

Metastudie – Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung in Baden-Württemberg

für

Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration
Baden-Württemberg

Staatsministerium Baden-Württemberg

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst
Baden-Württemberg

Mannheim, 12. April 2021

Projektteam:

Raphaela Andres

Janna Axenbeck

Prof. Dr. Irene Bertschek

Patrick Breithaupt

Rebecca Janßen

Emanuel Kollmann

Dr. Thomas Niebel

Dr. Simon Reif

Dr. Mareike Seifried

Unter Mitarbeit von:

Julia Bartel

Theresa Geyer

Bruno Goes

Dr. Sandra Gottschalk

Sebastian Klump

Manuel Lauer

Paul Peters

Dr. Christian Rammer

Dr. Bettina Schuck

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	vi
1 Das Wichtigste in Kürze	1
2 Motivation und Zielsetzung	9
3 Schwerpunktthemen	10
3.1 Bildung und Weiterbildung	10
3.2 E-Government / digitale Kommune	29
3.3 Digitalisierung im Gesundheitswesen	35
3.4 Mobilität unter besonderer Berücksichtigung der Themen autonomes Fahren, Mobilitätsbranche, Mobilitätsverhalten	49
3.5 Wirtschaft	61
4 Querschnittsthemen	68
4.1 Forschung, Entwicklung und Innovation	68
4.2 Digitale Infrastruktur inkl. Mobilfunknetz	71
4.3 Digitalisierung als Chance für Nachhaltigkeit und Energiewende	80
4.4 Cybersicherheit	97
5 Zusätzliche Themenbereiche	103
5.1 Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Digitalisierung / das gesellschaftliche Bewusstsein für den digitalen Wandel	103
5.2 Big Data	107
5.3 Künstliche Intelligenz (KI)	114
5.4 Cloud Computing und Edge Computing	123

ZEW

5.5	Blockchain.....	132
6	Anhang.....	138
7	Literaturverzeichnis	160

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Nutzung von E-Government durch Bürgerinnen und Bürger nach Bundesländern.....	31
Abbildung 3-2: Index Digitale Kommune nach Bundesländern	33
Abbildung 3-3: Anzahl der Apps in Kategorien Gesundheit & Fitness sowie Medizin pro Bundesland.....	42
Abbildung 3-4: Bestand an Elektroautos nach Bundesländern.....	51
Abbildung 3-5: Anzahl an Ladepunkten nach Bundesländern	52
Abbildung 3-6: Nutzung von Mobilitäts-Apps nach Bundesländern	60
Abbildung 3-7: Gründungsdynamik Index, 2002 bis 2019, Deutschland	65
Abbildung 3-8: Gründungsdynamik Index, 2002 bis 2019, Baden-Württemberg.....	66
Abbildung 4-1: FFTB/H Verfügbarkeit in Prozent der Haushalte in Deutschland.....	73
Abbildung 4-2: Breitbandversorgung über alle Technologien ≥ 50 Mbit/s in Prozent der Haushalte.....	75
Abbildung 4-3: Anzahl der Teilnehmer der Allianz für Cyber-Sicherheit nach Bundesländern	100
Abbildung 5-1: Anteil der Unternehmen, die ihren Digitalisierungsgrad in verschiedenen Bereichen durch die Corona-Krise erhöht haben	104
Abbildung 5-2: Anteil an Unternehmen, die Big Data nutzen.....	111
Abbildung 5-3: Durchführung von Big Data Analysen im Jahr 2018 nach Größenklassen.....	112
Abbildung 5-4: Nutzung von Big Data Analysen im Jahr 2018 nach Wirtschaftszweig	112
Abbildung 5-5: Datenquellen für Big Data Analysen im Jahr 2018	113
Abbildung 5-6: Anzahl KI Professuren pro Bundesland.....	119
Abbildung 5-7: Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Prozent aller Unternehmen pro Branche (Branchenabgrenzung nach WZ 2008 in	

Klammern).....	120
Abbildung 5-8: Entwickler der eingesetzten Künstlichen Intelligenz in Prozent aller Unternehmen.....	121
Abbildung 5-9: Bedeutung von maschinellem Lernen und KI für das Geschäftsmodell in Prozent aller Unternehmen.....	122
Abbildung 5-10: Erstmaliger Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Prozent aller Unternehmen	122
Abbildung 5-11: Anteil an Unternehmen, die Cloud Services beziehen, im Jahr 2018	126
Abbildung 5-12: Nutzung von Cloud Diensten nach Beschäftigtengrößenklasse	127
Abbildung 5-13: Nutzung von Cloud-Diensten im Jahr 2018 nach Wirtschaftszweig	128
Abbildung 5-14: Anteil an Unternehmen, die Cloud-Dienste über private oder öffentliche Server beziehen, 2018	129
Abbildung 5-15: Anteil an Unternehmen, die bestimmte Cloud Dienste nutzen.....	130
Abbildung 5-16: Anzahl an Blockchain-Unternehmen pro Bundesland.....	136
Abbildung 5-17: Blockchain in Baden-Württemberg	137
Abbildung 6-1: Spezialisierte Studiengänge im Bereich KI und Data Science .	142
Abbildung 6-2: Absolute Anzahl an gesamten KI-Anwendungen und KI-Anwendungen im Bereich Gesundheit und Pharma nach Bundesland	142
Abbildung 6-3: Absolute Anzahl der Apps für Gesundheit & Fitness und Medizin getrennt nach Kategorien pro Bundesland	143
Abbildung 6-4: Anzahl der Apps in den Kategorien Gesundheit & Fitness oder Medizin mit über 1.000 und über 10.000 Downloads pro Bundesland .	144
Abbildung 6-5: Anzahl der App-Entwickler in den Kategorien Gesundheit & Fitness und Medizin pro Bundesland	145
Abbildung 6-6 Breitbandversorgung mit \geq Gbit/s Technologien in Prozent der Haushalte.	150

Abbildung 6-7: Breitbandversorgung über alle Technologien ≥ 50 Mbit/s nach Gemeindeprägung in Prozent der Haushalte	150
Abbildung 6-8: Gewerbliche Breitbandverfügbarkeit ≥ 50 Mbit/s in den Bundesländern in Prozent der Gewerbestandorte	152
Abbildung 6-9: Erschlossene Schienenwege (LTE) in Prozent pro Bundesland	152
Abbildung 6-10: FTTB/H pro Bundesland in Prozent aller Haushalte	153
Abbildung 6-11: Gründe für Digitalisierungsprojekte in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent).....	154
Abbildung 6-12: Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energiebilanz in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent)	155
Abbildung 6-13: Einsatz digitaler Technologien zur Verbesserung der Energiebilanz in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent)	155
Abbildung 6-14: Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der IT-Energieeffizienz in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent)	156
Abbildung 6-15: Anzahl der Partner der Allianz für Cyber-Sicherheit nach Bundesländern	157
Abbildung 6-16: Anzahl der Multiplikatoren der Allianz für Cyber-Sicherheit nach Bundesländern.....	158
Abbildung 6-17: Anwendungsgebiete und Verfahren in der KI-Nutzung (Mehrfachnennungen sind möglich)	159
Abbildung 6-18: Einsatz von KI nach Größengruppe (basierend auf der Mitarbeiter-Anzahl) in Prozent aller Unternehmen.....	159

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Übersicht der Infrastrukturprojekte und Beratungsleistungen des „Bundesförderprogramm Breitband“ zwischen 11/2015 und 06/2020.....	79
Tabelle 6-1: Studienanfänger/innen im MINT-Bereich (1. Fachsemester), Wintersemester 2019/20, nach Bundesländern	138
Tabelle 6-2: Studienanfänger/innen in Mathematik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften (1. Fachsemester), Wintersemester 2019/20, nach Bundesländern.....	139
Tabelle 6-3: Studienanfänger/innen in ausgewählten Fächern der Ingenieurwissenschaften (1. Fachsemester), Wintersemester 2019/20, nach Bundesländern	140
Tabelle 6-4: MINT-Studierende in Baden-Württemberg, Wintersemester 2019/20, Zehn beliebteste Studienbereiche.....	141
Tabelle 6-5: Entwicklung der Studierenden in MINT-Fächern in Baden-Württemberg, Wintersemester 2005/06 bis 2019/20.....	141
Tabelle 6-6: Bestand an Elektroautos nach Bundesländern	146
Tabelle 6-7: Bestand an Elektroautos im Verhältnis zu den Ladepunkten	147
Tabelle 6-8: Car Sharing-Städteranking 2019.....	148
Tabelle 6-9: Carsharing-Orte nach Ortsgröße in Baden-Württemberg.....	148
Tabelle 6-10: F&E-Intensität nach Bundesländern, 2007 und 2017: Anteil der Ausgaben der Bundesländer für Forschung und Entwicklung an ihrem Bruttoinlandsprodukt, aufgeschlüsselt nach durchführendem Sektor.....	149
Tabelle 6-11: Verfügbarkeit von Einzeltechnologien pro Bundesland in Prozent der Haushalte.....	151

1 Das Wichtigste in Kürze

In ihrem Koalitionsvertrag 2016 hat die Landesregierung Baden-Württemberg die Weichen für eine Digitalisierungsstrategie gestellt. Im selben Jahr begann der ressortübergreifende Strategieprozess. Ein gutes Jahr später verabschiedete die Landesregierung ihre Digitalisierungsstrategie digital@bw. Seither wird das Thema als Querschnittsaufgabe über alle Ministerien hinweg und unter Einbeziehung von Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft vorangetrieben.

In die Entwicklung der Digitalisierungsstrategie digital@bw flossen Ergebnisse der Metastudie ein, die das ZEW im Jahr 2017 erstellt hatte. Nach fast vier Jahren seit Start von digital@bw erfolgen nun eine erneute Bestandsaufnahme und Einordnung der einzelnen Themenfelder der Digitalisierungsstrategie. Dabei werden zunächst die Schwerpunktthemen Bildung und Weiterbildung, E-Government/digitale Kommune, Gesundheitswesen/Medizin, Mobilität sowie Wirtschaft analysiert.

Der zweite Teil der Studie widmet sich den Querschnittsthemen Forschung, Entwicklung und Innovation, Digitale Infrastruktur inkl. Mobilfunknetz, Digitalisierung als Chance für Nachhaltigkeit und Energiewende sowie Cybersicherheit. Der Fokus liegt insbesondere auf den Entwicklungen seit Erstellung der ersten Metastudie 2017.

In einem dritten Teil werden erstmals die neuen Themen Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Digitalisierung sowie Big Data, Künstliche Intelligenz (KI), Cloud Computing und Edge Computing sowie Blockchain untersucht, deren Bedeutung zuletzt stark gewachsen ist.

Baden-Württemberg hat in den letzten Jahren zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um die **Digitalisierung der Bildung** in der Allgemeinbildung, Hochschulbildung und Weiterbildung voranzutreiben. Die Corona-Pandemie hat zu einem Digitalisierungsschub im Bildungswesen geführt, offenbart aber insbesondere in der **Allgemeinbildung** neue Herausforderungen hinsichtlich der Bildungsungleichheit, welche es anzugehen gilt. In Zukunft sollten die technische Ausstattung der Schulen weiter verbessert und die Entwicklung digitaler Kompetenzen der Lernenden und Lehrenden weiter gefördert werden.

An den **Hochschulen** ergibt sich ein differenziertes Bild. Dank der sehr guten Infrastruktur ist es den Hochschulen gelungen, zu Beginn der Corona-Pandemie binnen kürzester Zeit und ohne größere Reibungsverluste auf Online-Lehre umzustellen. Im Bereich der Qualifizierung

der Lehrenden zur Umsetzung der digitalen Lehre gibt es noch Verbesserungspotenzial. Positiv ist zudem die rasche Flexibilisierung der Lehrformate während der Corona-Pandemie und die aufgezeigten Potenziale innovativer Online-Lehrformate zu bewerten. Digitale Kompetenzen sollten insbesondere in den Geisteswissenschaften, den Lehramtsstudien und dem Medizinstudium ausgebaut werden. Chancen, wie beispielsweise für die Internationalisierung des Hochschulbetriebs durch Digitalisierung, die Erschließung des Weiterbildungsmarktes oder auch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Verwaltung und Lehre, gilt es zu nutzen.

Baden-Württemberg hat mit seiner Qualifizierungsoffensive zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um die **Weiterbildung** an die Anforderungen einer digitalisierten Arbeitswelt anzupassen. Mit der digitalen Weiterbildungsplattform besteht die Möglichkeit, eine systematische Datenbank zu benötigten Kompetenzen und entsprechenden Weiterbildungsmaßnahmen aufzubauen und damit die Datenlage zur digitalen Weiterbildung zu verbessern. Die Kooperation mit Hochschulen zur Entwicklung von passgenauen Zusatzqualifikationen und Zertifikaten für die Bedarfe der Betriebe stellt eine Chance dar. Insgesamt sollte die Entwicklung einer umfassenden Handlungs- und Lernkompetenz gefördert werden. Letztlich bedarf es weiterer Anstrengungen im noch ungleichen Zugang zu hochqualitativem Weiterbildungsangebot zur Vermittlung digitaler Kompetenzen auf Individual- und Unternehmensebene.

Bei der **Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung** befindet sich Baden-Württemberg im Bundesländervergleich anhand einzelner Indikatoren zwar nach wie vor im Mittelfeld. Doch wurden im Rahmen der Digitalisierungsstrategie zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um Verwaltungsdienste zu digitalisieren oder neue Dienste ins Leben zu rufen. Hier sei insbesondere die Doppelstrategie genannt, die das Land Baden-Württemberg gemeinsam mit den drei Kommunalen Spitzenverbänden und den beiden zentralen IT-Dienstleistern des Landes Mitte 2020 verabschiedet hat. Dabei verbindet das Land die Digitalisierung der Verwaltung mit Nachhaltigkeitszielen (Green IT). Beim Smart City Index 2020 schneiden die Städte Baden-Württembergs überdurchschnittlich gut ab, was vor allem auf die Digitalisierung im Bereich „Verwaltung“ zurückgeht. Um die mit dem Onlinezugangsgesetz (OZG) und dem EGovG BW gesetzten Ziele erreichen zu können, sollten die initiierten Maßnahmen konsequent weiter umgesetzt werden.

Baden-Württemberg unterstützt den Bereich **Digital Health** durch zahlreiche Fördermaßnahmen. Besonders hervorzuheben ist die im Jahr 2019 gegründete Kooperationsinitiative „Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg“, die mit großem Fördervolumen Wirtschaft, Forschung und Versorgung besser vernetzen und dadurch voranbringen soll. Hierzu

zählen die Kooperation und Vernetzung der Hochschulmedizin in Baden-Württemberg, der Ausbau der Rhein-Neckar-Region zum „Health Valley“ sowie die Projektförderung im Bereich der personalisierten Medizin und für den Ausbau der Digitalisierung im Gesundheitswesen. Neben Initiativen zur stärkeren Vernetzung sind Technologien der Telematik entscheidend für eine langfristige Digitalisierung. Mit der Einführung von digitalen Gesundheitsanwendungen und weiteren Initialprojekten sind bereits gute Entwicklungen erkennbar, sowohl bei der Bereitstellung als auch bei der Inanspruchnahme. Gleiches gilt für Lösungen im ländlichen Raum, wo der demographische Wandel zusätzliche Herausforderungen bereithält. Entscheidend für die Akzeptanz der Vorschläge sind eine hohe Bedienungsfreundlichkeit und ausreichende Informationsvermittlung. Darüber hinaus sollten erfolgreiche Pilotprojekte auch in die Regelversorgung überführt werden.

Im Bereich der **Mobilität** hat das Land Baden-Württemberg seine Position im Vergleich zu 2017 in weiten Teilen verbessert. Die in der Digitalisierungsstrategie des Landes Baden-Württemberg benannten Handlungsfelder und Ziele wurden zu großen Teilen durch konkrete Förderungen und Projekte angegangen. Beispielsweise wurden die Kompetenzen im Bereich der digitalisierten Batteriezellenproduktion gestärkt und ausgebaut. Diese fließen aktuell in den Aufbau von Serienproduktionen ein. Des Weiteren wurden die Themen Elektronik und Software im Fahrzeug als besonders relevant identifiziert und erste Aktivitäten initiiert. Beim Thema automatisiertes und vernetztes Fahren sind die Kraftfahrzeugproduzenten sowie die ansässigen Zulieferbetriebe gegenwärtig weiterhin gut aufgestellt. Bei der Verbreitung und Nutzung von Carsharing kann Baden-Württemberg seine bereits 2017 bestehende Führungsrolle weiter behaupten. Im Bereich des ÖPNV bzw. der Verknüpfung der Verkehrsträger gab es in den vergangenen Jahren viele konkrete kurzfristige, aber auch zukunftsgerichtete Initiativen. Die Nutzung von Mobilitäts-Apps ist weiter ausbaufähig.

Beim Thema **Wirtschaft** hat Baden-Württemberg seinen zunächst bestehenden Fokus auf die Industrie und insbesondere auf den Maschinenbau und die Automobilbranche stark geweitet. Dies ist insofern wichtig, als sich zum einen die Automobilbranche als einer der Haupttreiber baden-württembergischer Wertschöpfung im Umbruch befindet. Zum anderen sind es insbesondere die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die weiterer Schritte bei der Digitalisierung bedürfen. Baden-Württemberg setzt dabei sowohl auf Querschnittsaktivitäten, zum Beispiel in den Bereichen KI und Cybersicherheit, die sich insbesondere an KMU richten. Es fördert aber, beispielsweise mit den Digital Hubs die Digitalisierung der KMU branchenübergreifend in der Fläche des Landes mit thematischen und regionalen

Unterstützungsangeboten. Die leicht positive Entwicklung des digitalen Gründungsgeschehens folgt dem bundesweiten Trend. Maßnahmen zur Start-up Förderung sind deshalb weiterhin erforderlich, um den Schritt in die Selbständigkeit zu unterstützen.

Im Bundesländervergleich nimmt Baden-Württemberg im Bereich „**Forschung, Entwicklung und Innovation**“ eine Spitzenposition ein, sowohl in der allgemeinen als auch in der auf die Digitalisierung fokussierten Innovationstätigkeit. Die Forschungslandschaft ist durch eine hohe Beteiligung von Unternehmen und eine enge Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gekennzeichnet. Das Land stellt umfangreiche Fördermittel für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich von Zukunftstechnologien wie Künstliche Intelligenz (Cyber Valley) und Quantentechnologie bereit. Kooperationen werden durch die Förderung von Infrastrukturprojekten wie der Science Data Centers zusätzlich unterstützt. Bei Innovationsfeldern wie „Smart Services“ und „Big Data“ sehen Großunternehmen bisher mehr Anwendungsmöglichkeiten als KMU. Hier gilt es darauf zu achten, dass KMU nicht den Anschluss verlieren.

Die **Breitbandversorgung** in Baden-Württemberg hat seit 2017 deutliche Fortschritte gemacht. Eine flächendeckende Minimalversorgung mit DSL ist fast im ganzen Bundesland erreicht. Im Gigabit-Bereich verzeichnet das Land im Vergleich zu 2016 einen Anstieg von 1,4 Prozent auf 55 Prozent versorgter Haushalte. Bei höheren Bandbreiten (≥ 50 Mbit/s) hat insbesondere der ländliche Raum, wo sich auch ein Großteil der im Land ansässigen Unternehmen befindet, noch Aufholbedarf. Gleiches gilt für die Verfügbarkeit von Gigabit-Anschlüssen, die nur im städtischen Bereich in größerem Umfang verfügbar sind. Getragen wird der Gigabit-Ausbau in Baden-Württemberg bisher im Wesentlichen noch von einem gut ausgebauten Kabelnetz. Mit der Neuausrichtung der Landesförderung 2019 wurde der Förderschwerpunkt auf den FTTB-Glasfaserausbau gelegt und der Anschluss an das Bundesförderprogramm hergestellt. Mit der sich abzeichnenden Dynamik beim Ausbau von Glasfasernetzen durch den geförderten Breitbandausbau, für den zweieinhalb Milliarden Euro bereits bewilligt wurden, befindet sich Baden-Württemberg daher auf einem guten Weg, mittelfristig eine flächendeckende FTTH/B-Infrastruktur zu erreichen. Ähnlich stellt sich die Situation im Mobilfunk dar: Die LTE-Infrastruktur ist bis auf Lücken im ländlichen Raum gut ausgebaut. Derzeit wird die Infrastruktur auf die nächste Generation des Mobilfunkstandards (5G) ausgebaut.

Baden-Württemberg war das erste Bundesland, das **Digitalisierung und ökologische Nachhaltigkeit** strategisch umfassend miteinander verbindet. Dabei wurden sowohl Initiativen

ergriffen, um mit digitalen Technologien wie Smart Meter Energie einzusparen als auch solche, die die Energieeffizienz digitaler Technologien selbst im Blick haben (Green IT). Für die Nutzung der Digitalisierung zur Ressourcenschonung wird es in Zukunft darum gehen, die richtigen Anreize zu setzen, um die wirtschaftliche Attraktivität von Maßnahmen weiter zu verbessern und die Bekanntheit und Akzeptanz von Initiativen in der Breite der Bevölkerung zu erhöhen. Die Wirkung von Maßnahmen sollte zudem konsequent beobachtet werden. Künftige Maßnahmen im Bereich Green IT gewinnen weiter an Bedeutung, insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Anzahl an Projekten in den Bereichen KI oder etwa Blockchain, die das Land fördert und die selbst eine hohe Menge an Energie verbrauchen. Eine zukünftige Landesstrategie für eine nachhaltige Digitalisierung sollte zudem Verhaltensänderungen, die sich aus der Corona-Krise ergeben wie reduzierte Dienstreisen und mehr Homeoffice, berücksichtigen.

Die digitale Vernetzung und Digitalisierung aller Lebensbereiche steigert das Maß, in dem Verbraucherinnen und Verbraucher, Unternehmen und staatliche Einrichtungen **Gefahren durch digitale Angriffe** ausgesetzt sind. Um potenziellen Gefahren von Cyberrisiken zu begegnen und diese präventiv zu verringern, hat das Land Baden-Württemberg verschiedene Initiativen ergriffen. Mit neueren Projekten wie der Cybersicherheitsagentur verfolgt Baden-Württemberg u. a. das Ziel, die Vernetzung verschiedener Akteure zu verbessern, Sicherheitsstandards durchzusetzen und Systemsicherheiten zu gewährleisten. Um einen langfristigen Erfolg der Einrichtung zu gewährleisten, sind klare Definitionen und Verantwortlichkeiten genauso relevant wie eine noch effizientere Einbindung aller Akteure der Cybersicherheit in Baden-Württemberg.

Die **Corona-Pandemie** hat zum einen zu einem Digitalisierungsschub in Wirtschaft und Gesellschaft geführt und gleichzeitig den Nachholbedarf bei der Digitalisierung offengelegt. Zahlreiche Unternehmen haben seit Beginn des ersten Lockdown in die Digitalisierung investiert, insbesondere um ihren Beschäftigten die Arbeit im Homeoffice oder mobil zu ermöglichen. Dies wurde seitens des Landes beispielsweise durch die Digitalisierungsprämie Plus weiter verstärkt. Auf der anderen Seite haben u.a. Umsatzeinbußen zu einem Mangel an finanziellen Ressourcen geführt, so dass Innovationsaktivitäten beeinträchtigt wurden. Trotz steigender Offenheit der Bevölkerung gegenüber digitalen Lösungen in den Bereichen Arbeit, Schule und Gesundheit werden die Potenziale bisher nicht voll ausgeschöpft. Daher gilt es nun das Momentum zu nutzen und die digitale Transformation nachhaltig zu beschleunigen. Hierzu tragen eine leistungsfähige und sichere digitale Infrastruktur, die Bildung und Weiterbildung sowie die Entwicklung und Nutzung innovativer Lösungen bei.

Baden-Württemberg hat die Bedeutung von **Daten** für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft erkannt und zeigt sich mit seinem Fahrplan zur Datenagenda anschlussfähig zur nationalen und zur europäischen Datenstrategie. Mit seiner vergleichsweise guten Position im Bereich Künstlicher Intelligenz hat Baden-Württemberg gute Voraussetzungen, um auch in der Datenökonomie Fuß zu fassen. Zudem fördert das Land den Aufbau von vier Data Science Center und bringt sich in die Nationale Forschungsdateninfrastruktur ein. Es ist wichtig, dass sich Baden-Württemberg aktiv in die nationalen und europäischen Initiativen wie Gaia-X einbringt. Die Bereitstellung frei zugänglicher Geodaten sollte baldmöglichst um Daten anderer Disziplinen im „Datenportal Baden-Württemberg“ ergänzt werden. Die „Qualifizierungsoffensive digitale Kompetenzen“ kann dazu beitragen fehlendes Know-how aufzubauen. Sowohl die Digital Hubs als auch das Business Innovation Engineering Center (BIEC) können helfen, Unternehmen den Einstieg in datenbasierte Geschäftsmodelle oder Prozessoptimierung zu erleichtern. Niedrigschwellige Maßnahmen wie die Digitalisierungsprämie sowie das Smart Data Solution Center, die insbesondere KMU adressieren, können dazu beitragen, den hohen Einstiegskosten, die mit der Datensammlung und -analyse verbunden sind, zu begegnen.

Beim Thema **Künstliche Intelligenz** kann Baden-Württemberg eine äußerst positive Bilanz ziehen. Insbesondere das Cyber Valley als KI-Ökosystem, das Grundlagenforschung mit Transfer in die Anwendung verbindet, hat hier überregionalen und internationalen Leuchtturmcharakter. Die Bereitstellung weiterer Fördermittel von Bund, Land und privaten Investoren sichert die Weiterentwicklung und treibt die Vernetzung innerhalb Europas voran. Neben der Umsetzung von diversen regionalen Maßnahmen wie den 19 regionalen KI-Labs und dem Ausbau des Informatikunterrichts kann Baden-Württemberg auch eine höhere Quote von KI-nutzenden Unternehmen als der Bundesdurchschnitt ausweisen. Zudem wurde das Thema KI frühzeitig durch ansässige Unternehmen aufgegriffen und ist bereits stärker in Geschäftsmodellen verankert. Aufholbedarf gibt es vor allem bei der KI-Nutzung im Bereich des verarbeitenden Gewerbes und bei der Eigenentwicklungsquote von KI-Systemen, um Abhängigkeiten zwischen Unternehmen zu vermeiden.

Beim Thema **Cloud Computing** befindet sich Baden-Württemberg in einer guten Position. Die Nutzungsraten von Cloud-Diensten in Unternehmen sind in Baden-Württemberg höher als in Gesamtdeutschland. Allerdings findet Cloud Computing insbesondere bei großen Unternehmen Verbreitung. Die Digitalisierungsprämie ist ein Element der Digitalisierungsstrategie, das hier helfen kann, die Nutzungsrate auch bei den KMU zu erhöhen, insbesondere da sie explizit den Kauf von IT-Diensten wie Cloud Computing beinhaltet und nicht nur IT-

Investitionen fördert. Weitere Maßnahmen könnten insbesondere bei Industrie 4.0-Anwendungen ansetzen sowie bei KMU im ländlichen Raum, die oftmals über geringe Bandbreiten verfügen. Hier hat Edge Computing das Potenzial, den Standortnachteil durch eingesparte Datenübertragungen etwas auszugleichen.

Baden-Württemberg fördert bereits gezielt einzelne Projekte mit **Blockchain**-Bezug. Es lassen sich allerdings noch keine breit angelegten Fördermaßnahmen erkennen. Ein genauer Vergleich der Bundesländer ist bei aktueller Datenlage nicht möglich. Blockchain hat unter anderem großes Potenzial im öffentlichen Sektor und in der Wirtschaft. Bisher setzen primär große Unternehmen Blockchain ein. Baden-Württemberg sollte daher gezielt KMU und Branchen mit hohem Potenzial fördern. Der Ausbau eines Blockchain-Reallabors, das Veranstalten von Innovationswettbewerben oder die Förderung von Leuchtturm-Projekten sind weitere mögliche Maßnahmen. Dies könnte Baden-Württemberg gezielt mit seinen bereits bestehenden Maßnahmen im Bereich Green IT verbinden.

Baden-Württemberg hat seit der Verabschiedung seiner Digitalisierungsstrategie digital@bw im Jahr 2017 über alle in dieser Studie betrachteten Themen hinweg große Fortschritte erzielt. Für die Rahmenbedingungen zentral sind hierbei zum einen der Infrastrukturausbau als Grundlage für die Digitalisierung und zum anderen die Maßnahmen zur Steigerung der Cybersicherheit, um den zunehmenden digitalen Gefahren zu begegnen. Die intensive Förderung von Zukunftstechnologien wie der Künstlichen Intelligenz und der Quantentechnologie sind essenziell im Hinblick auf die zukünftige Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit des Landes. So hat das Cyber Valley als Leuchtturmprojekt, das Grundlagenforschung mit dem Transfer in die Anwendung verbindet, mittlerweile überregionalen und internationalen Vorbildcharakter als KI-Ökosystem. Die Verbindung der Digitalisierung mit Anwendungsfeldern wie der Gesundheit schafft neue Potenziale und weitet zudem den Fokus des Standorts von den klassischen Branchen Automobilbau und Maschinenbau auf weitere Zukunftsfelder aus. Positiv zu bewerten ist zudem, dass die Digitalisierung mit ökologischen Nachhaltigkeitszielen verbunden und durch Bildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen flankiert wird.

Um den bisher erfolgreichen Weg der digitalen Transformation fortzusetzen, wird es wichtig sein, die begonnenen Maßnahmen konsequent weiter umzusetzen und weiterzuentwickeln. Da die digitale Transformation sehr komplex und vielschichtig ist und um eine Fragmentierung von Maßnahmen zu vermeiden, bedarf es weiterhin einer guten ressortübergreifenden Koordination. Zudem sollte stets die nationale sowie europäische Anschlussfähigkeit im

Blick behalten werden. Schließlich sollte der Erfolg einzelner Maßnahmen regelmäßig evaluiert und gegebenenfalls anschließende Anpassungen oder Nachsteuerungen vorgenommen werden. Digitalisierung ist ein kontinuierlicher Prozess, der durch das Aufkommen neuer Technologien und die Veränderung von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen getrieben wird. Daher sind kontinuierliche Anpassungen und gegebenenfalls Neuausrichtungen unabdingbar, um die gute Position nicht zu verlieren.

2 Motivation und Zielsetzung

Die Digitale Transformation hält Wirtschaft, Politik und Gesellschaft weiter auf Trab. Nicht zuletzt die Corona-Pandemie hat bestehende Digitalisierungsdefizite zum Vorschein gebracht. Sie hat deren Behebung, zum Teil notgedrungen, beschleunigt und zugleich verdeutlicht, wie viel noch zu tun bleibt.

Ziel dieser Metastudie ist es, in knapper Form die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung für den Standort Baden-Württemberg herauszuarbeiten und dabei insbesondere auf die Entwicklungen seit Erstellung der ersten Metastudie aus dem Jahr 2017 einzugehen. Dabei werden zunächst die **Schwerpunktthemen** Bildung und Weiterbildung, E-Government/digitale Kommune, Gesundheitswesen/Medizin mit Blick auf Forschung und Versorgung, Mobilität sowie Wirtschaft analysiert.

Der zweite Teil der Studie widmet sich den **Querschnittsthemen** Forschung, Entwicklung und Innovation, Digitale Infrastruktur inkl. Mobilfunknetz, Digitalisierung als Chance für Nachhaltigkeit und Energiewende sowie Cybersicherheit.

In einem dritten Teil werden erstmals die **neuen Themen** Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Digitalisierung, Big Data, Künstliche Intelligenz (KI), Cloud Computing und Edge Computing sowie Blockchain untersucht, deren Bedeutung zuletzt stark gewachsen ist.

Zu jedem **Themenfeld** werden

- die Ausgangssituation allgemein auf Basis bestehender Studien dargestellt,
- die Situation in Baden-Württemberg, soweit möglich, (empirisch) beleuchtet,
- die Stärken und Schwächen, Chancen und Herausforderungen für das Land Baden-Württemberg herausgearbeitet und in einem Fazit zusammengefasst.

Der Fokus liegt insbesondere auf den **Entwicklungen seit Erstellung der ersten Metastudie 2017**. Die **empirischen Auswertungen wurden auf den aktuellen Stand** gebracht und, soweit vergleichbares Zahlenmaterial verfügbar ist, mit dem Stand 2017 verglichen. Für den Fall, dass keine aktuellen Daten aus den im Jahr 2017 verwendeten Quellen vorliegen, wurde angestrebt die Analysen mit anderen Daten, die ein möglichst gleichwertiges Bild abgeben, durchzuführen.

3 Schwerpunktthemen

3.1 Bildung und Weiterbildung

Die Corona-Pandemie hat das Bildungssystem tiefgreifend geprägt und sowohl die Chancen als auch Herausforderungen von digitalen Technologien entlang der Bildungskette offenbart. Die Erwartungen an eine digitale Grundversorgung der Bildungseinrichtungen sind bei Schülerinnen und Schülern, Eltern, Lehrkräften und allgemein in der Öffentlichkeit weiter gewachsen. Doch auch die Erwachsenen(weiter-)bildung gewinnt vor dem Hintergrund des rasanten technologischen Fortschritts und sich stetig verändernder Tätigkeitsprofile an Bedeutung. Der zunehmende Bedarf sowohl an grundlegenden als auch fortgeschrittenen Digitalkompetenzen macht sich schon heute auf dem Arbeitsmarkt bemerkbar (Thode et al. 2020). Auch die ZEW-Innovationserhebung 2019 zeigt, dass der Fachkräftemangel bereits spürbare Effekte hat. 34 Prozent der Unternehmen geben an, dass die Durchführung von Innovationen in den Jahren 2016 bis 2018 aufgrund eines Fachkräftemangels erschwert wurde (Rammer et al. 2020a). Obwohl die Prognosen zum genauen Ausmaß des Fachkräfteteengpasses heterogen sind, besteht Konsens, dass viele Erwerbstätige künftig in anderen Berufen Beschäftigung finden müssen als bisher und der Bedarf an digitalen Kompetenzen steigt (IW 2020; Bundesagentur für Arbeit 2019). Die Digitalisierung bietet diesbezüglich grundsätzlich auch Chancen: So können Lernaktivitäten mithilfe digitaler Technologien kostengünstiger, orts- und zeitunabhängig sowie personalisierter erfolgen.

Die Entwicklung von digitalen Kompetenzen ist somit unabdingbar für eine gesellschaftliche Teilhabe des Einzelnen. Insgesamt ergeben sich aus der zunehmenden Digitalisierung Chancen und Herausforderungen für die gesamte Gesellschaft, die eine an den Potenzialen des technologischen Wandels ausgerichtete (Weiter-)Bildungsstrategie erforderlich machen. Das übergeordnete Ziel ist, dass Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen selbstständig, selbstbestimmt und sicher in einer digitalen Welt handeln und entscheiden können. Der Erwerb digitaler Kompetenzen wird somit als „integraler Bestandteil des Bildungsauftrags“ formuliert (Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2020) und unterstreicht die zentrale Rolle von Bildungseinrichtungen für die Zukunft der Arbeit. Baden-Württemberg hat dies erkannt und die digitale Bildung als Schwerpunktthema in ihrer Digitalisierungsstrategie verankert. Im Folgenden werden Chancen und Herausforderungen sowie der aktuelle Stand der Umsetzung in Baden-Württemberg diskutiert. Dabei wird nach allgemeinbildenden Schulen, Hochschulen und beruflicher Weiterbildung differenziert.

3.1.1 Allgemeinbildende Schulen

Ausstattung mit digitalen Technologien

Eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung digitaler Kompetenzen ist die Ausstattung von Schulen mit digitalen Technologien. Einige Studien verwiesen noch vor Ausbruch der Corona-Pandemie auf die im internationalen Vergleich unterdurchschnittliche technische Infrastruktur an deutschen Schulen (Eickelmann et al. 2019). Im Mittel teilten sich im Jahr 2018 fast 10 Schülerinnen und Schüler ein digitales Endgerät; gegenüber der ersten Erhebung 2013 zeigte sich damit keine signifikante Änderung. Die Ausstattung mit mobilen Endgeräten (Notebooks und Tablets) gegenüber anderen EU-Staaten blieb so weiter unter dem Durchschnitt, ebenso die Ausstattung mit WLAN. Die Bemühungen Deutschlands in Bezug auf die Digitalisierung der Schulen wurden so trotz einiger Verbesserungen über die Jahre (Lorenz et al. 2017) als noch zu wenig eingeschätzt, um im internationalen Vergleich aufholen zu können. Diese Versäumnisse zeigten sich in aller Dringlichkeit während der Corona-Pandemie, in der Schulschließungen zu einem Wechsel von Präsenz- zu Distanzunterricht führten und die technische Ausstattung der Schulen in den Vordergrund rückte.

Aufgrund der unterdurchschnittlichen technischen Infrastruktur startete 2019 der „DigitalPakt Schule“ von Bund und Ländern, der für eine bessere Ausstattung sorgen soll (darunter insbesondere WLAN, Softwarelösungen wie Lernplattformen oder Cloud-Dienste, digitale Endgeräte wie Laptops, Tablets, und digitale Tafeln). Der Bund plant über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt fünf Milliarden Euro zur Verfügung zu stellen. Zusammen mit dem Eigenanteil der kommunalen und privaten Schulträger bzw. Länder stehen insgesamt mindestens 5,55 Milliarden Euro bereit (BMBF 2020b). Zudem wurde aufgrund der Corona-Pandemie ein Sofortausstattungsprogramm des Bundes in Höhe von 500 Millionen Euro initiiert. Mit den Geldern sollen Schulträger mobile Endgeräte anschaffen, die den Schülerinnen und Schülern leihweise zur Verfügung gestellt werden. Baden-Württemberg verdoppelte die zugewiesene Summe aus dem Programm und kommt so auf rund 130,1 Millionen Euro, welche Stand Juli 2020 bereits vollständig bewilligt wurden. Zudem existiert das Zusatzprogramm „Administration“ zum DigitalPakt Schule um die IT-Administration an Schulen zu fördern und die Kommunen hierbei finanziell zu unterstützen. Das Programm umfasst ein Gesamtvolumen von rund 500 Mio. Euro. In Baden-Württemberg stehen dafür gemäß Königsteiner Schlüssel 65 Millionen Euro zur Verfügung. Zusätzlich verpflichtet sich das Land, Lehrkräfte verstärkt im digitalen Unterricht fortzubilden und hierfür neun Millionen Euro zu investieren. Antragsbewilligungen sind voraussichtlich ab dem 1. April 2021 möglich. Einen weiteren Baustein bildet die Zusatzvereinbarung „Leihgeräte für Lehrkräfte“ zum DigitalPakt

Schule. Von weiteren rund 500 Mio. Euro Bundesmitteln entfallen wiederum 65 Millionen auf Baden-Württemberg. Das Programm geht derzeit in die Umsetzung (KM BW 2020).

Trotz der ehrgeizigen Ziele laufen die Bewilligungen und Auszahlungen aus dem DigitalPakt bundesweit nur schleppend. Baden-Württemberg hatte im März 2020 nur 3,8 Millionen Euro der 650 Millionen zur Verfügung stehenden Gelder bewilligt. Hamburg hatte im Vergleich dazu bereits 116,1 Millionen und Bayern 9 Millionen gebunden (Bitkom 2020b). Bis Ende 2020 wurden in den Bundesländern dann insgesamt rund 488 Millionen Euro abgerufen. Das entspricht 7,5 Prozent des Gesamtvolumens. Weitere 875 Millionen Euro sind bewilligt, also für konkrete Projekte reserviert. Im Jahr 2020 wurde damit zwar deutlich mehr abgerufen, ein Großteil des Geldes bleibt jedoch weiterhin ungenutzt. Baden-Württemberg konnte insgesamt aufholen und hat bis Anfang 2021 insgesamt 78,7 Millionen bewilligt, lag im Bundesländervergleich jedoch in Bezug auf den bewilligten Anteil der zur Verfügung stehenden Fördergelder zusammen mit Mecklenburg-Vorpommern nur auf dem 8. Platz (12 Prozent bewilligte Gelder). Auch Bayern (13 Prozent) und Nordrhein-Westfalen (15 Prozent), die noch höhere Gesamtbeträge zu verteilen haben, hatten zu diesem Zeitpunkt bereits einen höheren prozentualen Anteil bewilligt (Lindern 2021).

Auch eine Studie zur Ausstattung der Schulen nach Einführung des DigitalPakts zeigt, dass der Aufbau der digitalen Infrastruktur nur langsam voranschreitet. Bei im April 2020 durchgeführten Schulleitungsbefragung in Baden-Württemberg gaben mehr als zwei Drittel der Schulleitungen an, dass in ihrer Schule noch kein Zugang zum Breitbandinternet bzw. WLAN (69 Prozent) in allen Klassenräumen verfügbar ist (forsa Politik- und Sozialforschung GmbH 2020).

Zu welchem Zeitpunkt die Fördermittel aus dem DigitalPakt zu einer konkreten Verbesserung der technischen Infrastruktur in Baden-Württemberg bzw. deutschlandweit führen, bleibt noch offen. Noch 2017 lag Baden-Württemberg wie auch in den Vorjahren im Bundesländervergleich in Bezug auf die Ausstattung der Schulen nur im Mittelfeld (Lorenz et al. 2017). Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz bildeten die Spitzengruppe. Baden-Württemberg schreitet jedoch ambitioniert voran und hat neben den hohen Zuschüssen zu DigitalPakt und Sonderausstattungsprogramm auch eine „Zukunftsinitiative Baden-Württemberg“ ins Leben gerufen. Das Programm unterstützt Schulen bei der Digitalisierung und stellt 40 Millionen Euro Fördermittel bereit, wenn die geplanten Maßnahmen nicht vom DigitalPakt oder Sofortausstattungsprogramm abgedeckt sind. Auch der Aufbau einer digitalen Bildungsplattform läuft derzeit und soll im Frühjahr 2023 abgeschlossen sein.

Technik- und Medienkompetenz

Dem kompetenten und verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Medien kommt in einer digitalisierten Welt eine Schlüsselstellung zu. Neben dem Erlernen von Anwenderkompetenzen ist auch die Förderung von Technikkompetenzen, also das Erlernen eines technischen Grundverständnisses der Funktionsweise digitaler Technologien, eine essentielle Grundlage für eine souveräne Nutzung.

In einem ersten Schritt müssen digitale Medien überhaupt zum Einsatz kommen bzw. im Unterricht oder privat genutzt werden. In der regelmäßig durchgeführten JIM-Studie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger zeigte sich für 2020, dass fast alle befragten Jugendlichen privat ein Smartphone (99 Prozent), WLAN-Anschluss (99 Prozent), und einen Computer oder Laptop (98 Prozent) besitzen (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest 2020a). Die durchgeführte Zusatzbefragung JIMplus Corona (2020) ergab außerdem, dass sich die Mediennutzung hinsichtlich der Nutzungszeiten in der Corona-Pandemie (Befragungszeitpunkt April 2020) deutlich ausgeweitet hat (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest 2020b). Nach Angaben der Jugendlichen wurden Anfang April allein mit der Nutzung von Streaming-Diensten etwa zwei Stunden pro Tag verbracht (114 Minuten). Die Studie untersucht auch die Nutzung von Cloud-Diensten und Onlineplattformen im Unterricht. Obwohl sich eine starke Ausdehnung von 22 Prozent im April auf 55 Prozent im Juli beobachten ließ, wurde Lernmaterial weiterhin hauptsächlich per E-Mail verschickt (57 Prozent). Auch in einer Umfrage unter Schulleitern in Baden-Württemberg im April 2020 zeigte sich, dass Lehrkräfte während der Schulschließungen Aufgaben vor allem per E-Mail (79 Prozent) oder als Papierausdruck per Post bzw. zur Abholung (74 Prozent) weitergaben (forsa Politik- und Sozialforschung GmbH 2020). Dadurch zeigt sich, dass die digitalen Medien nicht zwingend effektiv genutzt werden. Dies ist auch vor dem Hintergrund der geplanten digitalen Bildungsplattform in Baden-Württemberg relevant.

Dass die Ausstattung von Schulen mit digitalen Technologien bzw. die Nutzung allein nicht reicht, um Medienkompetenzen zu entwickeln, zeigt auch die aktuelle internationale Vergleichsstudie "International Computer and Information Literacy Study" (Eickelmann et al. 2019). In dieser Studie werden die computer- und informationsbezogenen Kompetenzen¹

¹ Computer- und informationsbezogene Kompetenzen beschreiben individuelle Fähigkeiten einer Person, die es ihr erlauben, Computer und neue Technologien zum Recherchieren, Gestalten und Kommunizieren von Informationen zu nutzen und diese zu bewerten, um am Leben im häuslichen Umfeld, in der Schule, am Arbeitsplatz und in der Gesellschaft erfolgreich teilzuhaben.

sowie die Kompetenzen im Bereich „Computational Thinking“² von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe, entsprechend den „Digital Natives“, international erhoben. Es zeigt sich, dass Achtklässlerinnen und Achtklässler in Deutschland mit durchschnittlich 518 Leistungspunkten in den computer- und informationsbezogenen Kompetenzen wie schon 2013 im internationalen Vergleich im Mittelfeld liegen. Nur ein sehr geringer Anteil der Achtklässlerinnen und Achtklässler in Deutschland erreicht die höchste Kompetenzstufe und ist entsprechend u. a. in der Lage, Informationen selbstständig zu ermitteln, sicher zu bewerten und daraus anspruchsvolle Informationsprodukte zu erzeugen. Ein Drittel der Schülerinnen und Schüler in Deutschland verfügt nach der ICILS 2018 nur über sehr geringe computer- und informationsbezogene Kompetenzen und wird es voraussichtlich schwer haben, sich in einer immer stärker von Digitalisierungsprozessen geprägten Lebens- und Arbeitswelt zu bewegen. Bei der Erhebung zu Kompetenzen im Bereich „Computational Thinking“ zeigt sich, dass Achtklässlerinnen und Achtklässler hierzulande signifikant unter dem internationalen Mittelwert von 500 Punkten liegen. In Deutschland ist die Leistungsstreuung zudem vergleichsweise groß, was auf eine sehr heterogene Kompetenzverteilung, auch im Sinne einer vergleichsweise hohen Bildungsungerechtigkeit, hinweist.

Die PISA-Studie 2018 kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass es einem beträchtlichen Anteil der 15-jährigen Schülerinnen und Schülern nicht gelingt, falsche Informationen im Internet („Fake News“) zu erkennen (Reiss et al. 2018). Grundsätzlich zeigt sich also die Bedeutung von weiteren, begleitenden Maßnahmen, um die Kompetenzbildung zu fördern. Dazu zählen u. a. Medienkonzepte, die Einführung von Medienkunde und Informatik als Unterrichtsfach sowie Lehreraus- und -fortbildungen zum Thema Digitalisierung.

In Bezug auf die Verbreitung von Medienkonzepten, d.h. die Entwicklung von Plänen für einen effektiven und zielgerichteten Medieneinsatz im Unterricht, zeigt sich in Baden-Württemberg ein erster Erfolg. So lag das Land in der Umfrage „Schule Digital 2017“ (Lorenz et al. 2017) beim Anteil der Lehrpersonen, die angeben, dass ihre Schule über ein Medienkonzept zum Einsatz von Computern im Unterricht verfügt, mit 54,2 Prozent in der Gruppe mit mittlerer Zustimmung der Lehrer. In der Vorjahresstudie lag Baden-Württemberg noch in der unteren Gruppe. In Bayern geben die meisten Lehrpersonen an, regelmäßig digitale Medien im Unterricht zu nutzen. Da die Fördergelder des DigitalPakt Schule grundsätzlich mit

² „Computational Thinking“ wird als Gesamtheit von Denkprozessen betrachtet, die genutzt werden, Probleme sowie Verfahren zu deren Lösungen so zu modellieren, dass eine algorithmische Verarbeitung möglich wird.

der Einreichung eines Medienkonzeptes verknüpft sind, ist hier von einer weiteren Verbesserung auszugehen.

Auch die Einführung eines eigenständigen Faches Medienkunde bzw. Informatik kann die Kompetenzen der Schüler verbessern. Baden-Württemberg hat im Bereich der Medienbildung bereits in den Bildungsplänen 2016/17 einen Pflichtkurs „Basiskurs Medienkunde“ im Umfang von 35 Unterrichtsstunden in der Sekundarstufe I (5. Jahrgangsstufe) eingeführt. Zudem wurde von Baden-Württemberg 2019 das Projekt #RespektBW ins Leben gerufen, um Informations- und Medienkompetenz sowie Demokratiebildung im digitalen Zeitalter zu fördern. In diesem Zusammenhang wurde zu Beginn des Schuljahrs 2019/2020 auch der „Leitfaden Demokratiebildung“ verbindlich an allen allgemeinbildenden und beruflichen Schulen umgesetzt (KM BW 2019a). Ob sich dadurch die Medienkompetenz der Schülerinnen und Schüler in Baden-Württemberg tatsächlich verbessert hat, ist schwierig zu bewerten, da keine Daten zum Medienkompetenzniveau vor und nach den Maßnahmen vorliegen.

Für die Verbesserung der Technikkompetenzen ist Informatik als Pflichtfach ein vieldiskutiertes Thema. Lediglich in Baden-Württemberg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland und Sachsen gibt es verbindlichen Informatikunterricht in der Sekundarstufe I. Dabei ist Mecklenburg-Vorpommern seit 2019 das einzige Bundesland, in dem verbindlicher Informatikunterricht für alle Schülerinnen und Schüler durchgängig in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 stattfindet (Schwarz et al. 2020). Zum Schuljahr 2019/2020 hat Baden-Württemberg den Informatikunterricht weiter ausgebaut. Aufbauend auf den bereits eingeführten Aufbaukurs Informatik startete das Wahlfach Informatik an den Haupt-, Werkreal- und Realschulen. Dies kann in den Klassen 8 bis 10 von Schülerinnen und Schüler freiwillig belegt werden. An den Gemeinschaftsschulen wurde das Angebot um das Profulfach Informatik, Mathematik, Physik (IMP) erweitert und bietet für die Klassenstufen 8 bis 11 eine weitere Vertiefungsmöglichkeit (KM BW 2019a). Die Einschätzung einer Verbesserung der Kompetenzen in Baden-Württemberg durch das Pflichtfach Informatik ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Grundsätzlich zeigt Baden-Württemberg einige Bestrebungen, Schüler für Technik zu begeistern. So wurde z. B. auch das Leuchtturmprojekt 3D-Druck ins Leben gerufen, welches neue Technologien erlebbar machen soll (KM BW 2019b).

Aus- und Fortbildung von Lehrkräften

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften, um digitale Kompetenzen entwickeln und entsprechend weitergeben zu können. Laut D21-Digital-Index (2021) wünscht sich die große Mehrheit der Bevölkerung eine verpflichtende Fortbildung für Lehrkräfte zur Nutzung digitaler Lernformate. Auch Lehrkräfte selbst stimmen dieser

Aussage zu. Durch verpflichtende, regelmäßige und kompetenzorientierte Fortbildungen können Lehrkräfte eigene Digitalkompetenzen ausbauen und festigen. So können sie auch den pädagogisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Unterricht praxisbezogen und möglichst anhand der in der Schule verfügbaren Technik und den entsprechenden Lehrmitteln trainieren. Die Studie IQB (2018) zeigt außerdem, dass in Bundesländern, in denen die Anzahl der Fortbildungsstunden verbindlich festgelegt ist (und zwar Bayern, Bremen und Hamburg), mit 92 Prozent eine deutlich höhere Teilnahmequote als im Rest Deutschlands (84 Prozent) vorzufinden ist. Baden-Württemberg liegt sowohl bei der Teilnahmequote (74 Prozent) als auch bei der Anzahl der Fortbildungen (2,2) unter dem bundesweiten Durchschnitt (84 Prozent bzw. 2,5 Fortbildungen) (IQB 2018). Die 2017 in Baden-Württemberg gestartete „Qualifizierungsoffensive für Lehrkräfte“ könnte hier schon zu einer Verbesserung geführt haben, jedoch sind dazu keine konkreten Daten verfügbar. Auch das 2019 neu gegründete Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) befasst sich mit der Sicherung der Unterrichtsqualität durch Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften. Im Rahmen des „ZSL-Qualitätsdialogs“ befindet sich außerdem eine mehrjährige Fortbildungsoffensive unter der Zielsetzung „Arbeiten, Lehren und Lernen mit digitalen Medien“ in Umsetzung, welche die digitalen Kompetenzen von Lehrkräften fördern sollen. Auch an Berufsschulen wurde das Gesamtkonzept Lernfabrik 4.0 durch Lehrerfortbildungsangebote in den Bereichen smartFactory und smartEnergy ausgebaut (KM BW 2019a).

Eine Sonderauswertung der 2018 durchgeführten Studie „Monitor Lehrerbildung“ zum Lehramtsstudium (Monitor Lehrerbildung 2018) zeigt, dass bislang nur fünf Länder (u. a. Baden-Württemberg) für den Primar- und den Sekundarbereich I allgemeinbildender Schulen landesweit einheitliche Vorgaben darüber erlassen haben, dass im Lehramtsstudium Lehrveranstaltungen zum Erwerb von Medienkompetenzen anzubieten sind. Da Medienkompetenzen im Studium geschult werden sollten, ist dies ein wichtiger Schritt.

Digitale Ungleichheit

Als zentrale Herausforderung und wichtiges Handlungsfeld für die Zukunft sollten Ungleichheiten im Zugang zu digitalen Technologien nicht unerwähnt bleiben. Denn je nach familiärem Sozialisationskontext zeigen sich in der digitalen Medienbildung grundlegende Bildungsungleichheiten. Dies wird auch als „Digital Divide“ bezeichnet (Wei und Hindman 2011). Insbesondere durch die Corona-Pandemie und den digitalen Fernunterricht ist dieses Thema verstärkt in den Blickpunkt gerückt. Aus diesem Grund hat Baden-Württemberg u. a. eine Verdoppelung des Sofortausstattungsprogramms vorgenommen, um die Anschaffung

von Leihgeräten für sozial benachteiligte Kinder zu fördern. Da die Ausstattung alleine jedoch keine Ungleichheiten in der digitalen Bildung verringert, bedarf es hier künftig weiterer Anstrengungen. Auch Kindertageseinrichtungen kann hier eine ausgleichende Rolle zukommen, wenn sie familiäre Benachteiligungen hinsichtlich der Art der Nutzung von digitalen Medien kompensieren. Gut geschultes pädagogisches Fachpersonal kann Eltern Hilfestellungen und Orientierungen für die digitale Medienerziehung bieten. Auch die Schaffung von Arbeitsräumen kann eine Möglichkeit sein, diese Herausforderung zu adressieren.

Fazit

Insgesamt zeigt sich mit Blick auf allgemeinbildende Schulen, dass grundlegende Weichen für die zukünftige Entwicklung in Baden-Württemberg bereits gestellt wurden. Gegenüber den vorigen Jahren lässt sich in einigen Dimensionen, z. B. in Bezug auf Medienkonzepte oder die Einführung von Informatik als Pflichtfach, eine Verbesserung erkennen. Die konkreten Effekte des DigitalPakts und der Corona-Pandemie sind derzeit noch unklar. Zweifelsfrei wird die Corona-Pandemie jedoch zu einem Digitalisierungsschub im Bildungswesen geführt haben, offenbart aber gleichzeitig neue Herausforderungen mit Blick auf die Bildungsungleichheit. Das Problem digitaler Ungleichheit sollte in Zukunft verstärkt berücksichtigt werden. Zudem kommt es nun darauf an, diesen positiven Schub im Sinne einer verbesserten technischen Ausstattung effektiv zu nutzen und die Entwicklung digitaler Kompetenzen durch die didaktische Einbindung und eine hohe Anregungsqualität durch (digital) kompetente Lehrkräfte zu fördern. Dazu zählt allerdings auch die Beurteilung, wann der Einsatz digitaler Medien keinen didaktischen Mehrwert bringt. Insgesamt gilt es die Vielzahl an Maßnahmen zu synchronisieren und mit den entsprechenden Akteuren bedarfsgerecht weiterzuentwickeln.

3.1.2 Hochschulen

Die Digitalisierung der Hochschulen ist für den Forschungs- und Entwicklungsstandort Deutschland von zentraler Bedeutung. Insgesamt bietet die Digitalisierung für Hochschulen Chancen und Herausforderungen zugleich. Zum einen können in Forschung und Lehre neue Felder besetzt, Lehrinnovationen implementiert sowie wachsende Märkte und neue Zielgruppen erschlossen werden. Zum anderen stehen Hochschulen vor der Herausforderung, ihre Bildungsstrategien vollumfänglich zu verändern, zu flexibilisieren, Angebote anzupassen und so den künftigen Anforderungen des Arbeitsmarktes und der Gesellschaft zu begegnen (Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. 2020).

Digitalisierung der Lehre

Zunächst ermöglichen digitale Technologien neue Lernformate. Digitale Werkzeuge in der Lehre können zu einer Verbesserung der Lehrqualität und zu einer höheren Flexibilität, wie beispielsweise zeit- und ortsunabhängiges Lernen oder individualisierte Lernwege, führen. In einer von der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) beauftragten Befragung (Gilch et al. 2019) gaben 85 Prozent der teilnehmenden Hochschulen an, dass diese Systeme bei ihnen bereits teilweise oder vollständig implementiert seien (EFI 2019). Zudem haben fast 90 Prozent der Hochschulen nach eigenen Angaben Servicezentren (E-Learning-Zentren) zur Unterstützung der Lehrenden beim Einsatz digitaler Instrumente sowie zur Erarbeitung digitaler Lehrinhalte eingerichtet. Gegenüber den infrastrukturellen Rahmenbedingungen bleibt die Nutzung digitaler Lehr- und Lernformate deutlich zurück. Die Befragung zeigt, dass z. B. mobiles Lernen an 25 Prozent und soziale Medien an 19 Prozent der Hochschulen häufig zum Einsatz kommen.

Bedingt durch die Corona-Pandemie mussten Hochschulen innerhalb kürzester Zeit ihre Lehre auf digitale Konzepte umstellen. Eine Sonderbefragung des Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. (2020) ergab, dass rund 41 Prozent der Hochschulen bejahen, dass sich die mit der Corona-Pandemie verbundenen Maßnahmen (eher) positiv auf ihre Lehre ausgewirkt haben, so dass sich ein Digitalisierungsschub erwarten lässt und die Chancen erkannt wurden.

Zur Digitalisierung der Lehre an Hochschulen in Baden-Württemberg stehen keine Daten zur Verfügung, jedoch hat die Landesregierung die sogenannte Hochschulfinanzierungsvereinbarung (Zeitraum 2021 bis einschließlich 2025) getroffen und unterstützt die Hochschulen bei ihren digitalen Bedarfen mit insgesamt 1,8 Milliarden Euro. Zusätzlich wurde den Hochschulen im Sommer 2020 eine staatliche Soforthilfe zur Deckung der Corona-bedingten Bedarfe an digitalen Technologien mit 40 Millionen Euro gewährleistet. Dadurch ist künftig eine Verbesserung der Ausstattung zu erwarten. Zudem betreibt der Landesdienst die bwCloud und entwickelt damit eine "Infrastructure-as-a-Service"-Umgebung für Forschung und Lehre in Baden-Württemberg, die sowohl Wissenschaftlern als auch Studierenden zur Verfügung steht. Zahlreiche weitere Initiativen flankieren den Weg zu einer digitalen Hochschulbildung: So wurde z. B. das Zentrale OER-Repositoryum (ZOERR) geschaffen um den Einsatz von Open Educational Resources (OER), d. h. freie Lern- und Lehrmaterialien, zu fördern. Insgesamt zielt das Projekt darauf ab, die gemeinsame Weiterentwicklung kooperativer IT-Infrastrukturen zur Digitalisierung der Lehre zu schaffen. Auch Hochschullehrende sol-

len im Rahmen einer Qualifizierungsoffensive befähigt werden, digitale Lehrformate zu kopieren und praktisch umzusetzen. Ein weiteres Beispiel der Unterstützung durch die Landesregierung ist die Entwicklung der „Strategie für Hochschulbildung im digitalen Zeitalter (StraDi-BW)“. Mit diesem Peer-to-Peer-Beratungsprogramm werden die Hochschulen in Baden-Württemberg mit einem strukturierten Beratungsprozess gefördert um digitale Angebote strategisch und nachhaltig unter Berücksichtigung landesspezifischer Rahmenbedingungen in Studium und Lehre zu verankern³. Auch das Projekt Teaching4Future fördert fünf innovative Projekte zur gezielten Erkundung und Erprobung neuer Ansätze der Digitalisierung in der Hochschullehre. Insbesondere geht es darum, innovative Schlüsseltechnologien wie Augmented Reality und Virtual Reality in der Hochschullehre einzusetzen⁴.

Letztlich ist auch die Digitalisierung der Hochschulverwaltung eine Chance, wodurch sich Effizienzgewinne realisieren lassen könnten (EFI 2019). Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Verwaltung und Lehre bietet besondere Potenziale der individuellen Adaption von Lehr- und Lernprozessen und zur Entlastung von Lehrenden und Verwaltungsmitarbeitenden bei Routineaufgaben.

Vermittlung digitaler Kompetenzen

Auch bei der Vermittlung von Digitalkompetenzen kommt den Hochschulen eine wichtige Rolle zu. Eine 2019 veröffentlichte Studie untersucht die digitalen Kompetenzen von Studierenden auf Basis der Daten des Nationalen Bildungspanels und der dort eingesetzten IKT-Kompetenztests (Senkbeil et al. 2019). Analog zur oben erwähnten ICILS-Studie ermittelt der Test die IKT-bezogenen Kompetenzen. In der Studie wurden die 2013 ermittelten IKT-Kompetenzen von Studierenden vor Beginn des Studiums (gemessen in der 12. Jahrgangsstufe) und im Studium (6. Hochschulester) miteinander verglichen. Die Ergebnisse offenbaren erhebliche Defizite bei Studierenden. Insbesondere zeigt sich, dass ein Fünftel der Schülerinnen und Schüler, die später ein Studium beginnen, am Ende der Schulzeit nicht das Basisniveau erreicht, das bei Studienbeginn vorliegen sollte. Nach den ersten drei Studienjahren ist ein deutlich höheres Kompetenzniveau festzustellen. Jeweils etwa die Hälfte der Studierenden erreichen das Basis- und das erweiterte Niveau.

³ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungspolitik/digitaler-wandel/projekte-digitalbw/digitalisierung-in-forschung-und-lehre/> (letzter Abruf am 24.03.2021).

⁴ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungspolitik/digitaler-wandel/projekte-digitalbw/wissensvermittlung-digitalbw/> (letzter Abruf am 24.03.2021).

Grundsätzlich passen sich Hochschulen mittlerweile an die veränderten Anforderungen an. Eine Sonderbefragung des Hochschul-Barometers (2020) ergab, dass fast drei Viertel der befragten Hochschulen in den vergangenen drei Jahren neue Lehrangebote entwickelt haben, um digitale Kompetenzen zu vermitteln. Grundsätzlich wird die Anpassung an neue Kompetenzanforderungen von einer großen Mehrheit der Hochschulen als Herausforderung angesehen. Große Unterschiede gibt es in der Einschätzung der Leistungsfähigkeit der Fachbereiche: Während die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) bei der Vermittlung digitaler Fähigkeiten naturgemäß bereits gut aufgestellt sind, wird für die Geisteswissenschaften und Gesundheitswissenschaften bzw. Medizin ein großer Nachholbedarf gesehen. So sollte auch hier mehr getan werden, um Digitalkompetenzen zu vermitteln, sowohl im Curriculum als auch in Bezug auf Zusatzangebote.

Vor dem Hintergrund des zunehmenden Bedarfs an digitalen Kompetenzen kommt auch der Ausbildung des akademischen Nachwuchses in MINT-Fächern eine große Bedeutung zu. Im Wintersemester 2019/20 haben deutschlandweit 348.763 Studienfänger ein Studium in einem MINT-Fach aufgenommen, davon 48.419 in Baden-Württemberg (gemessen am 1. Fachsemester). Das entspricht einem Anteil von 13,9 Prozent am Bundeswert. Höhere Anteile haben Nordrhein-Westfalen mit 25,8 Prozent und Bayern mit 17,1 Prozent. Von allen Studienanfängern in Baden-Württemberg im Wintersemester 2019/20 wählten 41,8 Prozent ein MINT-Fach (siehe Tabelle 6-1 im Anhang). Dieser Anteil ist größer als der Bundesdurchschnitt, fällt jedoch in Bayern (43 Prozent) und Sachsen (43,1 Prozent) höher aus. Bei der Gesamtzahl der Studierenden in MINT-Fächern in Baden-Württemberg ist seit 2016/17 ein leicht negativer Trend zu beobachten: Während im Wintersemester 2016/17 noch 160.405 Studierende in einem MINT-Fach in Baden-Württemberg eingeschrieben waren, waren es im Wintersemester 2019/20 nur noch 154.117 Studierende, wobei die Gesamtzahl der Studienanfängerinnen und -anfänger über alle Fächer in Baden-Württemberg über den gleichen Zeitraum konstant geblieben ist (16/17: 114.337; 19/20: 115.797).

Bei tieferer Untergliederung der MINT-Fächer lässt sich ein vergleichbarer Trend auch für den Bereich der Ingenieurwissenschaften beobachten (siehe Tabelle 6-2 im Anhang). Ein Anteil von 30,8 Prozent der Studienanfängerinnen und Studienanfänger aller Fächer in Baden-Württemberg begann dort ein Studium der Ingenieurwissenschaften; 2015/16 waren es noch 34,2 Prozent. Im Bundeslandvergleich liegt Baden-Württemberg leicht vor Bayern, Sachsen ist wiederum mit 32 Prozent führend.

Bezogen auf die absolute Zahl der Studienanfängerinnen und Studienanfänger führt Nordrhein-Westfalen den Bundeslandvergleich in allen MINT-Fächern an (siehe Tabelle 6-3 im

Anhang). Während die absolute Anzahl der MINT-Studienanfängerinnen und Studienanfänger in Baden-Württemberg und Bayern 2015/16 noch sehr ähnlich war, fiel Baden-Württemberg 2019/20 hinter Bayern zurück. So begannen beispielsweise 11.048 Studierende in Baden-Württemberg ihr Studium in Informatik, während es in Bayern 13.355 Studierende waren.

Als beliebtester Studienbereich unter den MINT-Fächern wurde in Baden-Württemberg Maschinenbau und Verfahrenstechnik durch Informatik abgelöst. Rund 9,5 Prozent der Studienanfänger begannen 2019/20 ein Studium in diesem Bereich, während Maschinenbau mit einem Anteil von 7,14 Prozent auf den zweiten Platz gerückt ist. Das entspricht einer Gesamtzahl von 31.633 beziehungsweise 26.873 Studierenden im ersten Fachsemester der Informatik bzw. des Maschinenbaus.

Nach wie vor sind in den MINT-Fächern Studienanfängerinnen teils stark unterrepräsentiert, obwohl sich über die letzten Jahre ein insgesamt steigender Trend abzeichnet (siehe Tabelle 6-5 im Anhang). Insgesamt war 2019/20 etwas weniger als jede dritte Person im ersten Fachsemester der MINT-Fächer weiblich. Gegenüber 2015/16 ergab sich somit eine Steigerung um fast zwei Prozentpunkte. Bei den beiden beliebtesten Fächern waren nur etwa ein Fünftel der Studierenden weiblich. So betrug der Anteil der Studienanfängerinnen im Wintersemester 2019/20 in Informatik 20,44 Prozent und im Maschinenbau 22,97 Prozent. Gegenüber 2015/16 stellt dies kaum eine Veränderung dar (21,4 Prozent in Informatik, 22,5 Prozent im Maschinenbau). Der Bundesländervergleich zeigt, dass der Frauenanteil in den jeweiligen Fächergruppen in Baden-Württemberg immer unterhalb des Bundesdurchschnitts liegt. Im Vergleich dazu liegt der Anteil an Studienanfängerinnen in Berlin in jedem Fach oberhalb des bundesweiten Durchschnitts.

Neben der Betrachtung der klassischen MINT-Fächer ist auch das Angebot an spezialisierten Studiengängen in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Data Science in den Bundesländern interessant. Hier liegt Baden-Württemberg (112 Studiengänge) im Bundesländervergleich auf dem zweiten Platz hinter Nordrhein-Westfalen (129) (siehe Abbildung 6-1 im Anhang) und positioniert sich somit gut in diesen neuen Feldern.

Weiterhin beinhaltet die Digitalisierung auch wirtschaftliche Chancen für Hochschulen. Aufgrund des erhöhten Weiterbildungsbedarfs von Erwerbstätigen können sich Hochschulen im Markt für Erwachsenenbildung positionieren und von ihrer Fachexpertise profitieren. Dafür müssen entsprechend Anreize für das wissenschaftliche Personal geschaffen werden, sich in der Weiterbildung zu engagieren. Eine weitere Möglichkeit bietet die Internationalisierung der Lehre durch einen Ausbau des digitalen Bildungsangebots (EFI, 2019). Digitale

Lernformate für den internationalen Markt werden zumeist über etablierte ausländische Plattformanbieter vermarktet. Zu diesen Lernformaten zählen vor allem offen zugängliche Onlinekurse bzw. Massive Open Online Courses (MOOCs). Das Angebot an digitalen Bildungsformaten wächst rasant. So entstehen monatlich weltweit zwischen 70 und 140 neue Onlinekurse. Derzeit werden 180 der weltweit 6.800 verfügbaren Onlinekurse von deutschen Bildungseinrichtungen angeboten (EFI 2019). Trotz der innovativen Möglichkeiten sind deutsche Hochschulen bisher sehr zurückhaltend in der Erweiterung ihres Lehrangebots um derartige digitale (Weiter-)Bildungsangebote. Anreize und Fördergelder für die Entwicklung von innovativen Lehrkonzepten könnten jedoch einen wertvollen Beitrag zur digitalen Bildung in Deutschland leisten.

Fazit

Mit Blick auf die Entwicklung der Digitalisierung an Hochschulen ergibt sich insgesamt ein differenziertes Bild. Dank der sehr guten Infrastruktur ist es den Hochschulen gelungen, zu Beginn der Corona-Pandemie binnen kürzester Zeit und ohne größere Reibungsverluste auf Online-Lehre umzustellen. Im Bereich der Qualifizierung der Lehrenden zur Umsetzung der digitalen Lehre gibt es noch Verbesserungspotenzial. Positiv ist zudem die rasche Flexibilisierung der Lehrformate während der Corona-Pandemie und die aufgezeigten Potenziale innovativer Online-Lehrformate zu bewerten. Während die Corona-Pandemie einen Digitalisierungsschub ausgelöst hat, steht eine Bewertung der mittelfristigen Effekte nach Rückkehr in Präsenzformate noch aus. Bezüglich digitaler Kompetenzen besteht insbesondere mit Blick auf die Geisteswissenschaften, das Lehramtsstudium und das Medizinstudium Aufholbedarf. Letzteres ist für Baden-Württemberg als Land der Spitzenforschung im Gesundheitsbereich von elementarer Bedeutung. Die Verankerung der digitalen Bildung im Medizinstudium in der Strategie zur Zukunft der Gesundheitswirtschaft ist ein wichtiger erster Schritt. In Bezug auf die MINT-Studienanfänger lässt sich ebenfalls Verbesserungsbedarf feststellen. Dieser betrifft insbesondere den weiterhin niedrigen Frauenanteil in MINT-Fächern. Mit der Förderung der Digitalisierung an Hochschulen über die Corona-Pandemie hinaus ergeben sich zahlreiche neue Chancen, beispielsweise für die Internationalisierung des Hochschulbetriebs, die Erschließung des Weiterbildungsmarktes oder auch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Verwaltung und Lehre.

3.1.3 Berufliche Weiterbildung: Erwachsenenbildung

Weiterbildung bezieht sich auf Bildungsaktivitäten im Erwachsenenalter (Stichwort „Lebenslanges Lernen“). Es wird grundsätzlich zwischen formaler und non-formaler Weiterbildung sowie informellem Lernen unterschieden. Die formale Weiterbildung führt zu anerkannten Abschlüssen (z. B. Abitur, Meister) und findet wie non-formale Bildungsaktivitäten kursförmig unter Anleitung von Lehrpersonen statt. Die non-formale Weiterbildung gliedert sich weiter in betriebliche Weiterbildung, individuelle berufsbezogene Weiterbildung, nicht-berufsbezogene Weiterbildung. Hiervon unterscheiden sich informelle Lernaktivitäten, die sich im Wesentlichen auf Selbstlernen außerhalb formaler Strukturen beziehen.

Infolge des digitalen Strukturwandels gewinnt die Weiterbildung im Erwachsenenalter zunehmend an Bedeutung und gilt als „der Schlüssel zur Fachkräftesicherung“ (BMBF 2019). Aktuelle Zahlen zeigen, dass diese schon heute fehlen: Der MINT Frühjahrsreport kommt zu dem Ergebnis, dass es für April 2020 eine über sämtliche 36 MINT-Berufskategorien aggregierte Arbeitskräftelücke in Höhe von 152.600 Personen gab (IW 2020). Mit 73.400 Personen bilden die MINT-Expertenberufe die größte Engpassgruppe, gefolgt von 48.000 Personen im Segment der MINT-Facharbeiterberufe sowie 31.200 im Segment der Spezialistenbeziehungsweise Meister- und Technikerberufe. Der zunehmende Bedarf an IT-Know-how spiegelt sich in der Arbeitskräftelücke bei den IT-Berufen (zum Beispiel Informatikern) wider. Im Unterschied zu den anderen MINT-Bereichen macht sich die gegenwärtig schwierige Lage auf dem Arbeitsmarkt bei den IT-Berufen weniger bemerkbar. Im Vergleich der Aprilwerte war die IT-Lücke zunächst auf einem relativ stabilen Niveau und ist seit dem Jahr 2014 deutlich angestiegen. Im April 2019 betrug die IT-Lücke 59.000. Krisenbedingt fällt die IT-Lücke im April 2020 geringer aus, liegt aber immerhin noch bei 39.700 und damit über dem Durchschnitt der Aprilwerte der Jahre 2014 bis 2019.

Das Fachkräftemonitoring der Bundesagentur für Arbeit (2019) berechnet ein Szenario des Übergangs zu einer Industrie 4.0 und zeigt, dass der vorhergesagte Rückgang der Beschäftigungsmöglichkeiten in der zunehmend digitalisierten Arbeitswelt per Saldo mit 571.000 insgesamt moderat bleiben könnte. Dahinter liegt jedoch ein Bruttoumschlag von gut sieben Millionen Arbeitsplätzen. Viele Erwerbstätige müssen also künftig in anderen Berufen Beschäftigung finden als bisher.

Um die berufliche Weiterbildung zu stärken, wurde im Juni 2019 die Nationale Weiterbildungsstrategie (NWS) verabschiedet. Die NWS fokussiert sich auf die berufsbezogene Weiterbildung mit dem Ziel, die berufliche Handlungsfähigkeit u. a. im Rahmen von Anpassungsqualifizierungen zu sichern oder im Rahmen von Aufstiegsqualifizierungen zu erweitern.

Dies soll insbesondere auch KMUs ohne große Personalbereiche zugutekommen (BMBF 2019). Auch Baden-Württemberg formulierte eine „Qualifizierungsoffensive“ und stieß seit 2017 eine Reihe von Projekten mit dem Ziel der Weiterbildung und Qualifizierung an. Dazu zählt u. a. die Förderung von vier Pilotprojekten der beruflichen Weiterbildung zu KI im Rahmen der „Qualifizierungsoffensive digitale Kompetenzen“ (Fördersumme: rd. 1,6 Millionen Euro). Außerdem wurde der Ausbau des 2011 gegründeten Bündnisses für Lebenslanges Lernen von den Bündnispartnerinnen und -partnern vorangetrieben und am 20. Juli 2020 eine ergänzende Vereinbarung zu ihrer Gründungsurkunde geschlossen, die neue Handlungsfelder für die kommenden fünf Jahre definiert. Die Vereinbarung „GEMEINSAM. FÜR. WEITERBILDUNG“ trat am 01. Januar 2021 in Kraft (KM BW 2021). Auch der Digitale Weiterbildungscampus BW ist eine bundesweit einmalige technische Infrastruktur, die der Entwicklung online-basierter Weiterbildungsangebote dient. Im Jahr 2019 hat das Portal rund 700.000 Besucherinnen und Besucher verzeichnet. Nach eigenen Angaben recherchieren täglich mehr als 1000 Personen nach passenden Weiterbildungsangeboten oder stellen Bildungsgesuche ein. Daten zur Bekanntheit der Plattform innerhalb Baden-Württembergs sowie der konkreten Nutzung der dort abgebildeten Angebote stehen leider nicht zur Verfügung. Daneben gibt es zahlreiche weitere Projekte wie etwa die Lernfabriken 4.0 in der beruflichen Ausbildung. In Lernfabriken werden Berufsschülerinnen und Berufsschüler realitätsnah hochtechnologisierte Prozesse vermittelt und auf die Arbeitsbedingungen in einer digitalen Welt vorbereitet. Mit rund 40 Lernfabriken und einer Beteiligung von 70 Schulen hat sich das Projekt gut weiterentwickelt. Ende 2020 wurde ein dritter Förderaufruf für Lernfabriken 4.0 bekanntgegeben, um moderne Technologien der Digitalisierung und des maschinellen Lernens in die heutige Ausbildung zu übertragen und ebenso der jeweiligen Region ein Schaufenster für aktuelle Industrie-4.0-Lösungen und digital vernetzte Anlagen und Systeme zur Verfügung zu stellen. Ende 2019 begann auch die dritte Ausbaurunde beim Tablet-Unterricht in der dualen Ausbildung. Somit waren zum Schuljahr 2019/20 fast 50 Standorte am Tablet-Projekt tablet.BS.dual beteiligt. Darüber hinaus wird das Tablet-Projekt auf die Berufsfachschulen erweitert (tablet2BFS), Fortbildungen und der Aufbau der technischen Voraussetzungen begleiten diese Entwicklung. Mit der im Februar 2021 beschlossenen Weiterbildungsoffensive WEITER.mit.BILDUNG@BW⁵ verstärkt Baden-Württemberg auch seine Aktivitäten in der berufsbezogenen Weiterbildung und stellt dafür 40 Millionen Euro aus dem Programm „Zukunftsland BW – Stärker aus der Krise“ sowie zusätzliche Mittel

⁵ Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/umfassende-weiterbildungsoffensive-beschlossen/> (letzter Abruf am 22.03.2021).

in Höhe von 7,5 Millionen Euro bereit. Begrüßenswert ist, dass diese Offensive von drei Ressorts, dem Wirtschafts-, dem Kultus- und dem Wissenschaftsministerium gemeinsam vorangetrieben werden soll. Dies ermöglicht zum einen eine zielgruppenspezifische Ausrichtung von Angeboten beispielsweise an ältere Beschäftigte, KMU oder Beschäftigte in bestimmten Branchen. Zum anderen kann eine Fragmentierung bestehender und neu zu entwickelnder Angebot vermieden werden. Entscheidend für den Erfolg dieser Initiative wird nicht zuletzt eine gute Koordinierung der Einzelmaßnahmen sein.

Bestehende Studien zu den aktuellen Weiterbildungsangeboten und -aktivitäten in Deutschland bzw. den Bundesländern beziehen sich zumeist nur allgemein auf das Thema Weiterbildung und weniger auf die Inhalte bzw. die Vermittlung von digitalen Kompetenzen oder die Nutzung von digitalen Medien im Rahmen der Weiterbildung. Dennoch sind sie hilfreich, um ein Bild der regionalen Weiterbildungsaktivitäten zu zeichnen.

Laut aktuellen Ergebnissen des Adult Education Survey (BMBF/Kantar Public et al. 2019) hat die Teilnahme der 18- bis 69-jährigen Bevölkerung an non-formaler Weiterbildung deutlich zugenommen. Lag sie 2016 noch bei 47,5 Prozent, waren es 2018 schon 52 Prozent. Die Teilnahme an formalen Bildungsaktivitäten stagniert hingegen. In der AES-Erhebung 2018 gaben 11 Prozent der befragten Erwachsenen an, in den vorangegangenen 12 Monaten an einer formalen Bildungsaktivität teilgenommen zu haben. Informelle Lernaktivitäten wurden 2018 von rund 45 Prozent der Befragten ausgeführt (2016: 44 Prozent). Interessant ist, dass sich Lernaktivitäten am häufigsten auf traditionelle Medien wie Fachzeitschriften und Bücher stützen. 67 Prozent aller informell Lernenden gaben dies als bevorzugt genutztes Lernmedium an. Erst dahinter lagen Lernangebote am Computer oder im Internet mit rund 52 Prozent.

Auch der Deutsche Weiterbildungsatlas 2018 untersucht für den Betrachtungszeitraum 2014/15 Weiterbildungsaktivitäten auf regionaler Ebene in Deutschland (Schrader und Martin 2018). Im Bereich der Weiterbildung an Volkshochschulen (öffentlicher Bereich) war Baden-Württemberg mit 10,85 Kursangeboten (pro 1.000 Einwohner) im Jahr 2015 Spitzenreiter im Ländervergleich. Im Bereich der privatwirtschaftlichen Angebote lag Baden-Württemberg im Mittelfeld. Bei der betrieblichen Weiterbildung, die sowohl externe als auch interne Angebote umfasst, lag Baden-Württemberg 2014 wie auch in den Vorjahren mit einer betrieblichen Angebotsdichte von 57,29 Angeboten pro 1.000 Einwohner wieder an der Spitze der Bundesländer. Auch regionale Teilnahmequoten werden im Weiterbildungsatlas untersucht. Bundesweit nahmen 2015 durchschnittlich 12,2 Prozent der Bevölkerung an

Weiterbildungen teil. Im Vergleich zu den Vorjahren zeigt sich somit eine Zunahme. Mit 15,3 Prozent ist Baden-Württemberg erneut das weiterbildungstärkste Bundesland.

Der Weiterbildungsatlas beinhaltet zudem eine Berechnung zur Potenzialausschöpfung der Regionen. Sie zeigt an, welche Teilnahmequote auf Grundlage der Sozial-, Wirtschafts- und Infrastruktur für eine Region theoretisch zu erwarten wäre. Baden-Württemberg übertrifft die Erwartungen hier deutlich. Auch in der Potenzialausschöpfung bei sozial Schwachen und Geringqualifizierten liegt Baden-Württemberg in einem positiven Bereich. Vor dem Hintergrund, dass sich Arme und Geringqualifizierte im zentralen Erwerbssalter (25 bis 54 Jahre) im Vergleich zur restlichen Bevölkerung deutlich weniger fortbilden (BMBF/Kantar Public et al. 2019), ist dies ein erfreuliches Ergebnis. Obwohl digitale Technologien hier grundsätzlich eine Chance zur erweiterten Teilhabe und Demokratisierung von (Bildung und) Weiterbildung bieten, zeigt sich, dass oft das Gegenteil der Fall ist. Je höher das Bildungsniveau und die berufliche Position, umso höher ist die Teilnahme an Bildungsaktivitäten mit digitalen Medien (EFI 2021). Bildung mit digitalen Medien dient also nicht etwa einem Chancenausgleich für Personen mit geringerer Bildungsaffinität, sondern es zeigt sich das Gegenteil: Einige Gruppen sind hinsichtlich der Chance einer Bildungsbeteiligung im doppelten Sinne benachteiligt. Inwiefern digitale Technologien in Baden-Württemberg die Chancengleichheit bei der Weiterbildung fördern ist nicht bekannt, könnte jedoch künftig einen wichtigen Hebel zur Qualifizierung von Lernentwöhnten und Geringqualifizierten darstellen.

Eine weitere Studie auf Basis des IAB-Betriebspanels zum Angebot und der Teilnahme an betrieblicher Weiterbildung in Baden-Württemberg kommt zu dem Ergebnis, dass das Angebot auf einem hohen Niveau liegt, sich jedoch ein leichter Abwärtstrend abzeichnet (Göbel und Klee 2019). Der Anteil der Weiterbildungsbetriebe in Baden-Württemberg liegt seit 2011 stets über dem Bundesdurchschnitt, in 2019 haben sich die Werte jedoch stark angenähert. So waren es nur noch 56 Prozent der befragten Betriebe, die im ersten Halbjahr 2019 Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für ihre Beschäftigten gefördert haben, ein Verlust von drei Prozentpunkten zum Vorjahr. Bundesweit machte dieser Anteil 55 Prozent aus (Vorjahr: 54 Prozent) Die Studie ergab zudem, dass größere Betriebe häufiger Weiterbildung fördern als kleinere Betriebe.

Neben dem Anteil der Betriebe, die Fort- und Weiterbildung fördern, sind auch die Weiterbildungsquote (der Anteil der weitergebildeten Beschäftigten an allen Beschäftigten im ersten Halbjahr eines Jahres) und die Weiterbildungsintensität (die Zahl der Teilnehmenden an betrieblichen Weiterbildungsmaßnahmen im ersten Halbjahr eines Jahres in Relation zu allen Beschäftigten in Weiterbildungsbetrieben) wichtige Indikatoren für die Verbreitung von

Weiterbildung. Auch diese beiden Indikatoren weisen auf ein leicht nachlassendes Engagement der baden-württembergischen Betriebe im Vergleich zum Vorjahr hin. 2019 lagen die Weiterbildungsquote mit 38 Prozent und die Weiterbildungsintensität mit 46 Prozent aller Beschäftigten in Weiterbildungsbetrieben um jeweils rund zwei Prozentpunkte unter dem Vorjahr, aber immer noch jeweils nur einen Prozentpunkt unter den Höchstwerten von 2016.

Inwiefern sich die Corona-Pandemie auf Angebot und Teilnahme an betrieblicher Weiterbildung in Baden-Württemberg ausgewirkt haben, ist noch nicht bekannt. Jedoch wird die Pandemie, analog zu der Entwicklung in Schulen, sehr wahrscheinlich zu einem Digitalisierungsschub führen, so dass die Chancen digitaler Technologien in der Weiterbildung vermehrt erkannt werden. Bisher befassen sich nur wenige Studien umfassend mit digitalen Weiterbildungsformaten. Grundsätzlich werden in der betrieblichen Weiterbildung Präsenzformate zunehmend um digitale Angebote ergänzt (EFI 2021). Die Vorteile von Online-Weiterbildungsformaten sind zum einen Kosteneinsparungen, eine höhere zeitliche und inhaltliche Flexibilität sowie eine stärkere Personalisierung der Inhalte. Im Rahmen einer Zusatzerhebung der AES-Umfrage (BMBF/Kantar Public et al. 2019) konnte erstmals eine Quote der Teilnahme Erwachsener (18- bis 69-Jähriger) an Bildung mit digitalen Medien ermittelt werden. Die Teilnahmequote beschreibt, ob im Verlauf der vergangenen zwölf Monate mindestens eine Bildungsaktivität – sowohl non-formal als auch formal – mit digitalen Medien wahrgenommen wurde. Im Jahr 2018 lag die Quote unter Erwachsenen bei 29 Prozent. Präsenzangebote werden weiterhin bevorzugt: Reine Online-Formate werden in Bildungsaktivitäten Erwachsener mit vier Prozent vergleichsweise selten eingesetzt. Hybride Formate, also eine Kombination aus Online- und Offline-Lernformaten, werden mit 17 Prozent der Bildungsaktivitäten häufiger eingesetzt. Die Zusatzerhebung zeigt auch, dass ein Drittel der non-formalen Weiterbildungsaktivitäten das Erlernen digitaler Kompetenzen zum Gegenstand hat. Rund ein Viertel der non-formalen Weiterbildungsaktivitäten wurde aufgrund von „zunehmender Digitalisierung am Arbeitsplatz“ besucht. Ein Fünftel der Aktivitäten wurde wahrgenommen, um den Umgang mit einer bestimmten Technologie zu erlernen. Deutlich seltener wurden Weiterbildungsaktivitäten besucht, um mehr über soziale, ethische oder rechtliche Aspekte der Digitalisierung zu lernen (12 Prozent) oder wie das Internet zur Informationsbeschaffung zu nutzen ist (8 Prozent).

Es zeigt sich außerdem, dass weniger digitalisierte Betriebe, was insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen betrifft, auch weniger digitale Medien in der Aus- und Weiterbildung einsetzen (EFI 2021). In Baden-Württemberg werden KMUs durch die Schaffung regionaler Netzwerke für berufliche Fortbildung unterstützt, die aus örtlichen Zusammenschlüssen von

über 1.350 Bildungseinrichtungen ein flächendeckendes Netz bilden. Die regionalen Netzwerke informieren u. a. über örtliche Weiterbildungsangebote und erstellen die kostenlose Broschüre „fit durch fortbildung“.⁶ Auch mit dem Vorhaben „Data Literacy und Data Science für den Mittelstand“ fördert Baden-Württemberg seit 2019 die Entwicklung von Weiterbildungs- und Qualifizierungsangeboten der Hochschulen zur Stärkung der Kompetenzen von KMUs bei der Erfassung und Auswertung von „Big Data“ und „Small Data“.

Fazit

Weiterbildung ist der Schlüssel zur Fachkräftesicherung. Baden-Württemberg hat dies erkannt und eine Qualifizierungsoffensive formuliert, die durch zahlreiche Maßnahmen flankiert wird und die Weiterbildung an die Anforderungen einer digitalisierten Arbeitswelt anpasst. Die Weiterbildungsaktivitäten sind in Baden-Württemberg grundsätzlich auf einem hohen Niveau, jedoch gilt es die leicht rückläufige Anzahl an Weiterbildungsbetrieben sowie das leicht nachlassende Engagement in Bezug auf die Weiterbildungsinintensität und -quote in Betrieben zu beobachten. Verbesserungspotenzial besteht grundsätzlich auch in der Datenlage zur (digitalen) Weiterbildung. Der Aufbau einer systematischen Datenbank zu benötigten Kompetenzen und entsprechenden Weiterbildungsmaßnahmen kann bei der Verfolgung der Ziele helfen. Die bestehende digitale Weiterbildungsplattform bietet hier sehr gute Anknüpfungspunkte. Zudem kann die Kooperation mit Hochschulen zur Entwicklung von passgenauen Zusatzqualifikationen und Zertifikaten für die Bedarfe der Betriebe eine Chance darstellen. Insgesamt sollte vor allem auch die Entwicklung einer umfassenden Handlungs- und Lernkompetenz gefördert werden (EFI 2021). Nur dann können sich Erwerbstätige selbstständig und kontinuierlich an sich verändernde Tätigkeiten anpassen. Letztlich bedarf es auch weiterer Anstrengungen im noch ungleichen Zugang zu hochqualitativem Weiterbildungsangebot zur Vermittlung digitaler Kompetenzen, sowohl auf Individual- (z. B. Geringqualifizierte und Lernentwöhnte) als auch Unternehmensebene (KMUs).

⁶ <https://www.fortbildung-bw.de/fuer-anbieter/netzwerk/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

3.2 E-Government / digitale Kommune

Mit dem Onlinezugangsgesetz (OZG) hat Deutschland der digitalen Verwaltung im Jahr 2017 einen gesetzlichen Rahmen gegeben: Bis Ende 2022 sollen über 575 öffentliche Verwaltungsdienstleistungen⁷ digital verfügbar sein, und zwar auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene. Für die wichtigsten Leistungen soll dies bis 2023 europaweit erreicht werden (Single Digital Gateway Verordnung der EU).⁸ Nicht zuletzt die Corona-Pandemie hat gezeigt, wie wichtig es ist oder wäre, öffentliche Verwaltungsdienstleistungen digital abwickeln zu können. Im Rahmen des Corona-Konjunkturpakets stellt die Bundesregierung insgesamt 3,3 Mrd. Euro für die Umsetzung des OZG und die Registermodernisierung bereit (Nationaler Normenkontrollrat 2020). Das OZG ergänzt das bereits im Jahr 2016 verabschiedete E-Government Gesetz.

Baden-Württemberg hat das E-Government Gesetz Baden-Württemberg (EGovG BW) zum 1. Januar 2016 in Kraft gesetzt, Anfang 2019 folgte eine E-Government-Vereinbarung mit den kommunalen Landesverbänden, um die von EGovG BW und OZG gesetzten Ziele zu erreichen.⁹ Ein wesentliches Element zur Umsetzung des OZG ist die sogenannte Doppelstrategie, die das Land Baden-Württemberg gemeinsam mit den drei Kommunalen Spitzenverbänden und den beiden zentralen IT-Dienstleistern Komm.ONE und BITBW Mitte 2020 verabschiedet hat. Gemeinsames Ziel hierbei ist es, „die digital gestellten Anträge der Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen durchgängig medienbruchfrei mit den jeweiligen Verwaltungsfachverfahren zu verknüpfen und mit einer elektronischen Bezahlungsfunktion zu versehen, um so ein echtes E-Government zum Nutzen aller zu gewährleisten“.¹⁰ Dabei wird unterschieden zwischen Universalprozessen, mit denen einfache Verwaltungsleistungen di-

⁷ Siehe <https://informationsplattform.ozg-umsetzung.de/iNG/app/intro> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁸ Siehe z. B. https://www.it-planungsrat.de/DE/ITPlanungsrat/OZG-Umsetzung/Portalverbund/04_SDG/SDG_node.html (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁹ Siehe https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/8000/16_8624_D.pdf (letzter Abruf am 19.03.2021) sowie <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/minister-thomas-strobl-und-kommunale-landesverbaende-unterzeichnen-e-government-pakt/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹⁰ Siehe <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/doppelstrategie-zur-erfolgreichen-umsetzung-des-onlinezugangsgesetzes/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

digitalisiert werden können, und Standardprozessen für komplexe Verwaltungsdienstleistungen. Die digitalen Verwaltungsdienstleistungen stehen auf der zentralen Webseite service-bw bereit. Dort wurden bis Ende 2020 bereits über 500 Tausend Servicekonten angelegt, was die hohe Nachfrage der Bürgerinnen und Bürgern nach diesen Verwaltungsdienstleistungen reflektiert.¹¹ Die im Jahr 2014 verabschiedete „Landesstrategie Green IT 2020 in der öffentlichen Verwaltung“¹² umfasst Maßnahmen, die dazu beitragen sollen sowohl die Nutzung von IT möglichst ressourcenschonend und energieeffizient zu gestalten als auch durch die Nutzung von IT, z. B. Videokonferenzen statt Dienstreisen, zur Energieeinsparung beizutragen (siehe auch Abschnitt 7.3).

Der seit 2011 erstellte E-Government-Monitor der Initiative D21 zeigt für Deutschland im Jahr 2020 eine Nutzerrate von Privatpersonen für E-Government-Dienste, die mit 54 Prozent erstmals über der 50-Prozent-Marke liegt, aber immer noch deutlich geringer ist als in den Vergleichsländern Schweiz (60 Prozent) und Österreich (72 Prozent). Haupthemmnis für die Nutzung digitaler Dienste ist, dass etwa die Hälfte der Bürgerinnen und Bürger den persönlichen Kontakt auf dem Amt dem digitalen Kontakt vorziehen. Dies gilt sowohl in Deutschland als auch in der Schweiz. Weitere Barrieren sind nach wie vor die fehlende Durchgängigkeit und die Unbekanntheit der Angebote sowie die undurchschaubare Struktur der Online-Angebote (Initiative D21 2021, S. 33). Das Beispiel der Corona-Warn-App zeigt zudem, dass Befürchtungen vor zu viel staatlicher Überwachung und Missbrauch von Daten, insbesondere in Deutschland und Österreich, sehr stark ausgeprägt sind (Initiative D21 2021, S. 51).

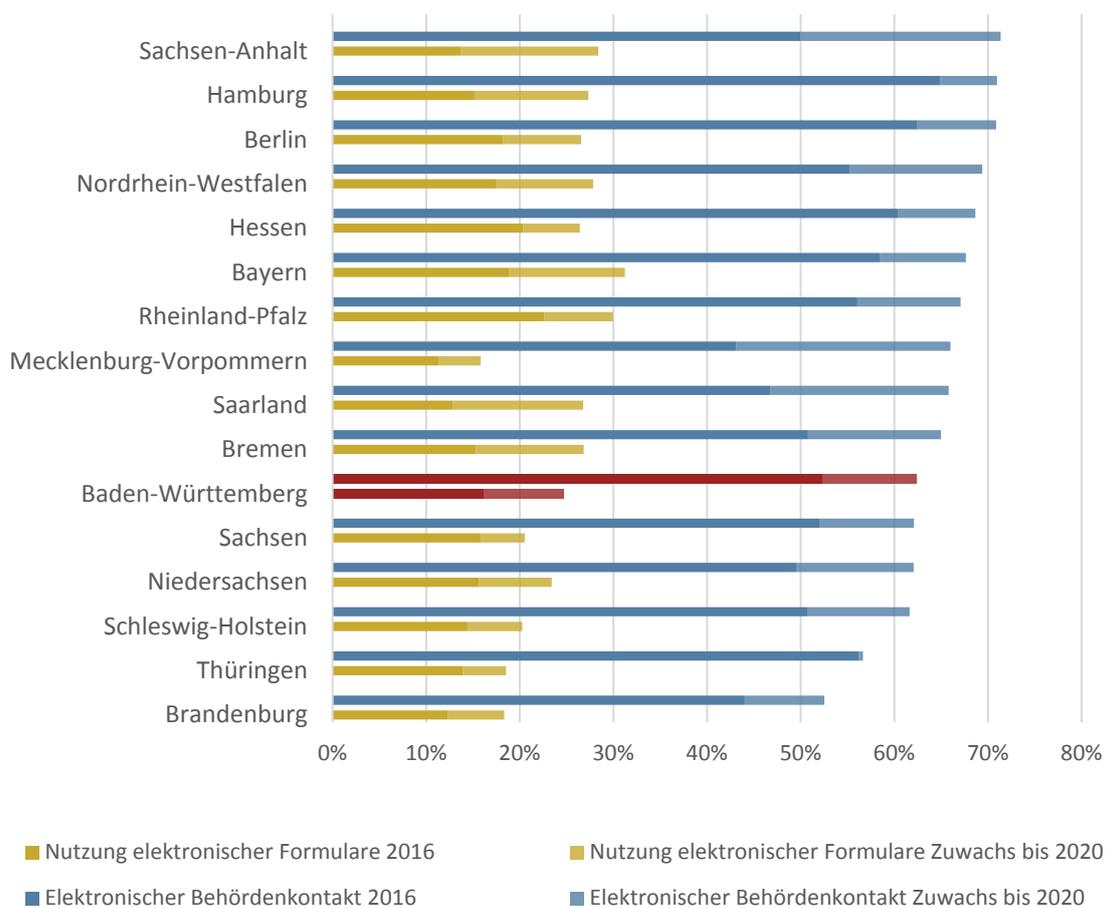
Im EU-Vergleich liegt Deutschland laut Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) der Europäischen Kommission (2020d) unterhalb des EU-Durchschnitts auf Rang 21 von 28. Zwar konnten Fortschritte bei der Bereitstellung öffentlicher Dienste für Unternehmen erzielt werden, und auch beim Thema Open Data liegt Deutschland oberhalb des EU-Durchschnitts. Jedoch sind die Online-Interaktion zwischen Behörden und Bürgerinnen und Bürgern sowie die Möglichkeiten vorausgefüllte Formulare zu nutzen, noch stark ausbaufähig.

¹¹ Siehe <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/500000-servicekonten-auf-service-bw/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹² Siehe https://green-it.baden-wuerttemberg.de/documents/20143/38597/Landesstrategie_GreenIT_Kurzfassung.pdf/fb283b47-d83b-5381-9c10-2eabdf06e48d?version=1.1&download=1 (letzter Abruf am 19.03.2021).

Eine differenzierte Betrachtung der Zahlen des DESI nach Bundesländern in Abbildung 3-1 zeigt, dass der Anteil der Bürgerinnen und Bürger in Baden-Württemberg, die über das Internet mit Behörden in Kontakt treten, von 52 Prozent im Jahr 2016 um rund 10 Prozentpunkte auf 65 Prozent in 2020 zugenommen hat. Gleichwohl liegt Baden-Württemberg damit im hinteren Mittelfeld.

Abbildung 3-1: Nutzung von E-Government durch Bürgerinnen und Bürger nach Bundesländern

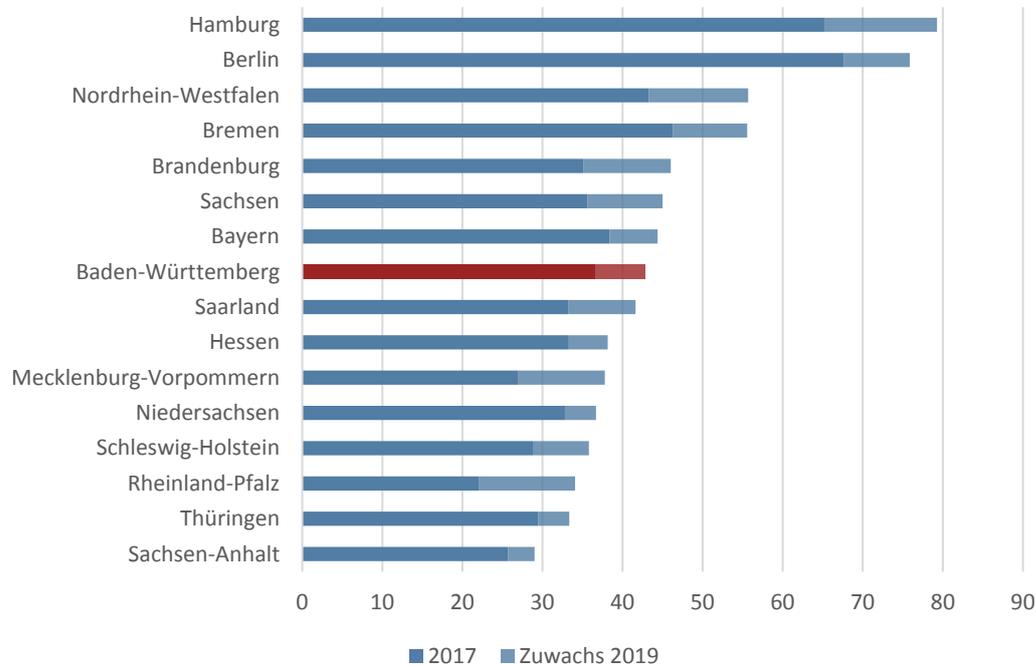


Quelle: Eurostat (2016, 2020), Berechnungen des ZEW. Angaben beziehen sich auf die letzten 12 Monate

Der Index Digitale Kommune wurde zuletzt für das Jahr 2019 vom Kompetenzzentrum Öffentliche IT berechnet¹³. Er setzt sich aus mehreren Teilindikatoren zusammen, wobei die Indizes zur Benutzbarkeit von Webseiten sowie zur Offenheit hinsichtlich Transparenz und Bürgerbeteiligung mit einer überproportionalen Gewichtung einfließen. Baden-Württemberg liegt hier mit einem Zuwachs um gut 6 Indexpunkten seit 2017 auf Rang 8 im Mittelfeld (Abbildung 3-2). Beim Online-Anliegenmanagement, den Möglichkeiten für elektronisches Bezahlen, der Präsenz von Kommunen in sozialen Medien sowie bei der Verschlüsselung des Datenverkehrs zwischen Bürgerinnen und Bürgern und der Verwaltung befinden sich die baden-württembergischen Kommunen in der Spitzengruppe. Nachholbedarf besteht allerdings beim Online-Angebot von Verwaltungsdienstleistungen (Opiela et al. 2019, S. 4), wobei auch hier weitere Erfolge zu vermelden sind. So steht beispielsweise die Gewerbeanmeldung inzwischen als Universalprozess auf www.service-bw.de zur Verfügung. Der Prozess wurde von der Stadt Waiblingen erstellt und kann nun den Kommunen nachgenutzt und den Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen angeboten werden.¹⁴

¹³ Siehe <https://www.oeffentliche-it.de/digitalindex/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴ Siehe <https://www.service-bw.de/web/guest/leistung/-/sbw/Gewerbe+anmelden-6002837-leistung-0/z-71334-71336-71332/a-08119079> (letzter Abruf am 19.03.2021).

Abbildung 3-2: Index Digitale Kommune nach Bundesländern

Quelle: Kompetenzzentrum Öffentliche IT, (Opiela et al. 2019), Berechnungen des ZEW.

Das Land Baden-Württemberg hat zahlreiche Maßnahmen initiiert um die Digitalisierung der Verwaltung voranzutreiben. Hierzu zählen beispielsweise die Wettbewerbe Digitale Zukunftskommune@bw und Future Communities 4.0. Ein entscheidender Faktor für die Digitalisierung ist, dass Investitionen in Technologie von Investitionen in die Qualifizierung und Weiterbildung begleitet werden. Daher ist die Qualifizierungsoffensive Baden-Württembergs digitalakademie@bw sehr zu begrüßen, die auf die digitale Qualifikation von Beschäftigten in den Landes- und Kommunalverwaltungen setzt. Weitere Maßnahmen zielen auf die Digitalisierung konkreter Verwaltungsdienste und Vorgänge ab, zum Beispiel die Steuerverwaltung, die Kommunikation zwischen Behörden und Justiz oder die Abwicklung von Vergabeverfahren. Mit dem Projekt Digitale Zukunftsdörfer@bw soll die Erreichbarkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge insbesondere im ländlichen Raum verbessert und auch kleinere und mittlere Kommunen mit Smart-City-Ansätzen versehen werden.

Laut Smart City Index 2020 des Bitkom schneiden die Städte Baden-Württembergs im Durchschnitt besser ab als die Städte im restlichen Deutschland (Bitkom 2021). Mit Karlsruhe,

Stuttgart und Heidelberg befinden sich drei baden-württembergische Städte bei der Gesamtwertung unter den Top 10 aller deutschen Großstädte.¹⁵ Dies geht vor allem auf das gute Abschneiden im Bereich „Verwaltung“ zurück. Hier liegt mit Karlsruhe eine baden-württembergische Stadt auf dem ersten Platz, Stuttgart, Mannheim und Heidelberg befinden sich ebenfalls unter den ersten 10. Im Bereich „Energie und Umwelt“ belegt Heidelberg den 1. Platz, Stuttgart folgt auf Rang 3. Stuttgart und Karlsruhe belegen die Ränge 5 und 6 im Bereich „Mobilität“, Freiburg und Heidelberg belegen die Ränge 7 und 10 im Bereich „Gesellschaft“. Lediglich im Bereich der „IT- und Kommunikations-Infrastruktur“ befindet sich keine der baden-württembergischen Großstädte unter den ersten 10, dafür platzierten sich die 5 baden-württembergischen Großstädte (neben Freiburg, Karlsruhe, Mannheim und Stuttgart auch Ulm) in der Gruppe der ersten 25. Im Rahmen der Initiative „Modellprojekte Smart Cities“ des Bundesinnenministeriums wurden aus den insgesamt 86 Bewerbungen Freiburg und Mannheim unter den 20 Städten sowie Aalen und Heidenheim unter 12 interkommunalen Kooperationen und Landkreisen für eine Förderung ausgewählt.¹⁶ Bereits in der ersten Förderstaffel gehörte Ulm zu den ausgewählten Großstädten.¹⁷ Weitere Impulse konnten durch die erfolgreiche Teilnahme am eGovernment-Wettbewerb 2020 gesetzt werden, bei dem Baden-Württemberg unter anderem den ersten Platz in der Kategorie „Bestes Projekt zur Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes 2020“ erreichen konnte.¹⁸

Fazit

Die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung ist eines der komplexesten Unterfangen der digitalen Transformation. Zahlreiche verschiedene Dienste müssen digitalisiert und anschlussfähig gemacht werden. Hierzu bedarf es der Mitwirkung der Akteure auf Ebene des Bundes, der Länder und der Kommunen. Zwar befindet sich Baden-Württemberg im Bundesländervergleich anhand einzelner Indikatoren nach wie vor im Mittelfeld. Doch wurden im Rahmen der Digitalisierungsstrategie zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um Verwaltungsdienste zu digitalisieren oder neue Dienste ins Leben zu rufen. Hier sei insbesondere die

¹⁵ Siehe <https://www.bitkom.org/Smart-City-Index/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹⁶ Siehe <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2020/09/smart-cities.html/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹⁷ Siehe <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2019/07/20190709-smart-cities.html/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹⁸ Siehe <https://www.egovernment-wettbewerb.de/gewinner/gewinner-2020.html> (letzter Abruf am 19.03.2021).

Doppelstrategie genannt, die das Land Baden-Württemberg gemeinsam mit den drei Kommunalen Spitzenverbänden und den beiden zentralen IT-Dienstleistern des Landes Mitte 2020 verabschiedet hat. Die digitalisierten Verwaltungsdienstleistungen stoßen bereits auf große Nachfrage der Bürgerinnen und Bürger. Dabei verbindet das Land die Digitalisierung der Verwaltung mit Nachhaltigkeitszielen (Green IT). Beim Smart City Index 2020 schneiden die Städte Baden-Württembergs überdurchschnittlich gut ab, was vor allem auf die Digitalisierung im Bereich „Verwaltung“ zurückgeht. Um die mit dem OZG und dem EGovG BW gesetzten Ziele erreichen zu können, sollten die initiierten Maßnahmen konsequent weiter umgesetzt werden.

3.3 Digitalisierung im Gesundheitswesen

Die Anwendung digitaler Technologien im Gesundheitssektor (oft auch e-Health, m-Health oder Gesundheitstelematik) bringt weitreichende Veränderungen für die Behandlung und Prävention von Erkrankungen mit sich. Neben der digitalen Dokumentation und Steuerung von Behandlungsprozessen werden Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung der Behandlung eingesetzt. Beispiele für den Einsatz behandlungsunterstützender Technologien sind telemedizinische Lösungen wie Videosprechstunden oder Gesundheits-Apps.

Noch im Jahr 2018 wurde Deutschland ein schlechtes Zeugnis in Bezug auf die Digitalisierung der Gesundheitswirtschaft ausgestellt: Im internationalen Vergleich mit 14 EU-Ländern und drei ausgewählten OECD-Ländern lag Deutschland beim „Smart Health Index 2018“ auf dem vorletzten (16.) Rang und erreichte nur 30 von insgesamt 100 möglichen Indexpunkten (Thiel et al. 2018).

Im darauffolgenden Jahr haben gleich zwei Gesetze auf Bundesebene die Grundlage für eine umfangreiche Digitalisierung der Behandlungslandschaft gelegt und können langfristig gegebenenfalls als Wendepunkt hin zu einer digitalen Gesundheitswirtschaft gesehen werden. Zum einen wurde im Terminservice- und Versorgungsgesetz mit der elektronischen Patientenakte (ePA) die Ausgestaltung einer digitalen Sammlung von medizinischen Unterlagen für Patientinnen und Patienten geregelt. Zum anderen wurde mit dem Digitale-Versorgung-Gesetz (DVG) die Möglichkeit eröffnet, dass Gesundheits-Apps, sog. „Digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA)“, auf Rezept zur Verfügung gestellt werden können. Neben den gesetzlichen Grundlagen, die das Angebot an digitalen Lösungen im Gesundheitssektor erleichtern, hat die Corona-Pandemie die Nachfrage nach digitaler Versorgung erhöht.

Baden-Württemberg hat sich im Rahmen seiner Digitalisierungsstrategie 2017 zum Ziel gesetzt, die digitale Unterstützung in der Gesundheitsversorgung auszubauen. Hierzu wurde zum Beispiel 2018 mit docdirekt erstmals in Deutschland telemedizinische Versorgung breitflächig verfügbar gemacht. Bereits 2016 hatte Baden-Württemberg als erstes Bundesland das Fernbehandlungsverbot gelockert und damit den Weg für telemedizinische Leistungen geebnet. Weitere angestoßene Maßnahmen sind die Förderung von Gesundheitsstartups und Initiativen zur besseren Nutzbarkeit von Gesundheitsdaten.

3.3.1 Gesundheitswirtschaft

Die Gesundheitswirtschaft zählt zu den größten Branchen der deutschen Wirtschaft. Die digitale Gesundheitswirtschaft ist dabei als Teil der industriellen Gesundheitswirtschaft (IGW) so definiert, dass sie sämtliche Wirtschaftsaktivitäten umfasst, die sich mit Entwicklung, Konzeption, Umsetzung und Nutzung aller IKT-Lösungen im Gesundheitswesen beschäftigen. Dabei sind digitale Anwendungen und die lokale IT sowohl mit direktem als auch indirektem Gesundheitsbezug eingeschlossen (Strategy& et al. 2015). Der Beitrag der digitalen Gesundheitswirtschaft zur gesamten Gesundheitswirtschaft liegt trotz starker Wachstumstendenzen weiterhin auf einem eher niedrigen Niveau. Im Jahr 2019 lag der absolute Beitrag zur Wertschöpfung bei 5,5 Milliarden Euro. Das entspricht einem Anteil von 6,7 Prozent an der Wertschöpfung der IGW. Mit rund 62.000 Erwerbstätigen in 2019 hat die digitale Gesundheitswirtschaft seit 2010 rund 13.000 Arbeitsplätze hinzugewonnen. Aktuelle Daten zum Einfluss der Corona-Pandemie auf die Digitalisierung der Gesundheitswirtschaft stehen noch nicht zur Verfügung. Jedoch kommt eine aktuelle Studie (Berger 2020) zu dem Ergebnis, dass die Pandemie den Digitalisierungsprozess der Branche in Europa insgesamt um rund zwei Jahre beschleunigt haben könnte. Eine Befragung von rund 500 Experten weltweit ergab, dass sich das erwartete Wachstum des digitalen Gesundheitsmarktes in Europa bis 2025 auf 232 Milliarden Euro erhöht, ein Plus von fast 50 Prozent. Für Deutschland liegt die Prognose bei 57 Milliarden Euro.

Der Gesundheitswirtschaft kommt auch in Baden-Württemberg ein hoher Stellenwert zu (BMWi 2021). Im Jahr 2019 lag die Bruttowertschöpfung der regionalen Gesundheitswirtschaft bei insgesamt 56,2 Milliarden Euro. Damit trug die Branche 11,8 Prozent zur gesamten Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg bei. Insgesamt waren im Jahr 2019 über eine Million Erwerbstätige in Baden-Württemberg in der Gesundheitswirtschaft beschäftigt. Damit liegt Baden-Württemberg auf dem dritten Rang hinter Nordrhein-Westfalen (knapp 1,6 Millionen) und Bayern (knapp 1,2 Millionen). Baden-Württemberg ist

mit Exportbeiträgen von rund 40 Milliarden Euro zudem weiterhin Spitzenreiter beim Export. Für die IGW, zu der auch die digitale Gesundheitswirtschaft zählt, ist Baden-Württemberg zudem der bedeutendste Standort. 2019 erwirtschaftete die IGW 18,2 Milliarden Euro in Baden-Württemberg, so viel wie in keinem anderen Bundesland. Weiterhin sind in Baden-Württemberg mit 215.000 Erwerbstätigen die meisten Personen in der IGW beschäftigt. Auch in Bezug auf die Exportbeiträge der IGW liegt Baden-Württemberg deutschlandweit vorne.

In einer aktuellen Benchmarking-Studie zur Innovationskraft im Gesundheitssektor waren unter den 100 weltweit führenden Unternehmen 14 aus Baden-Württemberg. Insbesondere bei Start-ups, bei ganzheitlichen Geschäftsmodellen und bei IKT-Kompetenzen belegt Baden-Württemberg im deutschlandweiten Vergleich Spitzenplätze.¹⁹ Insgesamt bietet Baden-Württemberg aber sehr gute Voraussetzungen und Strukturen, um in Deutschland eine vordere Position in der digitalen Gesundheitswirtschaft einzunehmen. Bereits 2017 wurde die „Strategie zur Verbesserung der medizinischen und pflegerischen Versorgung in Baden-Württemberg durch Nutzung digitaler Technologien“ (Strategie Digitalisierung in Medizin und Pflege) entwickelt. Daraus resultierte bereits die Förderung von 24 Projekten in diesem Bereich. Im Jahr 2019 wurde außerdem das „Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg“ als Kooperationsinitiative ins Leben gerufen, welches Wirtschaft, Forschung und Versorgung besser vernetzen und dadurch voranbringen soll. Im Rahmen des Forums wurden bereits 60 ausgewählte Projekte mit insgesamt 100 Millionen Euro gefördert. Weitere rund 120 Millionen Euro wurden Anfang 2021 bereitgestellt.²⁰ Mit rund 80 Millionen Euro soll die Kooperation und Vernetzung der Hochschulmedizin in Baden-Württemberg gefördert werden. Hierbei sollen u. a. die Potenziale durch Digitalisierung, Künstliche Intelligenz und das gemeinsame Management von Datenbeständen unterstützt werden. Zudem fördert die Landesregierung den „Innovationscampus Rhein-Neckar“, der nach dem Vorbild des Cyber Valley im Bereich Künstliche Intelligenz in Tübingen nun auch für die Lebenswissenschaften und die Gesundheitswirtschaft geschaffen werden soll. Der Ausbau der Region zu einem „Health Valley“²¹ wird

¹⁹ Siehe https://www.bio-pro.de/download_file/force/19538/73274 (letzter Abruf am 22.03.2021).

²⁰ Siehe <https://www.forum-gesundheitsstandort-bw.de/aktuelles/pressemitteilungen/100-millionen-euro-fuer-den-gesundheitsstandort-baden-wuerttemberg> (letzter Abruf am 19.03.2021).

²¹ Siehe <https://cyber-valley.de/cyber-valley-health-initiative> (letzter Abruf am 21.03.2021).

zunächst mit 40 Millionen Euro gefördert. Flankiert werden diese Maßnahmen zur Stärkung Baden-Württembergs als Gesundheitsstandort durch die Förderung von Projekten in der Personalisierten Medizin und für den Ausbau der Digitalisierung im Gesundheitswesen²² sowie mit dem Transfer von Forschungserfolgen in die Anwendung²³.

Im Rahmen der Strategie Digitalisierung in Medizin und Pflege fördert das Land Baden-Württemberg auch Projekte, die die Lebens- und Versorgungssituation von Menschen mit Pflegebedarf durch den Einsatz digitaler Technologien verbessern sollen.²⁴ Das Landeskompentenzentrum Pflege und Digitalisierung BW (PflegeDigital@BW) unterstützt beim Transfer von Innovationen in die Anwendung und kooperiert hierzu beispielsweise mit dem LebensPhasenHaus in Tübingen.²⁵

Auch die Förderung von Startups in der digitalen Gesundheitswirtschaft ist wichtig, um sich international als Vorreiter und Innovator zu positionieren. Hier besteht in Deutschland jedoch weiterhin Aufholbedarf. Rund 77 Prozent der 150 weltweit vielversprechendsten Digital-Health-Start-ups im Jahr 2020 waren in den USA angesiedelt. China folgte auf Rang zwei mit vier Prozent und das Vereinigte Königreich, Frankreich und Kanada mit jeweils drei Prozent (CB Insights 2020). Jedoch nimmt die Digital-Health-Startup-Szene auch in Deutschland Fahrt auf. Laut Deutschem Startup Monitor (2020) war die Informations- und Kommunikationsbranche 2020 zwar nach wie vor die dominierende Branche bei den Gründungen, der Medizin- und Gesundheitssektor legt jedoch stark zu und lag auf Platz 3 (9,2 Prozent aller Gründungen) (Kollmann et al. 2020).

Baden-Württemberg hat neben den oben genannten Maßnahmen noch weitere gezielte Schritte unternommen, um das Gründungsgeschehen und Ökosystem in der regionalen digitalen Gesundheitswirtschaft zu stärken. Grundsätzlich stellt das Land einen attraktiven Standort für Start-ups dar (siehe auch 3.5). Im Gesundheitsbereich wurden zwischen

²² Siehe <https://www.forum-gesundheitsstandort-bw.de/aktuelles/pressemitteilungen/land-foerdert-innovative-projekte-im-rahmen-des-forums-gesundheitsstandort-bw> (letzter Abruf am 19.03.2021).

²³ Siehe <https://www.forum-gesundheitsstandort-bw.de/aktuelles/pressemitteilungen/land-foerdert-weitere-zukunftsweisende-projekte-der-universitaetsmedizin> (letzter Abruf am 19.03.2021).

²⁴ Siehe https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-sm/intern/downloads/Foerderung/2020-12-16_foerderung_digitalbw-II.pdf (letzter Abruf am 19.03.2021).

²⁵ Siehe <https://www.pflegedigital-bw.de/#pflegedigital> (letzter Abruf am 19.03.2021).

2010 und August 2020 in Baden-Württemberg bereits 181 Start-ups mit Gesundheitsbezug gegründet, überwiegend im Hightech-Segment²⁶. Seit 2019 unterstützt das Wirtschaftsministerium auch ein Projekt zur Förderung der digitalen Gesundheitsversorgung in Mannheim. Das INSPIRE Living Lab begleitet und unterstützt Gesundheitsstartups bei der Professionalisierung und komplementiert somit das regionale Innovations- und Gründungsökosystem in der Rhein-Neckar-Region. Zudem bietet das INSPIRE Projekt Synergieeffekte mit dem von der Landeskampagne „Start-up BW“ unterstützten Life Science Accelerator, der neue Geschäftsideen im Bereich Biotechnologie, Pharma und Medizintechnologie fördert. Auch der De.Hub „Digital Chemistry and Digital Health“ vernetzt Start-ups mit Unternehmen aus der Gesundheitsbranche und trägt zu einem geeigneten Ökosystem für die Entwicklung innovativer Ideen bei.

3.3.2 Telematik im Gesundheitswesen

Unter Telematik im Gesundheitswesen versteht man den Einsatz von IKT, um gesundheitsbezogene Leistungen über räumliche oder zeitliche Distanzen zu erbringen. Anwendungsfelder sind insbesondere Plattformen zum Datenaustausch sowie die digitale Kommunikation mit medizinischem Fachpersonal. Der Einsatz von Telematik hat das Potenzial sowohl die Gesundheitsversorgung, vor allem in der Fläche, zu verbessern als auch die Effizienz in der Versorgung zu steigern.

Ein wesentlicher Bestandteil der Telematik in Deutschland ist ePA. Die Einführung dieser digitalen Sammlung an medizinischen Dokumenten wurde im Jahr 2003 geplant und wird im Laufe des Jahres 2021 flächendeckend erfolgen. In der letzten verfügbaren Scorecard zum aktuellen Stand der Umsetzung einer elektronischen Patientenakte in zwanzig europäischen Ländern in 2018 lag Deutschland lediglich auf dem elften Platz. Dies verdeutlicht, dass Deutschland in der Umsetzung vergleichsweise langsam ist (Stiftung Münch 2018).

In der flächendeckenden Einführung von Videosprechstunden war Baden-Württemberg innerhalb Deutschlands Vorreiter. Mit docdirekt besteht für die gesetzlich versicherten Bürgerinnen und Bürger seit 2018 die Möglichkeit, eine Telefon- oder Videosprechstunde wahrzunehmen. Nach der positiven Evaluation des Projekts (Solodkoff et al. 2020) wird

²⁶ <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/standort/fakten> (letzter Abruf am 12.03.2021).

dieses Telematikangebot nun weiter fortgesetzt. Insgesamt steigt die Akzeptanz für Videosprechstunden (siehe 3.3.6).

Auch für die Unterstützung des medizinischen Personals weitet Baden-Württemberg das Telematikangebot aus. So folgt zum Beispiel auf erfolgreiche Pilotprojekte in anderen Bundesländern die Erprobung von Telenotärzten in Ludwigsburg und Freiburg. Hierbei sollen erfahrene Ärztinnen und Ärzte die Einsatzkräfte vor Ort unterstützen. Ähnliche Fernbehandlungsansätze werden mit der OhneArztPraxis erprobt.

Insgesamt gibt es in Baden-Württemberg derzeit 75 Projekte zur Umsetzung von Telemedizinvorhaben, die im entsprechenden Portal gelistet sind.²⁷ Im Vergleich zu den 68 gelisteten Projekten im Jahr 2019 ist hier ein leichter Anstieg zu verzeichnen.

3.3.3 Gesundheits-Apps und Smart Wearables

Bei der Digitalisierung des individuellen Gesundheits- und Krankheitsmanagements kommt insbesondere Gesundheits-Apps und Smart Wearables eine zunehmende Bedeutung zu. Während erstere Applikationen zur Nutzung auf dem eigenen Smartphone darstellen, sind letztere Computertechnologien oder Minicomputer, die von den Nutzenden am Körper getragen werden und mithilfe von Sensoren in der Lage sind, Vitalwerte des Körpers zu messen und auszuwerten. Als Ergänzung zu den am Markt derzeit erhältlichen Freizeit-Wearables zur eigenen Information, z. B. Fitnesstracker oder Smartwatches, sind grundsätzlich auch medizinische Wearables möglich, die der Europäischen Medizinprodukte-Verordnung unterliegen (Neuder und Laurila-Dürsch 2021).

Für Gesundheits-Apps trifft die medizinische Anwendung mit Einführung von digitalen Gesundheitsanwendungen (DiGA) im Rahmen der DiGA-Verordnung bereits seit vergangem Jahr auf ausgewählte Produkte zu. Diese können nach Aufnahme in das DiGA-Verzeichnis auf Rezept verschrieben und deren Kosten von den Krankenkassen übernommen werden. Damit erstreckt sich die Angebotsentwicklung im Markt für Gesundheits-Apps nicht mehr ausschließlich auf den zweiten Gesundheitsmarkt, sondern ist selektiv auch Teil des klassischen Gesundheitssystems und der Regelversorgung der GKV (Knöppler et al. 2016; Knöppler und Martick 2019). Die genauen Auswirkungen auf den Markt für Apps bleiben, insbesondere vor dem Hintergrund potenzieller zusätzlicher Mo-

²⁷ Siehe auch <https://www.telemedbw.de/projekte> (letzter Abruf am 10.03.2021).

netarisierungsstrategien, abzuwarten. Zum aktuellen Zeitpunkt sind elf digitale Gesundheitsanwendungen vom Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) zugelassen, keine davon stammt aus Baden-Württemberg; weitere Produkte befinden sich im Genehmigungsprozess²⁸.

Für den Markt für Gesundheits-Apps insgesamt zeigt sich ein positiver Trend für die vergangenen Jahre. Während im Jahr 2015 103.000 Apps den Rubriken „Gesundheit und Fitness“ und „Medizin“ aller Mobilplattformen zugeordnet werden konnten, belief sich die Zahl der angebotenen Apps im Google Play Store²⁹ und Apple App Store³⁰ im dritten Quartal 2020 auf rund 280.000.

Basierend auf Daten des Google Play Store ist eine Auswertung des App-Angebots deutscher Entwickler in den beiden betrachteten Kategorien nach einzelnen Bundesländern möglich. Insgesamt konnten für Januar 2019 1.987 entsprechende Apps identifiziert werden.³¹ 55 Prozent hiervon entfielen auf die Kategorie „Gesundheit und Fitness“. Im September 2016 belief sich die Zahl noch auf 1.660 Produkte (Bertschek et al. 2017). Allerdings muss bei der limitierten Entwicklung des Angebots berücksichtigt werden, dass mit der Einführung der Datenschutz-Grundverordnung im Mai 2018 ein erheblicher Anteil an Apps aus dem Markt ausgeschieden ist. An erster Stelle bei der Betrachtung veröffentlichter Apps in beiden Kategorien steht Nordrhein-Westfalen, gefolgt von Bayern und Baden-Württemberg. Im Vergleich zur letzten Erhebung wurde Bayern hierbei von dem bevölkerungsreichsten Bundesland überholt (siehe Abbildung 3-3), Baden-Württembergs Position blieb unverändert. In der einzelnen Kategorie „Gesundheit und Fitness“ weist Bayern die meisten Apps auf, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg folgen auf

²⁸ Nähere Informationen zu den bereits zugelassenen DiGA finden sich im entsprechenden Verzeichnis unter <https://diga.bfarm.de/de/verzeichnis> (letzter Abruf am 25.02.2021).

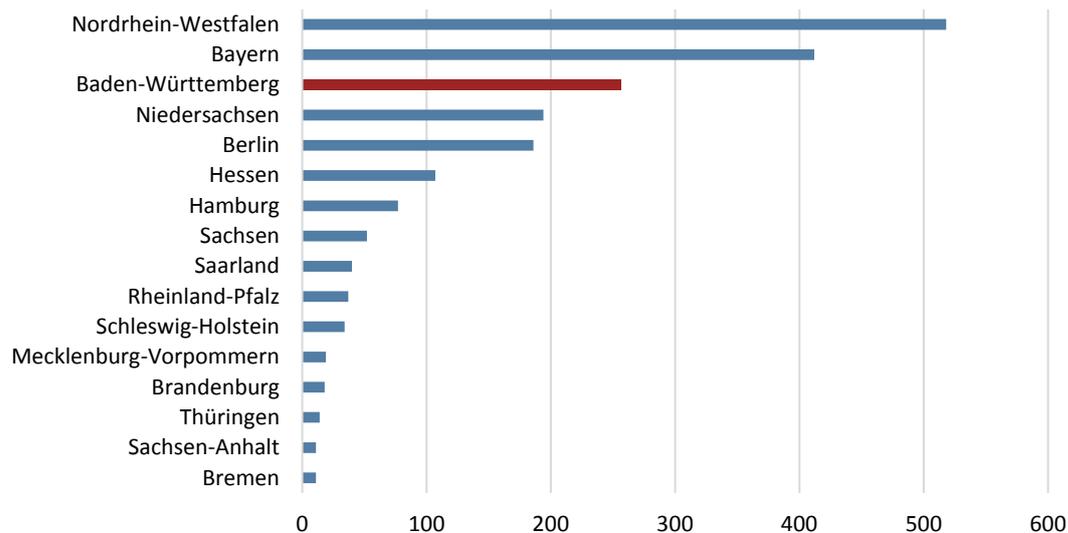
²⁹ Im Google Play Store waren im Oktober 2020 103.376 Apps in der Kategorie „Gesundheit und Fitness“ und 46.361 Apps in der Kategorie „Medizin“ verfügbar. Vgl. <https://web.archive.org/web/20201029105820/https://www.appbrain.com/stats/android-market-app-categories> (letzter Abruf am 25.02.2021).

³⁰ Im Apple App Store waren im dritten Quartal 2020 82.633 Apps in der Kategorie „Gesundheit und Fitness“ und 48.608 Apps in der Kategorie „Medizin“ verfügbar. Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1191205/umfrage/anzahl-der-bei-apple-verfuegbaren-mhealth-apps/> (letzter Abruf am 25.02.2021).

³¹ Voraussetzung für die Berücksichtigung in den folgenden Analysen war die Angabe einer postalischen Adresse im Google Play Store.

Platz 2 und 3. In der Kategorie „Medizin“ führt Nordrhein-Westfalen die Statistik vor Bayern, Niedersachsen und Baden-Württemberg an (siehe Abbildung 6-3 im Anhang).

Abbildung 3-3: Anzahl der Apps in Kategorien Gesundheit & Fitness sowie Medizin pro Bundesland



Quelle: Google Play Store, Berechnungen des ZEW.

Das Ranking der Bundesländer hinsichtlich der Anzahl der Apps mit mehr als 1.000 oder 10.000 Downloads je App führt wie im Jahr 2016 Bayern an. Auf Platz 2 findet sich nun jedoch Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen nur noch auf Platz 3 (siehe Abbildung 6-4 im Anhang). Dies könnte auf eine stärkere Fluktuation des App-Angebots mit Entwicklern in Nordrhein-Westfalen und somit eine Vielzahl junger Apps zurückzuführen sein. Die meisten Entwickler kommen weiterhin aus Nordrhein-Westfalen, Bayern sowie Baden-Württemberg (siehe Abbildung 6-5 im Anhang).

Trotz der enormen Potenziale, die in der weiten Verbreitung und Anwendung von digitalen Gesundheits-Apps und Wearables gesehen werden, werden gleichzeitig auch kritische Stimmen laut. Diese heben die Risiken hinsichtlich des Datenschutzes, mögliche Auswirkungen auf das System solidarischer Krankenversicherungen durch die steigende Individualisierung von Leistungen oder auch die Gefahr von Fehldiagnosen hervor (Wangler und Jansky 2018; Maier-Rigaud und Böning 2020; Böning et al. 2019; Verbraucherportal Baden-Württemberg 2020; Lampert 2020; Obermann et al. 2020).

3.3.4 Digitalisierung und Gesundheitsversorgung im ländlichen Raum

Der demographische Wandel führt zu einem steigenden Durchschnittsalter der Bevölkerung, insbesondere in ländlichen Regionen. Für die Gesundheitsversorgung stellt sich somit die Herausforderung, dass es in diesen ländlichen Regionen eine erhöhte Nachfrage nach Gesundheitsleistungen gibt. Eine Übersichtsarbeit benennt Telemedizin als eine der Begleitmaßnahmen um die medizinische Versorgung im ländlichen Raum zu unterstützen (Götz et al. 2014). Auch in der Digitalisierungsstrategie des Landes Baden-Württemberg 2017 wurde die Nutzung von Digital Health-Anwendungen zur Unterstützung des ländlichen Raums als Ziel erklärt.

Neben den in Baden-Württemberg mit docdirekt einfach verfügbaren Videosprechstunden (siehe 3.3.2) können die immer breiter verfügbaren Gesundheits-Apps ein wichtiger Baustein sein, um insbesondere die Verfolgung der Behandlung auch ohne direkte Nähe der behandelnden Ärztinnen und Ärzte zu vereinfachen (siehe 3.3.3). Viele der telemedizinischen Pilotvorhaben in Baden-Württemberg setzen genau auf solche Lösungen.

Weitere Versorgungsansätze, wie mit digitalen Technologien die Behandlung auf dem Land verbessert werden kann, setzen auf wohnortnahes medizinisches Personal, das durch digital zugeschaltete Expertinnen und Experten ergänzt wird. Hierfür finden sich in Baden-Württemberg einige innovative Pilotprojekte. In der OhneArztPraxis zum Beispiel übernehmen speziell geschulte Arzthelfer oder Pflegekräfte Aufgaben wie Blutabnahme oder Rezeptausstellung und organisieren für Patientinnen und Patienten in der Praxis die telemedizinische Versorgung in Form von Sprechstunden oder telemedizinischen Diagnosen. Ein weiteres Beispiel aus Baden-Württemberg ist die digitale Sprechstunde für Kinder und Jugendliche mit Diabetes mellitus, bei der die Primärbehandler auf Basis von telemedizinisch erhobenen Vitaldaten mit Spezialisten in der Kinderklinik über die Behandlung beraten.

Bundesweit gibt es ähnliche Vorhaben, um insbesondere die fachärztliche Behandlung trotz eines Rückgangs der niedergelassenen Praxen auf dem Land aufrecht zu erhalten. Im Fokus stehen hier Fachdisziplinen wie Augenheilkunde und Dermatologie.³²

³² Zum Beispiel das Tele-Augenkonsil in Bayern und Schleswig-Holstein oder das Telemedizinangebot des Berufsverband der Deutschen Dermatologen sowie das Innovationsfondsprojekt TeleDermatologie in Mecklenburg-Vorpommern.

3.3.5 Künstliche Intelligenz und Big Data im Gesundheitswesen

Der Anwendung von Künstlicher Intelligenz (KI) werden enorme Potenziale zugesprochen, die Gesundheitsforschung und -versorgung zu verbessern. Die Einsatzmöglichkeiten von KI sind vielfältig und reichen von der Vorhersage von Krankheits- und Therapieverläufen bis hin zu KI-Systemen zur Unterstützung in Operationssälen³³. Bereits heute erzielt KI bei einer Reihe von Aufgaben mindestens genauso gute Ergebnisse wie menschliche Ärztinnen und Ärzte, z. B. bei der Diagnose von Hautkrebs, Lymphknotenmetastasen oder Arrhythmien (Haring 2019). Insgesamt ergeben sich durch die Anwendung von KI Chancen für eine verbesserte Diagnostik, Therapie und Vorsorge. Der großflächige Einsatz von KI in der Medizin könnte damit allein in Europa die prognostizierten Gesundheits- und Folgekosten binnen zehn Jahren um eine dreistellige Milliardensumme senken (PricewaterhouseCoopers 2017). Vor dem Hintergrund des demographischen Wandels gewinnt dies an enormer Bedeutung.

Die Entwicklung von KI-Anwendungen in der Gesundheitsforschung und -versorgung basiert zunächst auf der Verfügbarkeit und Verarbeitung von großen Datenmengen, „Big Data“. Big Data speist sich im Gesundheitsbereich aus einer Vielzahl von Quellen: u. a. klinischen Studien, (künftig aus der) ePa, Registern, digitale Biomarker aus medizinischen Geräten wie Wearables zur Selbstvermessung sowie allgemein biologischen Datensätzen.³⁴ Noch fehlen allerdings vielerorts die Voraussetzungen in der Infrastruktur, um gesundheitsrelevante Daten vollständig zu analysieren und systematisch auszuwerten.

Um die Datenverfügbarkeit sowie -nutzung zu fördern, haben das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, das Bundesministerium für Bildung und Forschung und das Bundesministerium für Gesundheit kürzlich eine Roadmap zur Innovationsinitiative „Daten für Gesundheit“ veröffentlicht. Baden-Württemberg hat die Bedeutung der Datenverfügbarkeit ebenfalls erkannt und Maßnahmen wie etwa die bwHealthCloud initiiert, u. a. zum Aufbau von Cloud-Strukturen für universitäre Forschung. Zudem wurde die Entwicklung einer bwHealthApp initiiert (Zeitraum März 2019 bis März 2022). Das Zentrum für

³³ <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/digitalisierung-und-kunstliche-intelligenz-9461.php> (letzter Abruf am 11.03.2021)..

³⁴ Diese werden häufig auch unter dem Begriff Panomics aufgeführt. Diese umfassen die Gesamtheit aller gewonnenen biologischen Datensätze aus Genom, Transkriptom, Proteom, Metabolom und allen weiteren „-omen“ sowie deren Kombination mit weiteren Patientendaten.

Präzisionsmedizin plant im Rahmen einer nachfolgenden Studie mit onkologischen Patientinnen und Patienten das Konzept zu überprüfen. Danach kann die bwHealthApp integriert in der klinischen Versorgung und Forschung im Rahmen der bwHealthCloud zum Einsatz kommen.

Vor allem die ePa kann zu einer erheblichen Verbesserung der Datenlage führen. Krankenversicherte haben ab 2023 die Möglichkeit, ihre Patientendaten der öffentlichen Forschung pseudonymisiert zur Verfügung zu stellen. Auch im Bereich der Pharmaforschung werden die Weichen für eine bessere Datenverfügbarkeit gestellt, etwa durch das europaweit angelegte Projekt EU-OPENSREEN³⁵ (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2018). Diese Formen der Kooperation und Vernetzung sind vor allem aufgrund des hohen Anteils an KMUs in der medizintechnischen und pharmazeutischen Industrie entscheidend, um KI in der Pharmaindustrie in Deutschland zu etablieren.

Da Baden-Württemberg eine hohe Dichte an KMUs und Hidden Champions aufweist, ist die Frage der Vernetzung für eine bessere Datenverfügbarkeit von besonderer Bedeutung. Das eingangs erwähnte Forum Gesundheitsstandort BW aber auch die Landesgesellschaft BIOPRO Baden-Württemberg können hier eine Möglichkeit der Vernetzung von Unternehmen sein, auch in Bezug auf deren Daten.³⁶ Der mögliche Aufbau eines Innovationsparks KI kann die Kommerzialisierung von Entwicklungen auf KI-Basis weiter vorantreiben und in der Gesundheitswirtschaft zu einer Verbesserung der Datenlage führen. Das Cyber Valley hat hierfür Vorbildfunktion (siehe auch Abschnitt 5.3 zu Künstlicher Intelligenz).

Ein Anwendungsfeld und Vorreiter im Bereich KI ist die sogenannte Präzisionsmedizin. In der Onkologie kann diese z. B. durch genauere Diagnosen auf das molekulare Patientenprofil zugeschnittene personalisierte Krebstherapien ermöglichen. In Baden-Württemberg gibt es auf diesem Gebiet bereits einige Bestrebungen, um eine Spitzenposition einzunehmen. So haben sich z. B. die Onkologischen Spitzenzentren (CCC) und Zentren für Personalisierte Medizin (ZPM) der Universitätskliniken Freiburg, Heidelberg, Tübingen

³⁵ Ziel ist die Entwicklung einer Datenbank, in der Daten von bis zu 140.000 chemischen Verbindungen abgerufen und genutzt werden können.

³⁶ Siehe hierzu auch die Empfehlungen des Forums Gesundheitsstandort Baden-Württemberg (2021): <https://www.forum-gesundheitsstandort-bw.de/downloadfile/force/19773/84221> (letzter Abruf am 22.03.2021).

und Ulm zu einem „Kompetenzverbund Personalisierte Onkologie Baden-Württemberg“ zusammengeschlossen und Förderung der Deutschen Krebshilfe sowie Förderung im Rahmen des „Forums Gesundheitsstandort Baden-Württemberg“ eingeworben. Hierzu zählt das Nationale Centrum für Tumorerkrankungen Heidelberg (NCT).³⁷ Als weitere Beispiele können das Projekt „Intelligente Diagnostik“ zur Erkennung von Hauttumoren und das 2018 gestartete Projekt PRIMO zur personalisierten (Brust-)Krebstherapie genannt werden. Einen Schwerpunkt bildet die Forschung in der Bioinformatik, z. B. innerhalb des Cyber Valleys in Tübingen³⁸ Das Baden-Württemberg Institute for Bioinformatics Infrastructure (LIBIS)³⁹ an der Universität Heidelberg bietet Software und Hardware sowie Cloud Computing Einrichtungen und Schulungen im Bereich Bioinformatik für die Wissenschaft an. Hier sind zugleich die aktuellen Dienstleistungen des Deutschen Netzwerks für Bioinformatik-Infrastruktur (de.NBI)⁴⁰ für Baden-Württemberg integriert. Das Deutsche Krebsforschungszentrum in Heidelberg koordiniert die Forschung im Bereich Data Science (Data Science @ DKFZ).⁴¹

Eine Auswertung der existierenden KI-Anwendungen im Bereich Gesundheit und Pharma in Deutschland zeigt, dass Baden-Württemberg im Bundeslandvergleich mit 25 KI-Anwendungen in diesem Bereich aktuell auf dem zweiten Rang hinter Bayern (46), aber noch vor Berlin (21) und Nordrhein-Westfalen (20) liegt (siehe Abbildung 6-2 im Anhang).

3.3.6 Akzeptanz von digitalen Lösungen im Gesundheitswesen

Ein steigendes Angebot an digitalen Lösungen allein ist jedoch keine hinreichende Bedingung für eine in der Realität tatsächlich digitalisierte Gesundheitslandschaft. Daneben sind vielmehr Akzeptanz und Anwendung dieser Technologien durch die verschiedenen

³⁷ Siehe <https://www.nct-heidelberg.de/das-nct/kernbereiche/translazionale-medizinische-onkologie/schwerpunkte/praezisionsonkologie.html> (letzter Abruf am 21.03.2021).

³⁸ Siehe hierzu z. B. <https://kohlbacherlab.org/>; <https://uni-tuebingen.de/fakultaeten/mathematisch-naturwissenschaftliche-fakultaet/fachbereiche/informatik/arbeitsgruppen/#c689040>; <https://www.carl-zeiss-stiftung.de/german/weitere-foerderungen/impulse/cyber-valley.html> (letzter Abruf am 22.03.2021).

³⁹ Siehe <https://libis.uni-heidelberg.de/> (letzter Abruf am 22.03.2021).

⁴⁰ Siehe <https://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/de-nbi-deutsches-netzwerk-fur-bioinformatik-infrastruktur-3368.php> (letzter Abruf am 22.03.2021).

⁴¹ Siehe <https://www.dkfz.de/en/datascience/index.html> (abgerufen am 22.03.2021).

Akteure entscheidend. Hierzu zählen sowohl Krankenhäuser, Apotheken und Ärztinnen und Ärzte als auch Patientinnen und Patienten selbst.

So kommunizieren laut Albrecht et al. (2020) noch immer 95 Prozent der Praxen mehrheitlich oder komplett in Papierform mit Krankenhäusern, ein vergleichbarer Anteil wie in den beiden Vorjahren. Gestiegen ist hingegen der Anteil an Praxen, die in der Kommunikation mit anderen Praxen und ambulanten Einrichtungen auf Videokonferenzen (12 Prozent) oder Messenger-Dienste/SMS (14 Prozent) zurückgreifen oder auch Videosprechstunden für ihre Patientinnen und Patienten (25 Prozent) anbieten.

Digitale Gesundheitsanwendungen könnten ebenso dazu beitragen, den Einsatz digitaler Technologien und Lösungen in der Prävention und Therapie zu erhöhen. Zwar sagten im Rahmen einer Umfrage im Jahr 2020 nur zwei Prozent der Medizinerinnen und Mediziner, dass sie bereits Apps auf Rezept verschrieben haben, angesichts des bis dahin kurzen Zeitraums ist dies jedoch nicht verwunderlich. Immerhin planen 24 Prozent der Ärztinnen und Ärzte diese von nun an verordnen zu wollen. Gründe hierfür sind die Einschätzung als sinnvolle Ergänzung zum medizinischen Standardangebot oder auch die Vorstellung, dass diese konventionelle Therapien teilweise vollständig ersetzen könnten. Insbesondere jüngere Ärztinnen und Ärzte sehen positive Effekte und höheren Handlungsbedarf zur Stimulierung. Hemmnisse zum umfangreichen Einsatz sind zum aktuellen Zeitpunkt u. a. mangelnde Informationen, Datenschutzbedenken sowie mangelndes Vertrauen in die Technologie (Bitkom 2020c).

Auch auf Patientenseite mag die Einführung digitaler Gesundheitsanwendungen die Nachfrage nach Gesundheit-Apps und weiteren digitalen Lösungen stimulieren. Während die Bertelsmann Stiftung den Indikator „mHealth, Apps und mobile Anwendungen werden routinemäßig in der Gesundheitsversorgung genutzt“ im Jahr 2018 beispielsweise als nicht vorhanden auswies (Thiel et al. 2018), zeigen neuere Studien, dass sich in der Zwischenzeit 59 Prozent der Deutschen gut vorstellen können, digitale Gesundheitsanwendungen zu nutzen und 40 Prozent der Befragten aktiv danach fragen möchten (Bitkom 2020a; McKinsey 2020). Ebenso steht ein Großteil der Bevölkerung der elektronischen Patientenakte positiv gegenüber, durch die Corona-Krise wurde dieser Umstand nochmals verstärkt. So hat sich der Anteil derjenigen, die bereits eine Videosprechstunde wahrgenommen haben, bis zum Sommer 2020 auf 13 Prozent erhöht, 8 Prozentpunkte mehr als noch im Vorjahr. Fast jeder Zweite (45 Prozent) kann sich eine solche Nutzung grundsätzlich vorstellen. Mit 73 Prozent ist die Zustimmung zu der am 01. Januar 2021

eingeführten ePa sogar noch größer. Entscheidende Faktoren hierbei sind laut einer repräsentativen Umfrage Ausgestaltungen des Datenschutzes, die Bedienungsfreundlichkeit sowie ein mobiler Zugang über das Smartphone⁴². Zuletzt halten auch Anwendungen von KI in der Medizin enorme Potenziale bereit. Hier zeigten sich im Jahr 2020 40 Prozent der Deutschen bereit, sich zukünftig regelmäßig eine Zweitmeinung durch eine solche Anwendung einzuholen, 9 Prozentpunkte mehr als im Jahr 2019 (BVDW 2019; Bitkom 2020a).

Im Hinblick auf die digitale Unterstützung der Behandlung im ländlichen Raum besteht noch Aufklärungsbedarf. Eine Studie zeigt, dass in Deutschland im europaweiten Vergleich nur ein sehr geringer Anteil der über 65-jährigen digitale Gesundheitsleistungen in Anspruch nimmt (Merkel und Hess 2020). Es gibt außerdem Hinweise, dass die Akzeptanz von telemedizinischen Angeboten im ländlichen Raum geringer ist als in Städten (Schuster et al. 2021). Für den Erfolg digitaler Gesundheitslösungen im ländlichen Raum, der in Anbetracht des demographischen Wandels entscheidend für eine flächendeckend gute Gesundheitsversorgung ist, müssen die Angebote noch besser auf die Zielgruppe zugeschnitten werden.

3.3.7 Fazit

Deutschland hat insgesamt noch erheblichen Aufholbedarf im Bereich Digital Health. In den letzten Jahren sind allerdings positive Entwicklungen zu beobachten. Die Möglichkeiten digitaler Innovationen für Prävention, Gesundheitsversorgung und Pflege sind jedoch noch längst nicht ausgeschöpft. Daher bietet die Digitalisierung ein enormes Potenzial für zukünftiges Wachstum und neue Geschäftsmodelle für die Gesundheitswirtschaft. Herausforderungen bleiben die bedarfsgerechte Unterstützung von Digital Health Start-ups, die Interoperabilität von informationstechnischen Systemen sowie sicherer aber auch unbürokratischer Datenaustausch und -schutz.

Das Land Baden-Württemberg unterstützt den digitalen Gesundheitsstandort durch zahlreiche Fördermaßnahmen. Besonders hervorzuheben ist die im Jahr 2019 gegründete Kooperationsinitiative „Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg“, die mit großem Fördervolumen Wirtschaft, Forschung und Versorgung besser vernetzen und

⁴² Eine Übersicht über die ePa-Apps der gesetzlichen Krankenkassen findet sich unter <https://www.gematik.de/anwendungen/e-patientenakte/epa-app/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

dadurch voranbringen soll. Hierzu zählen die Kooperation und Vernetzung der Hochschulmedizin in Baden-Württemberg, der Ausbau der Rhein-Neckar-Region zum „Health Valley“ sowie die Projektförderung im Bereich der personalisierten Medizin und für den Ausbau der Digitalisierung im Gesundheitswesen. Neben Initiativen zur stärkeren Vernetzung sind auch Technologien der Telematik entscheidend für eine langfristige Digitalisierung. Hier sind mit der Einführung von digitalen Gesundheitsanwendungen und weiteren Initialprojekten bereits gute Entwicklungen erkennbar, sowohl bei der Bereitstellung als auch bei der Inanspruchnahme. Gleiches gilt für Lösungen im ländlichen Raum, wo der demographische Wandel zusätzliche Herausforderungen bereithält. Entscheidend für eine große Akzeptanz der Vorschläge sind eine hohe Bedienungsfreundlichkeit und ausreichende Informationsvermittlung. Darüber hinaus ist darauf zu achten, erfolgreiche Projekte in Pilotstudien nicht nur zu erproben, sondern auch in die Regelversorgung zu überführen (Allner et al. 2019).

3.4 Mobilität unter besonderer Berücksichtigung der Themen autonomes Fahren, Mobilitätsbranche, Mobilitätsverhalten

Die Digitalisierung hat enorme Auswirkungen auf die Mobilitätsbranche sowie das Mobilitätsverhalten (NPM 2021). Dazu zählen die Elektromobilität, das automatisierte Fahren, die zunehmende Verbreitung flexibler Nutzungsmodelle (Carsharing) sowie die steigende Vernetzung und Verzahnung der Verkehrsträger. Die Veränderungen betreffen sowohl den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) als auch den Individualverkehr und die damit verbundenen Verkehrsbetriebe und Kraftfahrzeugproduzenten. Der Automobilbau und insbesondere dessen Zulieferbetriebe sind, als eine der tragenden Säulen der baden-württembergischen Wirtschaft, von den Auswirkungen der Digitalisierung und Elektrifizierung besonders betroffen.

Die EU-Kommission hat im Dezember 2020 ihre „Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität“ veröffentlicht mit den Themen Digitalisierung und Elektrifizierung als Kernelemente (Europäische Kommission 2020f). Die Kommission konstatiert, dass die Digitalisierung zu einem unverzichtbaren Motor für die Modernisierung des Gesamtsystems werden wird. Dabei werden insbesondere digitale Lösungen für die nahtlose Multimodalität, also die Möglichkeit verschiedene Verkehrsmittel zu nutzen, hervorgehoben.

Auch in der Digitalisierungsstrategie von Baden-Württemberg (digital@bw 2017) nimmt das Thema intelligente Mobilität eine prominente Stellung ein. Kernziele sind dabei unter ande-

rem „die Wettbewerbsfähigkeit der Fahrzeug- und Systemhersteller im Land für die zukünftigen Fahrzeug- und Mobilitätstechnologien im Bereich des vernetzten und automatisierten Fahrens“ sowie „mithilfe moderner Technologien [...] den öffentlichen Verkehr erheblich verbessern und helfen, weitere Fahrgäste zu gewinnen“ (digital@bw 2017, S. 27–28). Um diese Ziele zu erreichen wurden seit 2017 verschiedene Maßnahmen ergriffen, die im Folgenden aufgeführt werden. Der im Jahr 2017 gestartete und auf sieben Jahre angelegte Strategiedialog Automobilwirtschaft ist darauf ausgerichtet, durch das Zusammenwirken der relevanten Akteure die Transformation der Automobilwirtschaft voranzutreiben.⁴³ Unter dem Dach des Strategiedialogs wurde im Juli 2020 die Strategie zur automatisierten und vernetzten Mobilität verabschiedet.⁴⁴ Mit dieser Strategie verfolgt das Land die Ziele, die Mobilität von Menschen und Gütern zu verbessern und die Forschungs-, Innovations-, Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in Baden-Württemberg zu stärken. Anfang 2021 wurde zudem die Förderung eines Innovationscampus Mobilität der Zukunft angekündigt.⁴⁵ Mit 50 Millionen Euro soll damit die Innovationsfähigkeit der Automobil- und der Maschinenbaubranche gestärkt werden. Am Innovationscampus, der nun der dritte neben dem Cyber Valley und dem Health Valley ist, beteiligen sich das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und die Universität Stuttgart.

3.4.1 Elektromobilität

Eine der tragenden Säulen für nachhaltige und intelligente Mobilität ist die schnelle Diffusion der Elektromobilität. Abbildung 3-4 zeigt den Bestand an Elektroautos (BEV - Battery Electric Vehicles) und Plug-In Hybriden (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicles) zum Stichtag 1.1.2017 sowie 1.10.2020 nach Bundesländern. In sämtlichen Bundesländern ist sowohl bei den batterieelektrischen Fahrzeugen als auch bei den Plug-In Hybriden ein starker Zuwachs festzustellen. In Baden-Württemberg hat sich der Bestand an BEV von 6.667 (am 1.1.2017) auf 43.811 (am 1.10.2020) und somit um mehr als das fünffache erhöht. Bei den PHEV war

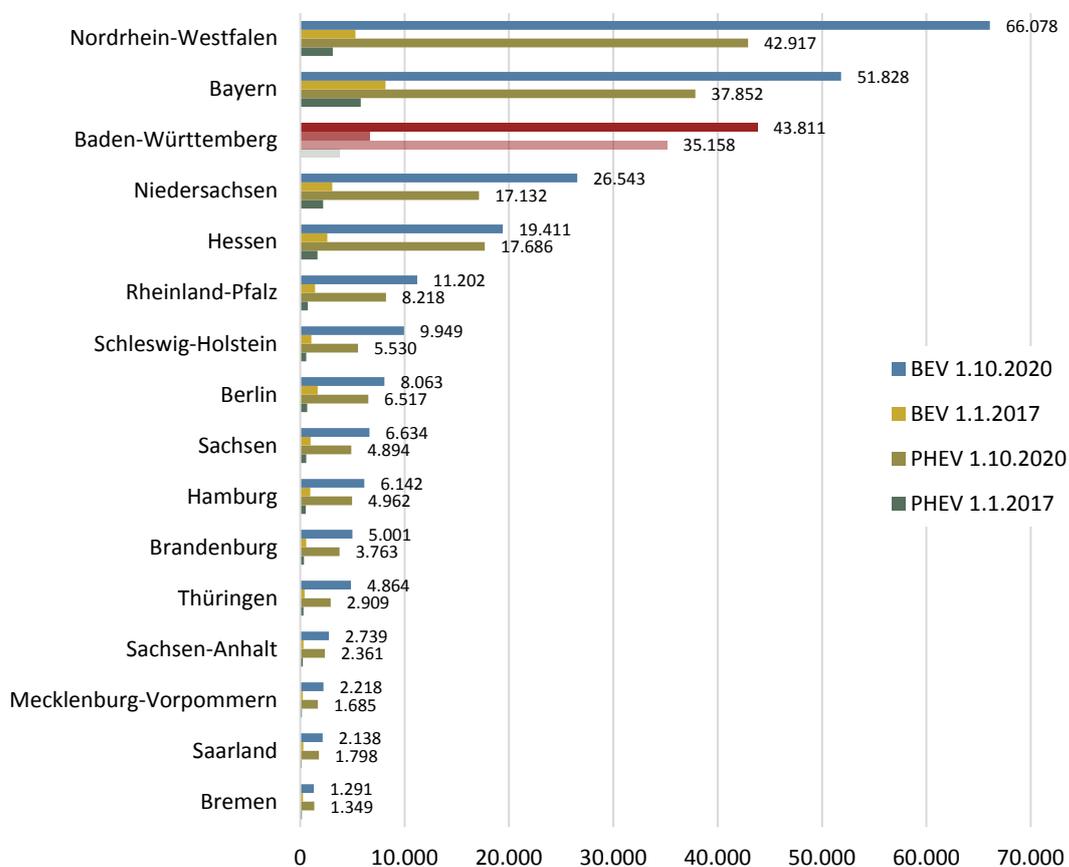
⁴³ Siehe <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/themen/strategiedialog-automobilwirtschaft/was-ist-der-strategiedialog/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁴⁴ Siehe https://stm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/SDA_BW/200917_SDA_Strategie_zur_automatisierten_und_vernetzten_Mobilitaet_AVM.pdf (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁴⁵ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-investiert-50-millionen-euro-in-ausbau-des-innovationscampus-mobilitaet-der-zukunft/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

im selben Zeitraum sogar ein Anstieg um mehr als das achtfache auf 35.158 Fahrzeuge zu verzeichnen. Den höchsten Bestand an Elektrofahrzeugen hat Nordrhein-Westfalen mit 66.078 BEV sowie 42.917 PHEV. Aussagekräftiger als die absolute Anzahl an Elektroautos ist der Anteil der Elektroautos am Gesamtbestand (siehe Tabelle 6-6 im Anhang). Mit einem Anteil der Elektroautos (BEV + PHEV) am Gesamtbestand von 0,94 Prozent liegt Baden-Württemberg als erstes Flächenland hinter Hamburg (1,18 Prozent) und Berlin (0,99 Prozent) auf Rang drei.

Abbildung 3-4: Bestand an Elektroautos nach Bundesländern



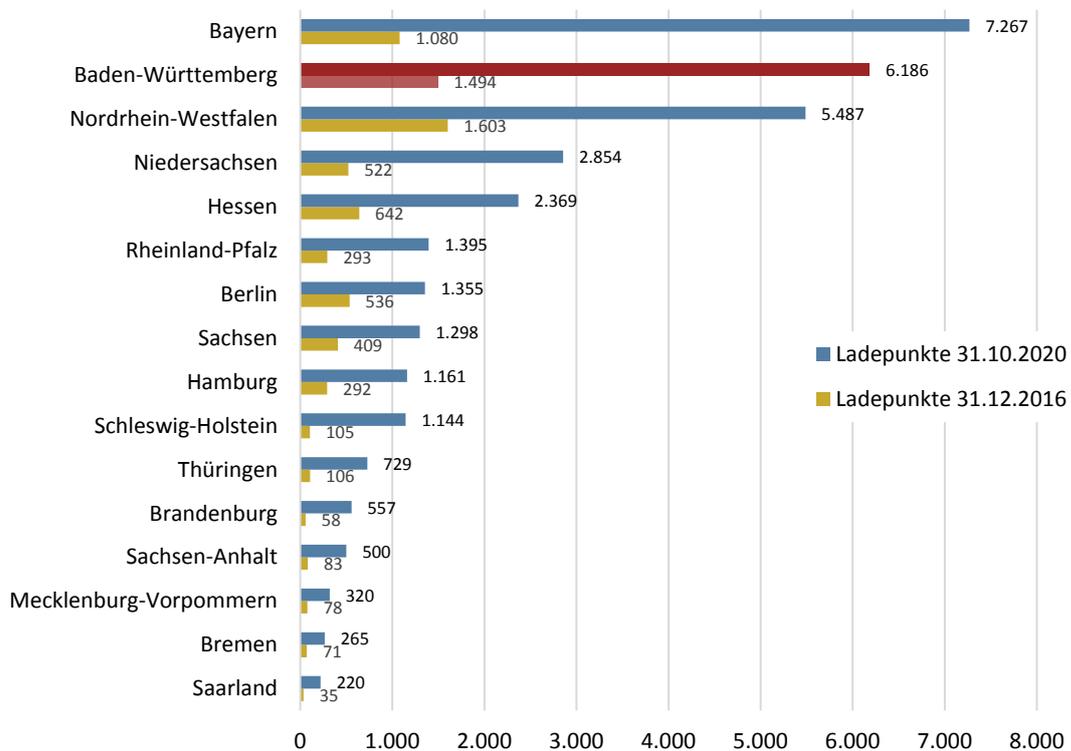
Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen, 1. Oktober 2020 (FZ 27).

Anmerkung: BEV: Battery Electric Vehicles, PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicles.

Aber nicht nur beim Bestand an PKW sondern auch beim Bestand an batterieelektrischen Bussen steht Baden-Württemberg relativ gut da. Mit einem Bestand von 74 batterieelektrischen Bussen im Jahr 2020 (entspricht einem Anteil am Gesamtbestand von 0,83 Prozent) liegt Baden-Württemberg über dem Bundesdurchschnitt von 0,49 Prozent (e-mobil BW 2020, S. 5).

Für die weitere Verbreitung der Elektromobilität ist neben technologisch ausgereifter Fahrzeuge der Ausbau der Ladeinfrastruktur essentiell (siehe z. B. (EFI 2021, S. 28)). Je nach Szenario werden im Jahr 2030 zwischen 440.000 und 843.000 öffentlich zugängliche Ladepunkte (Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur 2020) bzw. zwischen rund 180.000 bis rund 950.000 Ladepunkte (NPM 2020a) benötigt. Die Anzahl an öffentlich verfügbaren Ladepunkten in Deutschland hat sich bereits von 2250 im Dezember 2011 auf 39.538 im Februar 2021 erhöht (BDEW 2021). Ende 2020 waren dabei auch 3.921 Schnellladepunkte mit über 50 kW Leistung an Autobahnen und Raststätten/Autohöfen verfügbar (BDEW 2021). Der Bestand an Ladepunkten nach Bundesländern ist in Abbildung 3-5 dargestellt.

Abbildung 3-5: Anzahl an Ladepunkten nach Bundesländern



Quelle: BDEW 2020.

In absoluten Zahlen ist dabei zum Stichtag 31.10.2020 Bayern mit 7.267 Ladepunkten mit deutlichem Abstand auf Rang eins. Baden-Württemberg folgt auf Rang zwei mit einem Anstieg um 314 Prozent von 1.494 (31.12.2016) auf 6.186 (31.10.2020) Ladepunkte. Ein wesentlicher Schub für diese Entwicklung dürfte das Landesprogramm „Flächendeckendes Sicherheitsladenetz für Elektrofahrzeuge“ (SAFE)⁴⁶ gewesen sein. Unter der Führung der EnBW hatte ein Konsortium aus 77 Stadtwerken und Versorgern sowie drei Kommunen bis Herbst 2019 eine Ladeinfrastruktur mit über 450 Ladesäulen aufgebaut.

Aussagekräftiger als die absolute Anzahl an Ladepunkten ist das Verhältnis von Elektroautos zu Ladepunkten (siehe Tabelle 6-7 im Anhang). In Baden-Württemberg teilten sich im Oktober 2020 rechnerisch 12,7 Elektroautos (BEV+PHEV) einen Ladepunkt. Damit verfehlt Baden-Württemberg das von der EU vorgegebene Ziel von 10:1⁴⁷ knapp und liegt hinter Bayern auf Rang 9. Führend ist Sachsen mit 8,9:1 und auf dem letzten Rang liegt Nordrhein-Westfalen mit einem Verhältnis von Elektroautos zu Ladepunkten von 19,9:1.

Die Landesinitiative Elektromobilität III des Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg widmet sich unter anderem dem Aufbau einer flächendeckenden öffentlich-zugänglichen Stromladeinfrastruktur mit unterschiedlichen Maßnahmen (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg 2017). Die Förderung setzt dabei auf unterschiedlichen Ebenen an. So gibt es zum Beispiel die Förderung zum Aufbau von Ladesäulen für Elektrofahrzeuge in Parkhäusern, auf Parkplätzen und in Tiefgaragen.⁴⁸ Zudem werden seit letztem Jahr auch städtische Schnellladeparks gefördert⁴⁹, was unter anderem auch für „Laternenparker“ hilfreich sein kann. Auch das kürzlich vom Bundesrat gebilligte Gesetz zum Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität ist als positives Zeichen für den gestiegen Stellenwert der Elektromobilität zu werten.⁵⁰

⁴⁶ Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/ein-sicheres-ladenetz-fuer-das-ganze-land-dank-safe/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁴⁷ Siehe <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0094> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁴⁸ Siehe <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/elektromobilitaet/foerderung-elektromobilitaet/ladeinfrastruktur-chargebw/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁴⁹ Siehe <https://www.e-mobilbw.de/service/meldungen-detail/land-foerdert-staedtische-schnellladeparks> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵⁰ <https://www.bundesrat.de/DE/plenum/bundesrat-kompakt/21/1001/07.html?nn=4352768#top-7> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Für die in Baden-Württemberg ansässigen Kraftfahrzeugproduzenten und Zulieferbetriebe gehen mit der Elektromobilität hohe Anpassungsbedarfe einher. Unternehmen wie Daimler und Porsche, aber auch eine große Anzahl an Zulieferern sind in dem durch das Land Baden-Württemberg unterstützte Cluster Elektromobilität Süd-West⁵¹ organisiert, welches das Ziel verfolgt, die Transformation zur Mobilität der Zukunft zu gestalten. Im Jahr 2021 werden in Baden-Württemberg insgesamt vier Modelle von Elektroautos produziert. Dabei handelt es sich um den Audi e-Tron GT in Heilbronn⁵², den Mercedes-Benz EQA in Rastatt, den Mercedes-Benz EQS⁵³ in Sindelfingen sowie den Porsche Taycan⁵⁴ in Zuffenhausen. Zudem wird der vollelektrisch angetriebene Stadtbus Mercedes-Benz eCitaro in Mannheim hergestellt. Des Weiteren soll die Vorserienproduktion des batterieelektrischen LKW Nikola Tre im Juni 2021 in Ulm beginnen.⁵⁵

Neben der Endproduktion von elektrifizierten Kraftfahrzeugen sind die Batterieproduktion sowie insbesondere die Herstellung von Batteriezellen von enormer wirtschaftlicher Bedeutung. Zwei der neun Standorte des globalen Batterie-Produktionsverbunds von Mercedes-Benz (ent)stehen in Baden-Württemberg.⁵⁶ Zudem waren insgesamt fünf Unternehmen aus Baden-Württemberg in den beiden Runden der „Important Project of Common European Interest“ (IPCEI)-Vorhaben zur Batteriezellfertigung erfolgreich.⁵⁷ Inwieweit sich aus diesen Projekten tatsächlich nennenswerte Kapazitäten zur Großserienfertigung von Batteriezellen in Baden-Württemberg für den Automotive Einsatz ergeben ist nicht eindeutig abzusehen. Zumindest im Rahmen der IPCEI Förderung für die Cellforce Group in Tübingen scheinen

⁵¹ Siehe <https://www.emobil-sw.de/mitglieder/unternehmen> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵² Siehe <https://www.automobil-industrie.vogel.de/der-attraktivste-audi-aller-zeiten-nur-in-limitierter-stueckzahl-a-998892/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵³ Siehe <https://media.daimler.com/marsMediaSite/ko/de/48425244> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵⁴ Siehe <https://newsroom.porsche.com/de/2021/unternehmen/porsche-auslieferungen-2020-weltweit-23366.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵⁵ Siehe https://nikolamotor.com/press_releases/nikola-corporation-reports-fourth-quarter-and-full-year-2020-results-114 (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵⁶ Siehe <https://www.daimler.com/innovation/case/electric/batteriefabriken-region-stuttgart.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵⁷ Siehe <https://www.e-mobilbw.de/service/meldungen-detail/erfolg-fuer-die-batteriezellfertigung-im-land> (letzter Abruf am 12.03.2021).

aber konkrete Bestrebungen zur Großserienfertigung zu bestehen.⁵⁸ Die momentan wohl umfassendste Übersicht über die gegenwärtigen und geplanten Standorte zur Großserienfertigung von Batteriezellen in Europa wurde von einem Mitarbeiter des Zellherstellers Farasis Energy Europe erstellt.⁵⁹ Hier zeigt sich, dass es für Produktionsanlagen von Batteriezellen mit einem jährlichen Output von mehr als einer Gigawattstunde in Baden-Württemberg bisher nur eine konkrete Ankündigung von Leclanché zur Produktion in Willstätt gab.⁶⁰ Neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen spielen besonders im Bereich der Nutzfahrzeuge Wasserstoff aber auch andere lokal emissionsfreie Konzepte weiterhin eine Rolle. Insbesondere ist dies bei den Fernverkehrs-LKW der Fall. Erst kürzlich wurde das Brennstoffzellen-Joint Venture cellcentric von Daimler Truck AG und Volvo Group mit Hauptsitz in Baden-Württemberg gegründet, welches den Beginn der Serienproduktion für die zweite Hälfte des Jahrzehnts angestrebt.⁶¹ Bosch plant bereits im Jahr 2022 Brennstoffzellen für LKW zu produzieren.⁶² Die Landesregierung Baden-Württemberg sieht in den Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien großes Potenzial für die baden-württembergische Forschung und Wirtschaft sowie den Klimaschutz und hat eigens eine Wasserstoff-Roadmap beschlossen (UM BW 2021b). Im März 2021 wurden zudem weitere Fördergelder für die Bereiche Wasserstoff und Brennstoffzellen freigegeben.⁶³ Zu den unterstützten Projekten zählt die Plattform H2BW⁶⁴, welche als zentraler Partner für Forschungseinrichtungen, Kommunen und Unternehmen dienen soll, um Baden-Württemberg zum führenden Standort für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien auszubauen. Neben batterieelektrischen LKW und der Nutzung von Brennstoffzellen gibt es auch das Konzept der Oberleitungs-LKW.

⁵⁸ Siehe <https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/porsche-steigt-in-batteriezellfertigung-ein> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁵⁹ Siehe https://www.linkedin.com/posts/roland-zenn_battery-europe-greennewdeal-activity-6759831591486283776-IMXa/ (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶⁰ Siehe <https://www.leclanche.com/leclanche-provides-updates-on-the-strategic-company-reorganization-announced-in-june/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶¹ Siehe <https://media.daimler.com/marsMediaSite/ko/de/49138301> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶² Siehe <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/stadt-land-autobahn-bosch-bereitet-dem-klimaneutralen-transport-den-weg-219712.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶³ Siehe <https://www.e-mobilbw.de/service/meldungen-detail/weitere-26-millionen-euro-fuer-wasserstoff-projekte> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶⁴ Siehe <https://www.e-mobilbw.de/service/meldungen-detail/kabinett-beschliesst-landesplattform-wasserstoff> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Eine unter anderem vom Land Baden-Württemberg geförderte Teststrecke wird hierfür gerade im Murgtal gebaut. Vor kurzem wurde zudem bekannt gegeben, dass im Rahmen des Projekts auch ein Technologievergleich mit batterieelektrischen LKW sowie Wasserstoff-/Brennstoffzellen-LKW durchgeführt wird, was absolut zu begrüßen ist.⁶⁵

3.4.2 Automatisiertes Fahren

Das Thema automatisiertes Fahren hat sowohl Einfluss auf die Kraftfahrzeugproduzenten und deren Zulieferbetriebe als auch auf das Transportgewerbe (Smit et al. 2021). Fortschritte bei der Künstlichen Intelligenz, der Vernetzung, durch bessere Sensorik und deutlich höhere Rechenleistung ermöglichen eine immer stärkere Automatisierung des Fahrens (siehe z. B. (Dede et al. 2021)). Der Grad der Automatisierung wird in die Stufen 0 bis 5 eingeteilt (NPM 2020b, S. 12). Dabei stellt insbesondere der Schritt von Level 2 zu Level 3 einen Paradigmenwechsel dar. Bei Level 3 wird erstmals die Verantwortung der Fahraufgabe von der Fahrzeugführerin oder vom Fahrzeugführer zeitweise an das System übergeben (NPM 2020b, S. 13). Das Rennen um das erste Serienfahrzeug nach Level 3 hat jedoch der japanische Hersteller Honda für sich entschieden. Honda bietet mit dem Legend Hybrid EX seit dem 5. März 2021 das weltweit erste Level-3- Fahrzeug auf dem japanischen Markt an.⁶⁶ In Deutschland wird Mercedes-Benz nach jetzigem Stand der erste Hersteller sein, der ab dem zweiten Halbjahr 2021 ein vergleichbares Level-3-System in der in Baden Württemberg produzierten S-Klasse anbieten wird.⁶⁷ Beiden Fahrzeugen ist gemein, dass es sich um eine Staupilot-Funktion mit Geschwindigkeiten bis maximal 60 Kilometern pro Stunde handelt.⁶⁸ Der internationale Rechtsrahmen dazu wurde im Juni 2020 auf UN-Ebene verabschiedet (UNECE 2020b) und ist am 22. Januar 2021 in Kraft getreten (BMVI 2021). Gegenwärtig wird die Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit auf bis zu 130 Stundenkilometer sowie die Möglichkeit zum Spurwechsel angestrebt (UNECE 2020a). Der deutsche Gesetzgeber hat die grundsätzlichen rechtlichen Voraussetzungen für Level 3 Fahrzeuge bereits 2017 ermöglicht (Bundesgesetzblatt 2017). Auch der Entwurf für die Level 4 Automatisierung (Deutsche

⁶⁵ <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/innovativer-technologie-vergleich-im-murgtal/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶⁶ <https://global.honda/newsroom/news/2021/4210304eng-legend.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶⁷ <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko.xhtml?oid=47872275> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁶⁸ <https://www.golem.de/news/autonomes-fahren-honda-ueberholt-mercedes-mit-seinem-staupiloten-2011-152066.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Bundesregierung 2021) wurde am 10.02.2021 vom Kabinett gebilligt und soll bis Mitte 2021 beschlossen werden (BMVI 2021). Deutschland und insbesondere Baden-Württemberg sind sowohl bei den Kraftfahrzeugproduzenten, zu sehen am obigen Beispiel der Mercedes Benz S-Klasse, sowie bei den Zulieferbetrieben wie ZF⁶⁹, recht gut aufgestellt. Auch das Testfeld für Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW) setzt weiterhin wichtige Impulse.⁷⁰

3.4.3 Carsharing

Carsharing ist neben der Vermietung von privatem Wohnraum (z. B. Airbnb) eine der bekanntesten Ausprägungen der Sharing Economy. Die ökonomische Grundidee der Sharing Economy ist, bestehende Kapazitäten besser auszulasten. Erst mit der Verbreitung leistungsfähiger (mobiler) Internetverbindungen, Apps und Online-Plattformen haben die kollaborativen Mobilitätsdienste an Bedeutung gewonnen.

Der deutsche Carsharing-Markt verzeichnet weiterhin hohe Wachstumsraten. Zum 1. Januar 2021 waren fast 2,9 Millionen Fahrberechtigte registriert, welche sich insgesamt ca. 26.000 Fahrzeuge teilten (Bundesverband CarSharing 2021). Im Vergleich zum Jahr 2017 ist dies ein Anstieg um ca. 1,2 Millionen Fahrberechtigte und 9.000 Fahrzeuge (Bundesverband CarSharing 2017). Carsharing-Fahrzeuge waren zum 1. Januar 2021 bereits in annähernd 900 deutschen Gemeinden verfügbar.

Regional gibt es jedoch erhebliche Unterschiede in der Bereitstellung und Nutzung von Carsharing-Angeboten, wobei Baden-Württemberg außerordentlich gut aufgestellt ist. Gemessen an den Carsharing-Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner waren im CarSharing-Städteranking 2019 (siehe Tabelle 6-8 im Anhang) fünf baden-württembergische Städte in den deutschlandweiten Top 10. Angeführt wurde das Ranking von Karlsruhe, wo im Jahr 2019 1012 Fahrzeuge und dementsprechend 3,23 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner zur Verfügung standen (2015: 642 Fahrzeuge und somit 2,15 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner - (Bundesverband CarSharing 2015)).

Aber nicht nur in den großen Städten in Baden-Württemberg ist das Carsharing-Angebot überdurchschnittlich. Mit Stichtag 01.07.2020 gab es in 79,7 Prozent der Gemeinden mit 20.000 bis 50.000 Einwohnern in Baden-Württemberg Carsharing-Angebote, während in

⁶⁹ https://www.zf.com/mobile/de/stories_13440.html (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁷⁰ Siehe <https://taf-bw.de/das-testfeld/projektfoerderung> und <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/testfeld-autonomes-fahren-wird-erweitert/> (letzter Abruf am 22.03.2021).

derselben Größenklasse bundesweit nur 46,8 der Gemeinden versorgt waren (siehe Tabelle 6-9 im Anhang).

3.4.4 Öffentlicher Personennahverkehr

Die intelligente Vernetzung und Verzahnung der Verkehrsträger ist eine der Kerninitiativen der Digitalisierungsstrategie (digital@bw 2017). Die Digitalisierung ermöglicht dabei eine plattformbasierte, intermodale Vernetzung von Verkehrsmitteln und damit eine Optimierung von Wegekettens (NPM 2021). Innovative Konzepte wie das vom Land Baden-Württemberg geförderte On-Demand-Shuttle "fips" als moderne, flexible Ergänzung zum klassischen ÖPNV, nutzen die Möglichkeiten der Digitalisierung, um den ÖPNV attraktiver zu gestalten.⁷¹ Auch das Reallabor für den automatisierten Busbetrieb im ÖPNV in der Stadt und auf dem Land (RABus), kann wichtige Erkenntnisse für einen zukunftsfähigen ÖPNV in Baden-Württemberg liefern.⁷² Zudem arbeitet das Land weiter daran, ein landesweites E-Ticket-System für Bus und Bahn umzusetzen, in dem der Baden-Württemberg-Tarif und alle Verbundtarife integriert sind.⁷³ Erste Schritte wurden bereits 2018 umgesetzt. Mit der Initiative MobiDataBW wird die Bereitstellung von mobilitätsrelevanten Daten unterstützt, um das Kombinieren von unterschiedlichen Verkehrsmitteln zu erleichtern⁷⁴ (siehe hierzu auch Abschnitt 5.2). Während der Corona-bedingten Lockdowns hat die Inanspruchnahme des ÖPNVs aufgrund von Homeoffice und Homeschooling abgenommen und findet teilweise unregelmäßiger statt. Das Land hat vor diesem Hintergrund die Einführung eines Flexiblen Abotickets beschlossen, das auch in digitaler Form verfügbar sein soll.⁷⁵

Ein einfacher Indikator für die Akzeptanz digitaler Technologien im Öffentlichen Personennahverkehr ist die Nutzungsintensität von Mobilitäts-Apps. In Abbildung 3-6 ist die Nutzung von Mobilitäts-Apps nach Bundesländern im Februar 2021 dargestellt. Aus ihr wird ersicht-

⁷¹ <https://www.rnv-online.de/fahrtinfo/verkehrsmeldungen/on-demand-shuttle-fips-nimmt-regelbetrieb-auf/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁷² <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/sieben-millionen-euro-fuer-forschungsprojekt-rabus/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

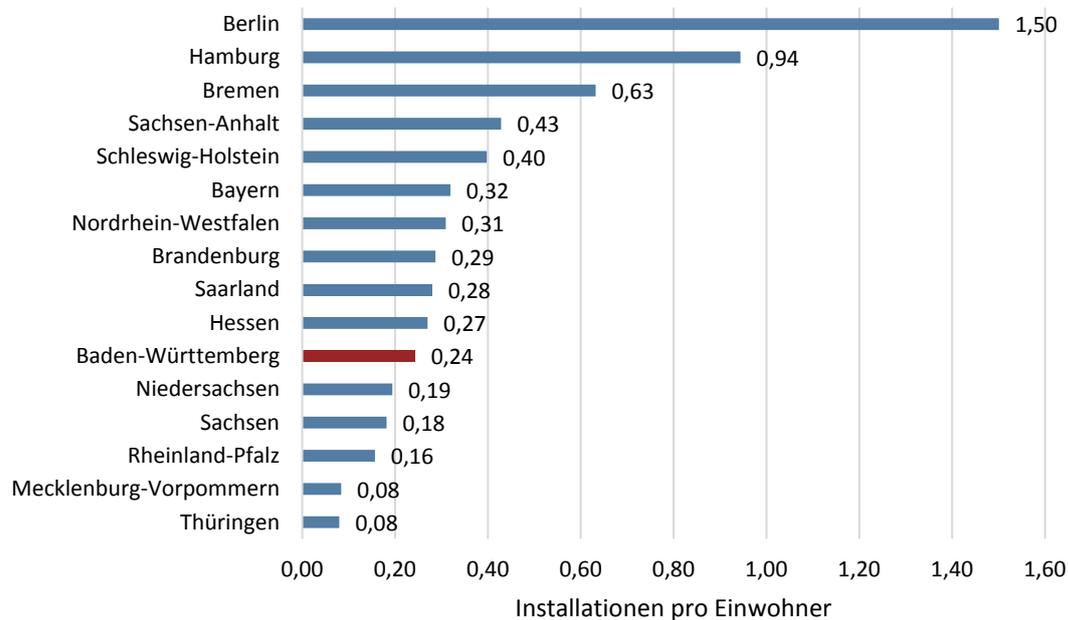
⁷³ Siehe <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/bus-und-bahn/digitalisierung-im-opnv/tickets-und-tarife/> /letzter Abruf am 19.03.2021).

⁷⁴ Siehe <https://www.mobidata-bw.de/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁷⁵ Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/einstieg-in-die-digitalisierte-flexible-nahverkehrs-abokarte/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

lich, dass die Nutzung dieser Mobilitäts-Apps zwischen den einzelnen Bundesländern erheblich variiert. Im Vergleich zum Jahr 2017 ist ein breiteres App Angebot sowie in allen Bundesländern eine Zunahme der Installationen zu verzeichnen. Wie auch schon 2017 liegen die drei Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen bei der Nutzung von Mobilitäts-Apps, gemessen an der Anzahl der App Installationen pro Einwohner, auf den ersten Rängen. Als erstes Flächenland liegt Sachsen-Anhalt auf Rang vier. In Baden-Württemberg hat rechnerisch ungefähr jede vierte Einwohnerin bzw. jeder vierte Einwohner eine Verkehrsapp installiert, im besten Flächenland Sachsen-Anhalt annähernd jede bzw. jeder zweite.⁷⁶

⁷⁶ Die in Sachsen-Anhalt beliebte App Easy.Go konnte in der Vergangenheit auch in einigen wenigen Verkehrsregionen außerhalb von Sachsen-Anhalt genutzt werden. Dies kann zu Verzerrungen in den aktuellen Daten geführt haben. Kleine Flächenländer weisen hier insgesamt eine höhere Unschärfe auf.

Abbildung 3-6: Nutzung von Mobilitäts-Apps nach Bundesländern

Quelle Apps: Google Play Store und AppBrain.com/androidrank.org, Berechnungen des ZEW. Der Datensatz beinhaltet insgesamt 130 Mobilitäts-Apps für Android Geräte. Darunter sämtliche Apps der deutschen Verkehrsverbünde sowie die über die Suche bei AppBrain.com nach dem Begriff „Verkehrsverbund“, „Tarifverbund“, „Verkehrsbetriebe“, „Verkehrsgemeinschaft“, „Verkehrsverbundgesellschaft“, „Verkehrsgesellschaft“, „Nahverkehrsverbund“, „Stadtwerke Bus“, „Stadtwerke Bahn“, „Fahrplan“ sichtbaren offiziellen Apps von Verkehrsbetrieben, die im März 2021 im Google Play Store verfügbar waren und mindestens 1.000 Mal installiert wurden. Bei länderübergreifenden Verkehrsverbänden wurden die Installationen jeweils auf Basis der Einwohner der abgedeckten Landkreise aufgeteilt. Quelle Einwohnerzahl: Destatis, Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, Stand 31.12.2019 (Tabelle 12411-0010).

3.4.5 Fazit

Das Thema intelligente Mobilität nimmt in der Digitalisierungsstrategie des Landes Baden-Württemberg (digital@bw 2017) eine überaus prominente Stellung ein. Die darin benannten Handlungsfelder und Ziele wurden im Bereich Mobilität zu großen Teilen durch konkrete Förderungen und Projekte angegangen. Das Land Baden-Württemberg hat seine Position im Bereich intelligente Mobilität im Vergleich zu 2017 (Bertschek et al. 2017) in weiten Teilen verbessert. So gibt es in Baden-Württemberg einen vergleichsweise hohen Anteil an Elektroautos am Gesamtbestand. Beim Verhältnis von Ladepunkten zu Elektroautos besteht jedoch trotz umfangreicher Fördermaßnahmen noch Verbesserungspotenzial. Beim Thema automatisiertes Fahren sind die Kraftfahrzeugproduzenten sowie die ansässigen Zulieferbe-

triebe gegenwärtig weiterhin gut aufgestellt. Bei der Verbreitung und Nutzung von Carsharing nahm Baden-Württemberg laut Metastudie von 2017 eine führende Rolle ein, die es bis heute halten kann. Im Bereich des ÖPNV und der Verknüpfung der Verkehrsträger gab es in den vergangenen Jahren viele konkrete kurzfristige, aber auch zukunftsgerichtete Initiativen wie das E-Ticket-System. Diese können den Umstieg auf den ÖPNV fördern und damit auch einen Beitrag zu den Klimazielen des Landes leisten (siehe auch Abschnitt 7.3). Die Nutzung von Mobilitäts-Apps ist in Baden-Württemberg weiterhin eher gering.

3.5 Wirtschaft

Baden-Württemberg und Bayern gelten als die am weitesten digitalisierte Bundeslandgruppe (Büchel et al. 2020, S. 8–9). Neben der generellen Stärke in Forschung und Entwicklung schneiden diese beiden Bundesländer insbesondere bei den digitalisierungsaffinen Unternehmenspatenten überdurchschnittlich gut ab. Ebenso überdurchschnittlich ausgeprägt sind die Bereiche Humankapital und Innovationslandschaft. Hingegen besteht noch Aufholbedarf bei der Technischen Infrastruktur sowie bei der Digitalisierung von Prozessen und Geschäftsmodellen.

Der für Baden-Württemberg im Jahr 2020 berechnete Digitalisierungsindex (Kantar 2020) zeigt einen im Vergleich zu 2017 weitgehend stabilen Digitalisierungsgrad sowie eine große Heterogenität nach Branchen. Nach wie vor ist die IKT-Branche am stärksten digitalisiert, gefolgt von den Dienstleistungsbranchen. Weniger digitalisiert sind die Branchen des verarbeitenden Gewerbes sowie das Handwerk. Allerdings sind die baden-württembergischen Unternehmen im Vergleich zu 2017 weniger zufrieden mit ihrer Digitalisierung. Insbesondere bei den kleinen Unternehmen hat sich hier ein Bewusstseinswandel vollzogen (Kantar 2020, S. 32). Zudem gehen die Unternehmen in allen Größenklassen davon aus, dass die Bedeutung der Digitalisierung für die Unternehmensstrategie bis 2025 deutlich zunehmen wird und damit auch die Investitionen in Digitalisierung (Kantar 2020, S. 44–45). Gleichwohl sind es immer noch die großen Unternehmen, die Digitalisierungsfortschritte erzielt haben, während sich der Digitalisierungsgrad bei den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) weitgehend stabil geblieben ist.

Mit der Initiative Wirtschaft 4.0, für die bis Ende 2019 ein Budget in Höhe von rund 40 Millionen Euro eingeplant waren, unterstützt das Land die Digitalisierung und Vernetzung in der Breite der Wirtschaft, d.h. von der Industrie über die Landwirtschaft und das Handwerk bis zur Kultur- und Kreativwirtschaft oder den Tourismus. Wichtig in diesem Rahmen sind

dabei niedrigschwellige Angebote wie die Digitalisierungsprämie. Diese richtet sich insbesondere an kleinere Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten, die oftmals nicht die Ressourcen und Kapazitäten haben, sich mit der Digitalisierung zu befassen und die, wie der Digitalisierungsindex für Baden-Württemberg zeigt, seit 2017 kaum Fortschritte gemacht haben. Umso wichtiger ist es, bei Initiativen, die auf die regionale Vernetzung abzielen, gerade die KMU mit zu berücksichtigen und deren Kooperation mit größeren Unternehmen oder auch mit Partnern aus der Forschung zu fördern.

An dieser Stelle setzt auch das Digital Hub-Netzwerk Baden-Württemberg an.⁷⁷ Es bietet insbesondere KMU Möglichkeiten für Kooperation, Vernetzung und Austausch mit verschiedenen Akteuren auf regionaler Ebene, um digitale Lösungen zu entwickeln und in die Anwendung zu bringen. Die insgesamt 10 regionalen Digital Hubs werden ergänzt durch drei größere de:hubs, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie zur Förderung ausgewählt wurden. So befasst sich das de:hub Karlsruhe mit Anwendungen der Künstlichen Intelligenz, das de:hub Stuttgart mit Future Industries und das de:hub Mannheim/Ludwigshafen mit der Digitalisierung in den Bereichen Chemie und Gesundheit. Somit ist Baden-Württemberg an drei der insgesamt 12 vom Bund geförderten Digital Hubs beteiligt.⁷⁸ Partner des de:hub Karlsruhe ist u. a. das Digitale Innovationszentrum (DIZ)⁷⁹, das ebenfalls 2015 seine Arbeit aufgenommen hat. Es vermittelt Informationen und Wissen insbesondere an KMU, nicht nur im Bereich KI, sondern auch in anderen Themenfeldern, die für die Digitalisierung relevant sind wie zum Beispiel die IT-Sicherheit.

Im Technologiefeld Künstliche Intelligenz liegt Baden-Württemberg oberhalb des Bundesdurchschnitts. Während in der baden-württembergischen Wirtschaft 8 Prozent der Unternehmen KI einsetzen, sind es auf Bundesebene knapp 6 Prozent (siehe auch Abschnitt 5.3). In 10 Jahren soll die Nutzungsrate in Baden-Württemberg bei 34 Prozent liegen (Kantar 2020). Der Großteil der Unternehmen, die KI einsetzen oder sich zumindest mit dem Thema KI befassen, erwartet damit die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern sowie Fortschritte bei Produktivität und Effizienz zu erzielen. Das Land Baden-Württemberg fördert insgesamt

⁷⁷ Siehe <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/digital-hubs/digital-hubs/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁷⁸ Siehe <https://www.de-hub.de/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁷⁹ Siehe <https://www.diz-bw.de/angebote/> (letzte Abruf am 19.03.2021).

19 regionale KI-Labs, die insbesondere an KMU Wissen vermitteln, aber auch an der Entwicklung und Erprobung neuer KI-basierter Lösungen mitwirken.⁸⁰ Die KI-Labs sind zudem mit den Digital Hubs vernetzt.

Mit zunehmender Digitalisierung und Vernetzung sind Unternehmen Cybergefahren ausgesetzt (siehe hierzu auch Abschnitt 7.4). Das im Rahmen der Digitalisierungsstrategie im Jahr 2018 gestartete Modellvorhaben CyberProtect verfolgt das Ziel, Standards für die Sicherheitsprüfung zu identifizieren, die dabei helfen ein Gütesiegel für sichere Software zu entwickeln.⁸¹ Zudem wurden so genannte QuickChecks entwickelt, um die Sicherheit in der Produktion zu überprüfen. Auch diese Angebote richten sich in erster Linie an KMU, die oftmals nicht die eigenen personellen Ressourcen dafür haben, die Cybersicherheit an die raschen technologischen Entwicklungen anzupassen.

Der Bedarf an Bildung und Weiterbildung hat aus Sicht der Unternehmen in den letzten Jahren noch weiter zugenommen (siehe auch Abschnitt 3.1). So halten es 92 Prozent der baden-württembergischen Unternehmen im Jahr 2020 für notwendig, bereits in der Schule mit digitaler Bildung zu beginnen, das sind 7 Prozent mehr als im Jahr 2017. Ebenfalls gestiegen ist der Bedarf an Weiterbildungs- und Qualifizierungsangeboten mit Fokus auf Digitalisierung. Im Jahr 2020 sehen hier insgesamt 89 Prozent der Unternehmen Handlungsbedarf, im Vergleich zu 84 Prozent im Jahr 2017 (Kantar 2020, S. 77).

3.5.1 Industrie 4.0

Das verarbeitende Gewerbe leistet in Baden-Württemberg immer noch einen großen Beitrag zur Bruttowertschöpfung des Landes. Dieser betrug im Jahr 2019 insgesamt 31,8 Prozent⁸². Damit führt Baden-Württemberg im Vergleich der Bundesländer vor Bayern mit 25,0 Prozent und liegt auch deutlich über dem Bundesdurchschnitt (21,6 Prozent). Auch im internationalen Vergleich ist Baden-Württemberg damit auf den vordersten Plätzen vertreten. Einen höheren Wert weist lediglich Irland mit 33,5 Prozent auf.⁸³ Diese Wirtschaftsstruktur, und insbesondere die Traditionsbranchen Maschinenbau und Automobilbau, hat

⁸⁰ Siehe <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/regionale-ki-labs/standorte-der-regionalen-ki-labs> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁸¹ Siehe <https://www.digital-bw.de/-/cyber-protect> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁸² Siehe Statistisches Bundesamt (Destatis), 2021; Stand: 25.02.2021.

⁸³ Siehe <https://data.oecd.org/natincome/value-added-by-activity.htm#indicator-chart/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

das Land bewusst genutzt und mit Industrie 4.0 auf die Digitalisierung und Vernetzung des verarbeitenden Gewerbes gesetzt. Mit 129 von 394 Best Practice-Beispielen liegt Baden-Württemberg derzeit auf dem ersten Platz im Länderranking des bundesweiten Industrie 4.0-Atlas⁸⁴, weit vor dem zweitplatzierten Nordrhein-Westfalen mit aktuell 82 Anwendungsbeispielen. Die im Jahr 2015 gestartete Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg⁸⁵ hat hierbei eine unterstützende Funktion. Insbesondere über Informations- und Vernetzungsangebote unterstützt sie die Digitalisierung der Industrie in der Breite.

3.5.2 Unternehmensgründungen

Start-ups gelten als zentrale Innovationsquelle. In Baden-Württemberg hat sich die Gründungsdynamik über alle Branchen hinweg seit 2016 leicht positiv entwickelt, fällt aber in 2019 wieder ab.⁸⁶ Die Gründungsdynamik in der IKT-Branche erreicht überdurchschnittliche Werte und behält ihren positiven Trend bis 2019 bei. Dabei geht diese Dynamik fast ausschließlich auf die IKT-Dienstleister zurück, während die Gründungsdynamik in der IKT-Hardware, aufgrund der geringen Zahl an Gründungen, durch hohe Schwankungen gekennzeichnet ist. Auf Bundesebene zeigt sich ein ähnliches Bild, allerdings liegt hier die Gründungsdynamik in der IKT-Branche deutlich über dem Branchendurchschnitt und zum ersten Mal seit 2011 wieder über dem Indexwert des Basisjahres 2002. Im Durchschnitt der Jahre 2017 bis 2019 liegt die Gründungsintensität, d.h. der Anteil der Neugründungen am Unternehmensbestand, in der IKT-Branche bei 6,2 Prozent auf Bundesebene und bei 5,7 in Baden-Württemberg. Bei den IKT-Dienstleistern liegen die Gründungsintensitäten jeweils etwas höher bei 6,4 und 5,9 Prozent.

Das Land Baden-Württemberg hat zahlreiche Initiativen gestartet, um das digitale Gründungsgeschehen zu fördern. So wird mit der Gründungskultur-Förderung die frühzeitige Sensibilisierung und Beratung von Studierenden und wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen

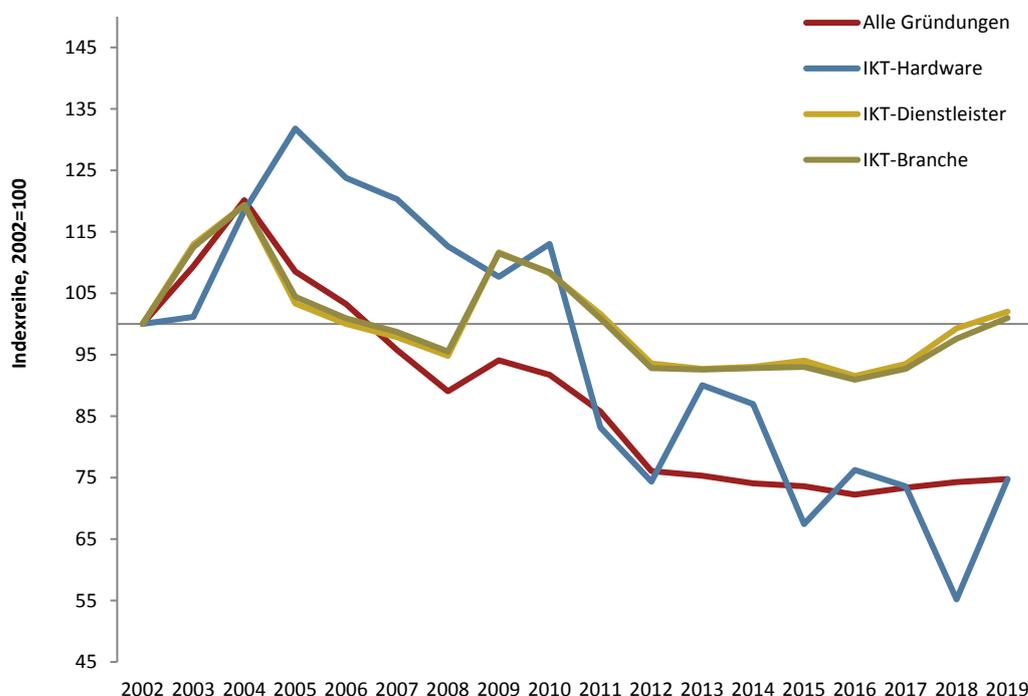
⁸⁴ Siehe Industrie 4.0-Atlas: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁸⁵ Siehe <https://www.i40-bw.de/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

⁸⁶ Datengrundlage für diese Auswertungen ist das Mannheimer Unternehmenspanel des ZEW. Der im MUP verwendete Unternehmensbegriff umfasst ausschließlich wirtschaftsaktive Unternehmen; als Unternehmensgründungen gelten nur originäre Neugründungen (keine Umgründungen oder Umfirmierungen). Eine originäre Neugründung liegt vor, wenn eine zuvor nicht ausgeübte Unternehmenstätigkeit aufgenommen wird und zumindest eine Person ihren Haupterwerb damit bestreitet. Dabei werden Neugründungen aus der Wissenschaft und aus der Wirtschaft berücksichtigt.

und Mitarbeitern zur Vorbereitung eines Ausgründungsvorhabens und mit der Gründermotor-Initiative die hochschulübergreifende Vernetzung unterstützt. Zusätzlich werden beispielsweise mit Start-up BW regionale Ökosysteme gefördert, an denen sich Unternehmen verschiedener Branchen und Größen beteiligen. Mit einem Pre-Seed Fonds werden außerdem Ideen in der sehr frühen Phase unterstützt. Weitere Maßnahmen setzen in Bereichen an, in denen Baden-Württemberg komparative Vorteile hat wie zum Beispiel im Bereich Virtual Reality. Auf Start-ups im Bereich der Cybersicherheit ist der Accelerator IT Security Lab fokussiert.⁸⁷ Er soll mit verschiedenen Maßnahmen wie zum Beispiel Beratungen durch Mentoren die Entwicklung von Start-ups für einen begrenzten Zeitraum beschleunigen.

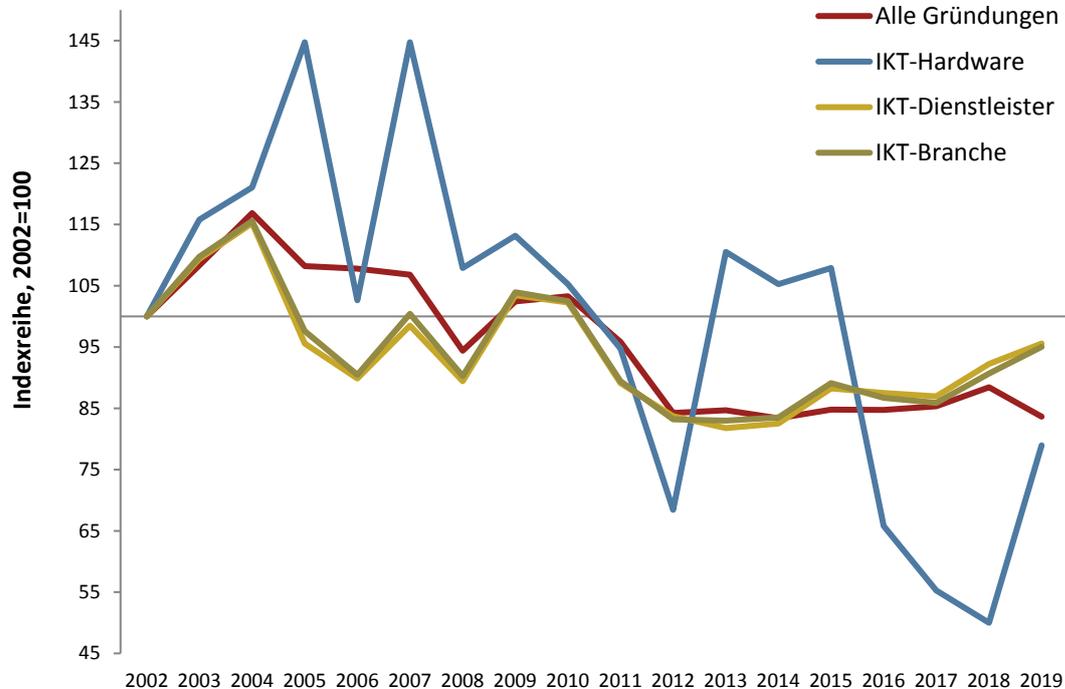
Abbildung 3-7: Gründungsdynamik Index, 2002 bis 2019, Deutschland



Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW, 2020, 2002=Index 100.

⁸⁷ Siehe <https://www.digital-bw.de/-/it-security-lab> (letzter Abruf am 19.03.2021).

Abbildung 3-8: Gründungsdynamik Index, 2002 bis 2019, Baden-Württemberg



Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW, 2020, 2002=Index 100.

3.5.3 Fazit

Beim Thema Wirtschaft hat Baden-Württemberg seinen zunächst bestehenden Fokus auf die Industrie und insbesondere auf den Maschinenbau und die Automobilbranche stark geweitet. Die aufgesetzten Maßnahmen zielen auf eine Digitalisierung in der Breite der Wirtschaft ab und berücksichtigen auch die KMU. Dies ist insofern wichtig, als sich zum einen die Automobilbranche als ehemaliger Haupttreiber baden-württembergischer Wertschöpfung im Umbruch befindet. Zum anderen sind es insbesondere die KMU, die weiterer Schritte bei der Digitalisierung bedürfen. Baden-Württemberg setzt dabei sowohl auf Querschnittsaktivitäten, zum Beispiel in den Bereichen KI und Cybersicherheit, die sich insbesondere an KMU richten. Es fördert aber auch die regionale und thematische Schwerpunkt- und Leuchtturmbildung. Die IKT-Branche ist nach wie vor die am stärksten digitalisierte Branche. Mit ihren Innovationen, die nicht zuletzt auch im Rahmen von Gründungen entstehen, kann sie Impulse für die Digitalisierung der gesamten

Wirtschaft setzen. Die leicht positive Entwicklung des digitalen Gründungsgeschehens in Baden-Württemberg findet wie auf Bundesebene vor allem im Dienstleistungsbereich der IKT-Branche statt. Die getroffenen Maßnahmen zur Start-up Förderung sind daher hilfreich, um den Schritt in die Selbständigkeit zu unterstützen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Finanzierungsbedarf junger Unternehmen insbesondere in der Wachstumsphase sehr hoch ist.

4 Querschnittsthemen

4.1 Forschung, Entwicklung und Innovation

Ein häufig verwendeter Indikator für die Messung von Innovationsaktivitäten ist die Anzahl von Patentanmeldungen. Im Jahr 2019 wurden in Baden-Württemberg 138 Patente je 100.000 Einwohner angemeldet. Im Jahr 2016 waren es 131 Patentanmeldungen je 100.000 Einwohner. Dies bedeutet, dass Patentanmeldungen seit Erstellung der letzten Metastudie 2017 leicht angestiegen sind. Baden-Württemberg positioniert sich außerdem an erster Stelle im Vergleich zwischen den Bundesländern und liegt weit über dem Bundesdurchschnitt von 56 Patentanmeldungen je 100.000 Einwohner.⁸⁸

Ein weiterer Indikator für Innovationsaktivitäten sind Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) gemessen am Bruttoinlandsprodukt. Hier befand sich Baden-Württemberg im Jahr 2017 mit 5,63 Prozent ebenfalls an erster Stelle (EFI 2021, S. 100, siehe auch Tabelle 6-10 im Anhang). Der bundesweite Durchschnitt betrug 3,03 Prozent. Damit sind F&E-Ausgaben in den letzten zehn Jahren sowohl in Baden-Württemberg als auch bundesweit angestiegen. Darüber hinaus sind in Baden-Württemberg die Ausgaben der Wirtschaft am stärksten gewachsen. Mit einem Wert von 4,17 Prozent wurden mehr als vier Fünftel der Ausgaben im Jahr 2017 von Unternehmen getragen.

Der im Rahmen des BMWi-Projektes „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ veröffentlichte Digitalisierungsindex 2020 lässt ebenfalls darauf schließen, dass Baden-Württemberg sich im Bereich digitaler Innovationen gut positioniert. Ein gleichgewichteter Index aus F&E-Ausgaben, F&E-Personal und digitalisierungsaffinen Patenten in Unternehmen zeigt, dass süddeutsche Unternehmen hier eine Vorreiterrolle übernehmen (Büchel et al. 2020).

Das „Internet der Dinge“, „Smart Services“, „Big Data“ sowie „Robotik und Sensorik“ gelten als zentrale Innovationsfelder der gewerblichen Wirtschaft. Zusätzlich wird die „Industrie 4.0“ als Innovationstreiber für das verarbeitende Gewerbe gesehen. Im Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL Baden-Württemberg 2020 wird die Verbreitung dieser Technologien mithilfe einer repräsentativen Unternehmensbefragung untersucht

⁸⁸ <https://www.deutschlandinzahlen.de/tab/bundeslaender/wissenschaft-forschung/patente/patentanmeldungen-je-100000-einwohner> (letzter Abruf am 12.03.2021).

(Kantar 2020). Die Ergebnisse werden zudem mit der Vorgängerstudie verglichen, dem Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL Baden-Württemberg (Kantar und ZEW 2017). Insgesamt zeigt sich, dass der Bekanntheitsgrad der Technologien leicht angestiegen ist. Zum Beispiel sind 90 Prozent der befragten Unternehmen das „Internet der Dinge“ bekannt. Im Jahr 2017 waren es noch 87 Prozent. Allerdings zeigt sich auch, dass mehr Unternehmen, denen die Technologien bekannt sind, diese als nicht relevant einschätzen. Darüber hinaus ist das „Internet der Dinge“ die immer noch am häufigsten verwendete Technologie, gefolgt von „Smart Services“ und „Big Data“. Sowohl „Robotik und Sensorik“ als auch „Industrie 4.0“ nutzen weniger als 10 Prozent der befragten Unternehmen. Auch wenn sich für die gesamte gewerbliche Wirtschaft nur kleine Veränderungen zwischen den Jahren zeigen, existieren doch größere Unterschiede für einzelne Unternehmensgruppen. Zum Beispiel nutzten im Jahr 2020 mehr als 60 Prozent der Großunternehmen das „Internet der Dinge“, „Smart Services“ und „Big Data“. Im Jahr 2017 waren es stets weniger als 50 Prozent. Zusätzlich haben sich die Unterschiede zwischen Großunternehmen und kleinen und mittelständischen Unternehmen, bei denen die Technologien geringer verbreitet sind, verstärkt. Es lässt sich auch eine deutliche Zunahme von „Industrie 4.0“-Anwendungen im Maschinen- und Fahrzeugbau erkennen.

„Forschung, Entwicklung und Innovation“ ist Querschnittsthema der baden-württembergischen Digitalisierungsstrategie (digital@bw 2017). Im Zuge dessen fördert das Land zum Beispiel Kompetenzzentren für die Datenverfügbarkeit und die Datenanalyse (Science Data Centers, siehe hierfür den Abschnitt 5.2) sowie Höchst- und Hochleistungsrechner (siehe hierfür auch Abschnitt 5.4). Auch werden gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten von Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich Künstlicher Intelligenz unterstützt (siehe hierzu auch Abschnitt 5.3). Darüber hinaus besitzt Baden-Württemberg eine führende Rolle im Bereich Quantencomputing. Seit Anfang 2021 steht der IBM Quantencomputer „IBM Q System One“, der derzeit leistungsfähigste kommerzielle Quantencomputer, am Hauptstandort des Unternehmens in Ehningen – die erste Installation in Europa. Die Landesregierung stellt außerdem 40 Millionen Euro zwischen 2020 und 2024 für die Förderung des „Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg“ zur Verfügung. Motivation ist, das „Ökosystem zu Quantentechnologien“ aus Universitäten, Forschungsinstituten, Start-ups und Unternehmen zu unterstützen. Sechs baden-württembergische Fraunhofer-Institute, 16 weitere Universitäts-, Hochschul- und außeruniversitäre Institute sowie rund 40 assoziierte Unternehmenspartner aus Baden-

Württemberg und Deutschland sind bisher beteiligt.⁸⁹ Außerhalb des Kompetenzzentrums für Quantencomputing, das derzeit sechs vom Land in 2021/22 mit 19 Mio. Euro geförderte Verbundprojekte betreibt, sind insbesondere die Universitäten Stuttgart, Ulm⁹⁰ Konstanz⁹¹ und das KIT⁹² bei der Entwicklung verschiedener Technologien für das Quantencomputing aktiv. Das Zukunftscluster QSense der Universitäten Ulm und Stuttgart wurde vom Bund als eines von sieben regionalen Innovationsnetzwerken zur Förderung ausgewählt.⁹³ An der Universität Stuttgart ist auch das Zentrum für Angewandte Quantentechnologie angesiedelt.⁹⁴

Im Rahmen der Förderung digitaler Wissensvermittlung in Studium und Lehre stellt das Land Baden-Württemberg Mittel für Open-Access-Publikationen bereit. Es fördert die Qualifizierung von Lehrenden, zeitlich und räumlich flexible Unterrichtsformate anzubieten, und unterstützt die Produktion und Nutzung digital freizugänglicher Lehr- und Lernmaterialien (digital@bw 2020a). Auch wurde im Jahr 2019 gemeinsam mit dem Stifterverband ein Peer-to-Peer-Beratungsprogramm zu Strategien für Hochschulbildung im digitalen Zeitalter ins Leben gerufen. Hieran nehmen die Universität Mannheim, die Pädagogische Hochschule Weingarten, die Hochschule Albstadt-Sigmaringen und die Duale Hochschule Baden-Württemberg teil.⁹⁵

Digitale Technologien ermöglichen nicht nur technische Innovationen, sondern bedingen auch einen grundlegenden gesellschaftlichen Wandel. Um diesbezügliche Veränderungsprozesse wissenschaftlich zu analysieren und bestmöglich zu begleiten, fördert Baden-Württemberg zwei Forschungskonsortien, „digilog@bw – Digitalisierung im Dialog“ und

⁸⁹Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/19-millionen-euro-fuer-forschungsprojekte-zum-quantencomputing/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

⁹⁰ Siehe <https://www.quantentechnologien.de/forschung/foerderung/quantenprozessoren-und-technologien-fuer-quantencomputer/qryddemo.html> (letzter Abruf 26.03.2021).

⁹¹ Siehe <https://www.campus.uni-konstanz.de/wissenschaft/der-weg-zum-quantencomputer> (letzter Abruf am 26.03.2021).

⁹² Siehe http://www.kit.edu/kit/pi_2021_006_technologien-fur-leistungsfahigere-quantenrechner.php (letzter Abruf 26.03.2021).

⁹³ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/quanten-projekt-der-universitaeten-stuttgart-und-ulm-wird-vom-bund-als-zukunftscluster-gefoerdert/> (letzter Abruf am 22.03.2021).

⁹⁴ Siehe https://www.zaquant.uni-stuttgart.de/?_locale=de (letzter Abruf am 22.03.2021).

⁹⁵ Siehe <https://www.stifterverband.org/peer2peer-beratung-bawue> (letzter Abruf am 12.03.2021).

„Digitaldialog 21“, die sich mit verschiedenen Fragestellungen zur Auswirkung der Digitalisierung auf die Gesellschaft befassen.⁹⁶

Fazit

Im Bundesländervergleich zeigt sich, dass Baden-Württemberg im Bereich „Forschung, Entwicklung und Innovation“ eine Spitzenposition einnimmt, sowohl in der allgemeinen als auch in der auf die Digitalisierung fokussierten Innovationstätigkeit. Darüber hinaus ist die Forschungslandschaft durch eine hohe Beteiligung von Unternehmen und eine enge Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gekennzeichnet. Kooperationen werden durch die Förderung von Infrastrukturprojekten zusätzlich unterstützt. Das Land stellt umfangreiche Fördermittel für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich von Zukunftstechnologien wie Künstliche Intelligenz (Cyber Valley) und Quantentechnologie bereit. Kooperationen werden durch die Förderung von Infrastrukturprojekten wie der Science Data Centers zusätzlich unterstützt. Bei Innovationsfeldern wie „Smart Services“ und „Big Data“ sehen Großunternehmen bisher mehr Anwendungsmöglichkeiten als KMU. Hier gilt es darauf zu achten, dass KMU nicht den Anschluss verlieren.

4.2 Digitale Infrastruktur inkl. Mobilfunknetz

Um die in dieser Studie beschriebenen digitalen Fortschritte zu ermöglichen und neue, digitalisierte Technologien und Methoden zu nutzen, ist die flächendeckende Verfügbarkeit von digitaler Infrastruktur mit hohen Bandbreiten erforderlich. Dies gilt sowohl für das leitungsgebundene als auch das drahtlose Netz. Darauf deuten auch Befragungen hin, bei denen das Fehlen eines leistungsfähigen Breitbandnetzes aus Sicht von Unternehmen als größtes Hemmnis für die Digitalisierung wahrgenommen wird (beispielsweise 43 Prozent der befragten Unternehmen (Weber et al. 2018)). Der Ausbau digitaler Infrastruktur hat dementsprechend weitreichende ökonomische Auswirkungen. Die Erhöhung der Breitbandverfügbarkeit um 1 Mbit/s erhöht das regionale BIP um etwa 0,18 Prozent (Briglaue et al. 2021).

Der Koalitionsvertrag der Bundesregierung sieht als Ziel die flächendeckende Versorgung über ein glasfaserbasiertes Gigabit-Netz (Fibre to the Home/Building, FTTH/B) in ganz

⁹⁶ Siehe <https://digilog-bw.de/digitalisierung-im-dialog> und <https://digitaldialog21.de/> (letzter Abruf jeweils am 12.03.2021).

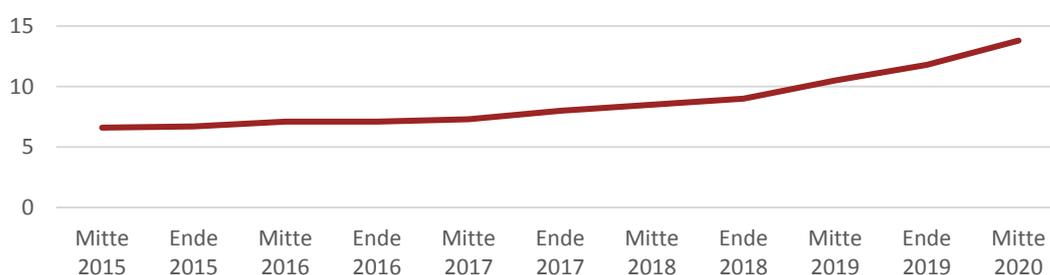
Deutschland vor (Deutsche Bundesregierung 2018a). Die Landesregierung Baden-Württemberg plant bis 2025 flächendeckend verfügbares schnelles Internet, wobei Gigabit-Netze durch graduellen Ausbau von Glasfaser das Ziel sind (Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg 2018; Staatsministerium Baden-Württemberg 2020a).

Als Indikatoren zur Bewertung der digitalen Infrastruktur werden die verfügbaren Infrastrukturen nach Technologie und Bandbreite analysiert und international sowie nach Bundesländern miteinander verglichen.

Der Breitbandatlas des (BMVI 2020) ermöglicht eine Analyse der Breitbandversorgung im Allgemeinen und nach einzelnen Technologien, Gemeindeprägung (d.h. unterschieden nach städtischem, halbstädtischem und ländlichem Raum) und in Gewerbegebieten, gibt allerdings den Stand zur Mitte des Jahres 2020 wieder, d.h. zwischenzeitliche Veränderungen sind noch nicht abgebildet. Bei 93,3 Prozent aller deutschen Haushalte sind Breitbandanschlüsse mit mindestens 50 Mbit/s verfügbar. „Gigabit“-Anschlüsse mit mindestens 1000 Mbit/s stehen 55,9 Prozent der Haushalte zur Verfügung. Unterschieden nach leitungsgebundenen Technologien mit mindestens 50 Mbit/s zeigt sich bei der Versorgung der deutsche Technologiemix, der überwiegend durch DSL/VDSL-Technologie (86,3 Prozent) und Kabel- (67,3 Prozent) getragen wird, während Glasfaser (FTTH/B) mit 13,9 Prozent der Haushalte weiterhin geringer verbreitet ist. Die Verfügbarkeit von Gigabit-Anschlüssen wird vor allem durch Kabelanschlüsse (50,2 Prozent der Haushalte) und zu einem kleineren Teil durch FTTH/B (13,8 Prozent) getragen. Der Anteil der mit FTTH/B angeschlossenen Haushalte ist in den letzten Jahren ausgehend von 6,7 Prozent im Jahr 2015 (BMVI 2015) stark gestiegen (Abbildung 4-1). Das FTTH Council (FTTH Council 2020) geht davon aus, dass die Anzahl der mit Glasfaser anschließbaren Haushalte (Homes Passed) bis 2026 von gegenwärtig 6,0 auf 34,0 Millionen steigen wird. Die Aufschlüsselung nach Gemeindeprägung im Breitbandatlas (BMVI 2020) zeigt, dass die Breitbandversorgung mit mindestens 50 Mbit/s im städtischen (97,8 Prozent der Haushalte) wie halbstädtischen Raum (90,9 Prozent) hoch ist, während die Verfügbarkeit im ländlichen Raum (77,1 Prozent) niedriger ist. Zwar hat der ländliche Raum hier deutschlandweit in den letzten Jahren erheblich aufgeholt, liegt aber weiterhin hinter dem Ausbauziel. Gigabit-Anschlüsse stehen in Gemeinden städtischer Prägung 74,6 Prozent der Haushalte zur Verfügung, hingegen liegt der Anteil im halbstädtischen (37,0 Prozent) und ländlichen (16,7 Prozent) Raum deutlich niedriger. In Gewerbegebieten stehen Breitbandanschlüsse mit mindestens 50 Mbit/s 90,4 Prozent der Firmen zur Verfügung. Die Verfügbarkeit von Gigabit-Anschlüssen beträgt 40,3 Prozent der dort ansässigen Firmen.

Laut Statistischem Bundesamt (Destatis 2021) haben 80 Prozent der Unternehmen mit einer festen Breitbandverbindung einen Internetanschluss mit mindestens 30 Mbit/s und 12 Prozent der Unternehmen mit mindestens 500 Mbit/s. Branchen, in denen leistungsfähige Netze erforderlich sind, verfügen über höhere Anteile, wie beispielsweise die Branche Information und Kommunikation, in der 89 Prozent der Unternehmen mindestens einen 30Mbit/s Anschluss haben und 16 Prozent gar über mindestens 500 Mbit/s verfügen.

Abbildung 4-1: FTTB/H Verfügbarkeit in Prozent der Haushalte in Deutschland.



Quelle: Breitbandatlas des BMVI von 2015 bis 2020. Eigene Darstellung.

Nach Daten der OECD (OECD 2021) gibt es in Deutschland 42,72 leitungsgebundene Teilnehmeranschlüsse je 100 Einwohner, die überwiegend Kabel- (10,2) und DSL- (30,4) Anschlüsse besitzen, während lediglich 2,0 Glasfaseranschlüsse auf 100 Einwohner entfallen. Hinsichtlich des mobilen Breitbands ergeben sich 87,0 Teilnehmeranschlüsse je 100 Einwohner. Diese Ergebnisse decken sich zum Teil mit dem jüngsten Jahresbericht der Bundesnetzagentur mit 35,1 Millionen Festnetz-Breitbandanschlüssen in 2019 (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen 2020).

Die Adoption gigabitfähiger Anschlüsse beträgt in Deutschland über alle Technologien 25,2 Prozent der verfügbaren Anschlüsse, bezogen auf FTTB/H-Anschlüsse liegt sie bei 34,7 Prozent (Dialog Consult und Verband für Telekommunikation und Mehrwertdienste 2020). Im OECD-Vergleich befindet sich Deutschland bei der Adoption von leitungsgebundenem Breitband auf dem siebten Rang, ist jedoch abgeschlagen hinsichtlich Glasfaser und belegt bei mobilem Breitband lediglich den 29. Rang und liegt damit deutlich unter dem OECD Durchschnitt (OECD 2021). Das Ranking des FTTH Council bestätigt ersteres Resultat, bei dem sich Deutschland für das Jahr 2020 auf dem 15. Platz für FTTH/B

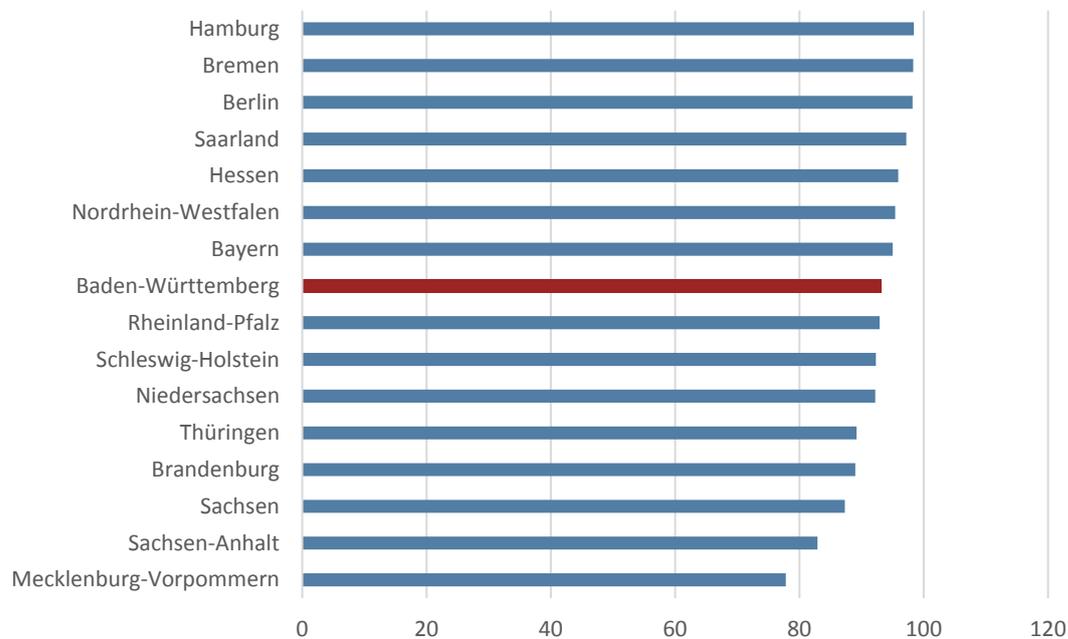
befindet mit einer Glasfaserpenetration (Adoption pro Haushalt) in Höhe von 4,8 Prozent der Haushalte verglichen mit dem EU28-Durchschnitt von 21,1 Prozent.

Im europäischen Vergleich befindet sich Deutschland laut Europäischer Kommission bei der Breitbandversorgung mit mindestens 30 Mbit/s im Mittelfeld, mit einem Versorgungsgrad von 92,2 Prozent (getragen von der Verfügbarkeit durch Kabel- und VDSL-Technologien). Hingegen ist Deutschland mit etwa 10,5 Prozent Verfügbarkeit von Glasfaseranschlüssen (FTTP) eines der Schlusslichter. Dies gilt vor allem für den ländlichen Raum mit etwa 5,6 Prozent (Europäische Kommission 2020b).

Die Daten der OECD (OECD 2020) erlauben auch einen internationalen Vergleich der Mobilfunkabdeckung. Deutschland liegt im OECD-Vergleich auf dem drittletzten Platz im Vergleich zu den führenden Ländern Schweden und Dänemark, die jeweils 100 Prozent der Haushalte abdecken. In Deutschland steht 97,5 Prozent der Haushalte LTE zur Verfügung, im ländlichen Bereich 90,6 Prozent der Haushalte. Insgesamt zeigt sich hier aber das insgesamt sehr hohe Niveau der Mobilfunkversorgung in den OECD-Staaten mit durchgängig zwischen 90 und 100 Prozent. Nach Informationen der Bundesregierung (Deutscher Bundestag 2020b) sind von den 40612,4 km Schienenwegen in Deutschland 95 Prozent mit LTE erschlossen.

Der Breitbandatlas des BMVI ermöglicht eine ähnliche Analyse nach Bundesländern (BMVI 2020). Abbildung 4-2 zeigt die Breitbandversorgung über alle Technologien mit mindestens 50 Mbit/s, bei der Baden-Württemberg mit 93,2 Prozent aller Haushalte das fünftbeste Flächenland ist, und nur einen geringen Abstand auf das führende Flächenland Saarland aufweist (97,2 Prozent). Insgesamt zeigt sich hier das sehr hohe Niveau der Breitbandversorgung in diesem Bereich, die in Baden-Württemberg vor allem durch DSL (98,7 Prozent der Haushalte) und CATV-Infrastruktur (70,2 Prozent der Haushalte) ermöglicht wird. Gigabit-Anschlüsse stehen 55 Prozent der Haushalte zur Verfügung, womit Baden-Württemberg das viertbeste Flächenland ist, aber Abstand zum führenden Flächenland Schleswig-Holstein (74 Prozent) aufweist (siehe Abbildung 6-6 im Anhang).

Abbildung 4-2: Breitbandversorgung über alle Technologien ≥ 50 Mbit/s in Prozent der Haushalte.



Quelle: Breitbandatlas 2020 des BMVI. Eigene Darstellung.

Betrachtet man die Breitbandversorgung über alle Technologien mit mindestens 50 Mbit/s nach Gemeindeprägung in Abbildung 6-7 (Anhang), befindet sich Baden-Württemberg für den städtischen Bereich im Mittelfeld mit 96,5 Prozent aller Haushalte. Im halbstädtischen und ländlichen Raum belegt Baden-Württemberg ebenfalls einen Mittelfeldplatz mit 91,4 bzw. 74,4 Prozent im Vergleich zu den führenden Ländern Saarland mit 94,6 Prozent bzw. Bayern mit 86,4 Prozent.

Tabelle 6-11 (Anhang) zeigt die Verfügbarkeit nach Einzeltechnologien (Stand Mitte 2020). Gigabitanschlüsse stehen in Baden-Württemberg im städtischen Bereich 66,6 Prozent der Haushalte, im halbstädtischen Bereich 44,4 Prozent der Haushalte und im ländlichen Bereich 21,6 Prozent der Haushalte zur Verfügung. Im städtischen Bereich befindet sich das Land damit auf einem Platz im unteren Mittelfeld im Vergleich zum führenden Land Niedersachsen (88,3 Prozent); in Gemeinden halbstädtischer (zweiter Platz hinter Schleswig-Holstein mit 67,4 Prozent) und ländlicher Prägung (dritter Platz hinter Schleswig-Holstein mit 45,2 Prozent und Nordrhein-Westfalen mit 35,1 Prozent) jedoch weiter vorne.

In Bezug auf die Verfügbarkeit von Glasfaser (FTTH/B) befindet sich Baden-Württemberg mit 5,9 Prozent auf einem der hinteren Plätze beim Ländervergleich und reiht sich ein in die deutschlandweit geringe, aber steigende Verfügbarkeit von überwiegend zwischen 5 und 15 Prozent der Haushalte. Ausnahmen bilden lediglich Schleswig-Holstein und Hamburg mit jeweils 30,8 bzw. 80,2 Prozent (Abbildung 6-10 im Anhang). Demgegenüber steht ein besser ausgebautes Kabelnetz, bei dem Baden-Württemberg mit 70,2 Prozent als zweites Flächenland dicht auf Nordrhein-Westfalen (mit 74,3 Prozent) folgt. Auch in Baden-Württemberg steigt der FTTH/B-Anteil jedoch stark an.

Bei der Breitbandverfügbarkeit (Abbildung 6-8 im Anhang) befindet sich Baden-Württemberg im Mittelfeld mit 90 Prozent aller Unternehmen in Gewerbegebieten, bei denen mindestens 50 Mbit/s verfügbar sind. Im Vergleich dazu weist Hessen als bestes Flächenland nur eine geringfügig höhere gewerbliche Breitbandverfügbarkeit von 94,2 Prozent auf. Gigabit-Anschlüsse stehen in Baden-Württemberg an 31,1 Prozent der Gewerbestandorte zur Verfügung (achter Platz der Flächenländer im Vergleich zum führenden Land Schleswig-Holstein mit 55,4 Prozent).

Hinsichtlich der Verfügbarkeit der LTE-Mobilfunktechnologie belegt Baden-Württemberg zwar einen Platz im unteren Mittelfeld mit 96,2 Prozent der Haushalte, gleichzeitig spiegeln die Zahlen jedoch das deutschlandweit hohe Niveau wider. Dementsprechend gering ist die Differenz zum besten Flächenland Nordrhein-Westfalen mit 99,1 Prozent (BMVI 2019a).

Die höchste Abdeckung mit LTE-Mobilfunktechnologie erreicht nach einer Studie von Umlaut (Forkel et al. 2019a, 2019b) in Baden-Württemberg das Netz der Telekom mit 97,9 Prozent der Haushalte bzw. 90,6 Prozent der Fläche. Darauf folgen die Netze von Vodafone und Telefónica. Damit belegt Baden-Württemberg jeweils den 11. Platz der Flächenländer. Auch hier zeigt sich das deutschlandweit hohe Niveau, die Differenz zu den besten Flächenländern Nordrhein-Westfalen (Versorgung von 99,5 Prozent der Haushalte durch die Telekom) und Sachsen-Anhalt (94,1 Prozent Flächenversorgung durch die Telekom) ist gering. Am besten versorgt sind in Baden-Württemberg die Städte Stuttgart, Mannheim, Heilbronn und Karlsruhe sowie der Landkreis Ludwigsburg, bei denen jeweils 100 Prozent der Haushalte und nahezu die gesamte Fläche durch den jeweils besten Netzbetreiber mit LTE versorgt werden.

Insbesondere der Norden und die Mitte Baden-Württembergs – von der Rhein-Neckar-Region über den Großraum Stuttgart bis nach Reutlingen – sind dahingehend sehr gut

versorgt. Stuttgart hatte im Jahr 2018 zudem das leistungsfähigste LTE-Netz in Deutschland (Opensignal 2018). Andere Regionen sind dagegen weniger erschlossen. So befindet sich in Baden-Württemberg auch der deutschlandweit am schlechtesten erschlossene Landkreis Waldshut, was unter anderem auf dort bestehende topographische Hürden im Schwarzwald sowie Funkfrequenzkonflikte in der Grenzregion zu Frankreich zurückgeführt wird (Andritzki et al. 2018; Forkel et al. 2019a, 2019b). Die Schienenwege sind in Baden-Württemberg zu 91,6 Prozent mit LTE abgedeckt, womit sich das Land auf dem vorletzten Platz befindet (Abbildung 6-9 im Anhang) (Deutscher Bundestag 2020b).

In ländlichen Regionen, in denen ein Ausbau von glasfaserbasiertem Gigabitnetz nicht profitabel ist, spielen kommunale Akteure eine wichtige Rolle beim Breitbandausbau (Wernick und Bender 2016). Öffentliche Fördermaßnahmen auf Landes- und Bundesebene sollen hierbei das Erreichen der Ausbauziele unterstützen. Baden-Württemberg setzt auf eine Kombination von Fördergeldern des Bundes und des Landes sowie ergänzend auf eine reine Landesförderung. Schwerpunkt ist mittlerweile der FTTB-Glasfaser-Ausbau. Der geförderte Breitbandausbau erfolgt überwiegend mit dem Betreibermodell, bei dem die öffentliche Hand Eigentümer der geschaffenen Infrastruktur bleibt (digital@bw 2020b). Seit 2016 wurden über 1,126 Milliarden Euro an reinen Landesmitteln für über 2600 Breitbandprojekte bewilligt. Hinzu kommen weitere 1,4 Milliarden Euro Mittel aus der Bundesförderung.⁹⁷ Dadurch konnte die Verfügbarkeit von Internetanschlüssen mit einer Downloadgeschwindigkeit von mindestens 50 Mbit/s deutlich gesteigert werden. Die Hälfte der Erlöse aus der Vergabe der Mobilfunkversteigerung der 5G Frequenzen im Jahr 2019 mit einem Gesamterlös von etwa 6,6 Milliarden Euro teilen sich die Länder untereinander (BMVI 2019b). Die Erlöse fallen in das Sondervermögen „Digitale Infrastruktur“, das ausschließlich für den Ausbau von Gigabit-Netzen und den „Digitalpakt Schule“ bestimmt ist.

Zudem gibt es das Bundesförderprogramm Breitband mit einer zuletzt auf elf Milliarden Euro aufgestockten Fördersumme, das sich an unterversorgte Regionen richtet, in denen kein privatwirtschaftlicher Ausbau zu erwarten ist („weiße Flecken“). Mittelfristig soll das Programm auch auf „graue Flecken“ ausgeweitet werden, in denen maximal ein breit-

⁹⁷ Siehe <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/weitere-1538-millionen-euro-fuer-das-schnelle-internet/> sowie <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/baden-wuerttemberg-gestaltet-aktiv-den-digitalen-wandel/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

bandiges Zugangsnetz verfügbar ist (BMVI 2019c). Mit der Genehmigung dieser „deutschen Gigabitregelung“ durch die Europäische Kommission wurde zudem der beihilfe-rechtliche Rahmen der nächsten Jahre abgesteckt und die Förderung erheblich erleichtert (Europäische Kommission 2020b). Demnach können ab sofort Investitionen in Netze gefördert werden, die eine symmetrische Bandbreite von 1 GBit/s erreichen, sofern im Fördergebiet kein bestehendes oder zeitnah geplantes Netz mehr als 100 Mbit/s im Download ermöglicht. In einer zweiten Stufe fällt ab 2023 diese sog. Aufgreifschwelle weg. Dann ist auch eine Förderung in Gebieten möglich, in denen es kein Netz mit mindestens 500 Mbit/s Downloadgeschwindigkeit gibt. Dementsprechend können dann auch Gebiete, in denen bereits FTTC-Vectoring oder Super Vectoring Geschwindigkeiten bis zu 250 Mbit/s ermöglicht, öffentlich gefördert mit FTTB/H erschlossen werden.

Bei der Bundesförderung kann unterschieden werden zwischen geförderten kleinvolumigen Beratungsleistungen im Vorfeld von Infrastrukturmaßnahmen und der Förderung von konkreten Infrastrukturmaßnahmen. Insgesamt wurden zum Zeitpunkt 06/2020 bislang 3.307 Förderbescheide für Beratungsleistungen mit einem Volumen von mehr als 157 Millionen Euro ausgestellt (etwa 69 Millionen Euro wurden bereits ausgezahlt), während 921 Infrastrukturprojekte im Wert von etwa 6,2 Milliarden Euro bewilligt wurden. Davon sind etwa 500 Millionen Euro bereits abgeflossen. Im Vergleich nach Bundesländern in Tabelle 4-1 zeigt sich, dass die Kommunen in Baden-Württemberg (hinter Bayern) am zweithäufigsten Förderungen für Beratungsleistungen erhalten haben mit einem Gesamtwert von 27,4 Millionen Euro (17 Prozent). Im Land Baden-Württemberg wurden 207 Infrastrukturprojekte bewilligt, die zusammen ein Volumen von knapp 700 Millionen Euro (11 Prozent der insgesamt bewilligten Mittel) ausmachen. Damit wurden im Ländervergleich quantitativ die meisten Infrastrukturprojekte in Baden-Württemberg bewilligt. Auf dem zweiten Platz folgt Sachsen mit 148 Projekten. Abgerufen wurden hiervon allerdings bis zum 18.06.2020 erst rund 21 Millionen Euro (ca. 3 Prozent). Mit Blick auf das Volumen bewilligter Mittel belegte Baden-Württemberg nach damaligem Stand einen Mittelfeldplatz im Vergleich zu Nordrhein-Westfalen, das mit etwas über einer Milliarde Euro auf dem Spitzenplatz lag (Deutscher Bundestag 2020a). Mittlerweile wurden bis Mitte März 2021 vom Bund Breitbandprojekte von Kommunen aus Baden-Württemberg mit einem Gesamtvolumen von rund 1,4 Milliarden Euro bewilligt.⁹⁸

⁹⁸ Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/baden-wuerttemberg-gestaltet-aktiv-den-digitalen-wandel/> (letzter Abruf am 23.03.2021).

Tabelle 4-1: Übersicht der Infrastrukturprojekte und Beratungsleistungen des „Bundesförderprogramm Breitband“ zwischen 11/2015 und 06/2020.

Bundesland	Infrastrukturprojekte			Beratungsleistungen		
	Anzahl Bewilligungen	Bewilligte Mittel	Mittelabfluss	Anzahl Bescheide	Bewilligte Mittel	Mittelabfluss
BB	34	500.489.067	2.621.680	32	1.599.900	1.105.163
BE	1	381.922	291.422	1	50.000	50.000
BW	207	697.853.078	21.530.821	575	27.368.515	10.568.190
BY	108	279.921.188	16.678.320	1.669	77.961.429	30.536.755
HB	1	1.733.210	-	3	149.980	149.350
HE	18	104.490.734	20.465.894	179	8.915.533	1.980.117
HH	1	3.286.644	261.349	1	50.000	50.000
MV	101	931.729.191	118.139.839	99	4.950.000	2.435.564
NI	69	753.144.150	129.230.749	57	2.800.110	2.134.776
NW	107	1.039.536.254	67.257.816	209	10.048.752	6.759.180
RP	30	216.730.596	34.683.881	86	3.894.631	1.849.620
SH	20	187.704.116	16.144.179	51	2.514.430	1.834.878
SL	0	-	-	4	200.000	182.262
SN	148	908.835.609	44.252.398	204	10.134.960	5.546.924
ST	31	271.642.173	23.108.047	26	1.250.000	1.065.802
TH	45	283.724.277	2.930.014	111	5.540.000	2.707.900
Σ	921	6.181.202.229	497.596.416	3.307	157.428.242	68.956.487

Quelle: Deutscher Bundestag (Drucksache 19/21141). Eigene Darstellung.

Fazit

Die Breitbandversorgung in Baden-Württemberg hat seit 2017 deutliche Fortschritte gemacht. Eine flächendeckende Minimalversorgung mit DSL ist fast im ganzen Bundesland erreicht. Bei höheren Bandbreiten ≥ 50 Mbit/s hat insbesondere der ländliche Raum, wo sich auch ein Großteil der im Land ansässigen Unternehmen befindet, noch Aufholbedarf. Gleiches gilt für die Verfügbarkeit von Gigabit-Anschlüssen, die nur im städtischen Bereich in größerem Umfang verfügbar sind. Getragen wird der Gigabit-Ausbau in Baden-

Württemberg bisher im Wesentlichen noch von einem gut ausgebauten Kabelnetz. Jedoch wurde der Förderschwerpunkt mittlerweile auf den FTTB-Glasfaserausbau gelegt. Mit der sich abzeichnenden Dynamik beim Ausbau von Glasfasernetzen befindet sich Baden-Württemberg daher auf einem guten Weg, mittelfristig eine flächendeckende FTTH/B-Infrastruktur zu erreichen. Ähnlich stellt sich die Situation im Mobilfunk dar: Die LTE-Infrastruktur ist bis auf Lücken im ländlichen Raum gut ausgebaut. Derzeit wird die Infrastruktur auf die nächste Generation des Mobilfunkstandards (5G) ausgebaut.

4.3 Digitalisierung als Chance für Nachhaltigkeit und Energiewende

Eine nachhaltige Entwicklung definiert sich dadurch, dass sie gegenwärtige Bedürfnisse erfüllt, ohne die zukünftiger Generationen zu gefährden (Hauff 1987). Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals oder SDGs) wurden 2015 von den Vereinten Nationen definiert und beinhalten ökonomische, ökologische und soziale Aspekte.⁹⁹ Im Folgenden liegt der Fokus auf ökologischer Nachhaltigkeit. Diese umfasst den Schutz von Biodiversität, natürlicher Ressourcen und des Klimas. Um die Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels zu gewährleisten, welches im Pariser Klimaabkommen festgesetzt wurde, müssen CO₂-Emissionen bis 2030 deutlich sinken und ab 2050 null oder negativ sein (IPCC 2018). Bund und Länder haben diesbezüglich konkrete Klimaschutzziele formuliert.

Ersten Abschätzungen zufolge konnte Baden-Württemberg im Jahr 2020 gegenüber 1990 seinen CO₂-Ausstoß um 25 Prozent senken und erreicht somit sein aktuelles Klimaschutzziel (UM BW 2021b). Inwieweit die Corona-Pandemie das Erreichen dieses Ziels unterstützt hat, bleibt jedoch offen. In diesem Zusammenhang betont Baden-Württembergs Umweltminister Franz Untersteller die Wichtigkeit auch nach der Corona-Krise nicht den Kurs in Bezug auf den Klimaschutz zu verlieren, sondern durch nachhaltige Konjunkturkonzepte Emissionsminderungen weiter voranzutreiben. Denn bis 2030 soll, laut dem Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW), der Treibhausgasausstoß um mindestens 42 Prozent gegenüber 1990 sinken.

Die Rolle der Digitalisierung zum Erreichen der Klima- und Energieeffizienzziele wird zunehmend diskutiert. Nicht ohne Grund nimmt die Digitalisierung in der aktuellen nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (Deutscher Bundestag 2018), der

⁹⁹ Siehe <https://sdgs.un.org/goals> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Energieeffizienzstrategie 2050 (Deutscher Bundestag 2019), im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm III (BMU 2020a) sowie auf europäischer Ebene im Klimazielplan 2030 (Europäische Kommission 2020e) und dem Europäischen Grünen Deal (Europäische Kommission 2019d) eine zentrale Stellung ein. Auch in Baden-Württemberg werden die Themen Digitalisierung und Nachhaltigkeit zusammen gedacht und Nachhaltigkeit ist Leitlinie der bisherigen Digitalisierungsstrategie Baden-Württembergs. Baden-Württemberg ist dadurch das erste und bisher einzige Bundesland, das die Themen Digitalisierung und Nachhaltigkeit umfassend verbindet.¹⁰⁰

Die Landesstrategie für eine ökologisch nachhaltige Digitalisierung gliedert sich dabei in die folgenden Handlungsfelder: Intelligente Energiesysteme, Ressourcen- und Energieeffizienz, Green IT, Smarte Umweltdaten und die Stärkung der Umweltbildung und -partizipation durch digitale Technologien. Aktuelle wissenschaftliche Studien zu diesen Handlungsfeldern sowie weitere Erkenntnisse zu den Chancen der Digitalisierung für Nachhaltigkeit und Energiewende in Baden-Württemberg werden im Folgenden beschrieben.

4.3.1 Intelligente Energiesysteme: Die Digitalisierung der Energiewende

Insgesamt kann Baden-Württemberg einige Erfolge im Bereich erneuerbarer Energien verzeichnen. Im Jahr 2019 hat eine Studie im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (AEE) deutsche Bundesländer hinsichtlich des Ausbaus erneuerbarer Energien miteinander verglichen (Diekmann et al. 2019). Laut der Studie liegt Baden-Württemberg auf Platz 2 im Gesamtranking und wird nur von Schleswig-Holstein überholt. Bezüglich der Anstrengungen im Bereich erneuerbarer Energien befand sich Baden-Württemberg sogar an oberster Stelle. Darüber hinaus zeigt der Statusreport Föederal Erneuerbar 2019/2020 der AEE, dass im Jahr 2017 mehr als ein Drittel aller Haushalte in Baden-Württemberg über mindestens eine Energiewendetechnologie verfügte (AEE 2019). Auch zeigt die Studie Verbesserungspotenziale auf. So lag im Jahr 2017, trotz der Bemühungen Baden-Württembergs, der Anteil an erneuerbare Energieträgern an der gesamten Stromerzeugung bei nur 27,1 Prozent und damit unter dem Bundesdurchschnitt von 36 Prozent. Zudem lag Baden-Württemberg bei der Stromerzeugung durch Windkraft zurück. Anhand der im Jahr 2018 gestiegenen neu installierten Windkraftleistung lassen sich hier

¹⁰⁰ Siehe <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

aber Verbesserungen erkennen. Der baden-württembergische Energiebericht 2020 bietet vorläufige Ergebnisse für das Jahr 2018 (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2020b), auch hier kann ein Anstieg des Anteils von Windkraft an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verzeichnet werden. Der Anteil an erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung wird für das Jahr 2019 auf 31,0 Prozent prognostiziert. Folglich zeigt sich auch hier eine Verbesserung (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2020a). 2050 möchte Baden-Württemberg jedoch 80 Prozent seines Energiebedarfes aus erneuerbaren Energien gewinnen.¹⁰¹

Digitale Technologien können den Einsatz von erneuerbaren Energien optimieren. Die Energiewende begünstigt die Aufhebung einer strikten Trennung zwischen Stromproduzenten und -konsumenten. Privatpersonen können zum Beispiel Solarstrom selbst ins Netz einspeisen und werden so zum "Prosumer". Als Folge entstehen viele kleine dezentrale Stromanbieter. Da Solarstrom oder Windkraft fluktuieren, also ein schwankendes Angebot besitzen, kann es sowohl zu temporärer Über- als auch Unterversorgung kommen. Ein intelligentes Stromnetz (Smart Grid) kann jedoch die dezentralen Energieerzeuger und auch -nutzer miteinander koordinieren und damit den Rückgriff auf fossile Energieträger verringern. Wichtiger Bestandteil eines Smart Grids sind intelligente Messsysteme (Smart Meter), welche aus einem digitalen Stromzähler (moderne Messeinrichtung) und einer Kommunikationseinheit (Smart-Meter-Gateway) bestehen. Smart Meter ermöglichen den Stromverbrauch in deutlich höherer zeitlicher Auflösung zu erfassen und sind somit Voraussetzung für die Koordination der Netzteilnehmer. Auch erlauben Smart Meter eine zeitlich flexible Strompreissetzung. Hierdurch kann ein temporäres Über- oder Unterangebot an Strom zusätzlich abgefedert werden, da der Anreiz entsteht, dann Strom zu verbrauchen, wenn dieser gerade günstig ist. Seit 2020 ist der Einbau von Smart Metern durch das "Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende" (GDEW) Pflicht für Verbraucher mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von mehr als 6.000 Kilowattstunden (Smart-Meter-Rollout).

Das im Auftrag des BMWi erstellte "Barometer zur Digitalisierung der Energiewende" misst Fortschritte in der Umsetzung des GDEW. In der aktuellsten Analyse (Berichtsjahr 2019) erreicht Deutschland 36 von 100 Punkten, 14 Punkte mehr als im Vorjahr. Dies geht

¹⁰¹ Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/alle-meldungen/meldung/pid/energie-wende-machen-wir/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

unter anderem auf die erfolgreiche Geräteertifizierung sowie die gesicherte Geräteversorgung zurück (Fleischle et al. 2020). Eine weitere Studie zeigt, dass trotz der Vielzahl an technischen Möglichkeiten die Energiewirtschaft bezüglich der Anwendung von digitalen Technologien noch am Anfang steht (Arms et al. 2018). So gibt es in Handlungsfeldern wie Big Data und Prozessdigitalisierung noch weiter Nachholbedarf. Für das besonders relevante „Rollout-Jahr 2020“ konnten leider keine Studien gefunden werden.

Um die Umsetzbarkeit von intelligenten Energienetzen zu untersuchen, wurde Baden-Württemberg von Anfang 2017 bis Ende 2020 Schaufensterregion im Rahmen des überregionalen Projekts C/sells.¹⁰² Grundgedanke des Projektes ist ein zelluläres Energiesystem, in dem einzelne Zellen, wie beispielsweise ein Gebäude, autonom über die eigene Energienutzung und -erzeugung entscheiden können. Die Projektergebnisse bestätigten die Machbarkeit eines dezentralen, partizipativen und flexiblen Energiesystems. Für eine erfolgreiche Energiewende empfehlen die Projektbeteiligten daher „die Gestaltung der autonomen Zellen zu vereinfachen“, „Plattformlösungen zu nutzen, um eine flexible Energienutzung und -erzeugung anzuregen“ sowie „das Vertrauen der Bevölkerung zu stärken und Daten, die durch den Smart Meter erhoben werden, besonders zu schützen“. Eine detaillierte Beschreibung des Projekts und der Ergebnisse befinden sich in dem Buch „1,5° Celsius“ (Haller et al. 2020). Im Jahr 2013 hat sich die Smart-Grids-Plattform Baden-Württemberg e.V. (SmartGridsBW) zur Förderung intelligenter Stromnetze gegründet. Die Plattform veröffentlichte im Juni 2020 im Rahmen des Projekts C/sells eine repräsentative Umfrage zur Kenntnis der Bevölkerung von Smart Metern in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen. Die Ergebnisse zeigen, dass zwei Drittel der Befragten die Begriffe „Smart Meter“ und „intelligentes Messsystem“ nicht kennen. Zudem lässt sich kein Unterschied zwischen den Bundesländern erkennen (Schneider 2020).

Im Rahmen des Projekts C/sells wurde auch die ökologische Bilanz des Einsatzes von Smart Metern untersucht. Der erhöhte Energie- und Ressourcenverbrauch eines Smart Meters im Vergleich zu herkömmlichen Stromzählern wurde mit den potenziellen Energieeinsparungen hierdurch verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass Energieeinsparungen eines durchschnittlichen Vier-Personen-Haushalts die Treibhausgasemissionen notwendiger digitaler Infrastruktur kompensieren. Dennoch sollte berücksichtigt werden, dass Energieeinsparungen durch sogenannte Rebound-Effekte vermindert werden können,

¹⁰² C/sells wurde gefördert durch das BMWi-Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende“ („SINTEG“).

indem lastabhängige Stromtarife den Energieverbrauch außerhalb der Spitzenzeiten erhöhen, aber zu anderen Zeiten nicht um dasselbe Niveau senken (Wohlschlager et al. 2020).

Neben dem überregionalen Projekt C/sells hat mit dem Living Lab Walldorf zwischen 2015 und 2019 ein weiteres Demonstrationsprojekt in Baden-Württemberg stattgefunden (Steuer et al. 2019). Im Rahmen dessen wurden zum Beispiel 40 Haushalte und Gewerbetreibende zu einer Stromgemeinschaft verbunden und über ein Smart Grid koordiniert. Die diesbezüglichen Projektergebnisse verdeutlichen, dass der Energiefluss durch die flexible Steuerung des Energieverbrauchs effizienter abgestimmt werden kann. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass die Erschließung der Flexibilität für Dienstleister noch nicht gewinnbringend ist. Die Projektbeteiligten empfehlen daher unter anderem die „Vereinfachung des Energierechts und der Förderinstrumente“ sowie eine „Absenkung arbeitspreisbasierter Entgelte und Umlagen in Orientierung an Netzengpässen“. Eine begleitende sozialwissenschaftliche Untersuchung zeigt außerdem, dass die meisten Menschen notwendige Fernzugriffe zur Optimierung des Smart Grids akzeptieren, sofern sie sich Kosteneinsparungen davon versprechen. Dies gilt aber nur solange die Privatsphäre geschützt bleibt. In puncto flexiblere Stromtarife zeigte die Untersuchung, dass transparente und sichere Tarife für Verbraucher und Verbraucherinnen wichtig sind, da dies eine vorausschauende Kostenplanung zulässt. Momentan unterstützt das baden-württembergische Umweltministerium 15 weitere Projekte im Rahmen des Forschungsprogrammes „Demonstrationsprojekte Smart Grids und Speicher Baden-Württemberg“. Neun Projekte wurden außerdem bereits abgeschlossen. Auch wurden im Förderprogramm „Smart Grids digital vernetzt“ zwischen 2017 bis 2020 drei Forschungsvorhaben gefördert, die Ansätze speziell für lokale und regionale Verteilnetze erforschen oder entwickeln.¹⁰³

Eine intelligente Energiewende eröffnet auch neue Möglichkeiten für lokale Energiemärkte. Der Handel hier lässt sich zum Beispiel über digitale Plattformen organisieren. Unter anderem wird diese Möglichkeit im bayerischen C/sells Projekt „Altdorfer

¹⁰³ Siehe <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/projekte/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Flexmarkt“ untersucht.¹⁰⁴ Auch die Blockchain-Technologie könnte als Informationssystem mit dezentralen Wesensmerkmalen zukünftig im lokalen Energiehandel eine wichtige Rolle spielen. Grund hierfür ist, dass es für die Dokumentation von Transaktionen in einem dezentral organisierten Energiehandel einer Technologie bedarf, die den Anforderungen eines solchen Systems gerecht wird und gleichzeitig die Privatsphäre schützt. Dabei sollte aber berücksichtigt werden, dass die Blockchain-Technologie momentan noch nicht sehr weit entwickelt und die Anwendung selbst noch sehr energieintensiv ist (Richard et al. 2019).

Eine weitere Chance CO₂-Emissionen zu reduzieren, bietet das Smart Home durch eine automatisierte, flexible Energienutzung. Zum Beispiel lässt sich hierdurch automatisiert die Batterie des Elektroautos aufladen, wenn Strom gerade im Überfluss vorhanden und günstig ist. Gleichzeitig verbrauchen smarte Technologien aber ebenfalls Energie und eröffnen neue Konsummöglichkeiten (Induktionseffekte), die in der Regel zusätzlich Energie verbrauchen. Bewohnerinnen und Bewohner können nun beispielsweise Räume während einer längeren Abwesenheit nach Zeitplan beleuchten (Quack et al. 2019). Das baden-württembergische Wirtschaftsministerium fördert die Errichtung eines (virtuellen) „Kompetenzzentrums Markt- und Geschäftsprozesse Smart Home and Living“. Dadurch soll über Regionen hinweg eine zentrale Anlaufstelle für verschiedene Kompetenzen im Bereich Smart Home and Living geschaffen werden, damit das intelligente und vernetzte Haus der Zukunft mehr und mehr zur Realität wird.

Auch haben Städte und Kommunen die Möglichkeit, durch digitale Anwendungen die Energiewende voranzutreiben (Smart Cities). Grundidee einer intelligenten Stadt in Bezug auf die Energiewende ist es, durch digitale Technologien Energie und Ressourcen immer genau dort, wo sie gerade benötigt werden, bereitzustellen. Zum Beispiel lässt sich Strom sparen, indem im Dunklen selten genutzte Straßen mit Bewegungssensoren ausgestattet werden. Der von Bitkom veröffentlichte Smart City Index 2020 vergleicht deutsche Großstädte anhand ihres Digitalisierungsgrades (Bitkom 2021). Im Bereich Energie und Umwelt befinden sich gleich fünf baden-württembergische Städte unter den TOP 15: Heidelberg (Platz 1), Stuttgart (Platz 3), Freiburg (Platz 11), Ulm (Platz 12) und Karlsruhe (Platz 14). Berücksichtigt wurden im Ranking unter anderem der Anteil erneuerbarer

¹⁰⁴ Siehe <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/digitalisierung/881-altdorfer-flexmarkt-alf> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Energien am gesamten Stromverbrauch, der Anteil an Elektro-Fahrzeugen samt Ladeinfrastruktur sowie Pilotprojekte z. B. im Bereich intelligenter Straßenbeleuchtung.

Fazit

Die Anstrengungen Baden-Württembergs im Bereich der Energiewende zeigen Erfolge. Auch im Städtevergleich übernehmen baden-württembergische Städte eine Vorreiterrolle. Darüber hinaus liegt der Beitrag digitaler Technologien jedoch momentan unterhalb der Möglichkeiten und fokussiert sich auf Pilotprojekte. Mit dem Smart-Meter-Rollout 2020 wurde der Grundstein gelegt, damit die Potenziale digitaler Technologien zukünftig besser genutzt werden können. Smart Meter sind jedoch noch wenig in der Bevölkerung bekannt. Zudem zeigt eine Studie, dass Dienstleistungen, die eine flexible Energienutzung ermöglichen, wirtschaftlich noch nicht attraktiv sind. Eine Veränderung des rechtlichen Rahmens könnte dies jedoch verbessern. Rebound- oder Induktionseffekte sind potenzielle Gefahren für eine erfolgreiche Energiewende. Hier die richtigen Anreize zu setzen ist auch für eine „smarte“ Energiewende von großer Bedeutung.

4.3.2 Digitalisierung und Energie- und Ressourceneffizienz

Neben dem Ausbau erneuerbarer Energien sind Steigerungen der Energie- und Ressourceneffizienz die zweite tragende Säule der Energiewende. Effizienz beschreibt in dem Fall das Verhältnis eines bestimmten Nutzens zu dessen Energie- oder Ressourceneinsatz (BMU 2020b). Zum Beispiel je geringer der Energieeinsatz bei gleichbleibendem Nutzen, umso höher die Energieeffizienz. Demnach kann die Erreichung von Energie- und Ressourceneffizienz nicht nur die Klima- und Umweltbelastung senken, sondern ist auch ökonomisch erstrebenswert, denn geringere Kosten erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und Regionen.

Aktuelle Zahlen legen nahe, dass sich Energie- und Ressourceneffizienz grundsätzlich in die richtige Richtung bewegen. Momentane Schätzungen gehen davon aus, dass Deutschland 2019 seinen Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 um 10 Prozent senken konnte. Bis 2050 soll sich der Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 halbieren (BMWi 2019). Die gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität von Baden-Württemberg, also das Verhältnis zwischen Bruttoinlandsprodukt und Energieverbrauch, ist zwischen 1991 und 2018 um rund 58 Prozent gestiegen (Statistisches Landesamt Baden-

Württemberg 2020b). Jedoch sind die absoluten Verbrauchswerte, wie etwa der Endenergieverbrauch¹⁰⁵, im gleichen Zeitraum viel schwächer gesunken und bewegen sich insgesamt noch auf einem hohen Niveau. Demnach zeigt sich hier noch Verbesserungspotenzial.

In Bezug auf die Ressourceneffizienz bleibt Deutschland noch hinter den Vorgaben des 2012 auf den Weg gebrachten “Deutschen Ressourceneffizienzprogramms” zurück (BMU 2020a). Die Rohstoffproduktivität sollte sich zwischen 1994 und 2020 verdoppeln. Nach aktuellen Schätzungen ist dieses Ziel jedoch verfehlt worden (Umweltbundesamt 2020a). Insgesamt erhöhte sich die Gesamtrohstoffproduktivität in Deutschland zwischen 2000 und 2016 zwar, aber nur um 35 Prozent. Diese Entwicklung lag darüber hinaus vor allem am deutlichen Wachstum des Bruttoinlandsproduktes und der Importwerte bei gleichbleibendem Einsatz von Primärrohstoffen. Auch in Baden-Württemberg hat sich die Rohstoffproduktivität basierend auf vorläufigen Werten von 1994 bis 2018 verbessert. Baden-Württemberg liegt hier zudem etwas über dem Bundesdurchschnitt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2020c). Auch wenn die Entkopplung der Größen positiv zu bewerten ist, ist die inländische Primärrohstoffnutzung für Konsum und Investitionen vor dem Hintergrund der ambitionierten Klimaschutzziele immer noch zu hoch.

Digitale Technologien bieten hier Chancen. Durch digitale Technologien entstehen zunächst Möglichkeiten für neue Produkte und Geschäftsmodelle (Giehl et al. 2019; Röglinger und Urbach 2016). Beispielsweise bietet die Dematerialisierung, also die Neugestaltung von Produkten und Dienstleistungen mit reduziertem Material- und Energieaufwand, erhebliche Einsparpotenziale. Dies geschieht, wenn digitale statt physische Produkte oder Dienstleistungen angeboten und genutzt werden, etwa E-Books statt gedruckter Exemplare (Tahara et al. 2018) oder Car-Sharing-Konzepte statt eines eigenen Fahrzeugs.

Darüber hinaus birgt die Optimierung von Geschäftsprozessen durch digitale Technologien erhebliche Einsparpotenziale, insbesondere im Energiemanagement von Gebäuden und im Produktionsprozess. Auf den Gebäudebereich entfallen rund 35 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland und rund ein Drittel der Treibhausgasemissionen (BMWi 2015). Deshalb hat die Bundesregierung eigens eine „Energieeffizienzstrategie

¹⁰⁵ Der Endenergieverbrauch misst den Primärenergieverbrauch ohne Berücksichtigung von u. a. Umwandlungs- und Leitungsverlusten.

Gebäude“ mit dem Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 formuliert (BMW 2015). Die Einsatzmöglichkeiten von digitalen Technologien reichen in diesem Bereich von der frühen Planungsphase – beispielsweise durch die zunehmende Digitalisierung des Planungs- und Bauprozesses mithilfe von Building Information Modeling (BIM) – bis hin zu einem optimierten und intelligenten Energiemanagement in Gebäuden (Smart Building).

Aber auch im industriellen Produktionsprozess ergeben sich durch den Einsatz von digitalen Technologien Möglichkeiten zur Energieoptimierung. Durch innovative Ansätze im Bereich der systemübergreifenden Vernetzung von Anlagen, Prozessen und Gebäudeteilen ermöglichen digitale Technologien die ortsungebundene, effiziente Überwachung, Steuerung und Regelung von kompletten Produktionsprozessen („Industrie 4.0“ bzw. „Smart Factory“) (BMW 2019). Auch die Erstellung eines digitalen Zwillings von Produkten ist möglich, wodurch wiederum Daten generiert werden können, die u. a. über die genaue Materialzusammensetzung Auskunft geben und so auch ein verbessertes Recycling ermöglichen. Dadurch können digitale Technologien einen wertvollen Beitrag leisten, um eine funktionierende Kreislaufwirtschaft aufzubauen. Des Weiteren können durch die digitale Vernetzung über Branchen hinweg „Querverbindungen“ für eine branchenübergreifende Wiederverwertung von Rohstoffen geknüpft werden, sodass sich Rohstoffe und Produkte nach der Benutzung ort- und zeitnah weiterverwenden lassen (Kreislaufwirtschaft 4.0): Dies senkt Lager- und Transportkosten, reduziert den Verkehr und senkt somit den CO₂-Ausstoß.

Bezüglich des Themas Digitalisierung und Energieeffizienz kam eine repräsentative Unternehmensbefragung des ZEW (2020) allerdings zu dem Ergebnis, dass digitale Technologien zur Verbesserung der Energieeffizienz bisher eher zögerlich eingesetzt und deren Potenziale somit bei Weitem noch nicht ausgeschöpft werden. So gaben 52 Prozent der Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe und nur 24 Prozent in der Informationswirtschaft an, in den letzten drei Jahren gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Energiebilanz durchgeführt zu haben (Abbildung 6-11). Zudem sind Energieeinsparungen in den zwei betrachteten Wirtschaftszweigen der am seltensten genannte Grund für die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen (Abbildung 6-12). Außerdem setzt nur jedes dritte Unternehmen, das in den vergangenen drei Jahren überhaupt Energieeffizienzmaßnahmen durchgeführt hat, digitale Technologien ein, um den Energieverbrauch im verbrauchsintensiven Gebäude- und Produktionsbereich zu senken (Abbildung 6-13). Die Studie zeigt darüber hinaus, dass vor allem kleinere und mittlere Unternehmen in Bezug

auf Energieeffizienzmaßnahmen aber auch den Einsatz digitaler Technologien zur Verbesserung der Energiebilanz zurückliegen.

Baden-Württemberg hat bereits eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz mithilfe digitaler Technologien initiiert. Beispielsweise fördert das Land ein Pilotprojekt zu Ultraeffizienzfabriken (UM BW 2021a). Hinter dem Begriff der Ultraeffizienz steht die Idee, Produktionsprozesse in Betrieben so zu optimieren, dass eine Entkoppelung von Wachstum und Verbrauch erreicht wird. Ziel ist die Entstehung einer leisen, emissions- und abfallarmen Produktion mithilfe digitaler Technologien im Sinne der Kreislaufwirtschaft 4.0.¹⁰⁶ Ein weiteres Beispielprojekt ist "Material Digital".¹⁰⁷ Das Projekt dient dazu, die Idee der digitalen Transformation der Werkstofftechnik zu demonstrieren. Auch das Thema Gebäudeeffizienz wird gefördert, u. a. mit dem Projekt "Nachhaltiges Bauen".¹⁰⁸ Hierbei handelt es sich um ein Software-Tool, das Kosten und Umweltwirkungen eines Baustoffes über seinen gesamten Lebenszyklus für die Gebäudeplanung bereitstellt.

Um der Vielzahl an KMUs in Baden-Württemberg einen niedrighschwelligigen Zugang zu dem Thema Energieeffizienz anzubieten, wurde das Netzwerk Energieeffizienz gegründet. Dies sind regionale Kompetenzzentren, die zur Information und Beratung eingerichtet wurden (com.X 2019). Die 12 Kompetenzzentren sind mittlerweile aktiv, wobei nicht bekannt ist, welche Rolle die Digitalisierung bzw. ihre Potenziale hier im Informations- und Beratungsangebot spielen. Zudem waren die Kompetenzzentren laut Abschlussbericht 2019 noch relativ unbekannt, so dass das Angebot zunächst erst einmal konsequent bzw. breiter angenommen werden muss, um konkrete Effekte zu erzielen.

Fazit

Insgesamt zeigt sich, dass sich die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz durch die Digitalisierung in vielen Bereichen noch in den Anfängen befindet, sowohl bundesweit als auch in Baden-Württemberg. Obwohl positive Effekte durch die neuen Technologien erwartet werden, existieren wenig konkrete Studien dazu. Zwar hat sich die Ener-

¹⁰⁶ Siehe Projektwebsite: <https://www.ultraeffizienzfabrik.de> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁰⁷ Siehe Projektwebsite: <https://www.digital-bw.de/-/material-digital> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁰⁸ Siehe Projektwebsite: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/projekte/nachhaltiges-bauen/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

gie- und Ressourceneffizienz über die vergangenen Jahre erheblich verbessert, doch bleiben Energie- und Ressourcenverbrauch auf einem hohen Niveau. Auch bleibt der diesbezügliche Einsatz von digitalen Technologien unterhalb seiner Möglichkeiten. Zum Erreichen der langfristigen Klimaschutzziele ist nun eine zeitnahe Umsetzung bzw. Wirkung der angestoßenen Maßnahmen in Baden-Württemberg sowie eine Beobachtung der konkreten Effekte essentiell.

4.3.3 Green IT: Energie- und Ressourcenverbrauch digitaler Technologien

Der Einsatz digitaler Technologien führt über verschiedene Kanäle zu einem bedeutenden Energieverbrauch. In der Vergangenheit stieg der Energieverbrauch durch Rechenzentren, Datenströme und private Endgeräte weltweit prozentual sogar stärker als der gesamte Energieverbrauch, so dass die Digitalisierung selbst erheblich zur Umweltbelastung beiträgt: Van Heddeghem et al. (2014) schätzen, dass der IKT-bedingte Energieverbrauch zwischen 2007 und 2012 jährlich um etwa 7 Prozent wuchs. Das jährliche Wachstum des gesamten Energieverbrauchs betrug hingegen nur 3 Prozent. Ob das zukünftige bzw. aktuelle Wachstum ähnlich groß ausfällt, hängt insbesondere von der Energieeffizienz der einzelnen IKT-Elemente ab, aber auch von der Art der eingesetzten Technologie. So wird durch die Einführung des Mobilfunkstandards 5G allein für deutsche Rechenzentren von einem erhöhten Strombedarf zwischen 1,9 und 3,8 Milliarden Kilowattstunden bis zum Jahr 2025 ausgegangen, was dem Energieverbrauch von 600.000 bis 1,25 Millionen Haushalten (bei 3.000 kWh/Jahr) entspricht (Höfer et al. 2020).

Dies weist auf einen zentralen Punkt hin: Insbesondere der Energiebedarf von Serverräume und Rechenzentren macht durch die hohe Nachfrage nach Rechenleistung einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch aus. Zwischen 2010 und 2017 stieg der Energieverbrauch von Rechenzentren in Deutschland von 10,5 auf 13,2 Milliarden kWh (Hintemann und Hinterholzer 2019). Dies entspricht einem Zuwachs von mehr als 25 Prozent. Auch die Anzahl der Endnutzer und vernetzter Geräte stieg in den letzten Jahren stetig an und folglich auch die Nachfrage nach Rechenleistung. Es lassen sich jedoch auch Effizienzgewinne beobachten. Neue Arten von Rechenzentren – sogenannte Hyperscale-Rechenzentren, die als Basis für Big Data und Cloud Computing dienen – steigern die Energieeffizienz in Deutschland und weltweit. Die Möglichkeiten solcher Effizienzgewinne durch aktuelle Technologien sollte demnach konsequent gefördert und genutzt werden.

Es besteht jedoch das Risiko, dass trotz dieser Energieeffizienzverbesserungen der absolute Energieverbrauch kaum zurückgeht. Bedingt durch eine verbesserte Leistung und

geringere Kosten der Geräte kann es zu sogenannten Rebound-Effekten kommen (Umweltbundesamt 2019): Diese beschreiben das Phänomen, dass Effizienzsteigerungen zu relativen Kostensenkungen und somit zu Nachfragesteigerungen führen, sodass Einsparpotenziale nicht oder nur teilweise realisiert werden. Das Ausmaß von Rebound-Effekten in Bezug auf Effizienzsteigerungen bei digitalen Technologien ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. Unumstritten ist aber, dass einzelne digitale Technologien einen hohen direkten Energieverbrauch besitzen. Beispiele hierfür sind Bitcoins und die Blockchain-Technologie. Der jährliche Energieaufwand allein für Bitcoins beträgt etwa 45,8 TWh (Stoll et al. 2019), siehe hierzu auch Abschnitt 5.5.

Auch die Herstellung von digitalen Endgeräten verbraucht Ressourcen. In diesem Zusammenhang weist eine aktuelle Studie darauf hin, dass hierbei eine Abnahme von leichter recycelbaren metallischen Werkstoffen zugunsten von vielfältigen, schwerer recycelbaren Kunststoffen zu beobachten ist. Zudem werden mehr als die Hälfte der jährlich erfassten Geräte nicht an zuständige Stellen zurückgebracht. Folglich bleibt ihr Verbleib ungewiss. Eine nicht sachgerechte Entsorgung kann aber mit erheblichen Materialverlusten einhergehen, insbesondere von technologisch und strategisch wichtigen Metallen (IZT 2019).

Im Rahmen einer repräsentativen Umfrage des ZEW (2020) wurden Unternehmen in Deutschland auch zu Maßnahmen im Bereich Green IT in den vergangenen drei Jahren befragt. Die Unternehmen fokussierten sich vor allem auf die Anschaffung bzw. Nutzung von energieeffizienter Hardware, z. B. PCs/Laptops oder Netzwerke. In der Informationswirtschaft erneuerten 59 Prozent der Unternehmen und im verarbeitenden Gewerbe 53 Prozent die Hardware, um die Energieeffizienz zu steigern. Auf dem zweiten Rang liegen in beiden Bereichen Cloud-Technologien. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von eigenen Rechenzentren und Serverräume waren in beiden Wirtschaftszweigen mit 24 Prozent (Informationswirtschaft) bzw. 20 Prozent (Verarbeitendes Gewerbe) der letztgenannte Bereich. Obwohl Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes das Thema Energieeffizienz bislang stärker forcierten (vgl. Abbildung 6-14), liegt die Informationswirtschaft im Bereich der IT-Energieeffizienz vorne.

Grundsätzlich zeigt sich, z. B. aufgrund der Prognosen zum steigenden Energieverbrauch von Rechenzentren, dass im Bereich der Green IT noch enormer Handlungsbedarf besteht. Auch eine aktuelle, umfassende Studie von Lange et al. (2020) kommt zu dem Ergebnis, dass die Digitalisierung bislang mit einem erhöhten Energieverbrauch einhergeht,

da die verbrauchssteigernden Effekte vermutlich stärker ausfallen als die verbrauchssenkenden Effekte. Zu den verbrauchssteigernden Effekten zählen der direkte Energieverbrauch der IKT sowie der Energieverbrauch, der mit dem durch die Digitalisierung hervorgerufenen Wirtschaftswachstum verbunden ist. Als verbrauchssenkende Effekte gelten wiederum Energieeffizienzsteigerungen durch digitale Technologien sowie der mit der Digitalisierung verbundene strukturelle Wandel hin zu weniger energieintensiven Branchen. Nach Ansicht der Autoren kann Digitalisierung künftig nur dann zur Stärkung der Nachhaltigkeit beitragen, wenn die verbrauchssenkenden Effekte überwiegen. Dies zeigt, dass der Eigenenergieverbrauch der IKT konsequent verringert werden muss, damit digitale Technologien in der Summe zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen können. Baden-Württemberg hat aufgrund der zunehmenden Diskussion um den Energieverbrauch der Digitalisierung bereits Maßnahmen eingeleitet. So wurde z. B. das Projekt "Nachhaltige Rechenzentren" ins Leben gerufen, welches sich mit dem energie- und ressourceneffizienten Betrieb von baden-württembergischen Rechenzentren befasst. Desse Ziel ist die Identifikation von Verbesserungsmöglichkeiten. Im Juli 2020 wurde z. B. ein praxisnaher Leitfaden „Nachhaltige Rechenzentren“ veröffentlicht (UM BW 2020). Dieser zeigt Planerinnen und Planern sowie Betreibenden von Rechenzentren aber auch Kommunen oder Unternehmen Handlungsempfehlungen, technische Verbesserungen und Impulse für Veränderungen. Inwiefern dies zu konkreten Anpassungen seitens der adressierten Akteure geführt hat oder führen wird, ist nicht bekannt. Die Tatsache, dass das Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart 2020 mit dem "Blauen Engel für energieeffizienten Rechenzentrumsbetrieb" zertifiziert wurde, zeigt allerdings in die richtige Richtung.

Baden-Württemberg hat zudem auch die Landesstrategie Green IT 2020 ins Leben gerufen und ist damit Vorreiter bei der energieeffizienten Digitalisierung. Im Basisjahr 2015 war die IT der Landesregierung mit 160 Gigawattstunden (GWh) für 20 Prozent des gesamten Energieverbrauchs der Verwaltung verantwortlich. Zielsetzung war, im Jahr 2020 durch zahlreiche Maßnahmen rund 10 Prozent (16 GWh) davon eingespart zu haben. Zwar gibt es aktuell noch keine belastbaren Zahlen dazu, allerdings vermutet das Umweltministerium, dass noch mindestens 3 GWh zur Zielerreichung fehlen, also mehr als ein Fünftel der beabsichtigten Energiemenge (UM BW 2019).

Ein in der Öffentlichkeit viel diskutiertes Papier (Strubell et al. 2019) zeigt den enormen Energieverbrauch von großen KI-Trainingsmodellen auf. Da die Entwicklung von Algorithmen auf zunehmend großen Datensätzen beruht, erhöht sich zwar die Vorhersagequali-

tät aber gleichzeitig auch der Energieverbrauch. Die Autoren zeigen in einer Lebenszyklusanalyse für das Training von KI-Modellen, dass dieses Training fast fünf Mal so viele Treibhausgasemissionen verursacht wie der Lebenszyklus eines durchschnittlichen US-amerikanischen Autos. Folglich wird der Handlungsdruck aufgrund der Vielzahl an angestoßenen Projekten im Bereich Datenverfügbarkeit und KI, z. B. dem KI-Innovationspark in Baden-Württemberg, ebenfalls verstärkt.

Letztlich müssen auch Verbraucherinnen und Verbraucher in Bezug auf den Energieverbrauch von digitalen Technologien sensibilisiert werden. Grundsätzlich gibt es hier eine positive Entwicklung, denn diese werden in Deutschland bei Kaufentscheidungen immer klimabewusster (Umweltbundesamt 2020b). 51 Prozent der Befragten bejahen, dass sie beim Kauf von Haushaltsgeräten immer besonders energieeffiziente Geräte gewählt haben. Im Jahr 2016 waren es noch 44 Prozent. Unklar bleibt jedoch, inwiefern Verbraucherinnen und Verbraucher dies auch bei der Nutzung von digitalen Technologien einbeziehen, besonders wenn der Verbrauch nicht direkt sichtbar ist. Die Nutzung von Streamingdiensten steigt beispielsweise stetig an, insbesondere in der Zeit des pandemiebedingten Lockdowns und besitzt einen enormen Energiebedarf (Preist et al. 2019). Auch hier sollte vermehrt ein Bewusstsein geschaffen werden.

Fazit

Digitale Technologien tragen selbst erheblich zur Klima- und Umweltbelastung bei. Baden-Württemberg hat im Bereich der Green IT deshalb schon eine Reihe von Maßnahmen in die Wege geleitet, u. a. das Projekt „Nachhaltige Rechenzentren“. In einem nächsten Schritt sollten auf Basis der Erkenntnisse aus diesen Pilotprojekten konkrete Umsetzungspläne und zielgerichtete Maßnahmen abgeleitet werden. Dies gilt insbesondere auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Anzahl an Projekten in den Bereichen KI oder etwa Blockchain, die selbst eine hohe Menge an Energie verbrauchen. So bedarf es einer konsequenten Begleitung dieser Projekte durch energiebezogene Maßnahmen. Auch ökonomische Anreize für ressourcenschonende Konsumweisen und Verhaltensmuster sind ein wichtiges Mittel, um den Wechsel zu ressourcenschonenden Konsumweisen im Alltag zu erleichtern (BMU 2020a). Ebenfalls sollte der Gedanke der Kreislaufwirtschaft stärker in elektronische Endgeräte integriert werden. Insgesamt sollte also mit einer Vorreiterrolle im Bereich der Digitalisierung auch der Anspruch an eine Vorbildfunktion in Bezug auf Green IT einhergehen.

4.3.4 Smarte Umweltdaten und die Stärkung der Umweltbildung und -partizipation durch digitale Technologien

Nur auf einer transparenten Datenbasis können wirkungsvolle Maßnahmen entwickelt, bewertet und gesteuert werden. Digitale Technologien können die Erhebung, Auswertung und Bereitstellung möglichst aktueller Umweltdaten vorantreiben. So lassen sich sowohl die Quantität und Qualität der Daten als auch der Zugang der Öffentlichkeit zu Umweltdaten verbessern.

Baden-Württemberg hat dies als Chance erkannt. Im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS BW) bündelt das Land eine Vielzahl erhobener Umweltdaten, verwaltet sie und stellt sie der Öffentlichkeit und Verwaltung zu Verfügung.¹⁰⁹ Darüber hinaus fördert das Land im Bereich "Smarte Umweltdaten" momentan fünf Projekte, wovon eines bereits ausgelaufen ist. Ziel ist es unter anderem, mittels „Big Data“-Technologien Umweltdaten detaillierter zu untersuchen.¹¹⁰ So lassen sich zuvor nicht bekannte Zusammenhänge identifizieren und dies erlaubt beispielsweise, Umweltgefahren frühzeitig zu erkennen. Privatpersonen können ebenfalls zum UIS BW beitragen: Im Projekt „CrowdSensing“ können Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzer am Bodensee durch moderne Sensorik selbst Daten erheben und teilen.¹¹¹ Auch die im Auftrag des baden-württembergischen Umweltministeriums entwickelte App „Meine Umwelt“ lebt von der Partizipation. Hier können Bürgerinnen und Bürger umweltrelevante Informationen selbst sammeln und weiterleiten. Zudem warnt die App per Push-Nachricht vor Feinstaub, Waldbrandgefahr und Pollenflug.

Kommunikation ist wichtiger Faktor zur Akzeptanz von Klima- und Umweltschutzmaßnahmen. Das baden-württembergische Umweltministerium möchte durch eine offene Informationskultur die Bürgerbeteiligung bei Entscheidungsprozessen fördern. Dazu sollen möglichst viele Personen für Themen wie Klima- und Umweltschutz, aber auch für die damit einhergehenden, vielschichtigen gesellschaftlichen Zusammenhänge sensibilisiert

¹⁰⁹ Siehe <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/teilhabe-am-umweltschutz/umweltinformationen/umweltinformationssystem/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹¹⁰ Siehe <https://www.digital-bw.de/-/smarte-umweltdaten-baden-wuerttemberg> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹¹¹ Siehe <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/projekte/crowdsensing-bodensee/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

werden. Digitale Technologien wie interaktive Lernspiele, Videos und Simulationen unterstützen dabei die klassische Umweltdidaktik. Zum Beispiel erhalten Bürgerinnen und Bürger Informationen rund um die Energiewende in Baden-Württemberg auf einer Webseite.¹¹² Mit dem Projekt „Energiewende digital“ werden wirklichkeitsgetreuen Visualisierungen und Solar- und Windkraftanlagen entwickelt. Dies erlaubt Anwohnerinnen und Anwohner sich ein konkretes Bild über das Ausmaß von Entscheidungen zu machen.¹¹³

Das Bewusstsein für Umwelt- und Klimaschutz nimmt grundsätzlich zu. Bei einer Befragung des Umweltbundesamtes (2020) zeigt sich, dass im Jahr 2019 rund 68 Prozent der Bevölkerung das Thema Umwelt- und Klimaschutz als sehr wichtige Herausforderung ansehen. Gegenüber der Befragung im Jahr 2018 hat das Thema somit weiter an Bedeutung gewonnen und ist erstmals auf dem ersten Platz. Das Problembewusstsein für Fragen des Umwelt- und Klimaschutzes ist besonders bei Jugendlichen präsent. 2019 finden 81 Prozent der 14- bis 22-Jährigen Umwelt- und Klimaschutz sehr wichtig, während es in der Stichprobe ab 23 Jahren nur 67 Prozent sind. Es zeigt sich, dass Ältere weniger sensibilisiert sind als Jüngere und gegebenenfalls auf anderen Kanälen adressiert werden müssen.

Fazit

Baden-Württemberg hat das partizipative Potenzial digitaler Technologien erkannt und bietet ein umfangreiches Spektrum an digitalen Partizipationsmöglichkeiten im Bereich Klima- und Umweltschutz an. Offen bleibt die Frage, wie stark und von welchen Bevölkerungsgruppen die Angebote tatsächlich in Anspruch genommen werden. Zum Beispiel könnten Ältere die Angebote seltener nutzen, diese haben jedoch auch im Schnitt ein geringeres Umweltschutzbewusstsein. Technikunerfahrene Gruppen nutzen digitale Partizipationsmöglichkeiten eventuell ebenfalls seltener. Doch auch diese gilt es in eine offene (digitale) Informationskultur zu integrieren.

4.3.5 Gesamtfazit

Digitale Technologien besitzen große Potenziale für Klima- und Umweltschutz. Sie verbessern die Quantität und Qualität von Informationen, was einen effizienteren Umgang

¹¹² Siehe <https://energiewende.baden-wuerttemberg.de/ueberblick> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹¹³ Siehe <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/projekte/energiewende-digital/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

mit Energie und Ressourcen ermöglicht. Jedoch stellen digitale Technologien auch eine Gefahr für Klima und Umwelt dar, denn sie eröffnen neue Konsummöglichkeiten, verbrauchen selbst Energie und ihre Herstellung benötigt Rohstoffe, die nicht zwangsläufig wiederverwertet werden.

Mit dem Thema Nachhaltigkeit als Leitlinie der bisherigen Digitalisierungsstrategie hat Baden-Württemberg entscheidende Weichen gestellt. So lassen sich einerseits die Chancen der Digitalisierung für Klima- und Umweltschutz bestmöglich nutzen. Andererseits können Herausforderungen für eine nachhaltige Entwicklung rechtzeitig erkannt und gemeistert werden. Nun gilt es Fahrt aufzunehmen, um die Klimaschutzziele auch im Jahr 2030 zu erreichen. Die Potenziale der Digitalisierung für den Klima- und Umweltschutz sind in vielen Bereichen bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Zudem könnten Herausforderungen wie der Eigenenergieverbrauch digitaler Technologien und die sachgerechte Entsorgung der Geräte noch ambitionierter angegangen werden. Transparenz und Erfolgskontrolle der jetzt laufenden Maßnahmen ist darüber hinaus von großer Bedeutung. Denn nur so lässt sich bewerten, ob diese tatsächlich dabei helfen die festgesetzten Ziele zu erreichen. Eine zukünftige Landesstrategie für eine nachhaltige Digitalisierung sollte außerdem Verhaltensänderungen bedingt durch die Corona-Krise berücksichtigen. Zum Beispiel hat die Pandemie gezeigt, dass sich viele CO₂-intensive Dienstreisen durch Videokonferenzen ersetzen lassen. Zudem verändert das Arbeiten im Home Office den Energieverbrauch maßgeblich. So wird der Weg zur Arbeit seltener zurückgelegt. Allerdings wird die Strecke zur Arbeit auf lange Sicht eventuell weiter werden, da diese nun nicht mehr täglich auf sich genommen werden muss.

Baden-Württemberg war das erste Bundesland, das Digitalisierung und ökologische Nachhaltigkeit umfassend verbindet und nimmt damit eine Vorbildfunktion innerhalb der Bundesländer ein. Ein stärkerer Austausch mit anderen Bundesländern könnte bewirken, dass das Thema auch in diesen intensiver behandelt wird. Dies würde Synergien fördern sowie schnellere Erfolge auf Bundesebene unterstützen. Schleswig-Holstein hat diesbezüglich mittlerweile nachgezogen.¹¹⁴

¹¹⁴ Siehe z. B. https://www.kommune21.de/meldung_35844_Digitalisierungsprogramm+2.0.html (letzter Abruf am 22.03.2021).

4.4 Cybersicherheit

Neben all ihren neuen Möglichkeiten in Bereichen wie Gesundheit, Mobilität oder Nachhaltigkeit bietet die fortschreitende Digitalisierung auf der anderen Seite neue technologiebasierte, schädliche Angriffspunkte auf Verbraucherinnen und Verbraucher, Unternehmen sowie den Staat. Ein ausreichendes und kontinuierlich an die Gefahren angepasstes Sicherheitsniveau muss daher gewährleistet werden, um sämtliche Potenziale der Digitalisierung ausschöpfen zu können. Vor diesem Hintergrund hat der Bereich der IT- oder Cybersicherheit in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und ist stärker in den Fokus von Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern, aber auch der allgemeinen Bevölkerung gerückt (Erdsiek und Rost 2021). Eine besondere Herausforderung ist in diesem Zusammenhang die hohe Dynamik und Vielzahl beobachteter Angriffsmethoden (EFI 2020). Die steigende Bedeutung der Cybersicherheit für die Gesamtwirtschaft zeigt sich auch an den Entwicklungen der IT-Sicherheitswirtschaft selbst. So wuchs die Bruttowertschöpfung in diesem Sektor von 2010 bis 2017 nominal um durchschnittlich 5,6 Prozent pro Jahr (EFI 2020; Hryhorova und Legler 2019).

4.4.1 Cybersicherheit der Verbraucher

Einen ähnlich positiven Trend weist auch die allgemeine Internetnutzung der Verbraucherinnen und Verbraucher in Deutschland auf. Laut des D21-Digital-Indexes 2020/2021 sind 88 Prozent der deutschen Bevölkerung zumindest ab und zu online, 80 Prozent auch über mobile Internetnutzung. Andere Quellen weisen marginal höhere Werte aus.¹¹⁵ Baden-Württemberg liegt mit 89 Prozent der Befragten auf Platz vier hinter Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Bei der mobilen Internetnutzung, die in den vergangenen Jahren deutlich stärker gestiegen ist als die stationäre, befindet sich Baden-Württemberg mit 79 Prozent nur im Mittelfeld (Initiative D21 2021). Passend dazu verläuft auch der Umsatz im Online-Handel weiter ansteigend, wenn auch mit sinkenden Wachstumsraten, und lag zuletzt bei über 50 Milliarden Euro pro Jahr. Beide Indikatoren

¹¹⁵ S. beispielsweise die Computer- und Internetnutzung im ersten Quartal des jeweiligen Jahres von Personen ab 10 Jahren durch das Statistische Bundesamt (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/IT-Nutzung/Tabellen/zeitvergleich-computernutzung-ikt.html;jsessionid=64D0DEF3158E554E09B64890A1AC945A.internet722>, letzter Abruf am 04.03.2021) oder den Anteil der Internetnutzer in Deutschland in den Jahren 1998 bis 2020 (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36009/umfrage/anteil-der-internetnutzer-in-deutschland-seit-1997/>, letzter Abruf am 04.03.2021).

sind Anzeichen für eine stärkere Exposition der Bevölkerung gegenüber Cybersicherheitsrisiken und entsprechenden Gefahren. Dass neben Unternehmen dabei auch Verbraucherinnen und Verbraucher Opfer von Sicherheitsvorfällen werden, zeigt eine Studie des Bitkom (2020d) basierend auf einer repräsentativen Umfrage von rund 1.000 Internetnutzerinnen und -nutzern. Demnach waren 55 Prozent der Befragten im vorangegangenen Jahr Opfer von mindestens einem kriminellen Vorfall im Internet, 5 Prozentpunkte mehr als ein Jahr zuvor. Am häufigsten verwiesen die Befragten auf Schadprogrammangriffe auf Computer oder Smartphone (46 Prozent), gefolgt von ungefragter Datenweitergabe an Dritte (26 Prozent) sowie Betrug bei Online-(Ver)Käufen (19 Prozent). Die Verlässlichkeit der Daten ist jedoch nicht eindeutig geklärt. So spricht das BSI (2020) von weniger, aber immerhin noch 25 Prozent, die in den vorangegangenen zwölf Monaten Opfer von Kriminalität im Internet wurden. Die Initiative Deutschland sicher im Netz e.V. unter der Schirmherrschaft des Bundesinnenministers zeichnet hingegen auf Basis ihrer jährlichen Umfrage ein in der Summe etwas positiveres Bild. Auf Basis von Informationen zur Anzahl von Sicherheitsvorfällen, dem Verunsicherungsgefühl bei Verbraucherinnen und Verbrauchern, deren Sicherheitswissen und Sicherheitsverhalten wird jährlich ein Sicherheitsindex berechnet, der im Vergleich zum Vorjahr um 0,5 Punkte auf 62,8 Punkte angestiegen ist.¹¹⁶ Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass auch hier das Verunsicherungsgefühl zugenommen hat und die Diskrepanz zwischen theoretischem Sicherheitswissen und der Anwendung dessen die Wissens-Verhaltens-Lücke weiter ansteigen lässt (DsiN 2020). Der schlechteste Wert ergibt sich dabei für die Gruppe der „Außenstehenden Nutzerinnen und Nutzer“, die überwiegend als weiblich, eher seltener online und mit einem höheren Anteil älterer Personen gekennzeichnet ist. Hier ist darauf zu achten, eine Zunahme des Sicherheitsgefälles innerhalb der Gesellschaft zu vermeiden und für einen Ausgleich zu sorgen.

4.4.2 Cybersicherheit in Unternehmen

Auch für Unternehmen stellen Sicherheitsvorfälle über digitale Kanäle eine besondere Bedrohung dar, da sie in besonderem Maße von einer funktionierenden IT abhängig sind. Diese Bedrohung kann sich beispielsweise in Form von Diebstahl und Missbrauch von Daten, Datenverschlüsselungen, finanziellen Erpressungen oder auch erzwungenen Be-

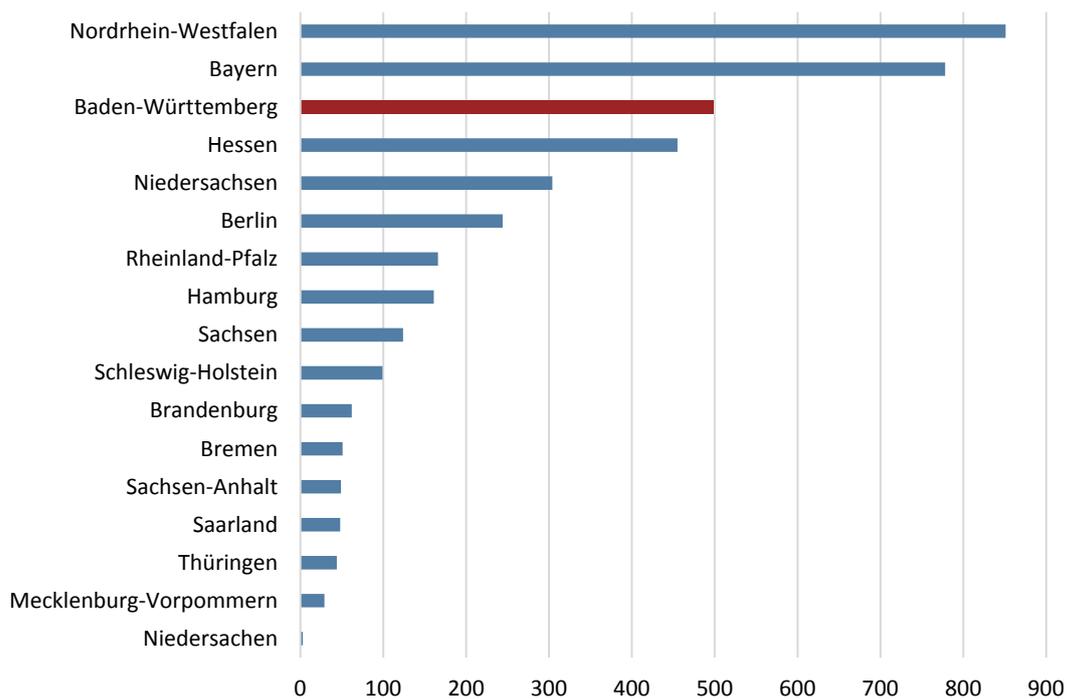
¹¹⁶ Ein Wert oberhalb von 50 bedeutet dabei, dass das Schutzniveau der Verbraucherinnen und Verbraucher die Bedrohungslage übersteigt.

triebspausen manifestieren. Hierzu trägt unter anderem die Vielzahl neuer Schadprogramm-Varianten (117,4 Millionen im Berichtszeitraum) bei, die anfänglich dementsprechend nicht als Schadprogramm identifizierbar waren (BSI 2020). Auch die Corona-Pandemie als gesellschaftlich relevantes Thema wurde von Cyber-Kriminellen genutzt, um sich mithilfe von Phishing-Kampagnen und Betrugsversuchen zu bereichern (BKA 2020). In seinem aktuellen Studienbericht zu Spionage, Sabotage und Datendiebstahl berichtet der Bitkom (2020e) von einer Zunahme der Angriffe auf Unternehmen in den beiden Jahren zuvor. In sieben von zehn Unternehmen hätten digitale Angriffe einen Schaden verursacht, im Jahr 2017 traf dies nur auf 43 Prozent zu. Insbesondere Angriffe auf Passwörter, Infizierungen mit Schadsoftware oder Malware sowie Phishing-Angriffe wurden von den Unternehmen entdeckt. Demnach überrascht nicht, dass 74 Prozent der Unternehmen angeben, Cyberattacken hätten in den letzten zwei Jahren stark bzw. eher zugenommen. Der durch Industriespionage, Sabotage oder Datendiebstahl insgesamt in Deutschland entstandene Schaden belief sich auf durchschnittlich 102,9 Milliarden Euro pro Jahr. Auch die Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage von Unternehmen der Informationswirtschaft und des verarbeitenden Gewerbes im dritten Quartal 2019 weisen auf einen erwarteten (starken) Anstieg der Gefährdung durch Cyberangriffe in den folgenden drei Jahren hin. Besonders problematisch ist dabei der Umstand, dass die vorherrschenden Cyber Risiken in einem Drittel der Unternehmen negative Konsequenzen für die Innovationsfähigkeit der Unternehmen nach sich ziehen. Als Gegenmaßnahmen greifen die Unternehmen zu verschiedenen Strategien, z. B. der Erhöhung der IT-Sicherheitsinvestitionen oder Investitionen in die IT-Weiterbildung (Bertschek und Janßen 2020). Die Expertenkommission Forschung und Innovation empfahl in ihrem jährlichen Gutachten 2020 zur Verringerung der Cybergefahren u. a. Maßnahmen zur Deckung des Fachkräfte- und Kompetenzbedarfs sowie einer verbesserten Informationslage zu Cyberbedrohungen (EFI 2020).

Die Cybersicherheit in der deutschen Wirtschaft zu erhöhen und diese gegenüber Angriffen widerstandsfähiger zu machen, beabsichtigt auch die Allianz für Cybersicherheit. Dabei handelt es sich um eine 2012 gegründete Initiative des BSI in Zusammenarbeit mit dem Branchenverband Bitkom, der aktuell 4.772 Teilnehmende angehört. Abbildung 4-3 zeigt die Anzahl der Teilnehmenden je Bundesland. Wie bereits im Jahr 2017 führen Nordrhein-Westfalen und Bayern die Länderliste weiterhin an. Erfreulicherweise konnte Baden-Württemberg von Platz vier auf Platz drei vorrücken und ist nun mit 498 Teilnehmenden vertreten. Bei den Partnern und Multiplikatoren der Allianz für Cybersicherheit findet sich Baden-Württemberg eher im Mittelfeld (s. Abbildung 6-15 und Abbildung 6-16

im Anhang). Unternehmen und Institutionen profitieren von einer Teilnahme durch die bereitgestellte Expertise des BSI sowie der Interaktion und dem Erfahrungsaustausch mit weiteren Beteiligten.

Abbildung 4-3: Anzahl der Teilnehmer der Allianz für Cyber-Sicherheit nach Bundesländern



Quelle: Liste der Teilnehmer auf <https://www.allianz-fuer-cybersicherheit.de>, Stand 24. Februar 2021, Berechnungen des ZEW. Anmerkung: 16 Prozent aller Teilnehmer sind nicht öffentlich aufgeführt (oder ohne Angabe der Adresse) und lassen sich somit auch keinem Bundesland zuordnen.

4.4.3 Cybersicherheit in Baden-Württemberg

Um potenziellen Gefahren von Cyberrisiken zu begegnen und diese präventiv zu verringern, greift auch das Land Baden-Württemberg auf verschiedene Initiativen zurück. Beispielhaft wäre hier das kürzlich geschlossene Memorandum of Understanding zwischen Israel und Baden-Württemberg zu nennen.¹¹⁷ Israel zeichnet sich durch eine stärkere

¹¹⁷ S. auch <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/cybersicherheitskooperation-mit-israel-vereinbart-1/> (letzter Abruf am 08.03.2021).

Spezialisierung auf Cybersicherheit und langjährige Erfahrung in diesem Bereich aus, von der auch Baden-Württemberg im Rahmen der Kooperation profitieren könnte (EFI 2020). Seit Anfang 2019 ist das BSI mit einem Verbindungsbüro in Stuttgart vertreten. Es ist Anlaufstelle für Unternehmen und Institutionen in Baden-Württemberg und in Bayern.¹¹⁸

Am KIT in Karlsruhe befindet sich mit KASTEL der Sitz eines der drei im Jahr 2011 vom Bund initiierten und geförderten Kompetenzzentren zur IT-Sicherheit, das nach erfolgreicher Evaluation nun dauerhaft gefördert wird.¹¹⁹

Ebenfalls zu erwähnen ist an dieser Stelle das Gesetz zur Verbesserung der Cybersicherheit im Land, das im Februar 2021 in Kraft trat.¹²⁰ Mit diesem soll der Schutz der Informationstechnik des Landes durch landesweite Sicherheitsmaßnahmen forciert und dem Wachstum von Cyberangriffen entgegengewirkt werden. Besondere Bedeutung kommt hierbei der Cybersicherheitsagentur als neuer Sicherheitsbehörde zu, deren Einrichtung im Februar 2021 vom Landtag beschlossen wurde.¹²¹ Diese soll u. a. der besseren Vernetzung verschiedener Akteure, der Erhöhung staatlicher Cyberabwehr, der Durchsetzung von Sicherheitsstandards und Gewährleistung von Systemsicherheiten dienen.¹²² Um einen langfristigen Erfolg der Einrichtung zu gewährleisten, sind klare Definitionen und Verantwortlichkeiten genauso relevant wie eine noch effizientere Einbindung aller Akteure der Cybersicherheit in Baden-Württemberg.

4.4.4 Fazit

Die erweiterte digitale Vernetzung und Digitalisierung verschiedenster Lebensbereiche steigert auch das Maß, in dem Verbraucherinnen und Verbraucher, Unternehmen und

¹¹⁸ Siehe <https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Pressemitteilungen/Presse2019/Verbindungsbuero-Stuttgart-140219.html> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹¹⁹ Siehe <https://www.kastel.kit.edu/> sowie https://www.kit.edu/kit/pi_2021_016_kit-starkt-it-sicherheitsforschung.php (letzter Abruf am 21.03.2021).

¹²⁰ Siehe https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEwiXo6Lyj8vvAhUGrRQKHSdsBpgQFjAEegQICxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.landtag-bw.de%2Ffiles%2Flive%2Fsites%2FLTBW%2Ffiles%2Fdokumente%2FWP16%2FDrucksachen%2F9000%2F16_9723_D.pdf&usg=AOvVaw24z--snGssf1Fp-4fl8R8K (letzter Abruf am 23.03.2021).

¹²¹ Siehe <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/die-cybersicherheitsagentur-kommt/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

¹²² S. auch <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/einrichtung-einer-cybersicherheitsagentur/> (letzter Abruf am 08.03.2021).

staatliche Einrichtungen Gefahren durch digitale Angriffe ausgesetzt sind. Diese können sowohl zu unbegründeter, übermäßiger Ablehnung technologischer Innovationen im privaten Bereich führen, aber eben auch schwere finanzielle Schäden bei fehlender Cybersicherheit nach sich ziehen. Neben umfangreicher Aufklärungskampagnen und Sensibilisierungsmaßnahmen werden für private Nutzerinnen und Nutzer beispielsweise regelmäßige Updates, Vorsicht oder die Nutzung von Mehr-Faktor-Authentifizierungen empfohlen.¹²³ In der Wirtschaft ist für Informationsmöglichkeiten, geschultes Personal, verlässliche Darstellungen der aktuellen Sicherheitslage und Potenziale zu Vernetzung und Austausch von Best-Practice-Beispielen von verschiedenen Akteuren Sorge zu tragen. Mit neueren Projekten wie der Cybersicherheitsagentur verfolgt Baden-Württemberg u. a. das Ziel, die Vernetzung verschiedener Akteure zu verbessern, Sicherheitsstandards durchzusetzen und Systemsicherheiten zu gewährleisten. Über das genaue Ausmaß vergangener Schadensvorfälle in Baden-Württemberg und Approximationen der aktuellen Sicherheit sind mangels geeigneter Daten leider keine genauen Aussagen zu treffen.

¹²³ S. auch <https://www.bitkom.org/Themen/Datenschutz-Sicherheit/Sicherheit/6-Tipps-fuer-die-IT-Sicherheit> (letzter Abruf am 08.03.2021).

5 Zusätzliche Themenbereiche

5.1 Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Digitalisierung / das gesellschaftliche Bewusstsein für den digitalen Wandel

Die im Jahr 2020 begonnene Corona-Pandemie hatte aufgrund der unternommenen Sofortmaßnahmen und notwendigen Lockdowns innerhalb kürzester Zeit tiefgreifende Auswirkungen auf sämtliche Wirtschafts- und Lebensbereiche. Der Gesundheitssektor sah sich Herausforderungen im Umgang mit einer Vielzahl an Infizierten ausgesetzt, der Präsenzunterricht an Schulen und Hochschulen wurde teilweise unterbrochen, Unternehmen mussten innerhalb kürzester Zeit die Möglichkeiten des mobilen Arbeitens eruieren und Individuen weitestgehend auf persönliche Kontakte verzichten. Hierbei wurde auf vielfältige Weise auf digitale Methoden zurückgegriffen, sowohl in der beruflichen (Zusammen-)Arbeit und Kommunikation als auch im privaten Kontext. Die äußere Notwendigkeit zeigte einmal mehr die enormen Potenziale der Digitalisierung auf, identifizierte aber auch Bereiche mit Aufholbedarf.

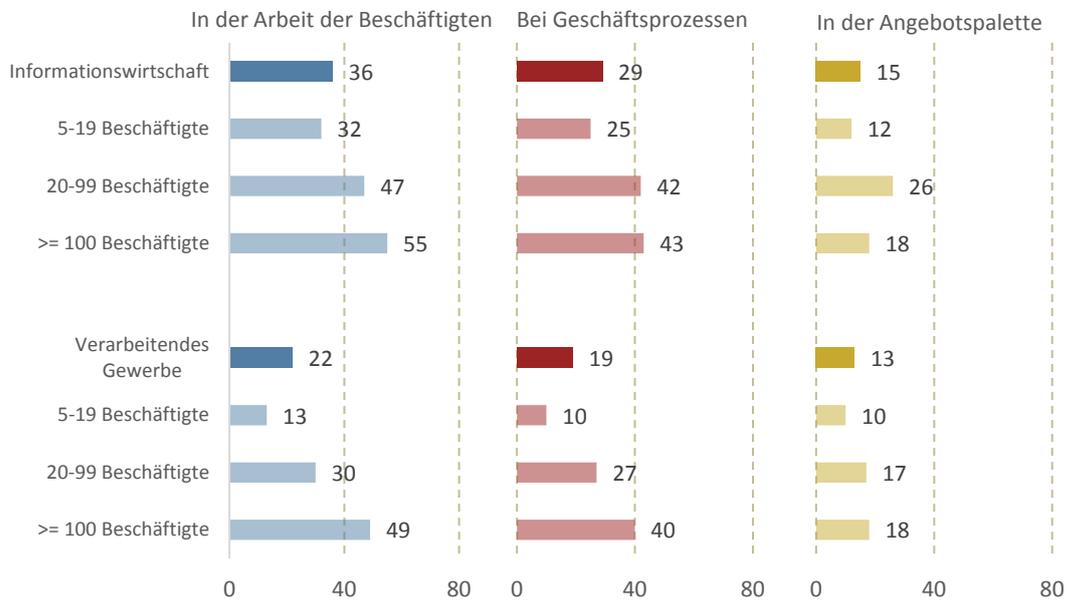
5.1.1 Digitalisierung in Unternehmen

Unternehmen mussten im vergangenen Jahr kurzfristig Handlungsspielräume erarbeiten, mit denen die eigenen Prozesse und die Arbeit der Beschäftigten unter größtmöglichem Verzicht auf direkte Kontakte umgesetzt werden konnten. Während Produktionsstätten oder Einrichtungen des verarbeitenden Gewerbes nur im begrenzten Umfang auf die Arbeit von zu Hause zurückgreifen konnten, stieg der Anteil der Unternehmen, in denen mindestens 51 Prozent der Beschäftigten regelmäßig mindestens einmal wöchentlich im Homeoffice gearbeitet hat, in der Informationswirtschaft von 4 Prozent vor der Krise auf 27 Prozent während der Krise. Auch für die auf die Corona-Krise folgende Zeit planen insbesondere größere Unternehmen langfristige Ausweitungen der Homeoffice-Angebote (Erdsiek 2020).

Eine Erhöhung des Digitalisierungsgrades haben Unternehmen aber nicht nur in der Arbeit der Beschäftigten wahrgenommen, wie Berechnungen des ZEW aus dem dritten Quartal 2020 zeigen (Erdsiek 2020). Eine entsprechende Verstärkung sahen Unternehmen zwar besonders häufig in diesem Bereich, doch auch in Geschäftsprozessen und der Angebotspalette waren Veränderungen erkennbar. In der Informationswirtschaft war der Anteil der Unternehmen, auf die dies zutrif, jeweils höher als im verarbeitenden Ge-

werbe (s. Abbildung 5-1). So verzeichneten 36 Prozent der Unternehmen in der Informationswirtschaft und 22 Prozent derjenigen im verarbeitenden Gewerbe eine erhöhte Digitalisierung in der Arbeit der Beschäftigten. Bei Geschäftsprozessen traf dies auf 29 Prozent in der Informationswirtschaft und 19 Prozent im verarbeitenden Gewerbe, in der Angebotspalette auf 15 bzw. 13 Prozent zu. Der Anteil der Unternehmen je Gruppe war dabei in der Regel positiv mit der Unternehmensgröße verbunden.

Abbildung 5-1: Anteil der Unternehmen, die ihren Digitalisierungsgrad in verschiedenen Bereichen durch die Corona-Krise erhöht haben



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Erdsiek 2020). Lesebeispiel: 32 Prozent der Unternehmen mit 5 bis 19 Beschäftigten in der Informationswirtschaft haben durch die Corona-Krise den Digitalisierungsgrad in der Arbeit der Beschäftigten erhöht.

Eine entsprechende Entwicklungstendenz war bereits zu Beginn der Corona-Pandemie ersichtlich, wie der Wirtschaftsindex DIGITAL Baden-Württemberg zeigt. Dieser misst den Digitalisierungsgrad in Unternehmen in Baden-Württemberg und lag 2020 bei 55 von maximal 100 Punkten, allerdings mit deutlichen Zuwächsen für einzelne Branchen. Zudem gab die Mehrzahl der befragten Unternehmen an, der Digitalisierung insgesamt eine größere strategische Bedeutung beizumessen, ein Umstand der in gesteigener Investitionsbereitschaft zum Ausdruck käme (Kantar 2020). Im Vergleich zur Analyse im Jahr 2017

hat sich die Digitalisierung aggregiert betrachtet nicht verändert (Kantar und ZEW 2017). Während einige Branchen jedoch digitaler wurden (z. B. IKT-Wirtschaft, Finanz- und Versicherungsdienstleistungen oder die Chemie- und Gesundheitsindustrie), erlebte beispielsweise der Handel einen Rückgang des Digitalisierungsgrades.

Auch eine weitere Studie zur Entwicklung der Innovations- und Digitalisierungsaktivitäten während der ersten sechs Monate der Corona-Pandemie verweist auf einen leichten Digitalisierungsschub in ausgewählten Bereichen (Zimmermann 2021). Während 23 Prozent der untersuchten Unternehmen ihre Digitalisierungsaktivitäten erweitert haben, wurden sie in nur 14 Prozent der Unternehmen reduziert. Insbesondere die erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der Lockdown-Perioden und zur Kontaktvermeidung am Arbeitsplatz mögen hierzu beigetragen haben. Allerdings besteht anhand der Aktivitätsdynamiken im Zeitverlauf die Befürchtung, dass der angesprochene Digitalisierungsschub vor allem durch die Anfangszeit der Corona-Krise getrieben wurde und mit der Zeit nachlässt bzw. sich aufgrund anhaltender finanzieller Beschränkungen ins Gegenteil umkehrt.

Finanzielle Beschränkungen und damit einhergehende Umsatzeinbußen stehen darüber hinaus in engem Zusammenhang mit rückläufigen Innovationsaktivitäten in den befragten mittelständischen Unternehmen. Während 25 Prozent der Unternehmen von Rückgängen bei ihren Innovationsaktivitäten berichteten, konnten diese nur von 10 Prozent im gleichen Zeitraum ausgeweitet werden. Insbesondere das verarbeitende Gewerbe, der Handel- und Dienstleistungssektor waren hiervon betroffen, während in der Baubranche nur 14 Prozent der Unternehmen mit rückläufigen Aktivitäten, fünf Prozent mit ausgeweiteten gegenüberstanden. Ein Beibehalten oder Steigern der Innovations- und Digitalisierungsanstrengungen war vordergründig bei größeren Mittelständlern und solchen mit Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in der Vergangenheit möglich. Die bereits bestehende Diskrepanz zwischen großen und kleineren bzw. FuE-treibenden Unternehmen und Unternehmen ohne FuE-Aktivität hat sich demnach durch die Corona-Krise tendenziell vergrößert.

Neben eingeschränkten finanziellen Möglichkeiten leisteten einer Umfrage des ZEW Mannheim im Auftrag der EFI (2021) zufolge auch die nachgelassene Nachfrage nach innovativen Produkten und Diensten oder eingeschränkte Verfügbarkeiten von FuE-Kooperationspartnern und -Personal einen Beitrag zu Beeinträchtigungen der Innovationsaktivitäten von Unternehmen. Wie lange die Schwächung dieser auch über ein Ende der Corona-Pandemie hinaus anhält, ist unsicher. Unternehmen mögen in dieser Hinsicht vor Entscheidungen zu Investitionen in eine höhere Krisenresistenz auf der einen und einer

höheren Wettbewerbsfähigkeit auf der anderen Seite stehen. Hinsichtlich staatlicher Maßnahmen könnten sie hierbei von geeigneten Fördermaßnahmen genauso profitieren wie von allgemeinen Verbesserungen der innovationsbezogenen Rahmenbedingungen, wie sie z. B. Investitionen des Bundes in Künstliche Intelligenz oder den Ausbau der 5G- und Glasfasernetze darstellen (Zimmermann 2021; EFI 2021). Auch die vom Land Baden-Württemberg auf den Weg gebrachte Förderlinie „Digitalisierungsprämie Plus“ kann hierbei einen Beitrag zur Umsetzung digitaler Projekte und der Gewährleistung einer adäquaten IT-Sicherheit leisten.¹²⁴

5.1.2 Digitalisierung in der Gesellschaft und Bewusstsein für den digitalen Wandel

Doch nicht nur für Unternehmen und deren Beschäftigte hatte die Corona-Pandemie bisher tiefgreifende Auswirkungen. Ebenso waren Individuen im privaten Kontext von verschiedenen Maßnahmen zur Risikovermeidung und -senkung betroffen, in Schulen und Universitäten bedurfte es innovativer und schnell umgesetzter digitaler Lehrformate und in öffentlichen Institutionen Wege zum Anbieten digitaler Verwaltungsleistungen. In vielerlei Hinsicht zeigte die Krise hierbei großen Handlungs- und Aufholbedarf für Deutschland auf. Zuvorderst wird hier die Digitalisierung im Bildungswesen angeführt. Trotz des 2019 verabschiedeten DigitalPakt Schule, fehlt es auch in Baden-Württemberg weiterhin an digitaler Infrastruktur und Ausstattung.¹²⁵ Ebenso ist die Integration darauf angepasster Lernmaterialien sowie digitaler Medien in den Bildungsalltag zu forcieren (Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2020).

Auch wenn aufgrund der immensen Bedeutung digitaler Lösungen in jeglichen Lebensbereichen während der Pandemie das Bewusstsein für technologische und digitale Veränderungen gestiegen sein mag, sind explizite wissenschaftliche Analysen und Untersuchungen zu den Auswirkungen der Corona-Krise hierauf bisher rar. So gibt es laut einer Studie Anzeichen dafür, dass Verbraucherinnen und Verbraucher digitalen Lösungen der öffentlichen Verwaltung offener gegenüberstehen und für 75 Prozent der Befragten erscheint eine digitale Abwicklung von Behördengängen zukünftig vorstellbar. Einen nachweisbaren Effekt durch die Corona-Pandemie finden die Autoren hierbei jedoch nicht

¹²⁴ S. auch <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/antragsneustart-fuer-digitalisierungspraemie-plus/> (letzter Abruf am 09.03.2021).

¹²⁵ S. auch <https://www.lpb-bw.de/schule-und-corona#c58831> (letzter Abruf am 09.03.2021).

(Initiative D21 und TU München 2020). Positive Alltagserfahrungen mit digitalen Angeboten kann Deutschlands zurückliegende Position in Bezug auf die Digitalisierungsentwicklung jedoch positiv beeinflussen (Kersting und Graubner 2020).¹²⁶

5.1.3 Fazit

Die Corona-Pandemie hat zum einen zu einem Digitalisierungsschub in Wirtschaft und Gesellschaft geführt und gleichzeitig den Nachholbedarf bei der Digitalisierung offengelegt. Zahlreiche Unternehmen haben seit Beginn des ersten Lockdowns in die Digitalisierung investiert, insbesondere um ihren Beschäftigten die Arbeit im Homeoffice oder mobil zu ermöglichen. Auf der anderen Seite haben u.a. Umsatzeinbußen zu einem Mangel an finanziellen Ressourcen geführt, so dass Innovationsaktivitäten beeinträchtigt wurden. Trotz steigender Offenheit der Bevölkerung gegenüber digitalen Lösungen in den Bereichen Arbeit, Schule und Gesundheit werden die Potenziale bisher nicht voll ausgeschöpft. Daher gilt es nun das Momentum zu nutzen und die digitale Transformation nachhaltig zu beschleunigen. Hierzu tragen eine leistungsfähige und sichere digitale Infrastruktur, die Bildung und Weiterbildung sowie die Entwicklung und Nutzung innovativer Lösungen bei.

5.2 Big Data

In Europa wächst die Menge an Daten, die erstellt, gesammelt und analysiert werden, exponentiell an (IDC und Open Evidence 2017). Weltweit betrachtet könnte das gesamte Datenvolumen von 33 Zettabyte im Jahr 2018 auf 175 Zettabyte im Jahr 2025 steigen (Reinsel et al. 2018). Gründe für diesen rasanten Anstieg der Datenmenge sind die zunehmende Verlagerung von sozialen und ökonomischen Aktivitäten ins Internet sowie eine wachsende Anzahl an vernetzten Maschinen und Sensoren in Betrieben (OECD 2015a).

Die Analyse großer Datensätze aus unterschiedlichen Quellen (Big Data Analysis) bietet das Potenzial, durch datengetriebene Innovationen Produkte und Prozesse zu verbesser-

¹²⁶ S. auch <https://www.tk.de/presse/themen/praevention/gesundheitsstudien/online-befragung-corona-auswirkungen-2087624> zu aktuellen Untersuchungen der Auswirkungen auf die Bereitschaft zur Nutzung technischer Lösungen sowie dem Zusammenhang mit gesundheitlichen Belastungen (letzter Abruf am 09.03.2021).

sern, Geschäftsmodelle zu verändern und neue Märkte zu erschließen (Europäische Kommission 2020c; OECD 2015a). In Europa betrug der Anteil des Bruttoinlandsproduktes der EU-27, welcher durch die Datenökonomie erwirtschaftet wurde, im Jahr 2016 etwa 1,92 Prozent; für Deutschland lag dieser Wert bei etwa 2,2 Prozent (IDC und Open Evidence 2017). Aktuelleren Berechnungen für die EU zufolge ist der Anteil der Datenökonomie am BIP der EU-27 im Jahr 2019 auf 2,6 Prozent gestiegen (IDC und The Lisbon Council 2020).

Die Europäische Kommission und OECD messen der Nutzung und Analyse von Big Data große Bedeutung bei. Mit ihrer Anfang 2020 vorgestellten Datenstrategie verfolgt die Europäische Kommission das Ziel, einen einheitlichen europäischen Datenraum zu schaffen, der es ermöglicht auf der Basis von Daten bessere Entscheidungen zu treffen. Mit der seit 2018 geltenden Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) wird der Umgang mit personenbezogenen Daten geregelt. Die DSGVO soll das Vertrauen der Menschen und Unternehmen im digitalen Umfeld stärken (Europäische Kommission 2020c). Die Bundesregierung hat Anfang 2021 den Entwurf einer Datenstrategie vorgelegt mit dem Ziel, die innovative und verantwortungsvolle Datenbereitstellung und Datennutzung voranzutreiben (Bundeskanzleramt 2021). Die Datenstrategie adressiert vier Handlungsfelder: „Infrastruktur“, „Datennutzung“, „Datenkompetenz“ und „Staat als Vorreiter“.

Mit ihrem Ende 2020 beschlossenen Fahrplan für eine föderale „Datenagenda BW“¹²⁷ bekennt sich die Landesregierung Baden-Württemberg zu den Zielen der nationalen und europäischen Datenstrategien und plant mit konkreten Maßnahmen und Leuchtturmvorhaben zur Umsetzung dieser Strategien beizutragen (digital@bw 2020c). Dabei setzt Baden-Württemberg insbesondere auf seine wirtschaftlichen Stärken und die Potenziale der Künstlichen Intelligenz. So bieten insbesondere die Bereiche B2B, die Gesundheits- und Energiebranche sowie das autonome Fahren Möglichkeiten, Daten zu generieren und diese durch Verfahren der KI auszuwerten.

Im Rahmen ihrer Digitalisierungsstrategie stellt das Land Baden-Württemberg Geodaten über das „Geoportal Baden-Württemberg“ frei zugänglich zur Verfügung, um Unternehmen und Forschenden den Zugriff auf hochwertige Geodaten zu erleichtern und auch

¹²⁷ Siehe <https://www.digital-bw.de/documents/20142/336328/Fahrplan+f%C3%BCr+eine+f%C3%B6derale+Datenagenda+BW.pdf/6b0d8731-7141-1c4b-1ad7-21f00cd05065> (letzter Abruf am 19.03.2021).

Bürgerinnen und Bürgern eine erhöhte Teilhabe zu ermöglichen. Das „Datenportal Baden-Württemberg“ soll den freien Zugriff auf Daten verschiedener Fachdisziplinen ermöglichen, befindet sich derzeit aber noch in der Testphase.

Ein weiterer wichtiger Baustein der Datenstrategie Baden-Württembergs sind die vier Data Science Center.¹²⁸ In diesen Forschungsdatenzentren arbeiten Forschende mit Rechenzentren und Bibliotheken zusammen, um den Zugang und die Nutzung von Forschungsdaten zu vereinfachen. Begleitet werden diese u. a. durch das Projekt bw2FM.¹²⁹ Auch die OPEN! Round-Tables und Konferenzen für digitale Innovation unterstützen den Austausch und Wissenstransfer zwischen Open-Source-Expertinnen und Experten und Anwenderinnen und Anwendern in der Wirtschaft, der öffentlichen Verwaltung und den Kulturbetrieben, um Synergien und Innovationspotenzial zu heben. Drei Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg (Freiburg, Heidelberg und Mannheim) koordinieren zudem bundesweit den Aufbau der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), mit der Datenbestände in Wissenschaft und Forschung systematisch erschlossen werden sollen.¹³⁰

Big Data-Analysen bergen für Unternehmen große Potenziale. Wissenschaftliche Studien belegen, dass Unternehmen, die datengetriebene Entscheidungen treffen, produktiver sind und eine höhere Eigenkapitalrendite und einen höheren Marktwert haben (Brynjolfsson et al. 2011). Ebenso sind Unternehmen, die große Datenmengen systematisch auswerten, eher in der Lage Produktinnovationen zu entwickeln und damit Umsätze zu generieren (Niebel et al. 2019).

Um insbesondere KMU in Baden-Württemberg die Potenziale von Big Data-Analysen zu veranschaulichen, wurde bereits im Jahr 2014 das Smart Data Solution Center Baden-Württemberg (SDSC-BW) initiiert. Hier können sich KMU kostenfrei Smart-Data-Techno-

¹²⁸ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/vier-science-data-centers-in-baden-wuerttemberg/> (letzter Abruf am 22.03.2021).

¹²⁹ Siehe <https://www.forschungsdaten.info/fdm-im-deutschsprachigen-raum/baden-wuerttemberg/fdm-projekte-in-baden-wuerttemberg/bw2fdm/> (letzte Abruf am 21.03.2021).

¹³⁰ Siehe <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-bei-aufbau-nationaler-forschungsdateninfrastruktur-stark-vertreten/> (letzter Abruf am 22.03.2021).

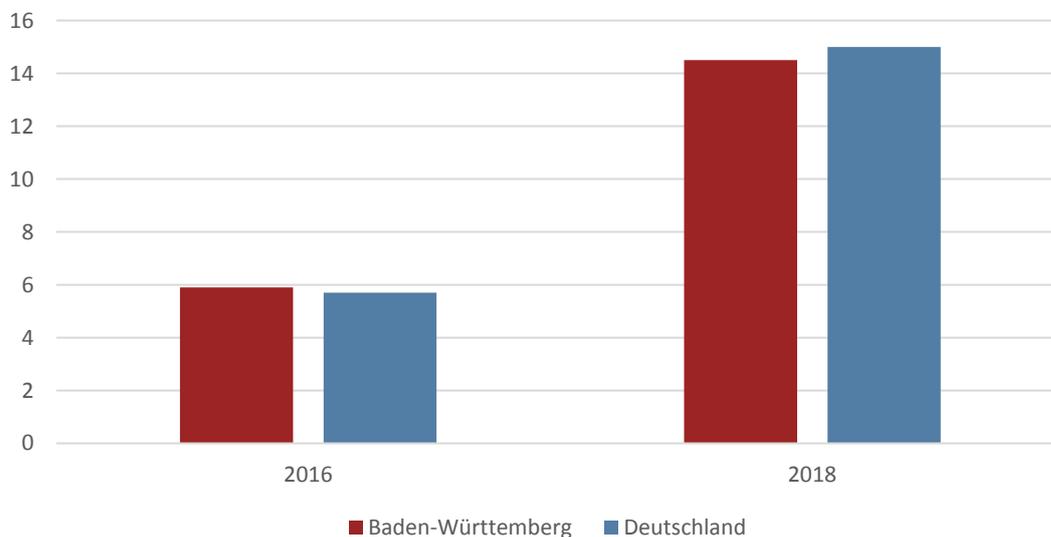
logien im Kontext ihrer eigenen Daten kennenlernen sowie gezielte Weiterbildungsangebote in Anspruch nehmen. Mehr als 200 KMU in Baden-Württemberg haben bisher vom SDSC-BW profitiert.¹³¹

Offiziellen Zahlen von Eurostat zufolge ist im Jahr 2020 die Analyse von Big Data in deutschen Unternehmen mit einer Nutzerrate von 18 Prozent etwas weiter verbreitet als im EU-27-Durchschnitt mit 13 Prozent.¹³² Unter Unternehmen, die insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau und in der Elektro- und Automobilindustrie tätig sind, gibt über die Hälfte der befragten Big Data nutzenden Unternehmen an, dies im Rahmen ihres Qualitätsmanagements zu tun. Jeweils etwa 40 Prozent dieser Unternehmen sehen darin Vorteile für ihre Produktentwicklung und für die Optimierung ihres Vertriebs, während 17 Prozent durch Big Data-Analysen eine bereichsübergreifende Verknüpfung mit Zulieferern erreichen (Staufen AG und Staufen Digital Neonex GmbH 2019). Gründe, die die Nutzung von Daten beeinträchtigen, sind die mangelnde Qualität/Quantität der entsprechenden Daten, das fehlende Budget für die Datenanalyse sowie der Datenschutz (Engels und Goecke 2019).

Der Anteil an Unternehmen, die Big Data Analysen durchführen, hat sich zwischen den Jahren 2016 und 2018 sowohl in Baden-Württemberg als auch in Deutschland mehr als verdoppelt (Abbildung 5-2). Während im Jahr 2016 jeweils unter 6 Prozent der Firmen Big Data nutzten, betrug der Anteil im Jahr 2018 jeweils knapp 15 Prozent. Die Dynamik ist hierbei in Gesamtdeutschland etwas stärker gewesen als in Baden-Württemberg.

¹³¹ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-unterstuetzt-mit-high-performance-computing-und-data-intensive-computing-kmus/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹³² https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_eb_bd/default/table?lang=en (letzter Abruf am 12.03.2021).

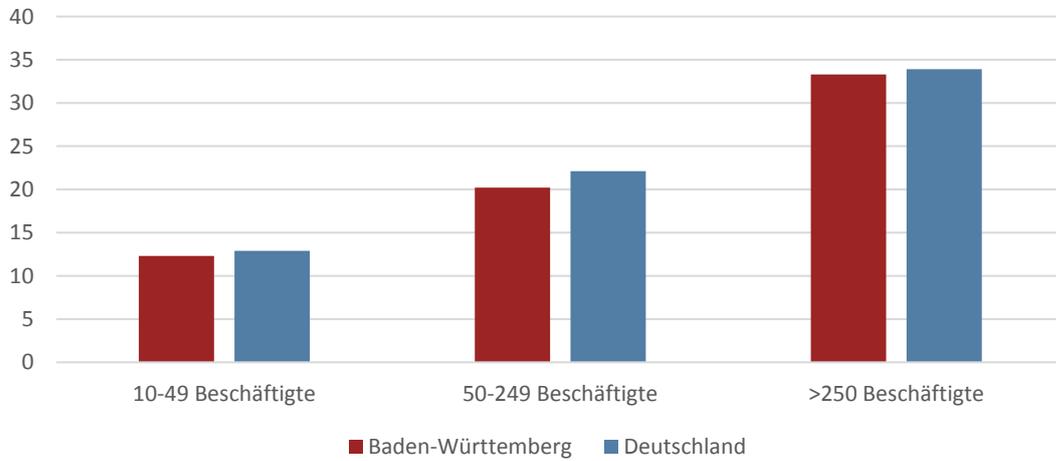
Abbildung 5-2: Anteil an Unternehmen, die Big Data nutzen

Quelle: Destatis 2016, 2018. Eigene Darstellung.

Frage: Hat Ihr Unternehmen im Jahr 2015/2017 Big Data aus folgenden Datenquellen analysiert (auch durch externe Dienstleister)?

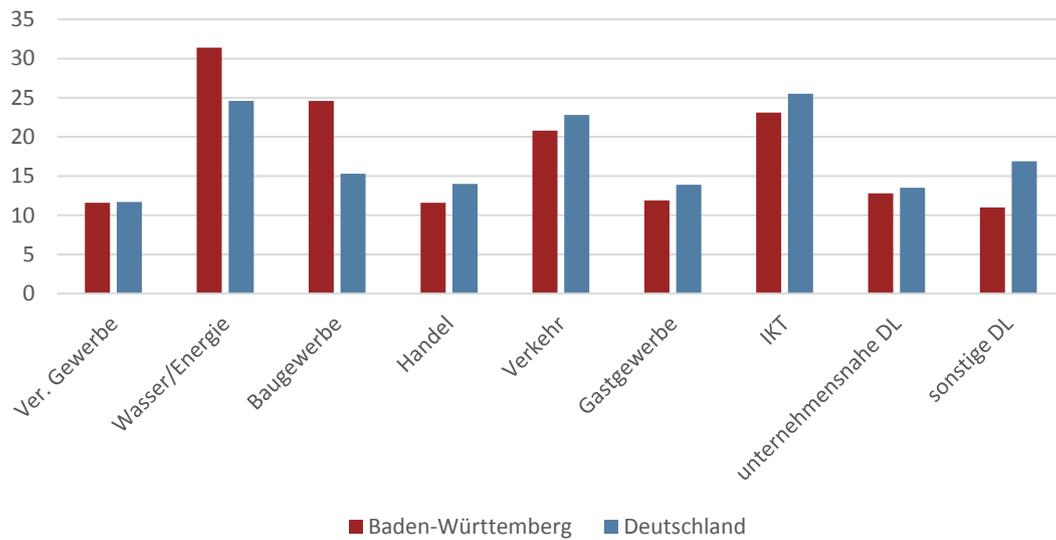
Die Aufschlüsselung der Big Data-Nutzung im Jahr 2018 nach Unternehmensgrößenklassen (Abbildung 5-3) zeigt, dass Big Data insbesondere von großen Unternehmen genutzt wird. Während die Nutzung von Big Data nach Unternehmensgrößenklassen in Baden-Württemberg und Deutschland sehr ähnlich ist, zeigt Abbildung 5-4 – die Aufschlüsselung von Big Data Nutzung nach Wirtschaftszweigen – ein heterogeneres Bild. Während in Baden-Württemberg der höchste Anteil an Big Data analysierenden Unternehmen mit 31,4 Prozent in der „Energie- und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen“ zu finden ist, ist der Anteil deutschlandweit betrachtet mit 25,5 Prozent in der „Information und Kommunikation“-Branche am höchsten. Innerhalb der ausgewiesenen Wirtschaftszweige nutzen in Baden-Württemberg im Bereich „Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen“ relativ betrachtet mit 11,0 Prozent die wenigsten Unternehmen Big Data. Ebenfalls niedrige Anteile lassen sich für die Wirtschaftszweige „Verarbeitendes Gewerbe“, „Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz“ und „Gastgewerbe“ feststellen. In den Wirtschaftszweigen „Energie- und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen“ sowie im „Baugewerbe“ sind die Nutzungsraten von Big Data Analysen in Baden-Württemberg höher als in Gesamtdeutschland.

Abbildung 5-3: Durchführung von Big Data Analysen im Jahr 2018 nach Größenklassen



Quelle: Destatis 2018. Eigene Darstellung. Frage: Hat Ihr Unternehmen im Jahr 2017 Big Data aus folgenden Datenquellen analysiert (auch durch externe Dienstleister)?

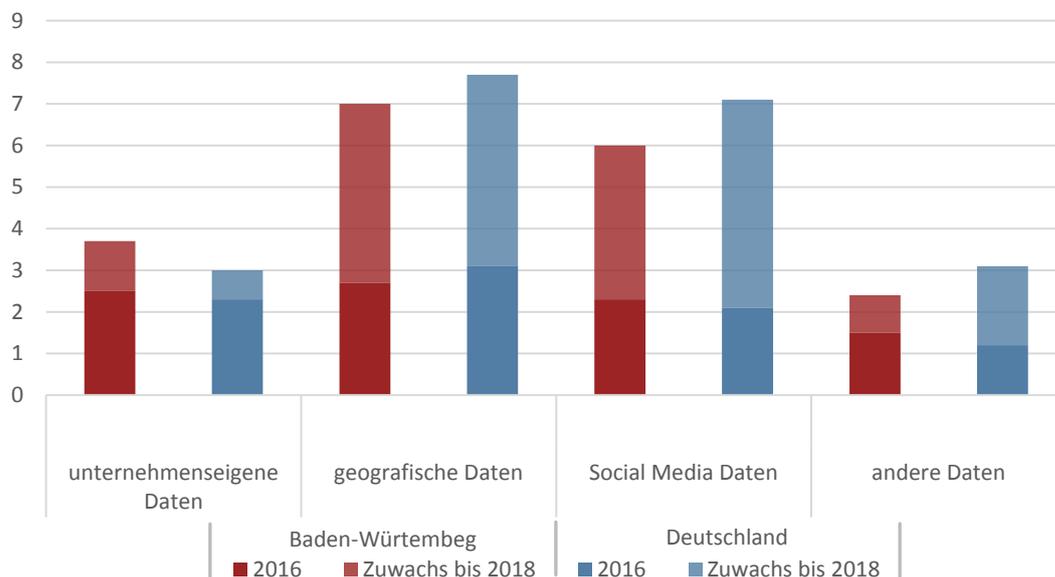
Abbildung 5-4: Nutzung von Big Data Analysen im Jahr 2018 nach Wirtschaftszweig



Quelle: Destatis 2018. Eigene Darstellung. Frage: Hat Ihr Unternehmen im Jahr 2017 Big Data aus folgenden Datenquellen analysiert (auch durch externe Dienstleister)?

Abbildung 5-5 stellt die Nutzung von Big Data aus verschiedenen Datenarten für Baden-Württemberg und Deutschland dar. Zwischen 2016 und 2018 ist der Anteil an Unternehmen, die bestimmte Datenarten nutzen, für alle Datenquellen in Baden-Württemberg und Deutschland gestiegen. Sowohl in Baden-Württemberg als auch in Gesamtdeutschland wurden in den Jahren 2016 und 2018 am häufigsten geografische Daten von tragbaren Geräten ausgewertet: Für Baden-Württemberg liegt der Anteil an Unternehmen, die geografische Daten auswerten, im Jahr 2018 bei 7 Prozent (Deutschland: 7,7 Prozent). Im Vergleich zu 2016 steigt die Nutzungsrate in Baden-Württemberg für diese Datenart mit einem Zuwachs von 4,3 Prozentpunkten am stärksten an. Der größte Zuwachs ist für Gesamtdeutschland bei der Nutzung von Social Media-Daten vorzufinden: Während im Jahr 2016 etwa 2,1 Prozent der Unternehmen Social Media-Daten auswerten (Baden-Württemberg: 2,3 Prozent), ist auch hier die Dynamik in Gesamtdeutschland etwas stärker und der Anteil steigt auf 7,1 Prozent (Baden-Württemberg: 6,0 Prozent). Unternehmenseigene Daten werden relativ gesehen in Baden-Württemberg häufiger ausgewertet: Während die Nutzungsrate von 2,5 Prozent im Jahr 2016 auf 3,7 Prozent im Jahr 2018 steigt, liegt die Nutzungsrate in Gesamtdeutschland im Jahr 2018 bei 3,0 Prozent.

Abbildung 5-5: Datenquellen für Big Data Analysen im Jahr 2018



Quelle: Destatis 2018. Eigene Darstellung.

Frage: Hat Ihr Unternehmen im Jahr 2015/2017 Big Data aus folgenden Datenquellen analysiert (auch durch externe Dienstleister)?

Fazit

Das Land Baden-Württemberg hat die Bedeutung von Daten für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft erkannt und zeigt sich mit seinem Fahrplan zur Datenagenda anschlussfähig zur nationalen und zur europäischen Datenstrategie. Mit seiner vergleichsweise guten Position im Bereich Künstlicher Intelligenz hat Baden-Württemberg gute Voraussetzungen, um auch in der Datenökonomie Fuß zu fassen. Zudem fördert das Land den Aufbau von vier Data Science Center. Es ist wichtig, dass sich Baden-Württemberg aktiv in die nationalen und europäischen Initiativen wie Gaia-X einbringt.

Die Bereitstellung frei zugänglicher Geodaten sollte baldmöglichst um die Bereitstellung von Daten anderer Disziplinen im „Datenportal Baden-Württemberg“ ergänzt werden. Um die Entwicklung der Big Data-Nutzung in der Wirtschaft weiter zu beschleunigen, sollte zudem an den identifizierten Hemmnissen wie zum Beispiel dem fehlenden Know-how angesetzt werden. Die „Qualifizierungsoffensive digitale Kompetenzen“ kann hierzu beitragen. Ein weiterer wichtiger Baustein sind unternehmensübergreifende Kooperationen und Initiativen, die fehlendes internes Know-how ausgleichen können. Sowohl die Digital Hubs als auch das Business Innovation Engineering Center (BIEC) können dabei helfen, Unternehmen den Einstieg in datenbasierte Geschäftsmodelle oder Prozessoptimierung zu erleichtern.

Den hohen Einstiegskosten, die mit der Datensammlung und -analyse verbunden sind, kann mit zielgerichteter Information und mit Anreizen zur Datennutzung begegnet werden. Hierzu können niedrigschwellige Maßnahmen wie die Digitalisierungsprämie sowie das Smart Data Solution Center beitragen, die insbesondere KMU adressieren. Im nächsten Schritt wäre eine weitere Förderung, die explizit auf die Sammlung und Verwertung von Daten zielt, sinnvoll.

5.3 Künstliche Intelligenz (KI)

Der Begriff Künstliche Intelligenz (KI) ist schwer definierbar: „Sehr abstrakt ordnen sich KI-Forscher zwei Richtungen zu: der ‚schwachen‘ und der ‚starken‘ KI. Die ‚starke‘ KI formuliert, dass KI-Systeme die gleichen intellektuellen Fertigkeiten wie der Mensch haben oder ihn darin sogar übertreffen können. Die ‚schwache‘ KI ist fokussiert auf die Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis der Methoden aus der Mathematik und Informatik, wobei die entwickelten Systeme zur Selbstoptimierung fähig sind. Dazu werden

auch Aspekte menschlicher Intelligenz nachgebildet und formal beschrieben bzw. Systeme zur Simulation und Unterstützung menschlichen Denkens konstruiert“ (Deutsche Bundesregierung 2018b). Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf diese sogenannte ‚schwache‘ KI. Sie wird als ein wichtiger Treiber von Innovation angesehen. Mit steigender Diffusion der Technologie werden sich aller Voraussicht nach viele Bereiche des täglichen Lebens grundlegend verändern. Die EU, Deutschland und Baden-Württemberg haben diese anstehende Veränderung erkannt und in den vergangenen Jahren Maßnahmen implementiert.

Die EU hat die folgenden Ziele (Europäische Kommission 2021a) festgeschrieben: Europa an die Spitze der technologischen Entwicklung zu stellen und den Einsatz von KI durch den öffentlichen und privaten Sektor zu fördern, Vorbereitungen auf sozioökonomische Veränderungen, die durch KI entstehen, treffen und Gewährleistung eines angemessenen ethischen und rechtlichen Rahmens. Die Europäische Union beobachtet mit der AI-Watch den Status von KI im öffentlichen Dienst (Misuraca und van Noordt 2020). Zudem gibt es Fortschritte bei der Haftung beim KI-Einsatz (Europäische Kommission 2019c), der Vertrauensbildung zu KI-Systemen (Europäische Kommission 2020g), den ethischen Richtlinien (Europäische Kommission 2019a) und der Kooperationen zwischen Mitgliedsstaaten (Europäische Kommission 2018a). In diesem Kontext schlägt die (Bertelsmann Stiftung und VDE 2020) auch das sogenannte „KI Ethik Label“ vor, das sich an sechs Kriterien bemisst: Gerechtigkeit, ökologische Nachhaltigkeit, Rechenschaftspflicht/Verantwortlichkeit, Transparenz, Privatsphäre und Verlässlichkeit. Dieses „Label“ soll die Akzeptanz von KI-Systemen erhöhen. Im internationalen Kontext gibt es Evidenz, dass sich KI positiv auf die Produktivität von Firmen auswirkt (Damioli et al. 2021).

Deutschland hat im Jahr 2018 die KI-Strategie verabschiedet (Deutsche Bundesregierung 2018b) und im Jahr 2020 fortgeschrieben (Deutsche Bundesregierung 2020b). Die KI-Strategie ist stark verflochten mit der Digitalisierungsstrategie (Deutsche Bundesregierung 2020a) und der Datenstrategie (Bundeskanzleramt 2021) der deutschen Bundesregierung. Beide Papiere beschreiben wichtige „Enabler“ der Künstlichen Intelligenz, wie etwa den Ausbau der digitalen Infrastruktur und den Zugang zu Daten sowie Rechenkapazitäten. Die KI-Strategie der Bundesregierung sieht 3 Milliarden Euro Fördermittel bis Ende 2025 vor, die im Zuge der Fortschreibung der KI-Strategie auf 5 Milliarden (aus Mitteln des Konjunktur- bzw. Zukunftspaketes) aufgestockt wurden. Seit 2020 gibt es zudem eine Bund-Länder-Vereinbarung, die bis zu 133 Millionen Euro Finanzierung für Hochschulbildung im Bereich KI zusichert, die zu 90 Prozent vom Bund und 10 Prozent vom Land getragen wird (BMBF 2021).

In der „ZEW-Innovationserhebung 2019“ hat sich gezeigt, dass Künstliche Intelligenz noch nicht in der breiten Masse eingesetzt wird: Lediglich 5,8 Prozent der Unternehmen gaben an KI aktiv zu nutzen (Rammer 2020b). Im Jahr 2019 beliefen sich die Ausgaben für Entwicklung, Einführung und Pflege von KI-Verfahren auf rund 4,8 Milliarden Euro, etwa 50.000 Personen sind hauptsächlich zu KI tätig und 1,1 Prozent des Umsatzes aller Unternehmen werden mit Produkten & Dienstleistungen erzielt (Rammer et al. 2020b). Trotz einer positiven Beziehung zwischen der KI-Nutzung und der Rendite eines Unternehmens, lässt sich (noch) keine höhere Produktivität in Künstliche Intelligenz nutzenden Unternehmen erkennen (Rammer 2020a). Der KI-Monitor Index des IW Köln weist für Deutschland zwischen dem Jahr 2019 und 2020 einen Anstieg aus. Dieser ist vor allem auf den verstärkten Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Unternehmen zurückzuführen. Der Faktor „Rahmenbedingungen“ (z. B. digitale Infrastruktur und „Know-how“) hat sich in diesem Zeitraum leicht verschlechtert, der Faktor „Gesellschaft“ (z. B. Bekanntheit und Akzeptanz von KI) hat sich leicht verbessert (Demary et al. 2020). Im internationalen Vergleich hat Deutschland die viertmeisten „symbolische und neuronale KI“ Publikationen im Zeitraum von 1988 bis 2018. Auf den drei ersten Plätzen waren die USA, China und Großbritannien (EFI 2019).

Eine Einschätzung durch Expertinnen und Experten zeigt, dass im Mittelstand fehlendes „Know-how“ bzw. fehlende Fachkräfte, Datensicherheitsbedenken und eine mangelnde Datenbasis die größten Hemmnisse bei KI-Implementierungen darstellen (Lundborg et al. 2019). Im öffentlichen Sektor wird eine hohe Einsetzbarkeit von Künstlicher Intelligenz erwartet. Dieser wird daher in diversen Studien sehr detailliert beleuchtet, siehe z. B. (Hanania und Knobloch 2020; Etscheid et al. 2020; Opiela et al. 2018). Für diesen Sektor werden z. B. als mögliche Hürden Sicherheit, Haftung, Kompetenzen, Datenverfügbarkeit und Souveränität genannt (Etscheid et al. 2020). Zudem hat sich in einer Studie gezeigt, dass etwa 36 Prozent der befragten Unternehmen Künstliche Intelligenz als Risiko für ihr Unternehmen wahrnehmen (Demary und Goecke 2019). Weiterhin haben die Themen Sicherheit, Transparenz und Compliance in Unternehmen eine hohe Relevanz (PricewaterhouseCoopers 2019). Verallgemeinert lässt sich also festhalten, dass es eine Vielzahl an Anforderungen an Künstliche Intelligenz gibt, die die Grundlage für die Akzeptanz von KI-Systemen darstellt. Künstliche Intelligenz ist deshalb nicht nur eine Chance, sondern auch eine Herausforderung für Unternehmen.

Baden-Württemberg ist dem positiven Beispiel der Bundesregierung und der europäischen Union gefolgt und hat ein Positionspapier zum Thema Künstliche Intelligenz veröf-

fentlicht (digital@bw 2018). Weiterhin findet das Thema KI in der Digitalisierungsstrategie (digital@bw 2017) sowie in dem „Fahrplan für eine Datenagenda“ (digital@bw 2020c) Erwähnung. Im KI-Strategiepapier werden KI-Ökosysteme, KI-Kompetenzen (u. a. Stärkung der Kompetenzen, Informatikunterricht), Leuchtturm-Projekte, Cybersicherheit, Datenschutz, Ethik und internationale sowie transdisziplinäre Kooperationen thematisiert. Das KI-Ökosystem beinhaltet ein sogenanntes „Cyber Valley“ (in Anlehnung an den Technologie-Hub „Silicon Valley“ in San Francisco (USA), siehe Cyber Valley 2021). Dieses besteht aus einem KI-Forschungskonsortium aus Wissenschaft und Wirtschaft. Hierzu zählen unter anderem das Land Baden-Württemberg, die Max-Planck Gesellschaft sowie Unternehmen wie Amazon und Daimler.

Das KI-Kompetenzzentrum für Maschinelles Lernen ist eines der fünf KI-Kompetenzzentren Deutschlands und soll in Zukunft dauerhaft von Bund und Land finanziert werden. Für die Jahre 2021 bis 2023 stellt das Land 13,5 Millionen bereit, um das Zentrum weiter auszubauen. Mit Fördermitteln der Hector-Stiftungen in Höhe von 100 Millionen Euro für die Laufzeit von 10 Jahren soll im Cyber-Valley ein ELLIS-Institut (European Laboratory for Learning & Intelligent Systems) aufgebaut werden, das sich mit den wichtigsten europäischen Standorten der KI-Forschung vernetzen wird.¹³³

Weiterhin bestehen sogenannte Digital Hubs (WM BW 2021a), die von Unternehmen in verschiedensten Fragen zur Digitalisierung konsultiert werden können. Im März 2021 gibt es in Baden-Württemberg genau zehn „Digital Hubs“ (siehe hierzu auch Abschnitt 3.5). Zudem befindet sich einer der drei vom Bund geförderten baden-württembergischen de:hubs in Karlsruhe und befasst sich mit der Entwicklung und Anwendung von KI vor allem in den Schwerpunktbereichen Energie, Mobilität und Produktion.¹³⁴ Ein Innovationspark Künstliche Intelligenz (WM BW 2021b) ist mit Unterstützung des Landes Baden-Württemberg in Planung. Das Projekt wird so konzipiert, dass es etablierte Unternehmen, Start-ups, Forschungsakteure, Fachkräfte, Talente sowie Investoren anzieht und mit 50 Millionen Euro gefördert wird (WM BW 2021e). Im Rahmen des „Reallabor Künst-

¹³³ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/hector-stiftungen-foerdern-ausbau-des-ki-forschungszentrums-cyber-valley-mit-100-millionen-euro/> (letzter Abruf am 19.03. 2021).

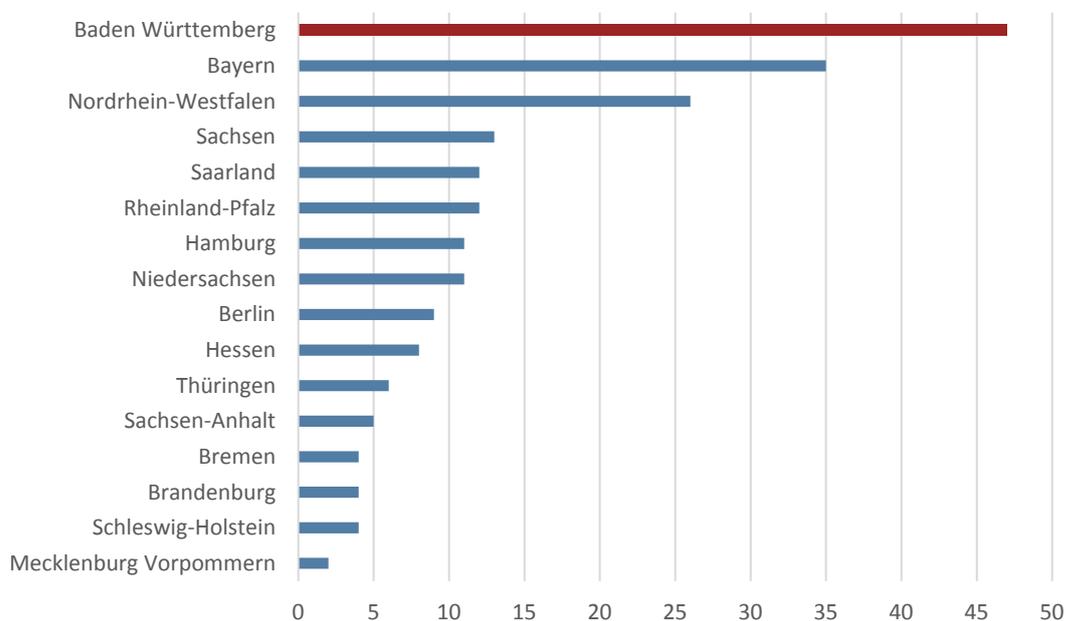
¹³⁴ Siehe <https://www.de-hub.de/die-hubs/karlsruhe/> (letzter Abruf am 19.03.2021).

liche Intelligenz“ wurden vom Land Baden-Württemberg je 800.000 Euro für zwei Real-labore bereitgestellt, um in Konsortien aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft an zukunftsfähigen und nachhaltigen KI-Lösungen zu arbeiten (Staatsministerium Baden-Württemberg 2019a).¹³⁵

Im Bereich der KI-Kompetenzen werden im Land Baden-Württemberg neue KI-Professuren geschaffen (Staatsministerium Baden-Württemberg 2019b), praxisnahes Wissen in „Lernfabriken 4.0“ vermittelt (WM BW 2019) und der Informatikunterricht wurde ausgebaut (Staatsministerium Baden-Württemberg 2017a, 2017b). In Abbildung 5-6 ist die Anzahl der KI-Professuren im Fachbereich Informatik an Universitäten pro Bundesland dargestellt. Hierbei lässt sich erkennen, dass Baden-Württemberg mit Abstand die meisten KI-Professuren hat. Auf Platz 2 ist Bayern, gefolgt von NRW auf Platz 3. Am stärksten abgeschlagen sind die Bundesländer Bremen, Brandenburg, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern. Die meisten KI-Professuren in der Informatik in Baden-Württemberg befinden sich in Tübingen mit 9, in Karlsruhe mit 8 und in Mannheim mit 7 Professuren. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt eine vom Land Baden-Württemberg selbst erstellte Analyse, die sich nicht nur auf Universitäten beschränkt und auch KI-Professuren in anderen Disziplinen wie der Ethik oder den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften berücksichtigt.¹³⁶ Baden-Württemberg zählt hierbei mehr als 180 Professuren an Hochschulen im Bereich KI und Robotik. In dieser Analyse liegt Baden-Württemberg ebenfalls auf dem ersten Platz im Vergleich zwischen den Bundesländern (Staatsministerium Baden-Württemberg 2021).

¹³⁵ Siehe auch <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/wissenschaftsministerium-foerdert-zwei-reallabore-kuenstliche-intelligenz-mit-insgesamt-rund-16-mio/> (letzter Abruf 21.03.2021).

¹³⁶ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/bundesweit-meiste-ki-professuren-in-baden-wuerttemberg/> (letzter Abruf am 21.03.2021).

Abbildung 5-6: Anzahl KI Professuren pro Bundesland

Quelle: <https://www.bitkom.org/ki/forschung>. Daten: Bitkom e.V. (Stand: März 2021). Eigene Darstellung.

Weiterhin sollen internationale Talente angezogen werden, mittels spezieller Förderprogramme sollen Frauen für KI-Studiengänge gewonnen und internationale Kooperationen gefördert werden, z. B. zwischen Deutschland & Frankreich (BMBF 2020a; digital@bw 2018). Neben diesem breiten Methodenraum zum Ausbau von KI werden weiterhin KI-Projekte gefördert. Hierzu zählt zum Beispiel der „KI Innovationswettbewerb Baden-Württemberg“ (Staatsministerium Baden-Württemberg 2020c; WM BW 2021c) für einzelbetriebliche Vorhaben und Verbundforschungsprojekte in Kooperation zwischen Industrie und Forschung. Diese Förderlinie hat einen speziellen Fokus auf kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU). Aber auch kleine Fächer und KI werden gefördert.¹³⁷

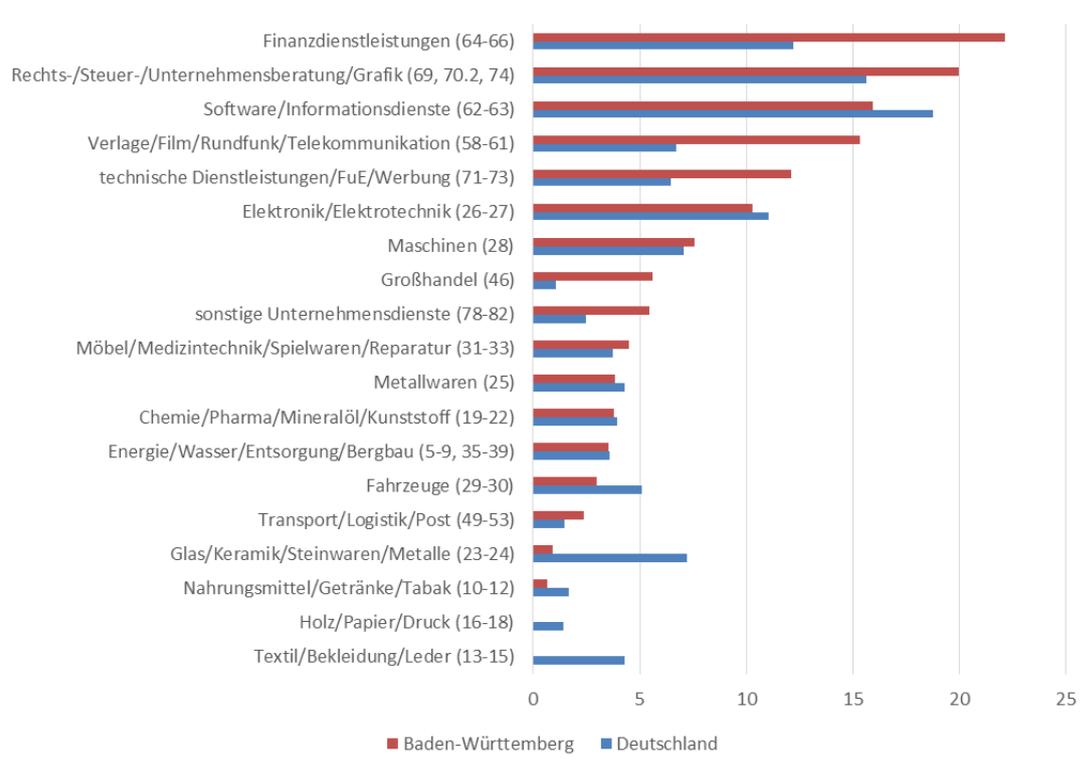
Im Folgenden werden Hochrechnungen der ZEW-Innovationserhebung¹³⁸ der Jahre 2019 und 2020 für Baden-Württemberg und Deutschland verwendet, um den Einsatz von

¹³⁷ Siehe <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/kleine-faecher-und-ki/> (letzter Abruf 21.03.2021).

¹³⁸ Die ZEW-Innovationserhebungen sind alle zwei Jahre der deutsche Beitrag zu den Community Innovation Surveys (CIS) der Europäischen Kommission (siehe <https://www.zew.de/WS109>, letzter Abruf am 12.03.2021).

Künstlicher Intelligenz zu untersuchen. Insgesamt sind in Baden-Württemberg 8 Prozent der Unternehmen KI-aktiv und in Deutschland dahingegen nur 5,8 Prozent. Die Abbildung 5-7 zeigt, dass in den Branchen „Textil/Bekleidung/Leder“ und „Holz/Papier/Druck“ in Baden-Württemberg kaum Künstliche Intelligenz eingesetzt wird. Baden-Württemberg liegt in der Branche „Fahrzeuge“ unter dem Bundesdurchschnitt. Dies kann (zum Teil) durch den Branchenzuschnitt erklärt werden: Die „Fahrzeug“ Branche besteht primär aus Unternehmen im Bereich Fahrzeugaufbauten und -anhängern sowie sonstige Fahrzeugen (Fahrrädern etc.) und Herstellern von Kfz-Teilen. Folglich gibt es nur wenige große Automobilhersteller in dieser Branche und die Ergebnisse lassen sich somit nicht auf diese verallgemeinern.

Abbildung 5-7: Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Prozent aller Unternehmen pro Branche (Branchenabgrenzung nach WZ 2008 in Klammern)

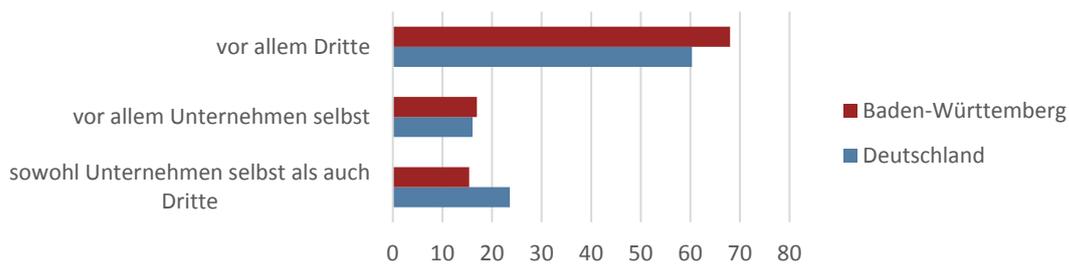


Quelle: ZEW Innovationserhebung 2019. Berechnungen des ZEW.

Positiv sticht Baden-Württemberg dahingegen in den Branchen „Finanzdienstleistungen“, „Rechts-/Steuer-/Unternehmensberatung/Grafik“ und „Verlage/Film/Rundfunk/Telekommunikation“ hervor, hier ist der Einsatz von KI deutlich höher als der Bundesdurchschnitt. Baden-Württemberg steht somit gut im Bereich Dienstleistungen da und hat Aufholbedarf im verarbeitenden Gewerbe.

In Abbildung 5-8 lässt sich erkennen, dass etwa gleich viele Unternehmen aus Baden-Württemberg ihre Künstliche Intelligenz Anwendungen selbst entwickeln wie im Bundesdurchschnitt. Die Entwicklung von Künstlicher Intelligenz durch Dritte ist allerdings deutlich höher in Baden-Württemberg. Es ist nicht klar, ob diese externen Entwickler selbst innerhalb oder außerhalb von Baden-Württemberg sitzen. Es scheint jedenfalls so, als gäbe es in Baden-Württemberg eine höhere Abhängigkeit zwischen den Unternehmen bei der Entwicklung von KI. Ein vergleichbares Bild lässt sich ebenfalls bei Unternehmen erkennen, in denen KI sowohl selbst als auch durch Dritte entwickelt wird. Hier befindet sich Baden-Württemberg unter dem Bundesdurchschnitt.

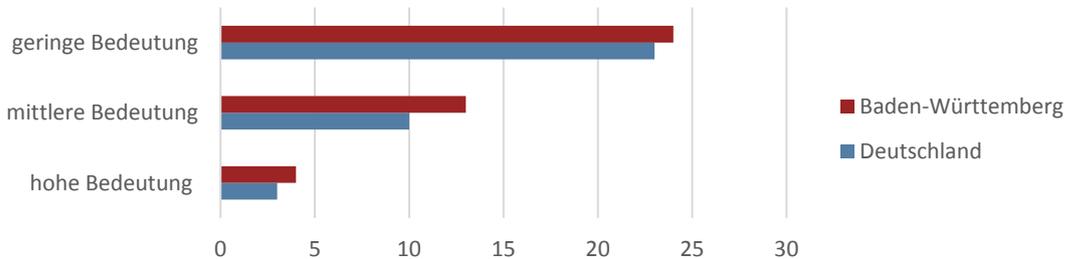
Abbildung 5-8: Entwickler der eingesetzten Künstlichen Intelligenz in Prozent aller Unternehmen



Daten: ZEW Innovationserhebung 2019. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 5-9 zeigt die Bedeutung von Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz für das Geschäftsmodell. In Baden-Württemberg ist die Bedeutung durchgehend höher als im Bundesdurchschnitt. Dies lässt sich über alle dargestellten Klassen (gering, mittel, hoch) erkennen. Folglich gibt es in Baden-Württemberg einen geringeren Prozentsatz an Unternehmen bei denen KI keinerlei Bedeutung hat. Die größte Differenz in den dargestellten Klassen gibt es bei der „mittleren Bedeutung“ mit etwa 3 Prozentpunkten.

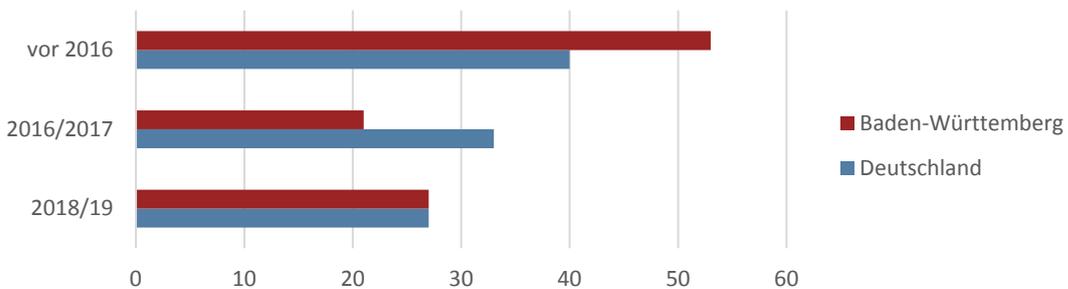
Abbildung 5-9: Bedeutung von maschinellem Lernen und KI für das Geschäftsmodell in Prozent aller Unternehmen



Daten: ZEW Innovationserhebung 2020. Berechnungen des ZEW.

In Baden-Württemberg haben rund 53 Prozent der KI-aktiven Unternehmen bereits vor dem Jahr 2016 erstmalig Künstliche Intelligenz eingesetzt (siehe Abbildung 5-10). Der Bundesdurchschnitt liegt in dieser Kategorie nur bei 40 Prozent. Erwartungsgemäß fallen die Erstanwender-Zahlen in den folgenden Jahren niedriger im Land Baden-Württemberg aus oder befinden sich auf der gleichen Stufe. Im Land Baden-Württemberg wurde das Thema Künstliche Intelligenz durch Unternehmen also früher erkannt als im Bundesdurchschnitt.

Abbildung 5-10: Erstmaliger Einsatz von Künstlicher Intelligenz in Prozent aller Unternehmen



Daten: ZEW Innovationserhebung 2019. Berechnungen des ZEW.

Baden-Württemberg setzt in allen abgefragten Anwendungsgebieten KI häufiger ein als Unternehmen im Rest Deutschlands. Eine Übersicht zeigt die Abbildung 6-17 im Anhang. Einen deutlichen Vorsprung gibt es bei Produkten & Dienstleistungen, Automatisierung von Prozessen, Datenanalyse und „andere Bereiche“. Den größten Vorsprung gibt es bei Produkten & Dienstleistungen mit etwa +1,8 Prozentpunkten. Ein ähnliches Bild zeigt sich

bei dem Einsatz verschiedener KI-Verfahren. Wissensbasierte Systeme, maschinelles Lernen & maschinelles Beweisen, Bilderkennung und Sprachverstehen werden in Baden-Württemberg ebenso häufiger eingesetzt. In Baden-Württemberg setzen überdurchschnittlich viele kleine und mittelgroße Unternehmen Künstliche Intelligenz ein. Bei Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern liegt Baden-Württemberg dahingegen deutlich unter dem Bundesdurchschnitt (siehe Abbildung 6-18 im Anhang).

Konsistent zu den Studienergebnissen auf Basis der deutschen Innovationserhebung für Baden-Württemberg, zeigt sich in (Kantar 2020), dass etwa 8 Prozent der Unternehmen in Baden-Württemberg KI einsetzen. Nach dieser Studie planen in den nächsten zehn Jahren sogar 34 Prozent der Unternehmen den Einsatz von KI. Weiterhin sehen 68 Prozent der Unternehmen als Hauptbarriere die hohen Einstiegskosten und 88 Prozent erwarten durch KI Wettbewerbsvorteile.

Fazit

Baden-Württemberg kann eine äußerst positive Bilanz beim Thema Künstliche Intelligenz ziehen. Insbesondere das Cyber Valley als KI-Ökosystem, das Grundlagenforschung mit Transfer in die Anwendung verbindet, hat hier überregionalen und internationalen Leuchtturmcharakter. Die Bereitstellung weiterer Fördermittel von Bund, Land und privaten Investoren sichert die Weiterentwicklung und treibt die Vernetzung innerhalb Europas voran. Neben der Umsetzung von diversen regionalen Maßnahmen wie den Digital Hubs und dem Ausbau des Informatikunterrichts kann Baden-Württemberg auch eine höhere Quote von KI-nutzenden Unternehmen als der Bundesdurchschnitt ausweisen. Zudem wurde das Thema Künstliche Intelligenz frühzeitig durch ansässige Unternehmen aufgegriffen und ist bereits stärker in Geschäftsmodellen verankert. Aufholbedarf gibt es vor allem bei der KI-Nutzung im Bereich des verarbeitenden Gewerbes und bei der Eigenentwicklungsquote von KI-Systemen, um Abhängigkeiten zwischen Unternehmen zu vermeiden.

5.4 Cloud Computing und Edge Computing

Cloud und Edge Computing sind moderne Datenverarbeitungsmodelle: Während Cloud Computing als eine „Datenwolke“ beschrieben wird, in der Daten aus verschiedenen Quellen zentralisiert verarbeitet werden, erfolgt die Datenanalyse beim Edge Computing „am Netzwerkrand“ – d.h. direkt in oder in der Nähe der Datenquelle.

5.4.1 Cloud Computing

Cloud Computing wird in der ökonomischen Literatur mit vielen Vorteilen in Verbindung gebracht. Es senkt notwendige Investitionskosten in IT-Infrastruktur und damit die Markteintrittsbarrieren für Firmen, was wiederum zu Innovationen, erhöhter Beschäftigung und Wettbewerb führen kann (OECD 2015b). Durch die verbreiteten „Pay-as-you-go“-Bezahlmodelle für Cloud Services können Unternehmen, Bürgerinnen und Bürger sowie die öffentliche Verwaltung bedarfsgerecht auf Cutting-Edge IT-Services zugreifen (OECD 2014), was insbesondere in unsicheren Zeiten wie beispielsweise der Corona-Pandemie Flexibilität bietet. Weiterhin erleichtert Cloud Computing das Teilen von Daten und somit Kooperationen sowohl über verschiedene Instanzen (Unternehmen, öffentliche Verwaltung) hinweg, als auch innerhalb eines Unternehmens. Hierdurch können zuvor getrennte IT-Systeme in eine Plattformarchitektur übertragen und somit interne Prozesse optimiert werden (Bossert und Desmet 2019).

Im Rahmen der „digitalen Dekade“ setzt die Europäische Kommission das Ziel, dass bis 2030 drei von vier europäischen Unternehmen Cloud Computing, Big Data und Künstliche Intelligenz nutzen sollen.¹³⁹ Um dies zu erreichen sieht die Datenstrategie der Europäischen Kommission unter anderem vor, im Zeitraum 2021–2027 einen Zielbeitrag von 2 Milliarden EUR in den Aufbau EU-weiter gemeinsamer interoperabler Datenräume und zusammengeschlossener Cloud-Infrastrukturen zu investieren (Europäische Kommission 2020c).

Im EU-weiten Vergleich ist die Cloud-Nutzung von Unternehmen in Deutschland leicht unterdurchschnittlich: Während im Jahr 2020 EU-weit etwa 36 Prozent der Unternehmen mit mindestens zehn Beschäftigten Cloud-Dienste in Anspruch nahmen, sind es in Deutschland nur 33 Prozent.¹⁴⁰ Laut Cloud Monitor 2020 (KPMG und Bitkom 2020) sind Datenschutzbedenken sowie Unsicherheiten hinsichtlich der Rechtslage die meistgenannten Hindernisse. Zudem fehlen konkurrenzfähige europäische oder deutsche Cloudanbieter (KPMG und Bitkom 2020). So teilten sich im zweiten Quartal 2020 die vier größten Cloud-Anbieter Amazon Web Services (USA), Microsoft Azure (USA), Google Cloud (USA) und Alibaba (China) fast 60 Prozent des weltweiten Umsatzes für Cloud Services. Das einzige europäische Unternehmen unter den zehn größten Cloudanbietern ist

¹³⁹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_21_983 (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴⁰ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises (letzter Abruf am 12.03.2021).

SAP mit einem Marktanteil von etwa einem Prozent.¹⁴¹ Vor diesem Hintergrund sieht die EU-Datenstrategie vor, einen europäischen Marktplatz für Cloud-Dienste zu fördern (Europäische Kommission 2020c). Bis zum zweiten Quartal 2022 soll außerdem ein „Cloud Regelwerk“ verfasst werden, das Cloud-Verhaltens- und Zertifizierungsregeln definiert (Europäische Kommission 2020c). Auch das im Herbst gestartete Projekt Gaia-X verfolgt das Ziel, eine europäische vertrauenswürdige und souveräne digitale Infrastruktur zu schaffen (BMWi 2020).

Entsprechende Initiativen im Bereich der Wissenschaft sind die European Open Science Cloud (EOSC)¹⁴² auf europäischer Ebene sowie die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) auf nationaler Ebene. Der Wissenschaftsgemeinschaft in Baden-Württemberg stehen Speicher und Hochleistungsrechnungskapazitäten sowie entsprechendes Fachpersonal im Rahmen des Projekts bwHPC-S5 (HPC: High Performance Computing) zur Verfügung. Das Projekt ist als Nachfolgeprojekt von bwHPC-C5 im Januar 2021 in die zweite Phase gestartet und Bestandteil der High Performance Computing und Data Intensive Computing Strategie des Landes, für die 2017-2024 eine halbe Milliarde Euro investiert wird. Diese Strategie verfolgt das Ziel, eine landesweite Hochleistungsinfrastruktur zu errichten und Nutzerinnen und Nutzern hochschulübergreifende Unterstützung zu bieten. Zahlreiche Publikationen, die mit Unterstützung des bwHPC Clusters veröffentlicht wurden, bescheinigen den Erfolg des Projekts.¹⁴³ Weitere Cloudinfrastrukturen, die in Baden-Württemberg bereits genutzt werden, sind die bwCloud sowie die bwHealthcloud. Die bwCloud ist eine "Infrastructure-as-a-Service"-Umgebung für Forschung und Lehre an Hochschulen in Baden-Württemberg, mit der virtuelle Server oder Maschinen erzeugt und betrieben werden. Somit erlaubt die bwCloud einen flexiblen Zugriff auf Ressourcen wie Rechenkapazitäten und Speicherplatz.¹⁴⁴ Die bwHealthcloud ist ein sicherer Speicherort für medizinische Daten onkologischer Patientinnen und Patienten der Universitätskliniken in Baden-Württemberg.¹⁴⁵ Durch diese Vernetzung können

¹⁴¹ <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/thema-des-monats/gaia-x> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴² <https://eosc-portal.eu/about/eosc> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴³ https://www.bwhpc.de/user_publications.html (letzter Abruf am 12.03.2021).

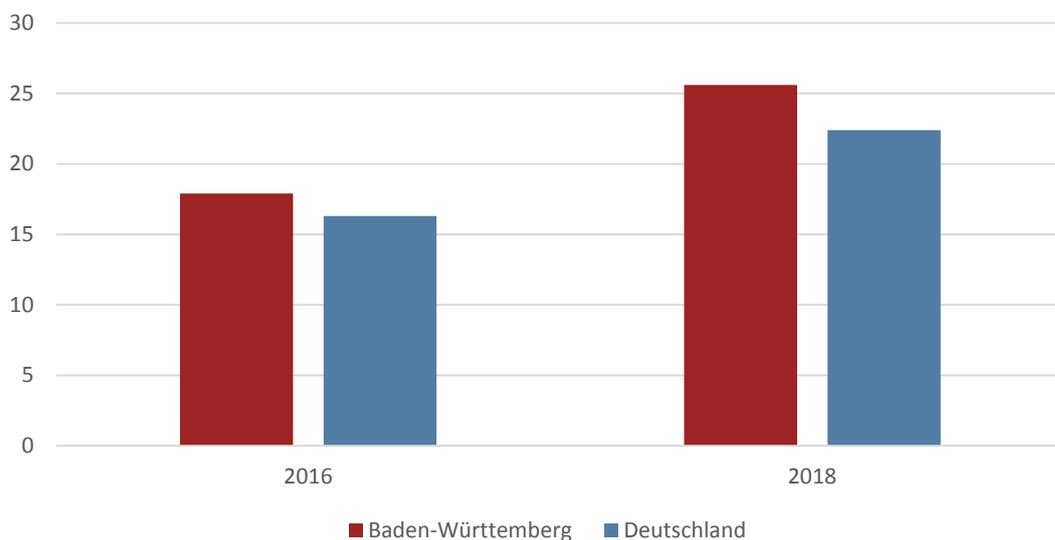
¹⁴⁴ https://www.bw-cloud.org/de/erste_schritte (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴⁵ <https://www.telemedbw.de/projekte/bwhealthcloud> (letzter Abruf am 12.03.2021).

die Daten z. B. im Rahmen personalisierter Medizin von verschiedenen behandelnden Ärztinnen und Ärzten abgerufen werden.

Abbildung 5-11 zeigt, dass im Vergleich zu Gesamtdeutschland überdurchschnittlich viele Unternehmen in Baden-Württemberg Cloud Services über das Internet beziehen. Im Jahr 2018 lag der entsprechende Anteil an Unternehmen in Deutschland bei 22,4 Prozent, während in Baden-Württemberg mehr als jedes vierte Unternehmen angab, Cloud Computing zu nutzen. Auch die Entwicklung zwischen 2016 und 2018 ist mit 43 Prozent Zuwachs in Baden-Württemberg etwas stärker ausgefallen als in Gesamtdeutschland mit 37 Prozent.

Abbildung 5-11: Anteil an Unternehmen, die Cloud Services beziehen, im Jahr 2018



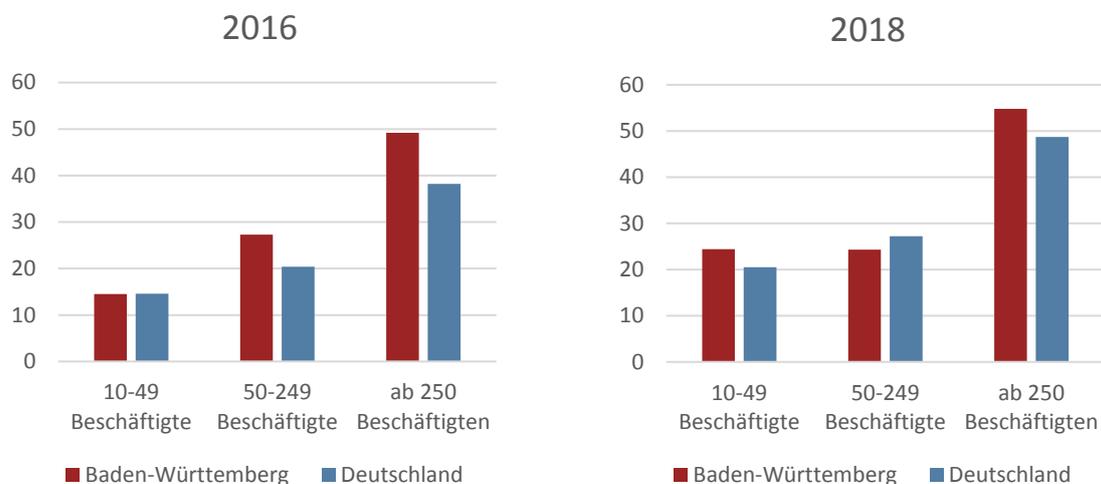
Quelle: Destatis 2016, 2018. Eigene Darstellung.

Frage: Bezieht Ihr Unternehmen kostenpflichtig IT-Dienste über Cloud Computing (sogenannte Cloud Services) über das Internet?

Die positive Entwicklung der Cloud-Nutzung findet jedoch nicht in jeder Unternehmensgrößenklasse statt (Abbildung 5-12). Im Vergleich zum Jahr 2016 sinkt der Anteil an Unternehmen mittlerer Größenklasse (50-249 Beschäftigte), die Cloud-Dienste beziehen, von 27,3 Prozent auf 24,3 Prozent und liegt damit unter dem entsprechenden Bundesdurchschnitt von 27,2 Prozent. Deutlich positiver ist die Entwicklung bei kleinen Unternehmen mit 10-49 Beschäftigten. In dieser Gruppe steigt der Anteil der Cloud-Nutzer von

14,5 Prozent auf 24,4 Prozent und erreicht damit ein höheres Niveau als auf Bundesebene (20,5 Prozent). Vergleicht man die Cloud-Nutzung über die Größenklassen hinweg zeigt sich dennoch sowohl für Deutschland als auch Baden-Württemberg ein ähnliches Bild wie bei der Analyse von Big Data: Insbesondere große Unternehmen nutzen Cloud Computing. Im Jahr 2018 nutzt jedes zweite Unternehmen mit mindestens 250 Beschäftigten in Baden-Württemberg Cloud Dienste.

Abbildung 5-12: Nutzung von Cloud Diensten nach Beschäftigtengrößenklasse

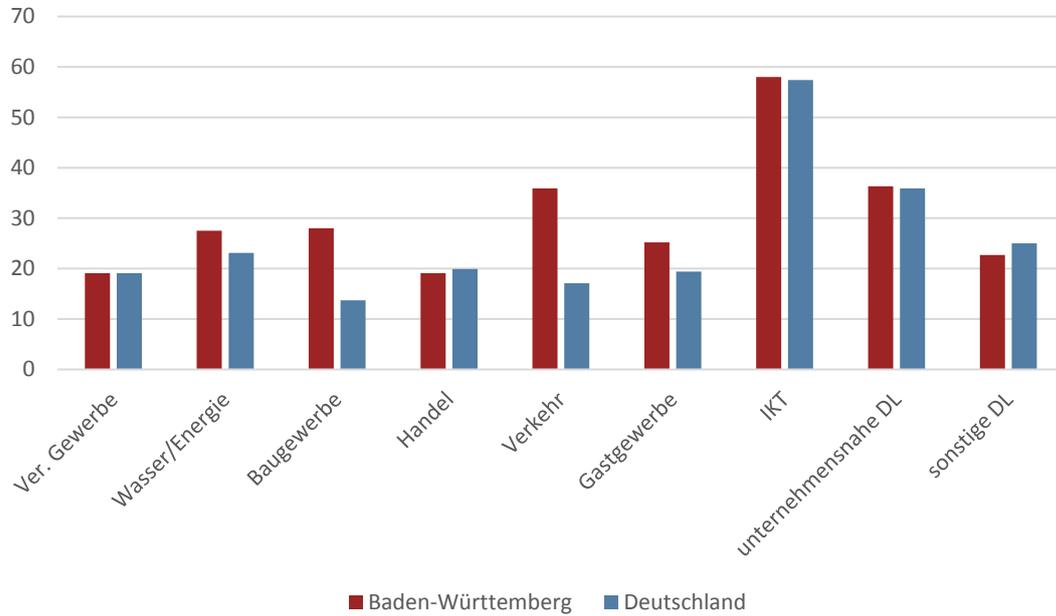


Quelle: Destatis 2016, 2018. Eigene Darstellung.

Frage: Bezieht Ihr Unternehmen kostenpflichtig IT-Dienste über Cloud Computing (sogenannte Cloud Services) über das Internet?

Abbildung 5-13 veranschaulicht, dass die durchschnittliche Nutzungsrate von Cloud-Diensten im Jahr 2018 in fast jedem der betrachteten Wirtschaftszweige in Baden-Württemberg höher ist als in Gesamtdeutschland. Die einzige Ausnahme stellt hier der Wirtschaftszweig „Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen“ dar, in dem 22,7 Prozent der Unternehmen in Baden-Württemberg und 25 Prozent der Unternehmen in Deutschland Cloud-Dienste nutzen. In den Wirtschaftszweigen „Baugewerbe“ und „Verkehr, Lagerei, Post-, Kurier- und Expressdienste“ hingegen nutzen jeweils doppelt so viele Unternehmen in Baden-Württemberg im Vergleich zu Gesamtdeutschland Cloud-Dienste. Besonders weit verbreitet ist die Cloud-Nutzung im Wirtschaftszweig „Information und Kommunikation“ – hier geben jeweils knapp 58 Prozent der Unternehmen an, Cloud Computing zu nutzen.

Abbildung 5-13: Nutzung von Cloud-Diensten im Jahr 2018 nach Wirtschaftszweig

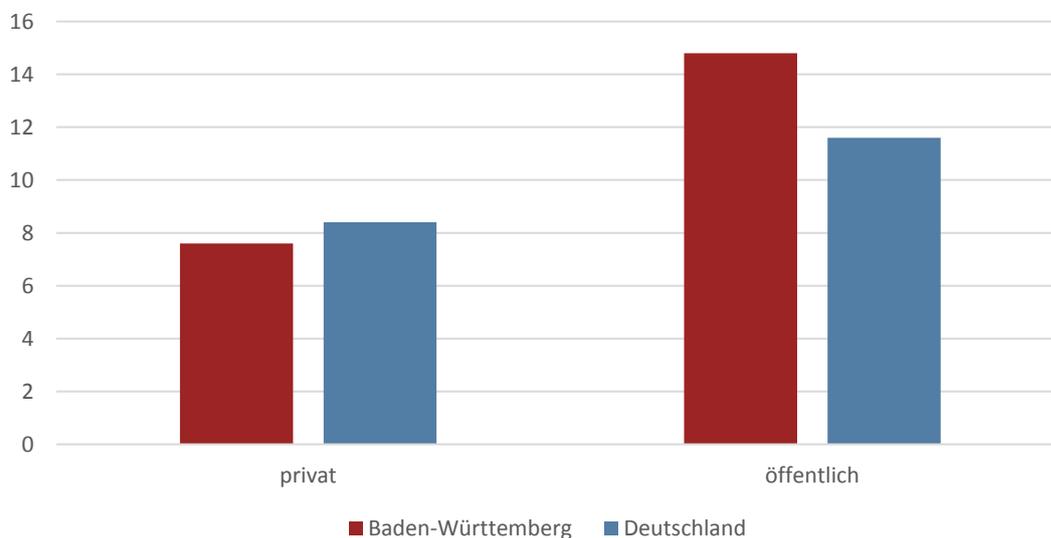


Quelle: Destatis 2016, 2018. Eigene Darstellung.

Frage: Bezieht Ihr Unternehmen kostenpflichtig IT-Dienste über Cloud Computing (sogenannte Cloud Services) über das Internet?

Abbildung 5-14 zeigt den Anteil an Unternehmen in Baden-Württemberg und Deutschland, die im Jahr 2018 Cloud-Dienste über öffentliche bzw. ausschließlich dem Unternehmen zur Verfügung stehende Server in Anspruch genommen haben. Sowohl in Deutschland insgesamt als auch in Baden-Württemberg beziehen Unternehmen Cloud-Dienste eher von öffentlichen als von privaten Servern. Dieser Unterschied ist in Baden-Württemberg stärker ausgeprägt als in Gesamtdeutschland und deutet darauf hin, dass das Vertrauen in öffentliche Clouds und der erwartete Nutzen im Hinblick auf Kosteneinsparung und Innovationspotenzial in Baden-Württemberg höher eingeschätzt wird als in Gesamtdeutschland.

Abbildung 5-14: Anteil an Unternehmen, die Cloud-Dienste über private oder öffentliche Server beziehen, 2018



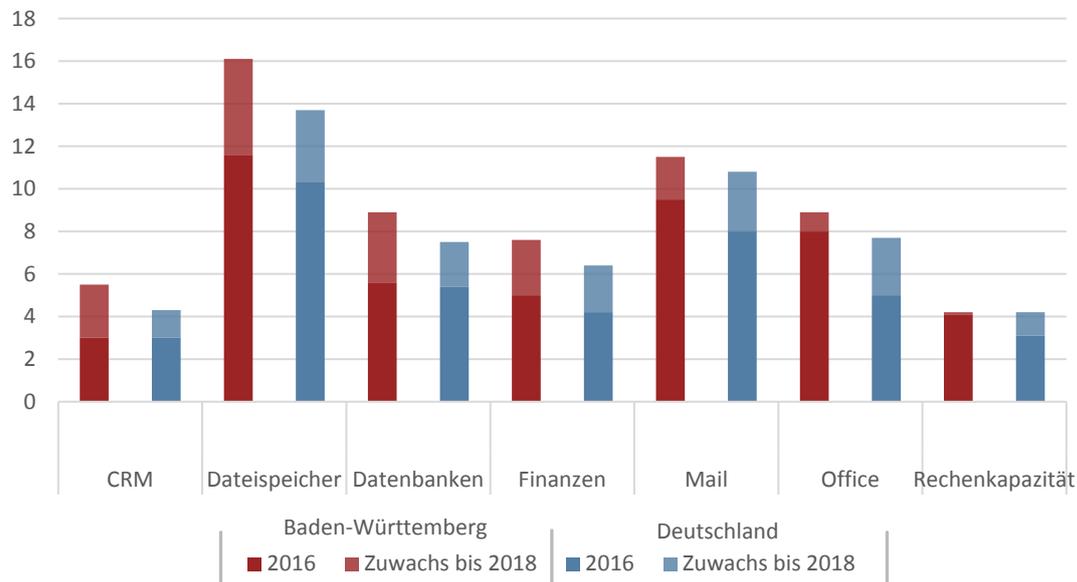
Quelle: Destatis 2016, 2018. Eigene Darstellung.

Frage: In welcher Form werden Cloud Server externer Informationsanbieter von Ihrem Unternehmen genutzt?

privat: Ausschließlich Ihrem Unternehmen zur Verfügung stehende Server

öffentlich: Gemeinsam genutzte Server mehrerer (externer) Anwender

Abbildung 5-15 schlüsselt die Cloud-Nutzung nach verschiedenen Diensten auf und zeigt deren Entwicklung zwischen den Jahren 2016 und 2018. Alle Dienste werden im Jahr 2018 in Baden-Württemberg häufiger in Anspruch genommen als in Gesamtdeutschland – mit Ausnahme von Rechenkapazitäten, die sowohl in Deutschland als auch in Baden-Württemberg von 4,2 Prozent der Unternehmen genutzt werden. Die „Speicherung von Dateien als Cloud Service“ und „E-Mail als Cloud Service“ werden in Baden-Württemberg im Jahr 2018 von 16,1 Prozent bzw. 11,5 Prozent der Unternehmen genutzt. Die Nutzung von „Rechenkapazität zur Ausführung unternehmenseigener Software als Cloud Service“ hat sich zwischen 2016 und 2018 kaum verändert. Deutschlandweit betrachtet geben mehr als die Hälfte der Unternehmen, die Public Cloud Lösungen nutzen, an, unkritische Businessinformationen, Kommunikationsdaten (z. B. E-Mails) und Kundendaten oder andere personenbezogene Daten in der Cloud zu speichern (KPMG und Bitkom 2020). Kritische Businessinformationen werden von 41 Prozent der Unternehmen, die Public Cloud Dienste nutzen, in der Cloud gespeichert (KPMG und Bitkom 2020).

Abbildung 5-15: Anteil an Unternehmen, die bestimmte Cloud Dienste nutzen

Quelle: Destatis 2016, 2018. Eigene Darstellung.

Frage: Nimmt Ihr Unternehmen folgende IT-Dienste über Cloud Computing in Anspruch?

5.4.2 Edge Computing

Schätzungen der Europäischen Kommission zufolge werden im Jahr 2020 etwa 80 Prozent der Daten zentralisiert ausgewertet, während lediglich etwa 20 Prozent in intelligenten, vernetzten Objekten verarbeitet werden (Europäische Kommission 2020c). Analysen von Gartner zufolge könnte sich dieses Verhältnis bis zum Jahr 2025 umkehren, da steigendes Volumen und Geschwindigkeit von Datenströmen Ineffizienzen darin aufzeigen, diese Datenströme an eine zentrale Stelle weiterzuleiten.¹⁴⁶ Diese Weiterleitung kostet Energie und Zeit – Faktoren, die im Zusammenhang mit Ressourceneffizienz und Echtzeitanwendungen relevant sind, bei denen es auf wenige Millisekunden Latenz ankommt (Bundeskanzleramt 2021). Auch vereinfacht Edge Computing die „vorausschauende Wartung“ (engl. „predictive maintenance“), die insbesondere im Hinblick auf Industrie 4.0 weiter an Bedeutung gewinnen wird. Hierbei werden beispielsweise Maschinendaten

¹⁴⁶ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

kontinuierlich gemessen und ausgewertet, um Fehler vorherzusagen und eine Wartung zu empfehlen, bevor die entsprechende Maschine funktionsunfähig wird.¹⁴⁷

Trotz der vielen Möglichkeiten und Potenziale des Edge Computings hat dieses bis zum aktuellen Zeitpunkt (März 2021) noch wenig Aufmerksamkeit erhalten. Entsprechend sind auch keine Zahlen verfügbar, die Rückschlüsse auf die Nutzung von Edge Computing geben.

5.4.3 Fazit

Baden-Württemberg befindet sich beim Cloud Computing in einer guten Position. Die Nutzungsraten von Cloud-Diensten in Unternehmen sind in Baden-Württemberg höher als in Gesamtdeutschland. Allerdings wird die Verbreitung von Cloud Computing insbesondere von großen Unternehmen getrieben. Die Digitalisierungsprämie ist ein Element der Digitalisierungsstrategie, das hier helfen kann, die Nutzungsrate auch bei den KMU zu erhöhen, insbesondere da sie explizit den Kauf von IT-Diensten wie Cloud Computing beinhaltet und nicht nur IT-Investitionen fördert. Dies ist gerade deshalb wichtig, da Unternehmen IT-Dienste und IT-Investitionen als Substitute betrachten (Andres et al. 2020). Weitere Maßnahmen könnten insbesondere bei Industrie 4.0-Anwendungen ansetzen sowie bei KMU im ländlichen Raum, die oftmals über geringe Bandbreiten verfügen. Hier hat Edge Computing das Potenzial, den Standortnachteil durch eingesparte Datenübertragungen etwas auszugleichen.¹⁴⁸

Initiativen wie die bwCloud und die bwHealthCloud unterstützen die Nutzung des Cloud Computings für Gesellschaft und Wissenschaft. Die Wissenschaft in Baden-Württemberg profitiert von der Möglichkeit, rechenintensive Analysen auf Hochleistungsrechnern und sichere Infrastrukturen durchzuführen. Der Landesstrategie „High Performance Computing und Data Intensive Computing“ wurde von der Deutschen Forschungsgesellschaft Vorbildcharakter bescheinigt.¹⁴⁹

¹⁴⁷ <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/thema-des-monats/predictive-maintenance> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴⁸ <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/thema-des-monats/edge-analytics> (letzter Abruf am 12.03.2021).

¹⁴⁹ <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/digitale-infrastruktur-und-supercomputer-im-land-haben-modell-und-vorbildcharakter/> (letzter Abruf am 12.03.2021).

5.5 Blockchain

Die Blockchain-Technologie hat in den vergangenen Jahren sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene stark an Bedeutung gewonnen. Die wohl bekannteste Anwendung ist die Kryptowährung Bitcoin, mit der Zahlungen außerhalb des klassischen Finanzwesens getätigt werden können, z. B. auf der Handelsplattform „bitcoin.de“ (futurumbank AG 2021). Blockchain ist allerdings ein weitaus allgemeineres Konzept, bei dem kontinuierlich Blöcke mittels kryptographischen Verfahren miteinander verkettet werden. Jeder Block enthält hierbei einen kryptographischen Hash-Wert, einen Zeitstempel und Transaktionsdaten. Das Konzept vereint die folgenden Eigenschaften: dezentralisierte Speicherung, Peer-to-Peer Transaktionen zwischen den Teilnehmenden, Transparenz und Anonymität der Handelnden sowie „Trust“ (Liesenjohann et al. 2016). Der aktuelle Haupteinsatz von Blockchain liegt in digitalen Währungen. Die Technologie lässt sich aber (eventuell) noch in weiteren Gebieten einsetzen, z. B. im Bereich intelligente Verträge, Logistik, Energiesektor, Lern-Zertifikate und Wertpapiere (Gräther et al. 2018; Casino et al. 2019; Köpman 2019).

Die europäische Blockchain-Strategie (Europäische Kommission 2021b) enthält folgende Kernpunkte: Förderung von Startups und Innovationen, Aufbau einer starken Partnerschaft innerhalb der EU, Schaffung rechtlicher Klarheit, Aufbauen von Standards und Interoperabilität, Ausbau von Fachwissen und aktiver Austausch mit der Blockchain Community. Im Zeitraum von 2016 bis 2020 wurden Blockchain Vorhaben primär durch Mittel des „Horizon 2020“ Programms gefördert. Ab dem Jahr 2021 wird es durch das Folgeprogramm „Horizon Europe“ ersetzt, in dem Blockchain eine gewichtige Rolle spielt (Europäische Kommission 2021b, 2020a, 2021c). Auf europäischer Ebene gab es im Jahr 2020 Fördermittel in einer Höhe von 100 Millionen Euro für Künstliche Intelligenz und Blockchain, die gezielt auf Startups ausgerichtet waren (Europäische Kommission 2019b). Weiterhin gibt es Förderungen mit geringerem Volumen (Europäische Kommission 2020a), die bestehende Probleme, wie z. B. das Verwalten von Gesundheitsdaten im „My Health My Data“ Projekt (My Health My Data 2021), adressieren. Neben diesen Förderungen wurde im Jahr 2018 eine Europäische Blockchain Partnerschaft (EBP) gegründet (Europäische Kommission 2018b), die aktuell genau 30 Partner zählt. Deutschland zählt seit 2018 zu den Mitgliedern der EBP. Das Ziel der EBP ist unter anderem das Bereitstellen von internationalen „public service“-Infrastrukturen mit hohen Anforderungen an Sicherheit und Privatsphäre. Die EBP arbeitet aktuell unter anderem an dem „European Blockchain Services Infrastructure“ (kurz: EBSI) Projekt. EBSI ist eine europäische Blockchain-

Infrastruktur, die aus aktuell 36 verteilten Knoten besteht. Im Zeitraum von 2019 bis 2020 wurden in das Projekt rund 4 Millionen Euro investiert (EBSI 2021). Auf der europäischen Ebene gibt es zudem die Überlegung einen „digitalen Euro“ einzuführen. Dafür könnte, nach einer Evaluation, auch die Blockchain-Technologie eingesetzt werden (Forster et al. 2020).

Die Branchen „öffentlicher Sektor“, „Technologie/Medien/Telekommunikation“ und das „Finanzwesen“ wurden als die Bereiche identifiziert, in denen Blockchain am ehesten einsetzbar ist und wo die Technologie ihre höchste Wirkung entfalten kann. Im Bereich „Kunst und Freizeit“ kann das geringste Potenzial entfaltet werden. Die Einschätzung basiert auf „Use Cases“, die im Rahmen von Unternehmensbefragungen und Experteninterviews sowie durch Industrieanalysen identifiziert wurden (Carson et al. 2018).

Eine aktuelle Studie (Demary und Demary 2021b) analysiert Crunchbase-Daten (Crunchbase Inc 2021) und zeigt im EU-Ländervergleich, dass Deutschland bei Blockchain-Unternehmen pro Einwohner (im Alter von 15 bis 64) abgeschlagen ist. Malta und Estland nehmen hierbei die ersten Plätze ein. Deutschland hat jedoch die meisten Blockchain-Unternehmen (etwa 17 Prozent) innerhalb der EU. Aktuellere und repräsentative Zahlen gibt es im weltweiten und innerdeutschen Vergleich zu diesem Zeitpunkt nicht.

In der Blockchain-Strategie der Bundesregierung (BMW i und BMF 2019) ist festgeschrieben, dass der Einsatz von Blockchain im Finanzsektor ausgebaut werden soll, Projekte und Reallabore gefördert, verlässliche Rahmenbedingungen geschaffen, digitale Verwaltungsdienstleistungen pilotiert und Dialogreihen durchgeführt werden sollen. Neben dieser Strategie gibt es auf der Bundesebene eine Vereinigung aus Politik, Vereinen und Unternehmen mit dem Namen Bundesblock (Blockchain Bundesverband e.V. 2021), die sich in Arbeitsgruppen u. a. mit den Themen Energie, Bildung und dem Finanzwesen rund um die Blockchain-Technologie befasst. Konsistent mit der Strategie, werden im Rahmen des Weiterbildungsprojekts „You fit! Gestaltung persönlicher Lernumgebungen für digitale Kompetenzen“, das mit 375.000 Euro vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg gefördert wird, bereits Online-Lernangeboten für kleine und mittelgroße Unternehmen entwickelt, die sich unter anderem mit der Thematik Blockchain befassen (Staatsministerium Baden-Württemberg 2020b).

In der Studie von Bitkom wurden etwa 1000 deutsche Unternehmen mit mindestens 50 Beschäftigten aus verschiedenen Branchen befragt. Lediglich rund 2 Prozent der befragten Unternehmen setzen bereits Blockchain ein und weitere 4 Prozent planen den Einsatz. Größere Unternehmen setzen Blockchain eher ein als kleinere Unternehmen.

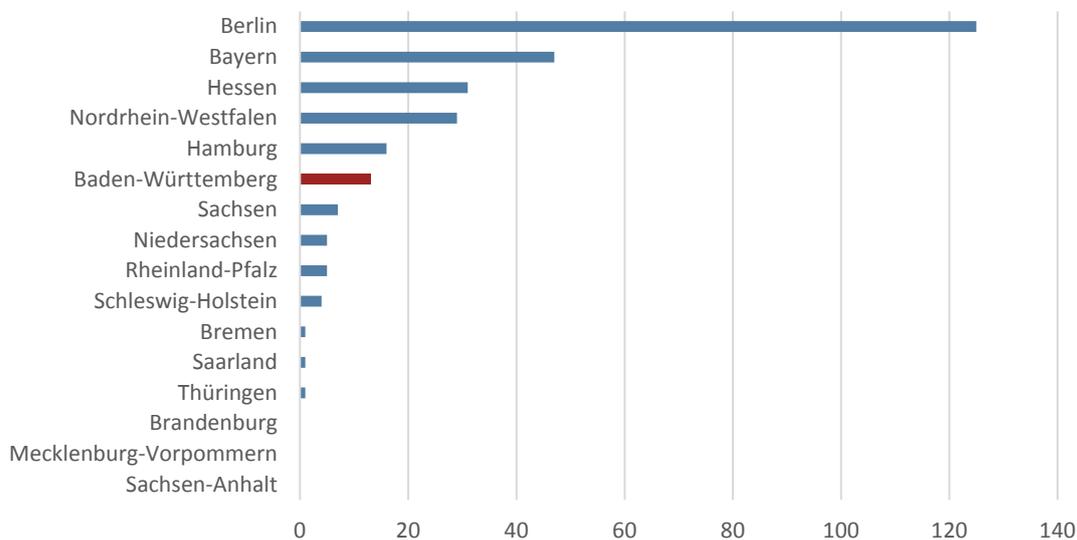
Rund 17 Prozent der Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitenden setzen die Technologie bereits ein und 27 Prozent planen den Einsatz. Etwa 13 Prozent der Unternehmen in der Automobilbranche setzen Blockchain ein, gefolgt von der Energiebranche mit 9 Prozent und Banken & Versicherungen mit 6 Prozent (Gentemann 2019). Die Anzahl der deutschen Blockchain-Unternehmen (basierend auf den Unternehmen der Crunchbase-Datenbank) hat sich im Zeitraum von 2016 bis 2020 mehr als verdoppelt (Demary und Demary 2021a).

Die rechtliche Unsicherheit beim Einsatz von Blockchain-Technologien und insbesondere bei Kryptowährungen ist groß. Daher gibt es Bestrebungen, hier Klarheit zu schaffen. Anbieter von „Kryptoverwahrgeschäften“ benötigen z. B. ab dem Jahr 2020 in Deutschland eine BaFin-Lizenz (BaFin 2020). Zudem steht der Energieverbrauch von Blockchain-Anwendungen in der Kritik, da der Betrieb eines Blockchain-Netzwerkes oftmals einen hohen Energiebedarf hat. Die Studie von (Stoll et al. 2019) legt dar, dass alleine für Bitcoin pro Jahr etwa 45,8 TWh Strom benötigt werden und somit 22,0 bis 22,9 Mt CO₂ (Millionen Tonnen) entstehen. Der CO₂ Ausstoß liegt somit zwischen dem der Länder Jordanien und Sri Lanka. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist der Blockchain-basierte Handel mit Strom, der z. B. rechtliche Herausforderungen im Bereich Vertragswesen birgt (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen 2019). Dies macht deutlich, dass Blockchain nicht nur eine Chance, sondern auch eine rechtliche und ökologische Herausforderung darstellt.

Im Jahr 2018 wurde ein Blockchain Strategiepapier für das Land Baden-Württemberg entwickelt und an die Politik übergeben (Borkert et al. 2018). Die Kernpunkte sind die Integration von Blockchain in politische Überlegungen und Maßnahmen, die Schaffung von Rahmenbedingungen, um Baden-Württemberg zu einem globalen Kompetenzzentrum für Blockchain zu etablieren, eine Befähigung der KMU zum Einsatz von Blockchain und die Förderung von Technologiekooperationen. Das Thema Blockchain ist also im Land Baden-Württemberg angekommen und wurde im Bereich der Digitalisierung sogar bereits mehrere Male als das „Thema des Monats“ ausgezeichnet (WM BW 2021d). Zusätzlich gibt es in Baden-Württemberg die „Special Interest Group Blockchain & Decentralized Computing“ der bwcon (BWCON 2021) und das blockLAB (blockLAB Stuttgart e.V. 2021). Die Gruppen haben das Ziel die Nutzung der Blockchain-Technologie regional voranzutreiben, indem u. a. Kooperationen angeregt und Wissen ausgetauscht werden, z. B. in Form von „Meetups“ und „Hackathons“.

Auch bei Debatten im Landtag Baden-Württemberg spielt Blockchain zudem eine Rolle (Landtag von Baden-Württemberg 2017, 2019), wie aus einer „kleinen Anfrage“ zum Einsatz von Blockchain hervorgeht: Das Landeskriminalamt beteiligt sich am Forschungsprojekt PANDA (PANDA 2021) und das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft fördert das Projekt „DOSE – Dezentrales Open Source Energiemanagement in Liegenschaften“ (LUBW 2021). Weiterhin wird das „Forschungszentrum Informatik“ in Karlsruhe (FZI Forschungszentrum Informatik 2021) vom Land gefördert, welches sich mit Blockchain in Geschäftsprozess- und Identitätsmanagement beschäftigt. Zusätzlich hat das Land Baden-Württemberg bereits energieeffizientere Ansätze für die Blockchain-Technologie erkannt. Hierzu zählt z. B. die sogenannte „Proof of Stake“ Methodik (Landtag von Baden-Württemberg 2017), die energieeffizienter als der klassische „Proof of Work“ Ansatz ist, allerdings die Nachteile hat, dass sie (noch) nicht breit eingesetzt wird und für diese mehr oder andere Angriffsmöglichkeiten existieren (Liesenjohann et al. 2016).

Abbildung 5-16 zeigt, dass sich Baden-Württemberg bei der Anzahl der Blockchain-Unternehmen im Mittelfeld befindet. Die meisten Unternehmen sind in Berlin und die wenigsten in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt angesiedelt. Für die Analyse wurde im März 2021 eine nicht-repräsentative Menge von 285 Blockchain-Startups auf der Plattform Crunchbase identifiziert.

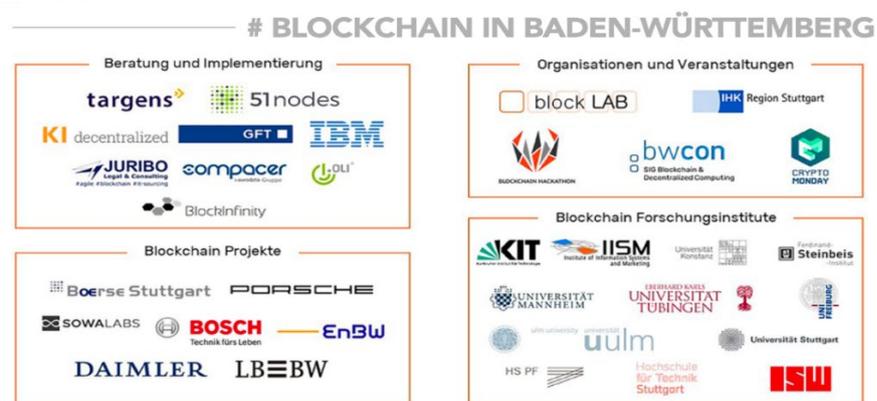
Abbildung 5-16: Anzahl an Blockchain-Unternehmen pro Bundesland

Daten: Crunchbase (Stand: März 2021). Methodik: (Demary und Demary 2021a, 2021b). Eigene Darstellung.

Abbildung 5-17 zeigt einige Unternehmen, Organisationen, Projekte und Institute aus Baden-Württemberg, die sich bereits mit dem Thema Blockchain beschäftigen (Stand März 2021). Es lässt sich erkennen, dass die aktivste Gruppierung die Forschungsinstitute sind, gefolgt von dem Bereich „Beratung & Implementierung“. In Baden-Württemberg befinden sich unter anderem Energieversorger und vermehrt Automobilhersteller mit potenziellen Anwendungen für die Blockchain-Technologie. Das Unternehmen „Energie Baden-Württemberg“ aus Karlsruhe hat z. B. die Einsatzfähigkeit der Blockchain Technologie erkannt und ein Modell für dezentrale Energiemärkte entwickelt (Gödde et al. 2020). Das Automobilunternehmen Daimler hat ebenfalls ein Blockchain-Projekt¹⁵⁰ gestartet.

¹⁵⁰ <https://www.daimler.com/nachhaltigkeit/ressourcen/blockchain-pilotprojekt-lieferkette.html> (letzter Abruf am 12.03.2021).

Abbildung 5-17: Blockchain in Baden-Württemberg



#6789 – Technologie. Innovation. Unternehmertum 39

Quelle: https://blockchain-stuttgart.de/wp-content/uploads/2018/09/BlockSTR_MM_Slides.png

Fazit

Das Thema Blockchain gewinnt in Europa und Deutschland seit einigen Jahren immer mehr an Relevanz. Dies zeigt sich insbesondere an den zahlreichen Strategiepapieren und umfangreichen Fördermaßnahmen. Einzelne Projekte mit Blockchain-Bezug werden in Baden-Württemberg bereits gezielt gefördert. Es lassen sich allerdings noch keine breit angelegten staatlichen Maßnahmen zur Förderung des Themas Blockchain erkennen. Ein detaillierter und repräsentativer Vergleich des Status quo zwischen den Bundesländern lässt sich aufgrund der momentanen Datenlage nicht ziehen.

Die Blockchain-Technologie bietet Chancen, birgt aufgrund der regulatorischen und ökologischen Hürden aber auch Herausforderungen. Blockchain hat unter anderem großes Potenzial im öffentlichen Sektor und in der Wirtschaft. Zudem setzen bisher primär große Unternehmen Blockchain ein. Baden-Württemberg sollte daher gezielt KMU und Branchen mit hohem Potenzial fördern. Der Ausbau eines Blockchain-Reallabors, das Veranstalten von Innovationswettbewerben oder die Förderung von Leuchtturm-Projekten sind weitere mögliche Maßnahmen. Nordrhein-Westfalen geht hierbei z. B. mit positivem Beispiel voran und fördert ein Blockchain Reallabor mit 1,2 Millionen Euro (Land Nordrhein-Westfalen 2019). Baden-Württemberg könnte solche Maßnahmen gezielt mit seinen bereits bestehenden Maßnahmen im Bereich Green IT verbinden.

6 Anhang

Tabelle 6-1: Studienanfänger/innen im MINT-Bereich (1. Fachsemester), Wintersemester 2019/20, nach Bundesländern

	Alle Fächer		MINT-Fächer	
	Anzahl	Anzahl	Anteil Deutschland	Anteil Region
Baden-Württemberg	115.797	48.419	13,9	41,8
Bayern	138.537	59.511	17,1	43,0
Berlin	62.251	23.517	6,7	37,8
Brandenburg	14.980	4.909	1,4	32,8
Bremen	10.774	4.263	1,2	39,6
Hamburg	32.054	8.939	2,6	27,9
Hessen	77.071	31.548	9,0	40,9
Mecklenburg-Vorpommern	11.747	4.299	1,2	36,6
Niedersachsen	61.782	25.353	7,3	41,0
Nordrhein-Westfalen	222.671	89.868	25,8	40,4
Rheinland-Pfalz	38.412	13.603	3,9	35,4
Saarland	11.111	2.812	0,8	25,3
Sachsen	29.277	12.622	3,6	43,1
Sachsen-Anhalt	15.500	5.486	1,6	35,4
Schleswig-Holstein	19.124	7.239	2,1	37,9
Thüringen	22.428	7.375	2,1	32,9
Deutschland	883.516	348.763	100,0	39,5

Quelle: Komm, nach MINT (2020), Berechnungen des ZEW.

Anmerkungen: ¹ Anteil der Studienanfänger/innen an der bundesweiten Zahl der Studienanfänger/innen des Faches;

² Anteil der Studienanfänger/innen an der Gesamtzahl der Studienanfänger/innen aller Fächer der jeweiligen Region. Lesehilfe: Im Wintersemester 2019/2020 begannen 48.419 Studienanfänger/innen ihr Studium in einem MINT-Fach in Baden-Württemberg. Ein Anteil von 13,9 Prozent der bundesweiten Studienanfänger/innen im MINT-Bereich (348.763) begann das Studium in Baden-Württemberg. Ein Anteil von 41,8 Prozent der Studienanfänger/innen aller Fächer in Baden- Württemberg (115.797) begann dort ein Studium im MINT-Bereich.

Tabelle 6-2: Studienanfänger/innen in Mathematik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften (1. Fachsemester), Wintersemester 2019/20, nach Bundesländern

	Mathematik, Naturwissenschaften			Ingenieurwissenschaften		
	Anzahl	Anteil Deutsch- land	Anteil Region	Anzahl	Anteil Deutsch- land	Anteil Region
Baden-Württemberg	12.784	11,8	11,0	35.635	14,8	30,8
Bayern	17.297	15,9	12,5	42.214	17,6	30,5
Berlin	7.064	6,5	11,3	16.453	6,9	26,4
Brandenburg	1.532	1,4	10,2	3.377	1,4	22,5
Bremen	1.426	1,3	13,2	2.837	1,2	26,3
Hamburg	2.812	2,6	8,8	6.127	2,6	19,1
Hessen	8.988	8,3	11,7	22.560	9,4	29,3
Mecklenburg-Vorpommern	1.563	1,4	13,3	2.736	1,1	23,3
Niedersachsen	8.270	7,6	13,4	17.083	7,1	27,7
Nordrhein-Westfalen	32.184	29,6	14,5	57.684	24,0	25,9
Rheinland-Pfalz	5.398	5,0	14,1	8.205	3,4	21,4
Saarland	766	0,7	6,9	2.046	0,9	18,4
Sachsen	3.257	3,0	11,1	9.365	3,9	32,0
Sachsen-Anhalt	1.355	1,2	8,7	4.131	1,7	26,7
Schleswig-Holstein	2.477	2,3	13,0	4.762	2,0	24,9
Thüringen	1.605	1,5	7,2	5.770	2,4	25,7
Deutschland	108.778	100,0	12,3	239.985	100,0	27,2

Quelle: Komm, mach MINT (2020), Berechnungen des ZEW.

Anmerkungen: ¹ Anteil der Studienanfänger/innen an der bundesweiten Zahl der Studienanfänger/innen des Faches;

² Anteil der Studienanfänger/innen an der Gesamtzahl der Studienanfänger/innen aller Fächer der jeweiligen Region. Lesehilfe: Ein Anteil von 14,8 Prozent der bundesweiten Studienanfänger/innen der Ingenieurwissenschaften begann das Studium in Baden-Württemberg. Ein Anteil von 30,8 Prozent der Studienanfänger/innen aller Fächer in Baden-Württemberg begann dort ein Studium der Ingenieurwissenschaften.

Tabelle 6-3: Studienanfänger/innen in ausgewählten Fächern der Ingenieurwissenschaften (1. Fachsemester), Wintersemester 2019/20, nach Bundesländern

	Bauingenieurwesen Anzahl	Elektrotechnik und Informatik Anzahl	Informatik Anzahl	Maschinenbau/Verfahrenstechnik Anzahl
Baden-Württemberg	2.295	3.767	11.048	8.271
Bayern	3.025	4.662	13.355	8.804
Berlin	953	1.859	4.134	3.878
Brandenburg	223	114	1.240	374
Bremen	136	409	944	498
Hamburg	510	531	1.424	1.529
Hessen	2.347	2.616	7.885	4.277
Mecklenburg-Vorpommern	139	362	877	451
Niedersachsen	1.551	2.256	4.516	4.090
Nordrhein-Westfalen	3.687	5.971	21.456	11.389
Rheinland-Pfalz	824	769	2.742	1.487
Saarland	108	100	1.074	302
Sachsen	1.185	1.122	2.565	2.217
Sachsen-Anhalt	241	346	1.243	721
Schleswig-Holstein	253	439	2.174	1.192
Thüringen	637	536	1.238	1.015
Deutschland	18.114	25.859	77.915	50.495

Quelle: Komm, mach MINT (2020).

Tabelle 6-4: MINT-Studierende in Baden-Württemberg, Wintersemester 2019/20, Zehn beliebteste Studienbereiche

Rang	Studienbereich	Anzahl	Anteil Frauen
1	Informatik	31.633	20,4
2	Maschinenbau/Verfahrenstechnik	26.873	23,0
3	Elektrotechnik und Informationstechnik	11.199	14,2
4	Mathematik	9.109	54,3
5	Biologie	8.944	65,6
6	Ingenieurwesen allgemein	8.903	21,3
7	Wirtschaftsingenieurwesen mit ingenieurwissenschaftlichem Schwerpunkt	8.889	25,8
8	Chemie	7.815	47,0
9	Bauingenieurwesen	6.973	31,5
10	Physik, Astronomie	5.891	23,7

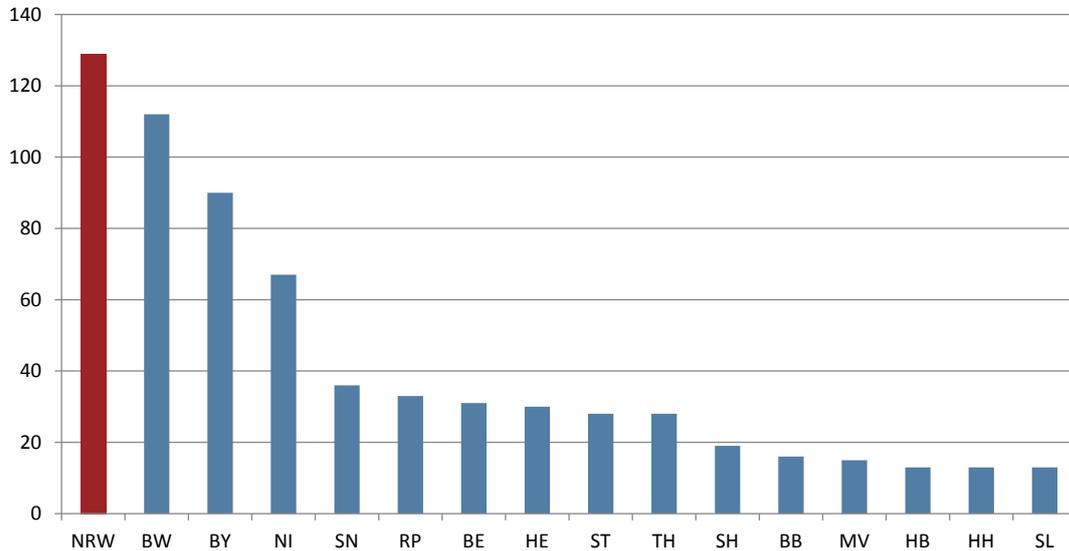
Quelle: Statistisches Landesamt BW (2021).

Tabelle 6-5: Entwicklung der Studierenden in MINT-Fächern in Baden-Württemberg, Wintersemester 2005/06 bis 2019/20

Wintersemester	Anzahl insgesamt	Anteil Frauen
2005/06	102.783	28,4
2006/07	103.823	28,5
2007/08	99.511	28,2
2008/09	110.674	27,4
2009/10	118.598	27,7
2010/11	124.525	27,8
2011/12	134.738	27,5
2012/13	147.391	27,9
2013/14	154.661	28,2
2014/15	157.781	28,3
2015/16	158.799	28,7
2016/17	160.405	29,4
2017/18	158.391	29,7
2018/19	155.784	30,1
2019/20	154.117	30,3

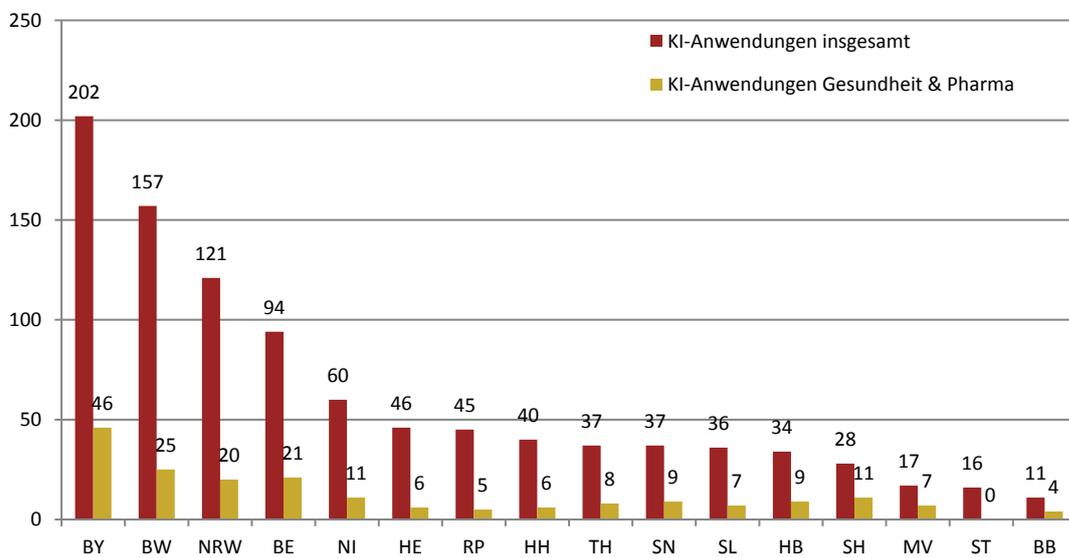
Quelle: Statistisches Landesamt BW (2021).

Abbildung 6-1: Spezialisierte Studiengänge im Bereich KI und Data Science



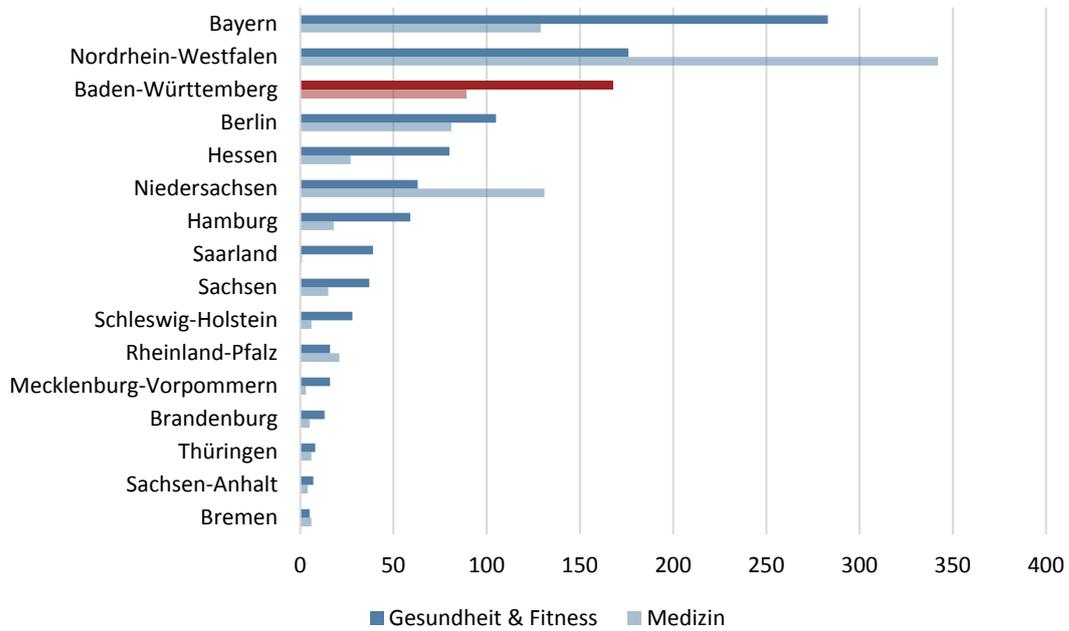
Quelle: www.plattform-lernende-systeme.de, eigene Darstellung.

Abbildung 6-2: Absolute Anzahl an gesamten KI-Anwendungen und KI-Anwendungen im Bereich Gesundheit und Pharma nach Bundesland



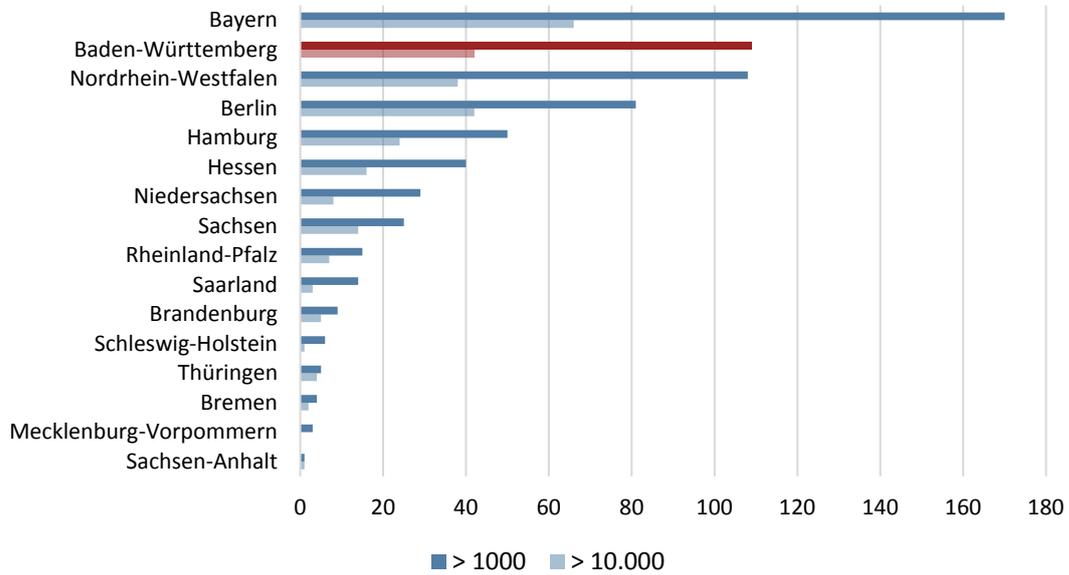
Quelle: Plattform Lernende Systeme, 2021: www.plattform-lernende-systeme.de; eigene Darstellung des ZEW.

Abbildung 6-3: Absolute Anzahl der Apps für Gesundheit & Fitness und Medizin getrennt nach Kategorien pro Bundesland



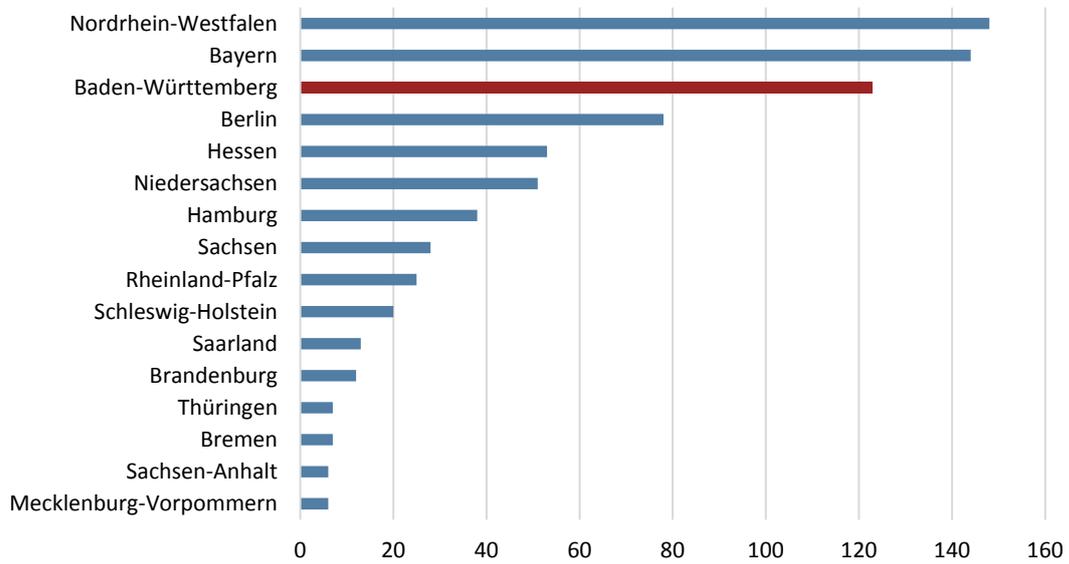
Quelle: Google Play Store, Berechnungen des ZEW.

Abbildung 6-4: Anzahl der Apps in den Kategorien Gesundheit & Fitness oder Medizin mit über 1.000 und über 10.000 Downloads pro Bundesland



Quelle: Google Play Store, Berechnungen des ZEW.

Abbildung 6-5: Anzahl der App-Entwickler in den Kategorien Gesundheit & Fitness und Medizin pro Bundesland



Quelle: Google Play Store, Berechnungen des ZEW.

Tabelle 6-6: Bestand an Elektroautos nach Bundesländern

Bundesland	Kraftfahrzeuge insgesamt 1.10.2020	BEV 1.10.2020	PHEV 1.10.2020	BEV+PHEV 1.10.2020	Anteil BEV 1.10.2020	Anteil PHEV 1.10.2020	Anteil BEV+PHEV 1.10.2020
Baden-Württemberg	8.366.107	43.811	35.158	78.969	0,5%	0,4%	0,9%
Bayern	10.494.358	51.828	37.852	89.680	0,5%	0,4%	0,9%
Berlin	1.466.558	8.063	6.517	14.580	0,5%	0,4%	1,0%
Brandenburg	1.812.269	5.001	3.763	8.764	0,3%	0,2%	0,5%
Bremen	342.690	1.291	1.349	2.640	0,4%	0,4%	0,8%
Hamburg	941.171	6.142	4.962	11.104	0,7%	0,5%	1,2%
Hessen	4.534.163	19.411	17.686	37.097	0,4%	0,4%	0,8%
Mecklenburg-Vorpommern	1.086.279	2.218	1.685	3.903	0,2%	0,2%	0,4%
Niedersachsen	5.927.827	26.543	17.132	43.675	0,4%	0,3%	0,7%
Nordrhein-Westfalen	12.243.330	66.078	42.917	108.995	0,5%	0,4%	0,9%
Rheinland-Pfalz	3.185.909	11.202	8.218	19.420	0,4%	0,3%	0,6%
Saarland	771.584	2.138	1.798	3.936	0,3%	0,2%	0,5%
Sachsen	2.662.433	6.634	4.894	11.528	0,2%	0,2%	0,4%
Sachsen-Anhalt	1.494.725	2.739	2.361	5.100	0,2%	0,2%	0,3%
Schleswig-Holstein	2.090.294	9.949	5.530	15.479	0,5%	0,3%	0,7%
Thüringen	1.494.788	4.864	2.909	7.773	0,3%	0,2%	0,5%
Summe bzw. Durchschnitt	58.914.485	267.912	194.731	462.643	0,5%	0,3%	0,8%

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Bestand nach ausgewählten Merkmalen (FZ 27).

Tabelle 6-7: Bestand an Elektroautos im Verhältnis zu den Ladepunkten

Bundesland	BEV+PHEV 2017	BEV+PHEV 2020	BEV+PHEV/La- depunkte 2017	BEV+PHEV/La- depunkte 2020
Baden-Württemberg	10.433	78.969	7,0	12,8
Bayern	13.972	89.680	12,9	12,3
Berlin	2.328	14.580	4,3	10,8
Brandenburg	927	8.764	16,0	15,7
Bremen	416	2.640	5,9	10,0
Hamburg	1.486	11.104	5,1	9,6
Hessen	4.241	37.097	6,6	15,7
Mecklenburg-Vorpommern	415	3.903	5,3	12,2
Niedersachsen	5.269	43.675	10,1	15,3
Nordrhein-Westfalen	8.395	108.995	5,2	19,9
Rheinland-Pfalz	2.149	19.420	7,3	13,9
Saarland	428	3.936	12,2	17,9
Sachsen	1.564	11.528	3,8	8,9
Sachsen-Anhalt	556	5.100	6,7	10,2
Schleswig-Holstein	1.651	15.479	15,7	13,5
Thüringen	732	7.773	6,9	10,7
Summe bzw. Durchschnitt	54.962	462.643	7,4	14,0

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Bestand nach ausgewählten Merkmalen (FZ 27) und BDEW.

Tabelle 6-8: Car Sharing-Städteranking 2019

Rang	Stadt	Anzahl CarSharing-Fahrzeuge	CarSharing-Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner
1	Karlsruhe	1012	3,23
2	München	3133	2,13
3	Hamburg	2968	1,61
4	Berlin	5814	1,60
5	Freiburg	365	1,59
6	Köln	1542	1,42
7	Stuttgart	886	1,40
8	Heidelberg	205	1,28
9	Darmstadt	202	1,27
10	Tübingen	110	1,21

Quelle: <https://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/carsharing-staedteranking-2019>.

Anmerkung: Städte ab 50.000 EW, Stichtag 31.12.2018.

Tabelle 6-9: Carsharing-Orte nach Ortsgröße in Baden-Württemberg

	CS-Orte in Ba-Wü	Orte insgesamt Ba-Wü	Anteil an allen Kommunen Ba-Wü	Zum Vergleich: Anteil Deutschland gesamt
> 100.000	9	9	100,0%	95,1%
50.001 - 100.000	14	14	100,0%	72,7%
20.001 - 50.000	63	79	79,7%	46,8%
< 20.000	199	999	19,9%	4,3%
Gesamt	285	1101	25,9%	7,6%

Quelle: <https://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/carsharing-baden-wuerttemberg-stark-im-laendlichen-raum>.

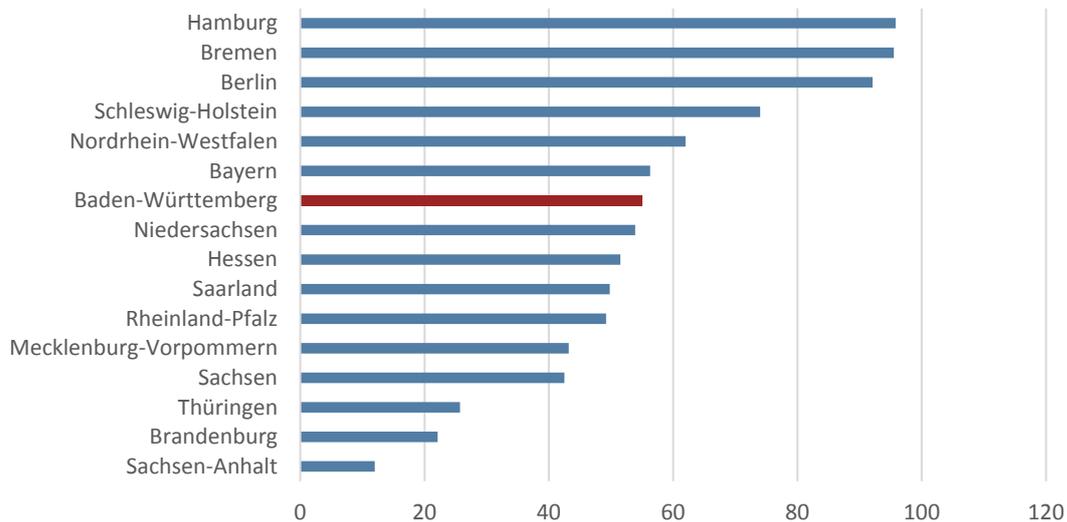
Anmerkung: Städte ab 50.000 EW, Stichtag 01.07.2020.

Tabelle 6-10: F&E-Intensität nach Bundesländern, 2007 und 2017: Anteil der Ausgaben der Bundesländer für Forschung und Entwicklung an ihrem Bruttoinlandsprodukt, aufgeschlüsselt nach durchführendem Sektor

Bundesländer	2007				2017			
	Gesamt	Wirtschaft	Staat	Hochschulen	Gesamt	Wirtschaft	Staat	Hochschulen
Baden-Württemberg	4,16	3,38	0,37	0,40	5,63	4,71	0,41	0,51
Bayern	2,81	2,21	0,25	0,35	3,09	2,34	0,31	0,43
Berlin	3,02	1,25	1,00	0,77	3,40	1,37	1,19	0,84
Brandenburg	1,22	0,32	0,64	0,26	1,68	0,57	0,74	0,37
Bremen	2,14	0,85	0,71	0,58	2,75	0,88	1,10	0,76
Hamburg	1,80	1,07	0,40	0,33	2,14	1,24	0,38	0,53
Hessen	2,49	2,03	0,15	0,31	2,91	2,20	0,28	0,43
Mecklenburg-Vorpommern	1,38	0,40	0,56	0,42	1,79	0,58	0,64	0,58
Niedersachsen	2,41	1,67	0,33	0,41	3,10	2,20	0,37	0,53
Nordrhein-Westfalen	1,70	1,07	0,25	0,38	2,09	1,23	0,30	0,55
Rheinland-Pfalz	1,78	1,32	0,14	0,32	2,43	1,78	0,18	0,47
Saarland	1,03	0,42	0,28	0,33	1,74	0,86	0,36	0,53
Sachsen	2,58	1,34	0,66	0,58	2,78	1,21	0,79	0,78
Sachsen-Anhalt	1,17	0,35	0,42	0,40	1,49	0,41	0,51	0,57
Schleswig-Holstein	1,18	0,53	0,31	0,34	1,55	0,83	0,34	0,38
Thüringen	1,87	0,96	0,43	0,48	2,19	1,10	0,48	0,61
Deutschland	2,44	1,71	0,34	0,39	3,03	2,10	0,41	0,52

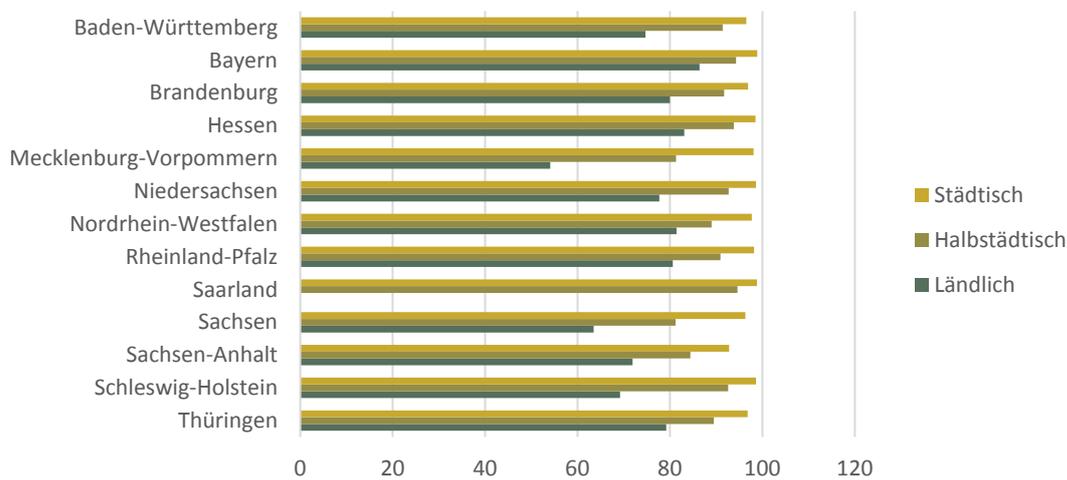
Quelle: EFI 2021, S.100, SV Wissenschaftsstatistik und Statistische Ämter des Bundes und der Länder in Gehrke et al. (2020).

Abbildung 6-6 Breitbandversorgung mit >= 1 Gbit/s Technologien in Prozent der Haushalte.



Quelle: Breitbandatlas 2020 des BMVI. Eigene Darstellung.

Abbildung 6-7: Breitbandversorgung über alle Technologien >=50 Mbit/s nach Gemeindeprägung in Prozent der Haushalte



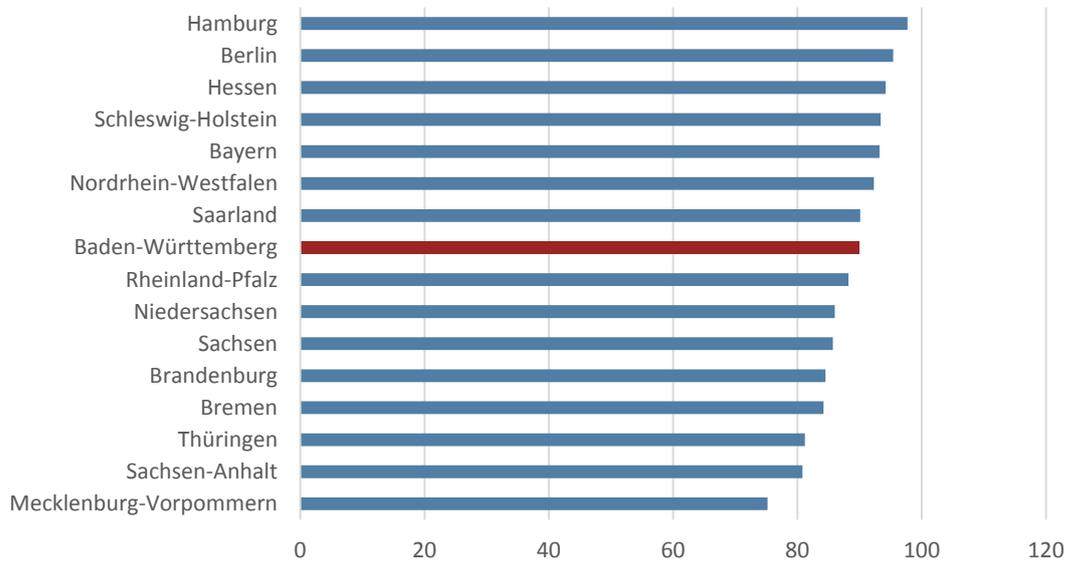
Quelle: Breitbandatlas 2020 des BMVI. Eigene Darstellung.

Tabelle 6-11: Verfügbarkeit von Einzeltechnologien pro Bundesland in Prozent der Haushalte.

	DSL	FTTB/H	CATV
Baden-Württemberg	98,7	5,9	70,2
Bayern	99,1	17,1	64,1
Berlin	100	8	94,5
Brandenburg	98,5	9	46,6
Bremen	100	12,3	94,9
Hamburg	100	80,2	91
Hessen	99,2	9,5	65,6
Mecklenburg-Vorpommern	95,6	12,7	54,9
Niedersachsen	98,2	12,9	66
Nordrhein-Westfalen	99,5	14	74,3
Rheinland-Pfalz	97,8	8,3	60,9
Saarland	99,6	3,2	65,9
Sachsen	97	16,4	54,8
Sachsen-Anhalt	97,1	10,4	39,5
Schleswig-Holstein	97,2	30,8	70
Thüringen	98,1	4,8	45,8

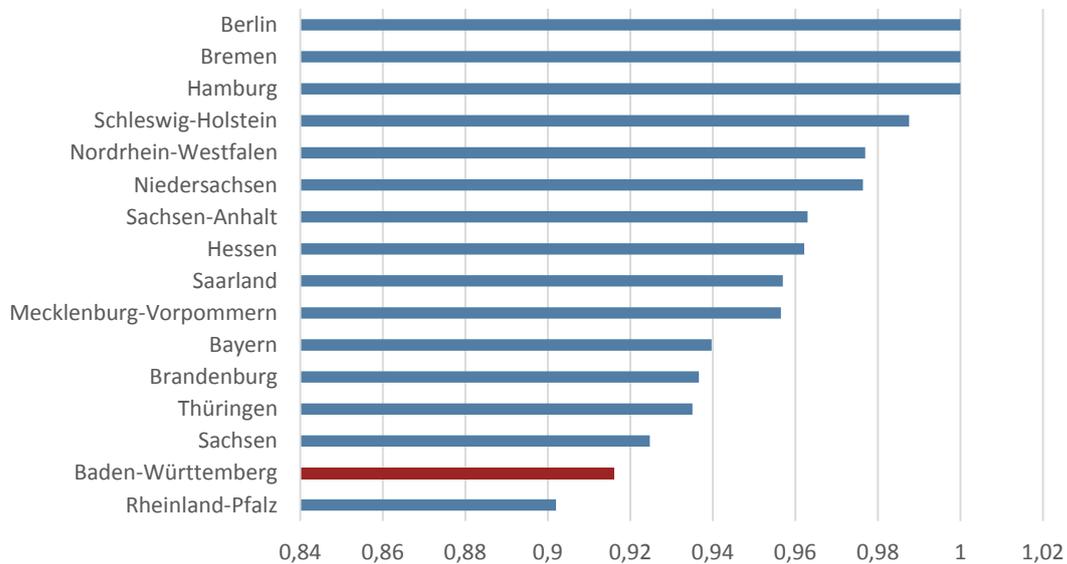
Quelle: Breitbandatlas 2020 des BMVI. Eigene Darstellung.

Abbildung 6-8: Gewerbliche Breitbandverfügbarkeit \geq 50 Mbit/s in den Bundesländern in Prozent der Gewerbestandorte



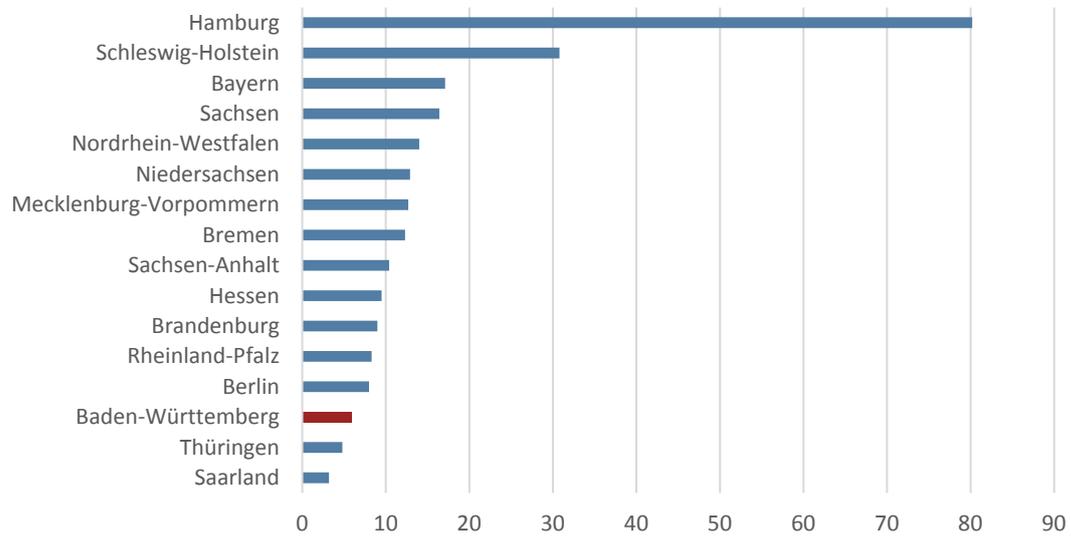
Quelle: Breitbandatlas 2020 des BMVI. Eigene Darstellung.

Abbildung 6-9: Erschlossene Schienenwege (LTE) in Prozent pro Bundesland



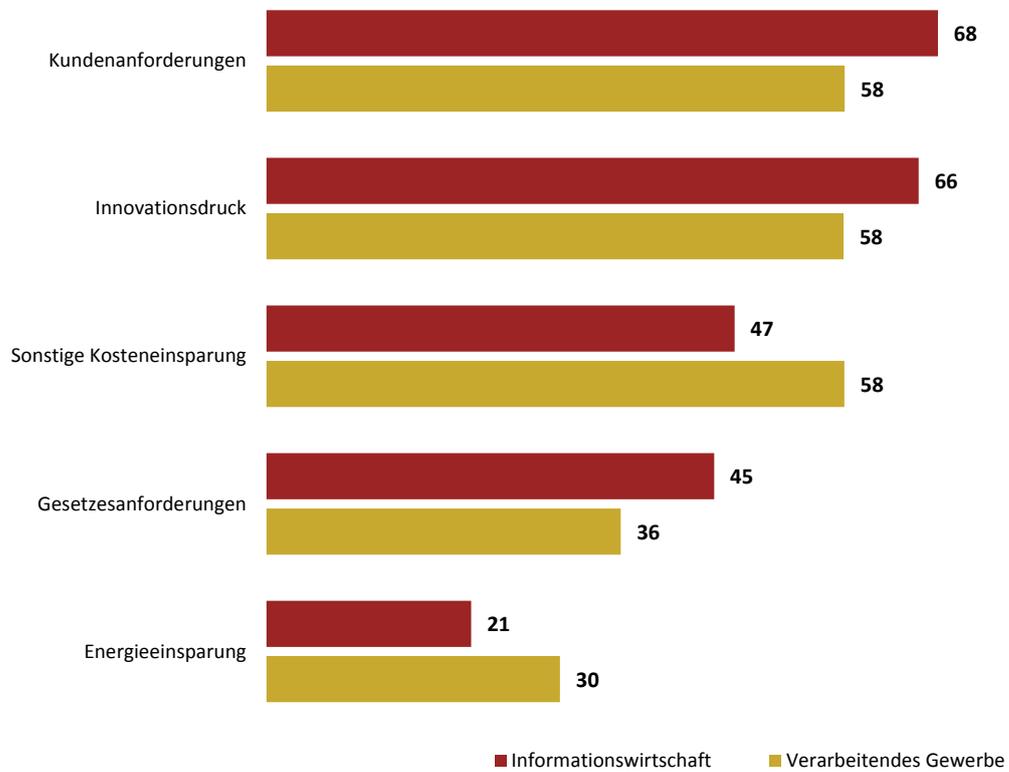
Quelle: Deutscher Bundestag (Drucksache 19/22308). Eigene Darstellung.

Abbildung 6-10: FTTB/H pro Bundesland in Prozent aller Haushalte



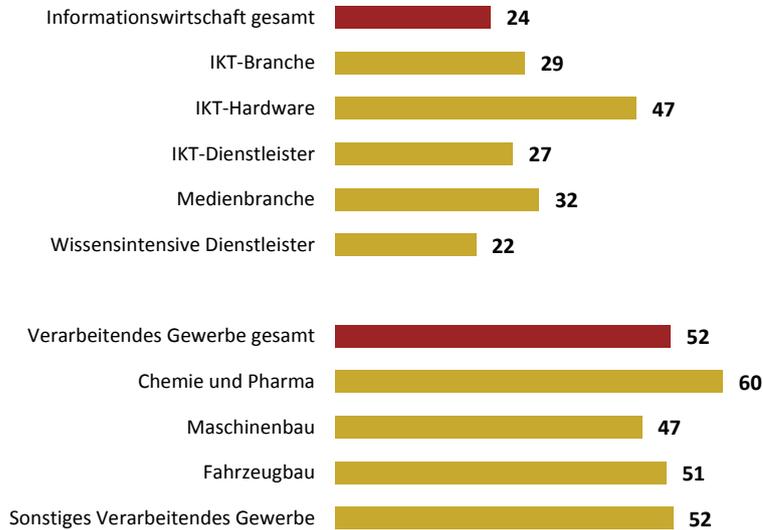
Quelle: Breitbandatlas 2020 des BMVI. Eigene Darstellung.

**Abbildung 6-11: Gründe für Digitalisierungsprojekte in den vergangenen drei Jahren
(Anteil der Unternehmen in Prozent)**



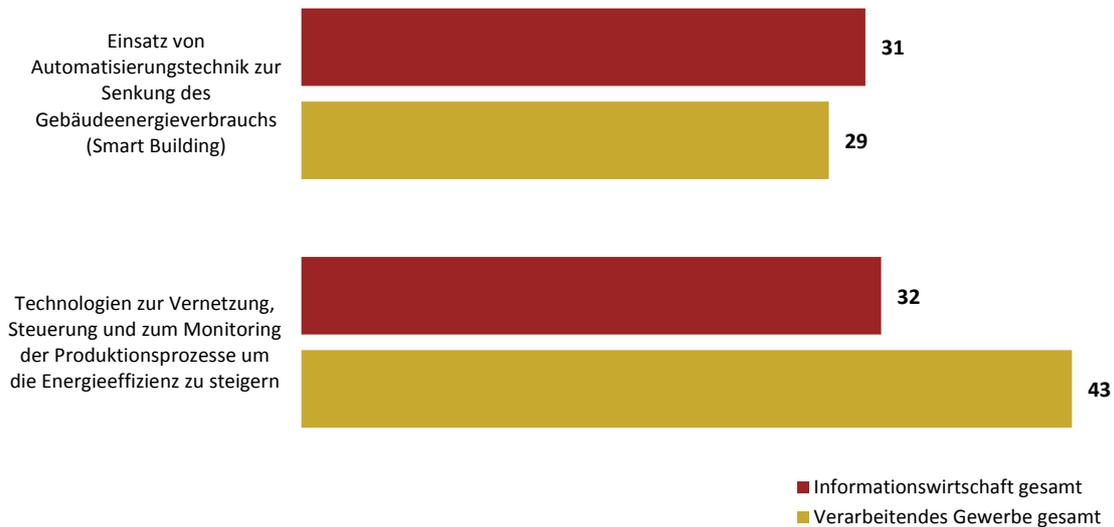
Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020

Abbildung 6-12: Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energiebilanz in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent)



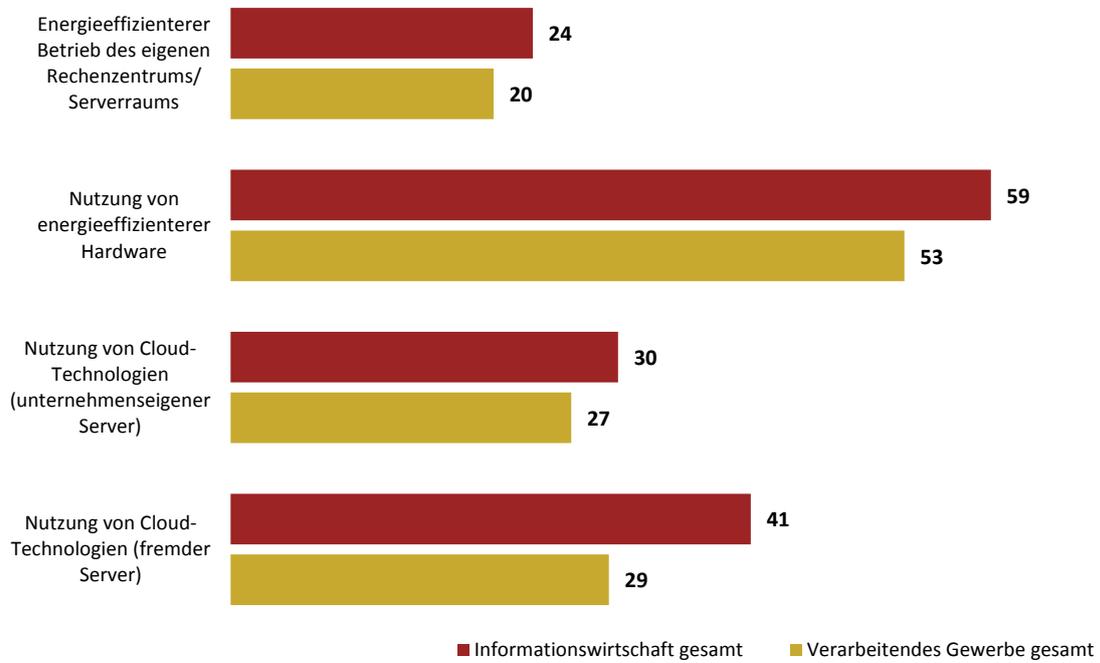
Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020

Abbildung 6-13: Einsatz digitaler Technologien zur Verbesserung der Energiebilanz in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent)

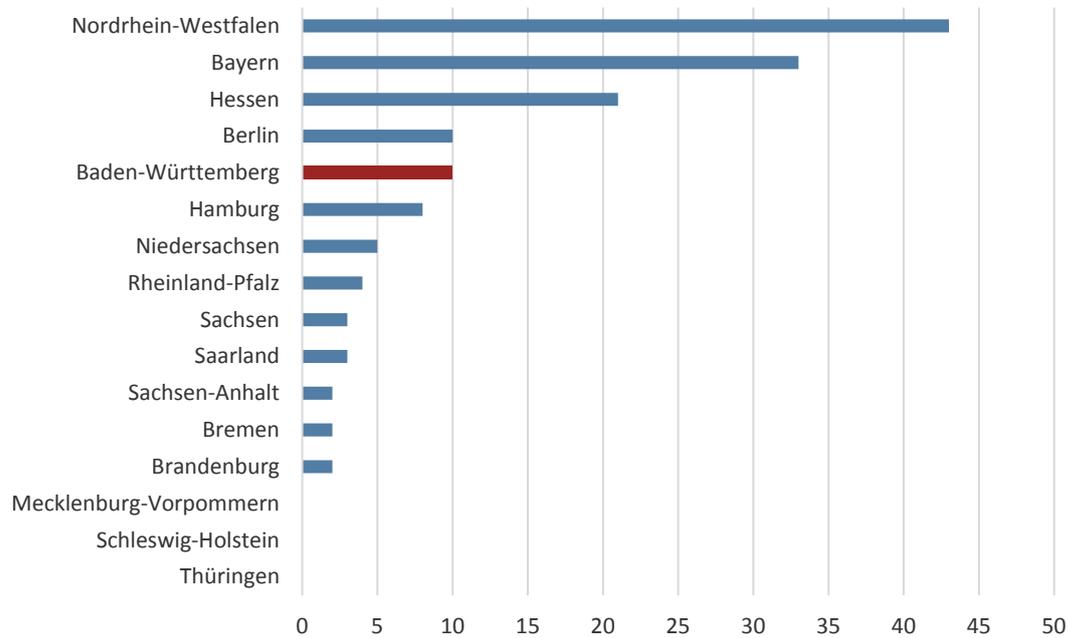


Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020

Abbildung 6-14: Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der IT-Energieeffizienz in den vergangenen drei Jahren (Anteil der Unternehmen in Prozent)

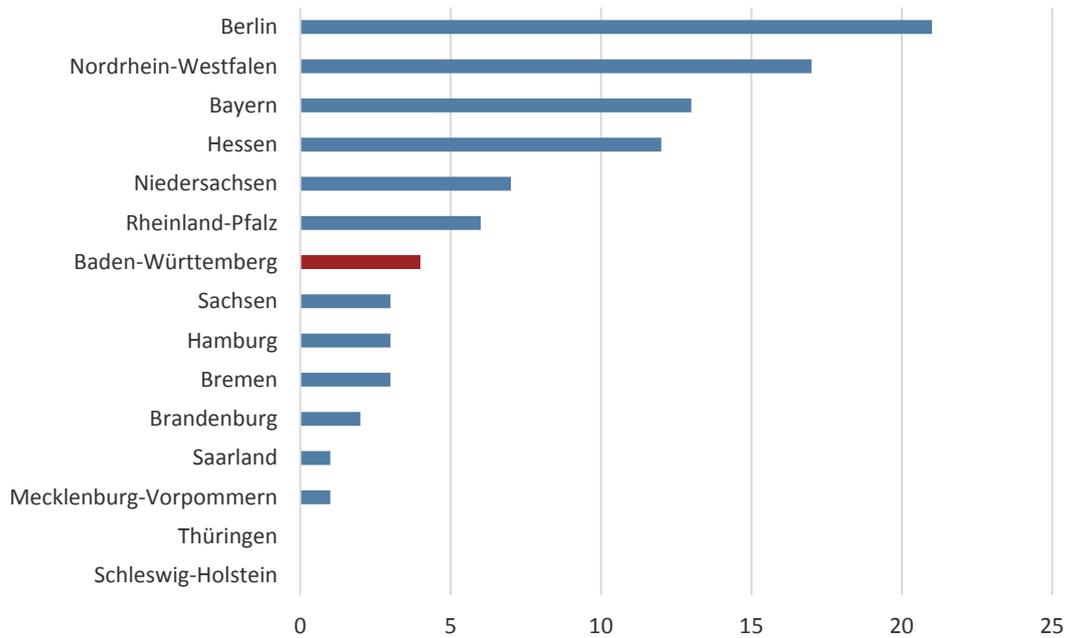


Quelle: ZEW-Konjunkturumfrage Informationswirtschaft 2020

Abbildung 6-15: Anzahl der Partner der Allianz für Cyber-Sicherheit nach Bundesländern

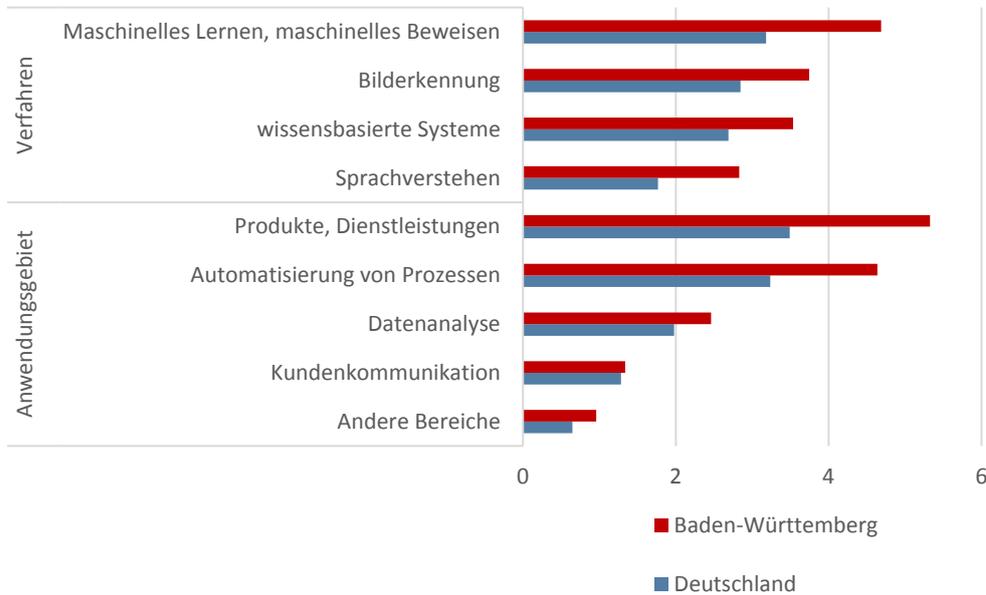
Quelle: Liste der Partner auf <https://www.allianz-fuer-cybersicherheit.de>, Stand 24. Februar 2021, Berechnungen des ZEW. Anmerkung: 4 Prozent aller Partner sind nicht öffentlich aufgeführt (oder ohne Angabe der Adresse) und lassen sich somit auch keinem Bundesland zuordnen.

Abbildung 6-16: Anzahl der Multiplikatoren der Allianz für Cyber-Sicherheit nach Bundesländern



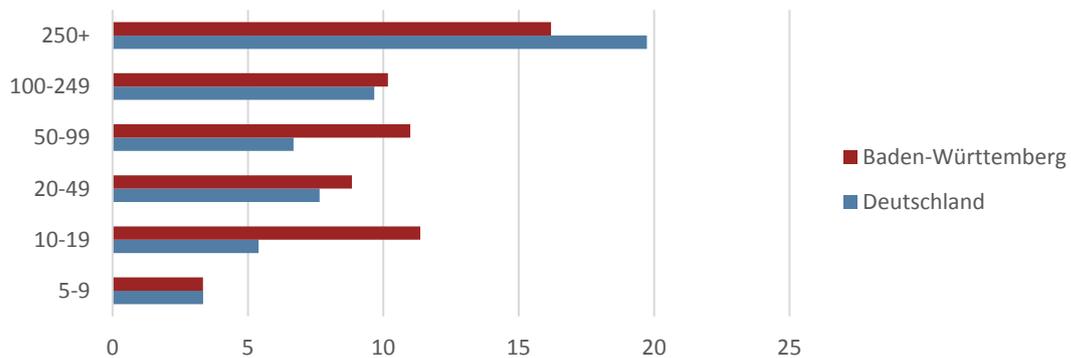
Quelle: Liste der Multiplikatoren auf <https://www.allianz-fuer-cybersicherheit.de>, Stand 24. Februar 2021, Berechnungen des ZEW. Anmerkung: 7 Prozent aller Multiplikatoren sind nicht öffentlich aufgeführt (oder ohne Angabe der Adresse) und lassen sich somit auch keinem Bundesland zuordnen.

Abbildung 6-17: Anwendungsgebiete und Verfahren in der KI-Nutzung (Mehrfachnennungen sind möglich)



Daten: ZEW Innovationserhebung 2019. Berechnungen des ZEW.

Abbildung 6-18: Einsatz von KI nach Größengruppe (basierend auf der Mitarbeiter-Anzahl) in Prozent aller Unternehmen



Daten: ZEW Innovationserhebung 2019. Berechnungen des ZEW.

7 Literaturverzeichnis

AEE - Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (2019): Bundesländer mit neuer Energie - Statusreport Föderal-Erneuerbar 2019/2020. Online verfügbar unter https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3621.AEE_Bundesl%C3%A4nder_Statusbericht_2019-20_online.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Albrecht, Martin; Otten, Marcus; Sander, Monika; Temizdemir, Ender (2020): PraxisBarometer Digitalisierung 2020. Stand und Perspektiven der Digitalisierung in der vertragsärztlichen und -psychotherapeutischen Versorgung.

Allner, Raphael; Wilfling, Denise; Kidholm, Kristian; Steinhäuser, Jost (2019): Telemedizinprojekte im ländlichen Raum Deutschlands. Eine systematische Bewertung mit dem „Modell zur Evaluation von telemedizinischen Anwendungen“. Schwerpunktreihe "Telemedizin". In: *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* (141).

Andres, Raphaela; DeStefano, Timothy; Niebel, Thomas, Viete, Steffen (2020): Capital Incentive Policies in the Age of Cloud Computing. An Empirical Case Study. In: *ZEW Discussion Paper 20-036*.

Andritzki, Dirk; Koch, Mandy; Michalik, Thomas; Reimers, Frithjof; Windolph, Andreas (2018): Evaluation zur Weiterentwicklung der Breitbandförderung in Baden-Württemberg. Hg. v. TÜV Rheinland. TÜV Rheinland. Online verfügbar unter https://im.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-im/intern/dateien/publikationen/20180228_Breitbandstudie.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Arms, Hanjo; Lang, Volker; Dringenberg, Horst-Hendrik; Cordes, Achim; Perter, Viktor; Utescher-Dabitz; Ruppert, Martin (2018): Digital@EVU: Wo steht die deutsche Energiewirtschaft. Hg. v. A.T.Kearney, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) und IMP³rove – European Innovation Management Academy (IMP³rove Academy). Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/201802_Paper-Digital-EVU.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Autorengruppe Bildungsberichterstattung (Hg.) (2020): Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt. Online verfügbar unter https://www.bildungsbericht.de/static_pdfs/bildungsbericht-2020.pdf <https://www.bildungsbericht.de/de/bildungsberichte-seit-2006/bildungsbericht-2020/pdf-dateien-2020/bildungsbericht-2020-barrierefrei.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BaFin - Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (2020): Virtuelle Währungen/Virtual Currency (VC). Online verfügbar unter https://www.bafin.de/DE/Aufsicht/FinTech/VirtualCurrency/virtual_currency_node.html, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2020): Ladepunkte je Bundesland. Stand: 31.10.2020. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Ladepunkte_je_Bundesland.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2021): Entwicklung der Anzahl der Ladepunkte seit 2011. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Entwicklung_Anzahl_LPkt_seit_2011_und_FI%C3%A4chendeckung_SchnellLP.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Berger, Roland (2020): Future of Health 2. The rise of healthcare platforms. Online verfügbar unter <https://www.rolandberger.com/de/Media/Digitaler-Gesundheitsmarkt-in-Europa-soll-bis-2025-auf-232-Milliarden-Euro.html>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Bertelsmann Stiftung; VDE (2020): From Principles to Practice.

Bertschek, Irene; Erdsiek, Daniel; Kesler, Reinhold; Niebel, Thomas; Rasel, Fabienne (2017): Metastudie: Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung in Baden-Württemberg. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg; Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg; Staatsministerium Baden-Württemberg. Mannheim. Online verfügbar unter http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Metastudie_Digitalisierung_BWZEW_2017.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bertschek, Irene; Janßen, Rebecca (2020): Cybersicherheit und Innovationen. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage. ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Mannheim (20-01). Online verfügbar unter http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/ZEWKurzexpertisen/ZEW_Kurzexpertise2001.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2020a): Deutschlands Patienten fordern mehr digitale Gesundheitsangebote. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutschlands-Patienten-fordern-mehr-digitale-Gesundheitsangebote>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2020b): Digitalisierung der Schulen geht schleppend voran. Unter Mitarbeit von Bastian Pauly und Nina Brandau. Hg. v. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom). Online verfügbar unter

<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitalisierung-der-Schulen-geht-schleppend-voran>, zuletzt aktualisiert am 10.03.2020, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2020c): Jeder vierte Arzt will Gesundheits-Apps verschreiben. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Jeder-vierte-Arzt-will-Gesundheits-Apps-verschreiben>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2020d): Mehr als jeder zweite Onliner Opfer von Cyberkriminalität. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Mehr-als-jeder-zweite-Onliner-Opfer-von-Cyberkriminalitaet>, zuletzt aktualisiert am 04.03.2021.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2020e): Spionage, Sabotage und Datendiebstahl - Wirtschaftsschutz in der vernetzten Welt. Studienbericht 2020. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-02/200211_bitkom_studie_wirtschaftsschutz_2020_final.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2021): Smart City Index 2020. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2021-02/210216_studienbericht_smart_city_index.pdf, zuletzt geprüft am 22.03.2021.

BKA - Bundeskriminalamt (2020): Sonderauswertung Cybercrime in Zeiten der Corona-Pandemie. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/JahresberichteUndLagebilder/Cybercrime/cybercrimeSonderauswertungCorona2019.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Blockchain Bundesverband e.V. (2021): Bundesblock Internetseite. Online verfügbar unter <https://bundesblock.de/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

blockLAB Stuttgart e.V. (2021): BlockLab Internetseite. Online verfügbar unter <https://blocklab.de/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMBF/Kantar Public; Bilger, Frauke; Strauß, Alexandra (2019): Weiterbildungsverhalten in Deutschland 2018 | Ergebnisse des Adult Education Survey – AES-Trendbericht. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Weiterbildungsverhalten_in_Deutschland_2018.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019): Nationale Weiterbildungsstrategie. Hg. v. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) und Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Online verfügbar unter

https://www.bmbf.de/files/NWS_Strategiepapier_barrierefrei_DE.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020a): Bekanntmachung: Richtlinie zur Förderung von deutsch-französischen Projekten zum Thema Künstliche Intelligenz. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-3205.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020b): Initiative Digitale Bildung - BMBF. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/de/bildung-digital-3406.html>, zuletzt aktualisiert am 05.03.2021, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021): Pressemitteilung: 036/2021. Karliczek: "Künstliche Intelligenz ist eine Schlüsseltechnologie der Zukunft". Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/de/karliczek-kuenstliche-intelligenz-ist-eine-schluesselftechnologie-der-zukunft-13857.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020a): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III - Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_iii_programm_bf.pdf, zuletzt geprüft am 11.02.2021.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): Bericht zum Breitbandatlas Ende 2015 Teil 1: Ergebnisse. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bericht-zum-breitbandatlas-ende-2015-ergebnisse.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019a): Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2019). Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-mitte-2019.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019b): Frequenzauktion beendet. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/Frequenzauktion-faq.html>, zuletzt aktualisiert am 2020, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019c): Von der digitalen in die Gigabit-Gesellschaft. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/Breitbandausbau/topthema01-bundesfoerderprogramm-zum-breitbandausbau.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2020): Bericht zum Breitbandatlas Teil 1: Ergebnisse (Stand Mitte 2020). Online verfügbar unter

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bericht-zum-breitbandatlas-mitte-2020-ergebnisse.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021): Deutschland wird international die Nummer 1 beim autonomen Fahren. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Energieeffizienzstrategie Gebäude. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebäude.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019): Energieeffizienzstrategie 2050. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): GAIA-X: Das europäische Projekt startet in die nächste Phase.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Gesundheitswirtschaft Fakten & Zahlen - Länderergebnisse der Gesundheitswirtschaftlichen Gesamtrechnung 2019. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/gesundheitswirtschaft-fakten-und-zahlen-daten-2019-laenderergebnisse.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; BMF - Bundesministerium der Finanzen (2019): Blockchain-Strategie der Bundesregierung. Wir stellen die Weichen für die Token-Ökonomie. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Böning, Sarah-Lena; Maier-Rigaud, Remi; Micken, Simon (2019): Gefährdet die Nutzung von Gesundheits-Apps und Wearables die solidarische Krankenversicherung? Eine bevölkerungsrepräsentative Bestandsaufnahme der Solidaritätseinstellungen. Hg. v. Friedrich Ebert Stiftung. Bonn (13). Online verfügbar unter <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/15883.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Borkert, Kristian; Burkhardt, Daniel; Labra, Ivan; Kaßberger, Jochen; Treiber, Karsten; Wiedmann, Christian (2018): Blockchain-Strategie für Baden-Württemberg. Stuttgart. Online verfügbar unter https://blockchainstrategie-bw.de/wp-content/uploads/2018/06/20180618_Blockchain_Strategie_BW_scan.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bossert, Oliver; Desmet, Driek (2019): The platform play: How to operate like a tech company. In: *McKinsey Digital*.

Briglauer, Wolfgang; Dürr, Niklas; Gugler, Klaus Peter (2021): A Retrospective Study on the Regional Benefits and Spillover Effects of High-Speed Broadband Networks: Evidence From German Counties. In: *International Journal of Industrial Organization Volume 74*. Online verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167718720301004?via%3Dihub>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Brynjolfsson, Erik; Hitt, Lorin M.; Kim, Heekyung Hellen (2011): Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance? In: *SSRN Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.1819486.

BSI - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020): Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2020. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI). Bonn. Online verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2020.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Büchel, Jan; Demary, Vera; Goecke, Henry; Rusche, Christian; Burstedde, Alexander; Engels, Barbara et al. (2020): Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland - Digitalisierungsindex 2020. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Online verfügbar unter https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-download-zusammenfassung-ergebnisse-digitalisierungsindex-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bundesagentur für Arbeit (2019): Fachkräfteengpassanalyse. Dezember 2019. Online verfügbar unter https://statistik.arbeitsagentur.de/Statistikdaten/Detail/201912/arbeitsmarktberichte/fk-engpassanalyse/fk-engpassanalyse-d-0-201912-pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Bundesgesetzblatt (2017): Achstes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes. Vom 16. Juni 2017. Online verfügbar unter http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl117s1648.pdf.

Bundeskanzleramt (2021): Datenstrategie der Bundesregierung. Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/datenstrategie-der-bundesregierung-1845632>.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2018): EU-OPENSOURCE: Neue Dynamik für die Wirkstoffsuche. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/de/eu-openscreen-neue-dynamik-fuer-die-wirkstoffsuche-7002.html>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020b): Was bedeutet "Energieeffizienz"? Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/energieeffizienz/was-bedeutet-energieeffizienz/>.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2019): Die Blockchain-Technologie. Potenziale und Herausforderungen in den Netzsektoren Energie und Telekommunikation. Bonn. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2019/DiskussionspapierBlockchain.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020): Jahresbericht 2019: Netze für die digitale Welt. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Jahresberichte/JB2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bundesverband CarSharing (2015): Rangliste: CarSharing-Städteranking 2015 (Städte ab 50.000 EW). Online verfügbar unter https://carsharing.de/sites/default/files/uploads/uebersichtstabelle_staedteranking_2015_lang.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bundesverband CarSharing (2017): CarSharing-Jahresbilanz 2016. Online verfügbar unter <https://www.carsharing.de/presse/pressemitteilungen/carsharing-jahresbilanz-2016-mehr-17-millionen-carsaring-nutzer/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Bundesverband CarSharing (2021): CarSharing-Statistik 2021 - Die Branche trotz der Pandemie. Online verfügbar unter <https://www.carsharing.de/carsharing-statistik-2021-branche-trotzt-pandemie>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BVDW - Bundesverband Digitale Wirtschaft (2019): Hohe Akzeptanz für künstliche Intelligenz und digitale Anwendungen im Gesundheitswesen. Online verfügbar unter <https://www.bvdw.org/der-bvdw/news/detail/artikel/bvdw-studie-hohe-akzeptanz-fuer-kuenstliche-intelligenz-und-digitale-anwendungen-im-gesundheitswesen/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

BWCON - Baden-Württemberg: Connected e.V. (2021): Baden-Württemberg Connected e.V. Internetseite. Online verfügbar unter <https://www.bwcon.de/fuer-das-netzwerk/special-interest-groups/sig-blockchain.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Carson, Brant; Romanelli, Giulio; Walsh, Patricia; Zhumaev, Askhat (2018): Blockchain Beyond the Hype: What is the Strategic Business Value? Hg. v. McKinsey. Online verfügbar

unter <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value#>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Casino, Fran; Dasaklis, Thomas K.; Patsakis, Constantinos (2019): A Systematic Literature Review of Blockchain-Based Applications: Current Status, Classification and Open Issues. In: *Telematics and Informatics* 36, S. 55–81. DOI: 10.1016/j.tele.2018.11.006.

CB Insights (2020): Digital Health 150: The Digital Health Startups Transforming the Future of Healthcare. Online verfügbar unter <https://www.cbinsights.com/research/report/digital-health-startups-redefining-healthcare/>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

com.X (2019): Abschlussbericht zur Evaluierung „Regionale Kompetenzstellen des Netzwerks Energieeffizienz“. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW). Online verfügbar unter https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Evaluation_KEFF_Abschlussbericht.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Crunchbase Inc (2021): Crunchbase Internetseite. Online verfügbar unter <https://www.crunchbase.com/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Cyber Valley (2021): Cyber Valley Internetseite. Hg. v. Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. Online verfügbar unter <https://www.cyber-valley.de/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

D21-Digital-Index (2021): D21-Digital-Index (2021). Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft. Online verfügbar unter https://initiated21.de/app/uploads/2021/02/d21-digital-index-2020_2021.pdf, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

Damioli, Giacomo; van Roy, Vincent; Vertesy, Daniel (2021): The Impact of Artificial Intelligence on Labor Productivity. In: *Eurasian Bus Rev.* Online verfügbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s40821-020-00172-8>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Dede, Georgia; Hamon, Ronan; Junklewitz, Ignacio; Malatras, Apostolos; Naydenov, Rossen; Sanchez, Henrik (2021): Cybersecurity Challenges in the Uptake of Artificial Intelligence in Autonomous Driving: Publications Office of the European Union, Luxembourg. Online verfügbar unter www.doi.org/10.2760/551271, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Demary, Markus; Demary, Vera (2021a): A Growing Niche: German Blockchain Companies. Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft (IW). Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2021/IW-Kurzbericht_2021-German-Blockchain-Companies.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Demary, Markus; Demary, Vera (2021b): The European Blockchain Centers. Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft (IW). Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2021/IW-Kurzbericht_2021-Blockchain-EU.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Demary, Vera; Engels, Barbara; Goecke, Henry; Koppel, Oliver; Mertens, Armin; Rusche, Christian et al. (2020): KI-Monitor. Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland. Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft (IW). Köln. Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2020/IW-Gutachten_KI_Monitor_Bericht_2020.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Demary, Vera; Goecke, Henry (2019): Künstliche Intelligenz: Deutsche Unternehmen zwischen Risiko und Chance. Institut der deutschen Wirtschaft (IW). Köln. Online verfügbar unter <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/209534/1/168568582X.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Destatis (2016): Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Unternehmen.

Destatis (2018): Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Unternehmen.

Destatis (2021): Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Unternehmen, IKT-Branche: Internetgeschwindigkeit nach Wirtschaftszweigen. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/IKT-in-Unternehmen-IKT-Branche/Tabellen/iktu-02-antei-unternehmen-verbindungsarten.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutsche Bundesregierung (2018a): Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD (19. Legislaturperiode). Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/656734/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutsche Bundesregierung (2018b): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/files/Nationale_KI-Strategie.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutsche Bundesregierung (2020a): Digitalisierung gestalten: Umsetzungsstrategie der Bundesregierung. Hg. v. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/1605036/d71af00f84eb2253ec2435d93fda5b6d/digitalisierung-gestalten-download-bpa-data.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutsche Bundesregierung (2020b): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung: Fortschreibung 2020. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Online verfügbar unter https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutsche Bundesregierung (2021): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren. Bearbeitungsstand: 08.02.2021. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-19/gesetz-aenderung-strassenverkehrsgesetz-pflichtversicherungsgesetz-autonomes-fahren.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutscher Bundestag (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018. Unterrichtung durch die Bundesregierung (Drucksache, 19/5700). Online verfügbar unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/057/1905700.pdf>, zuletzt geprüft am 12.02.2021.

Deutscher Bundestag (2019): Energieeffizienzstrategie 2050 der Bundesregierung. Unterrichtung durch die Bundesregierung (Drucksache, 19/16065). Online verfügbar unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/160/1916065.pdf>, zuletzt geprüft am 17.04.2020.

Deutscher Bundestag (2020a): Antwort der Bundesregierung. Abrufe beim Bundesförderprogramm Breitbandausbau (Drucksache 19/21141). Online verfügbar unter <https://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/211/1921141.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Deutscher Bundestag (2020b): Schriftliche Fragen mit den in der Woche vom 7. September 2020 eingegangenen Antworten der Bundesregierung (Drucksache 19/22308). Online verfügbar unter <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/19/223/1922308.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Dialog Consult; Verband für Telekommunikation und Mehrwertdienste (2020): 2. Marktanalyse Gigabit-Anschlüsse 2020. Online verfügbar unter https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2020/04/VATM_Gigabit-Studie_290420_.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Diekmann, Jochen; Schill, Wolf-Peter; Püttner, Andreas; Walker, Marion; Kirrmann, Sven; Maier, Magnus (2019): Vergleich der Bundesländer: Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Erneuerbaren Energien 2019 - Indikatoren und Ranking - Endbericht. Hg. v. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) und Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (AEE).

Online verfügbar unter <https://www.unendlich-viel-energie.de/presse/pressemitteilungen/bundeslaendervergleich-erneuerbare-energien-schleswig-holstein-und-baden-wuerttemberg-sind-vorreiter?preview=1&token=8d4fc56f67fda7e150b915cec72ebd3b>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

digital@bw (2017): Digitalisierungsstrategie der Landesregierung Baden-Württemberg. Hg. v. Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://www.digital-bw.de/downloads/DigitalisierungsstrategieBaWue2017.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

digital@bw (2018): Baden-Württemberg geht bei der Künstlichen Intelligenz voran. Hg. v. Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://im.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-im/intern/dateien/pdf/Positionspapier_KI_BW_DE.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

digital@bw (2020a): 2. Digitalisierungsbericht der Landesregierung Baden-Württemberg. Hg. v. Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://www.digital-bw.de/documents/20142/177511/Zweiter+Digitalisierungsbericht.pdf/430a0d41-9449-c7c6-08a5-4b0052563a5d>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

digital@bw (2020b): Breitbandbericht Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-im/intern/dateien/publikationen/20200911_Breitbandbericht_Baden-W%C3%BCrttemberg.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

digital@bw (2020c): Fahrplan für eine „Datenagenda BW: -Digital-Allianzen in der Europäischen Union vorantreiben-. Hg. v. Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.digital-bw.de/documents/20142/401926/Fahrplan_Datenagenda.pdf/, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

DsiN - Deutschland sicher im Netz (2020): DsiN Sicherheits Index 2020. Digitale Sicherheitslage von Verbraucher*innen in Deutschland. Deutschland sicher im Netz (DsiN). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.sicher-im-netz.de/dsin-sicherheitsindex-2020>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

EBSI - European Blockchain Services Infrastructure (2021): European Blockchain Services Infrastructure Internetseite. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/EBSI>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (2019): Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Unter Mitarbeit von Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner, Prof. Dr. Christoph Böhringer, Prof. Dr. Uwe Cantner, Ph.D. Dietmar Harhoff, Prof. Dr. Katharina Hölzle und Prof. Dr. Monika Schnitzer. Hg. v. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Online verfügbar unter https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/EFI_Gutachten_2019.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (2020): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Berlin. Online verfügbar unter https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/EFI_Gutachten_2020.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation (2021): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2021. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.e-fi.de/publikationen/gutachten>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Eickelmann, Birgit; Bos, Wilfried; Gerick, Julia; Goldhammer, Frank; Schaumburg, Heike; Schwippert, Knut et al. (Hg.) (2019): International Computer and Information Literacy Study (ICILS) 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking. Waxmann. Münster, New York. Online verfügbar unter https://kw.uni-paderborn.de/fileadmin/fakultaet/Institute/erziehungswissenschaft/Schulpaedagogik/ICILS_2018__Deutschland_Berichtsband.pdf, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

e-mobil BW (2020): Datenmonitor e-mobil BW. Dezember 2020. Online verfügbar unter https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Broschueren/e-mobil_BW_Datenmonitor_Dezember_2020.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Engels, Barbara; Goecke, Henry (2019): Big Data in Wirtschaft und Wissenschaft. Eine Bestandsaufnahme. In: *IW-Analysen* (130).

Erdziek, Daniel (2020): ZEW Branchenreport Informationswirtschaft. ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Mannheim (3. Quartal 2020). Online verfügbar unter <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/brepikt/202003BrepIKT.pdf?v=1605516178>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Erdziek, Daniel; Rost, Vincent (2021): ZEW Branchenreport Informationswirtschaft. Hg. v. ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Mannheim (4. Quartal 2020). Online verfügbar unter <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/brepikt/202004BrepIKT.pdf?v=1613117520>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Etscheid, Jan; Lucke, Jörn von; Stroh, Felix (2020): Künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung: Anwendungsfelder und Szenarien. Hg. v. Fraunhofer IAO. Stuttgart. Online verfügbar unter publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-5777085.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2018a): EU Member States Sign Up to Cooperate on Artificial Intelligence. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-member-states-sign-cooperate-artificial-intelligence>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2018b): European Countries Join Blockchain Partnership. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-countries-join-blockchain-partnership>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2019a): Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2019b): EU Artificial Intelligence and Blockchain Investment Fund to Invest 100 Million Euros in Startups in 2020. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-artificial-intelligence-and-blockchain-investment-fund-invest-100-million-euros-startups>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2019c): Liability for Artificial Intelligence and Other Emerging Digital Technologies. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupMeetingDoc&docid=36608>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2019d): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der europäische Grüne Deal. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_de.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2020a): Blockchain Funding and Investment. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blockchain-funding-and-investment>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2020b): Broadband Coverage in Europe 2019. Mapping Progress Towards the Coverage Objectives of the Digital Agenda. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=70034, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2020c): Eine europäische Datenstrategie.

Europäische Kommission (2020d): Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) 2020. Deutschland, Brüssel.

Europäische Kommission (2020e): Stepping up Europe's 2030 Climate Ambition. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/communication-com2020562-stepping-europe%E2%80%99s-2030-climate-ambition-investing-climate_en, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2020f): Sustainable and Smart Mobility Strategy Future. Putting European Transport on Track for the Future. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/com20200789.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2020g): White Paper on Artificial Intelligence: A European Approach to Excellence and Trust. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2021a): Artificial Intelligence: Shaping Europe's Digital Future. A European Approach to Artificial Intelligence. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/artificial-intelligence>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2021b): European Blockchain Strategy - Brochure. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-blockchain-strategy-brochure>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Europäische Kommission (2021c): Horizon Europe. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Fleischle, Frank; Kaniut, Mathias; Geißler, Maximilian; Winnik, Sandra (2020): Barometer – Digitalisierung der Energiewende. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/barometer-digitalisierung-der-energiewende-berichtsjaehr-2019.pdf>.

Forkel, Ingo; Riihijärvi, Janne; Gerwig, Olaf (2019a): Ergebnisse aller Kreise und kreisfreien Städte im bundesweiten Ranking. Hg. v. Umlaut. Online verfügbar unter <https://www.umlaut.com/uploads/documents/Mobilfunkversorgung-2019/Mobilfunkversorgung-Deutschland-2019-detailliert.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Forkel, Ingo; Riihijärvi, Janne; Gerwig, Olaf (2019b): LTE-Mobilfunkversorgung in Deutschland. Hg. v. Umlaut. Online verfügbar unter <https://www.umlaut.com/uploads/documents/Mobilfunkversorgung-2019/Mobilfunkversorgung-Deutschland-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

forsa Politik- und Sozialforschung GmbH (2020): Schule aus Sicht der Schulleitungen vor und während Corona. Ergebnisse einer repräsentativen Befragung von Schulleitungen in Baden-Württemberg. Hg. v. Verband Bildung und Erziehung Baden-Württemberg e.V. Online verfügbar unter <https://www.vbe-bw.de/wp-content/uploads/2020/05/Schule-aus-Sicht-der-Schulleitungen-vor-und-w%C3%A4hrend-Corona.pdf>, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

Forster, Maximilian; Grigo, Julian; Groß, Jonas; Hansen, Patrick; Katilmis, Serkan; Klein, Manuel et al. (2020): Digitaler Euro auf der Blockchain. Hg. v. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom). Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-04/200423_infopapier_digitaler-euro-auf-der-blockchain.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

FTTH Council - Fibre to the Home Council Europe (2020): COVID19: FTTH Forecast for EUROPE: FTTH Council Europe Conference. Unter Mitarbeit von Roland Montagne. Online verfügbar unter <https://www.ftthcouncil.eu/documents/FTTH%20Council%20Europe%20-%20Forecast%20for%20EUROPE%202020-2026%20AFTER%20COVID19%20-%20FINAL%20Published%20Version.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

futurum bank AG (2021): Bitcoin.de Handelsplattform. Online verfügbar unter <https://www.bitcoin.de/de>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

FZI Forschungszentrum Informatik (2021): Forschungszentrum Informatik (FZI) Internetseite. Online verfügbar unter <https://www.fzi.de/startseite/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich; Belitz, Heike; Eckl, Verena; Stenke, Gero (2020): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft: Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/214720>.

Gentemann, Lukas (2019): Blockchain in Deutschland - Einsatz, Potenziale, Herausforderungen. Hg. v. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom). Berlin. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-06/190613_bitkom_studie_blockchain_2019_0.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Giehl, Johannes; Göcke, Hayri; Grosse, Benjamin; Kochems, Johannes; Müller-Kirchenbauer, Joachim (2019): Survey and Classification of Business Models for the Energy Transformation. Enerday 2019 Dresden, 2019. Online verfügbar unter <https://tu-dresden.de/bu/wirtschaft/bwl/ee2/ressourcen/dateien/enerday-2019/Paper-Giehl.pdf?lang=de>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Gilch, Harald; Beise, Anna Sophie; Krempkow, René; Müller, Marko; Stratmann, Friedrich; Wannemacher, Klaus (2019): Digitalisierung der Hochschulen: Ergebnisse einer Schwerpunktstudie für die Expertenkommission Forschung und Innovation (Studien zum deutschen Innovationssystem, 14-2019).

Göbel, Isabell; Klee, Günther (2019): Betriebliche Fort- und Weiterbildung in Baden-Württemberg 2019. Eine empirische Analyse auf der Basis des IAB-Betriebspanels. Hg. v. Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung e.V. Online verfügbar unter https://www.fortbildung-bw.de/wp-content/uploads/2020/12/IAW_KB_4_2020_Betriebliche_Weiterbildung_2019.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

Gödde, Magnus; Kaiser, Alexander; Sander, Christian; Seith, Volker; Stumpp, Matthias; Winter, Klaus (2020): Whitepaper: Energy Token Model. Hg. v. EnBW Energie Baden-Württemberg AG. Online verfügbar unter <https://it-architecture.enbw.com/theme/files/EnBW-Whitepaper-EnergyTokenModel.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Götz, Natalie; Struckmann, Verena; Busse, Reinhard (2014): Review zur ländlichen Versorgung.

Gräther, Wolfgang; Kolvenbach, Sabine; Ruland, Rudolf; Schütte, Julian; Torres, Christof; Wendland, Florian (2018): Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Haller, Birgit; Langniß, Ole; Reuter, Albrecht; Spengler, Nicolas (Hg.) (2020): 1,5° Celsius. Energiewende zellulär - partizipativ - vielfältig umgesetzt. Online verfügbar unter https://www.csells.net/media/com_form2content/documents/c12/a357/f122/CSells_Buch_15GradCSelsius_WEB_20201209_compressed.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Hanania, Pierre-Adrien; Knobloch, Tobias (2020): Künstliche Intelligenz im öffentlichen Sektor - Teil 1: Auftrag und Chance - Warum KI im öffentlichen Sektor positive Wirkung entfalten kann. Hg. v. Capgemini. Online verfügbar unter <https://www.capgemini.com/de-de/wp-content/uploads/sites/5/2020/10/kuenstliche-intelligenz-oeffentlicher-sektor-teil-1-1.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Haring, Robin (Hg.) (2019): Gesundheit digital. Perspektiven zur Digitalisierung im Gesundheitswesen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Hauff, Volker (Hg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft - Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven: Eggenkamp Verlag.

Hintemann, Ralph; Hinterholzer, Simon (2019): Energy Consumption of Data Centers Worldwide. How Will the Internet Become Green? Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Online verfügbar unter http://ceur-ws.org/Vol-2382/ICT4S2019_paper_16.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Höfer, Tim; Bierwirth, Sebastian; Madlener, Reinhard (2020): Energie Mehrverbrauch in Rechenzentren bei Einführung des 5G Standards. Nachhaltige Rechenzentren – Chancen und Entwicklungsmöglichkeiten am. Stuttgart, 2020. Online verfügbar unter https://www.nachhaltige-rechenzentren.de/wp-content/uploads/2020/03/1-Madlener_5G-Standard-und-Rechenzentren.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Hryhorova, Hanna; Legler, Benno (2019): Der IT-Sicherheitsmarkt in Deutschland. Zweite Aktualisierung der Studie zur aktuellen Lage der IT-Sicherheitswirtschaft, ihrer Entwicklung und zukünftigen Potenziale in Deutschland. WifOR Institute. Berlin, Darmstadt.

IDC - International Data Corporation; Open Evidence (2017): European Data Market - SMART 2013/0063. Final Report. Hg. v. Europäische Kommission.

IDC - International Data Corporation; The Lisbon Council (2020): The European Data Market Monitoring Tool. Key Facts & Figures, First Policy Conclusions, Data Landscape and Quantified Stories. Unter Mitarbeit von Gabriella Cattaneo, Giorgio Micheletti, Mike Glennon, Carla La Croce und Chrysoula Mitta. Hg. v. Europäische Kommission.

Initiative D21 (2021): D21 Digital Index 2020/2021. Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft. Online verfügbar unter https://initiated21.de/app/uploads/2021/02/d21-digital-index-2020_2021.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Initiative D21; TU München (2020): eGovernment Monitor 2020. Staatliche Digitalangebote - Nutzung und Akzeptanz in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Berlin, München. Online verfügbar unter https://initiated21.de/app/uploads/2020/10/egovernment_monitor_2020_onlineausgabe.pdf
https://initiated21.de/app/uploads/2020/10/egovernment_monitor_2020_onlineausgabe.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): 1,5 °C Globale Erwärmung (Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger). Hg. v. D.L.R. Projektträger Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

IQB - Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (2018): IQB-Bildungstrend 2018.

IW - Institut der deutschen Wirtschaft (2020): MINT-Frühjahrsreport. Online verfügbar unter https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2020/MINT-Fruehjahrsreport_2020.pdf, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

IZT - IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH (2019): Recycling im Zeitalter der Digitalisierung - Spezifische Recyclingziele für Metalle und Kunststoffe aus Elektro-kleingeräten im ElektroG: Regulatorische Ansätze. Online

verfügbar unter

https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/konsumressourcenmuell/190702_recycling_im_zeitalter_der_digitalisierung_endbericht.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Kantar (2020): Monitoring Report: Wirtschaft DIGITAL Baden-Württemberg 2020. Unter Mitarbeit von Tobias Weber. Hg. v. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (WM BW). Stuttgart. Online verfügbar unter [https://www.wirtschaft-digital-](https://www.wirtschaft-digital-bw.de/fileadmin/media/Dokumente/Studien/Monitoring_BaWue_2020_Langfassung.pdf)

[bw.de/fileadmin/media/Dokumente/Studien/Monitoring_BaWue_2020_Langfassung.pdf](https://www.wirtschaft-digital-bw.de/fileadmin/media/Dokumente/Studien/Monitoring_BaWue_2020_Langfassung.pdf), zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Kantar; ZEW - ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (2017): Monitoring Report: Wirtschaft DIGITAL Baden-Württemberg. Unter Mitarbeit von Irene Bertschek, Jörg Ohnemus, Daniel Erdsiek, Sabine Graumann und Tobias Weber. Hg. v. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (WM BW). Online verfügbar unter [https://www.wirtschaft-digital-](https://www.wirtschaft-digital-bw.de/fileadmin/media/Dokumente/Studien/Monitoring_BaWue_2017_Kurzfassung.pdf)
[bw.de/fileadmin/media/Dokumente/Studien/Monitoring_BaWue_2017_Kurzfassung.pdf](https://www.wirtschaft-digital-bw.de/fileadmin/media/Dokumente/Studien/Monitoring_BaWue_2017_Kurzfassung.pdf), zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Kersting, Norbert; Graubner, David (2020): Die digitale Transformation der deutschen Verwaltung. Analysen zu Marktversagen und Daseinsvorsorge in Zeiten der Covid-19-Pandemie. In: Wolfgang Roters, Horst Gräf und Hellmut Wollmann (Hg.): Zukunft denken und verantworten. Herausforderungen für Politik, Wissenschaft und Gesellschaft im 21. Jahrhundert. Wiesbaden: Springer VS, S. 231–252. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-31703-4_16, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

KM BW - Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg (2019a): Neuerungen zum Schuljahr 2019/2020. Online verfügbar unter <https://km-bw.de/,Lde/startseite/service/2019+09+05+Schwerpunkte+im+neuen+Schuljahr+2019?QUERYSTRING=lernfabrik+4.0>, zuletzt geprüft am 24.03.2021.

KM BW - Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg (2019b): Projekt „3D-erleben“ im Unterricht. Online verfügbar unter <https://3d-erleben.kultus-bw.de/,Lde/Startseite/3D-Druck>, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

KM BW - Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg (2020): Zusatzprogramm „Administration“ zum DigitalPakt Schule macht den Weg frei für IT-Personal an Schulen. Online verfügbar unter <https://km-bw.de/,Lde/Startseite/Service/2020+12+03+Zusatzvereinbarung+zum+DigitalPakt+Schule+zur+IT-Administration>, zuletzt geprüft am 24.03.2021.

KM BW - Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg (2021): Weiterbildung.

Online verfügbar unter https://km-bw.de/Kultusministerium,Lde/Startseite/Kultur_Weiterbildung/Weiterbildung, zuletzt aktualisiert am 10.03.2021, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

Knöppler, Karsten; Martick, Sandra (2019): Transfer von Digital-Health-Anwendungen in den Versorgungsalltag. Teil 6: Transparenzmodell Digital-Health-Anwendungen - Grundlagen, Herleitung und Modell. Hg. v. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh. Online verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/VV_Studie_DH-Transfer_Transparenzmodell.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Knöppler, Karsten; Neisecke, Tobias; Nölke, Laura (2016): Digital-Health-Anwendungen für Bürger. Kontext, Typologie und Relevanz aus Public-Health-Perspektive. Entwicklung und Erprobung eines Klassifikationsverfahrens. Hg. v. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh. Online verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_VV_Digital-Health-Anwendungen_2016.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Kollmann, Tobias; Jung, Philipp Benedikt; Kleine-Stegemann, Lucas; Ataee, Julian; Cruppe, Katharina de (2020): Deutscher Startup Monitor 2020. Innovation statt Krise. Hg. v. Bundesverband Deutsche Startups e.V. und PwC. Online verfügbar unter https://deutscherstartupmonitor.de/wp-content/uploads/2020/09/dsm_2020.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

Köpman, Helen (2019): European Union Leadership in Blockchain. Hg. v. Europäische Kommission. Online verfügbar unter https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/00_b_helen_kopman_global_trade_and_blockchain.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

KPMG; Bitkom - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (2020): Cloud-Monitor 2020. Die Integrationsfähigkeit und Interoperabilität der Cloud stärken.

Lampert, Claudia (2020): Ungenutztes Potenzial – Gesundheits-Apps für Kinder und Jugendliche. In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 63 (6), S. 708–714. DOI: 10.1007/s00103-020-03139-2.

Land Nordrhein-Westfalen (2019): Pressemitteilung: Land fördert mit 1,2 Millionen Euro den Aufbau eines Blockchain-Reallabors im Rheinischen Revier. Online verfügbar unter <https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/land-foerdert-mit-12-millionen-euro-den-aufbau-eines-blockchain-reallabors-im>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Landtag von Baden-Württemberg (2017): Kleine Anfrage: Potenziale und Risiken der Blockchain-Technologie.

Online verfügbar unter https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/2000/16_2994_D.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Landtag von Baden-Württemberg (2019): Einsatzfelder der Blockchain-Technologie in der Landesverwaltung. Online verfügbar unter https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/7000/16_7412_D.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Lange, Steffen; Pohl, Johanna; Santarius, Tilman (2020): Digitalization and Energy Consumption. Does ICT Reduce Energy Demand? In: *Ecological Economics* 176, S. 106760. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106760.

Liesenjohann, Marco; Matten, Benjamin; Terlau, Matthias; Brugger, Martin (2016): Blockchain #Banking. Ein Leitfaden zum Ansatz des Distributed Ledger und Anwendungsszenarien. Hg. v. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/161104-LF-Blockchain-final-2.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Lindern, Jakob von (2021): Digitalisierung an Schulen: Die Milliarden, die nicht ankommen. In: *Die Zeit*, 26.01.2021. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/digital/2021-01/digitalpakt-schule-fernunterricht-homeschooling-tablets-foederalismus-digitale-bildung>, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

Lorenz, Ramona; Bos, Wilfried; Endberg, Manuela; Eickelmann, Birgit; Grafe, Silke; Vahrenhold, Jan (Hg.) (2017): Schule digital - der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017. Münster, New York: Waxmann. Online verfügbar unter <https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3699Volltext.pdf&typ=zusatztext>, zuletzt geprüft am 10.03.2021.

LUBW - Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2021): Dezentrales Open Source Energiemanagement in Liegenschaften (DOSE). Online verfügbar unter <https://pudi.lubw.de/projektdetailseite/-/project/128486>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Lundborg, Martin; Märkel, Christian; Wagner, Karin (2019): Künstliche Intelligenz im Mittelstand: Relevanz, Anwendungen, Transfer. Hg. v. Begleitforschung Mittelstand-Digital, WIK GmbH. Online verfügbar unter https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/kuenstliche-intelligenz-im-mittelstand.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Maier-Rigaud, Remi; Böning, Sarah-Lena (2020): Gesundheitsmonitoring mit Gesundheits-Apps und Wearables. Eine empirische Analyse der Nutzerinnen- und Nutzerprofile und

ihrer Auswirkungen auf Selbstbestimmung und Solidaritätseinstellungen. In: *Working Papers des KVF NRW* (13). DOI: 10.15501/KVFWP_13.

McKinsey (2020): eHealth Monitor 2020. Deutschlands Weg in die digitale Gesundheitsversorgung - Status quo und Perspektiven. Online verfügbar unter <https://www.mckinsey.de/~ /media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2020/2020-11-12%20ehealth%20monitor/ehealth%20monitor%202020.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2020a): JIM 2020. Jugend, Information, Medien - Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-jähriger in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2020/JIM-Studie-2020_Web_final.pdf, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2020b): JIMplus 2020. Corona-Zusatzuntersuchung. Online verfügbar unter <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/jimplus-2020/>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Merkel, Sebastian; Hess, Moritz (2020): The Use of Internet-Based Health and Care Services by Elderly People in Europe and the Importance of the Country Context: Multilevel Study. In: *JMIR Aging* (3). Online verfügbar unter <https://aging.jmir.org/2020/1/e15491/PDF>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2018): Infrastrukturziele. Online verfügbar unter <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/digitalisierung/digitale-infrastruktur/infrastrukturziele/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2017): Landesinitiative Elektromobilität III. Baden-Württemberg baut Förderung der Elektromobilität aus. Online verfügbar unter <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/elektromobilitaet/landesinitiative-iii/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Misuraca, Gianluca; van Noordt, Colin (2020): Sciency for Policy Report: AI Watch - Artificial Intelligence in Public Services. Overview of the Use and Impact of AI in Public Services in the EU. Hg. v. Publications Office of the European Union. Luxembourg. Online verfügbar unter https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC120399/jrc120399_misuraca-ai-watch_public-services_30062020_def.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Monitor Lehrerbildung (2018): Lehramtsstudium in der digitalen Welt. Professionelle Vorbereitung auf den Unterricht mit digitalen Medien?! Hg. v. Bertelsmann Stiftung, Stifterverband, Centrum für Hochschulentwicklung und Deutsche Telekom Stiftung.

My Health My Data (2021): My Health My Data Internetseite. Online verfügbar unter <http://www.myhealthmydata.eu/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2020): Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf. Studie im Auftrag des BMVI. Online verfügbar unter <https://nationale-leitstelle.de/wp-content/pdf/broschuere-lis-2025-2030-final-web.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Nationaler Normenkontrollrat (2020): Monitor Digitale Verwaltung #4. Unter Mitarbeit von Hannes Kühn und Thomas Danken. Online verfügbar unter <http://www.normenkontrollrat.bund.de/resource/blob/72494/1783152/14635b15fe7f6902039abcd653de6c61/20200909-monitordigitaleverwaltung-4-data.pdf>.

Neuder, Klaus; Laurila-Dürsch, Janina (2021): Medizinische Wearables sind in Vorbereitung und werden die Gesundheit von Patienten verbessern. Online verfügbar unter <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/health/wearables-medizintechnik>, zuletzt geprüft am 25.02.2021.

Niebel, Thomas; Rasel, Fabienne; Viète, Steffen (2019): BIG Data - BIG Gains? Empirical Evidence on the Link Between Big Data Analytics and Innovation. In: *Economics of Innovation and New Technology* (28, 3). DOI: 10.1080/10438599.2018.1493075.

NPM - Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020a): Bedarfsgerechte und wirtschaftliche öffentliche Ladeinfrastruktur. Plädoyer für ein dynamisches NPM-Modell. Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/04/NPM-AG-5-Bedarfsgerechte-und-wirtschaftliche-%C3%B6ffentliche-Ladeinfrastruktur.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

NPM - Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020b): Handlungsempfehlungen zur Typgenehmigung und Zertifizierung für eine vernetzte und automatisierte Mobilität. Online verfügbar unter <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/06/NPM-AG-6-Handlungsempfehlungen-zur-Typgenehmigung-und-Zertifizierung-f%C3%BCr-eine-vernetzte-und-automatisierte-Mobilit%C3%A4t.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

NPM - Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2021): Fortschrittsbericht 2020. Mit Innovationen Transformation gestalten. Online verfügbar unter https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/01/NPM_Fortschrittsbericht2020_final.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Obermann, Konrad; Brendt, Iris; Müller, Peter (2020): Digitale Gesundheitsanwendungen (DiGA) und innovative Startups im Gesundheitswesen. Eine repräsentative deutschlandweite Befragung von Ärztinnen und Ärzten durch die Stiftung Gesundheit. Stiftung Gesundheit. Hamburg.

Online verfügbar unter https://www.stiftung-gesundheit.de/pdf/studien/aerzte-im-zukunftsmarkt-gesundheit_2020_2.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

OECD - Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2014): Cloud Computing: The Concept, Impacts and the Role of Government Policy (OECD Digital Economy Papers, 240). Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/cloud-computing-the-concept-impacts-and-the-role-of-government-policy_5jxzf4lcc7f5-en.

OECD - Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2015a): Data-Driven Innovation. Big Data for Growth and Well-Being. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/data-driven-innovation_9789264229358-en.

OECD - Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2015b): OECD Digital Economy Outlook 2015. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2015_9789264232440-en.

OECD - Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2020): OECD Digital Economy Outlook 2020. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2020_bb167041-en, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

OECD - Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2021): Broadband Statistics. Online verfügbar unter <http://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Opensignal (2018): Stuttgart Motors Into the Lead in German Cities 4G Speeds. Online verfügbar unter <https://www.opensignal.com/2018/11/21/stuttgart-motors-into-the-lead-in-german-cities-4g-speeds>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Opiela, Nicole; Kar, Resa Mohabbat; Thapa, Basanta; Weber, Mike (2018): Exekutive KI 2030: Vier Zukunftsszenarien für Künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung. Hg. v. Kompetenzzentrum Öffentliche IT. Berlin. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccv/2018/2018_Exekutive_KI_2030.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Opiela, Nicole; Tiemann, Jens; Gumz, Jan Dennis; Goldacker, Gabriele; Thapa, Basanta; Weber, Mike (2019): Deutschland-Index der Digitalisierung 2019. Hg. v. Kompetenzzentrum Öffentliche IT. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/Deutschland-Index+der+Digitalisierung+2019>.

PANDA (2021): PANDA - Parallelstrukturen, Aktivitätsformen und Nutzerverhalten im Darknet. Online verfügbar unter <https://panda-projekt.de/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Preist, Chris; Schien, Daniel; Shabajee, Paul (2019): Evaluating Sustainable Interaction Design of Digital Services: The Case of YouTube (Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing), S. 1–12. Online verfügbar unter <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3290605.3300627>.

PricewaterhouseCoopers (2017): Sherlock in Health. How Artificial Intelligence May Improve Quality and Efficiency, Whilst Reducing Healthcare Costs in Europe. Online verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-sherlock-in-health.pdf>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

PricewaterhouseCoopers (2019): Künstliche Intelligenz in Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/kuenstliche-intelligenz/studie-kuenstliche-intelligenz-in-unternehmen.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Quack, Dietline; Liu, Ran; Gröger, Jens (2019): Smart Home – Energieverbrauch und Einsparpotenzial der intelligenten Geräte. Hg. v. Institut für angewandte Ökologie (Öko-Institut e.V.). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Smarthome-Stromverbrauch.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Rammer, Christian (2020a): Auf Künstliche Intelligenz kommt es an - Beitrag von KI zu Innovation und Performance der deutschen Wirtschaft. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/auf-kuenstliche-intelligenz-kommt-es-an.html>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Rammer, Christian (2020b): Dokumentation zur Innovationserhebung 2019. Hg. v. ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Online verfügbar unter <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/docus/dokumentation2001.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Rammer, Christian; Behrens, Vanessa; Doherr, Thomas; Krieger, Bastian; Peters, Bettina; Schubert, Torben et al. (2020a): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2019.

Rammer, Christian; Bertschek, Irene; Schuck, Bettina; Demary, Vera; Goecke, Henry (2020b): Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft: Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/einsatz-von-ki-deutsche-wirtschaft.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Reinsel, David; Gantz, John; Rydning, John (2018): The Digitization of the World. From Edge to Core. An IDC White Paper - #US44413318. Hg. v. International Data Corporation (IDC).

- Reiss, Kristina; Weis, Mirjam; Klieme, Eckhard; Köller, Olaf (2018): PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich. Hg. v. Waxmann. Münster, New York. Online verfügbar unter https://www.pedocs.de/volltexte/2020/18315/pdf/Reiss_et_al_2019_PISA_2018_Grundbildung.pdf.
- Richard, Philipp; Mamel, Sara; Vogel, Lukas; Strüker, Jens; Einhellig, Ludwig (2019): Blockchain in der integrierten Energiewende. dena-MULTI-STAKEHOLDER-STUDIE. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur (dena). Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/dena-Studie_Blockchain_Integrierte_Energiewende_DE4.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- Röglinger, Maximilian; Urbach, Nils (2016): Digitale Geschäftsmodelle im Internet der Dinge. 9. Forum für Verbraucherrechtswissenschaft, Bayreuth. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Nils-Urbach/publication/306254213_Digitale_Geschäftsmodelle_im_Internet_der_Dinge/links/57b4a06408aeaab2a103974c/Digitale-Geschäftsmodelle-im-Internet-der-Dinge.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- Schneider, Christian (2020): Den Rollout im Blick – die Kenntnis der Bevölkerung von Smart Metern/intelligenten Messsystemen - Eine repräsentative Untersuchung in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen. Hg. v. Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg e.V (SmartGridsBW). Online verfügbar unter https://smartgrids-bw.net/public/uploads/2020/07/SmartGridsBW2020_Bekanntheit_Smart-Meter_V09.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- Schrader, Josef; Martin, Andreas (2018): Deutscher Weiterbildungsatlas. Teilnahme und Angebot in Kreisen und kreisfreien Städten. 3. Aufl. Unter Mitarbeit von Frank Frick und Lena Wittenbrink. Hg. v. Bertelsmann Stiftung und Deutschen Institut für Erwachsenenbildung (DIE). Online verfügbar unter <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/deutscher-weiterbildungsatlas-2>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.
- Schuster, Barbara; Ziehfrend, Sebastian; Tizek, Linda; Krause, Julia; Biedermann, Tilo; Zink, Alexander (2021): Is the Bavarian Population Open for Teledermatology? A Cross-Sectional Study in Rural and Urban Regions of Bavaria, Germany. In: *Das Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes)* 83 (1), S. 53–58, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- Schwarz, Richard; Hellmig, Lutz; Friedrich, Steffen (2020): Informatikunterricht in Deutschland - eine Übersicht. Online verfügbar unter https://pdi.informatik.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_IEF/Inf_PI/files/Vergleich_IU_2020_2020-11-23.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2021.

Senkbeil, Martin; Ihme, Jan Marten; Schöber, Christian (2019): Wie gut sind angehende und fortgeschrittene Studierende auf das Leben und Arbeiten in der digitalen Welt vorbereitet? Ergebnisse eines Standard Setting-Verfahrens zur Beschreibung von ICT-bezogenen Kompetenzniveaus. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 22 (6), S. 1359–1384. DOI: 10.1007/s11618-019-00914-z.

Smit, Geert; Flickenschild, Michael; Scherf, Christian; Schade, Wolfgang; De Stasio, Claudia; Martino, Angelo et al. (2021): Study on Exploring the Possible Employment Implications of Connected and Automated Driving. Online verfügbar unter https://m-five.de/pdf/CAD_Employment_Impacts_Main_Report.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Solodkoff, Michail von; Strumann, Christoph; Steinhäuser, Jost (2020): Akzeptanz von Versorgungsangeboten zur ausschließlichen Fernbehandlung am Beispiel des telemedizinischen Modellprojekts „docdirekt“: ein Mixed-Methods Design. Hg. v. Thieme. Online verfügbar unter <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/pdf/10.1055/a-1173-9903.pdf>.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2017a): Pressemitteilung: Land baut Informatikunterricht an weiterführenden Schulen aus. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-baut-informatikunterricht-an-weiterfuehrenden-schulen-aus/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2017b): Pressemitteilung: Schulfach Informatik wird gestärkt. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/ministerrat-beraet-staerkung-des-fachs-informatik/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2019a): Pressemitteilung: Künstliche Intelligenz in Real-laboren erforschen. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/kuenstliche-intelligenz-in-reallaboren-erforschen-1/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2019b): Pressemitteilung: Zehn neue Professuren für Künstliche Intelligenz. Online verfügbar unter <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/zehn-neue-professuren-fuer-kuenstliche-intelligenz/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2020a): Pressemitteilung: Breitbandversorgung wird noch besser. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/breitbandversorgung-wird-noch-besser-1/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2020b): Pressemitteilung: Land fördert innovatives Weiterbildungsprojekt.

Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-foerdert-innovatives-weiterbildungsprojekt/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2020c): Pressemitteilung: Land startet KI-Innovationswettbewerb. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-startet-ki-innovationswettbewerb/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2021): Pressemitteilung. Land Spitzenreiter bei Professuren zu Künstlicher Intelligenz. Hg. v. Staatsministerium Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-spitzenreiter-bei-professuren-zu-kuenstlicher-intelligenz/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020a): Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung auf 31 % gestiegen. Baden-Württemberg: Mehr Strom aus Windkraft, Wasserkraft und Erdgas, starker Rückgang bei Stromerzeugung aus Steinkohle. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2020345>.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020b): Energiebericht 2020. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM BW). Online verfügbar unter https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Energiebericht-2020-bf.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020c): Umweltökonomie. Rohstoffproduktivität im Bundesvergleich. Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/Umwelt/Oekonomie/AW-RS_rohstoffProduktivitaet.jsp, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Staufen AG; Staufen Digital Neonex GmbH (2019): Deutscher Industrie 4.0 Index 2019. Eine Studie der Staufen AG und der Staufen Digital Neonex GmbH.

Steuer, Sebastian; Himmelsbach, Bettina; Gruber, Matthias; Ried, Sabrina; Hans, Tim (2019): Forschungsberichtsblatt - Living Lab Walldorf: Simulation und Feldtest der Transformation des Strommarktes unter veränderten Tarif-, Bilanzierungs- und Regulationssystemen. Online verfügbar unter <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10058>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. (2020): Hochschul-Barometer 2020. Lage und Entwicklung der Hochschulen aus Sicht ihrer Leitungen. Hg. v. Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. Essen.

Stiftung Münch (2018): Projektbericht. European Scorecard zum Stand der Implementierung der Elektronischen Patientenakte auf nationaler Ebene.

- Online verfügbar unter <https://www.stiftung-muench.org/wp-content/uploads/2018/09/Scorecard-final.pdf>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.
- Stoll, Christian; Klaaßen, Lena; Gallsdörfer, Ulrich (2019): The Carbon Footprint of Bitcoin. In: *Joule* 3 (7), S. 1647–1661. DOI: 10.1016/j.joule.2019.05.012.
- Strategy&; PwC; Universität Bielefeld; WifOR (2015): Ökonomische Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse der digitalen Gesundheitswirtschaft. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oekonomische-bestandsaufnahme-und-potenzialanalyse-der-digitalen-gesundheitswirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 10.03.2021.
- Strubell, Emma; Ganesh, Ananya; McCallum, Andrew (2019): Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. Online verfügbar unter <https://arxiv.org/abs/1906.02243>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- Tahara, Kiyotaka; Shimizu, Hirokazu; Nakazawa, Katsuhito; Nakamura, Hiroyuki; Yamagishi, Ken (2018): Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of E-Books vs. Paper Books: A Japanese Case Study. In: *Journal of Cleaner Production* 189, S. 59–66. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.321.
- Thiel, Rainer; Deimel, Lucas; Schmidtmann, Daniel; Piesche, Klaus; Hüsing, Tobias; Rennoch, Jonas et al. (2018): #SmartHealthSystems. Digitalisierungsstrategien im internationalen Vergleich. Hg. v. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh. Online verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Der_digitale_Patient/VV_SHS-Gesamtstudie_dt.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- Thode, Eric; da Silva; Gabriel; Schleiter, André (2020): Digitalization in the German Labor Market – Analyzing Demand for Digital Skills in Job Vacancies. Hg. v. Bertelsmann Stiftung. Online verfügbar unter <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/themen/aktuelle-meldungen/2020/august/digitalisierung-durchdringt-die-gesamte-arbeitswelt>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.
- UM BW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2019): Landesstrategie Green IT in der öffentlichen Verwaltung Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/1_Ministerium/Aufgaben_und_Organisation/191122-Kurzbericht-Landesstrategie-Green-IT.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.
- UM BW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020): Leitfaden „Nachhaltige Rechenzentren“ veröffentlicht. Online verfügbar unter <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/leitfaden-nachhaltige-rechenzentren-veroeffentlicht/>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

UM BW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2021a): Förderprogramm: Digitalisierung & Ultraeffizienz. Online verfügbar unter <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/projekte/digitalisierung-und-ultraeffizienz/>.

UM BW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2021b): Hintergrund-Papier zur ersten Abschätzung Klimaschutzziel 2020. Online verfügbar unter <https://energiewende.baden-wuerttemberg.de/aktuelles/meldungen/newsdetailseite/erste-abschaetzung-land-erreicht-klimaschutzziel-2020-co2-einsparungen-gegenueber-1990-bei-mindestens-25-prozen>, zuletzt geprüft am 12.02.2021.

Umweltbundesamt (2019): Rebound-Effekte. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/rebound-effekte>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Umweltbundesamt (2020a): Rohstoffproduktivität. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/rohstoffe-als-ressource/rohstoffproduktivitaet#entwicklung-der-rohstoffproduktivitaet>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Umweltbundesamt (2020b): Umweltbewusstsein und Umweltverhalten. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/umweltbewusstsein-umweltverhalten#umweltbewusstsein-jugendlicher.>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

UNECE (2020a): Proposal for an Amendment to UN Regulation on Automated Lane Keeping Systems (ALKS). Submitted by the Expert from Germany. World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations. Online verfügbar unter <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2020/wp29grva/ECE-TRANS-WP29-GRVA-2020-32e.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

UNECE (2020b): UN Regulation on Automated Lane Keeping Systems is Milestone for Safe Introduction of Automated Vehicles in Traffic . Online verfügbar unter <https://unece.org/transport/press/un-regulation-automated-lane-keeping-systems-milestone-safe-introduction-automated>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Van Heddeghem, Ward; Lambert, Sofie; Lannoo, Bart; Colle, Didier; Pickavet, Mario; Demeester, Piet (2014): Trends in Worldwide ICT Electricity Consumption From 2007 to 2012. In: *Computer Communications* 50, S. 64–76.

Verbraucherportal Baden-Württemberg (2020): Wearables und Gesundheits-Apps: Chancen und Risiken. Online verfügbar unter https://www.verbraucherportal-bw.de/,Lde/Startseite/Verbraucherschutz/Wearables+und+Gesundheits-Apps_+Chancen+und+Risiken, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Wangler, Julia; Jansky, Michael (2018): Welchen Nutzen bringen Gesundheits-Apps für die Hausarztmedizin? Eine Befragung unter hessischen und thüringischen Allgemeinmediziner*innen. In: *Zeitschrift für Allgemeinmedizin*, S. 259–264. Online verfügbar unter https://www.online-zfa.de/fileadmin/user_upload/Wangler_Gesundheitsapps.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Weber, Tobias; Bertschek, Irene; Ohnemus, Jörg; Ebert, Martin (2018): Monitoring-Report: Wirtschaft DIGITAL 2018. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital-2018-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Wei, Lu; Hindman, Douglas Blanks (2011): Does the Digital Divide Matter More? Comparing the Effects of New Media and Old Media Use on the Education-Based Knowledge Gap. In: *Mass Communication and Society* 14 (2), S. 216–235. DOI: 10.1080/15205431003642707.

Wernick, Christian; Bender, Christian M. (2016): Die Rolle der Kommunen beim Breitbandausbau im ländlichen Raum aus ökonomischer Sicht. Online verfügbar unter https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Studie_Kommunaler_Breitbandausbau_im_laendlichen_Raum.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

WM BW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2019): Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesselformen/industrie-40/lernfabrik-40/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

WM BW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2021a): Digital Hub-Netzwerk BW Internetseite. Online verfügbar unter <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/digital-hubs/digital-hubs>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

WM BW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2021b): Innovationspark Künstliche Intelligenz Baden-Württemberg Internetseite. Online verfügbar unter <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/innovationspark-kuenstliche-intelligenz-baden-wuerttemberg>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

WM BW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2021c): Pressemitteilung: Wirtschaftsministerium fördert 44 Innovationsprojekte für mehr "KI - made in Baden-Württemberg". Online verfügbar unter <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/wirtschaftsministerium-foerdert-44-innovationsprojekte-fuer-mehr-ki-made-in-baden-wuerttemberg/>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

WM BW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2021d): Thema des Monats. Online verfügbar unter <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/thema-des-monats>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

WM BW - Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg (2021e): Wettbewerb zur Standortauswahl. Online verfügbar unter <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/innovationspark-kuenstliche-intelligenz-baden-wuerttemberg/wettbewerbsverfahren>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Wohlschlager, Daniela; Ostermayer, Melanie; Köppl, Simon; Regett, Anika (2020): Ökologische Bewertung digitaler Energieinfrastruktur. 16. Symposium Energieinnovation. Graz/Austria, 12.02.2020. Online verfügbar unter https://www.ffe.de/attachments/article/958/20200128_Paper_EnInnov_2020_DWohlschlager_%C3%B6kobilanzielle%20Bewertung%20digitaler%20Energieinfrastruktur.pdf, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

ZEW - ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (2020): Schwerpunktstudie Digitalisierung und Energieeffizienz - Erkenntnisse auf Forschung und Praxis. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW). Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/schwerpunktstudie-digitalisierung-energieeffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=12, zuletzt geprüft am 12.03.2021.

Zimmermann, Volker (2021): Corona-Krise belastet Innovationen, ambivalente Entwicklung bei der Digitalisierung. KfW Research (312). Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2021/Fokus-Nr.-312-Januar-2021-Innovationsaktivitaet.pdf>, zuletzt geprüft am 12.03.2021.