche Statistik Gliederungsschemata entwickelt, in dem sie Wirtschaftsbereiche, die verwandte Substitute erstellen, zusammenfasst. Hierbei werden verschiedene Gliederungsmerkmale herangezogen (Rohmaterial, Absatzrichtung, Herstellungsverfahren u.a.).

Tab. 7: Ebenen für die Untersuchung der Digitalisierungsprozesse im Handwerk

Betrachtungsebene	Untersuchungsthemen, Untersuchungsfragen		
Gesamthandwerk	Digitalisierungsgrad und -potenzial im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbe- reichen (z.B. Industrie, Handel, Dienstleistungssektor)		
Handwerksgruppen	Unterscheidung der Digitalisierungsintensität und -möglichkeiten nach Marktfeldern und Absatzrichtung (Gliederungsstruktur der Handwerksstatis- tik) <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bauhandwerk</li> <li>2. Ausbaugewerbe</li> <li>3. Holzgewerbe</li> <li>4. Kfz-Handwerk</li> </ol> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Lebensmittelhandwerk</li> <li>6. Gesundheitshandwerke</li> <li>7. Handwerke für den privaten Be- darf</li> </ol> </td> </tr> </table>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bauhandwerk</li> <li>2. Ausbaugewerbe</li> <li>3. Holzgewerbe</li> <li>4. Kfz-Handwerk</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Lebensmittelhandwerk</li> <li>6. Gesundheitshandwerke</li> <li>7. Handwerke für den privaten Be- darf</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bauhandwerk</li> <li>2. Ausbaugewerbe</li> <li>3. Holzgewerbe</li> <li>4. Kfz-Handwerk</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Lebensmittelhandwerk</li> <li>6. Gesundheitshandwerke</li> <li>7. Handwerke für den privaten Be- darf</li> </ol>		
Handwerkszweige	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dominante Einsatztechniken und der Anteil digitalisierter Tools in den jeweiligen Berufsfeldern (Verfügbarkeit digitaler Tools für KMU des Handwerks, potenziell vorhandene Technik versus Umsetzbarkeit, Vorhandensein von qualifizierten Fachkräften in den Berufsfeldern)</li> <li>- Wegfallende und hinzukommende Aufgaben und Tätigkeiten</li> <li>- Unterscheidung zwischen Handwerkszweigen mit wenigen Digitalisierungsoptionen (z.B. Friseur) und solche mit größeren Digitalisierungspotenzialen (Baugewerbe, Elektrohandwerk, Informationstechniker)</li> </ul>		
Unternehmensebene	<p>Unternehmensstrategie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nischenstrategie</li> <li>- Handwerk als „Gegenmodell“ zur Industrie</li> <li>- Expansion versus „Genügsamkeit“</li> </ul> <p>Innovationsbereitschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Treibende Kräfte der Innovation im Handwerk</li> <li>- Bereitschaft und Interesse an technischer Weiterentwicklung beim Unternehmer und in der Belegschaft</li> <li>- Freiheitsgrade und Abhängigkeiten (z.B. bei Vertragsunternehmen, Werkskundendienste, Subunternehmertum usw.)</li> </ul> <p>Betriebliche Strukturen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umorganisation durch Einsatz digitaler Tools</li> <li>- Neue Hierarchien, neue Gehaltsstrukturen</li> </ul> <p>Tätigkeitsstrukturen und ihre Veränderung durch digitale Technik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Job-Enrichment</li> <li>- Veränderung der Inhalte und Anforderungen am jeweiligen Arbeitsplatz</li> <li>- Substituierbarkeit</li> </ul> <p>Investitionen in digitaler Qualifikation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausbildungsintensität</li> <li>- Weiterbildungsintensität</li> <li>- Anwerbung externer Fachkräfte</li> <li>- Outsourcing von Funktionsbereichen (z.B. Rechnungswesen)</li> </ul>		

Ein auf dieser Ebene wichtiger Aspekt ist das Aufkommen von digitalen Plattformen. Zahlreiche Neugründungen in den letzten Jahren basieren auf webgestützten Geschäftsmodellen, z. B. Online-Shops oder Handels- und Vermittlungsplattformen. Die flächendeckende Verfügbarkeit des Internets erlaubt nicht nur eine Ausweitung der Absatzreichweite und eine deutlich vergrößerte Im Handwerk gibt es zwei Systematiken, die der Wirtschaftszweige und die der Gewerbebezüge. Die Gewerbebezugssystematik kommt der auf Berufe abgestimmten Auffassung von Handwerk am nächsten. In der Handwerksberichterstattung wie auch in den Handwerkszählungen werden sieben Handwerksgruppen unterschieden: Bauhandwerk, Ausbaugewerbe, Holzgewerbe, Kfz-Handwerk, Lebensmittelhandwerk, Gesundheitshandwerke und Handwerke für den privaten Bedarf. Diese Gruppen decken die maßgeblichen Berufs- und Marktfelder des Handwerks ab. Auf dieser Ebene kann dann unter dem Blickwinkel von ähnlichen gemeinsamen Marktstrukturen oder Endverbrauchern der Frage nachgegangen werden, ob und in welcher Form es analoge Digitalisierungsprozesse oder -möglichkeiten gibt (Runst und Proeger 2020a). Dies kann interessant sein, weil man dann z.B. Unterstützungsmaßnahmen zusammenfassen und für mehrere Gewerbe anbieten kann.

Die flächendeckende Verfügbarkeit des Internets erlaubt nicht nur eine Ausweitung der Absatzreichweiten und eine deutlich vergrößerte Transparenz der Märkte, sondern die neuen Angebotsformen erleichtern auch die Geschäftsanbahnung und Geschäftsabwicklung. Zugleich bewirken sie aber erhebliche Strukturveränderungen, welche in nicht-handwerklichen Teilmärkten (Taxigewerbe, Hotel- und Gaststättengewerbe, etc.) bereits zu beobachten sind (Frederiksen und Runst 2016: 4). Im Handwerk sind es vornehmlich Vermittlungsportale wie MyHammer.de oder Treatwell. Hier besteht die Gefahr, dass nicht-handwerkliche Vermittler sich zwischen Endverbraucher und Handwerk positionieren. Die Kundennähe kann verloren gehen und es können sich Abhängigkeiten entwickeln, welche den Grad der Selbständigkeit der Handwerker beeinträchtigen.

Die Ebene der Handwerksgruppen kann für Fragestellungen rund um das Thema Digitalisierung noch zu ungenau sein, um Wirkungen auf die Beschäftigung und Arbeitsbedingungen im Handwerk zu erfassen. Digitalisierung ist eine Querschnittstechnologie mit einer scheinbar unerschöpflichen Bandbreite von Einsatzmöglichkeiten. Um Beschäftigungswirkungen abschätzen zu können, ist es erforderlich, auf Ebene der einzelnen Handwerkszweige die eingesetzte Technik mit den Möglichkeiten ihrer digitalen Effizienzsteigerung zu erfassen und zu vergleichen (Runst et al. 2018). Es liegen zwischenzeitlich einige Studien vor, die auf Handwerkszweigebene (Runst und Proeger 2020b) Digitalisierungsprozesse zu erfassen versuchen. Diese Untersuchungen basieren auf Befragungen, wobei insbesondere die erfolgten Bemühungen um die Einführung digitaler Prozesse abgefragt werden. Die Veränderungen der Tätigkeitsprofile im jeweiligen Handwerk werden hierdurch nicht erfasst.

### **Qualifikationsbedarfe**

Die erwähnten Faktoren erschweren es dem Handwerk, im Zuge der Digitalisierung qualifizierte Fachkräfte zu rekrutieren. Es stellt sich daher die Frage, wie das Handwerk die für die Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben erforderlichen Fachkräfte gewinnen kann. Viele Innovationen, insbesondere im Zusammenhang mit der Digitalisierung, können nicht mehr in herkömmlicher Weise von Handwerksbetrieben durch vorhandenes Personal umgesetzt werden, ohne spezialisiertes Wissen im Unternehmen aufzubauen. Für einen Handwerksbetrieb gibt es folgende Optionen, die benötigten Qualifikationen im Unternehmen verfügbar zu machen:

- Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden zur Fort- und Weiterbildung geschickt.
  - Dies ist ein praktikabler Weg, wobei viele Handwerksbetriebe Probleme haben, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auch nur für einen Tag oder für die Dauer einer Fortbildung zu entbehren.
  - Externe Fort- und Weiterbildungskurse berücksichtigen nicht immer die speziellen Belange des Betriebes. In-House-Kurse kommen i.d.R. wegen hoher Kosten nicht in Frage.
  - Im hessischen Handwerk wurden 2020 im Rahmen der überbetrieblichen Unterweisungen fast 2 Millionen Teilnehmerstunden absolviert. Es fanden fast 1.800 Weiterbildungslehrgänge mit mehr als 20.000 Teilnehmenden statt. Somit wird das bestehende staatlich subventionierte Angebot der Handwerkskammern zur Fort- und Weiterbildung umfassend genutzt.
- Es werden neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf dem Arbeitsmarkt rekrutiert, die über die benötigten Qualifikationen verfügen.
  - Angesichts des derzeit herrschenden Facharbeitskräftemangels ist dies ein besonders schwieriger Weg, zumal die benötigten Fachleute hohe Lohnforderungen stellen können. Hier erhalten oft potentere Unternehmen den Vorzug der Kandidatinnen und Kandidaten / Bewerberinnen und Bewerber.
- Verstärktes Engagement in der Ausbildung Jugendlicher.
  - Es handelt sich um eine eher langfristig angelegte Lösung, weil die Ausbildung drei bis vier Jahre dauert und nicht gewährleistet ist, dass der Geselle anschließend im Betrieb verbleibt.
  - Die gültigen Berufsbilder entsprechen nicht den aktuellen, modernen Anforderungen. Ihre Überarbeitung braucht Zeit, auch wenn die Abstimmungsprozesse in den letzten Jahren beschleunigt wurden.
- Erweiterung der bestehenden Expertise im Betrieb durch Beauftragung Externer (Auslagerung bestimmter betrieblicher Funktionen) oder durch Zukauf von bzw. Kooperation mit externen Betrieben, die über die benötigte Expertise verfügen. (Dürig 2018).

Alle hier aufgezeigten Wege, die von den Handwerksbetrieben benötigten Qualifikation verfügbar zu machen, haben Vor- und Nachteile. Sie sind jeweils von den Unternehmen anhand ihrer Rahmenbedingungen zu bewerten. Am erfolgversprechendsten ist es, die betrieblichen Ausbildungsanstrengungen (Aus-, Fort- und Weiterbildung) zu verstärken. Dies erfordert, dass neue Technologien möglichst zeitnah in die Curricula der beruflichen Ausbildungsgänge integriert werden. In der Ausbildung sind neben dem Betrieb noch Berufsschulen und überbetriebliche Ausbildungsstätten involviert. Um Qualifikation bestmöglich zu transferieren macht es Sinn, eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Bildungsorten anzustreben.

Eine weitere Quelle des Wissenstransfers für Handwerksbetriebe wäre die engere Zusammenarbeit mit Hochschulen. Hier gibt es bereits Pilotprojekte und zahlreiche Vereinbarungen zwischen Handwerkskammern und akademischen Einrichtungen. Auch Förderinstrumente, wie der „Innovations-Gutschein“ wurden eingeführt. Es liegen einige positive Berichte über gelungene Kooperationen vor (z.T. im Rahmen des Förderprogramms „Industrielle Gemeinschaftsforschung“), jedoch gestaltet sich in der Praxis häufig nicht so reibungslos wie gedacht (Hoesch 2010). Nach wie vor bestehen „Berührungsgängste“ und Sprachbarrieren, um Handwerker und Professoren bei der Einführung und Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen miteinander in Kontakt zu bringen.

## Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Literaturrecherche hat ergeben, dass die Digitalisierungstechnik, z.B. in Form von PCs und Internetauftritt, längst auf breiter Basis in der Handwerkswirtschaft wie auch in allen anderen Zweigen der kleingewerblichen Wirtschaft Einzug gehalten hat. Zur Unterstützung insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen bei der Digitalisierung wurden in den letzten Jahren von der Bundesregierung und den Landesregierungen umfassende Maßnahmen umgesetzt. Dies gilt auch für Hessen, mit einer breiten Palette an Förderangeboten (z.B. Zuschüsse, Beratung, Darlehen, Bürgschaften, Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben). Die Evaluierung der Unterstützungsmaßnahmen des Handwerks bei der Umsetzung von Digitalisierungsvorhaben durch Heil et al. (2018) hat ergeben, dass es nicht so sehr einer Ausweitung des Förderangebots bedarf, sondern die existierenden Instrumente einfacher und zielgruppengerechter gestaltet werden sollten. Während Informationsangebote, Zuschüsse und vergünstigte Darlehen die Zustimmung der befragten Handwerker fanden, wurden gebührenpflichtige Begleitungen von Umsetzungsmaßnahmen, Darlehens-Bürgschaften und Unternehmensbeteiligungen als nicht sinnvoll bewertet (Heil et al. 2018: 69).

Innerhalb der Handwerkswirtschaft hat der Strukturwandel zu einer Polarisierung der Betriebsgrößen beigetragen. Einer wachsenden Zahl von Kleinstbetrieben (Ein-Personen-Unternehmen) steht eine zunehmende Zahl von größeren Unternehmenseinheiten (z.B. Verbundunternehmen im Kfz-Handwerk, Kosmetikkonzerne im Friseurhandwerk) gegenüber. Die Digitalisierung stellt für die größeren Unternehmen ein geringeres Problem dar als für die kleineren. Hierbei darf man nicht übersehen, dass es auch in den unteren Größenklassen spezialisierte Handwerksbetriebe gibt, die einen hohen technologischen Standard aufweisen. Die Digitalisierung wirkt allerdings in die Breite und erfordert auch von solchen Handwerksunternehmen Anpassungsleistungen, bei denen digitale Werkzeuge oder Geschäftskonzepte nicht unmittelbar in ihrem betrieblichen Fokus liegen. In diesem Segment ist der größte Teil derjenigen Handwerkerinnen und Handwerker auszumachen, die Hilfe und Unterstützung benötigen. Für sie ist die Bereitstellung von Information, die direkte Ansprache und nachvollziehbare Demonstration der digitalen Möglichkeiten hilfreich.

Für den Teil der Unternehmen, die der Digitalisierung abwartend und zögernd begegnen, sollten Methoden entwickelt werden, sie zu informieren und mit der Thematik zu konfrontieren. In der Beratungspraxis erweisen sich „Schwellenängste“ oder Befürchtungen, technische Unwissenheit zu offenbaren, als ein nicht unerhebliches Hemmnis für den Know-how-Transfer (Wendeler 2017). Daher hat es sich als erfolgreich erwiesen, wenn Digitalisierungsberaterinnen und -berater in die Betriebe gehen und das Gespräch mit den Handwerksunternehmern und den Beschäftigten suchen. Hessen beschreitet diesen Weg durch differenzierte Förderangebote, wie z.B. DIGI-Check, DIGI-Beratung und DIGI-Zuschuss (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen; siehe auch Heil et al. 2018).

Zusammenfassend können folgende Vorschläge zur Verbesserung der Digitalisierungsstrategie für das hessische Handwerk aus den Befunden dieser Untersuchung abgeleitet werden:

- Handwerksunternehmen brauchen eine gezielte, adressatengerechte und an die tatsächlichen betrieblichen Erfordernisse orientierte Unterstützung. Es wird daher vorgeschlagen, Initiativen zur zielgerichteten Information derjenigen Handwerksbetriebe zu starten, die sich bislang abwartend oder zögerlich der Herausforderung durch die Digitalisierung stellen.

- Die im Lande vertretenen Beratungsstellen zur Digitalisierung im Handwerk (z.B. Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Darmstadt, RKW Hessen) sollten gemeinsam mit den Handwerkskammern intensiver erfolgreiche Beispiele propagieren und Wege suchen, jene Betriebe zu erreichen, die bislang sich nur unzureichend mit dem Thema auseinandersetzen.
- Roadshows, Promotoren und Demonstratoren könnten gemeinsam mit den Herstellern von Digitaltechnik oder Softwarehäusern helfen, auch solche Unternehmen zu erreichen, die – aus unterschiedlichen Gründen - nicht von sich aus Beratungsstellen der Handwerksorganisation aufsuchen.
- Die Vernetzung zwischen Forschung und Handwerk muss verstärkt werden, um Innovationsentwicklung und Transfer zu fördern. Zum Beispiel sollte eine engere Verbindung zur internetaffinen Gründerszene an Hochschulen, zu Innovationshubs oder Initiativen des Social Entrepreneurships hergestellt werden. Die bestehenden Förderprogramme beteiligen zwar innovative Handwerksbetriebe an Forschungsprojekten (wovon diese zweifellos profitieren), doch noch zu selten wenden sich Handwerksbetriebe an akademische Forschungsstellen, um bei der Bewältigung ihrer praxisnahen und auftragsbezogenen Fragestellungen zusammenzuarbeiten.
- Barrieren bei der Einführung von digitaler Technik erwachsen vielfach aus fehlender oder unzureichender Qualifikation. In einer Umfrage sehen 65 % der Handwerkerinnen und Handwerker in der mangelnden Digitalkompetenz ihrer Mitarbeiter ein Hemmnis, das die Digitalisierung in ihrem Unternehmen bremst (Veltkamp und Schulte 2020). Daher bietet es sich an, durch eine Optimierung der Koordination und Abstimmung in der Aus-, Fort- und Weiterbildung den Know-how-Transfer effizienter zu gestalten (z.B. durch räumliche Zusammenfassung von Berufsschulen und überbetriebliche Bildungsstätten und durch aufeinander aufbauende Module der Fort- und Weiterbildung).
- Durch die Annäherung bzw. Gleichstellung der Meisterausbildung mit akademischen Abschlüssen ist es naheliegend, die Kooperation zwischen Meisterschulen und (Fach-) Hochschulen (zu beiderseitigem Vorteil) zu intensivieren.
- Die Rahmenbedingungen für Weiterbildung in Zeiten von Kurzarbeit können vereinfacht werden (Qualifizierungschancengesetz, Aufstiegs-BAföG, WeGebAU Förderung, Bildungsgutscheine und Bildungsprämien). So könnte die Zahlung von Kurzarbeitergeld für wirtschaftliche Ausfallzeiten mit der Förderung von Weiterbildung (unbürokratisch) kombiniert werden.

Das Fazit dieser Fallstudie fällt gemischt aus. Es konnte gezeigt werden, dass das Handwerk nicht, wie vielfach behauptet, im Bereich Digitalisierung hinter der Entwicklung zurück ist. Diese pauschale Bewertung wird der Heterogenität und Vielfalt des Handwerks nicht gerecht. Es zeigt sich, dass das Thema Digitalisierung im Handwerk auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen untersucht werden muss. Die Aufschlüsselung der Herausforderungen durch Digitalisierung nach Ebenen der Betrachtung (Handwerksgruppen, Handwerkszweige, Unternehmen, Tätigkeit am Arbeitsplatz) zeigt ein komplexeres und vielfältiges Bild. Da zahlreiche Entwicklungstrends auf die Beschäftigungssituation im Handwerk einwirken, lässt sich nicht zweifelsfrei die Auswirkung von Digitalisierungsprozessen auf die Beschäftigungssituation empirisch erfassen. Hierzu sind detaillierte Analysen erforderlich, wofür die entsprechenden Daten und Informationen zu generieren sind.

Für das hessische Handwerk im Speziellen gilt, dass es sich in das Gesamtbild der kleinen und mittleren Unternehmen des Landes eingliedert. Die Regionalstruktur zeigt, dass das Handwerk

stark im ländlichen Raum und in den „Speckgürteln“ der Großstädte vertreten ist. Ein weiteres Merkmal ist die ausgeprägte Industriestruktur in Teilen Hessens. Hier wirken Handwerksbetriebe u.a. als Zulieferer oder als Industriepartner (Metallgewerbe, Kfz-Handwerk). Diese Betriebe profitieren davon, dass sie in Netzwerke eingebunden sind, über die neue Techniken vermittelt werden. Doch auch hier sind die Mechanismen des Zusammenspiels zwischen kleinen und mittleren Unternehmen auf der einen und größeren Industriepartnern auf der anderen Seite nicht abschließend untersucht.

Welche Vor- und Nachteile eine zunehmende Digitalisierung für die Handwerksunternehmen im ländlichen Raum mit sich bringt, bedarf weiterer Untersuchungen. Fest steht, dass durch das Internet der Absatzradius vergrößert und auch der Zugang zu fachlichen Informationen verbessert werden kann. Es verbleiben somit offene Forschungsfragen, um zu klären, auf welchen Wegen sich Innovationen und neue Technologien in den Wertschöpfungsketten durchsetzen und welche Rolle hierbei Politik als Unterstützer spielen kann.

### 5. Zusammenfassung und Handlungsansätze

#### 5.1 Überblick

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über die Effekte des technologischen Fortschritts, insbesondere der Digitalisierung, auf den deutschen und insbesondere den hessischen Arbeitsmarkt. Die Studie geht dabei in vier Schritten vor. Erstens werden die Erkenntnisse aus der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur vor allem hinsichtlich des deutschen Arbeitsmarktes sowie ausgewählte internationale Studie dargestellt. Zweitens wird die Arbeitsmarktlage Hessens untersucht, wobei die mögliche Substituierbarkeit von Beschäftigten durch Technologie im Zentrum des Interesses steht. Diese Datenanalyse wird durch für Hessen vorliegende Studien ergänzt. Drittens werden drei Branchen in Hessen, die Chemie- und Pharmaindustrie, der Maschinenbau und das Handwerk, hinsichtlich ihrer Betroffenheit durch die Digitalisierung genauer betrachtet. Viertens werden die Erkenntnisse der ersten drei Schritte zusammengefasst und es werden wirtschaftspolitische Schlussfolgerungen gezogen.

Generell zeigt sich, dass durch den technologischen Fortschritt im Allgemeinen und die Digitalisierung im Speziellen in der Vergangenheit keine massiven Jobverluste erfolgt sind, und dass diese auch für die Zukunft nicht zu befürchten sind. Auch für die Qualität der Arbeit (gemessen z.B. durch den Anteil atypischer Beschäftigungsverhältnisse) sind bisher keine negativen Auswirkungen zu beobachten, wobei besonders hier die Entwicklung im Auge behalten werden sollte. Deutliche Auswirkungen sind vor allem in zwei Bereichen zu erwarten:

- (1) starke Verschiebungen der Beschäftigung zwischen den Berufen, insbesondere einem Rückgang von Berufen, in denen sehr stark Routinetätigkeiten nachgegangen wird, und einem Wachstum bei nicht-routine kognitiven und interaktiven Berufen;
- (2) Veränderungen der Tätigkeitsprofile bestehender Berufe, die den genannten Verschiebungen zwischen den Berufen entsprechen. Zudem ist mit Auswirkungen auf die Löhne individueller Arbeitskräfte zu rechnen. Grundsätzlich besteht die Gefahr, dass bestehende Ungleichheiten auf dem Arbeitsmarkt verstärkt werden bzw. neue Ungleichheiten entstehen, auch wenn bisher keine Evidenz vorliegt, dass die Digitalisierung die Lohnungleichheit erhöht hat.

#### 5.2 Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse

Die in Kapitel 2 diskutierte wissenschaftliche Literatur zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf den deutschen Arbeitsmarkt (sowie ausgewählte internationale Studien) ergibt das folgende Gesamtbild:

- Ursprünglich entstanden durch die Berechnung von Automatisierungswahrscheinlichkeiten große Befürchtungen, dass der technologische Fortschritt zum Wegfall ganzer Berufe und damit zu massiven *Beschäftigungsverlusten* führen würde. Mittlerweile wird für den deutschen Arbeitsmarkt als Ganzes nicht mehr mit größeren Beschäftigungsverlusten gerechnet. Diese moderatere Sichtweise lässt sich vor allem auf zwei Gründe zurückführen. Erstens wird mittlerweile nicht mehr vom Wegfall ganzer Berufe ausgegangen, sondern davon, dass sich stattdessen die Tätigkeiten innerhalb von Berufen ändern werden, die Berufe selbst aber größtenteils bestehen bleiben. Zweitens beziehen sich die verwendeten Schätzungen von Automatisierungs- und Substitutionspotenzialen auf die technische Machbarkeit. Diese Potenziale werden aber oftmals nicht komplett realisiert, z.B. aus institutionellen oder ethischen Gründen.

- Auch wenn sich das Gesamtniveau der Beschäftigung voraussichtlich durch den digitalen Wandel kaum verändern wird, wird mit starken *Umschichtungen* zwischen den Berufen gerechnet, die auch schon in den letzten Jahrzehnten zu beobachten waren. Von einem Rückgang betroffen sind besonders jene Berufe, in denen vor allem Routinetätigkeiten ausgeübt werden, da diese Tätigkeiten relativ leicht durch entsprechende Technologien ersetzt werden können. Eine Zunahme ist für jene Berufe zu verzeichnen und auch weiterhin zu erwarten, in denen vor allem nicht-routine kognitive und interaktive Tätigkeiten ausgeführt werden.
- Obwohl sich bei der Beschäftigung schon starke Veränderungen ergeben haben, wird ein direkter Einfluss des technologischen Fortschritts auf die Lohnungleichheit in Deutschland bisher nicht erkennbar. Hingegen zeigen sich auf der individuellen Ebene deutliche Auswirkungen auf die *Löhne*. So sind die Lohnverluste im Falle einer Entlassung für Personen, die zuvor in einem Routineberuf gearbeitet haben, deutlich größer als für Personen, die in einem anderen Beruf gearbeitet haben. Generell müssen Personen mit negativeren Lohnentwicklungen rechnen, wenn sie einen neuen Job aufnehmen, der sich hinsichtlich der auszuübenden Tätigkeiten deutlich von ihrem vorherigen Job unterscheidet.
- Innerhalb bestehender Berufe sind Veränderungen bei den *Tätigkeiten* und den dafür erforderlichen *Kompetenzen* zu beobachten. Die Tätigkeitsprofile für gegebene Berufe verschieben sich – wie bei der Beschäftigungsentwicklung – grundsätzlich weg von Routinetätigkeiten hin zu Nicht-Routinetätigkeiten, insbesondere kognitive, komplexe und interaktive Tätigkeiten. Entsprechende Kompetenzen, einschließlich sozialen Fähigkeiten, gewinnen daher an Bedeutung. Vor allem die Kombination aus guten fachlichen Kompetenzen und sozialen Fähigkeiten führt zu besseren Arbeitsmarktchancen. Dies könnte ein Grund für eine verbesserte Arbeitsmarktsituation von Frauen sein.
- Ein Einfluss der Digitalisierung auf die *Arbeitsqualität* wird bisher in der Literatur kaum festgestellt. Zwar kam es in den vergangenen Jahrzehnten zu einem starken Anstieg atypischer Beschäftigungsverhältnisse, ein Zusammenhang mit dem technologischen Fortschritt konnte bisher aber nicht nachgewiesen werden. Auch hinsichtlich Arbeitsverdichtung und Leistungsdruck gibt es wenig Hinweise, dass der technische Fortschritt hier eine bedeutende Rolle spielt. Vielmehr scheinen die Rahmenbedingungen, unter denen die Technologie genutzt wird, entscheidend zu sein. Jedoch handelt es sich hierbei um ein Feld, für das relativ wenig belastbare Evidenz vorliegt, so dass es hier zukünftig möglicherweise zu neuen Erkenntnissen kommen wird.
- Die *Unterschiede zwischen Stadt und Land* könnten durch die Digitalisierung noch ansteigen, wenn zum einen die digitale Infrastruktur in ländlichen Regionen hinter den urbanen Regionen zurückbleibt. Zum anderen kann auch die Fähigkeit im Umgang mit digitalen Technologien bei der Bevölkerung im ländlichen Raum aufgrund geringerer beruflicher Nutzung weniger stark ausgeprägt sein als bei städtischen Beschäftigten. Deshalb ist einem Stadt-Land-Gefälle bei der Digitalisierung auf unterschiedlichen Ebenen entgegenzuwirken.
- In Deutschland ist ein positiver Trend bei der Beteiligung an *Weiterbildungen* zu beobachten, was die Anpassungsfähigkeit an den digitalen Wandel erhöhen sollte. Jedoch liegt das Niveau der Weiterbildungsbeteiligung bei den besonders gefährdeten Gruppen, also den Geringqualifizierten und den Arbeitskräften, die hauptsächlich Routinetätigkeiten ausführen, weiterhin deutlich unter dem Niveau anderer Gruppen. Der digitale Wandel übt zudem einen Einfluss auf die Aus- und Weiterbildung aus, so dass z.B. Ausbildungsinhalte angepasst

werden. Unternehmen unterscheiden sich offenbar deutlich darin, wie häufig ihre Beschäftigten an Weiterbildungen teilnehmen.

- Die *Berufswahl* ist bisher kaum vom digitalen Wandel beeinflusst. Möglicherweise sind junge Menschen bisher nur unzureichend über die Folgen des digitalen Wandels auf die Berufswelt informiert.
- Die *Effizienz- und Produktivitätsgewinne* bei Unternehmen sind offenbar relativ schwach ausgeprägt. Wenn solche Gewinne konstatiert werden, sind sie vor allem auf routineintensive Tätigkeiten und im verarbeitenden Gewerbe konzentriert. Generell ist zu beobachten, dass sich die Unterschiede zwischen Unternehmen hinsichtlich ihrer Produktivität seit Beginn der 2000er Jahre in vielen Industrieländern deutlich erhöht haben. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass sich Firmen stark in ihrer Bereitschaft unterscheiden, neue Technologien einzusetzen. Zudem entfalten digitale Technologien offenbar häufig erst dann ihre Wirksamkeit, wenn sie mit anderen Faktoren, insbesondere qualifizierten Fachkräften und einem zielgerichteten und effizienten Management, kombiniert werden.

Die Erkenntnisse zum hessischen Arbeitsmarkt und seiner Stellung im digitalen Wandel aus Kapitel 3 lassen sich wie folgt zusammenfassend beschreiben.

- Der *hessische Arbeitsmarkt insgesamt* ist durch eine relativ geringe Wahrscheinlichkeit der Substituierbarkeit, ein überdurchschnittliches Beschäftigungswachstum, ein relativ hohes Lohnniveau, vergleichsweise hohe Bildungsinvestitionen und eine hohe Weiterbildungsbereitschaft gekennzeichnet. Zudem liegt die Substituierbarkeitswahrscheinlichkeit der Arbeitskräfte unter dem bundesweiten Durchschnitt. Dies erscheint als eine vergleichsweise gute Ausgangslage zur Bewältigung kommender digitaler Herausforderungen.
- Die Analyse wichtiger Regionalindikatoren zeigt jedoch *erhebliche Unterschiede innerhalb des Bundeslandes*. Die diversifizierte urbane Arbeitswelt des Ballungskernraums ist durch einen geringen Anteil von Routinetätigkeiten gekennzeichnet. In den peripheren Regionen ist die Berufsgruppenstruktur dagegen stärker zwischen Tätigkeiten mit geringer und hoher Substituierbarkeit polarisiert. Vor allem manuelle Tätigkeiten im verarbeitenden Gewerbe stehen dort weiteren Automatisierungspotenzialen gegenüber.
- Eine Betrachtung auf Ebene der *Kreise und kreisfreien Städte* macht diese Unterschiede noch deutlicher. Mit Ausnahme des Odenwaldkreises, dessen Beschäftigte in hohem Maße substituierungsgefährdet sind, bilden das Osthessische Bergland in der Grenzregion zu Bayern und Thüringen sowie der südhessische Rheingraben an den Grenzen zu Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz eine Zone, in der das Substituierbarkeitspotenzial zwar höher ist als im Rhein-Main-Kernraum, aber deutlich niedriger als in Teilen der Randzone zu Nordrhein-Westfalen (Lahn-Dill-Kreis und Kreis Waldeck-Frankenberg). In den „Binnenkreisen“ rund um den Vogelsberg sowie in der vom West- und Osthessischen Bergland sowie der Hessischen Senke gebildeten Mittelgebirgslandschaft, liegen die Substituierungspotenziale deutlich über dem hessischen Durchschnittswert.

Die Ergebnisse der Fallstudien in Kapitel 4 zur chemischen Industrie, dem Maschinenbau und dem Handwerk in Hessen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die *chemische und die pharmazeutische Industrie* sind gemeinsam der größte industrielle Arbeitgeber in Hessen. Der Strukturwandel zeigt sich in dieser Branche insofern, als dass die Herstellung chemischer Erzeugnisse tendenziell rückläufig ist, für die Bereiche Pharma und Spezialchemikalien hingegen gute Wachstumschancen prognostiziert werden. Der technologische Fortschritt spielt eine große Rolle, da der Einsatz moderner Technologien für die

Branche voraussichtlich immer wichtiger wird und einen Wettbewerbsvorteil durch eine effizientere und ressourcenschonende Produktion ermöglicht. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass sich Geschäftsmodelle verändern und ökonomische Netzwerke, in denen neben Produkten auch Dienstleistungen angeboten werden, zunehmend an Bedeutung gewinnen. Fachkräfte in der Chemie weisen grundsätzlich ein hohes Substituierbarkeitspotenzial auf. Ob die nichtsdestotrotz prognostizierte gleichbleibend hohe Nachfrage für diese Gruppe realisiert werden kann, hängt sicherlich davon ab, dass weiterhin viel in Forschung und Entwicklung investiert wird, das Engagement im Bereich der Aus- und Weiterbildung hoch bleibt und dass die Inhalte von Aus- und Weiterbildungen an sich verändernde Tätigkeitsprofile angepasst werden.

- Der hessische *Maschinenbau* ist überwiegend von mittelständischen Unternehmen geprägt, die grundsätzlich im internationalen Wettbewerb bestehen können. Ein im Industrievergleich unterdurchschnittliches Beschäftigungswachstum, unterdurchschnittliche FuE-Aktivitäten und Investitionen lassen allerdings vermuten, dass viele der im Zuge des digitalen Wandels erzielbaren Automatisierungen noch nicht umgesetzt wurden. Im Durchschnitt der hessischen Kreise ist deshalb mehr als ein Viertel der Beschäftigten im Maschinenbau akut substituierungsgefährdet. Für den mittelständischen Maschinenbau in den ländlicheren Regionen wird viel davon abhängen, ob und inwieweit es gelingen kann, ein „Upgrading“-Szenario zu verwirklichen, in dem es zu einer Aufwertung der Facharbeiterqualifikation und einer damit verbundenen Scharnierfunktion zwischen verschiedenen Qualifikationsniveaus kommen wird. Die Verwirklichung dieses Szenarios wird von der Umsetzung zunehmend hybrider Geschäftsmodelle – Verzahnung von Produktion und „Predictive Maintenance“ – abhängen, die die Branche vor vielfältige Umstrukturierungs- und Qualifizierungsherausforderungen stellt.
- Im *Handwerk* folgt der Strukturwandel entlang einer Polarisierung der Betriebsgrößen. Einer wachsenden Zahl von Kleinstbetrieben (Ein-Personen-Unternehmen) steht eine zunehmende Zahl von größeren Unternehmenseinheiten gegenüber. Die Digitalisierung stellt grundsätzlich für die größeren Unternehmen ein geringeres Problem dar als für die kleineren, bei denen digitale Werkzeuge oder Geschäftskonzepte nicht unmittelbar im betrieblichen Fokus liegen. In diesem Segment ist der größte Teil derjenigen Handwerker auszumachen, die Hilfe und Unterstützung benötigen. Für sie ist die Bereitstellung von Information, die direkte Ansprache und nachvollziehbare Demonstrationen der digitalen Möglichkeiten hilfreich. In diesem Bereich stehen in Hessen beispielsweise Programme wie DIGI-Check, DIGI-Beratung und DIGI-Zuschuss zur Verfügung. Dementsprechend erscheint eine Ausweitung des staatlichen Förderangebots kaum notwendig. Sinnvoller erscheint es, die existierenden Instrumente noch einfacher und zielgruppengerechter zu gestalten.

### 5.3 Implikationen für die Digitalisierungspolitik

Aus den oben beschriebenen Erkenntnissen ergeben sich wichtige Ansätze für die Digitalisierungspolitik. Entsprechende Maßnahmen sollten grundsätzlich darauf abzielen, Arbeitskräfte und Unternehmen in die Lage zu versetzen, mit dem digitalen Wandel Schritt zu halten. Dies bedeutet insbesondere, die notwendigen Fähigkeiten und Kenntnisse zu vermitteln, die Veränderungsbereitschaft und Eigenverantwortung zu fördern und somit die erforderliche Flexibilität zu ermöglichen (Rat für Digitalethik der Hessischen Landesregierung 2020).

Dem *Bildungsbereich* kommt dementsprechend eine entscheidende Rolle zu. Hier erscheinen die folgenden Maßnahmen sinnvoll.

- Die grundlegenden Bildungseinrichtungen, d.h. Einrichtungen der frühkindlichen Bildung und Schulen, sollten angemessen ausgestattet sein. Bund und Länder verfolgen dies im DigitalPakt Schule (bzw. im Programm Digitale Schule Hessen). Diese Einrichtungen sind höchst relevant, um allgemeines Wissen und Kenntnisse zu vermitteln bzw. die entsprechende Vermittlung vorzubereiten. Versäumnisse in diesem Bereich lassen sich später kaum oder nur unter hohen Kosten kompensieren.
- In der beruflichen Ausbildung sollten die vermittelten Inhalte stets auf dem neuesten Stand gehalten werden, so dass alle Auszubildenden mit den neuesten technologischen Innovationen in ihrem Beruf vertraut gemacht werden. Die Einbeziehung der beruflichen Schulen in die zuvor genannten Digitalisierungsmaßnahmen von Bund und Ländern kommt daher eine hohe Bedeutung zu. Hierzu sollten auch die Ausbildungsordnungen schneller als bisher dem jeweils aktuellen technologischen Stand angepasst werden (Dengler und Matthes 2015).
- Weiterbildung sollte generell eine noch stärkere Rolle spielen. Um dieses Ziel zu erreichen, bietet es sich an, die Förderung weiter auszubauen und verstärkt auf Fördermöglichkeiten hinzuweisen. Zudem sollten die Arbeitskräfte und die Unternehmen noch stärker für das Thema Weiterbildung sensibilisiert werden (Heß et al. 2019). In diesem Bereich leistet die Kampagne zur Stärkung Digitaler Kompetenzen des Hessischen Digitalministeriums mit dem Online-Angebot wie-digital-bin-ich.de und die Bündelung der digitalen Weiterbildungsangebote auf dieser Plattform einen entsprechenden Beitrag.
- Bei der Weiterbildung sollte ein Fokus darauf gelegt werden, Geringqualifizierte besser als bisher zu erreichen. In diesem Zusammenhang erscheint es besonders wichtig, dass Bildungsdienstleister ihre Angebote an Geringqualifizierte anpassen. Zudem sollte arbeitsplatznahes Lernen für diese Gruppe eingeführt werden, und die Arbeitskräfte sollten stärker von ihrem Auszubildenden oder einem Mentor oder einer Mentorin in der Rolle eines Lernbegleiters betreut werden, um möglicherweise geringere Selbstlernkompetenzen zu kompensieren (Seyda 2019).
- Um die Vorteile der formalen Bildung mit einem flexibleren Kompetenzerwerb zu ermöglichen, sollten allgemeingültige (auch digitale) Kompetenzstandards erarbeitet werden. Durch Weiterbildung erworbene Qualifizierungsleistungen könnten dann nach solchen Standards formal anerkannt werden (Weber 2017).
- Des Weiteren sollte das Angebot einer unabhängigen und qualitativ hochwertigen Qualifizierungsberatung für Beschäftigte und Unternehmen ausgebaut werden (Weber 2017).
- Generell sollten die Möglichkeiten und Strukturen zur Weiterbildung, Höherqualifizierung und Umschulung verbessert werden. Hierzu zählen beispielsweise die finanzielle Unterstützung von Personen, die sich weiterbilden (bspw. Übernahme von Teilnahmegebühren) und die organisatorische Unterstützung, um eine Teilnahme zu ermöglichen (bspw. durch die Bereitstellung von Kinderbetreuung) (Kruppe et al. 2017).
- In allen Bildungsbereichen (Schule, Ausbildung, Weiterbildung, etc.) sollte der Umgang mit Computern und sonstigen digitalen Hilfsmitteln eine wichtige Rolle spielen (Rat für Digitalethik der Hessischen Landesregierung 2020).
- Wo dies irgendwie möglich ist, sollten auch soziale Kompetenzen vermittelt werden. Wie oben ausgeführt, werden diese an sich immer wichtiger, da die interaktiven und kommunikativen Fähigkeiten (z.B. Kommunikations- und Teamfähigkeit) an Bedeutung gewinnen, sowohl für sich alleine als auch in Kombination mit technischen Fachkenntnissen (Dengler und Matthes 2018).

- Die Arbeitsnachfrage von Unternehmen sollte genau und zeitnah verfolgt werden, da sich einzelne Berufe innerhalb größerer Berufsgruppen und Wirtschaftszweige teilweise sehr unterschiedlich entwickeln. Eine gute Möglichkeit hierfür ist die Analyse von online-Stellenanzeigen, die ein detailliertes und sehr aktuelles Monitoring ermöglichen (siehe hierzu Stops et al. 2020).
- Um eine auch für die Zukunft sinnvolle Berufswahl treffen zu können, sollte das Informationsangebot hinsichtlich des Einflusses von Technologie auf Berufe verbessert werden. Hier erscheinen Angebote wie der Job-Futuromat des IAB (<https://job-futuromat.iab.de/>), der Auskunft über die Automatisierbarkeit von Berufen gibt, sinnvoll.

Auf der *Unternehmensseite*, die im Rahmen der Fallstudien beleuchtet wurde, sind zunächst die Unternehmen selbst gefordert, verstärkt Weiterbildungsstrategien für digitale Kompetenzen zu entwickeln. Zudem sollte die Weiterbildung stärker in den Fokus von Führungskräften rücken (Bitcom Research 2018). Die Wirtschaftspolitik kann wie folgt unterstützend tätig werden:

- Die Innovationspolitik sollte durch einen angemessenen Rahmen und entsprechende Maßnahmen dazu beitragen, dass der Bereich Forschung und Innovation seine positive Rolle bei der Gestaltung und Nutzung der Digitalisierung entfalten kann. Ein Ziel sollte hierbei sein, dass möglichst viele Unternehmen von den Vorteilen der Digitalisierung profitieren können, um auch den Aufholprozess von rückständigen Unternehmen zu ermöglichen.
- Die Vernetzung zwischen Unternehmen und der (auch universitären) Forschung kann einerseits dazu beitragen, dass die Forschung von Relevanz für die Unternehmen bleibt. Andererseits kann eine solche Vernetzung zu einer erleichterten Implementierung von neuen Technologien beitragen (Rat für Digitalethik der Hessischen Landesregierung 2020).

Im Bereich der *digitalen Infrastruktur* sollte darauf geachtet werden, dass die Versorgung mit den notwendigen Technologien, insbesondere schnellem Internet, auch in ländlichen Gebieten erfolgt, da sich sonst das digitale Stadt-Land-Gefälle noch vergrößern könnte. Hier steht Hessen im Vergleich der Bundesländer bereits sehr gut da, wie sich z.B. im Infrastrukturindex des Kompetenzzentrums öffentliche IT zeigt (Opiela et al. 2019).

Die verschiedenen Maßnahmen haben für *die Regionen Hessens* einen unterschiedlichen Stellenwert, weshalb hier regional zielgerichtet vorgegangen werden sollte.

- Handlungsbedarfe ergeben sich für alle Regionalkategorien. Im Ballungskernraum unterscheiden sich die Bedarfe zwischen dem Finanz- und Verwaltungszentrum um die Städte Frankfurt und Wiesbaden, der Stadt Offenbach und dem IT- und Wissenschaftsstandort Darmstadt. Das Finanz- und Verwaltungszentrum übernimmt wirtschaftliche Steuerungsfunktionen und benötigt für die landesinterne Vernetzung insbesondere einen weiteren Ausbau leistungsfähiger digitaler Infrastrukturen. Der Ausbau der Glasfaserversorgung im Rahmen der Initiative „Gigabitregion FrankfurtRheinMain“ für den Ballungsraum ist vor diesem Hintergrund zu begrüßen (Regionalverband FrankfurtRheinMain 2021). Die Stadt Offenbach ist durch Zuwanderung und stärkere soziale Probleme gekennzeichnet, so dass sich gerade dort vielfältige Bildungs- und Weiterbildungsbedarfe der Wohnbevölkerung abzeichnen. In Darmstadt finden unter anderem vielfältige FuE-Aktivitäten statt, die zur Umsetzung der Industrie 4.0 beitragen. Bei Nachweis der Exzellenz der teilnehmenden Partner aus Wissenschaft und Industrie bzw. der vorgeschlagenen Projekte sollte geprüft werden, inwieweit die Förderpolitik des Landes entsprechende Clusterinitiativen weiter stärken und die bedarfsgerechte Entwicklung neuer Netzwerke unterstützen kann. Die hessische Förderpolitik kann dabei auf etwa 40 Cluster- und Netzwerkiniciativen bauen, in denen Unternehmen,

Forschungseinrichtungen und verwandte Institutionen kooperieren. So berät die Geschäftsstelle Technologieland Hessen bereits Clustermanagements in ganz Hessen (Hessen Trade & Invest GmbH 2021).

- Für die Kreise im Ballungsrandbereich sowie für mehrere Kreise in Süd-, Mittel- und Nordhessen, besteht vielfach die Perspektive, die Anpassung an den digitalen Wandel durch betriebliche Investitionen sowie mit Hilfe eines leistungsfähigen örtlichen Bildungs-, Ausbildungs- und Weiterbildungssystems ohne erhebliche Arbeitsplatzverluste zu bewältigen. In mehreren Kreisen mit hohem Besatz an Fertigungstätigkeiten und teilweise Bevölkerungsrückgängen steht die Arbeitswelt dagegen fundamentalen Veränderungen gegenüber. Für deren Bewältigung bzw. zur Verhinderung von Arbeitsplatzverlusten zeichnen sich vielfältige Unterstützungsbedarfe ab. Dies betrifft verschiedene Regionen Mittel- und Nordhessens sowie den Odenwaldkreis im Süden, in denen insbesondere KMU bei deren digitaler Transformation unterstützt werden sollten. Der öffentliche Sektor kann sich zudem bei der Förderung digitaler Geschäftsinnovationen, etwa zur Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten, sowie im Bereich Wissenstransfer engagieren. Einen Schwerpunkt der Anstrengungen der Regionalpolitik sollte in diesen Regionen jedoch die Begleitung und Förderung der mittelständischen Unternehmen bei der Umsetzung von Anlagemodernisierungen mit Blick auf digitale Prozessoptimierungen, Predictive Maintenance und andere IoT-Potenziale darstellen.
- Die Stadt Kassel übernimmt im Städtesystem eine Sonderrolle als Wirtschaftszentrum Nordhessens mit relativ niedrigen lokalen Substituierungspotenzialen, aber relativ hoher Arbeitslosigkeit und starkem Rückgang an Routinetätigkeiten. Stärker als die Ballungszentren der Rhein-Main-Region war Kassel schon in den vergangenen Jahrzehnten von den Folgen des wirtschaftlichen Strukturwandels betroffen. Gleichzeitig übernimmt Kassel als Kunst- und Kulturzentrum eine Funktion mit teilweise überregionaler Bedeutung. Zu den neueren Branchen gehören mehrere Unternehmen und Institute aus dem Bereich der regenerativen Energien. Die Stadt sollte insbesondere als Kommunikationszentrum für die nordhessischen Mittelgebirgsregionen dienen, um Unternehmensnetzwerken – vor allem der mittelständischen Unternehmen – als zentraler Standort ein Forum für Zusammenarbeit und Wissenstransfer zu bieten.

Der hessische Arbeitsmarkt erscheint für die Herausforderungen der Digitalisierung generell gut aufgestellt. Gleichzeitig zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Arbeitskräften und Regionen, die durch die Digitalisierung entstehen bzw. entstehen könnten. Für die Wirtschaftspolitik ergeben sich entsprechend wichtige Schlussfolgerungen. Diese betreffen vor allem die Bildung, die sowohl allgemeine Fähigkeiten und Kenntnisse als auch notwendiges Fachwissen vermitteln sollte. Dementsprechend sind alle Bildungsbereiche betroffen, vom vorschulischen und schulischen Bereich bis zur beruflichen und universitären (Aus-)Bildung. Eine sehr wichtige Rolle bei der Bildung kommt der Weiterbildung zu, damit Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer den sich ständig wandelnden Anforderungen gerecht werden können. Weitere wichtige Handlungsfelder der Wirtschaftspolitik hinsichtlich der Digitalisierung sind die Unterstützung von Unternehmen, die Förderung von Forschung und Entwicklung, der Ausbau der digitalen Infrastruktur sowie eine informierte Diskussion auf Grundlage der aktuellsten Erkenntnisse zu den Auswirkungen der Digitalisierung. Außerordentliche Urbanisierungsvorteile im Rhein-Main-Ballungsraum und forschungsstarke Branchencluster verschaffen Hessen eine gute Ausgangslage im fortlaufenden Standortwettbewerb. Die landschaftlich-kulturelle Vielfalt dürfte in Verbindung mit einer diversifizierten Unternehmens- und Branchenstruktur einen wichtigen Faktor der Resilienz Hessens gegenüber Veränderungen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen darstellen. Letztlich sollten die

regionalen Unterschiede noch stärker in den Blick genommen werden, um die bestehenden Potenziale möglichst weitgehend realisieren zu können.

### 6. Literaturverzeichnis

- Acemoglu, D. und P. Restrepo (2020a), Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy* 128 (6): 2188-2244.
- Acemoglu, D. und P. Restrepo (2020b), The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labour demand. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 13 (1): 25-35.
- Ahlers, E. und S. Erol (2019), Arbeitsverdichtung in den Betrieben? Empirische Befunde aus der WSI-Betriebsrätebefragung. WSI Policy Brief No.33. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut (WSI) Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Andrews, D., C. Criscuolo und P. N. Gal (2016), The Best versus the Rest: The Global Productivity Slowdown, Divergence across Firms and the Role of Public Policy. OECD Productivity working papers 11/2016 No. 05.
- Antonczyk, D., T. DeLeire und B. Fitzenberger (2018), Polarization and rising wage inequality: Comparing the US and Germany. *Econometrics* 6 (2): 20.
- Antonczyk, D., B. Fitzenberger und U. Leuschner (2009), Can a Task-Based Approach Explain the Recent Changes in the German Wage Structure? *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 229 (2-3): 214-238.
- Arnold, D., S. Butschek, S. Steffes und D. Müller (2016), Digitalisierung am Arbeitsplatz: Bericht. Forschungsbericht. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und Universität zu Köln, Nürnberg.
- Arnold, D., S. Steffes und S. Wolter (2015), Mobiles und entgrenztes Arbeiten. Forschungsbericht (Bundesministerium für Arbeit) FB460. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (IAB), Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) GmbH und Universität Köln, Berlin.
- Arntz, M., T. Gregory, F. Lehmer, B. Matthes und U. Zierahn (2016a), Arbeitswelt 4.0 - Stand der Digitalisierung in Deutschland: Dienstleister haben die Nase vorn. IAB-Kurzbericht 22/2016. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Arntz, M., T. Gregory und U. Zierahn (2016b), The risk of automation for jobs in OECD countries. OECD Social, Employment, and Migration Working Papers No. 189. OECD.
- Autor, D. H. und D. Dorn (2013), The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American Economic Review* 103 (5): 1553-1597.
- Autor, D. H., L. F. Katz und M. S. Kearney (2006), The polarization of the US labor market. *The American Economic Review* 96 (2): 189-194.
- Autor, D. H., F. Levy und R. J. Murnane (2003), The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics* 118 (4): 1279-1333.
- Bachmann, G. (2020), Stadt und Verkehr: Neue Verkehrsanalysen mit Mobilfunkdaten - ein Zwischenbericht. *Stadtforschung und Statistik: Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker* 33 (1): 52-60.
- Bachmann, R., E. Bode, H. Görg und B. Schmidpeter (2021a), Veränderung von Tätigkeitsprofilen im Zuge des digitalen Wandels in Deutschland. Studie im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation. IfW und RWI, Kiel und Essen.
- Bachmann, R., M. Cim und C. Green (2019), Long-Run Patterns of Labour Market Polarization: Evidence from German Micro Data. *British Journal of Industrial Relations* 57 (2): 350-376.
- Bachmann, R., M. Gonschor, P. Lewandowski und K. Madon (2021b), The Impact of Robots on Labour Market Transitions in the EU. mimeo.
- Bachmann, R. und G. Stepanyan (2020), It's a Woman's World? Occupational Structure and the Rise of Female Employment in Germany. *Ruhr Economic Papers* 889.
- Bazzanella, A., A. Förster, B. Mathes, K. Rübberdt, T. Track, K. Wagemann und U. Westhaus (2016), Whitepaper: Digitalisierung in der Chemieindustrie. Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (Dechema), Frankfurt am Main.
- Beaudry, P., D. A. Green und B. M. Sand (2016), The great reversal in the demand for skill and cognitive tasks. *Journal of Labor Economics* 34 (S1): S199-S247.
- Bennewitz, E., J. Kislak, T. Buch und K. Dengler (2016), Digitalisierung der Arbeitswelt: Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt in Hessen. IAB-Regional. IAB Hessen 03/2016. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.

- Bennewitz, E. und M. Stops (2017), Auswirkungen der Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt in Hessen. IAB-Stellungnahme. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Berlingieri, G., P. Blanchenay, S. Calligaris und C. Criscuolo (2017), Firm-level Productivity Differences: Insights from the OECD's MultiProd Project. International Productivity Monitor Number 32, Spring 2017.
- Berlingieri, G., S. Calligaris, C. Criscuolo und R. Verlhac (2020), Last but not least: laggard firms, technology diffusion and its structural and policy determinants. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers March 2020 No. 86.
- Bitkom Research (Hrsg.) (2018), Weiterbildung für die digitale Arbeitswelt. Internet: [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2018-12/20181221\\_VdTU%CC%88V\\_Bitkom\\_Weiterbildung\\_Studienbericht.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2018-12/20181221_VdTU%CC%88V_Bitkom_Weiterbildung_Studienbericht.pdf) abgerufen am 9.2.2021.
- Blien, U., W. Dauth und D. H. Roth (2019), Occupational routine intensity and the costs of job loss: evidence from mass layoffs. *Labour Economics* 68: 101953.
- Bonin, H., G. Terry und U. Zierahn (2015), Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. ZEW Kurzexpertise. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim.
- Borghans, L., A. L. Duckworth, J. J. Heckman und B. Ter Weel (2008), The economics and psychology of personality traits. *Journal of human Resources* 43 (4): 972-1059.
- Buch, T., K. Dengler und B. Matthes (2016), Relevanz der Digitalisierung für die Bundesländer. IAB-Kurzbericht 14/2016. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Budde, R. (2018), Socio-economic analysis of the urban-rural continuum of the Frankfurt/Rhine-Main region. An in-depth exploration at small spatial scale. ROBUST. Deliverable 2.3. Sub-contract on behalf of PRAC. Essen.
- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2020a), Tabellen, Beschäftigte nach Berufen (KldB 2010) (Quartalszahlen). Internet: <http://statistik.arbeitsagentur.de>, abgerufen am 18.12.2020.
- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2020b), Tabellen, Regionalreport über Beschäftigte (Quartalszahlen). Internet: <http://statistik.arbeitsagentur.de>, abgerufen am 18.12.2020.
- Bundesagentur für Arbeit (2020c), Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB) am Arbeitsort (AO). Auftragsnummer 308490. Statistik-Service Südwest. Frankfurt.
- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2021), Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) (Zeitreihe Quartalszahlen). abgerufen am 8.2.2021.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (Hrsg.) (2015), Grünbuch: Arbeit 4.0. Berlin.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2020), BAMF-Datenportal. Internet: <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/Tabelle-2.7.8.html>, abgerufen am 18.12.2020.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2020), Bericht zum Breitbandatlas Teil 1: Ergebnisse. Berlin.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.) (2020a), Chemie und Pharmazie. Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-chemie-pharmazie.html>, abgerufen am 10.01.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.) (2020b), Handwerk – Außenwirtschaftsaktivitäten des Handwerks. Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Mittelstand/handwerk.html>, abgerufen am 05.01.2020.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.) (2021), Maschinen- und Anlagenbau. Branchenskizze. Internet: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-maschinen-und-anlagenbau.html>, abgerufen am 8.2.2021.
- Carter, B., A. Danford, D. Howcroft, H. Richardson, A. Smith und P. Taylor (2011), 'All they lack is a chain': lean and the new performance management in the British civil service. *New Technology, Work and Employment* 26 (2): 83-97.
- Cortes, G. M. (2016), Where have the Middle-Wage Workers gone? A Study of Polarization using Panel Data. *Journal of Labor Economics* 34 (1).
- Cortes, G. M., N. Jaimovich und H. E. Siu (2018), The "End of Men" and Rise of Women in the High-skilled Labor Market. NBER Working Paper Series 24274.
- Cramer, G. und K. Müller (2011), Quo vadis Handwerk? Identität des Handwerks im Wandel. Göttinger Handwerkswirtschaftliche Studien 82.
- Dauth, W. (2014), Job polarization on local labor markets. IAB-Discussion Paper 201418.

- Dauth, W., S. Findeisen, J. Suedekum und N. Woessner (2018), Adjusting to robots: Worker-level evidence. Opportunity and Inclusive Growth Institute Working Papers 13.
- de Vries, G. J., E. Gentile, S. Miroudot und K. M. Wacker (2020), The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics* 66: 101885.
- Delgado, M. S., D. J. Henderson und C. F. Parmeter (2014), Does education matter for economic growth? *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 76 (3): 334-359.
- Deloitte (Hrsg.) (2017), Chemie 4.0: Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch. Endbericht: Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Deloitte.
- Deming, D. und L. B. Kahn (2018), Skill requirements across firms and labor markets: Evidence from job postings for professionals. *Journal of Labor Economics* 36 (S1): S337-S369.
- Dengler, K. und B. Matthes (2015), Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. IAB-Forschungsbericht 11/2015. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Dengler, K. und B. Matthes (2018), Substituierbarkeitspotenziale von Berufen: Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. IAB-Kurzbericht 04/2018. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Dengler, K., B. Matthes und W. Paulus (2014), Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt - Eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. FDZ-Methodenreport 12. Statistik der Bundesagentur für Arbeit Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Dengler, K., B. Matthes und G. Wydra-Somaggio (2018), Digitalisierung in den Bundesländern: Regionale Branchen- und Berufsstrukturen prägen die Substituierbarkeitspotenziale. IAB-Kurzbericht 22/2018. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- DeStefano, T. und K. D. Backer (2017), Determinants of Digital Technology Use by Companies. OECD Science, Technology and Innovation Policy Papers June 2017, No. 40. OECD.
- Die ChemieArbeitgeber (BAVC) (Hrsg.) (2021), IW-Weiterbildungserhebung 2020: Chemie gibt Pole-Position ab. Internet: <https://www.bavc.de/aktuelles/2016-iw-weiterbildungserhebung-2020-chemie-gibt-pole-position-ab>, abgerufen am 14.01.2021.
- Die ChemieArbeitgeber (BAVC) und Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) (2018), Digitale Bildung: Positionen und Forderungen der chemischen Industrie. Wiesbaden, Frankfurt am Main.
- Diel, A. und J. Kirchhof (2018), Gibt es einen Fachkräftengpass in der deutschen Pharmaindustrie? *IW-Trends* 3/2018. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.
- Dispan, J. und M. Schwarz-Kocher (2018a), Digitalisierung im Maschinenbau. Entwicklungstrends, Herausforderungen, Beschäftigungswirkungen, Gestaltungsfelder im Maschinen- und Anlagenbau. Working Paper Forschungsförderung 94. Düsseldorf.
- Dispan, J. und M. Schwarz-Kocher (2018b), Digitalisierung im Maschinenbau. Entwicklungstrends, Herausforderungen, Beschäftigungswirkungen, Gestaltungsfelder im Maschinen- und Anlagenbau. Working Paper Forschungsförderung 94. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Dürig, W. (2011), Dynamik der Märkte – Was bedeutet das für die Identität des Handwerks? In G. Cramer und K. Müller (Hrsg.), *Quo vadis Handwerk? Identität des Handwerks im Wandel*. Göttinger Handwerkswirtschaftliche Studien 82. Duderstadt: Verlag Mecke Druck, 45-102.
- Dürig, W. (2018), Handwerk im Zeichen struktureller und technologischer Umbrüche. . In N. Zdwomyslaw (Hrsg.), *Handwerk in Mecklenburg-Vorpommern. Strukturwandel und innovative Vielfalt*. Greiswald: MV-Verlag & Marketing GmbH, 333-341.
- Dürig, W., V. Eckl, P. Grunert, B. Lageman, M. Peistrup und L. Trettin (2012), Entwicklung der Märkte des Handwerks und betriebliche Anpassungserfordernisse - Teil I: Analyse. Endbericht - November 2012. RWI Projektberichte. Essen.
- Dürig, W. und J. Weingarten (2019), Das Handwerk wird digital. Bedeutung für Betriebe, Beschäftigte und Marktstrukturen. *WISO DISKURS* 04/2019. Friedrich Ebert Stiftung, Düsseldorf.
- Edin, P.-A., T. Evans, G. Graetz, S. Hernnäs und G. Michaels (2019), Individual Consequences of Occupational Decline. IZA Discussion Paper Series 12434.
- Eichhorst, W. (2015), Der Wandel der Erwerbsformen in Deutschland. *Gesundheits-und Sozialpolitik* 69 (1): 15-22.
- Eichhorst, W., P. Arni, F. Buhlmann, I. Isphording und V. Tobsch (2015), Wandel der Beschäftigung: Polarisierungstendenzen auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Research Report 68. IZA - Institute of Labour Economics, Bonn.
- Engelstätter, B. (2009), Enterprise systems and labor productivity: disentangling combination effects. ZEW Discussion Papers 09-040.

- Flake, R., D. B. Meinhard und D. Werner (2019), Digitalisierung in der dualen Berufsausbildung: Umsetzungsstand, Modernisierungs- und Unterstützungsbedarf in Betrieben. *IW-Trends - Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung* 46 (2): 3-21.
- Fredriksen, K. und P. Runst (2016), Digitalisierung im Handwerk - Wer profitiert und wer verliert. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung 8. Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh), Göttingen.
- Frey, C. B. und M. A. Osborne (2017), The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change* 114: 254-280.
- Friedmann, J. (1986), The World City Hypothesis. *Development and Change* 17 (1): 69-83.
- Gal, P., G. Nicoletti, T. Renault, S. Sorbe und C. Timiliotis (2019), Digitalisation and productivity: In search of the holy grail – Firm-level empirical evidence from EU countries. OECD Economics Department Working Papers 1533.
- Gartner, H. und H. Stüber (2017), Arbeitsplatzverluste werden durch neue Arbeitsplätze immer wieder ausgeglichen. IAB-Kurzbericht 13/2019. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Gathmann, C. und U. Schönberg (2010), How general is human capital? A task-based approach. *Journal of Labor Economics* 28 (1): 1-49.
- Gehrke, B., I. Weilage, V.-S. Gulden und K. Ingwersen (2018), Branchenbericht Chemieindustrie: Der Chemiestandort Deutschland im Spannungsfeld globaler Verschiebungen von Nachfragestrukturen und Wertschöpfungsketten. Study der Hans-Böckler-Stiftung 395. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Goos, M., M. Arntz, U. Zierahn, T. Gregory, S. C. Gomez, I. G. Vazquez und K. Jonkers (2019), The Impact of Technological Innovation on the Future of Work. JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology JRC117212.
- Goos, M. und A. Manning (2007), Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain. *The review of economics and statistics* 89 (1): 118-133.
- Goos, M., A. Manning und A. Salomons (2009), Job Polarization in Europe. *The American Economic Review* 99 (2): 58-63.
- Görlitz, K. und M. Tamm (2015), Revisiting the complementarity between education and training – the role of job tasks and firm effects. *Education Economics* 24 (3): 261-279.
- Hammermann, A. und O. Stettes (2015), Bewältigung von Stress in einer vernetzten Arbeitswelt: Befunde aus der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung. *IW-Trends-Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung* 42 (2): 113-135.
- Hammermann, A. und O. Stettes (2016), Qualifikationsbedarf und Qualifizierung - Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. *IW Policy Papers* 3/2016.
- Haverkamp, K. (2012), Sektorübergreifende Mobilität: Eine Option der Fachkräftesicherung für das Handwerk. In Kilian B. und J. Thomä (Hrsg.), *Fachkräftesicherung im Handwerk*. Göttinger Handwerkswirtschaftliche Studien No. 90. Duderstadt: Verlag Mecke Druck, 107-127.
- Haverkamp, K. (2014), Intern und extern rekrutierte Fachkräfte im Handwerk Verwertung beruflicher Qualifikationen und Einkommen im Vergleich. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 2014 (2): 51-55.
- Haverkamp, K. und K. Fredriksen (2018), Lohnstrukturen im Handwerk. Study der Hans-Böckler-Stiftung 380. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Heil, M., S. Fröder und J. Spilski (2018), *Handwerk. Hessen-digital*. Marktstudie zur Förderung von Digitalisierungsmaßnahmen im hessischen Handwerk. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung, Wiesbaden.
- Henderson, D. J. (2010), A test for multimodality of regression derivatives with application to nonparametric growth regressions. *Journal of Applied Econometrics* 25 (3): 458-480.
- Heß, P., S. Janssen und U. Leber (2019), Digitalisierung und berufliche Weiterbildung: Beschäftigte, deren Tätigkeiten durch Technologien ersetzbar sind, bilden sich seltener weiter. IAB-Kurzbericht 16/2019. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Hessen Trade & Invest GmbH (Hrsg.) (2021), *Technogieland Hessen*. Internet: <https://www.technogieland-hessen.de/start>, abgerufen am 09.02.2021.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (Hrsg.) (2018a), *Branchenprofil Maschinenbau in Hessen*. HA-Report 961. Wiesbaden: Hessen Agentur

- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (Hrsg.) (2018b), Die Gigabitstrategie für Hessen: Unsere Infrastruktur für die digitale Zukunft. Wiesbaden: Technologieland Hessen.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (Hrsg.) (2020a), Branchenprofil chemische und pharmazeutische Industrie in Hessen. HA-Report 1007. Wiesbaden: Hessen Agentur.
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (Hrsg.) (2020b), Hessischer Mittelstandsbericht 2020. HA-Report 1019. Wiesbaden: Hessen Agentur
- Hessisches Statistisches Landesamt (Hrsg.) (2019), Umsatz der hessischen Industrie nach ausgewählten Branchen (Veränderung März 2019 gegenüber März 2018 in %). Internet: [https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/pmweb/pm2156\\_Industrie\\_Hessen\\_Mai\\_2019\\_StatistikHessen.pdf](https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/pmweb/pm2156_Industrie_Hessen_Mai_2019_StatistikHessen.pdf), abgerufen am 12.01.2021.
- Hessisches Statistisches Landesamt (Hrsg.) (2020), Statistische Berichte des Bereiches Handwerk. Handwerksberichterstattung. Internet: [https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HESerie\\_mods\\_00000321?list=all](https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HESerie_mods_00000321?list=all), abgerufen am 10.01.2021.
- Hessisches Statistisches Landesamt (Hrsg.) (2021), Hessische Gemeindestatistik 2020, 2015. Internet: <https://www.statistik.hessen.de>, abgerufen am 05.01.2021.
- Hessisches Statistisches Landesamt (Hrsg.) (div. Jg.), Statistische Berichte des Bereiches Handwerk. Handwerkszählung: Unternehmen, Beschäftigte und Umsätze in Hessen. Internet: [https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HESerie\\_mods\\_00000327](https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HESerie_mods_00000327), abgerufen am 10.01.2021.
- Hirsch-Kreisen, H. (2009), Innovative Arbeitspolitik im Maschinenbau? Soziologische Arbeitspapiere 26. Technische Universität, Dortmund.
- Hoesch, L. (2010), Ein Erfahrungsbericht zur Kooperation von Handwerk und Hochschule in der Praxis. Vortrag i.R. der Veranstaltung „Handwerk trifft Wissenschaft“ des Bildungs- und Technologiezentrums (BTZ) der Handwerkskammer Berlin. Berlin.
- IG Chemie (Hrsg.) (2019), Chemieindustrie: Die größten Chemieunternehmen in Deutschland. Internet: <https://www.ig.com/de/nachrichten-und-trading-ideen/aktien-news/chemieindustrie--die-groessten-chemieunternehmen-in-deutschland-190325#:~:text=Die%20Chemieindustrie%20in%20Deutschland%20umfasst%20circa%202.200%20Unternehmen,der%20f%C3%BCnfgr%C3%B6%C3%9Fter%20Arbeitgeber%20und%20somit%20ein%20bedeutender%20Wirtschaftsfaktor>, abgerufen am 14.01.2021.
- Initiative Gesundheitsindustrie Hessen (Hrsg.) (2021), Initiative Gesundheitsindustrie Hessen. Internet: <https://www.gesundheitsindustrie-hessen.de/>, abgerufen am 09.02.2021.
- Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) (Hrsg.) (2019), Aktuelle Daten und Indikatoren. Substituierbarkeitspotenziale. Internet: <https://www.iab-forum.de/warum-die-digitalisierung-manche-bundeslaender-staerker-betrifft-als-andere>, abgerufen am 03.04.2020.
- Janssen, S., U. Leber, M. Arntz, T. Gregory und U. Zierahn (2018), Betriebe und Arbeitswelt 4.0: Mit Investitionen in die Digitalisierung steigt auch die Weiterbildung. IAB-Kurzbericht 26/2018. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Kramer, A. und M. Tamm (2018), Does learning trigger learning throughout adulthood? Evidence from training participation of the employed population. *Economics of Education Review* 62: 82-90.
- Kruppe, T., U. Leber und B. Matthes (2017), Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit in Zeiten des digitalen Umbruchs. IAB-Stellungnahme 07/2017. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Lehmer, F. und B. Matthes (2017), Auswirkungen der Digitalisierung auf die Beschäftigungsentwicklung in Deutschland. Aktuelle Berichte 05/2017. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Maier, T., G. Zika, A. Mönnig, M. I. Wolter, M. Kalinowski, C. Hänisch, R. Helmrich, M. Schandock, C. Neuber-Pohl und P. Bott (2014), Löhne und berufliche Flexibilitäten als Determinanten des interaktiven QuBe-Arbeitsmarktmodells: Ein Methodenbericht zur Basisprojektion der dritten Welle der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Wissenschaftliche Diskussionspapiere Heft 148. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn.
- Materials Valley e.v. (Hrsg.) (2021), Über Materials Valley. Internet: <https://www.materials-valley.de/ueber-materials-valley/>, abgerufen am 09.02.2021.

- Müller, K. (2015), Strukturentwicklungen im Handwerk. Göttinger Handwerkswirtschaftliche Studien 98. Duderstadt: Verlag Mecke Druck.
- Opiela, N., J. Tiemann, J. D. Gumz, G. Gabriele, T. Basanta und M. Weber (Hrsg.) (2019), Deutschland-Index der Digitalisierung 2019. Internet: <https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/Deutschland-Index+der+Digitalisierung+2019>, abgerufen am 9.2.2021.
- Patscha, C., H. Glockner, E. Störmer und T. Klaffke (2017), Kompetenz und Qualifizierungsbedarfe bis 2030: Ein gemeinsames Lagebild der Partnerschaft für Fachkräfte. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS).
- Pfeiffer, S., L. Horan, C. Zirrig und A. Suphan (2016a), Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025. (Team: VDMA.) Frankfurt.
- Pfeiffer, S., S. Schlund, A. Suphan und A. Korge (2016b), Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie Bd. 1. Zusammenführung zentraler Ergebnisse für den Maschinenbau. Stuttgart.
- Priesack, K., W. Apt, G. Glock, K. Goluchowicz und M. Bovenschulte (2019), QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation – Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie. Branchenbericht: Chemie- und Pharmaindustrie 522/4. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin.
- Psacharopoulos, G. und H. A. Patrinos (2018), Returns to investment in education: a decennial review of the global literature. *Education Economics* 26 (5): 445-458.
- Rat für Digitalethik der Hessischen Landesregierung (Hrsg.) (2020), Impulspapier Arbeitswelt der Zukunft. Internet: <https://digitales.hessen.de/impulspapier>, abgerufen am 11.01.2021.
- Regionalverband FrankfurtRheinMain (Hrsg.) (2021), Gigabitregion FrankfurtRheinMain – Flächendeckend Glasfaserkabel für die Region. Internet: <https://www.region-frankfurt.de/Unsere-Themen-Leistungen/Digitalisierung/Gigabitregion-FrankfurtRheinMain>, abgerufen am 9.2.2021.
- Rendall, M. und F. J. Weiss (2016), Employment polarization and the role of the apprenticeship system. *European Economic Review* 82: 166-186.
- Runst, P., K. Bartelt, K. Fredriksen, L. Meyer-Veltrup, W. Pirk und T. Proeger (2018), Der Digitalisierungsindex für das Handwerk. Eine ökonomische Analyse des Digitalisierungs-Checks des Kompetenzzentrums Digitales Handwerk. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung 24. Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh), Göttingen.
- Runst, P. und T. Proeger (2020a), Digitalisierung des Handwerks in Niedersachsen - Sonderauswertung des Digitalisierungs-Checks des Kompetenzzentrums Digitales Handwerk. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung 41. Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh), Göttingen.
- Runst, P. und T. Proeger (2020b), Digitalisierungsmuster der SHK-Gewerke - Sonderauswertung des Digitalisierungs-Checks des Kompetenzzentrums Digitales Handwerk. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung 40. Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh), Göttingen.
- RWI (2004), Determinanten des Strukturwandels im deutschen Handwerk. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit Forschungsvorhaben 40/02. Essen.
- RWI, CEIT, SV Wissenschaftsstatistik und ZEW (2020), Innovationsbericht Nordrhein-Westfalen Indikatorenbericht und Bericht zu Status und Mobilität von Humankapital in NRW. Innovation Ministerium für Wirtschaft, Digitalisierung und Energie des Landes NRW, Essen.
- Sala-i-Martin, X., G. Doppelhofer und R. I. Miller (2004), Determinants of Long-Term Growth: A Bayesian Averaging of Classical Estimates (BACE) Approach. *The American Economic Review* 94 (4): 813-835.
- Salemink, K., D. Strijker und G. Bosworth (2017), Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas. *Journal of Rural Studies* 54: 360-371.
- Schleiermacher, T. und O. Stettes (2017), Digitaler Wandel in der chemischen und pharmazeutischen Industrie: Eine Befragung der Mitgliedsunternehmen von HessenChemie. Gutachten. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Institut der deutschen Wirtschaft Consult GmbH, Köln.
- Schmidpeter, B. und R. Winter-Ebmer (2019), Automation, offshoring, and the role of public policies. *Ruhr Economic Papers* 835.

- Schweikl, S. und R. Obermaier (2019), Lessons from three decades of IT productivity research: towards a better understanding of IT-induced productivity effects. *Management Review Quarterly* 70 (4): 461-507.
- Seyda, S. (2019), Wie die Digitalisierung genutzt werden kann, um Geringqualifizierte weiterzubilden: Handlungsempfehlung an Individuen, Unternehmen und Bildungsanbieter sowie die Bundesagentur für Arbeit. IW-Policy Paper 7/2019. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.
- Seyda, S., D. B. Meinhard und B. Placke (2018a), Weiterbildung 4.0-Digitalisierung als Treiber und Innovator betrieblicher Weiterbildung. *IW-Trends-Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung* 45 (1): 107-124.
- Seyda, S., L. Wallossek und M. Zibrowius (2018b), Keine Ausbildung-keine Weiterbildung? Einflussfaktoren auf die Weiterbildungsbeteiligung von An- und Ungelernten. IW-Analysen 122. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.
- Spitz-Oener, A. (2006), Technical change, job tasks, and rising educational demands: Looking outside the wage structure. *Journal of Labor Economics* 24 (2): 235-270.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) (2020a), Regionalstatistik, Arbeitslose nach ausgewählten Personengruppen sowie Arbeitslosenquoten - Jahresdurchschnitt: Deutschland, Kreise und Krsfr. Städte (13211-02-05-4). Internet: <https://www.regionalstatistik.de>, abgerufen am 16.12.2020.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) (2020b), Regionalstatistik, Bevölkerung nach Geschlecht: Deutschland, Kreise und Krsfr. Städte (12411-01-01-4). Internet: <https://www.regionalstatistik.de>, abgerufen am 16.12.2020.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020c), Regionalstatistik, VGR der Länder (Entstehungsrechnung) - Bruttoinlandsprodukt/Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen - Jahressumme : Deutschland, Kreise und Krsfr. Städte (82111-01-05-4).
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2021), Genesis Online, Bruttostundenverdienste, Deutschland (62111-0004), Länder (62111-0011). Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, abgerufen am 05.01.2021.
- Stettes, O. (2016), Arbeitswelt der Zukunft: Wie die Digitalisierung den Arbeitsmarkt verändert. IW-Analysen 108. Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.
- Stops, M., A.-C. Bächmann, R. Glassner, M. Janser, B. Matthes, L.-J. Metzger, C. Müller, J. Seitz, A. Hanebrink, L. Lataster und G. Müller (2020), Machbarkeitsstudie Kompetenz-Kompass \* Teilprojekt 2: Beobachtung von Kompetenzanforderungen in Stellenangeboten. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) Forschungsbericht 553.
- Tamm, M. (2018), Training and changes in job Tasks. *Economics of Education Review* 67: 137-147.
- Tamm, M., R. Bachmann und R. Felder (2017), Erwerbstätigkeit und atypische Beschäftigung im Lebenszyklus – Ein Kohortenvergleich für Deutschland. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 18 (3): 263-285.
- Technologieland Hessen (Hrsg.) (2021a), Materialtechnologien – Schlüssel für eine nachhaltige Zukunft. Internet: <https://www.technologieland-hessen.de/cluster>, abgerufen am 09.02.2021.
- Technologieland Hessen (Hrsg.) (2021b), Portal hessische Cluster-Netzwerke – Kooperation & Vernetzung. Internet: <https://www.technologieland-hessen.de/cluster>, abgerufen am 09.02.2021.
- Thomä, J. (2018), Das Handwerk als Zubringer für Fachkräfte in das deutsche Innovationssystem. *Wirtschaftsdienst* 98 (9): 673-679.
- Tiemann, M. (2018), Die Berufsfelder des BIBB – Überarbeitung und Anpassung an die KldB 2010. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 190. Bundesinstitut für Berufsbildung (BiBB), Bonn.
- Tiemann, M., H. Schade, R. Helmrich, A. Hall und U. Braun (2008), Berufsfeld-Definition des BIBB auf der Klassifikation der Berufe 1992. Zweite Fassung. Diskussionspapier 105. Bundesinstitut für Berufsbildung (BiBB), Bonn.
- Veltkamp, N. und K.-S. Schulte (2020), Digitalisierung des Handwerks. Präsentation der Ergebnisse einer Umfrage, die Bitkom Research im Auftrag des Digitalverbands Bitkom und des Zentralverbands des Deutschen Handwerks (ZDH) im Januar und Februar 2020 durchgeführt hat. Berlin.
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) (2017), Die deutsche chemische Industrie 2030: VCI-Prognose-Studie - Update 2015/16. Frankfurt.
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) (Hrsg.) (2021), Die Branche. Internet: <https://www.vci.de/die-branche/uebersichtsseite.jsp>, abgerufen am 13.01.2021.

- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (Hrsg.) (2020), Maschinenbau in Zahl und Bild 2020. Internet:  
[https://www.vdma.org/documents/14969753/48271265/MaBiZ\\_2020\\_final\\_1587484941149.pdf/34666b3a-4d70-9bfb-81fe-f3a9e13db772;](https://www.vdma.org/documents/14969753/48271265/MaBiZ_2020_final_1587484941149.pdf/34666b3a-4d70-9bfb-81fe-f3a9e13db772;), abgerufen am 8.2.2021.
- Webb, M. (2019), The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market. Working Paper.
- Weber, E. (2017), Digitalisierung als Herausforderung für eine Weiterbildungspolitik. *Wirtschaftsdienst* 97 (5): 372-374.
- Weißler, M. (2018), Digitalisierung der Arbeitswelt in Hessen: Höheres Substituierbarkeitspotenzial nach Neubewertung bei ähnlicher Struktur. IAB-Regional 5. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Wendeler, V. (Hrsg.) (2017), Beratungsresistenz - Ein gefährliches Übel für KMU. Internet:  
<https://www.silicon.de/41641640/beratungsresistenz-ein-gefaehrliches-uebel-fuer-kmu>, abgerufen am 06.02.2021.
- Wolter, M. I., A. Mönnig, M. Hummel, C. Schneemann, E. Weber, G. Zika, R. Helmrich, T. Maier und C. Neuber-Pohl (2015), Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht 08/2015. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Wolter, M. I., A. Mönnig, M. Hummel, E. Weber, G. Zika, R. Helmrich, T. Maier und C. Neuber-Pohl (2016), Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. IAB-Forschungsbericht 13/2016. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Zika, G., R. Helmrich, T. Maier, E. Weber und M. I. Wolter (2018), Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung bis 2035 - Regionale Branchenstruktur spielt eine wichtige Rolle. IAB-Kurzbericht 9/2018. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Zika, G., C. Schneemann, A. Grossman, M. Kalinowski, T. Maier, A. Mönnig, F. Parton, S. Winnige und M. I. Wolter (2019), BMAS-Prognose "Digitalisierte Arbeitswelt". IAB-Forschungsbericht 05/2019. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg.
- Zika, G., C. Schneemann, A. Grossman, M. Kalinowski, T. Maier, A. Mönnig, F. Parton, S. Winnige und M. I. Wolter (2020), BMAS-Prognose „Digitalisierte Arbeitswelt nach Arbeitsmarktregionen“. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), BIBB (Bundesinstitut für Berufsforschung), GWS (Specialits in Empirical Research), Berlin.

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung

## **Studie zu Arbeitswelt 4.0 in Hessen und den Digitalisierungsfolgen und -effekten**

**Studie für die Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag der Hessischen Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung**

Auftrags-Nr.: 2020-A-0186

Endbericht



Das RWI wird vom Bund und vom Land  
Nordrhein-Westfalen gefördert.