



Innovationsbericht Nordrhein-Westfalen

Indikatorenbericht



Innovationsbericht NRW

Status und Mobilität von Humankapital
Potenziale von Künstlicher Intelligenz/
Maschinenlernen

September 2021

Innovationsbericht Nordrhein-Westfalen

Indikatorenbericht

Status und Mobilität von Humankapital

Potenziale von Künstlicher Intelligenz/ Maschinenlernen



RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung

CEIT – Centrum für Entrepreneurship, Innovation und Transformation

SV Wissenschaftsstatistik

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

Autorinnen und Autoren des Indikatorenberichts und der Abschnitte 3 und 4:

RWI: Dr. Jochen Dehio, Ronald Janßen-Timmen, Dr. Uwe Neumann,
Dr. Michael Rothgang (Projektleiter)

CEIT: Dr. Christian Warnecke

SV Wissenschaftsstatistik: Dr. Verena Eckl, Bernd Kreuels, Dr. Gero Stenke

ZEW: Dr. Vanessa Behrens, Dr. Johannes Bersch, Hannes Marks, Dr. Christian Rammer,
Dr. Simona Murmann

Autoren des Berichts Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinenlernen:

RWI: Dr. Michael Rothgang

SV Wissenschaftsstatistik: Dr. Gero Stenke, Johannes Schmitt

ZEW: Dr. Christian Rammer

Ansprechpartner

zum Gesamtbericht: Dr. Michael Rothgang (michael.rothgang@rwi-essen.de)

zum Bericht Potenziale von künstlicher Intelligenz/
Maschinenlernen: Dr. Gero Stenke (gero.stenke@stiferverband.de)

Das Projektteam dankt Prof. Dr. Marianne Saam und Prof. Dr. Christoph M. Schmidt für die Anregungen und Ergänzungsvorschläge im Zuge der Fertigstellung des Berichts. Des Weiteren danken wir Martin Queißner für seine Hilfe bei der Hochschullehrerinnen- und Hochschullehrerbefragung. Darüber hinaus gilt unser Dank Sarah Rühl und Daniela Schwindt (grafische Gestaltung), Christiane Brüggemann (redaktionelle Bearbeitung) sowie den studentischen Hilfskräften Martina Böhmel und Ida Zinke für ihre Unterstützung. Das Copyright für das Design des Titelblatts liegt bei der Agentur Rispler & Rispler.

Das Projektteam dankt darüber hinaus insbesondere allen Personen, die uns für explorative Interviews zur Verfügung standen.

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	11
1. Untersuchungskontext und Stand der Forschung	13
2. Indikatorenbericht.....	17
2.1 Humankapital, Bildung und Ausbildung	17
2.2 Forschung und Entwicklung	28
2.3 Patentierung	41
2.4 Wissens- und technologieorientierte Unternehmensgründungen.....	51
2.5 Innovationstätigkeit der Unternehmen	66
2.6 Investitionen und Infrastrukturen	81
2.7 Produktivität	95
3. Status und Mobilität des Humankapitals	100
3.1 Bildungspolitische Ausgangslage.....	100
3.2 Gegenstand der Untersuchung.....	101
3.3 Beschäftigungsentwicklung.....	101
3.4 Berufsstruktur, Branchenschwerpunkte und Betroffenheit durch den digitalen Wandel	102
3.5 Regionale Mobilität	104
3.6 Durchlässigkeit des Bildungssystems und Bildungszugang benachteiligter Milieus	106
3.7 Nicht-formale Qualifikationen – berufliche Weiterbildung	114
3.8 Zwischenfazit.....	121
4. Wissenstransfer aus Hochschulen	123
4.1 Kontext und Vorgehensweise	123
4.2 Hochschulausgründungen und studentische Start-ups.....	123
4.3 Gründungshemmnisse	126
4.4 Gründungsunterstützung	128
4.5 Hochschulausgründungen und Wirtschaftliche Entwicklung.....	129
4.6 Wissenstransfer und Kooperation Wissenschaft/Wirtschaft	130
4.7 Hemmnisse für Unternehmenskooperationen aus der Perspektive der öffentlichen Forschung.....	132
4.8 Experimentierräume der Innovationspolitik	133
4.9 Bürokratische Hemmnisse	135
5. Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinenlernen für Nordrhein-Westfalen.....	138
5.1 Kontext.....	138
5.1.1 Fragestellungen und Zielsetzung des Schwerpunktberichts	138
5.1.2 Definition: Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen	139
5.1.3 Methodisches Vorgehen.....	139
5.2 Einsatzgebiete und Potenziale von KI und Maschinellern Lernen	141
5.2.1 Volkswirtschaftliche Impulse und Marktentwicklungen	141
5.2.2 Einsatzgebiete in Wirtschaft und Gesellschaft.....	142
5.2.3 Corporate Digital Responsibility und ethische Verantwortung	146
5.3 NRW: Ressourcen und Potenziale für KI und Maschinelles Lernen im Status-quo.....	150
5.3.1 Bildung und Ausbildung als Basis für datenbasierte Wertschöpfung	150
5.3.2 Forschung an Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen	157
5.3.3 KI-Einsatz und KI-Aktivitäten in Unternehmen	166
5.3.4 Der Beitrag von KI zu Innovationen und Unternehmensperformance.....	168
5.3.5 Bestehende Netzwerke, Clusteraktivitäten und Use-Cases	170
5.3.6 Potenziale von KI/Maschinenlernen und ihre Anwendung in NRW	173
5.3.7 Neugründungen im KI-Bereich in NRW.....	175
6. Gesamtschau: Fazit und Handlungsempfehlungen.....	180
6.1 Fazit.....	180
6.1.1 Stand und Entwicklung des Innovationsgeschehens in NRW: Gesamtschau	180
6.1.2 Ergebnisse zu den einzelnen Untersuchungsfeldern	183
6.1.3 Ergebnisse zur Position von NRW in Hinblick auf das Zukunftsfeld Künstliche Intelligenz/Maschinenlernen..	190

6.1.4	Zukunftsfelder der Innovationspolitik in NRW	192
6.2	Handlungsempfehlungen	196
6.2.1	Vorüberlegungen	196
6.2.2	Regionale Innovationsstrategie des Landes NRW	197
6.2.3	Empfehlungen zu den Handlungsfeldern und Innovationsfeldern der Innovationsstrategie	199
6.2.4	Indikatoren der Zielerreichung	210
6.3.	Handlungsfelder und Handlungsempfehlungen im Bereich KI/Maschinenlernen in NRW	210
6.3.1	Politische Rahmenbedingungen für die datenbasierte Wertschöpfung und die Datenverfügbarkeit	211
6.3.2	Wissensaufbau und Wissenstransfer	212
6.3.3	Ausbau interregionaler Kooperationen und Netzwerke	214
6.3.4	Ausbau von Bildung, Forschung und Infrastruktur	214
6.3.5	Förderinstrumente und politische Schlussfolgerungen	215
7.	Literaturverzeichnis	219
8.	Anhang: Inhaltliche und Methodische Erläuterungen	229
8.1	Sonderauswertung des Mannheimer Innovationspanels	229
8.2	Mannheimer Unternehmenspanel	230
8.3	RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/20	230
8.4	Regressionsergebnisse: Einflussfaktoren des Gründungsgeschehens in Hochschulen	232
8.5	KI-Einrichtungen in NRW an Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen	234
8.6.	Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance von Unternehmen	244
8.7	NRW-Hochschulen und -Forschungseinrichtungen: Anzahl der Scopus-Publikationen	246

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Wissensentstehung und Wissensaustausch als Ansatzpunkte für die Innovationspolitik in NRW.....15

Abb. 2.1.1: Schülerinnen und Schüler je 100 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 201119

Abb. 2.1.2: Anteil der Schülerinnen und Schüler an Gymnasien, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten20

Abb. 2.1.3: Auszubildende je 1.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, 2019 und Veränderung gegenüber 201120

Abb. 2.1.4: Studierende an Universitäten und Fachhochschulen je 1.000 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 201121

Abb. 2.1.5: Ausgaben für Bildung als Anteil am BIP, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten21

Abb. 2.1.6: Betreuungsrelation – Studierende in Relation zum wissenschaftlichen und künstlerischen Hochschulpersonal, 2019 und Veränderung gegenüber 201021

Abb. 2.1.7: Anteil der Studienberechtigten mit allgemeiner Hochschulreife oder Fachhochschulreife an der gleichaltrigen Bevölkerung, 2019, in %22

Abb. 2.1.8: Absolventinnen und Absolventen der Universitäten und Fachhochschulen je 1.000 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 201023

Abb. 2.1.9: Anteil der Beschäftigten am Wohnort ohne Berufsabschluss, 2020, in % und Veränderung gegenüber 2012, in %-Punkten23

Abb. 2.1.10: Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe der Gymnasien in Mathematik, 2018 und Veränderung gegenüber 201224

Abb. 2.1.11: Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe aller Schulen in Naturwissenschaften, 2018 und Veränderung gegenüber 201224

Abb. 2.1.12: Teilnahmequoten besuchter Fortbildungsveranstaltungen von Lehrkräften in Mathematik und Naturwissenschaften, 2016/17 und 2017/18, in % und Veränderung gegenüber 2010/11 und 2011/12, in %-Punkten.....25

Abb. 2.1.13: Anteil der Absolventinnen und Absolventen in MINT-Ausbildungsberufen an allen Absolventen, 2019, in % und Veränderung 2010 bis 2019, in %-Punkten.....25

Abb. 2.1.14: Anteil der Absolventinnen und Absolventen in MINT-Fächern an allen Absolventinnen und Absolventen (Bestandene Prüfungen von Bachelorabsolventinnen und -absolventen), 2018, in % und Veränderung gegenüber 2012, in %-Punkten.....25

Abb. 2.1.15: Anteil des wissenschaftlichen Personals in MINT-Fächern am gesamten Hochschulpersonal, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten25

Abb. 2.1.16: Absolventinnen und Absolventen in Ingenieurwissenschaften je 100 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Ingenieursberufen, 2018, in %26

Abb. 2.1.17: Nutzung digitaler Medien in Schulen: Nutzungshäufigkeit digitaler Medien im Unterricht, 2017, in %.....27

Abb. 2.1.18: Nutzung digitaler Medien an Hochschulen, 2019, in %27

Abb. 2.2.1: Anteil der FuE-Aufwendungen am BIP nach Sektoren, 2019, in %29

Abb. 2.2.2: Struktur der FuE-Aufwendungen der Wirtschaft nach Bundesländern 2019, in %29

Abb. 2.2.3: Struktur der internen FuE-Aufwendungen nach Kernbranchen, 2009 und 2019, in Mill. €30

Abb. 2.2.4: Struktur der internen FuE-Aufwendungen nach Forschungsintensitäten, 2009 und 2019, in Mill. €30

Abb. 2.2.5: Anteil der internen FuE-Aufwendungen am Umsatz der Unternehmen, 2019, in %.....31

Abb. 2.2.6: Anteile der Größenklassen an den internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft, 2019, in %.....31

Abb. 2.2.7: Anteil des FuE-Personals an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten, 2019, in %32

Abb. 2.2.8: Personalaufwendungen je Vollzeitäquivalent, 2009 und 2019, in Tsd. €33

Abb. 2.2.9: Frauenanteil an den FuE-Wissenschaftlern nach Sektoren, 2017, in %33

Abb. 2.2.10: Externe FuE-Aufwendungen der Wirtschaft, 2009 und 2019, in Tsd. €34

Abb. 2.2.11: Externe FuE-Aufwendungen nach Branchen, 2009 und 2019, in Tsd. €34

Abb. 2.2.12: Externe FuE-Aufwendungen der Wirtschaft vergeben an Hochschulen, 2009 und 2019, in Tsd. €.....34

Abb. 2.2.13: Rangfolge der Forschungsfelder in den Bundesländern 201936

Abb. 2.2.14: Abweichung gegenüber dem Bundesdurchschnitt der Schwerpunkte der Hochschulforschung in NRW, Baden- Württemberg und Bayern, 2019, in %36

Abb. 2.2.15: Zeitbudget der Professorinnen und Professoren sowie der Institutsangehörigen für unterschiedliche Tätigkeitsfelder, 2019, in %37

Abb. 2.2.16: Anwendungsbezug der Forschung, 2019, in %.....38

Abb. 2.2.17: Ansatzpunkte zur Verbesserung des Wissenstransfers in der angewandten Forschung und Entwicklung in NRW, 2019, in %.....38

Abb. 2.2.18: Externe FuE-Aufwendungen vergeben an das Ausland, 2009 und 2019, in Tsd. €40

Abb. 2.3.1: Unternehmen mit Patentnutzung, 2016 bis 2018, in %41

Abb. 2.3.2: Nutzung von Schutzmaßnahmen für intellektuelles Eigentum in Unternehmen, 2016 bis 2018, in %41

Abb. 2.3.3: Patentanmeldungen 2018 je 1.000 Erwerbstätige.....42

Abb. 2.3.4: Zusammensetzung der Patentanmeldungen 2016-2018 nach Patentämtern42

Abb. 2.3.5: Entwicklung der Patentanmeldungen 2001 bis 201843

Abb. 2.3.6: Institutionelle Zugehörigkeit der Patentanmeldenden bei EPO und WIPO43

Abb. 2.3.7: Institutionelle Zugehörigkeit der Patentanmeldenden bei EPO und WIPO, 2001 bis 2017, in %.....44

Abb. 2.3.8: Alter der patentanmeldenden Unternehmen, 2001 bis 2017, in %44

Abb. 2.3.9: Größe der patentanmeldenden Unternehmen, 2001 bis 2017, in %.....45

Abb. 2.3.10: Patentanmeldungen aus Hochschulen absolut und je 1.000 Hochschulpersonal nach Bundesländern, 2018, absolut und in %	46
Abb. 2.3.11: Anteil der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Unterstützung bei der Patentanmeldung oder -verwertung in Anspruch genommen haben.....	46
Abb. 2.3.12: Anteil der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die in den letzten 5 Jahren Patente anmeldeten, 2019/2020	47
Abb. 2.3.13: Gründung auf Basis von Patent(en) in den letzten 5 Jahren	47
Abb. 2.3.14: Technologisches Profil der Patentanmeldungen aus Nordrhein-Westfalen nach den 35 WIPO-Technologiefeldern 2001-2009 und 2010-2018	48
Abb. 2.3.15: Anteil Nordrhein-Westfalens an allen Patentanmeldungen in Deutschland nach 35 WIPO-Technologiefeldern	49
Abb. 2.3.16: Patentanmeldungen 2001 bis 2018 in Nordrhein-Westfalen und Deutschland nach Haupttechnologiegruppen	49
Abb. 2.3.17: Verteilung der absoluten Anzahl von Patentanmeldungen durch Anmeldende aus Nordrhein-Westfalen nach Kreisen	50
Abb. 2.3.18: Patentanmeldungen je 1.000 Einwohner ("Patentintensität") in Nordrhein-Westfalen nach Kreisen	50
Abb. 2.3.19: Intensität der technologischen Vernetzung zwischen Patentanmeldenden aus Nordrhein-Westfalen nach Kreisen, 2011 bis 2017	51
Abb. 2.4.1: Absolute Anzahl der Gründungen nach Bundesländern im Jahr 2019 und Veränderung seit 2015	53
Abb. 2.4.2: Gründungsintensität nach Bundesländern im Jahr 2019 und Veränderung der Gründungsintensität seit 2015	54
Abb. 2.4.3: Anzahl Unternehmensgründungen pro Jahr (4-Jahresdurchschnitte) in NRW nach Hauptwirtschaftszweigen	54
Abb. 2.4.4: Anzahl Unternehmensgründungen pro Jahr (4-Jahresdurchschnitte) nach Raumordnungsregionen in NRW	55
Abb. 2.4.5: Gründungsrate im Durchschnitt der Jahre 2016-2019 nach Raumordnungsregionen in NRW	55
Abb. 2.4.6: Anteil WuT-Gründungen an allen Gründungen (Durchschnitt 2016-2019) nach Bundesländern	56
Abb. 2.4.7: WuT-Gründungsintensität (Durchschnitt 2016-2019) nach Bundesländern	56
Abb. 2.4.8: Zusammensetzung der WuT-Gründungen (Durchschnitt 2016-2019) nach Bundesländern	57
Abb. 2.4.9: WuT-Gründungsintensitäten nach Bundesländergruppen 2007-2019	57
Abb. 2.4.10: WuT-Gründungsrate nach Bundesländern 2019 und Veränderung seit 2015	58
Abb. 2.4.11: Beschäftigte in WuT-Gründungen an allen Beschäftigten in Gründungen nach Bundesländern 2019 sowie Veränderung seit 2015	59
Abb. 2.4.12: Beschäftigte in WuT-Gründungen an allen Beschäftigten in WuT-Unternehmen nach Bundesländern 2019 sowie Veränderung seit 2015	59
Abb. 2.4.13: Anteil wachstumsstarker Unternehmen am Unternehmensbestand nach Bundesländern, 2015 bis 2018, in % und Veränderung gegenüber 2007 bis 2010, in %	60
Abb. 2.4.14: Anteil der Gründungen mit hohem Beschäftigungszuwachs am Bestand in NRW nach WZ-Hauptkategorien, 2007 bis 2010, 2011 bis 2014 und 2015 bis 2018, in %	61
Abb. 2.4.15: Anteil der Gründungen mit hohem Beschäftigungszuwachs am Unternehmensbestand nach Raumordnungsregionen, 2007 bis 2010, 2011 bis 2014 und 2015 bis 2018, in %	61
Abb. 2.4.16: Anteil Beschäftigung in Wissens- und Technologieintensiven Gründungen, die nach 5 Jahren noch wirtschaftsaktiv sind an allen Beschäftigten im Unternehmenssektor, 2015 bis 2018, in % und Veränderung gegenüber 2007 bis 2010, in %	62
Abb. 2.4.17: Anzahl der Investments in Junge Unternehmen absolut und im Verhältnis zum Bestand junger Unternehmen durch VC oder BA nach Bundesländergruppen, 2007 bis 2010, 2011 bis 2014 und 2015 bis 2018, in %	63
Abb. 2.4.18: Gründungen mit digitalen Geschäftsmodellen und mit FuE	64
Abb. 2.4.19: Anzahl Gründungen an Standorten von Acceleratoren und Inkubatoren (Kreise und Kreisfreie Städte) in Nordrhein-Westfalen, 2018 und Veränderung gegenüber 2010, in %	65
Abb. 2.5.1: Innovationsausgaben der Unternehmen 2010 bis 2019	67
Abb. 2.5.2: Innovationsintensität der Unternehmen 2010 bis 2019	67
Abb. 2.5.3: Innovationsintensität der Unternehmen 2019 nach Komponenten	67
Abb. 2.5.4: Unternehmen mit internen FuE-Aktivitäten 2019	68
Abb. 2.5.5: Unternehmen mit kontinuierlichen FuE-Aktivitäten 2010 bis 2019	68
Abb. 2.5.6: Unternehmen mit Innovationsausgaben 2010 bis 2019	68
Abb. 2.5.7: Unternehmen mit Innovationen 2010 bis 2019	68
Abb. 2.5.8: Umsatzanteil von Produktinnovationen 2010 bis 2019	69
Abb. 2.5.9: Anteil der Unternehmen mit Marktneuheiten 2010 bis 2019	69
Abb. 2.5.10: Umsatzanteil von Marktneuheiten 2010 bis 2019	69
Abb. 2.5.11: Anteil der Unternehmen mit Kostensenkung durch Prozessinnovationen 2010 bis 2019	69
Abb. 2.5.12: Kostensenkung durch Prozessinnovationen 2010 bis 2019	70
Abb. 2.5.13: Innovationsaktive Unternehmen ohne eigene FuE 2019	70
Abb. 2.5.14: Nicht-FuE-Innovationsausgaben der Unternehmen 2010 bis 2019	70
Abb. 2.5.15: Unternehmen mit Vergabe von FuE-Aufträgen an Dritte 2010 bis 2019	71
Abb. 2.5.16: Veränderungen im Geschäftsmodell von Unternehmen 2019	71
Abb. 2.5.17: Arten von Veränderungen im Geschäftsmodell 2019, Anteil an allen Unternehmen in %	72
Abb. 2.5.18: Unternehmen mit Geschäftsmodellinnovationen im Jahr 2019	72

Abb. 2.5.19: Bedeutung von digitalen Elementen in den Geschäftsmodellen der Unternehmen im Jahr 2020	73
Abb. 2.5.20: Nutzung digitaler Elemente im Geschäftsmodell der Unternehmen 2020, Anteil mit hoher oder mittlerer Bedeutung in %	73
Abb. 2.5.21: Einsatz von Big-Data-Analysen in Unternehmen, 2016 bis 2018, in %	74
Abb. 2.5.22: Nutzung von Sozialen Netzwerken oder Crowdsourcing sowie Open Source Software oder offenen Plattformen durch Unternehmen, 2016 bis 2018, in %	74
Abb. 2.5.23: Innovationskooperationen von Unternehmen, 2010 bis 2018, in %	74
Abb. 2.5.24: Kooperationspartner von Unternehmen mit Innovationskooperationen, 2016 bis 2018, in %	75
Abb. 2.5.25: Innovationskooperationen von Unternehmen mit Wissenschaftseinrichtungen, 2010 bis 2018	75
Abb. 2.5.26: Ausgewählte Zugangswege von Unternehmen zu externem Knowhow, 2016 bis 2018, in %	75
Abb. 2.5.27: Inbound- und Outbound IPR-Nutzung von Unternehmen, 2016 bis 2018, in %	76
Abb. 2.5.28: Einnahmen aus und Ausgaben für Inbound- und Outbound IPR-Nutzung von Unternehmen, 2018, in %	76
Abb. 2.5.29: Unternehmen, die durch Hemmnisse in ihren Innovationsaktivitäten behindert* wurden, 2016 bis 2018, in %	77
Abb. 2.5.30: Unternehmen, die durch Fachkräftemangel in ihren Innovationsaktivitäten behindert* wurden, 2016 bis 2018, in %	77
Abb. 2.5.31: Unternehmen, die durch Mangel an interner oder externer Finanzierung in ihren Innovationsaktivitäten behindert* wurden, 2016 bis 2018, in %	78
Abb. 2.5.32: Unternehmen in Nordrhein-Westfalen, in denen rechtliche Regelungen positive oder negative Auswirkungen* auf Innovationsaktivitäten hatten, 2016 bis 2018, in %	78
Abb. 2.5.33: Unternehmen, in denen rechtliche Regelungen zu negativen Auswirkungen* auf deren Innovationsaktivitäten geführt haben, 2016 bis 2018, in %	79
Abb. 2.5.34: Unternehmen, die eine öffentliche finanzielle Innovationsförderung erhalten haben, 2016 bis 2018, in %	79
Abb. 2.5.35: Unternehmen, die eine öffentliche finanzielle Innovationsförderung erhalten haben, 2016 bis 2018, in %	80
Abb. 2.6.1: Anteil der Haushalte mit einer Breitbandverfügbarkeit von mindestens 50 Mbit/s, 2010 und 2020, in %	81
Abb. 2.6.2: Anteil der Haushalte mit einer Breitbandverfügbarkeit von mindestens 100 Mbit/s, 2020, in %	82
Abb. 2.6.3: Mobile Internetnutzung - Anteil der Einwohner, die das Internet außerhalb des Zuhauses oder der Arbeitsstätte nutzen, 2019, in % und jahresdurchschnittliches Wachstum seit 2012, in %	82
Abb. 2.6.4: Notwendigkeit der Verbesserung der digitalen Infrastruktur am Hochschulstandort für Start-ups, 2019, in % der befragten Professorinnen und Professoren	83
Abb. 2.6.5: Anteil der SV-Beschäftigten in den Produktionsbereichen Telekommunikations-, IT- und Informationsdienstleistungen an allen SV-Beschäftigten, 2019, in %	84
Abb. 2.6.6: Anzahl der Betriebe der IT-Branche pro Tsd. Betriebe insgesamt, 2016	84
Abb. 2.6.7: Anzahl der IT-Neugründungen pro Tsd. Betriebe insgesamt, 2015, in %	85
Abb. 2.6.8: Ausgaben der Unternehmen für unterschiedliche Formen immateriellen Kapitals, 2018, in %	85
Abb. 2.6.9: Ausgaben der Unternehmen für immaterielles Kapital, 2010 bis 2018, in %	85
Abb. 2.6.10: Investitionen in immaterielles und in Sachanlagekapital in Relation zum Umsatz, 2018, in % in Relation zum Umsatz	86
Abb. 2.6.11: Anteil der Befragten, die der Ansicht sind, die digitale Ausstattung ihrer Hochschule sollte verbessert werden, 2019/2020, in %	88
Abb. 2.6.12: Anteil des Fachs Kryptographie/IT Security an den Wissenschafts- und Technologiefeldern deutscher Hochschulen, 2019, in %	88
Abb. 2.6.13: Anteil des hauptberuflichen wissenschaftlichen und künstlerischen Personals in der Informatik am gesamten hauptberuflichen wissenschaftlichen und künstlerischen Personal, 2018, in %, Anstieg seit 2010 in % p.a.	89
Abb. 2.6.14: Bestand der gemeldeten Arbeitsstellen in der IKT-Branche pro Tsd. SV-Beschäftigte in der IKT-Branche (Indikator für IKT-Fachkräftemangel), 2018	90
Abb. 2.6.15: IKT-Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte, 2017	91
Abb. 2.6.16: Bruttoanlageinvestitionen ¹ je Erwerbstätigen in € je Erwerbstätigen, 2018 und jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 2009 bis 2018, in %	93
Abb. 2.7.1: Bedeutung von Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen als regionale Standortfaktoren, 2019/2020, in %	96
Abb. 2.7.2: Bedeutung von Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen für das regionale Innovationsklima, 2019/2020, in %	96
Abb. 2.7.3: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen: Absolute Werte 2019 und jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 2000 bis 2010 und 2010 bis 2019	98
Abb. 3.1: Beschäftigungswachstum, 2011 bis 2020 in %	102
Abb. 3.2: Beschäftigtenanteile in Fertigungsberufen und in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, 2016, in %	103
Abb. 3.3: Anteile der Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial* in Fertigungsberufen und in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, 2016, in %	103
Abb. 3.4: Anteile der Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial* insgesamt, 2016, in %	104
Abb. 3.5: Saldo der Zu- und Fortzüge über die Landesgrenzen innerhalb Deutschlands je 10.000 Einwohner, 2019	104
Abb. 3.6: Anteil der Studierenden in Präsenzstudiengängen mit Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung innerhalb des Bundeslands, 2017, in %	105
Abb. 3.7: „Export und Import“ von Studierenden – Saldo aus Zahl der Studierenden im Bundesland und Zahl der Studierenden mit Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung im Bundesland je 100 Studierenden, 2017	106
Abb. 3.8: Erwartete Veränderung des Bevölkerungsanteils der Kinder zwischen 6 Jahren und 10 Jahren im Zeitraum von 2015 bis 2030 nach Bevölkerungsfortschreibung	108

Abb. 3.9: Anteil der ausländischen und deutschen Kinder im Alter von 11 Jahren bis 18 Jahren, die ein Gymnasium besuchen 2016, in % und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten	109
Abb. 3.10: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger ohne (Fach-) Abitur an allen Studienanfängerinnen und -anfänger, 2018, in %, und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten	109
Abb. 3.11: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger mit beruflicher Qualifikation an allen Studienanfängerinnen und -anfänger ohne (Fach-) Abitur, 2016, in %	110
Abb. 3.12: Anteil der Teilzeitstudierenden an allen Studierenden im WS 2018/19, in % und Veränderung gegenüber WS 2014/15, in %-Punkten	110
Abb. 3.13: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger mit abgeschlossener Berufsausbildung, 2016, in %	110
Abb. 3.14: BAföG: Finanzieller Aufwand je Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2011, in €	111
Abb. 3.15: Aufstiegs-BAföG: Geförderte Personen je 1.000 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2011, in €	111
Abb. 3.16: Aufstiegs-BAföG: Mittelanteil BBiG, 2019, in %, und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten	111
Abb. 3.17: Anteil der ausländischen Studierenden an allen Studierenden im WS 2019/20, in % und Veränderung gegenüber WS 2010/ 11, in %-Punkten	112
Abb. 3.18: Anteil der Studierenden aus nichtakademischem Elternhaus an allen Studierenden, 2016, in %	112
Abb. 3.19: Anteil der Schulabgängerinnen und -abgänger ohne Hauptschulabschluss an der gleichaltrigen Bevölkerung, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten	112
Abb. 3.20: Anteil Grundschulen in Ganztagsform in öffentlicher Trägerschaft an allen Grundschulen, 2018, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten	113
Abb. 3.21: Anteil der Integrationsschülerinnen und -schüler mit sonderpädagogischer Förderung an allen Schülern (alle Schulen), 2019/20, in % und Änderungen gegenüber 2011/12 in %-Punkten	113
Abb. 3.22: Einstellung gegenüber staatlichen Bildungsausgaben (Mittelwert Antwort: Gewünschter Ausgabenanteil für Bildung), 2015, in %	113
Abb. 3.23: Anteil der Erwerbspersonen, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an einer beruflichen Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen haben, 2018, in %	116
Abb. 3.24: Anteil der Lehrveranstaltungen zu MINT-Schwerpunkten (einschließlich Informations- und Kommunikationstechnologie) an allen Lehrveranstaltungen der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung die im Laufe der vergangenen 12 Monate absolviert wurden, 2016, in %	116
Abb. 3.25: Anteil der Personen im Alter über 18 mit/ohne Hochschulabschluss, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an Lehrveranstaltungen der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung teilgenommen haben, 2016, in %	117
Abb. 3.26: Anteil der Personen mit deutscher und (ausschließlich) ausländischer Staatsbürgerschaft im Alter über 18, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an einer Lehrveranstaltung der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung teilgenommen haben, 2016, in % und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten	118
Abb. 4.1: Anzahl Ausgründungen absolut und im Verhältnis zur Studierendenschaft nach Bundesländergruppen 2018	124
Abb. 4.2: Typisierung der Gründungen an öffentlichen Forschungseinrichtungen nach Forschungsintensität	125
Abb. 4.3: Regionalbezug von akademischen Ausgründungen: Anteil der Gründungen an Hochschulen und Forschungseinrichtungen innerhalb des Bundeslandes	126
Abb. 4.4: Hemmnisse für Gründungen an öffentlichen Forschungseinrichtungen	127
Abb. 4.5: Bedeutung unterschiedlicher Formen der Gründungsunterstützung in NRW	129
Abb. 4.6: Unternehmenstypen, mit denen Hochschulen/Institute (sehr) häufig kooperieren	131
Abb. 4.7: Anteil der Hochschul-Unternehmens-Kooperationen, die im jeweiligen Bundesland stattfinden	131
Abb. 4.8: Kooperationshindernisse aus Sicht der öffentlichen Forschung	132
Abb. 4.9: Ansatzpunkte zur Verbesserung des Wissenstransfers in NRW	133
Abb. 4.10: Experimentierräume in NRW auf Kreisebene	135
Abb. 4.11: Bürokratische Hemmnisse bei Kooperationen	136
Abb. 4.12: Verbesserung der Rahmenbedingungen für angewandte Forschung und Entwicklung in NRW	137
Abb. 5.2.1: Wichtige Zukunftsfelder für die anwendungsorientierte Technologieentwicklung (Nennungen)	141
Abb. 5.3.1: Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe aller Schulen in Mathematik, 2018 und Veränderung gegenüber 2012 in %	151
Abb. 5.3.2: Anzahl der Auszubildenden in IKT-Berufen pro 10.000 Einwohner, 2017	154
Abb. 5.3.3: Bedeutung von KI in der Lehre im Bundesländervergleich, Anteil der Nennungen als (sehr) wichtig in %, 2019	154
Abb. 5.3.4: Zunehmende Bedeutung von KI in der Lehre im Bundesländervergleich, Anteil „wird wichtiger“ in %, 2019	155
Abb. 5.3.5: Anteil der Studierenden im Fach Informatik an allen Studierenden im Wintersemester 2019/2020 sowie jahresdurchschnittliche Wachstumsrate seit dem Wintersemester 2010/2011, in %	156
Abb. 5.3.6: Forschungsschwerpunkte für KI in NRW	158
Abb. 5.3.7: Anzahl der KI-Professorinnen und -professoren an Universitäten, absolut (links) und je Mio. Einwohner (rechts)	159
Abb. 5.3.8: Anteil der Forschenden an Künstlicher Intelligenz an Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Abweichungen vom Bundesdurchschnitt in %, 2019.	160
Abb. 5.3.9: Abweichungen der Anteile der verschiedenen IKT-Fächer an den gesamten Wissenschafts- und Technologiefeldern der deutschen Hochschulen vom Bundesdurchschnitt, 2019/2020, in %	160

Abb. 5.3.10: Bedeutung von KI in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil der Nennungen als (sehr) wichtig in %, 2019	161
Abb. 5.3.11: Zunehmende Bedeutung von KI in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil „wird wichtiger“ in %, 2019.....	162
Abb. 5.3.12: Einsatz von KI-Technologie in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil der Nennungen als (sehr) wichtig in %, 2019...	162
Abb. 5.3.13: Einsatz von KI-Technologie in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil „wird wichtiger“ in %, 2019	163
Abb. 5.3.14: Publikationen aus NRW in verschiedenen Technologiefeldern	164
Abb. 5.3.15: Anteil der Hochschullehrerinnen und -lehrer, die die digitale Ausstattung der Hochschulen mit gut bzw. sehr gut einschätzen, 2019/2020, in %	166
Abb. 5.3.16: Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in Unternehmen im Jahr 2019.....	166
Abb. 5.3.17: Eingesetzte KI-Methoden in Unternehmen im Jahr 2019.....	167
Abb. 5.3.18: Anwendungsbereiche von KI in Unternehmen im Jahr 2019.....	167
Abb. 5.3.19: Entwicklung der von Unternehmen im Jahr 2019 eingesetzten KI.....	167
Abb. 5.3.20: Jahr des erstmaligen KI-Einsatzes in Unternehmen.....	167
Abb. 5.3.21: Einsatz von Big-Data-Analysen in Unternehmen im Zeitraum 2016-2018	168
Abb. 5.3.22: Anzahl von Unternehmensgründungen mit KI-Bezug 1990 bis 2019 nach Bundesländern	176
Abb. 5.3.23: Anzahl Start-ups mit KI-Anwendungen in Deutschland im Ländervergleich am 30. Juni 2021.....	177
Abb. 5.3.24: Anzahl Start-ups, KMU und Großunternehmen mit KI-Anwendungen in Deutschland im Ländervergleich	179
Abb. 6.1: Zukunftsfelder und ihre Bedeutung für Wirtschaft und Wissenschaft in NRW	195
Abb. 6.2: Verbesserungsbedarf der digitalen Ausstattung in NRW-Hochschulen.....	207

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.2.1: Gemeinsame Forschungsprojekte (inklusive Auftragsforschung) als Transferkanal, in % der Antwortkategorien „wichtig“ und „eher wichtig“.....	35
Tab. 2.3.1: Kreise in Nordrhein-Westfalen mit einer besonders hohen technologischen Vernetzungsintensität, 2001 bis 2017, in %.....	50
Tab. 2.3.2: Anmeldende der 100 am häufigsten zitierten Patente aus Nordrhein-Westfalen, 2001 bis 2017	51
Tab. 2.6.1: Investitionen in Software (erworbene Software) im Verarbeitenden Gewerbe, 2018:	86
Tab. 2.6.2: Investitionen in Software (erworbene und selbsterstellte Software) für ausgewählte Abschnitte im Dienstleistungsbereich, 2018: ..	86
Tab. 2.6.3: Nutzung von digitalen IKT in NRW, 2017, in % der Betriebe	87
Tab. 2.6.4: Anteil der KMU in NRW die künftig vornehmlich in bestimmten Bereichen Investitionen planen (keine Mehrfachnennungen), 2018, in %	87
Tab. 2.6.5: Wachstum der Bruttoanlageinvestitionen in Nordrhein-Westfalen und Deutschland, 2009 bis 2016.....	94
Tab. 2.7.1: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungsbereich nach Bundesländern.....	98
Tab. 2.7.2: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen in ausgewählten Wirtschaftszweigen Nordrhein-Westfalens im Ländervergleich 2017	98
Tab. 2.7.3 Produktivitätsbeiträge von Investitionen in immaterielles Kapital sowie Sachanlagekapital, 2011 bis 2016	99
Tab. 3.1: Individuelle Determinanten der Teilnahme an Lehrveranstaltungen der beruflichen Weiterbildung im Laufe der vergangenen 12 Monate, 2011.....	119
Tab. 3.2: Individuelle Determinanten der Teilnahme an Lehrveranstaltungen der beruflichen Weiterbildung im Laufe der vergangenen 12 Monate, 2016.....	120
Tab. 5.3.1: Überblick über den Informatikunterricht in der Sekundarstufe nach Bundesländern	152
Tab. 5.3.2: Publikationen aus NRW in den wichtigsten KI-Journals im nationalen und internationalen Vergleich.....	164
Tab. 5.3.3: Publikationen in den wichtigsten KI-Journals im Bundesländervergleich.....	165
Tab. 5.3.4: Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance von Unternehmen in NRW im Jahr 2018	170
Tab. 6.1: Ergebnisse der SWOT-Analyse – Stärken und Schwächen des Innovationsgeschehens in Nordrhein-Westfalen.....	181
Tab. 8.1: Zusammensetzung des Subsets.....	231
Tab. 8.2: Regressionsergebnisse: Einflussfaktoren von (forschungintensiven) Hochschulgründungen	232
Tab. 8.3 Variablendefinitionen.....	233
Tab. 8.4 KI-Einrichtungen und -Institute an den Universitäten in NRW	234
Tab. 8.5 KI-Einrichtungen und -Institute an den Fachhochschulen in NRW	237
Tab. 8.6 Außeruniversitäre KI- Institute in NRW	241
Tab. 8.7. Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance von Unternehmen im Jahr 2018	244
Tab. 8.8: Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Reihenfolge nach Häufigkeit der Publikationen in Scopus (Zeitraum 2010 bis 2019).....	246

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht ist eine Aktualisierung des Innovationsberichts aus dem Jahr 2020, der am 15. Oktober 2020 im Rahmen eines Ergebnisworkshops vorgestellt wurde. Im Rahmen dieses Berichts wurden diejenigen Innovationsindikatoren aktualisiert, bei denen mittlerweile neuere Daten zur Verfügung stehen. Die Aktualisierungen beziehen sich auf die Abschnitte 2.1 Humankapital, Bildung und Ausbildung, 2.2 Forschung und Entwicklung, 2.3 Patentierung, 2.4 Innovationstätigkeit der Unternehmen, 2.6 Investitionen und Infrastrukturen und 3. Status und Mobilität des Humankapitals. Im Abschnitt 2.2 Forschung und Entwicklung wurde ein Absatz zur Forschungszulage im Bundesländervergleich ergänzt. Ein zusätzlicher Abschnitt zu Geschäftsmodellinnovationen ist in Abschnitt 2.4 enthalten. Inhaltlich ändert sich aufgrund des kurzen Zeitraums seit der Fertigstellung des ersten Berichts nichts an den zentralen Aussagen und Ergebnissen der Abschnitte 2 bis 4.

Gleichzeitig wurde im Rahmen des Untersuchungsauftrags ein Bericht zu Potenzialen von Künstlicher Intelligenz Maschinenlernen für Nordrhein-Westfalen erstellt, der als Abschnitt 5 zu einem Teil des vorliegenden Berichts wird. Die Befunde zur Position von NRW in Hinblick auf das Zukunftsfeld KI/Maschinenlernen findet sich in Abschnitt 6.1.3, die Handlungsfelder und Handlungsempfehlungen für dieses Zukunftsfeld werden in Abschnitt 6.3 skizziert.

Die Ergebnisse des Innovationsberichts 2020 sind in einen Prozess eingegangen, in dem verschiedene weitere Quellen und Akteure einen komplementären Beitrag zur Entstehung der **Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen** (MWIDE NRW 2021) geleistet haben. Der Beitrag des Innovationsberichts lag dabei insbesondere darin,

- in einer umfassenden Analyse die Stärken und Schwächen des Innovationsökosystems zu beleuchten;
- Themenfelder zu identifizieren, in denen NRW jeweils über Stärken verfügt, an denen bei einer gleichzeitigen Lösungsoffenheit der Politik angesetzt werden kann;
- Ansatzpunkte für Verbesserungen aufzuzeigen;
- Handlungsfelder vorzuschlagen, die eine Basis für die Identifizierung von Innovationsfeldern für das Land Nordrhein-Westfalen bilden;
- konkrete Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung der Förderlandschaft zu geben.

Der Innovationsbericht 2020 bildet somit einen von mehreren Bausteinen für die zusammen mit diesem Bericht vorgestellte Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen.

Die Aktualisierungen des Innovationsberichts in den Jahren 2021 und 2022 spielen eine wichtige Rolle im Rahmen des Monitorings und der Evaluierung der Innovationsstrategie, die als „lernendes Dokument“ an geänderte Rahmenbedingungen und vor dem Hintergrund neuer Befunde angepasst werden

soll. Dabei sollen u.a. auch weitere Themenfelder vertieft untersucht werden, wie dies im vorliegenden Bericht für das Feld KI/Maschinenlernen der Fall ist.

1. Untersuchungskontext und Stand der Forschung

Untersuchungskontext

Das Land NRW steht in einer im raschen Wandel befindlichen Welt vor erheblichen Herausforderungen:

- Wichtige Industrie- und Schwellenländer investieren in vielversprechenden Zukunftsfeldern intensiv in die anwendungsorientierte Grundlagenforschung wie Künstliche Intelligenz, Bioökonomie oder Quantentechnologie.
- Andere Bundesländer planen, hohe Summen in diesen Bereichen zu verausgaben. Bayern will bis 2023 2 Milliarden € für die Universitätsforschung und die Verbesserung der Rahmenbedingungen in Hochschulen investieren, davon 600 Millionen € für die Förderung von Hochtechnologien (allein 360 Millionen € für Künstliche Intelligenz).
- Die starke wissenschaftliche Basierung dieser neuen Technologien erfordert von den Unternehmen in wissensintensiven Wirtschaftszweigen eine enge und kontinuierliche Zusammenarbeit mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen.
- Für mittelständische Unternehmen, aber auch für zahlreiche Großunternehmen in NRW besteht eine wichtige Herausforderung darin, über den Wissenstransfer aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen Informationen über potenziell relevante Entwicklungen zu erhalten und ihre eigene Innovationsfähigkeit zu stärken, etwa über den Zugang zu hochqualifizierten Absolventinnen und Absolventen.
- Start-ups aus Hochschulen oder Entrepreneurial Universities, die Unterstützungsstrukturen bieten, um neue Unternehmungen zu initiieren, werden weltweit gefördert. Unternehmerisches Handeln erlangt durch die zunehmende wissenschaftliche Basierung der Wirtschaft eine immer größere Bedeutung. Diese geht deutlich über die reine Funktion für Gründungen hinaus und beinhaltet beispielsweise auch die Möglichkeit für etablierte Unternehmen, Erneuerungsprozesse anzustoßen.

Während der Strukturwandel in Teilregionen wie dem Ruhrgebiet noch nicht abgeschlossen ist, entwickeln sich neue Innovationsinseln, die Innovationsimpulse setzen und für die Zukunft eine dynamische Entwicklung von Regionen im Land erhoffen lassen.

Das neuartige Corona-Virus und die zur Verringerung seiner Ausbreitung getroffenen Maßnahmen stellen die Wirtschaft vor zusätzliche Herausforderungen, indem sie die wirtschaftliche Dynamik und das Innovationsgeschehen für einen noch nicht absehbaren Zeitraum erheblich beeinflussen. Zunächst

stand die Eindämmung der Epidemie im Vordergrund, zunehmend geraten aber auch die wirtschaftlichen Folgen des Lock-Downs in den Mittelpunkt der Betrachtung. Die getroffenen Maßnahmen waren dabei zwangsläufig kurzfristig ausgerichtet. Die mittel- bis längerfristigen Auswirkungen sowie die längerfristig ausgerichteten Politikbereiche wie die Innovationspolitik standen daher anfänglich nicht im Vordergrund. Umso mehr ist daher im Anschluss eine auf die künftige Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft ausgerichtete Innovationspolitik notwendig, damit das Land aus der Corona-Krise bestenfalls sogar gestärkt hervorgeht und nicht an internationaler Wettbewerbsfähigkeit verliert.

Somit stellt sich auch die Frage, wie sich die mit der Corona-Krise verbundenen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Konsequenzen auf das Innovationsgeschehen in NRW auswirken und welche Schlussfolgerungen sich daraus für die Innovationspolitik des Landes ergeben. Zu erwarten ist insbesondere, dass etwa die Finanzierung von eher langfristig ausgerichteten Investitionen in FuE und Innovationsaktivitäten heruntergefahren werden, was sich auf Dauer negativ auf die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft auswirkt. Gleichzeitig ergeben sich in der vermehrten Nutzung von digitaler Technik in Schulen, Hochschulen und Unternehmen neue Möglichkeiten. Insgesamt ändert die Corona-Krise aber nichts an dem grundsätzlichen Stärken-Schwächen-Profil von NRW. Vor diesem Hintergrund ist der vorliegende Bericht eine Bestandsaufnahme des Innovationsgeschehens in Nordrhein-Westfalen. Folgende Themenblöcke werden dabei betrachtet:

- Humankapital, Bildung und Ausbildung (Abschnitt 2.1)
- Forschung und Entwicklung (Abschnitt 2.2)
- Patentierung und neue Technologien (Abschnitt 2.3)
- Wissens- und technologieintensive Unternehmensgründungen (Abschnitt 2.4)
- Innovationen (Abschnitt 2.5)
- Investitionen und Infrastrukturen (Abschnitt 2.6)
- Produktivität (Abschnitt 2.7)

Zwei Schwerpunktstudien beschäftigen sich mit Status und Mobilität von Humankapital (Abschnitt 3) und dem Wissens- und Technologietransfer (Abschnitt 4). Ein neuer Schwerpunktbericht untersucht die Potenziale von NRW im für die zukünftige Entwicklung zentralen Technologiefeld KI/Maschinernen (Abschnitt 5).

Die Untersuchung ergibt ein Gesamtbild des NRW-Innovationsgeschehens in seinen unterschiedlichen Ausprägungen. Dabei wird eine Positionierung gegenüber anderen Bundesländern und gegenüber dem Bundesdurchschnitt vorgenommen. Für jeden Themenblock wird gefragt (i) welche Position

NRW in Hinblick auf zentrale Indikatoren des Innovationsgeschehens einnimmt und (ii) welche Entwicklung seit 2010 zu beobachten ist. Darüber hinaus wird auch nach Gründen für positive oder negative Entwicklungen gefragt. An den Stellen, an denen keine belastbaren Daten im Bundesländervergleich für alle Bundesländer zur Verfügung stehen oder verfügbare Zeiträume abweichen, wurde eine alternative Länder- und Zeitstruktur gewählt.

Für die Untersuchungen wurden zahlreiche unterschiedliche Informationsquellen ausgewertet, unter anderem:

- FuE-Erhebungsdaten und der Gründungsradar des SV Wissenschaftsstatistik,
- das Mannheimer Innovationspanel des ZEW,
- eine durch das RWI und CEIT im Rahmen dieser Studie durchgeführte Befragung von Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie von außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Deutschland (zur Methodik siehe den nachfolgenden grauen Kasten),
- Daten des Mikrozensus für die Untersuchung von Status und Mobilität des Humankapitals,
- Daten des Europäischen Patentamts, die für die Patentanalyse verwendet wurden,
- das ZEW-Unternehmenspanel für die Untersuchung des Gründungsgeschehens.

Der vorliegende Bericht knüpft insbesondere an die Überlegungen zu den Konsequenzen des Lissabon-Prozesses für NRW (Lageman et al., 2008) und die in den Jahren 2006 bis 2009 erstellten Innovationsberichte an (RWI und SVW, 2006; RWI, RUFIS und SVW 2007; RWI et al. 2008; RWI, FH Stralsund und SVW 2009). Seitdem haben sich die Rahmenbedingungen für das Innovationsgeschehen aber erheblich weiterentwickelt. Gleichzeitig zeichnen auch neue Erkenntnisse aus der Innovationsforschung ein weitaus differenzierteres Bild des Innovationsgeschehens sowie von den Potenzialen und Ansatzpunkten der Innovationspolitik, die im vorliegenden Bericht Berücksichtigung finden.

Der Bericht besteht aus fünf Teilen: Abschnitt 2 enthält den Indikatorenbericht zum Innovationsgeschehen in NRW im Bundesländervergleich. Der Schwerpunktbericht in Abschnitt 3 beinhaltet eine vertiefte Analyse des Status und der Mobilität des Humankapitals in NRW. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Schwerpunktstudie zu Wissens- und Technologietransfer aus den Hochschulen und Forschungseinrichtungen in die Unternehmen diskutiert. Kapitel 5 untersucht die Position des Landes NRW im Technologiefeld KI/Maschinenlernen. Kapitel 6 fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen, gibt einen Überblick über die Position von NRW in wichtigen Zukunftsfeldern und entwickelt Handlungsempfehlungen für die Weiterentwicklung des NRW-Innovationssystems.

Online-Befragung von Professorinnen und Professoren an Hochschulen und Angehörigen von außeruniversitären Forschungseinrichtungen

Im Herbst 2019 wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts eine deutschlandweite Online-Befragung von Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren durchgeführt. Die Befragung lehnte sich methodisch an eine im Jahr 2013 durchgeführte Befragung an (Warnecke 2016). Zudem wurden im Frühjahr 2020 Vertreterinnen und Vertreter der außeruniversitären Forschungseinrichtungen (Fraunhofer, Helmholtz, Landesinstitute, Leibniz, Max-Planck, ZUSE) befragt. Vorwiegend kontaktiert wurden bei dieser Befragung die Leiterinnen und Leiter der Forschungseinrichtungen und deren Abteilungen. Für die zweite Befragung ist der Fragebogen, der zuvor an die Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren gesandt worden war, leicht angepasst worden, um die Spezifika der außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu berücksichtigen. Kontaktiert wurden im Rahmen der Hochschulbefragung insgesamt 54.861 Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren aus ganz Deutschland, wobei drei Erinnerungen versandt wurden. Bezogen auf diejenigen, welche die Befragung zumindest begonnen haben, liegt der Rücklauf bei 7.653 Personen (13,9%). Bei den außeruniversitären Forschungseinrichtungen konnte bei insgesamt 3.342 kontaktierten Personen und einer Erinnerungsemail ein Rücklauf von insgesamt 588 Fragebögen erzielt werden (Rücklaufquote: 17,6%).

Das Ziel der Befragungen war, das Transfergeschehen an Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vergleichend zu beschreiben, wobei der Fokus auf den Transferaktivitäten mit der Wirtschaft lag (im Vergleich zu Transferaktivitäten zwischen Hochschulen untereinander oder mit Forschungseinrichtungen). Ebenfalls Gegenstand der Befragungen war die Nutzung der Möglichkeiten von Informations- und Kommunikationstechnologien an den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Neben institutionellen Unterschieden wurden insbesondere Unterschiede auf der Ebene der Bundesländer identifiziert.

Stand der Forschung

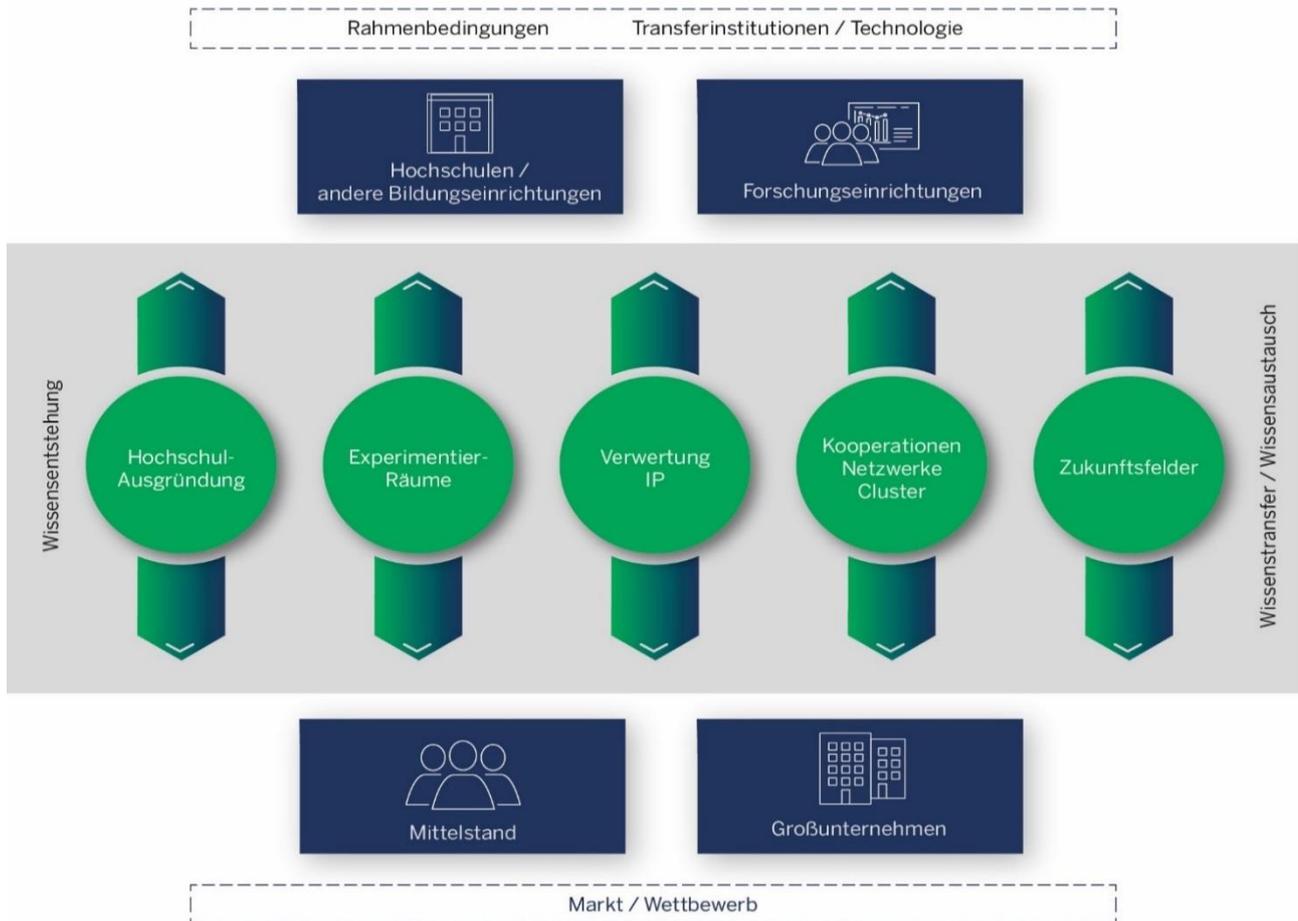
Die Innovationsforschung ist mittlerweile zu zahlreichen Erkenntnissen gelangt, an welchen Stellen die Innovationspolitik

entweder direkt über Förderungen oder indirekt über das Setzen von Rahmenbedingungen das Innovationsgeschehen in der Wirtschaft beeinflussen kann. Leitend ist dabei der Innovationssystem-Ansatz (Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson

1993). Er betont die große Bedeutung der Interaktion der Innovationsakteure – Unternehmen, Wissenschaft und Politik, aber auch die allgemeine Öffentlichkeit – für die Entstehung, die effektive Nutzung und die Umsetzung von neuem Wissen in Innovationen (Abb. 1.1).

Die Emergenz von Innovationen und deren positive einzel- und gesamtwirtschaftliche Wirkungen hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Der Innovationssystemansatz versucht, diese Faktoren und ihr Zusammenwirken zu beschreiben. Be-

Wissen und innovationsrelevanten Ressourcen gelegt. Dabei spielen das Bildungssystem, die Wissenschaft und die Forschung in Unternehmen sowie die Interaktion zwischen diesen Teilsystemen eine entscheidende Rolle. Zudem stehen die Anreize und Barrieren für Innovationen, die durch Institutionen und staatliches Handeln gesetzt werden, im Fokus. Diese reichen von der Ausgestaltung des Wettbewerbs auf Güter- und Faktormärkten über staatliche Anreize für Innovationen (z.B. IP-Recht, Förderungen, Informations- und Awareness-



sonders Augenmerk wird dabei auf die Rahmenbedingungen für die Genese und Verbreitung von innovationsrelevantem

Maßnahmen) und Infrastrukturinvestitionen bis zur Regulierung von Produktmärkten oder Technologien.

Abb. 1.1: Wissensentstehung und Wissensaustausch als Ansatzpunkte für die Innovationspolitik in NRW

Eigene Darstellung in Anlehnung an Freeman 1987, Lundvall 1992 und Nelson 1993.

Folgende Aspekte sind im Rahmen einer Bestandsaufnahme von großer Bedeutung:

- Wissen entsteht nicht nur in öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen oder Unternehmen, sondern auch in anderen Bereichen der Gesellschaft, etwa in Form von *User-Innovations* oder sozialen Innovationen (Warnke et al. 2016).
- Für die Betrachtung dieser vielfältigen Konstellationen sind in den vergangenen Jahren zunehmend „Mehr-Ebenen-Mehr-Akteurs-Perspektiven“ zum Einsatz gekommen (unter den Begriffen Triple Helix, mode 2 oder third mission, vgl. u.a. Ranga und Etz-

kowitz 2013). Neuere Ansätze der Innovationsforschung wie *innovation ecosystems* (Adner und Kapoor 2010) widmen sich dem interaktiven Prozesscharakter von Innovationen und basieren auf einer institutionellen Sichtweise des Innovationssystems.

Zentrale Faktoren, die für die Identifikation von Ansatzpunkten der Innovationspolitik eine besondere Bedeutung haben und die daher indikatorenbasiert untersucht werden, sind:

- die Humankapitalausstattung und das Bildungssystem, das den Nährboden für das Innovationsgeschehen in der Wirtschaft bildet,

- das Innovationsgeschehen in den Unternehmen sowohl in Hinblick auf den Input (FuE- und Innovationsausgaben, sowie das eingesetzte FuE-Personal) als auch den Output (Patente, Produkt- und Verfahrensinnovationen, Marktneuheiten),
- Unternehmensgründungen durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Studierende aus den Hochschulen und den außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie
- die Infrastrukturausstattung des Landes als zentrale Basis für die Unternehmensaktivitäten.

Die beiden Schwerpunktstudien vertiefen die Untersuchungen an Stellen, die zentral für die Entwicklung des Innovationsgeschehens sind.

Humankapitalausstattung und Bildungssystem sind in einer mittelfristigen Perspektive von zentraler Bedeutung für das Innovationsgeschehen. Das gilt in mehrerlei Hinsicht: Als Nährboden ermöglicht eine gute Ausbildung, dass in den Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen aber auch breiter in der Bevölkerung neue Ideen zur Lösung von Problemen entwickelt werden. Das bedeutet nicht, dass ein einfacher, statistisch kausal messbarer Zusammenhang zwischen erhöhten Bildungsanstrengungen und Innovationsoutput besteht. Dafür sind auch Innovationen zu vielgestaltig. Die Voraussetzungen, die für soziale oder Softwareinnovationen oder auch die Entwicklung neuer Bauteile z.B. in der Elektronik- bzw. der Automobilindustrie gegeben sein müssen, sind zu unterschiedlich. Gleichzeitig ist eine gute Grundausbildung in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern und eine hohe Qualität der Ausbildung in wichtigen Zukunftsfeldern eine unverzichtbare Voraussetzung dafür, dass in diesen Feldern Neuerungen entstehen. Ein Angebot an gut ausgebildeten Nachwuchskräften bildet die Grundlage dafür, dass sowohl Großunternehmen als auch mittelständische Unternehmen in NRW ihre Innovations- und Zukunftsfähigkeit erhalten können. Dabei ist nicht allein die Zahl der Nachwuchskräfte, sondern vor allem die Qualität und Problemorientierung ihrer Ausbildung von zentraler Bedeutung.

Darüber hinaus gibt es einen weiteren wichtigen Aspekt in Hinblick auf das Innovationsgeschehen, der zu beachten ist. Wenn es nicht gelingt, ein auf breiter Ebene hohes Bildungsniveau zu realisieren, besteht die Gefahr, dass Teile der Bevölkerung durch den technischen Fortschritt abgehängt werden und für diese Bevölkerungsgruppen eine erhöhte Gefahr

der Langzeitarbeitslosigkeit besteht. Dieser Aspekt wird daher im Rahmen des vorliegenden Berichts ebenfalls in den Blick genommen.

Eine entscheidende Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit eines Innovationssystems spielt der *Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft*. Innerhalb des interdependenten Systems aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen ergeben sich neue Wege der Wissensentstehung und des Wissenstransfers, die gerade für die künftige Ausrichtung der Innovationspolitik von entscheidender Bedeutung sind (vgl. Autio 1998; Fritsch et al., 2007; Trippl und Tödtling 2011). Die Existenz eines solchen interdependenten Systems definiert sich über die Ausprägungen seiner fundamentalen Dimensionen der Austausch-, Netzwerk-, und Lernkapazitäten (Cooke 2001). Diese gilt es zu stärken, will man die Innovationsfähigkeit eines Bundeslandes steigern.

Ein weiterer Aspekt, der für die Zukunftsfähigkeit einzelner Unternehmen, aber auch für Regionen eine immer größere Bedeutung bekommt, ist die *Fähigkeit, neue Technologien und Märkte zu adressieren*. Auf diesen Aspekt wird an verschiedenen Stellen des Berichts eingegangen; die Erkenntnisse in Hinblick auf die Position von NRW bei zentralen Zukunftstechnologien werden in Abschnitt 5 zusammengefasst. Der Begriff der *ambidexterity* (Beidhändigkeit) bringt zum Ausdruck, dass ein Innovationssystem und dessen Akteure in der Lage sein müssen, sowohl die bereits vorhandenen Innovationsressourcen effizient zu nutzen als auch immer wieder neue Pfade zu beschreiten und in neue Innovationsfelder vorzustoßen. Zu bedenken ist dabei aber, dass sich speziell radikale Innovationen häufig in Nischen entwickeln, die bestimmten soziokulturellen und technologischen Steuerungsregimen unterliegen (Geels 2004) und somit gezielt von der Innovationspolitik adressiert werden sollten.

Die Ergebnisse der Innovationsforschung lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Ein realistisches Bild des Innovationsgeschehens lässt sich nur auf Basis einer umfassenden Betrachtung verschiedener Dimensionen gewinnen. Da es sich hierbei um sehr komplexe Prozesse handelt, ergeben sich keine einfachen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge. Dennoch kann aus der Beobachtung von Strukturen und Prozessen auf die Ursachen für bestimmte Entwicklungen des Innovationsgeschehens geschlossen werden, was wiederum ermöglicht, erfolgversprechende Ansatzpunkte für die Innovationspolitik zu identifizieren.

2. Indikatorenbericht

2.1 Humankapital, Bildung und Ausbildung

Vorgehensweise

Die Qualität der Bildung in Schulen und Hochschulen sowie die betriebliche Aus- und Weiterbildung bestimmen sowohl die beruflichen Möglichkeiten des Einzelnen als auch die Entwicklungsperspektiven der Wirtschaft insgesamt. Wichtige Faktoren im Rahmen eines Innovationssystems sind dabei der Zugang zur Bildungsinfrastruktur, die Qualifikation der Erwerbstätigen, der Übergang vom Bildungssystem in das Berufsleben und das Zusammenspiel zwischen Bildungseinrichtungen und Unternehmen.

Im Folgenden wird eine Bestandsaufnahme zu den zentralen Merkmalen des Bildungssystems in NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern vorgenommen. Im Mittelpunkt stehen dabei die folgenden Aspekte:

- vorhandene Infrastrukturen und die Organisation der Bildung und Ausbildung,
- Input-Seite des Bildungssystems (Bildungsausgaben, Zahl der Schülerinnen und Schüler, Studierenden und Auszubildenden),
- Output des Bildungssystems (Schul- und Hochschulabsolventen, Ausbildungsabschlüsse),
- digitale Transformation des Bildungssystems.

Die vergleichende Bestandsaufnahme zielt darauf ab, das Bildungssystem in NRW dahingehend zu charakterisieren, inwieweit es insgesamt sowie auf seinen verschiedenen Stufen – Grundschulen, weiterführende Schulen, Hochschulen, Berufsausbildung – den Aufgaben des bevölkerungsreichsten und durch urbane Ballungsräume geprägten Bundeslandes gerecht wird, um eine gute Bildung und Ausbildung als Voraussetzung für die Innovationsfähigkeit hervorzubringen. Frühere Untersuchungen haben in dieser Hinsicht für NRW teilweise deutlichen Nachholbedarf aufgezeigt (RWI 2016). Das Aufzeigen des Stands der Forschung sowie die Untersuchung von Status und Mobilität des Humankapitals in Bezug auf

- die Beschäftigungsentwicklung,
- die Branchen- und Berufsgruppenstruktur
- die mögliche Betroffenheit der Beschäftigten durch die Digitalisierung,
- regionale Wanderungsbewegungen,
- die Durchlässigkeit des Bildungssystems,
- den Bildungszugang benachteiligter Milieus sowie
- den Erwerb und die Anerkennung nicht-formaler Qualifikationen

sind Gegenstand des Schwerpunkts in Kapitel 3.

Bildungsinput und regionale Prosperität

Im Folgenden werden in Hinblick auf Bildungschancen und Bildungshemmnisse Auswertungen wichtiger Indikatoren zu Humankapital, Bildung und Ausbildung im Vergleich zwischen Nordrhein-Westfalen und anderen Teilen Deutschlands vorgenommen. Über die genauen Wirkungsmechanismen der Investitionen in das Bildungssystem in Bezug auf Output-Größen wie den Bevölkerungsanteil der Schulabgängerinnen und Schulabgänger mit bestandener Abiturprüfung oder gar den Zusammenhang zwischen Bildungsinput, Bildungsoutput und Innovationsfähigkeit auf nationaler oder regionaler Ebene herrscht in der bildungsökonomischen Literatur keineswegs Klarheit. Unbestritten ist aber, dass sich weltweit für Einzelpersonen Investitionen in die eigene Schulbildung bezüglich der lebenslangen Einkommensperspektiven meistens lohnen werden, insbesondere in Entwicklungs-, aber auch in Industrieländern. Die auf der Individualebene nachweisbaren Effekte der (zusätzlichen) Schulausbildung dürften auch die Perspektiven der Regionen verbessern (Psacharopoulos und Patrinos 2018). Der Vergleich mit anderen Bundesländern kann dazu beitragen, die Aufgaben und Zielsetzungen bildungspolitischer Interventionen in Nordrhein-Westfalen genauer zu definieren.

Zhang (2009) zeigt einen Zusammenhang auf, der zwischen dem Bildungsinput – gemessen an der Variation der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit des Lehrpersonals an Hochschulen zwischen den Bundesstaaten der USA – und den Bildungseffekten – gemessen an den erzielten Erwerbseinkommen junger Hochschulabsolventinnen und -absolventen in den ersten Berufsjahren – besteht. Demnach sollte ein leistungsstarkes Bildungs- und Ausbildungssystem zu den Merkmalen einer innovationsstarken Region gehören, auch wenn nicht gesichert ist, dass die an einem Standort gut ausgebildeten Absolventinnen und Absolventen ihr Einkommen nach dem Berufseintritt auch in der Region ihrer Ausbildung erzielen. Weniger deutlich wird, ob und inwieweit Hochschulen etwa durch bestimmte inhaltliche Schwerpunktlegungen gezielt zur Stärkung regionaler Innovationssysteme beitragen können (Uyarra 2008). Agasiti et al. (2019) belegen allerdings für den Zeitraum 2006 bis 2012 am Beispiel italienischer Regionen einen statistischen Zusammenhang zwischen der forschungsrelevanten Leistungsfähigkeit von Universitäten und dem regionalen Wirtschaftswachstum.

Delgado et al. (2012) geben einen Überblick über die empirische Literatur zu den Effekten der Bildungsinvestitionen auf das nationale Wirtschaftswachstum. Gelingt es, die in den jeweiligen Regressionsmodellen entstehenden Identifikations-

probleme zu überwinden, die infolge der wechselseitigen Zusammenhänge zwischen Wirtschaftswachstum und Bildungsinvestitionen entstehen, so messen einige Studien einen signifikanten Einfluss einzelner Merkmale des Bildungssystems, z.B. der Grundschulausbildung (Sala-i-Martin et al. 2004). Andere Autoren (z.B. Henderson 2010) kommen zu dem Ergebnis, dass es keine unmittelbaren Zusammenhänge zwischen Bildungsstand und Wirtschaftswachstum gibt.

Delgado et al. (2012) stellen fest, dass insbesondere die Dauer der formalen Schulpflicht (in Jahren) im internationalen Vergleich den Untersuchungsgegenstand „Bildungsniveau“ bzw. „Humankapital“ offenbar nur unzureichend abbildet. Sie schlagen vor, in die Analyse der bildungsspezifischen Einflussfaktoren auf das Wirtschaftswachstum u.a. auch Merkmale der beruflichen Aus- und Weiterbildung einzubeziehen.

Für den Zusammenhang zwischen Bildung und dem Innovationsgeschehen in NRW ergibt sich aus der dargestellten Literatur folgendes Bild: Ob und inwieweit ein direkter Wirkungsmechanismus zwischen der Qualität des Bildungssystems in NRW und der regionalen Innovationsstärke besteht und vor allem, welche Richtung der vermutete Kausalzusammenhang aufweist, lässt sich nur schwer belegen. Es ist davon auszugehen, dass je leistungsfähiger und durchlässiger das Bildungssystem in NRW ist, desto wahrscheinlicher tragen die Absolventinnen und Absolventen der Schulen, Hochschulen und Einrichtungen der beruflichen Aus- und Weiterbildung in ihrer Heimatregion bzw. am Standort ihrer Ausbildung als kreative Köpfe zum Innovationsgeschehen bei. Gleichzeitig fällt es prosperierenden Regionen leichter, Investitionen in das örtliche Bildungssystem aufzubringen. Nachweisbar ist, dass sich für ein Individuum Investitionen in die eigene Aus- und Weiterbildung lohnen. Regionen, die sich stark für die Ausstattung ihres Bildungssystems engagieren, dürften sich somit auch Vorteile im Standortwettbewerb verschaffen, unabhängig davon, ob die Absolventinnen und Absolventen vor Ort berufstätig werden oder außerhalb als „Werbeträger“ fungieren.

Regionen mit einem besonders innovativen und wettbewerbsfähigen Wirtschaftsgeschehen ziehen viele leistungsfähige und -willige Arbeitskräfte an, die dort zur Steigerung der Prosperität beitragen, ohne aber vor Ort ausgebildet worden zu sein. Weniger prosperierende Regionen werden dagegen alleine durch intensive Anstrengungen zur Aufwertung ihres Bildungssystems ihre Wettbewerbsnachteile gegenüber anderen Regionen über kurz oder lang kaum komplett ausgleichen können.

Die Positionierung von Nordrhein-Westfalen hinsichtlich zentraler Kenngrößen des Bildungssystems ist vor diesem Hintergrund Gegenstand der folgenden Abschnitte des Indikatoren- sowie des Schwerpunkts (Kapitel 3), wobei die Auswertungen keine empirische Evidenz für den Einfluss von Investitionen in Bildung und Ausbildung auf das regionale Wirtschaftswachstum liefern.

Umsetzung von Bildungspolitik – Governance

Überbetriebliche Kooperationsbeziehungen – etwa in Form von Zuliefer- und Absatzbeziehungen – wurden bereits von

Marshall (1890) als Erklärung für die regionale Ballung von Industrien herangezogen. In den vergangenen Jahrzehnten gehörte zu den Kernfragen der Regionalforschung, inwieweit auch regionale Vernetzungen, insbesondere solche zwischen Forschungseinrichtungen und Wirtschaft, zu den Erfolgsvoraussetzungen regionaler Innovationsstärke und wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit gehören (Schamp 2000). Deutlich wurde, dass die Umsetzung regionaler Entwicklungskonzepte, soweit sie etwa größere Infrastrukturmaßnahmen beinhalten, eine umfassende Kooperation im Zuge von *regional governance* zwischen den verschiedenen Akteuren erfordert, oftmals repräsentiert durch themen- bzw. interessensspezifische Initiativen (Fürst und Knieling 2002).

Empirisch stellt die Messung der Rolle von Kooperationsbeziehungen unter den Determinanten des regionalen Innovationsgeschehens eine Herausforderung dar (Barra und Zotti 2015). RWI et al. (2010) untersuchten in einer europaweiten Studie die Bedeutung der kommunalen Handlungsautonomie als Erklärungsfaktor für das regionale Einkommensniveau im Verhältnis zum jeweiligen nationalen Durchschnitt im Jahr 2004 am Beispiel des Indikators „Anteil des lokalen Steueraufkommens an den kommunalen Einnahmen insgesamt“. Im Vergleich zwischen 330 Städten spielt dieser Indikator zwar offenbar nur innerhalb einer Gruppe von 82 peripheren Städten, überwiegend aus den zentral- bzw. südosteuropäischen EU-Mitgliedsstaaten, eine Rolle. Innerhalb der Gruppe dieser Städte kann jedoch festgestellt werden, dass in solchen, deren örtliches Einkommensniveau weniger stark (nach unten) vom nationalen Durchschnitt abweicht, in der Regel ein höherer Anteil der kommunalen Einnahmen durch lokale Steuern entsteht und somit kommunalen Handlungsspielräumen unterliegt.

Die Untersuchung verdeutlicht somit, dass unter Städten mit vergleichsweise schlechten Ausgangsbedingungen zur Erzielung wirtschaftlicher Prosperität ein größerer Handlungsspielraum kommunaler Behörden einen wirtschaftlichen Standortvorteil darstellen kann. Inwieweit eine solche Handlungsautonomie längerfristig auch über gezielte Investitionen in die lokale Bildungsinfrastruktur zur Verbesserung der wirtschaftlichen Wettbewerbsposition der peripheren Städte beigetragen hat, bleibt offen. In Deutschland sind zwar die Bundesländer für die Bildungspolitik zuständig, Schulträger der öffentlichen Schulen sind jedoch in Nordrhein-Westfalen überwiegend die Gemeinden, für die Berufskollegs die Kreise bzw. kreisfreien Städte und für bestimmte Förderschulen die Landschaftsverbände. Zu erwarten ist, dass bei kommunaler Handlungsautonomie und entsprechender kommunalpolitischer Schwerpunktlegung eine vergleichsweise bessere (gebäude-)technische Ausstattung der Schulen ermöglicht werden kann.

Noch weitaus schwieriger als die Messung des Einflusses von Bildungsinvestitionen auf das Wirtschaftswachstum ist, Vorgehensweisen bei der Umsetzung bildungspolitischer Maßnahmen in Bezug auf ihre Auswirkungen auf das nationale oder regionale Wirtschaftswachstum zu bewerten. Inwieweit etwa die Kritik an zu viel Bürokratie bei der Gewährung von Leistungen aus dem Bildungs- und Teilhabepaket für Kinder und Jugendliche (BuT) (Deutscher Bundestag 2019) oder bei der Umsetzung des Digitalpakts (Tagesspiegel 2020) gerechtfertigt ist, sei dahingestellt.

Nahe liegt jedoch, dass es bei Maßnahmen zur Verbesserung des Bildungszugangs keineswegs nur darauf ankommt, den Schulen Mittel für die technische Ausstattung oder den Familien Gelder für Bildungskosten zur Verfügung zu stellen. Vielmehr dürfte erst ein ganzes Bündel von Maßnahmen dazu beitragen können, auf der Ebene eines Bundeslandes Output-Größen, wie sie durch PISA gemessen werden, zu verbessern. Neben der technischen Ausstattung oder der finanziellen Unterstützung von Familien dürften dabei insbesondere pädagogische Konzepte im Mittelpunkt stehen, die dazu geeignet sein sollten, bei schwierigen Ausgangsbedingungen, wie (zu) hohen Klassenstärken, großer Heterogenität der Sprachkompetenzen im Einschulungsalter und vielfältigen Inklusionsaufgaben der Regelschulen, Bildungsinhalte zu vermitteln.

Bildungsinfrastruktur und Bildungsinput

Schulstufen in Nordrhein-Westfalen sind die Primarstufe, die Sekundarstufe I und die Sekundarstufe II. Die Grundschule (auch als Primarstufe bezeichnet) umfasst die Klassen 1 bis 4. Nach der Grundschule können die Eltern für ihre Kinder aus einem Angebot verschiedener Schulformen der Sekundarstufe I wählen, darunter auch die im Jahr 2011 neu eingeführte Sekundarschule. Die Sekundarstufe I umfasst die Klassen 5 bis 10, an Gymnasien mit verkürztem „G8-Bildungsgang“ (Abitur nach Klasse 12 anstatt nach Klasse 13) die Klassen 5 bis 9. Nach Abschluss der Sekundarstufe I besteht die Möglichkeit, an den Gymnasien und Gesamtschulen den Weg zum Abitur (Sekundarstufe II) einzuschlagen und die gymnasiale Oberstufe zu besuchen. Das Abitur kann auch an berufsbildenden Schulen erworben werden.

Das Berufskolleg ist eine weitere, mit den beruflichen Schulen anderer Bundesländer vergleichbare Schulform der Sekundarstufe II. Das Berufskolleg vermittelt berufliche Kenntnisse, berufliche Weiterbildung und Berufsabschlüsse. Darüber hinaus können vom Hauptschulabschluss bis zur Allgemeinen Hochschulreife alle allgemeinbildenden Abschlüsse erworben bzw. nachgeholt werden (MSB NRW 2020).

Im Schuljahr 2018/19 gab es in Nordrhein-Westfalen 5.518 Schulen, darunter 540 private und 4.978 öffentliche Schulen. Neben den 57 Waldorfschulen, die alle Schulstufen umfassen, gab es 65 Grundschulen, sieben Hauptschulen, neun Sekundarschulen, 54 Realschulen, 33 Gesamtschulen, 114 Gymnasien, 79 Förderschulen und 131 berufliche Schulen in privater Trägerschaft, denen 2.716 Grund-, 236 Haupt-, 105 Sekundar-, 375 Real-, 307 Gesamt-, 418 Förderschulen, 511 Gymnasien und 258 berufliche Schulen des öffentlichen Schulsystems gegenüberstanden (MSB NRW, 2019).

Mit 10,8 Schülerinnen und Schülern je 100 Einwohner im Jahr 2019 war der Anspruch an die Versorgung der Bevölkerung mit Bildungsinfrastruktur in Nordrhein-Westfalen höher als in allen anderen Bundesländern (Abb. 2.1.1). In Deutschland insgesamt waren es genau zehn Schülerinnen und Schüler, in den neuen Bundesländern deutlich weniger als zehn. Unter durchschnittliche Schülerzahlen sind ein Kennzeichen des demographischen Wandels, der in den neuen Bundesländern besonders weit fortgeschritten ist. Allerdings nahm die Zahl der Schülerinnen und Schüler in Relation zur Bevölkerung in

den neuen Bundesländern gegenüber 2011 um jeweils mehr als eine Schülerin bzw. einen Schüler je 100 Einwohner zu, in Nordrhein-Westfalen ging die Schülerzahl dagegen um mehr als eine Schülerin bzw. einen Schüler je 100 Einwohner zurück.

Abb. 2.1.1: Schülerinnen und Schüler je 100 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2011



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020h, 2021b).

Da das Schulwesen in den Bundesländern unterschiedlich aufgebaut ist, sind Vergleiche des Anteils der Schülerinnen und Schüler in bestimmten Schulformen nur begrenzt aussagekräftig. Dennoch soll, auch als Kennzeichen der Bildungsinfrastruktur, der Anteil der Schülerinnen und Schüler an Gymnasien im Ländervergleich betrachtet werden, um durch die zeitliche Veränderung mögliche Schwerpunktverlagerungen zwischen den Schulformen zu untersuchen. Mit 26,2% entsprach der Schüleranteil an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2019 etwa dem Bundesdurchschnitt (26,3%) (Abb. 2.1.2). Mit einem Rückgang des Schüleranteils an Gymnasien von -2,1 Prozentpunkten gegenüber 2011 lag die Entwicklung in Nordrhein-Westfalen leicht über dem Bundestrend (-1,7). Besonders hohe Schüleranteile (ca. 30%) entfielen auf Gymnasien in Hessen und Rheinland-Pfalz, geringe Anteile auf die in Bremen (17,1%) und Berlin (21,2%).

Abb. 2.1.2: Anteil der Schülerinnen und Schüler an Gymnasien, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben des BBSR (2019) und des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020h).

In Bezug auf die Zahl der Schülerinnen und Schüler an Berufsschulen des Bundes und der Länder lag NRW mit 19,3 Schülerinnen und Schülern je 1.000 Einwohner (2017) leicht über dem Bundesdurchschnitt (18,6 Berufsschüler je 1.000 Einwohner). Geringere Zahlen von Schülerinnen und Schülern an staatlichen Berufsschulen kennzeichnen alle neuen Bundesländer sowie Berlin. Gegenüber 2011 ist die Zahl der Berufsschülerinnen und Berufsschüler in Relation zur Bevölkerung in allen Bundesländern zurückgegangen, wobei die Rückgänge den Bundestrend (-1,8 Berufsschüler je 1.000 Einwohner) in den neuen Bundesländern wiederum übertrafen (mit Ausnahme von Sachsen). In Nordrhein-Westfalen ging die Zahl der Berufsschülerinnen und -schüler ebenfalls stärker zurück (-2,8) als in Deutschland insgesamt. In Bayern lag deren Zahl mit 21,5 je 1.000 Einwohner über dem Bundesdurchschnitt und ging mit -0,8 je 1.000 Einwohner weniger stark zurück als in Deutschland insgesamt.

Betrachtet man das Ausbildungsengagement der Unternehmen in Relation zur Zahl der Beschäftigten, zeigt sich ebenfalls ein deutliches West-Ost-Gefälle, wobei die Auszubildendichte 2019 insbesondere in Schleswig-Holstein und Niedersachsen über dem Bundesdurchschnitt lag (Abb. 2.1.3). Auch NRW lag mit etwa 42 Auszubildenden je 1.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten über dem Bundesdurchschnitt (39).

Abb. 2.1.3: Auszubildende je 1.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, 2019 und Veränderung gegenüber 2011



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2021a, 2021c).

Die Zahl der Studierenden an Universitäten und Fachhochschulen je 1.000 Einwohner war 2019 in NRW höher als in allen anderen Flächenstaaten und lag mit gut 42 deutlich über dem Bundesdurchschnitt (34). Die Stadtstaaten – Städte mit großen Universitätsstandorten – lagen erwartungsgemäß über dem Bundesdurchschnitt, angeführt von Hamburg mit 59 Studierenden je 1.000 Einwohner. Nachholbedarf ist in dieser Hinsicht nicht nur den neuen Bundesländern zu bescheinigen. Auch in den weniger urbanen Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern wurden verhältnismäßig weniger Studierende ausgebildet als in NRW und Hessen (Abb. 2.1.4). Zudem hat die Zahl der Studierenden in Relation zur Bevölkerung in NRW seit 2011 auch stark zugenommen (+8,7 je 1.000 Einwohner, gegenüber 4,9 im Bundesdurchschnitt).

Die Auswertungen im vorliegenden Abschnitt geben zunächst einen Überblick über die Bildungsinfrastruktur und den Bildungsinput im Ländervergleich. Genauere Auswertungen zu den thematischen Schwerpunkten des Bildungsinputs und Bildungsausgaben im Ländervergleich sind Gegenstand der nachfolgenden vertiefenden Betrachtung der Bedeutung von MINT-Fächern.

Abb. 2.1.4: Studierende an Universitäten und Fachhochschulen je 1.000 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2011



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2012a, 2020i, 2021b).

Eine grundlegende Kenngröße des Bildungsinputs ist der für Bildungszwecke verwendete Mitteleinsatz. Untersucht man die Ausgaben der öffentlichen Haushalte im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (BIP), so erscheint das West-Ost-Gefälle in einem anderen Licht (Abb. 2.1.5).

Abb. 2.1.5: Ausgaben für Bildung als Anteil am BIP, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten



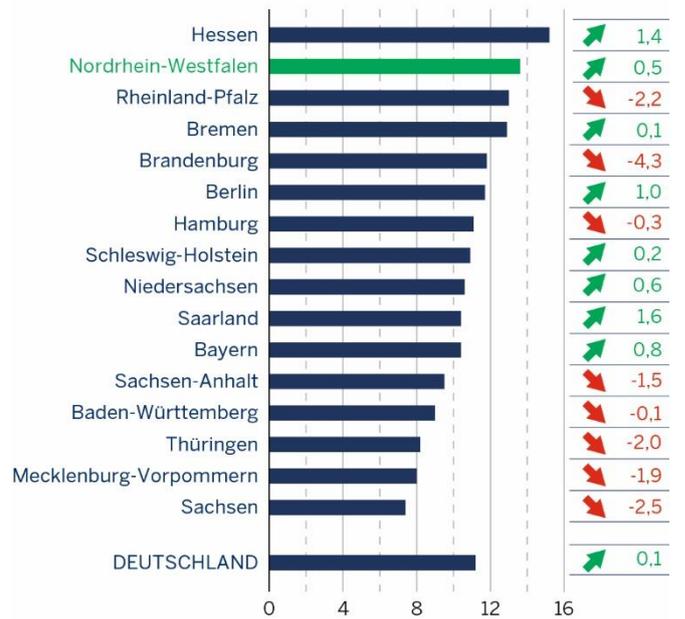
Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020j).

Mit Anteilen der Ausgaben für Bildung am BIP von über 5% lagen die neuen Bundesländer im Jahr 2019 deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 4,1%. In NRW lag der BIP-Anteil

leicht über dem Bundesdurchschnitt, in den wirtschaftsstarken Ländern Baden-Württemberg und Bayern lag er mit 3,6 und 3,5% dagegen deutlich darunter. Während der Bildungsanteil am BIP in Deutschland (und auch in Baden-Württemberg und Bayern) zwischen 2010 und 2019 um rund 0,3 Prozentpunkte zunahm, verzeichneten die Bildungsausgaben in Relation zum BIP in NRW eine Zunahme (+0,4 Punkte). Untersucht man dagegen die Bildungsausgaben je Schüler, lag Nordrhein-Westfalen mit 6.200 € (2017) unter den Bundesländern auf dem letzten Platz. Die neuen Bundesländer Sachsen-Anhalt und Thüringen lagen ebenso wie Bayern und die Stadtstaaten Berlin und Hamburg über dem Bundesdurchschnitt von 7.100 € je Schüler. Im Zeitraum von 2011 bis 2017 nahmen die Ausgaben je Schüler in Deutschland insgesamt um 18,3% zu. NRW verzeichnete mit 19,2% eine leicht überdurchschnittliche Zunahme. Auch in Bezug auf die Ausgaben je Studierenden bildete NRW im Jahr 2017 nach Bremen aktuell mit 5.620 € das Schlusslicht. Die neuen Bundesländer lagen auch hier weit vorn. Den Spitzenplatz nahm Niedersachsen mit mehr als 9.900 € ein.

Die Ausstattung mit Hochschulpersonal zeigt Abbildung 2.1.6 anhand der Betreuungsrelation auf. Hessen weist hier die ungünstigste Relation aller Bundesländer auf, dicht gefolgt von Nordrhein-Westfalen.

Abb. 2.1.6: Betreuungsrelation – Studierende in Relation zum wissenschaftlichen und künstlerischen Hochschulpersonal, 2019 und Veränderung gegenüber 2010



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020i).

Jeder Wissenschaftler bzw. jede Wissenschaftlerin an einer Hochschule betreut in Hessen fast doppelt so viele Studierende (über 15) wie in Sachsen (unter 8). In NRW war die Betreuungsrelation im Jahr 2018 mit 13,6 Studierenden je Hochschullehrerin bzw. Hochschullehrer ebenfalls sehr ungünstig. In Bayern (10,4) und Baden-Württemberg (9,0) ist die Betreuungssituation dagegen besser als im Bundesdurchschnitt

(11,2). Verbessert hat sich die Situation im Laufe des Jahrzehnts in NRW nicht, denn seit 2010 nahm die Zahl der zu betreuenden Studierenden pro Wissenschaftler bzw. Wissenschaftlerin weiter zu (+0,5).

Wenn man die Mittelausstattung pro Schülerin und Schüler bzw. Studierenden als Maßstab zugrunde legt, ist NRW im Bundesländervergleich besonders schlecht ausgestattet, leistet sich also einen vergleichsweise geringen finanziellen Bildungsinput. Berücksichtigt man bei der Beurteilung des Bildungsinputs allerdings die Relation zum Bruttoinlandsprodukt, so zeigt sich NRW für einen Flächenstaat mit einem verhältnismäßig starken Bildungsinput und übertrifft insbesondere die wirtschaftsstarken Länder Baden-Württemberg und Bayern deutlich (s. nochmals Abb. 2.1.5). Die Unternehmen in NRW engagieren sich zudem, gemessen an den Auszubildenden im Verhältnis zu den Beschäftigten, intensiv in der beruflichen Ausbildung.

Bildungoutput: Abschlussprüfungen und Absolventen

Berücksichtigt man den wirtschaftlichen Handlungsspielraum der öffentlichen Haushalte, weist Nordrhein-Westfalen vergleichsweise hohe Bildungsinvestitionen auf. Inwiefern dabei den aktuellen Herausforderungen in Zusammenhang mit dem digitalen Wandel begegnet wird und wie NRW sich diesbezüglich im Ländervergleich positioniert ergibt sich aus einer genaueren Betrachtung des Bildungsinputs und -outputs in Bezug auf die entsprechenden Fachgebiete.

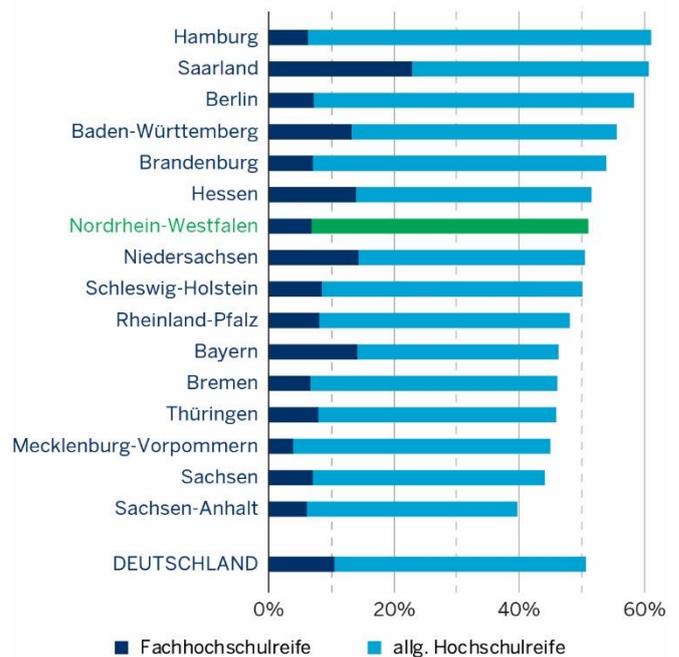
Einen weiteren Untersuchungsgegenstand bildet die Qualifikation der Erwerbstätigen. Sie lässt zwar keine unmittelbaren Rückschlüsse auf das Bildungssystem zu, da viele Berufstätige zugewandert sind und außerhalb des Bundeslands ausgebildet wurden. Die bereits berufstätigen Personen sind jedoch neben den Schülerinnen und Schülern, Studierenden und Auszubildenden die wesentliche für die Bewältigung des digitalen Wandels maßgebende Bevölkerungsgruppe, sodass entsprechende Indikatoren Teil der vorliegenden Bestandsaufnahme sind.

Im Folgenden wird anhand grundlegender Messgrößen zunächst der Bildungoutput anhand der Bevölkerungsanteile mit allgemeiner Hochschulreife sowie Fachhochschulreife und mit Studienabschluss im Ländervergleich untersucht.

Im Jahr 2019 haben 40% der 18- bis 21-Jährigen in Deutschland ihre Schullaufbahn mit der allgemeinen Hochschulreife, rund 10% mit Fachhochschulreife abgeschlossen. In Bezug auf den Absolventenanteil mit allgemeiner Hochschulreife lagen die Stadtstaaten Berlin (49%) und Hamburg (55%) an der Spitze, aber auch NRW und Baden-Württemberg mit gut 45% bzw. 43% über dem Bundesdurchschnitt. Bayern bildete dagegen mit nur 32% gemeinsam mit Sachsen-Anhalt das bundesweite Schlusslicht. Angesichts der Wirtschaftsstärke Bayerns zeigt sich anhand dieses Indikators sehr anschaulich, dass, wie oben erläutert, keine einfachen Rückschlüsse von Basisgrößen des Bildungsausgaben (oder des -inputs) auf die Leistungsfähigkeit regionaler Innovationssysteme möglich sind.

Bildungseinrichtungen konzentrieren sich in Großstädten, sodass im ländlich geprägten Bayern bestimmte Indikatoren des Bildungsinputs und -outputs teilweise einen vergleichsweise geringen Entwicklungsstand aufzeigen, wenn das Abitur als Maßstab angelegt wird. Bereits der Anteil der entsprechenden Alterskohorten (18-21 Jahre) mit Fachhochschulreife zeichnet ein verändertes Bild. Mit rund 14% (Bayern) bzw. knapp 14% (Baden-Württemberg) lagen die süddeutschen Bundesländer 2019 über dem Bundesdurchschnitt, NRW mit knapp 7% dagegen deutlich darunter (Abb. 2.1.7).

Abb. 2.1.7: Anteil der Studienberechtigten mit allgemeiner Hochschulreife oder Fachhochschulreife an der gleichaltrigen Bevölkerung, 2019, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020j).

Misst man den Bildungsausgaben an der Zahl der Hochschulabsolventinnen und -absolventen an der Bevölkerung, lag NRW 2019 mit 3,9 Absolventen je 1.000 Einwohner leicht über dem Bundesdurchschnitt (3,8) und dem von Bayern mit 3,8 (Abb. 2.1.8). Bremen lag gemeinsam mit den beiden anderen Stadtstaaten Berlin und Hamburg an der Spitze. Der hohe Anteil von Beschäftigten ohne Berufsabschluss dürfte für NRW die wirtschaftliche Entwicklung gehemmt haben (Abb. 2.1.9). Auch Baden-Württemberg verzeichnet einen vergleichsweise hohen Anteil ohne Schulabschluss. Im Zeitraum von 2012 bis 2020 ging ihr Anteil an den Beschäftigten dort allerdings – im Gegensatz zu NRW – zurück.

Abb. 2.1.8: Absolventinnen und Absolventen der Universitäten und Fachhochschulen je 1.000 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2010



Eigene Berechnung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020i und 2021b).

Abb. 2.1.9: Anteil der Beschäftigten am Wohnort ohne Berufsabschluss, 2020, in % und Veränderung gegenüber 2012, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2018, 2020).

Bedeutung der MINT-Bildung in NRW

Informationen über den Stellenwert der für die Bewältigung des digitalen Wandels bedeutenden MINT-Fächer sowie der Nutzung digitaler Medien gehen aus den Statistiken des Bundes und der Länder nur begrenzt hervor. Daher wird im Folgenden auf die Ergebnisse verschiedener Studien zugegriffen, insbesondere auf Daten des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB), das als wissenschaftliche Einrichtung der Bundesländer Bildungsstandards überprüft, sowie auf Daten aus einer Studie der Telekom-Stiftung zu digitalen Kompetenzen der Schülerinnen bzw. Schülern und Lehrkräfte.

Wie erläutert, lassen die vorgenommenen Analysen wichtiger Indikatoren zur Bildungsinfrastruktur sowie zum Bildungsinput und Bildungsoutput keine unmittelbaren Rückschlüsse darauf zu, inwieweit das Bildungssystem als Teil des Innovationssystems die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit oder die Adaptionsfähigkeit des Landes an die Herausforderungen der digitalen Transformation unterstützt bzw. fördert. Ebenso kann nicht eindeutig festgestellt werden, welche inhaltlichen Schwerpunktlegungen auf den verschiedenen Stufen des Bildungssystems wünschenswert sind, um den anstehenden Aufgaben im Zusammenhang mit der Digitalisierung in besonderem Maße gerecht zu werden. Wichtig ist jedoch eine Bestandsaufnahme darüber, welche Rolle MINT-Fächer und Digitalisierung im Bildungssystem spielen und welcher Fortschritt in dieser Hinsicht in NRW im Ländervergleich erzielt wurde.

Den Ergebnissen der Studien des IQB-Bildungstrends von 2018 (IQB 2019) und des IQB-Ländervergleichs von 2012 (IQB 2013) zufolge liegen die Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse aller Schulen in Mathematik in NRW unter dem entsprechenden Bundesdurchschnitt (siehe dazu im Abschnitt „Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinenlernen für Nordrhein-Westfalen“ die Abb. 5.3.1). Am IQB-Bildungstrend nahmen knapp 45 Tsd. Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe aus insgesamt 1.462 Schulen in allen Bundesländern teil. In Mathematik und den Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik) wurde jeweils ein gewisses Spektrum an Kompetenzen getestet. Die Testergebnisse wurden für jedes Fach zu einem Index zusammengefasst, der in Deutschland insgesamt für alle Schulformen den Mittelwert 500 erreicht. In Gymnasien wurde in Mathematik im Jahr 2018 bundesweit der Mittelwert 578 erreicht.

An der Spitze lagen den Ergebnissen von 2018 zufolge neben Baden-Württemberg und Bayern die neuen Bundesländer Sachsen und Thüringen. Gegenüber 2012 verzeichnete NRW allerdings wie die beiden süddeutschen Bundesländer – im Gegensatz zu allen anderen Bundesländern – eine moderate Verbesserung der gemessenen Kompetenzen.

Leicht unterdurchschnittliche Kompetenzen in Mathematik bescheinigt auch die Beschränkung der Betrachtung auf die Mittelwerte der Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse der Gymnasien (Abb. 2.1.10). Die Ergebnisse gegenüber dem Jahr 2012 wiesen hier nur in Bayern, Hamburg und Sachsen eine Verbesserung auf. Ähnliche Befunde ergeben sich auch, wenn man alle Schulformen betrachtet (vgl. Abb. 5.3.1 in Kapitel 5).

Abb. 2.1.10: Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe der Gymnasien in Mathematik, 2018 und Veränderung gegenüber 2012



Eigene Darstellung nach Angaben von IQB (2013 und 2019).

Leicht unterdurchschnittlich schnitten die Schülerinnen und Schüler in NRW auch in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik ab. Allerdings liegt NRW immerhin direkt hinter den mit Abstand führenden Ländern Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen und ist neben Bayern das einzige Bundesland, in dem sich die gemessenen Werte seit 2012 verbessert haben (Abb. 2.1.11). Die Gymnasien verzeichnen in NRW wiederum unterdurchschnittliche Werte und zeigen keine Verbesserung gegenüber 2012.

Abb. 2.1.11: Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe aller Schulen in Naturwissenschaften, 2018 und Veränderung gegenüber 2012



Eigene Darstellung nach Angaben von IQB (2013 und 2019).

Die organisatorischen Bedingungen für die Teilnahme an Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer unterscheiden sich zwischen den Bundesländern. Die Vergleichbarkeit entsprechender Teilnahmequoten ist deshalb sicher eingeschränkt. Lässt man diese länderspezifischen Voraussetzungen außer Acht, zeigt sich, dass die Voraussetzungen für den Besuch von Fortbildungsveranstaltungen für Lehrkräfte in NRW offenbar besonders ungünstig sind und diesbezüglich gegenüber 2012 keine Verbesserung eingetreten ist (Abb. 2.1.12).

Auch die Schwerpunkte der beruflichen Ausbildung liegen – sicher im Einklang mit entsprechenden Tätigkeitsschwerpunkten der Unternehmen – in NRW im Ländervergleich in unterdurchschnittlichem Maße auf MINT-Berufen (Abb. 2.1.13). An der Spitze liegen auch in dieser Hinsicht die süddeutschen sowie mehrere neue Bundesländer (vor allem Thüringen als „Spitzenreiter“, Sachsen und Sachsen-Anhalt). Zwar hat der Anteil an den Ausbildungsabsolventinnen und -absolventen in MINT-Fächern gegenüber 2010 in NRW wie in allen Ländern zugenommen, mit +3,1 Prozentpunkten liegt die Zunahme allerdings unter dem Wert auf Bundesebene (+3,9 Prozentpunkte).

In der Hochschulausbildung zeigen sich anhand der Absolventenzahlen der Universitäten und Fachhochschulen die stärksten Schwerpunktlegungen auf MINT-Fächer in Bayern und Baden-Württemberg. NRW liegt hier mit einem Anteil von etwa 35% nahe am Bundesdurchschnitt (Abb. 2.1.14).

Abb. 2.1.12: Teilnahmequoten besuchter Fortbildungsveranstaltungen von Lehrkräften in Mathematik und Naturwissenschaften, 2016/17 und 2017/18, in % und Veränderung gegenüber 2010/11 und 2011/12, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben von IQB (2013 und 2019).

Abb. 2.1.13: Anteil der Absolventinnen und Absolventen in MINT-Ausbildungsberufen an allen Absolventen, 2019, in % und Veränderung 2010 bis 2019, in %-Punkten



Eigene Berechnungen nach Angaben des BIBB (2021).

Mit einem Anteil von 35% des Personals in MINT-Fächern am gesamten wissenschaftlichen Hochschulpersonal liegt NRW leicht über dem Bundesdurchschnitt von 34% und vor den süddeutschen Bundesländern (Abb. 2.1.15).

Abb. 2.1.14: Anteil der Absolventinnen und Absolventen in MINT-Fächern an allen Absolventinnen und Absolventen (Bestandene Prüfungen von Bachelorabsolventinnen und -absolventen), 2018, in % und Veränderung gegenüber 2012, in %-Punkten



Eigene Berechnungen nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020d).

Abb. 2.1.15: Anteil des wissenschaftlichen Personals in MINT-Fächern am gesamten Hochschulpersonal, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten



Eigene Berechnungen nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2011 und 2020k).

Untersucht man die „Nachwuchsbildung“ in den Ingenieurwissenschaften, indem man die Absolventinnen und Absolventen auf die Zahl der Beschäftigten bezieht, zeigt sich in NRW in diesem Bereich ein starkes Engagement. Je 100 sozialversi-

cherungspflichtig Beschäftigten in Ingenieursberufen beendeten im Jahr 2018 in NRW 8,4 Absolventinnen und Absolventen erfolgreich ihr Studium, im Bundesdurchschnitt waren es 7,2 (Abb. 2.1.16).

Abb. 2.1.16: Absolventinnen und Absolventen in Ingenieurwissenschaften je 100 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Ingenieursberufen, 2018, in %



Eigene Berechnungen nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2019) und des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020f).

Die Bilanz des Bildungsoutputs in MINT-Fächern innerhalb des NRW-Bildungssystems fällt im Ländervergleich insgesamt gemischt aus. Kompetenzmessungen in den 9. Klassen bescheinigen den NRW-Schülerinnen und -Schülern leicht unterdurchschnittliche Ergebnisse, zum Teil aber Verbesserungen gegenüber 2012 (in naturwissenschaftlichen Fächern). Nachholbedarf besteht in Bezug auf Fortbildungsmaßnahmen der Lehrerinnen und Lehrer, wobei diesen Anstrengungen angesichts des Lehrermangels und der oftmals schon (zu) großen Klassenstärken Grenzen gesetzt sein dürften.

Sollten grundsätzliche Voraussetzungen wie die Vermeidung von Unterrichtsausfällen und angemessene Klassenstärken gewährleistet sein, stellen die Unterstützung der Lehrerinnen und Lehrer bei der Fortbildung und bei der Aktualisierung ihres Fachwissens wichtige Voraussetzungen dar, um innerhalb des Bildungssystems zur Anpassung von NRW an die digitale Transformation beizutragen.

Auf der Ebene der Hochschulausbildung liegt NRW in Bezug auf die MINT-Schwerpunktleitung, gemessen an den Absolventenzahlen sowie an den Anteilen des wissenschaftlichen Personals, im Bundestrend bzw. weist hinsichtlich der Absolventenanteile in den Ingenieurwissenschaften sogar eine leicht überdurchschnittliche Schwerpunktbildung auf. Im Vergleich zu den sehr wirtschaftsstarke süddeutschen Bundesländern, die die wichtigste Referenzgruppe darstellen, lässt NRW somit hinsichtlich der MINT-Ausbildung Nachholbedarfe in der schulischen und beruflichen Ausbildung erkennen, wo-

hingegen auf der Hochschulebene bereits eine mit den süddeutschen Bundesländern vergleichbare bzw. diese teilweise sogar übertreffende MINT-Schwerpunktleitung (etwa in den Ingenieurwissenschaften) vorliegt.

Digitale Transformation des Bildungssystems

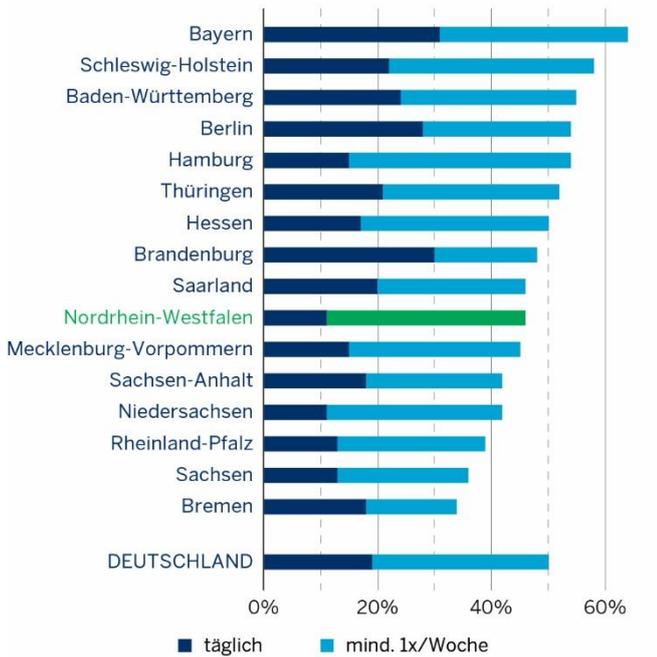
Eine Bestandserhebung zu den digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte und der Schülerinnen und Schüler im Bundesländervergleich liegt in Form einer Repräsentativbefragung vor, die in den Jahren 2015 bis 2017 im Auftrag der Telekom-Stiftung durchgeführt wurde (Deutsche Telekom Stiftung 2017). Im Jahr 2017 wurden zu diesem Zweck bundesweit 1.218 Lehrkräfte der Sekundarstufe I an allgemeinbildenden Schulen zu folgenden Themenschwerpunkten befragt:

- IT-Ausstattung und Konzepte der Schulen,
- Nutzung digitaler Medien im Unterricht,
- Förderung der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler,
- Kompetenzen der Lehrkräfte im Umgang mit digitalen Medien im Unterricht,
- Anwendung digitaler Medien mit besonderem Fokus auf MINT.

Zu den im Ländervergleich relevanten grundlegenden Fragen gehört, ob und wie häufig digitale Medien im Unterricht genutzt werden. Die Befragung zeigt für 2017 deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern auf. Im Bundesdurchschnitt nutzten 31% der befragten Lehrkräfte nach eigener Aussage mindestens einmal pro Woche digitale Medien, 19% nutzten sie sogar täglich (Abb. 2.1.17). Hinsichtlich der nach eigener Angabe „wöchentlichen“ Nutzung digitaler Medien lag NRW mit 35% der befragten Lehrkräfte leicht über dem Bundesdurchschnitt, Baden-Württemberg und Bayern lagen mit 31% und 33% ebenfalls nahe beim Bundesdurchschnitt. In Hamburg war der Anteil der wöchentlichen Nutzer mit 39% am höchsten, der Anteil der „täglich“ Nutzer lag hier allerdings mit 15% unter dem Bundesdurchschnitt.

Die nach eigener Aussage „tägliche“ Nutzung war in Bayern am häufigsten anzutreffen. Für 31% der befragten Lehrkräfte gehörte dort 2017 die Nutzung digitaler Medien zum Alltag. An zweiter Stelle im Länderranking lag in dieser Hinsicht Brandenburg (30%). Baden-Württemberg lag mit 24% auch über dem Bundesdurchschnitt, NRW mit 15% aber weit darunter.

Abb. 2.1.17: Nutzung digitaler Medien in Schulen: Nutzungshäufigkeit digitaler Medien im Unterricht, 2017, in %



Eigene Darstellung nach Angaben der Deutschen Telekom Stiftung (2017).

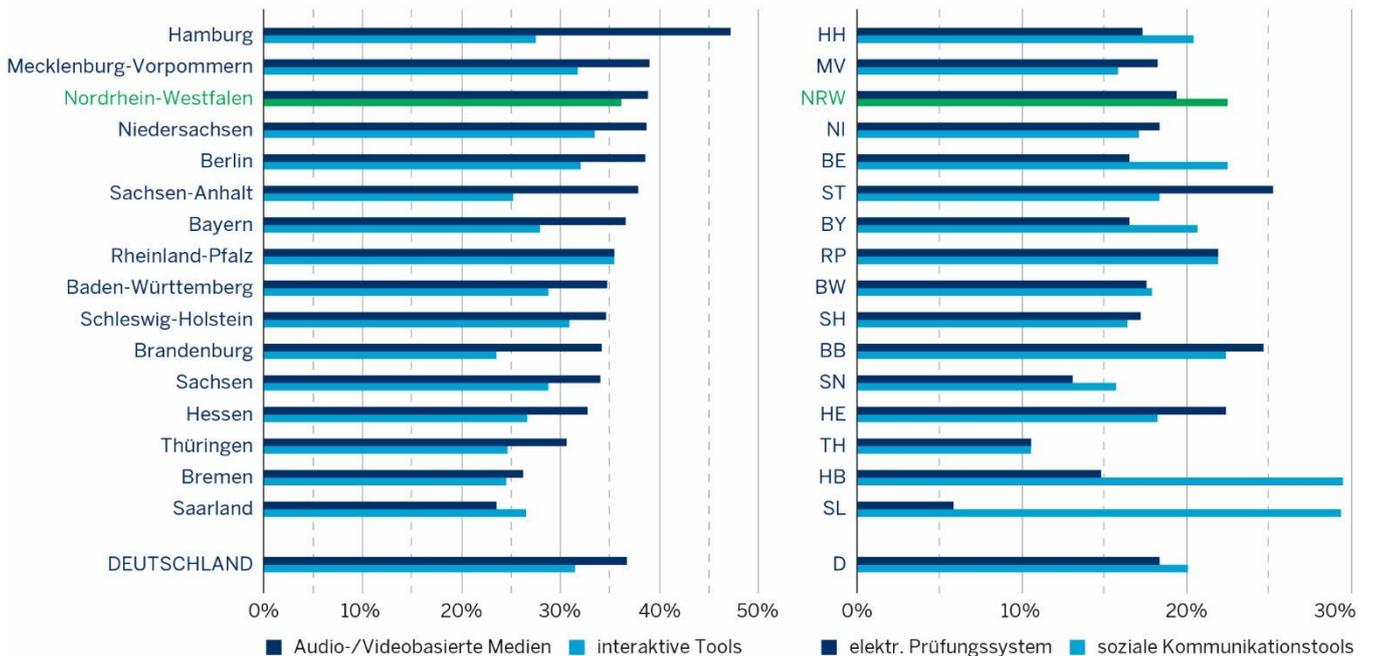
Ausgewählte Schülerkompetenzen sowie der Zugang von Lehrkräften zu digitalen Medien werden in der Studie mit Hilfe eines Stufensystems bewertet. Die Auswertung wurde dabei exemplarisch auf die Stufen 3 (Anteile der Lehrpersonen, die

angeben, dass sie mit den Schülerinnen und Schülern üben, wie man im Internet navigiert, z.B. unter Anwendung einer Suchmaschine) und 5 (Anteile der Lehrpersonen, die angeben, dass sie sich von den Schülerinnen und Schülern zeigen lassen, dass sie die Glaubwürdigkeit und Nützlichkeit ermittelter Informationen richtig einschätzen können) ausgerichtet.

In NRW wurde nach Angabe der befragten Lehrkräfte die Navigation im Internet eher selten im Unterricht eingeübt (Stufe 3), während NRW aber in Bezug auf das gemeinsame Hinterfragen von Inhalten aus dem Internet innerhalb des Unterrichts im Mittelfeld der Bundesländer lag. Der Zugang zu digitalen Medien zur Nutzung im Unterricht war nach Aussage des Lehrpersonals in NRW sogar relativ gut.

Der 2019 durchgeführten Hochschulbefragung zufolge werden die klassischen digitalen Medien und Kommunikationstools wie digitale Präsentationen, Emails oder fachspezifische Datenbanken in der Hochschulausbildung in allen Bundesländern breit genutzt. Digitale Tools jenseits der klassischen digitalen Medien (z.B. soziale Kommunikationstools) werden in NRW im Ländervergleich sogar überdurchschnittlich häufig genutzt (Abb. 2.1.18).

Abb. 2.1.18: Nutzung digitaler Medien an Hochschulen, 2019, in %



N = 4.12

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

2.2 Forschung und Entwicklung

Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) gehören zu den zentralen Determinanten für die internationale Wettbewerbsfähigkeit, die Produktivitätssteigerungen und das langfristige Wirtschaftswachstum. Durch FuE entsteht neues, vor allem technisches Wissen, das in die Entwicklung von neuen Produkten und Verfahren einfließt. Der Zusammenhang zwischen FuE-Aktivitäten und Wirtschaftswachstum ist in zahlreichen empirischen Arbeiten auf der Ebene von Ländern, Regionen, Sektoren und Unternehmen sowie über unterschiedlich lange Zeiträume untersucht worden (vgl. hierzu Abschnitt 2.7). Dabei zeigen sich auf allen Ebenen positive Wachstumseffekte durch FuE.

Bei Forschung und Entwicklung handelt es sich um Anstrengungen mit dem Ziel, vorhandenes Wissen zu erweitern und neue allgemeingültige Erkenntnisse zu gewinnen, neue Anwendungsmöglichkeiten zu finden oder neue Produkte, Dienstleistungen oder Verfahren auf experimentelle Weise zu entwickeln. Durchgeführt wird FuE sowohl in staatlichen Einrichtungen wie Hochschulen und Forschungsinstituten, als auch in Unternehmen und anderen Institutionen des Wirtschaftssektors. Allerdings kann FuE auch scheitern und ist somit nicht zwangsläufig mit der Entstehung einer Innovation gleichzusetzen. Zudem betreibt etwa die Hälfte aller Unternehmen, die neue Produkte auf den Markt bringen, keine FuE (Gehrke et al. 2020).

Durch FuE entsteht nicht nur Wissen in den durchführenden Organisationen selbst. Unternehmen, die eigene FuE betreiben, fällt es auch leichter, Wissen aus externen Organisationen zu bewerten, sich anzueignen und zu nutzen. Durch diesen Wissenstransfer erhöhen sich auch die Innovationspotentiale weiterer Wirtschaftsakteure und somit die ökonomischen Wachstumsimpulse (Peters et al. 2009).

Folgende Untersuchungsfragen werden in Hinblick auf die FuE-Aktivitäten untersucht:¹

- Welche Position hat NRW im Bundesländervergleich in Hinblick auf zentrale Indikatoren der FuE-Aktivitäten der Wirtschaft sowie der Hochschulen und Forschungseinrichtungen (des Staates)?
- Wie sieht der Wissenstransfer aus der Forschung insbesondere zwischen Unternehmen und Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen in NRW im Bundesländervergleich aus?
- Welche Schwerpunkte besitzt NRW in Hinblick auf Forschungs- und Technologiefelder im Bundesländervergleich?
- Welche Bedeutung haben FuE-Investitionen deutscher und nordrhein-westfälischer Unternehmen im Ausland für die wirtschaftliche Entwicklung im Inland?

Die hier aufgeworfenen Fragen werden im Anschluss diskutiert, um zu einem Gesamtbild der aktuellen FuE-Aktivitäten in NRW und der Entwicklung in den vergangenen Jahren zu gelangen. Die zentrale Datenbasis zu FuE-Aktivitäten des Wirtschaftssektors in Deutschland erhebt der Stifterverband seit Mitte der 1970er-Jahre im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Die Erhebung ist Teil der offiziellen EU-Gemeinschaftsstatistiken und fließt in nationale wie internationale Berichtssysteme ein.

Die FuE-Daten werden jährlich erhoben, wobei in den ungeraden Jahren eine Vollerhebung aller forschenden Unternehmen und Institute für Gemeinschaftsforschung (IfG) in Deutschland und in den geraden Jahren eine Stichprobenerhebung durchgeführt wird. Kernindikatoren sind die internen und externen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft nach Mittelverwendung und Finanzierungsquelle, das FuE-Personal nach Art der ausgeübten Tätigkeit und Geschlecht, die regionale Verteilung der Forschungsstätten, die Innovationstätigkeit der Wirtschaft sowie betriebswirtschaftliche Kennzahlen. Weiterhin werden Fragen aus der im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten deutschlandweiten Befragung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen ausgewertet.

Daten zur Forschungs- und Entwicklungstätigkeit weisen eine starke Korrelation zum späteren Innovationserfolg der Unternehmen auf. Sie sind jedoch nicht zwingend die Basis für die Entstehung neuer Produkte, Prozesse oder Problemlösungen. So ist es wenig sinnvoll, in FuE zu investieren, wenn die damit bewirkte Ertragsteigerung nicht ausreicht, um die Kosten für die FuE-Aufwendungen zu decken. Auch in vielen Dienstleistungsbranchen ist ein formaler FuE-Prozess kaum feststellbar. Hier könnten durch alternative Indikatoren Anhaltspunkte für wissensgenerierende Tätigkeiten ermittelt werden.

Eine Möglichkeit besteht etwa darin, eine Analyse der beruflichen Tätigkeiten mit Hilfe der Klassifikation der Berufe der Bundesagentur für Arbeit vorzunehmen. Alle ausgeübten Berufe sind nach Fachlichkeit und Anforderungsniveau gruppiert. Dies erlaubt eine Einschätzung der erforderlichen Fachkompetenzen und der Komplexität der Tätigkeiten. Auf dieser Grundlage ließe sich auch eine Liste mit FuE-affinen Berufen erstellen, die in Deutschland flächendeckend für analytische Zwecke Verwendung finden kann.

¹ Zwei weitere in diesem Kontext relevante Fragestellungen werden in anderen Abschnitten thematisiert. Das betrifft die Frage nach der Erfassung von Innovationen, die nicht direkt Ergebnisse von FuE-Anstrengungen sind (Abschnitt 2.5 Innovationen), und die

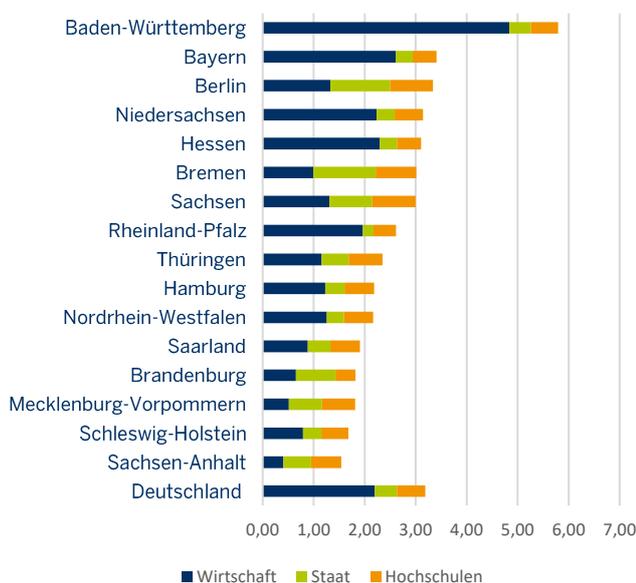
Frage, wie produktiv Investitionen in FuE bezogen auf Wertschöpfung oder andere wirtschaftlich relevante Größen sind (Abschnitt 2.7).

FuE im Verhältnis zum BIP

Der Anteil der FuE-Aufwendungen am Bruttoinlandsprodukt (FuE-Intensität) ist ein zentraler Indikator für die Bedeutung technologieintensiver Wertschöpfung und für künftige Wachstumspotentiale. Dabei werden sowohl die Aufwendungen der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen herangezogen als auch diejenigen der Wirtschaft. In Deutschland wie auch in anderen entwickelten Volkswirtschaften trägt der Staat knapp ein Drittel zu den FuE-Aufwendungen bei, die Wirtschaft gut zwei Drittel.

Deutschland wie Europa hatten sich das politische Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2010 3% des Bruttoinlandsproduktes für FuE aufzuwenden. Im Jahr 2019 wurde dieses Ziel in Deutschland mit einer FuE-Intensität von 3,19% erneut deutlich übererfüllt. Nordrhein-Westfalen liegt mit einer FuE-Intensität von 2,16% deutlich unter dieser Marke und bildet damit zugleich das Schlusslicht eines recht breiten Mittelfeldes der Bundesländer (Abb. 2.2.1). NRW hat damit die Vorgabe der Wachstumsstrategie Europa 2020 verfehlt. Im Hochschulsektor ist der FuE-Anteil Nordrhein-Westfalens mit rund 0,6% überdurchschnittlich, während der Anteil innerhalb des Wirtschaftssektors des Landes mit 1,3% unterdurchschnittlich ausfällt. Die geringe FuE-Intensität geht also von der Wirtschaft aus, im Vergleich zu 2009 erhöhte sie sich nur gering. Damit ist zugleich das aktuell von der Bundesregierung für Deutschland formulierte Ziel, bis zum Jahr 2025 3,5% des BIP für FuE aufzuwenden, für das Land NRW keine realistische Zielmarke.

Abb. 2.2.1: Anteil der FuE-Aufwendungen am BIP nach Sektoren, 2019, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik und des Statistischen Bundesamtes.

Führend hinsichtlich der FuE-Intensität einzelner Bundesländer ist im Jahr 2019 Baden-Württemberg mit einem Wert von 5,79%, gefolgt von Bayern mit 3,41%, dicht gefolgt von Berlin. Während jedoch die hohe FuE-Intensität Baden-Württem-

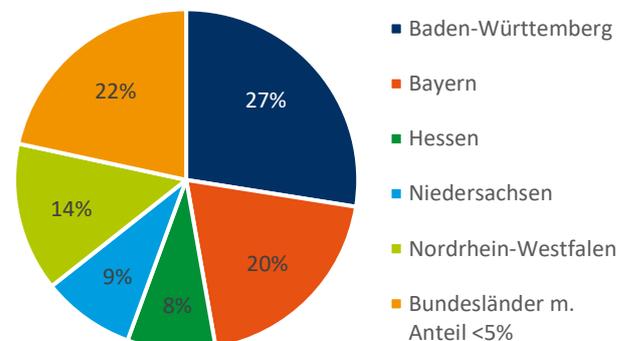
bergs und Bayerns primär auf die starke FuE-Aktivität der Wirtschaft zurückzuführen ist, basiert sie in Berlin vor allem auf einem besonders leistungsstarken staatlichen Forschungssektor. Die Schlusslichter in puncto FuE-Intensität bilden Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt.

Gegenüber 2009 konnte NRW im Vergleich zu den anderen Ländern nicht aufholen. Zwar hat sich die FuE-Intensität in NRW um 0,23 Prozentpunkte erhöht, diejenige Gesamtdeutschlands jedoch um gut 0,44 Prozentpunkte. Den deutlichsten Anstieg zwischen 2009 und 2019 verzeichnet Baden-Württemberg. Hier hat sich die Kenngröße um 1,2 Prozentpunkte von 4,6% auf 5,79% verbessert. In keinem anderen Bundesland ist die FuE-Intensität höher und auch europaweit zählt Baden-Württemberg damit zu den Spitzenregionen hinsichtlich der FuE-Intensität.

Interne FuE-Aufwendungen der Wirtschaft nach Bundesländern und Kernbranchen, Forschungsintensitäten und Größenklassen

Die FuE-Aktivitäten der Wirtschaft in Deutschland verteilen sich regional unterschiedlich mit einem klaren Schwerpunkt im Süden Deutschlands. Der Anteil Nordrhein-Westfalens an den FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Gesamtdeutschland liegt im Jahr 2019 bei 14,1% und damit auf gleichem Niveau wie zehn Jahre zuvor (Abb. 2.2.2). Gleichwohl unterliegt dieser Anteil immer wieder leichten Schwankungen und ist nicht stabil.

Abb. 2.2.2: Struktur der FuE-Aufwendungen der Wirtschaft nach Bundesländern 2019, in %



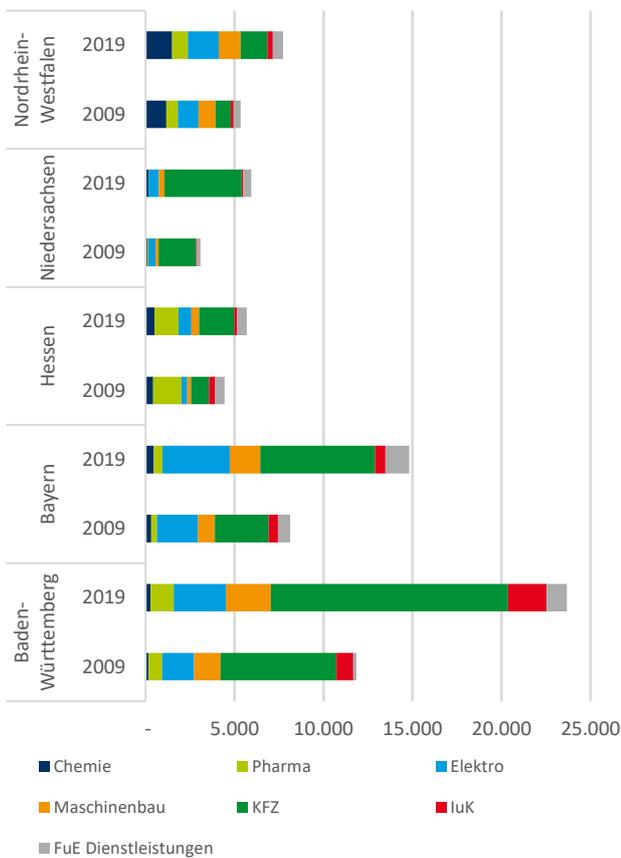
Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Der Schwerpunkt der FuE-Tätigkeit liegt seit Längerem in Baden-Württemberg. Hier wurden 2019 gut 30 Milliarden € für FuE in Wirtschaft und Wissenschaft aufgebracht und damit doppelt so viel wie in NRW. 28% aller FuE-Aufwendungen Deutschlands konzentrieren sich in Baden-Württemberg. Auf NRW entfallen 14%.

Absolut haben Unternehmen in NRW im Jahr 2019 9,04 Milliarden € für interne FuE aufgewendet. Nur in Bayern und Baden-Württemberg wurde dieser Wert überschritten, dafür aber sehr deutlich. Interne FuE-Aufwendungen sind Ausgaben für Forschung und experimentelle Entwicklung, die innerhalb des Unternehmens mit eigenem Forschungspersonal für eigene Zwecke oder im Auftrag Dritter durchgeführt werden.

Von 2009 bis 2019 sind die internen FuE-Aufwendungen in NRW um 41% gestiegen – ein im Vergleich zu Gesamtdeutschland (67%) unterdurchschnittlicher Wert. Stärkster Treiber für das Wachstum waren unter den Branchen insbesondere die Elektroindustrie und die Automobilindustrie. Diese sind für das Innovationssystem des Bundeslandes prägend. Von den insgesamt 9,04 Milliarden € interner FuE-Aufwendungen entfallen 1,7 Milliarden € auf die Elektroindustrie sowie jeweils etwa 1,5 Milliarden € auf die Automobilindustrie und die Chemische Industrie. Insgesamt zeigt NRW ein recht ausgeglichenes Muster der FuE-treibenden Industriebranchen, ohne eine klar dominierende Branche (Abb. 2.2.3). Dies ist in Hinblick auf eine möglichst zu vermeidende starke Krisenanfälligkeit positiv zu werten.

Abb. 2.2.3: Struktur der internen FuE-Aufwendungen nach Kernbranchen, 2009 und 2019, in Mill. €



IuK = Information und Kommunikation

Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

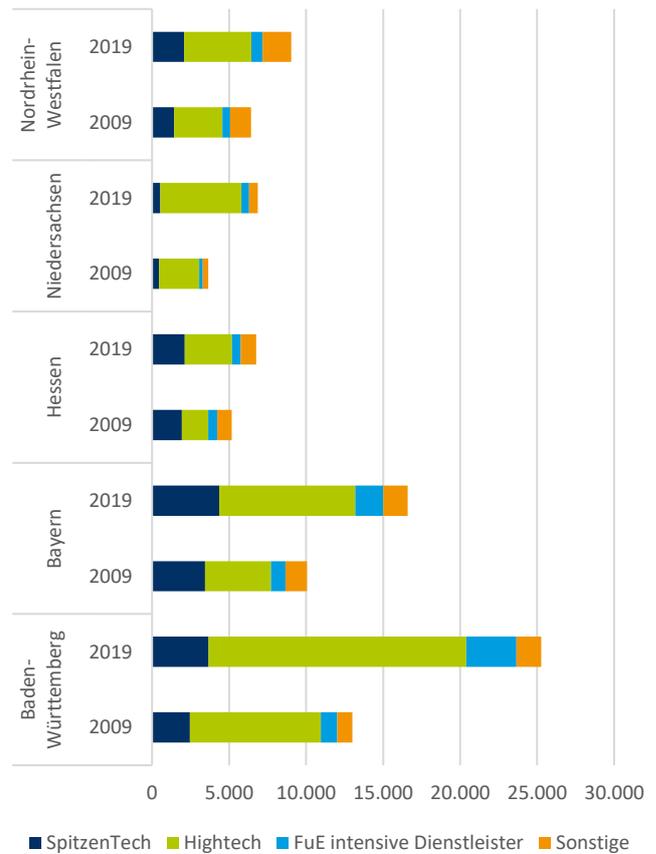
Für die Realisierung von Innovationen werden in den einzelnen Branchen unterschiedlich hohe Anteile des Umsatzes für FuE eingesetzt. Denn um neues Wissen für neue Produkte und Anwendungen zu erlangen, bedarf es aufgrund differierender technologischer Komplexität oder unterschiedlichen Bedarfen der technischen Ausstattung und Infrastruktur auch unterschiedlich hoher Investitionen in Personal- und Sachmittel. Werden mehr als 9% des Umsatzes für FuE eingesetzt, würden diese Branchen der Spitzentechnologie zugerechnet. Zwischen 3% und 9% gelten die Branchen als höherwertige

Technik. Alle Branchen unter der Marke von 3% sind nicht-technologieintensiv.

Im Zeitverlauf verändern sich innerhalb der Branchen die Umsatzanteile, die in FuE fließen. So hat die Automobilindustrie in den letzten Jahren stetig die FuE-Umsatzintensität erhöht, während sie sich in denen der Spitzentechnologie zuzurechnenden Branchen des Luft- und Raumfahrzeugbaus und Teilen der Elektroindustrie reduzierte.

In NRW werden 18,8% der internen FuE-Aufwendungen in spitzentechnologische Industrieforschung investiert (Abb. 2.2.4), Tendenz steigend. In Baden-Württemberg sind es dagegen nur 13,4%, während Bayern mit einem Anteil von 23,4% als eines der Zentren spitzentechnologischer Forschung in Deutschland zu bezeichnen ist. Die FuE-Aktivitäten in der deutschen Spitzentechnologie sind in einzelnen Branchen unterdurchschnittlich gewachsen oder gar zurückgegangen. Am aktuellen Rand zeigt sich diese Wachstumsschwäche jedoch nicht mehr. In NRW haben sich von 2009 bis 2019 die internen FuE-Aufwendungen in Branchen der Spitzentechnologie um 45% erhöht. Zum Vergleich: In Bayern sind sie im gleichen Zeitraum um knapp 27%, in Baden-Württemberg um knapp 49% gestiegen.

Abb. 2.2.4: Struktur der internen FuE-Aufwendungen nach Forschungsintensitäten, 2009 und 2019, in Mill. €



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

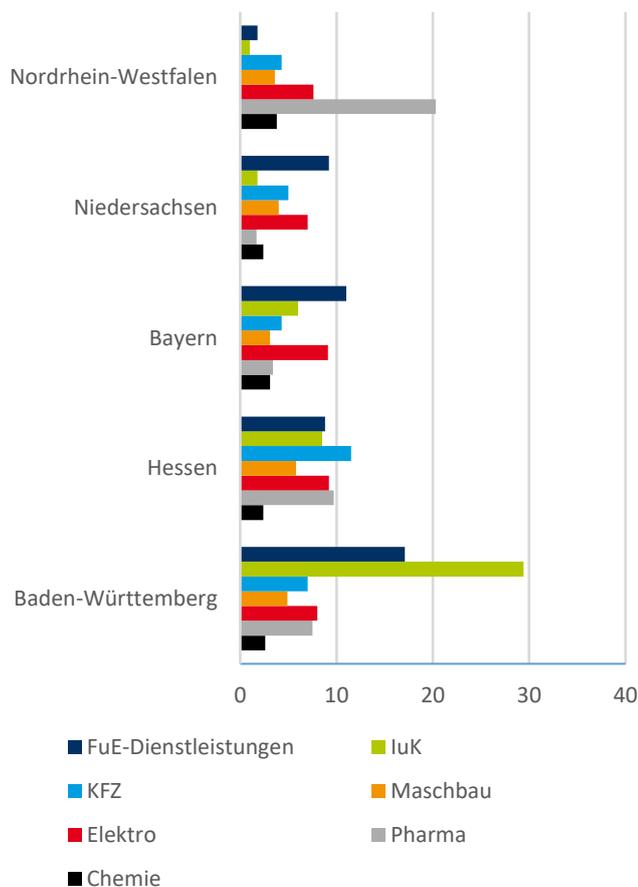
Für NRW besonders relevante Branchen der Spitzentechnologie sind Teile der Elektroindustrie sowie die Pharmazeutische Industrie. Insgesamt waren im Jahr 2019 knapp

11.400 Personen (Vollzeitäquivalente) mit FuE-Tätigkeiten innerhalb der Spitzentechnologie betraut. Dies entspricht fast 18% des gesamten FuE-Personals in NRW.

Die Hälfte der internen FuE-Aufwendungen fließt in NRW in Branchen der höherwertigen Technik. Dazu zählen vor allem die Automobilindustrie, der Maschinenbau und die Chemische Industrie. In den stark von der Automobilindustrie geprägten Ländern wie Niedersachsen und Baden-Württemberg liegen diese Anteile deutlich höher. Die geringere Dominanz der Automobilindustrie in NRW führt auch dazu, dass das Land weniger stark von der in dieser Branche beobachteten Ausweitung der FuE-Investitionen profitieren konnte. Auffällig in NRW ist die geringe FuE-Tätigkeit technologieintensiver Dienstleistungsunternehmen. Nur 8% aller internen FuE-Aufwendungen werden in dieser Unternehmensgruppe getätigt. Dies ist gerade vor dem Hintergrund des hohen urbanen Verdichtungsgrades in Kombination mit der Präsenz industrieller Großkonzerne eine überraschend geringe Ausprägung.

In NRW investieren im Vergleich zu anderen Bundesländern insbesondere die Chemische Industrie, vor allem aber die Pharmazeutische Industrie besonders hohe Umsatzanteile in FuE. Hier liegt die FuE-Umsatzintensität sogar deutlich über denjenigen von Baden-Württemberg und Bayern (Abb. 2.2.5).

Abb. 2.2.5: Anteil der internen FuE-Aufwendungen am Umsatz der Unternehmen, 2019, in %

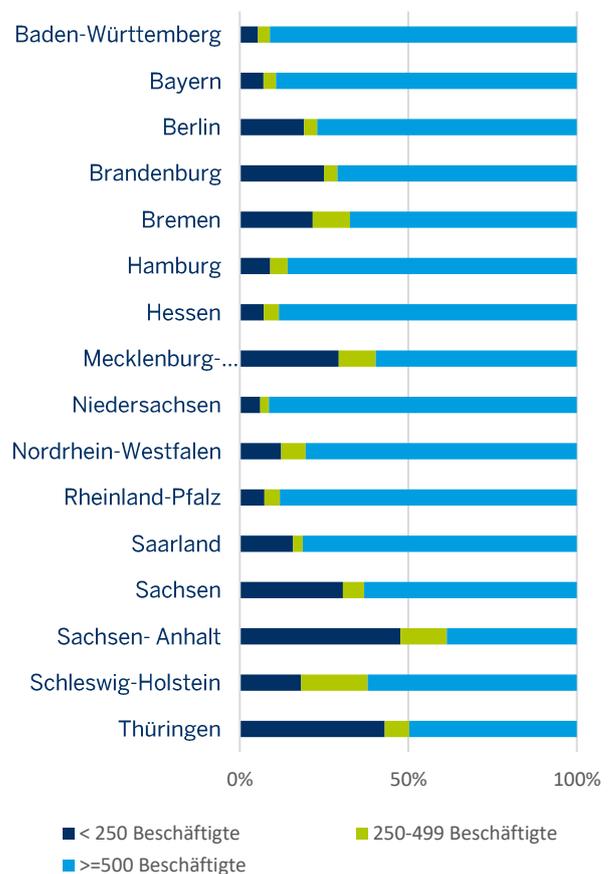


IuK = Information und Kommunikation

Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Dass FuE stark von Großunternehmen geprägt und bestimmt wird, ist nicht ungewöhnlich, speziell in Deutschland. Mit Ausnahme von Japan ist der Anteil von Großunternehmen an der Durchführung von FuE-Aktivitäten nirgends höher als hierzulande. Nur knapp jeder zehnte Euro ist einem kleinen oder mittleren Unternehmen zuzurechnen. Dies ist auch in NRW nicht anders und in Ländern wie Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen sogar noch deutlicher ausgeprägt (Abb. 2.2.6). Sowohl für das Volumen als auch für das Wachstum der FuE-Aufwendungen spielen Großunternehmen die dominierende Rolle. Mit zunehmender Unternehmensgröße steigt auch der Anteil FuE-treibender Unternehmen. Kleinunternehmen ziehen sich dagegen tendenziell immer stärker aus dem FuE-Geschehen zurück. Wenn sie FuE-aktiv sind, dann investieren sie jedoch häufig deutlich größere Anteile ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung.

Abb. 2.2.6: Anteile der Größenklassen an den internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft, 2019, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

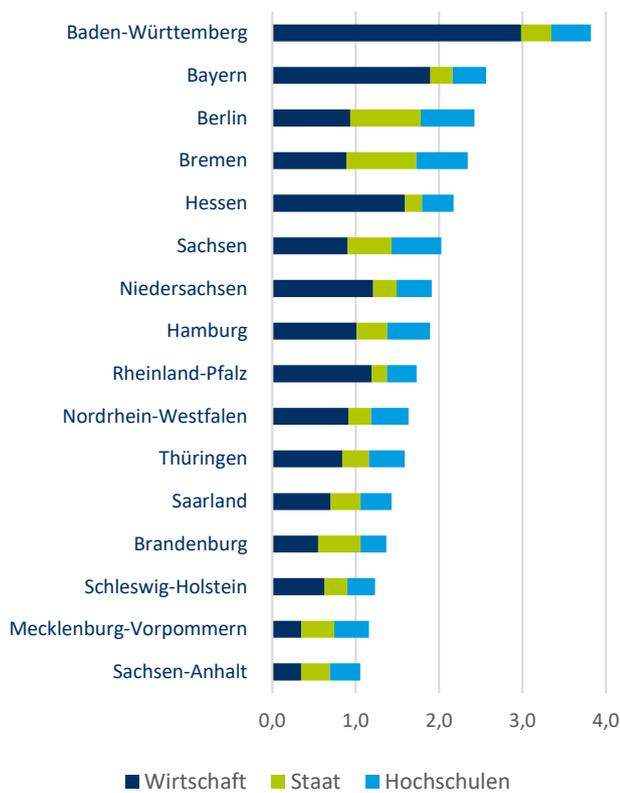
FuE-Personal nach Bundesländern

Neben den Aufwendungen, also den finanziellen Mitteln, die für FuE eingesetzt werden, ist die zweite zentrale Ressource das FuE-Personal. Im Jahr 2019 waren in Deutschland 735.584 Personen, gerechnet in Vollzeitäquivalenten, FuE-Tätigkeiten zuzurechnen. 64,7% waren im Wirtschaftssektor, 20% in Hochschulen und 15,3% in außeruniversitären staatli-

chen Einrichtungen tätig. In NRW finden sich 15,5% des bundesdeutschen FuE-Personals, fast 114.000 Personen, wovon knapp 64.000 im Wirtschaftssektor tätig sind.

Bundesweit sind 2,2% aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im FuE-Bereich beschäftigt, in NRW sind es gut 1,6%, in Baden-Württemberg 3,8% und in Bayern und Berlin etwa 2,5%. FuE-Tätigkeiten sind damit in NRW unterrepräsentiert. Dieses Bild bleibt auch dann stabil, wenn die Sektoren getrennt voneinander betrachtet werden: Dem Wirtschaftssektor sind bundesweit 1,4% der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten FuE-Tätigkeiten zuzurechnen, in NRW sind dies nur 0,9%. Im Zeitverlauf hat sich in NRW zwar der Anteil des FuE-Personals an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten erhöht, im Vergleich zur Bundesebene war diese Entwicklung jedoch unterdurchschnittlich (Abb. 2.2.7).

Abb. 2.2.7: Anteil des FuE-Personals an allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten, 2019, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Umgerechnet in Vollzeitäquivalenten waren im Jahr 2019 in Deutschland 475.676 Personen im FuE-Bereich des Wirtschaftssektors tätig. Auf NRW entfielen davon 63.571 Vollzeitäquivalente und damit ein Anteil von knapp 13,4%. Zum FuE-Personal zählen primär Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler – sie machen in Deutschland wie auch in NRW etwa 60% der FuE-Beschäftigten aus – aber auch technisches Personal sowie in FuE-Projekten beschäftigte Verwaltungs- und Managementkräfte. Knapp 52.000 FuE-Beschäftigte des Wirtschaftssektors in NRW (81,4%) arbeiten im Verarbeitenden Gewerbe.

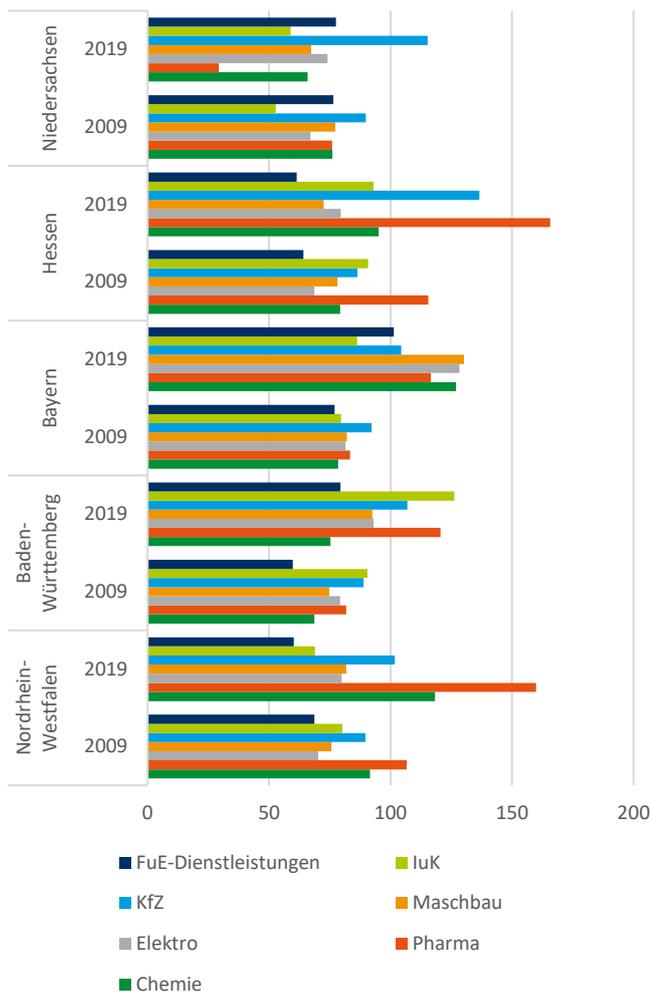
Das Branchenmuster ist naturgemäß demjenigen der internen FuE-Aufwendungen sehr ähnlich, weil rund 60% der internen FuE-Aufwendungen für Personalkosten verwendet werden. Stärkste Branche ist die Elektroindustrie mit den Wirtschaftszweigen 26 und 27. Hier waren im Jahr 2019 13.459 FuE-Beschäftigte tätig. Die Automobilindustrie folgt mit 10.664 FuE-Beschäftigten an zweiter, die Chemische Industrie mit 7.606 FuE-Beschäftigten an dritter Position. 58% des FuE-Personals ist in Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten tätig. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (70%) oder zu Baden-Württemberg (78%) ein eher geringer Wert. Gut 12% des FuE-Personals der Wirtschaft in NRW findet sich in Unternehmen mit weniger als 100 Beschäftigten – auf Bundesebene sind es knapp 11%.

Kleinen und mittleren Unternehmen kommt somit in NRW im Vergleich zum Bund und anderen FuE-starken Ländern eine größere Bedeutung zu. Zudem ist es gerade der Mittelstand, der in den letzten Jahren gegenüber den Großunternehmen seine FuE-Aktivitäten besonders ausgeweitet hat. Zwischen 2009 und 2019 wuchsen die internen FuE-Aufwendungen hier um 25%, auf Bundesebene um 17%, in Baden-Württemberg stiegen sie sogar um 55%.

Die Entwicklung der Personalausgaben pro Vollzeitäquivalent (VZÄ) kann ein Knappheits- oder Bedarfsindikator für FuE-Personal sein. Steigt die Arbeitsnachfrage bei unterproportional steigendem Arbeitsangebot, sollten sich die Personalkosten erhöhen, um in der langen Frist einen Zuwachs des Arbeitsangebots auf dem jeweiligen Arbeitsmarkt zu erreichen. Betrachtet man die Entwicklung der Personalausgaben pro VZÄ von 2009 auf 2019 in einzelnen Bundesländern, sieht man für NRW eine deutlich überproportional zunehmende Entwicklung der Personalausgaben pro VZÄ im Bereich der pharmazeutischen und chemischen Erzeugnisse. Im Bereich Kfz und IKT sind die Personalausgaben je VZÄ unterproportional gestiegen bzw. stark gesunken (Abb. 2.2.8).

Die Diversität des FuE-Personals ist seit jeher in Deutschland gering ausgeprägt. Mit einem Frauenanteil von 16% am wissenschaftlichen Personal ist NRW noch über dem Bundesdurchschnitt und deutlich über den Werten Baden-Württembergs und Bayerns positioniert (Abb. 2.2.9). Die fachliche Qualifikation ist ebenfalls einseitig ausgeprägt. 82% des wissenschaftlichen FuE-Personals in Deutschland verfügt über einen Studienabschluss in einem MINT-Fach. Vor dem Hintergrund, dass sich gerade hochgradig komplexe Innovationen mit hohem Neuheitsgrad und stärker disruptivem Potential durch die Kombination unterschiedlicher Wissensgebiete und durch die Beteiligung vielfältiger Partner im Rahmen von offenen Innovationsprozessen auszeichnen (Lorenzo et al. 2017), ist dieser hohe Wert überraschend.

Abb. 2.2.8: Personalaufwendungen je Vollzeitäquivalent, 2009 und 2019, in Tsd. €



IuK = Information und Kommunikation

Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

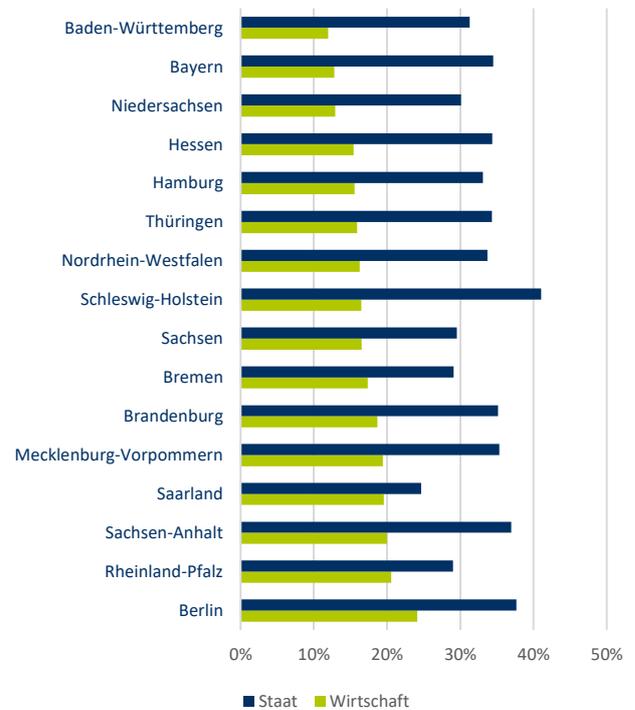
Wissenstransfer und Externe FuE aus Sicht der Unternehmen und der Wissenschaft

Die Generierung, Diffusion und Absorption von Wissen sind entscheidende Faktoren der Wissensgesellschaft. Gemeinsame Forschungsprojekte sind dabei ein wichtiger Transferkanal von Wissen, weil insbesondere bei Kooperationen Wissen ausgetauscht wird, das tendenziell weniger expliziter als vielmehr impliziter Natur und über andere Kanäle nur schwer zu transferieren ist. Der Austausch von implizitem Wissen im Rahmen gemeinsamer Projekte hat besondere Relevanz, da dieses Wissen von zentraler Bedeutung für das Hervorbringen von Innovationen ist.

Aus Sicht der Unternehmen ist neben den unternehmensinternen FuE-Aktivitäten die Auslagerung von FuE in Form von Auftragsforschung eine Möglichkeit der Wissensgenerierung.

Unternehmen über alle Branchen hinweg beziehen einen beachtlichen Anteil neuer Technologien aus externen Quellen. Diese reichen von der Vergabe von FuE-Aufträgen an Unternehmen (auch aus der eigenen Gruppe) sowie an Hochschulen und außeruniversitäre FuE-Einrichtungen im In- und Ausland bis hin zu öffentlich geförderten FuE-Kooperationen.

Abb. 2.2.9: Frauenanteil an den FuE-Wissenschaftlern nach Sektoren, 2017, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Die Kombination zwischen dem aus Perspektive des Unternehmens neuen und dem im Unternehmen bereits vorhandenen Wissen ist von zentraler Bedeutung für den Aufbau neuen Wissens. In Abgrenzung zu den traditionellen internen bzw. geschlossenen Innovationsstrategien wurde hierfür von Chesbrough (2003) der Begriff der open innovation geprägt.

Externe FuE wurde in Form unterschiedlicher Ausprägungen von Auftragsforschung in den letzten Jahrzehnten stärker ausgeweitet als die internen FuE-Aktivitäten. Allein von 2009 bis 2019 haben sie sich in Deutschland auf einen Wert von 22,7 Milliarden € verdoppelt. In NRW war die Steigerung mit 60% moderater. Hier summierte sich die externe FuE auf knapp 2,4 Milliarden € (Abb. 2.2.10).²

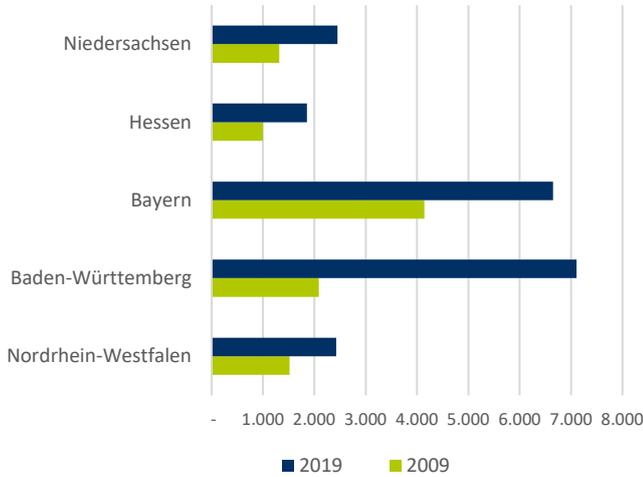
Mehr als die Hälfte dieser Summe (57%) geben Unternehmen der Chemischen und Pharmazeutischen Industrie in Auftrag. Der Kfz-Bau steuert ein weiteres knappes Siebtel zu der Summe bei. Augenfällig ist die Veränderung der externen FuE im Zeitverlauf: Während beispielsweise die Pharmazeutische Industrie in NRW ihre externen FuE-Aufwendungen zwischen

²² In Abschnitt 2.5 wird externe FuE noch einmal in Hinblick auf die Aspekte betrachtet, welchen Anteil die Unternehmen, die externe FuE-Aufträge an Dritte vergeben, an allen Unternehmen haben

und welche Rolle externe FuE bei nicht forschenden Unternehmen einnimmt, die sich über unternehmensexterne Quellen Wissen aneignen.

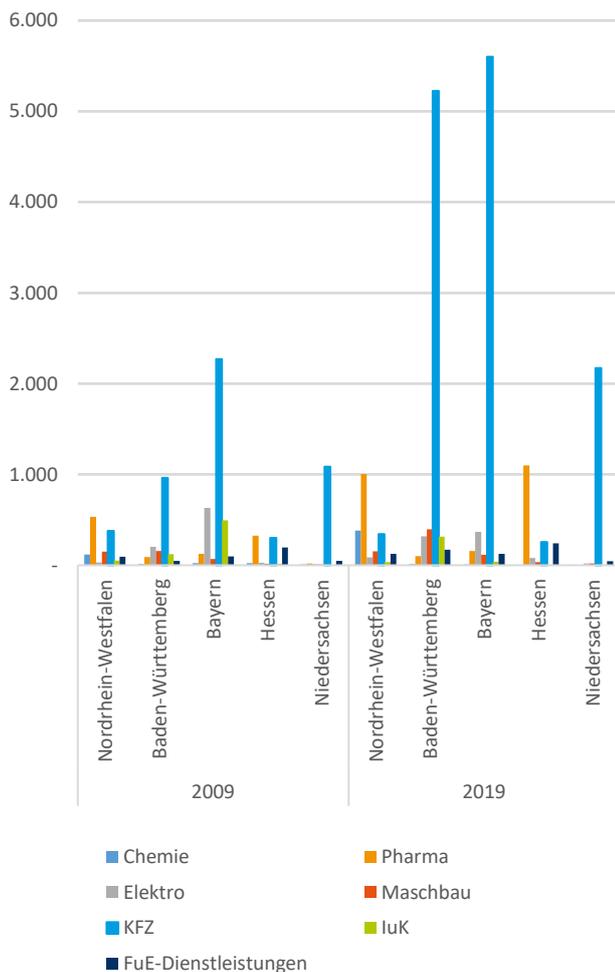
2009 und 2019 verdoppelte, blieben die entsprechenden Summen gerade in den besonders FuE-intensiven Bundesländern nahezu konstant (Abb. 2.2.11).

Abb. 2.2.10: Externe FuE-Aufwendungen der Wirtschaft, 2009 und 2019, in Tsd. €



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Abb. 2.2.11: Externe FuE-Aufwendungen nach Branchen, 2009 und 2019, in Tsd. €

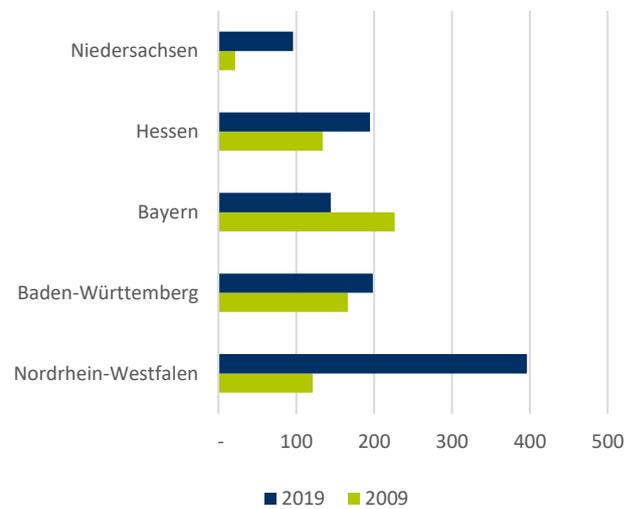


IuK = Information und Kommunikation

Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Die Zahlen der Statistik zu Forschung und Entwicklung im Wirtschaftssektor in Deutschland zeigen die Öffnung des Innovationsprozesses über die Vergabe von Forschungsaufträgen. Zoomt man in die Struktur der Vergabe der Forschungsaufträge, kommt die größte Bedeutung traditionell anderen Unternehmen als Auftragnehmern zu. Stärker grundlagenorientierte Forschungsaufträge werden an Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen vergeben. Allerdings zeigt sich auf Bundesebene, dass gerade die Vergabe von Forschungsaufträgen an Hochschulen von 2009 auf 2019 nur langsam wächst (+12,8%). Im Gegensatz dazu hat sich in NRW die Summe der externen FuE-Aufwendungen, die an Hochschulen fließt, von 2009 bis 2019 verdreifacht (Abb. 2.2.12).

Abb. 2.2.12: Externe FuE-Aufwendungen der Wirtschaft vergeben an Hochschulen, 2009 und 2019, in Tsd. €



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Es ist zudem auffällig, dass in NRW ein weit überdurchschnittlicher Anteil der Mittel für externe FuE an Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen fließt, und zwar fast 34%, während es im Bundesdurchschnitt nur rund 9% sind. Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind somit wichtige Partner für FuE-aktive Unternehmen in NRW.

Ob es sich dabei auch um Hochschulen und Forschungseinrichtungen handelt, die in NRW ihren Sitz haben, ist jedoch auf Basis der vorliegenden Daten nicht feststellbar. Gleichwohl ist dies ein deutlich positives Ergebnis, zeigt doch die Innovationserhebung des ZEW, dass die Mehrheit der kooperierenden Unternehmen (58%) die Auftragsforschung an Hochschulen als hocheffektiv einstuft, wenn es um den Zugang zum Knowhow der Wissenschaftseinrichtungen geht (Rammer 2019: 20f.).

Die Bedeutung des Wissenstransfers über gemeinsame Forschungsprojekte wurde auch aus der Perspektive der Hochschulen und Forschungseinrichtungen beleuchtet. Im Rahmen der Befragungen sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gebeten worden, unterschiedliche Formen des Austauschs mit der privaten Wirtschaft zu bewerten, darunter auch den Transferkanal „Gemeinsame Forschungsprojekte“. Hierzu sind sie

gebeten worden, unterschiedliche Transferkanäle auf einer 5-stufigen Likert-Skala von wichtig bis unwichtig zu bewerten. Die nachfolgend dargestellten Anteilswerte sind die kumulierten Häufigkeiten der Kategorien „wichtig“ und „eher wichtig“ als Indikator für die Bedeutung dieses Transferkanals.

Tendenziell zeigt sich, dass der Transferkanal „gemeinsame Forschungsprojekte bezogen auf die relativen Zustimmungswerte für die Forschungsinstitute am wichtigsten ist, gefolgt von den Fachhochschulen. Für die Universitäten hat dieser Transferkanal tendenziell dagegen die geringste Bedeutung (Tab. 2.2.1). Dieses Muster zeigt sich auch hinsichtlich aller abgefragten Transferkanäle mit der Wirtschaft. Für die Institute und Fachhochschulen in NRW sind „Gemeinsame Forschungsprojekte“ der wichtigste Transferkanal. Bezogen auf die Universitäten ist dies allerdings nur der viertwichtigste Transferkanal (Rang 1: Wissenschaftliche Publikationen, Rang 2: Vorträge auf wissenschaftlichen Veranstaltungen, Rang 3: Informaler Austausch).

In NRW liegt die Zustimmung zu der Aussage, dass gemeinsame Forschungsprojekte einen (eher) wichtigen Transferkanal darstellen, bei den Professorinnen und Professoren an den Universitäten bei 56,7%, die korrespondierenden Werte für die Fachhochschulen bei 77% und für die Institute bei 78%. Im Deutschlandvergleich liegt nur die Einschätzung der Fachhochschulprofessorinnen und -professoren höher, ansonsten liegen die entsprechenden Einschätzungen unter dem deutschlandweiten Durchschnitt. Eine auffallend hohe Bedeutung hat der Transferkanal mit 95,2% für die Institute in Baden-Württemberg.

Tab. 2.2.1: Gemeinsame Forschungsprojekte (inklusive Auftragsforschung) als Transferkanal, in % der Antwortkategorien „wichtig“ und „eher wichtig“

	Nordrhein-Westfalen	Baden-Württemberg	Bayern	Deutschland
Uni	56,7%	67,3%	57,1%	61,2%
FH	77,0%	71,0%	63,5%	72,6%
Institute	78,0%	95,2%	80,6%	82,0%

N = 2.341 (Uni), N = 1.276 (FH), N = 410 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

FuE in verschiedenen Forschungs- und Technologiefeldern

FuE ist ein zentraler Gradmesser für die Entwicklungsrichtung, Potenziale und Entwicklungsbedarfe eines Innovationssystems. Dabei gelingt eine Beurteilung umso besser, je mehr Informationen über die Inhalte und damit über die relevanten Wissens- und Technologiefelder von FuE bekannt sind. Dies gibt Auskunft über das Engagement und die Chancen einer Region, neues Wissen in bislang wenig erforschten Gebieten hervorzubringen. Die Kenntnis über die Struktur relevanter Wissensgebiete und Technologiefelder ist eine wichtige Basis

für die Entwicklung von Förderinstrumenten oder für strategische Überlegungen zur Ausbildung des akademischen Nachwuchses (SV Wissenschaftsstatistik 2017).

In diesem Abschnitt werden die Schwerpunkte der Forschung in wichtigen Forschungs- und Technologiefeldern in NRW mit denen anderer Bundesländer verglichen. Somit ergibt sich ein Muster nach Schwerpunkten sowohl in der Unternehmensforschung als auch in der Forschung in Hochschulen und Forschungseinrichtungen. In der Erhebung zu FuE der Wirtschaft für 2017 wurden die Forschungsfelder in der Unternehmensforschung erstmalig regional abgefragt. Die Unternehmen wurden hier gebeten, für jeden ihrer inländischen Standorte Angaben dazu zu machen, zu welchem Forschungsfeld hier maßgeblich geforscht und entwickelt wurde.

Die Basis für die Kategorisierung der Forschungsfelder lieferte die FuE-Leistungsplansystematik des Bundes. Diese bildet die Grundlage für die Forschungs koordinierung der Bundesregierung und sorgt für Transparenz der FuE-Aktivitäten aller Ressorts. Ziel ist es, die FuE-Ausgaben des Bundes unabhängig vom finanzierenden Ressort unter forschungsthematischen Gesichtspunkten auszuweisen. Um wirtschaftsseitig eine Anschlussfähigkeit herzustellen, wurde auch im Rahmen der FuE-Erhebung diese Systematik als Grundlage für die Definition von Technologiefeldern verwendet.

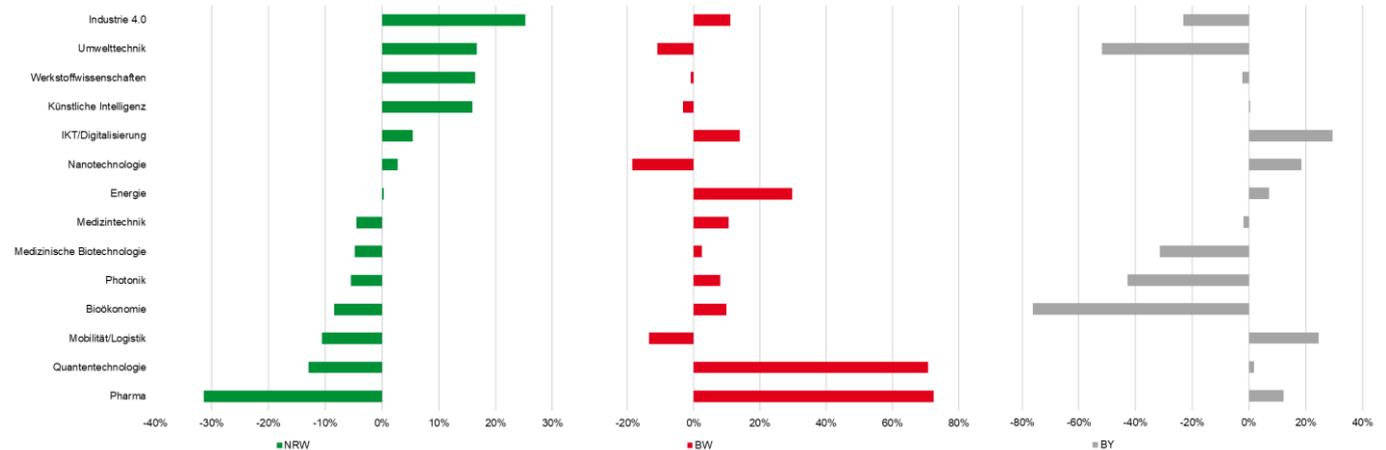
In Abbildung 2.2.13 sind die drei wichtigsten Forschungsfelder in prioritärer Reihenfolge dargestellt. Der Forschungsschwerpunkt in NRW liegt eindeutig im Bereich Fahrzeug und Verkehr, gefolgt vom Forschungsfeld Nano-/Werkstoff sowie IT.

Abb. 2.2.13: Rangfolge der Forschungsfelder in den Bundesländern 2019

	Gesundheit	Ernährung	Energie	Klima, Umwelt	IT	Fahrzeug, Verkehr	Dienstleistungen	Nano-, Werkstoff
Nordrhein-Westfalen					3	1		2
Baden-Württemberg					2	1	3	
Bayern	2		3		1			
Hessen	2		3			1		
Niedersachsen		1			3	2		
Sachsen				1	2	3		

Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Abb. 2.2.14: Abweichung gegenüber dem Bundesdurchschnitt der Schwerpunkte der Hochschulforschung in NRW, Baden-Württemberg und Bayern, 2019, in %



N = 7.672 (Deutschland), N = 2.284 (NRW), N = 998 (Baden-Württemberg), N = 838 (Bayern)

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Abbildung 2.2.14 zeigt die relativen Stärken und Schwächen von NRW, Baden-Württemberg und Bayern gegenüber Gesamtdeutschland bezogen auf den Anteil der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren, die angaben, in den einzelnen Zukunftsfeldern einen Forschungsschwerpunkt zu haben. Besonders gut vertreten sind aus Perspektive der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer demnach in NRW intelligente Produktionstechnologien, Umwelttechnik, Materialien/Werkstoffe und KI. Dagegen ist in dem Technologiefeld Pharma und Quantentechnologie ein gegenüber dem Deutschlanddurchschnitt deutlich unterdurchschnittlicher Anteil der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer aktiv.

In etwa im Bundesdurchschnitt liegen die anderen Technologiefelder. In den vier wichtigen Feldern, in denen NRW aus Perspektive der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer über dem Durchschnitt für Deutschland liegt (intelligente Produktionstechnologien, Umwelttechnik, Werkstoffwissenschaften und KI), ist gegenüber Bayern und Baden-Württemberg ein Vorsprung zu erkennen.

Hinsichtlich der außeruniversitären Forschungseinrichtungen können aufgrund der geringen Fallzahlen bezogen auf die einzelnen Zukunftsfelder auf Basis der Institutsbefragung keine validen Aussagen über die Relevanz der einzelnen Zukunftsfelder gegeben werden. Eine Analyse der im Bundesland vertretenen Forschungseinrichtungen auf Basis der Datenbank GERIT zeigt aber, dass neben den bereits bei den Hochschulen identifizierten Stärken in den Feldern Materialien/Werkstoffe und Umwelttechnik weitere Stärken in den Feldern Energie (-technik) und IKT/Digitalisierung liegen.

Zusammengefasst lässt sich daher feststellen, dass sich die Stärken der öffentlichen Forschung (Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) in NRW auf die Bereiche intelligente Produktionstechnologien, IKT/Digitalisierung, Künstliche Intelligenz/Robotik, Energie, Materialien/Werkstoffe und Umwelttechnik konzentrieren.

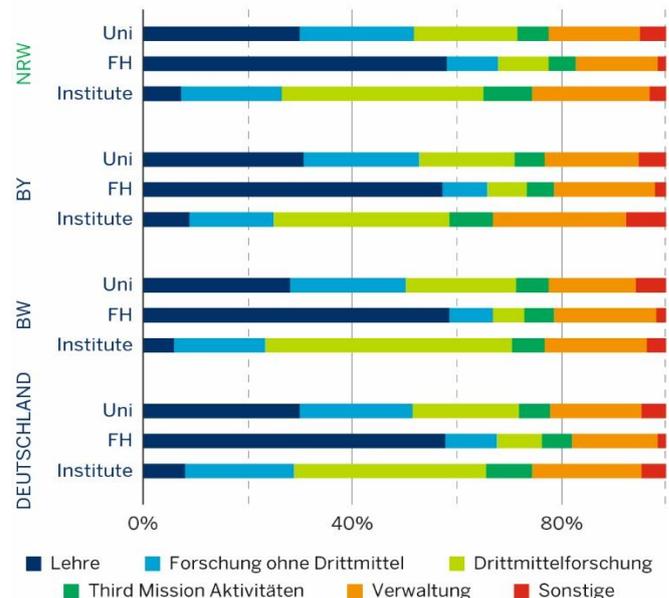
Zeitbudget, Anwendungsorientierung der öffentlichen Forschung und Verbesserungspotenziale im Wissenstransfer

Für die Bewertung der Bedeutung der öffentlichen Forschung im Innovationsgeschehen sind weitere Aspekte von hoher Bedeutung. Zunächst ist zu fragen, welchen Teil ihres Zeitbudgets Forscherinnen und Forscher für FuE-Aktivitäten verwenden. Darüber hinaus gibt der Grad des Anwendungsbezugs der Forschung Hinweise auf den Technologietransfer. Insbesondere bei der anwendungsbezogenen Forschung sind die Chancen groß, dass die Ergebnisse einer wirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden. Da wiederum der Grad des Wissenstransfers aus der anwendungsorientierten Forschung von zahlreichen Faktoren abhängt, stellt sich die Frage nach Möglichkeiten, den Technologietransfer in die Anwendung zu verbessern.

Die befragten Professorinnen und Professoren sowie die Angehörigen der außeruniversitären Forschungseinrichtungen sind gebeten worden anzugeben, wie sich ihr Zeitbudget in Prozent auf die Aktivitäten Lehre, Forschung ohne Drittmittel, Drittmittelforschung, Third Mission Aktivitäten, Verwaltung und Sonstiges aufteilt. In der Summe mussten die Angaben 100% ergeben. Lehre und Forschung umfassen in allen Fällen den überwiegenden Teil der Aktivitäten, auf die im Folgenden eingegangen wird (Abb. 2.2.15).

Die Aufteilung der Zeitbudgets liefert daher wichtige Einsichten zu dem Stellenwert der Forschung und der Bedeutung der drittmittelfinanzierten Forschung an den Hochschulen und Instituten in den jeweiligen Bundesländern. Allgemein zeigt sich die Tendenz, dass der Anteil der Lehre bei den Fachhochschulen am höchsten ist. Demgegenüber wenden die Universitätsprofessorinnen und -professoren in etwa halb so viel Zeit für die Lehre auf, was bei einem halb so hohem Lehrdeputat nicht überrascht. Einen nur sehr geringen Anteil hat die Lehre am Zeitbudget der Angehörigen der Institute, da eine Lehrverpflichtung bei Institutsangehörigen grundsätzlich nicht vorgesehen ist, sie in gewissem Umfang aber in Lehraktivitäten an Universitäten und Fachhochschulen eingebunden sind, insbesondere diejenigen, die in Instituten Führungspositionen bekleiden. Die Forschung (mit und ohne Drittmittel) nimmt bei den Instituten gemessen am Zeitanteil den größten Stellenwert ein. Einen hohen, aber deutlich unter den für die Institute liegenden Zeitanteil wenden die Professorinnen und Professoren an den Universitäten für Forschung auf.

Abb. 2.2.15: Zeitbudget der Professorinnen und Professoren sowie der Institutsangehörigen für unterschiedliche Tätigkeitsfelder, 2019, in %



RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Bei den Fachhochschulen ist der Anteil des Zeitbudgets, der der Forschung gewidmet ist, sehr gering. Diese allgemeinen Tendenzen überraschen nicht, sondern spiegeln lediglich die Arbeitsteilung im öffentlichen Wissenschaftssystem wider.

Bezogen auf die konkreten Ausprägungen zeigt sich, dass Professorinnen und Professoren an Universitäten in NRW 41,6% ihrer Zeit für Forschung aufwenden (inkl. der drittmittelfinanzierten Forschung), damit liegt der berichtete Zeitanteil knapp unter dem deutschlandweiten Durchschnitt (42%). Im Vergleich zu Baden-Württemberg zeigt sich, dass die dortigen Universitäten mit 43,3% sogar einen leicht höheren Teil ihrer Zeit der Forschung widmen, der korrespondierende Wert für Bayern ist mit 40,3% am niedrigsten. Die Anteilswerte der Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen in NRW liegen bei 19,7% Zeiteinsatz für Forschung über dem deutschen Durchschnitt (18,7%). Die Professorinnen und Professoren an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg (14,3%) und Bayern (16,1%) widmen im Vergleich zu NRW und Deutschland einen geringeren Teil ihrer Zeit der Forschung.

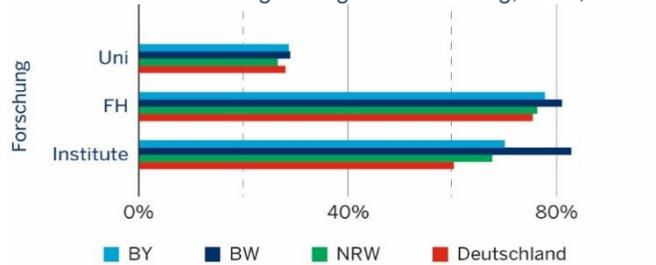
Zusammengenommen entspricht der Zeitanteil der Forschungsaktivität in der Drittmittelforschung bei den Hochschulen (Universitäten und Fachhochschulen) in etwa demjenigen Anteil, der nicht über Drittmittel finanziert wird.

Mit 58,1% ist das Zeitbudget, das für die Forschung an Instituten in NRW aufgewendet wird, erwartungsgemäß höher als die korrespondierenden Werte für die Hochschulen. Der Wert für die Institute in Gesamtdeutschland liegt mit 57,7% unter dem Wert für NRW. Während der entsprechende Zeitanteil der Institute in Baden-Württemberg mit 64,8% am höchsten ist, ist der Zeitanteil bei den bayerischen Instituten mit 49,8% am niedrigsten, bezogen auf die vorgestellten Vergleichsgruppen. Im Gegensatz zu den Hochschulen entfällt etwa ein Drittel des Zeitbudgets bei den Instituten auf die nichtdrittmittelbezogene

Forschung, während zwei Drittel auf die Drittmittelforschung verwendet werden. Dies gilt für die Institute in NRW, Bayern und für Gesamtdeutschland, bei den Instituten in Baden-Württemberg liegt der Anteil der drittmittelfinanzierten Forschung hingegen bei fast einem Dreiviertel (73%).

Abbildung 2.2.16 gibt Auskunft darüber, wie anwendungsbezogen die Forschung in den Vergleichsgruppen bei den Universitäten, Fachhochschulen und Instituten ist. Angegeben ist der Anteil der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die auf einer 5-stufigen Likert-Skala, die von stark grundlagenorientiert bis stark anwendungsorientiert ging, berichteten, dass ihre Forschung stark bzw. eher anwendungsorientiert ist.

Abb. 2.2.16: Anwendungsbezug der Forschung, 2019, in %



N = 2.737 (Uni), N = 1.399 (FH), N = 438 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Es zeigt sich, dass die Forschung an den Universitäten eher in Richtung Grundlagenforschung tendiert, die Forschung an

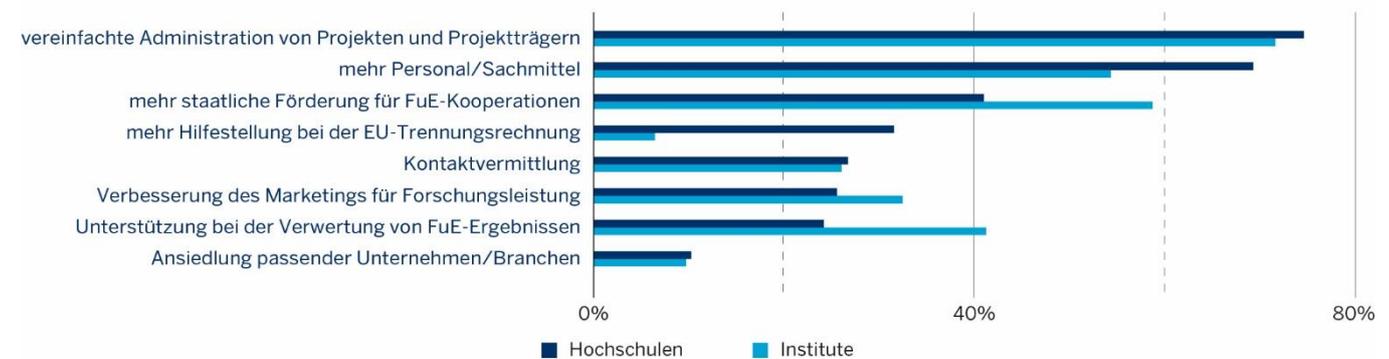
den außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Fachhochschulen hingegen tendenziell durch eine stark ausgeprägte Anwendungsorientierung gekennzeichnet ist. Im Fall der Universitäten und Fachhochschulen in NRW entspricht der beobachtete Anwendungsbezug etwa dem deutschen Durchschnitt, Baden-Württemberg und Bayern liegen im Fall der Hochschulen zwar über dem Wert von NRW und Deutschland, allerdings sind die Unterschiede nur für die baden-württembergischen Fachhochschulen signifikant stärker in Richtung einer höheren Anwendungsorientierung ausgeprägt.

Die außeruniversitären Forschungseinrichtungen in NRW (67,9%) weisen im Deutschlandvergleich zwar eine höhere Anwendungsorientierung auf (Deutschland = 60,5%), liegen aber leicht unter dem korrespondierenden Wert für die bayerischen Institute (70,3%). Bezogen auf Baden-Württemberg kristallisiert sich mit starkem Abstand zur Vergleichsgruppe ein deutlich ausgeprägter Anwendungsbezug bezogen auf die Institute heraus (83,1%).

Verbesserungsmöglichkeiten in der angewandten öffentlichen Forschung und Entwicklung

Die Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer wurden auch danach gefragt, wie der Wissenstransfer im Bereich der angewandten Forschung und Entwicklung verbessert werden kann. Abbildung 2.2.17 veranschaulicht die Rückmeldung der Befragungsteilnehmerinnen und -teilnehmer an Hochschulen und Instituten in NRW zu diesem Themenfeld.

Abb. 2.2.17: Ansatzpunkte zur Verbesserung des Wissenstransfers in der angewandten Forschung und Entwicklung in NRW, 2019, in %



N = 341 (Hochschulen), N = 46 (Institute) N = 341 (Hochschulen), N = 46 (Institute)

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Die drei wichtigsten Punkte, die von den Hochschulen und Instituten in NRW genannt worden sind, sind eine vereinfachte Administration von Projekten und Projektanträgen, mehr Personal und Sachmittel sowie mehr staatliche Förderung. An erster Stelle steht dabei eine vereinfachte Administration. Dies wurde mit Zustimmungswerten von 74,6% im Fall der Hochschulen und 71,7% im Fall der Institute betont.

Bezogen auf Hochschulen werden in Bayern, Baden-Württemberg und im Bundesdurchschnitt diese Aspekte ebenfalls als die wichtigsten Faktoren hervorgehoben und mit Ausnahme von Baden-Württemberg in der gleichen Rangfolge genannt. So ist in Baden-Württemberg der wichtigste Ansatzpunkt mehr

Personal und Sachmittel und erst danach folgt eine vereinfachte Administration. Auffällig ist auch, dass eine vereinfachte Administration in NRW die höchste Zustimmung hat, während die Professorinnen und Professoren in Baden-Württemberg (70,7%), Bayern (70,2%) und Deutschland (73,6%) diesen Aspekt mit etwas weniger Nachdruck betonten.

Für die Institute ist eine vereinfachte Administration auch der wichtigste Aspekt, allerdings wird deren Bedeutung von den Instituten in NRW mit 71,7% gegenüber Baden-Württemberg (85,2%), Bayern (76,5%) und Deutschland (74,9%) weniger stark wahrgenommen. Die drei wichtigsten Faktoren werden

in NRW, Baden-Württemberg, Bayern und auch Gesamtdeutschland von den Institutsangehörigen jeweils in der gleichen Rangfolge angegeben: vereinfachte Administration (Platz 1), mehr staatliche Förderung (Platz 2), mehr Personal und Sachmittel (Platz 3).

Anträge auf Forschungszulage im Bundesländervergleich

Mit der Forschungszulage existiert seit dem 1.1.2020 in Deutschland eine steuerliche Förderung von FuE. Ziel ist es, durch die steuerliche Begünstigung von Forschungsausgaben in Deutschland für steuerpflichtige Unternehmen Anreiz zu setzen, in FuE zu investieren. Die Forschungszulage ist insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, aber teilweise auch für Großunternehmen, von finanziellem Interesse. Dies hat damit zu tun, dass der Bemessungsgrundlagen-Höchstbetrag auf 2 Millionen € festgelegt wurde.

Gegenwärtig liegt eine Auswertung der Anzahl der gestellten Anträge durch die Bescheinigungsstelle Forschungszulagen-gesetz für den Zeitraum von 16. September 2020 bis 30. Juni 2021 vor (auf Basis von 2417 Anträgen). Diese Zahlen geben im Vergleich der Bundesländer Hinweis auf zwei für das Forschungsgeschehen wichtige Aspekte: zum einen zeigt die Anzahl der Anträge, wie aktiv der Mittelstand und Großunternehmen in den jeweiligen Bundesländern sind. Zum anderen zeigen die Antragszahlen auch, wie sich der Impuls auf die Forschungsaktivitäten insbesondere des Mittelstands durch die Forschungszulage verteilt.

Die Anzahl der Anträge weist darauf hin, dass die Inanspruchnahme der Forschungszulage in NRW in etwa dem wirtschaftlichen Gewicht des Landes im Bundesländervergleich entspricht. Nach der prozentualen Verteilung der Anträge liegt NRW mit 19% an dritter Position hinter Bayern und Baden-Württemberg, auf die 25% bzw. 21% der Anträge entfallen. Dies entspricht in etwa dem Anteil des Landes am BIP von Deutschland (20,9%).

Wenn man die Anzahl der Anträge auf die jeweiligen internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft bezieht, zeigt sich, dass die Forschungszulage von den in NRW ansässigen *FuE-aktiven Unternehmen* überproportional in Anspruch genommen wird. Je 1 Milliarden € wurden aus NRW ca. 51 Anträge gestellt, während dies deutschlandweit lediglich 32, in Bayern 36 und in Baden-Württemberg 20 Anträge waren.³ Dies macht deutlich, dass gerade der forschende Mittelstand in NRW stark von dem neuen Instrument profitiert.

Eine erste Auswertung verfügbarer Daten⁴ zeigte weiterhin, dass die Forschungszulage breit von Unternehmen unterschiedlicher Größen von Kleinstunternehmen mit weniger als neun Beschäftigten (21% der Anträge) bis hin zu Großunternehmen mit mehr als 249 Beschäftigten (26% der Anträge) in Anspruch genommen wird. Gleichzeitig entfällt ein großer Teil

der Anträge auf Unternehmen aus Wirtschaftszweigen, die in NRW eine große wirtschaftliche Bedeutung haben. Dazu gehören der Maschinenbau, die Elektronikindustrie (Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und elektronischen und optischen Erzeugnissen sowie von elektrischen Ausrüstungen), die Chemische Industrie und die Herstellung von Metall-erzeugnissen. Somit zeigt sich bereits jetzt, dass die neue Forschungszulage einen wichtigen Impuls für das FuE-Geschehen im Mittelstand in NRW setzt.

FuE im Ausland aus Unternehmenssicht

Forschung und Entwicklung ist, ähnlich wie Produktion und Absatz, in globalen Wertschöpfungsketten organisiert. Dies hat mehrere Vorteile: Etwa einen besseren Zugang zu Wissen und Technologien im Ausland, eine einfachere Anpassung von Produkten an Besonderheiten des ausländischen Marktes und auch günstigere regulative Rahmenbedingungen oder staatliche Unterstützungsmaßnahmen. Forschen deutsche Unternehmen auch im Ausland, so hat dies entsprechende Vorteile für die Wettbewerbsfähigkeit, die auch den Standorten im Inland zugutekommen.

2017 wendeten die Top 100 der international forschenden deutschen Unternehmen gut 30 Milliarden € für FuE im Ausland auf – 38% ihres gesamten FuE-Budgets. Zugleich forschten auch Unternehmen, die sich im ausländischen Besitz befinden innerhalb Deutschlands. Auf sie entfallen etwa 80% der internen FuE-Aufwendungen der Unternehmen innerhalb Deutschlands (SV Wissenschaftsstatistik 2019).

Findet FuE im Ausland statt, kommt es in der Regel zur Zusammenarbeit inländischer Erfinderinnen und Erfinder mit solchen im Ausland. In den 114 forschungsstärksten deutschen Unternehmen arbeitet etwa jeder vierte FuE-Beschäftigte im Ausland (Belitz et al. 2019). Dies wurde mit Hilfe einer Analyse transnationaler Patentanmeldungen ermittelt. Branchenseitig konzentrieren sich die Aktivitäten im Fahrzeug- und Maschinenbau sowie in der Datenverarbeitung und Elektroindustrie. Geographisch spielen vor allem Frankreich und Österreich sowie die USA eine besonders große Rolle.

Regelmäßige Analysen und internationale Vergleiche von FuE-Auslandsaktivitäten gibt es jedoch nicht, da eine entsprechende Datenerhebung nicht existiert. Erfahrungen mit punktuellen Studien zeigen, dass zudem die Antwortbereitschaft der befragten Unternehmen extrem gering ausgeprägt ist bzw. die Beschaffung der abzufragenden Informationen Schwierigkeiten bereitet. Nicht zuletzt ist insbesondere eine Regionalisierung der wenigen vorhandenen Daten aufgrund geringer Fallzahlen nicht möglich bzw. sinnvoll.

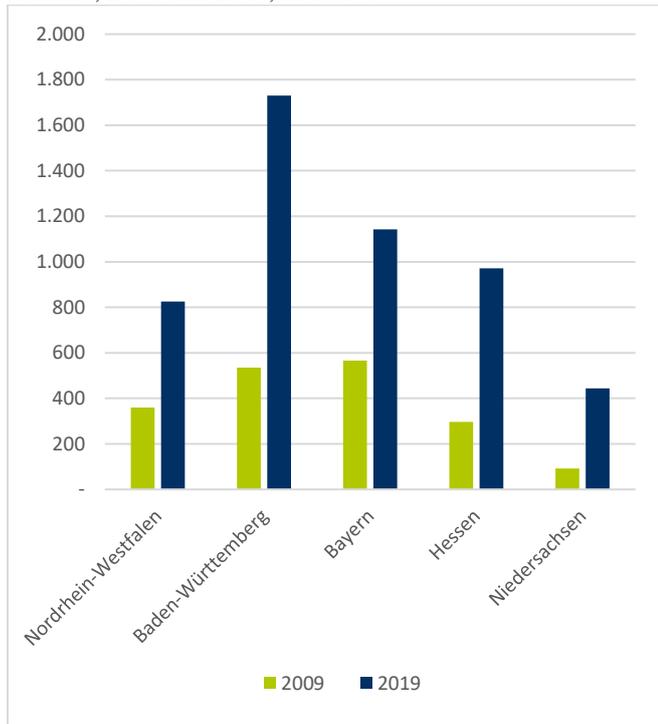
Daher wurde die große Bedeutung von FuE-Investitionen deutscher und NRW-Unternehmen im Ausland anhand der externen FuE-Aufträge an Unternehmen und andere FuE-aktive Institutionen im Ausland bestimmt. Allerdings kann für NRW

³ Für die Berechnung wurde eine erste verfügbare Auswertung der Forschungszulage ins Verhältnis zu den internen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der Wirtschaft 2019 (aktuellster verfügbarer Wert) gesetzt.

⁴ Diese Berechnungen beziehen sich auf eine Auswertung vom 8.4.2021, in die Anträge von September 2020 bis Ende März 2021 eingegangen sind.

nur eine Auswertung nach dem Hauptsitz der Unternehmen erfolgen, da externe FuE in der FuE-Erhebung nicht regionalisiert abgefragt wird. Die Zahlen zeigen, dass Unternehmen in NRW rund 30% ihrer FuE-Aufträge ans Ausland vergeben. Der Bundesdurchschnitt liegt nur bei 25%. Die Erklärung liegt in den in NRW starken Branchen Chemie und Pharma, die traditionell einen besonders hohen Internationalisierungsgrad aufweisen (Abb. 2.2.18).

Abb. 2.2.18: Externe FuE-Aufwendungen vergeben an das Ausland, 2009 und 2019, in Tsd. €



Eigene Darstellung nach Angaben des SV Wissenschaftsstatistik.

Insgesamt flossen in NRW 2019 825 Millionen € für FuE-Aufträge an ausländische Partner. Seit 2009 hat sich die Summe mehr als verdoppelt, ähnlich wie auf Bundesebene oder im Land Bayern. Nur Baden-Württemberg und Hessen verzeichneten stärkere Steigerungsraten. Hier beläuft sich auch die absolute Summe der an das Ausland fließenden externen FuE-Aufwendungen auf annähernd das Doppelte der in NRW anfallenden Summe.

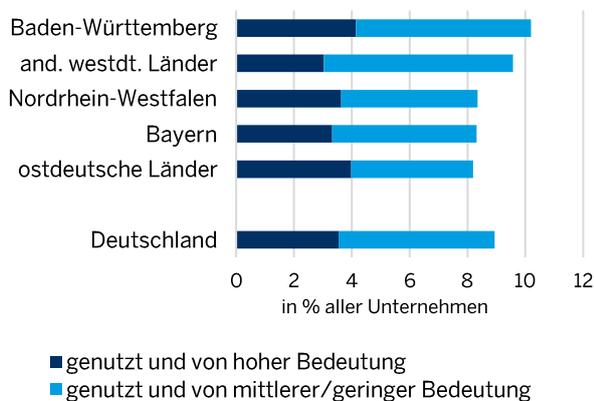
2.3 Patentierung

Patentanmeldungen geben Auskunft über neues technisches Wissen mit wirtschaftlichem Anwendungspotenzial. Sie sind ein wichtiger Indikator, um technologische Dynamik und die Entwicklung neuer Technologien zu messen. Ein zentraler Vorteil von Patentdaten liegt in der Möglichkeit, nach Technologien und technologischen Anwendungsgebieten zu unterscheiden. So lassen sich z.B. technologische Zukunftsfelder abgrenzen. Gleichzeitig können Patentanmeldungen anhand der anmeldenden Organisation Akteursgruppen und damit auch Sektoren zugeordnet werden. Patentdaten lassen sich außerdem über den Sitz der Anmeldenden sehr gut regionalisieren. Schließlich kann anhand von Querverweisen zwischen Patenten („Patentzitationen“) die „Zentralität“ einzelner Patente („Ankerpatente“) bestimmt werden.

Nutzung von Patenten und anderen Schutzrechten

Bei der Interpretation von Indikatoren zu Patentierungsaktivitäten ist zu beachten, dass nur ein kleiner Teil der Unternehmen Patente nutzt. Im Zeitraum 2016 bis 2018 haben nur gut 8% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen im Berichtskreis der Innovationserhebung (s. dazu den methodischen Anhang) Patente zum Schutz ihres eigenen intellektuellen Eigentums (IP) genutzt (Abb. 2.3.1).

Abb. 2.3.1: Unternehmen mit Patentnutzung, 2016 bis 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Dieser Anteil ist etwas niedriger als in Deutschland insgesamt (knapp 9%). Bayern weist etwa den Wert wie NRW auf, während in Baden-Württemberg und den anderen westdeutschen Ländern ein höherer Anteil von Unternehmen (9,5 bis 10%) Patente als Schutzinstrument genutzt haben. Die Nutzung von Patenten muss dabei nicht notwendigerweise mit der Anmeldung oder Erteilung eines Patents in diesem Zeitraum einhergehen, da auch durch früher angemeldete und noch aktive Patente ein Schutz des eigenen IPs erreicht werden kann. Umgekehrt können einzelne Unternehmen auch Patentanmeldungen aufweisen, ohne dass sie diese Patente zum Schutz ihres IPs einsetzen, sondern sie für strategische Zwecke nutzen, z.B. um Patentanmeldungen ihrer Wettbewerber zu erschweren ("strategisches Patentieren").

Patente werden nur von einem kleinen Teil der innovierenden Unternehmen für den Schutz ihrer Innovationen eingesetzt. Während im Zeitraum 2016 bis 2018 mehr als 60% der Unternehmen Innovationen eingeführt haben (vgl. Abschnitt 2.5), haben weniger als 10% der Unternehmen den Patentschutz genutzt (Abb. 2.3.2). Dies bedeutet, dass viele innovierende Unternehmen andere Strategien verfolgen, um sich Innovationserträge zu sichern. Zum einen greifen sie auf andere Schutzrechte wie Marken, Urheberrecht, Gebrauchsmuster oder Geschmacksmuster zurück. Unter den Unternehmen in Nordrhein-Westfalen ist die Nutzung von Marken mit einem Anteil von 15% relativ weit verbreitet. Der Anteil liegt höher als in Deutschland insgesamt (knapp 13%) und in den Vergleichsregionen. Das Urheberrecht wird in Nordrhein-Westfalen von einem ähnlich hohen Anteil der Unternehmen genutzt (8%) wie in Deutschland insgesamt. Gebrauchsmuster und Geschmacksmuster sind im Vergleich zu Deutschland insgesamt dagegen etwas weniger stark verbreitet.

Abb. 2.3.2: Nutzung von Schutzmaßnahmen für intellektuelles Eigentum in Unternehmen, 2016 bis 2018, in %



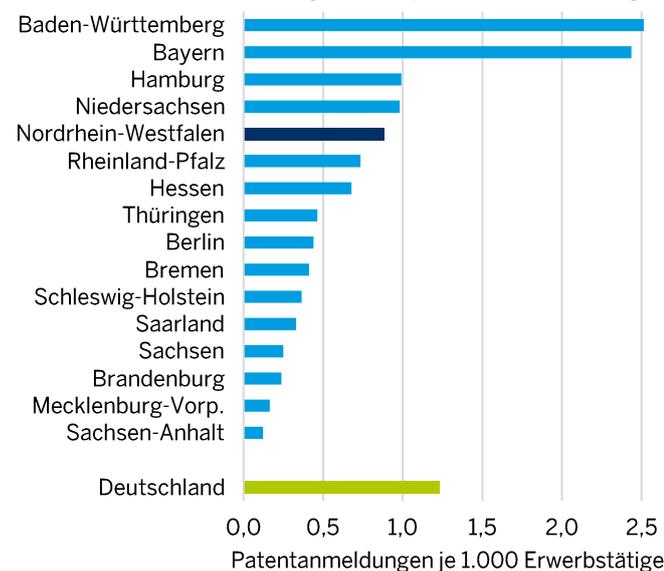
Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Neben den Schutzrechten setzen Unternehmen aber auch auf sogenannte strategische Maßnahmen zum IP-Schutz. Diese sind erheblich weiter verbreitet als die Nutzung von Schutzrechten. An der Spitze steht die Bindung von qualifiziertem Personal (Know-how-Trägern), um so den Abfluss von Wissen an andere Unternehmen durch Mitarbeiterwechsel zu verhindern. 33% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen nutzen diese Maßnahme, was geringer als in Deutschland insgesamt (37%) und in allen Vergleichsregionen (Baden-Württemberg führend mit 41%) ist. Die Geheimhaltung von Wissen und Innovationsergebnissen wird von 28% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen als Schutzmaßnahme eingesetzt, das ist hinter Baden-Württemberg (30%) der zweithöchste Wert. Auch der zeitliche Vorsprung vor Wettbewerbern ist eine vergleichsweise häufig eingesetzte Schutzstrategie, 21% der nordrhein-westfälischen Unternehmen greifen darauf zurück (zweiter Rang hinter Baden-Württemberg mit 22%).

Patentanmeldungen und -erteilungen

Im Jahr 2018 wurden von Anmeldenden aus Nordrhein-Westfalen hochgerechnet⁵ insgesamt rund 7.700 Patente⁶ am Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), am Europäischen Patentamt (EPO) oder über das sogenannte PCT-Verfahren bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) angemeldet. Je 1.000 Erwerbstätige waren dies rund 0,88 Anmeldungen. Damit befindet sich Nordrhein-Westfalen auf dem fünften Rang der Bundesländer (vgl. Abb. 2.3.3). Klar voran liegen Baden-Württemberg und Bayern, die auf eine Patentintensität von 2,55 bzw. 2,44 Anmeldungen je 1.000 Erwerbstätige kommen. Knapp vor Nordrhein-Westfalen befinden sich Hamburg (0,99) und Niedersachsen (0,98). Der Wert für Deutschland insgesamt liegt bei 1,23.⁷

Abb. 2.3.3: Patentanmeldungen 2018 je 1.000 Erwerbstätige

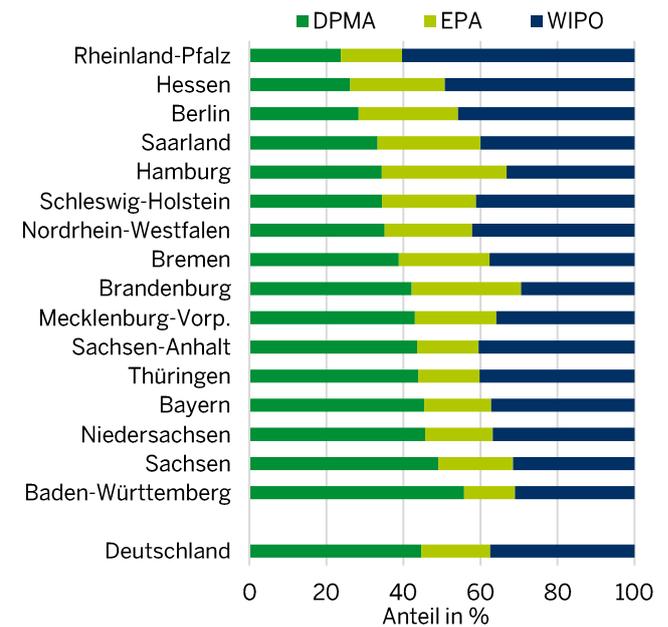


Anmeldungen bei DPMA, EPO, WIPO; Anmeldezahlen für 2018 auf Basis der Entwicklung 2016-2017 hochgerechnet.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

Die Anmeldenden in Nordrhein-Westfalen nutzen überdurchschnittlich häufig internationale Ämter (EPO, WIPO) für die Patentanmeldungen und weniger häufig das DPMA. Von den 2016-2018 an den drei Ämtern angemeldeten Patenten waren 65% internationale Anmeldungen (vgl. Abb. 2.3.4). Für Deutschland insgesamt ebenso wie in Bayern waren es 55%, in Baden-Württemberg wurden dagegen nur 44% der Patente international angemeldet. Internationale Anmeldungen deuten auf einen höheren (erwarteten) ökonomischen Wert der Patente hin, da der internationale Anmeldeweg aufwendiger und teurer ist.

Abb. 2.3.4: Zusammensetzung der Patentanmeldungen 2016-2018 nach Patentämtern



Anmeldungen bei DPMA, EPO, WIPO; Anmeldezahlen für 2018 auf Basis der Entwicklung 2016-2017 hochgerechnet. Patente, die bei WIPO und EPO oder DPMA angemeldet wurden, werden WIPO zugerechnet, Patente, die bei EPO und DPMA angemeldet wurden, EPO.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

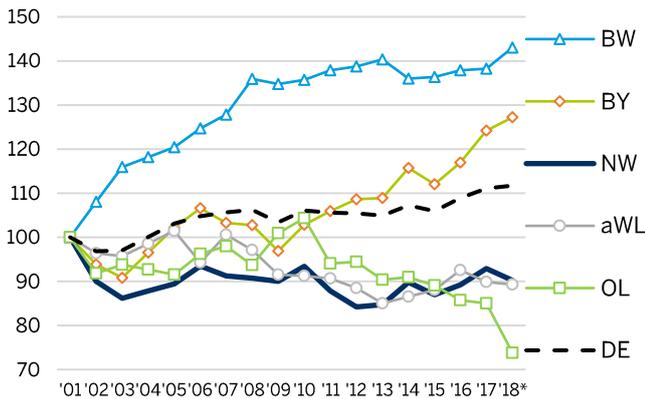
In den vergangenen zwei Jahrzehnten nahm die Anzahl der Patentanmeldungen in Deutschland nur mäßig zu. Sie lag 2018 um rund 12% über dem Wert von 2001 (vgl. Abb. 2.3.5). In Nordrhein-Westfalen ging die Zahl der Patentanmeldungen in diesem Zeitraum um 10% zurück. Die Entwicklung Nordrhein-Westfalens entspricht im Wesentlichen der in den anderen westdeutschen Ländern ohne Bayern und Baden-Württemberg. In den ostdeutschen Ländern gehen die Patentanmeldezahlen am aktuellen Rand deutlich zurück.

⁵ Zum Zeitpunkt der Datenauswertung lagen für die Anmeldungen bei EPO und WIPO noch keine vollständigen Zahlen für die Jahre 2017 (DPMA) und 2018 (EPO und WIPO) vor. Die Anmeldezahlen für diese Jahre und Ämter wurden auf Basis der Entwicklung der Anmeldezahlen zwischen 2016 und 2017 hochgerechnet.

⁶ Patente werden hier auf Ebene von Patentfamilien ausgewertet, d.h. Patentanmeldungen an unterschiedlichen Ämtern zur selben Erfindung werden nur als eine Patentanmeldung gezählt.

⁷ Hier und im Folgenden werden nur Patente betrachtet, die von Anmeldende mit Sitz in Deutschland angemeldet wurden.

Abb. 2.3.5: Entwicklung der Patentanmeldungen 2001 bis 2018



Anmeldungen bei DPMA, EPO, WIPO; * Anmeldezahlen für 2018 auf Basis der Entwicklung 2016-2017 hochgerechnet.
aWL: andere westdeutsche Länder, OL: ostdeutsche Länder

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

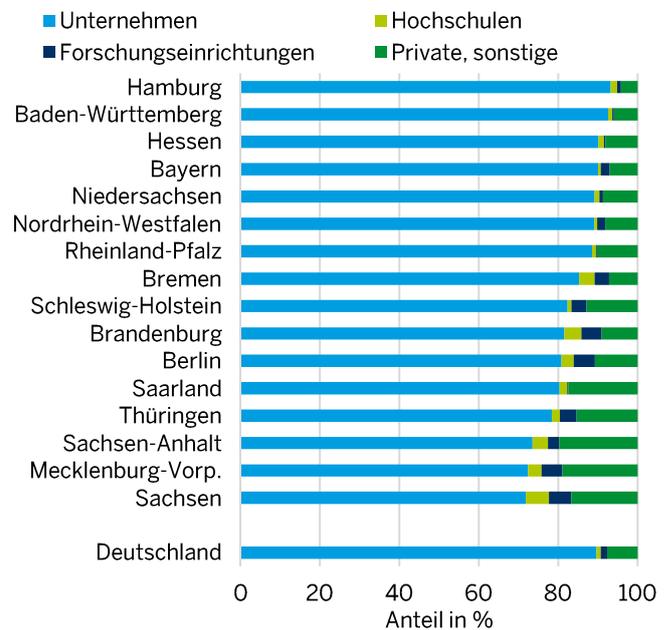
In Nordrhein-Westfalen kam es nach einem starken Rückgang von 2001 bis 2003 zunächst (bis 2006) wieder zu einem Anstieg und danach zu einer stabilen Anmeldezahl bis 2010. Nach rückläufigen Anmeldezahlen 2011 und 2012 steigen seither die Patentanmeldungen tendenziell wieder an. Für 2018 zeigt sich nach den hochgerechneten Zahlen allerdings wieder ein Rückgang.

In Baden-Württemberg stiegen die Anmeldezahlen dagegen bis 2013 fast kontinuierlich an und lagen um 40% über dem Niveau von 2001. Nach einem Rückgang 2014 ist seither wieder ein Anstieg zu beobachten. Im Jahr 2018 meldeten Anmeldende aus Baden-Württemberg um 43% mehr Patente an als noch 2001. Für Bayern zeigt sich erst nach 2009 eine stärkere Dynamik, die in den letzten drei beiden Jahren besonders hoch war. In Deutschland insgesamt blieben die jährlichen Patentanmeldezahlen seit Mitte der 2000er Jahre bei gewissen Schwankungen lange stabil, ab 2016 zeigt sich ein leicht ansteigender Trend.

Die allermeisten Patente werden von Unternehmen angemeldet. Für die Anmeldungen beim EPO und der WIPO liegt eine Zuordnung der Anmeldenden zu institutionellen Sektoren (Unternehmen, Hochschulen, öffentliche Forschungseinrichtungen, Privatpersonen und sonstige) vor. Demnach wurden im Zeitraum 2001-2018 89,1% aller Patente, die von Anmeldenden aus

Nordrhein-Westfalen stammten, von Unternehmen angemeldet (vgl. Abb. 2.3.6). Auf Hochschulen entfielen 0,7% der Anmeldungen, auf Forschungseinrichtungen 2,0% und auf Privatpersonen und sonstige 8,2%. Für Deutschland insgesamt entspricht der Anteil der Anmeldungen durch Unternehmen dem NRW-Wert (89,7%). Besonders hohe Anteile von Unternehmen an allen EPO-/WIPO-Patentanmeldenden weisen Rheinland-Pfalz, Hamburg, Baden-Württemberg, Hessen und Bayern auf. Hohe Anteile von Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen sind für die ostdeutschen Länder zu beobachten. Dies liegt nicht nur daran, dass die Ausstattung mit diesen Einrichtungen dort gemessen an der Landesgröße besonders umfangreich ist, sondern auch am weitgehenden Fehlen großer Patentanmeldenden aus der Gruppe der Unternehmen.

Abb. 2.3.6: Institutionelle Zugehörigkeit der Patentanmeldenden bei EPO und WIPO



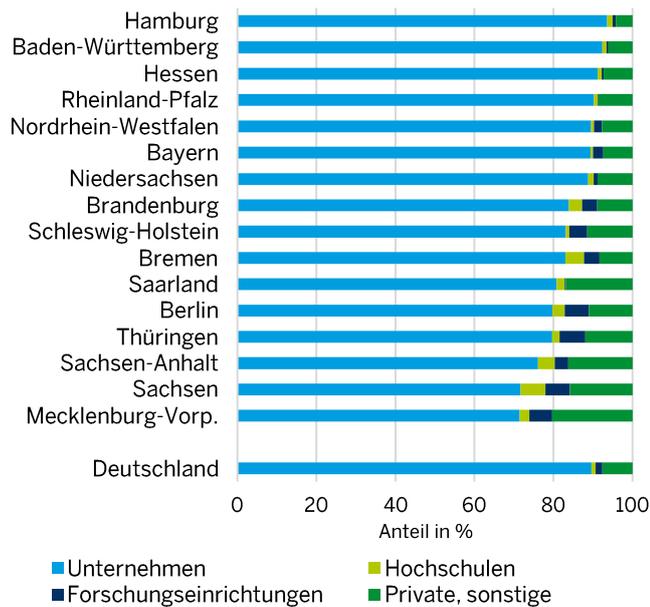
Anmeldungen der Jahre 2001-2018 bei EPO, WIPO, gewichtet mit der Anzahl der Patentanmeldungen.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

Merkmale der Patentanmeldenden

Die allermeisten Patente werden von Unternehmen angemeldet. Für die Anmeldungen beim EPO und der WIPO liegt eine Zuordnung der Anmeldenden zu institutionellen Sektoren (Unternehmen, Hochschulen, öffentliche Forschungseinrichtungen, Privatpersonen und sonstige) vor. Demnach wurden im Zeitraum 2001 bis 2017 ca. 90% aller Patente, die von Anmeldenden aus Nordrhein-Westfalen stammten, von Unternehmen angemeldet (Abb. 2.3.7).

Abb. 2.3.7: Institutionelle Zugehörigkeit der Patentanmeldenden bei EPO und WIPO, 2001 bis 2017, in %



Anmeldungen der Jahre 2001 bis 2017 bei EPO, WIPO gewichtet mit der Anzahl der Patentanmeldungen.

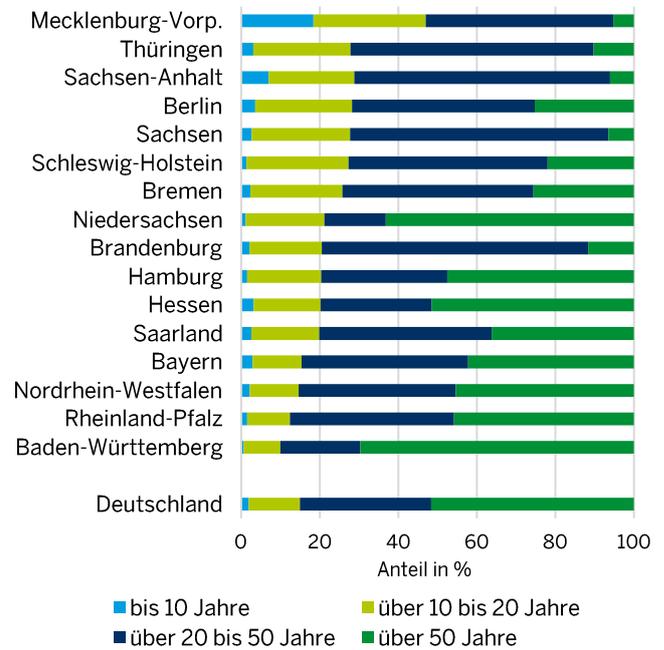
Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW sowie nach Angaben des Europäischen Patentamts.

Auf Hochschulen entfielen 0,7% der Anmeldungen, auf Forschungseinrichtungen 2,6% und auf Privatpersonen und sonstige 7,4%. Für Deutschland insgesamt entspricht der Anteil der Anmeldungen durch Unternehmen dem NRW-Wert (89,6%). Besonders hohe Anteile von Unternehmen an allen EPO-/WIPO-Patentanmeldenden weisen Rheinland-Pfalz, Hamburg und Baden-Württemberg auf. Hohe Anteile von Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen sind für die ostdeutschen Länder zu beobachten. Dies liegt nicht nur daran, dass die Ausstattung dieser Einrichtungen gemessen an der Landesgröße besonders umfangreich ist, sondern auch am weitgehenden Fehlen großer Patentanmeldenden aus der Gruppe der Unternehmen.

Für die patentanmeldenden Unternehmen kann u.a. das Alter bestimmt werden, um die Bedeutung junger Unternehmen für das Patentgeschehen zu ermitteln. Hierfür wurden die Namen der Anmeldenden mit dem Mannheimer Unternehmenspanel (MUP) des ZEW verknüpft. Es zeigt sich, dass Unternehmen, die bis zu 20 Jahre alt sind, nur einen kleinen Teil aller Patentanmeldungen durch Unternehmen aus NRW ausmachen (15% für die Anmeldungen der Jahre 2001 bis 2017). Dieser

Anteilswert entspricht dem deutschen Durchschnitt (Abb. 2.3.7). Niedriger als in Nordrhein-Westfalen ist der Anteil junger Unternehmen in Bayern und Rheinland-Pfalz (10 bzw. 12%).

Abb. 2.3.8: Alter der patentanmeldenden Unternehmen, 2001 bis 2017, in %

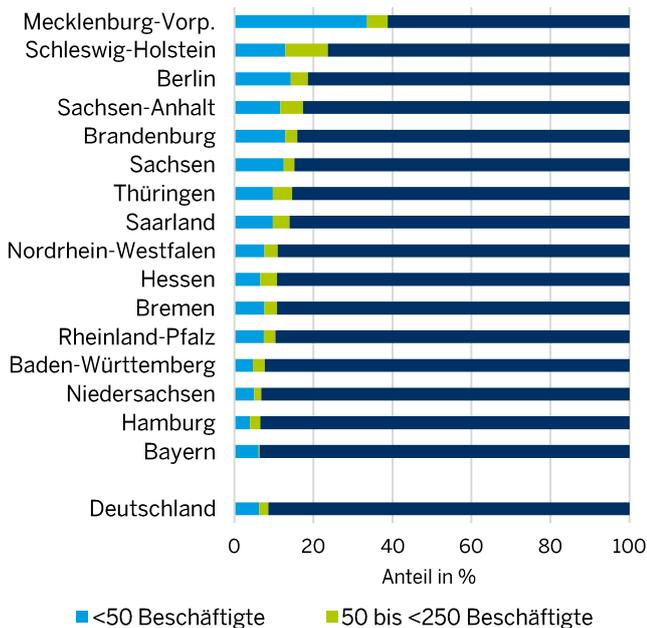


Anmeldungen der Jahre 2001 bis 2017 bei EPO, WIPO gewichtet mit der Anzahl der Patentanmeldungen.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW sowie nach Angaben des Europäischen Patentamts.

Die Zuordnung der patentanmeldenden Unternehmen zum MUP erlaubt außerdem eine Differenzierung nach der Unternehmensgröße, um den Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen bestimmen zu können. Dieser ist in Nordrhein-Westfalen mit 11% etwas höher als in Deutschland insgesamt (9%) (Abb. 2.3.9). Am stärksten von Großunternehmen dominiert sind die Patentanmeldungen des Unternehmenssektors in Bayern, Hamburg, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz.

Abb. 2.3.9: Größe der patentanmeldenden Unternehmen, 2001 bis 2017, in %



Anmeldungen der Jahre 2001 bis 2017 bei EPO, WIPO gewichtet mit der Anzahl der Patentanmeldungen.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW sowie nach Angaben des Europäischen Patentamts.

Patentanmeldungen von Hochschulen und Forschungseinrichtungen

In NRW ist, unterstützt durch das Land, eine umfangreiche Förderstruktur für Patentanmeldungen aus Hochschulen entstanden. Dazu gehören unter anderem das Programm HochschulStart-up.NRW und das NRW-Patent-Validierungs-Programm. Diese Programme werden teilweise auch über EFRE-Mittel finanziert. Insbesondere die Agentur Provendis unterstützt dabei Erfinderinnen und Erfinder aus Hochschulen beim Schutz ihrer Neuerungen. Die entsprechende Struktur wurde eingerichtet, um einen effektiven Schutz der Eigentumsrechte der an Hochschulen und Forschungseinrichtungen von NRW entwickelten Neuerungen sicherzustellen. Zudem soll sie gewährleisten, dass bei FuE-Kooperationsprojekten zwischen Hochschulen und Unternehmen professionelle IP-Regelungen getroffen werden.

Funktionierende Patentverwertungsstrukturen sind ein integraler Bestandteil einer erfolgreichen Betätigung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen beim Wissenstransfer an der Schnittstelle zur Unternehmensforschung. Im Rahmen der Untersuchungen wurde auf der Basis der Hochschulbefragung und der Ergebnisse der geführten Expertengespräche eine Bestandsaufnahme und Bewertung der Patentverwertungsstrukturen vorgenommen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Patentierung nur eines von mehreren Instrumenten im Rahmen des Wissenstransfers ist. Patentanmeldungen können in Einzelfällen (etwa bei bestimmten Start-ups) eine hohe Bedeutung für den Schutz geistigen Eigentums besitzen, in vielen Fällen spielen sie aber eine geringe oder keine Rolle für den Wissenstransfer.

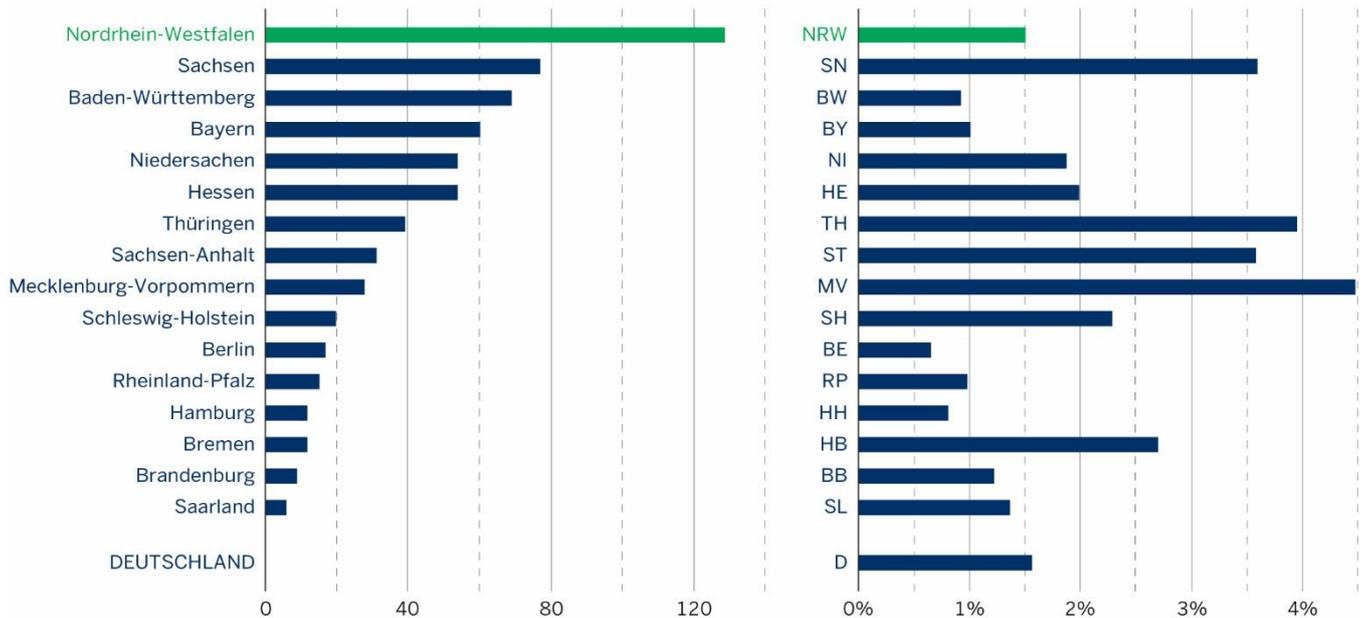
Abbildung 2.3.10 zeigt die absolute und relative (bezogen auf 1.000 Personen im Hochschulpersonal) Zahl der Patentanmeldungen von Hochschulen beim Deutschen Patentamt im Bundesländervergleich für das Jahr 2018. Ausgewiesen ist auch das Wachstum seit 2014. Zunächst zeigt sich, dass die Zahl der Patente mit 129 in NRW (631 deutschlandweit) im Vergleich zu den Unternehmenspatenten gering ist. Die deutschlandweiten Patentanmeldungen der Hochschulen entsprechen knapp 1% aller 67.895 beim Deutschen Patentamt angemeldeten Patente in 2018. Beim Europäischen Patentamt, das keine Hochschulpatente nach Regionen erfasst, lag der Anteil der Patentanmeldungen von Hochschulen und Forschungseinrichtungen insgesamt im Jahr 2018 bei 9% (Patstat 2019).

Hochschulen aus NRW meldeten in 2018 im Bundesländervergleich absolut gesehen die meisten Patente beim Deutschen Patentamt an, gefolgt von Sachsen (77), Baden-Württemberg (69) und Bayern (60). Die Anzahl der Patente je 1.000 Mitarbeiter des Hochschulpersonals lag in NRW mit 1,5 in etwa im Bundesdurchschnitt (1,6). Die höchsten relativen Werte wiesen mit 4,5 und 4,0 Patenten je 1.000 Mitarbeitern Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen auf. Darüber hinaus zeigt sich im Vergleich, dass der Zuwachs bei den Patentanmeldungen ab 2014 in Nordrhein-Westfalen mit 16,5% am zweithöchsten war, nach Rheinland-Pfalz mit 21% und vor Schleswig-Holstein mit 13,6%.

Wie nicht anders zu erwarten war, sind Patentanmeldungen aus Hochschulen in NRW auf einen relativ geringen Anteil der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren konzentriert. Hierbei sind keine nennenswerten Unterschiede zu den Werten im Bundesdurchschnitt zu beobachten.

Die Befragungen der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer sowie der Institutsangehörigen liefern weitere Einsichten zum Patentgeschehen an öffentlichen Forschungseinrichtungen. Abbildung 2.3.12 zeigt die Anteilswerte aller Bundesländer differenziert nach Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. In NRW gaben 15,5% der Universitätsangehörigen an, dass sie in den letzten fünf Jahren ein Patent angemeldet haben. Die Anteilswerte der patentierenden Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer in Baden-Württemberg (30,3%), Bayern (18,9%) und im Bundesdurchschnitt (19,7) lagen aber über dem Wert von NRW.

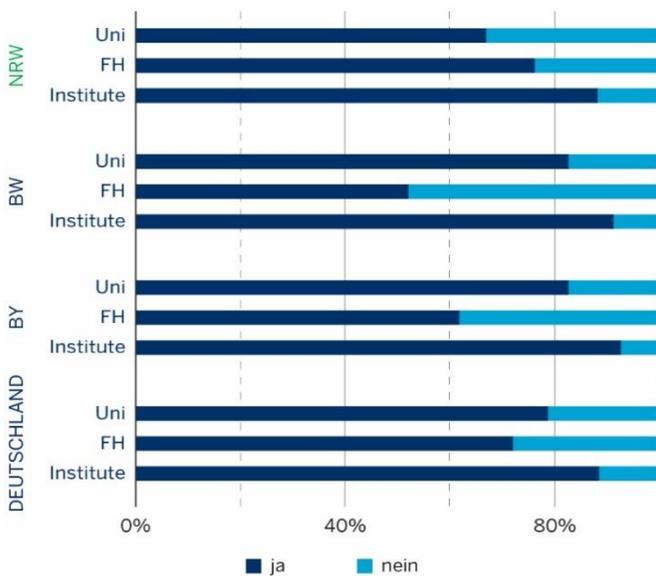
Abb. 2.3.10: Patentanmeldungen aus Hochschulen absolut und je 1.000 Hochschulpersonal nach Bundesländern, 2018, absolut und in %



Jahresdurchschnittliche Wachstumsraten seit 2014

Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts und des Deutschen Patent- und Markenamts (DPMA 2018).

Abb. 2.3.11: Anteil der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Unterstützung bei der Patentanmeldung oder -verwertung in Anspruch genommen haben



N = 2.381 (Uni), N = 1.318 (FH), N = 230 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020. N = 487 (Uni), N = 216 (FH), N = 123 (Institute).

Von den Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen in NRW berichten 19,8% von einer Patentanmeldung in den letzten fünf Jahren. Im Gegensatz zu Universitäten ist der Anteil der Positivnennungen in Baden-Württemberg (12,5%), in Bayern (14,8%) und im Bundesdurchschnitt (16%) gegenüber NRW geringer. Im Vergleich zu den Hochschulen werden

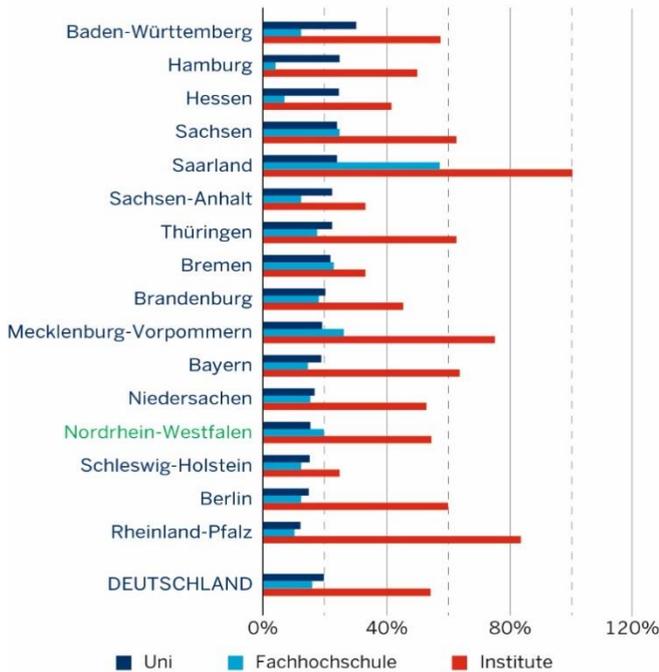
an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen wesentlich häufiger Patente angemeldet. So berichten 54,5% der Institutsangehörigen in NRW von Patentanmeldungen in den letzten fünf Jahren, was in etwa dem Bundesdurchschnitt entspricht (54,3%). Ein höheres Patentaufkommen verzeichnen allerdings Baden-Württemberg (57,5%) und Bayern (63,6%).

Abbildung 2.3.11 zeigt, in welchem Umfang bei der Patentanmeldung Hilfe in Anspruch genommen wurde. 67% der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer in NRW an Universitäten und 76,2% an Fachhochschulen gaben an, entsprechende Hilfsangebote zu nutzen.

Damit werden an NRW-Universitäten in geringerem Umfang Hilfeangebote genutzt als es in Baden-Württemberg (82,8%), Bayern (82,8%) und im Bundesdurchschnitt (78,9%) der Fall ist. Ein anderes Bild ergibt sich allerdings für die Fachhochschulen in NRW. Hier zeigt sich, dass mit 76,2% der Fachhochschulprofessorinnen und -professoren bei der Patentanmeldung häufiger Hilfe in Anspruch nehmen als ihre Kollegen in Baden-Württemberg (52,1%), Bayern (61,9%) und im Bundesdurchschnitt (72,2%).

Der Vergleich mit den Hochschulen verdeutlicht, dass an den Instituten viel häufiger Unterstützungsangebote in Anspruch genommen werden. Ganz vorne liegt hier Bayern mit 92,9%. In NRW bestätigen 88,2%, dass sie Hilfe in Anspruch genommen haben, in Baden-Württemberg 91,3% und in Deutschland 88,6%. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass mehr Unterstützung bei der Patentierung auch zu einem größeren Patentaufkommen an den Hochschulen führen könnte.

Abb. 2.3.12: Anteil der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die in den letzten 5 Jahren Patente anmeldeten, 2019/2020



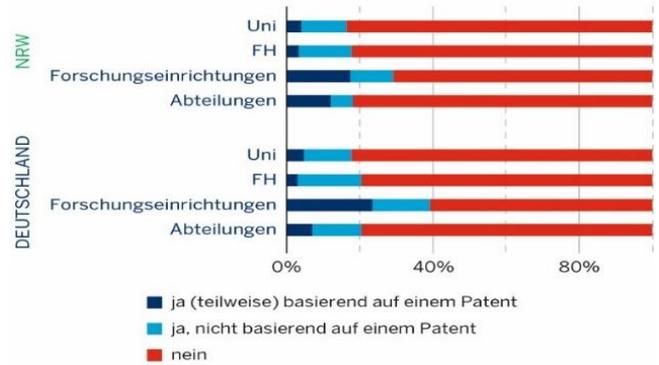
N = 2.381 (Uni), N = 1.318 (FH), N = 230 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Abbildung 2.3.13 zeigt für NRW und Deutschland, ob es in den letzten 5 Jahren zu einer Gründung kam und ob diese auf einem Patent basierte. Bei Instituten werden die Ergebnisse aus der Perspektive der obersten Ebene (Forschungseinrichtung) sowie der Abteilung dargestellt. Hier zeigt sich, dass das Gründungsaufkommen allgemein sowie basierend auf einem Patent auf der Betrachtungsebene „Forschungseinrichtung“ stärker ausgeprägt ist. Der Vergleich mit den Hochschulen zeigt, dass Patente an Instituten deutlich häufiger in Gründungen münden als an den Universitäten und den Fachhochschulen.

12,1% der Angehörigen an Instituten in NRW (Betrachtungsebene: Abteilung) gaben an, dass ihre Patente in Form einer Gründung verwertet worden sind, der korrespondierende Wert für Deutschland ist mit 7,3% deutlich geringer. Dieses Verhältnis kehrt sich jedoch bei einem Blick auf die Betrachtungsebene „Forschungseinrichtung“ um. Hier gaben 17,6% der Institutsangehörigen in NRW an, dass es zu patentbasierten Gründungen kam, während es bezogen auf Deutschland insgesamt 23,7% waren. Der Anteil der patentbasierten Gründungen an Universitäten und Fachhochschulen in NRW liegt bei 4,2% bzw. 3,5%, die entsprechenden Anteilswerte für Deutschland bei 4,8% bzw. 3%.

Abb. 2.3.13: Gründung auf Basis von Patent(en) in den letzten 5 Jahren



N = 2.441 (Uni), N = 1.354 (FH), N = 233 (Institute, organisatorische Abgrenzung: Abteilung) N = 173 (Institute, organisatorische Abgrenzung: Forschungseinrichtung)

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Die Expertengespräche ergaben, dass Hochschulpatente in vielen Anwendungsfeldern keine Bedeutung für die Hochschulforschung haben. Demgegenüber können sie in spezifischen Technologiefeldern für Kooperationen oder Hochschul-Spin-Offs von Bedeutung sein. Gleichzeitig wird deutlich, dass IP- und Lizenzrechte in der Praxis oftmals ein Hindernis für Kooperationen zwischen Hochschulen und Unternehmen darstellen. Es zeigt sich zudem, dass für den Wissenstransfer in vielen Fällen nicht die Frage von zentraler Bedeutung ist, ob Lizenzrechte bei der Hochschule verbleiben. Zu bedenken ist jedoch, dass die überwiegende Zahl der Hochschulen nur in sehr überschaubarem Maße Lizenzentnahmen erzielt.

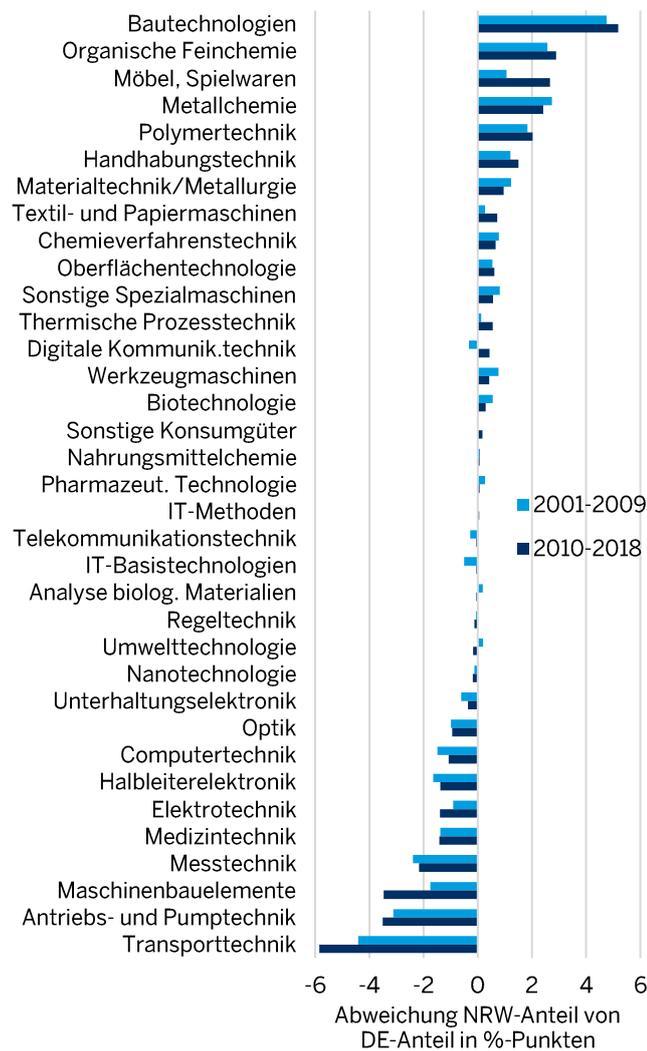
Einen Best-Practice-Ansatz im Bereich der Patentverwertung, der auch für NRW interessant sein könnte, verfolgt das Interuniversity Microelectronics Centre (IMEC) in Leuven (Belgien). Es handelt sich dabei um eines der größten Forschungszentren für Nano- und Mikroelektronik in Europa. Neben Ausgründungen generiert das IMEC pro Jahr etwa 50 Patente. Die Patente werden aber nicht verkauft, sondern den Unternehmen vor Ort als regionale Nutzungsrechte in Form von offenen Lizenzen zur Verfügung gestellt. Dies stellt sicher, dass das gewonnene Wissen in der Region verbleibt.

Technologisches Profil

Die Patenttätigkeit in Nordrhein-Westfalen unterscheidet sich von den technologischen Schwerpunkten her deutlich von der in Deutschland insgesamt. Nordrhein-Westfalen weist klare technologische Schwerpunkte im Bereich der chemischen Technologien (insbesondere organische Chemie, Polymer-technik, Metallchemie) und der Bautechnologien (inkl. Baumaterialien) auf (vgl. Abb. 2.3.14). Außerdem wird in Nordrhein-Westfalen überdurchschnittlich stark im Maschinenbau (insbesondere Handhabungstechnik, in geringerem Ausmaß Werkzeugmaschinen, Textil- und Papiermaschinen, sonstige Spezialmaschinen) sowie bei Möbeln und Spielwaren patentiert.

Dem steht eine stark unterdurchschnittliche Patentaktivität im Bereich Fahrzeugtechnologien (Transporttechnik, Antriebstechnik sowie Maschinenbauelemente, die zu einem guten Teil Motoren- und Getriebebestandteile umfassen) sowie in fast allen Feldern der Elektronik und Informationstechnik sowie der Instrumententechnik (insbesondere Messtechnik und Medizintechnik) gegenüber. Im Bereich der Energie- und Umwelttechnik ist das Bild heterogener: Während die Patentaktivitäten in der Elektrotechnik weniger stark in Nordrhein-Westfalen vertreten sind, sind sie in der Umwelttechnologie und der thermischen Prozesstechnik durchschnittlich.

Abb. 2.3.14: Technologisches Profil der Patentanmeldungen aus Nordrhein-Westfalen nach den 35 WIPO-Technologiefeldern dem 2001-2009 und 2010-2018



Anmeldungen bei DPMA, EPO, WIPO.

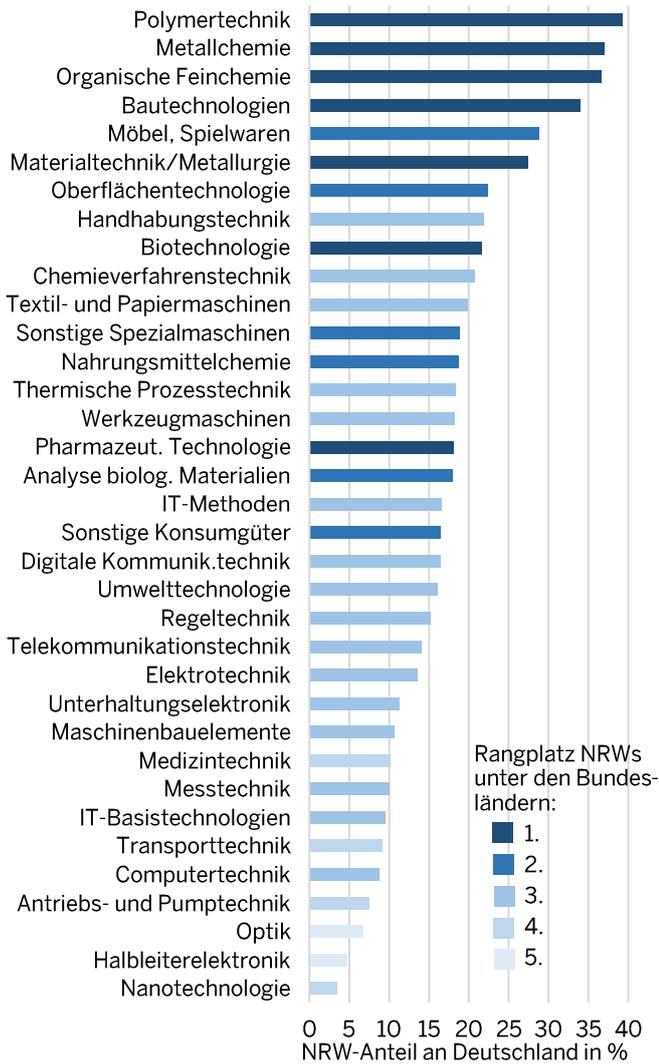
EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

Die Unterschiede zwischen Nordrhein-Westfalen und Deutschland im technologischen Profil werden im Wesentlichen durch die Patentaktivitäten der Länder Baden-Württemberg und Bayern getrieben. Diese weisen eine sehr starke Ausrichtung auf Fahrzeugtechnologien sowie Maschinenbau (Baden-Württemberg) bzw. Elektronik und Informationstechnik (Bayern) auf.

Vergleicht man das technologische Profil im Zeitraum 2010-2018 mit dem des Zeitraums 2001-2009, so hat sich im Bereich der Fahrzeugtechnologien (Transporttechnik, Antriebstechnik, Maschinenbauelemente) die negative Spezialisierung, d.h. die unterdurchschnittliche Patentaktivität, verstärkt. In einigen Feldern mit einer positiven Spezialisierung hat diese weiter zugenommen, so in der organischen Feinchemie, der Handhabungstechnik, dem Bereich Möbel und Spielwaren sowie den Bautechnologien. In kleineren Feldern der Elektronik und Informationstechnik hat sich die negative Spezialisierung auf ein durchschnittliches Niveau verringert, so in der Telekommunikationstechnik, der digitalen Kommunikationstechnik und den IT-Basistechnologien.

Nordrhein-Westfalen ist dagegen in sieben Feldern das patentierungsstärkste Bundesland (vgl. Abb. 2.3.15): Biotechnologie, pharmazeutische Technologien, Polymertechnik, organische Feinchemie, Materialtechnik/Metallurgie, Metallchemie und Bautechnologien. In vier Feldern liegt Nordrhein-Westfalen dagegen nicht nur hinter Bayern und Baden-Württemberg, sondern noch einem weiteren Land zurück: Halbleiterelektronik (Sachsen), Medizintechnik (Hessen), Nanotechnologie (Sachsen) sowie Antriebs-/Pumpentechnik und Transporttechnik (jeweils Niedersachsen). In der Optik belegt Nordrhein-Westfalen den fünften Rang im Ländervergleich, hinter Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen und Hessen.

Abb. 2.3.15: Anteil Nordrhein-Westfalens an allen Patentanmeldungen in Deutschland nach 35 WIPO-Technologiefeldern



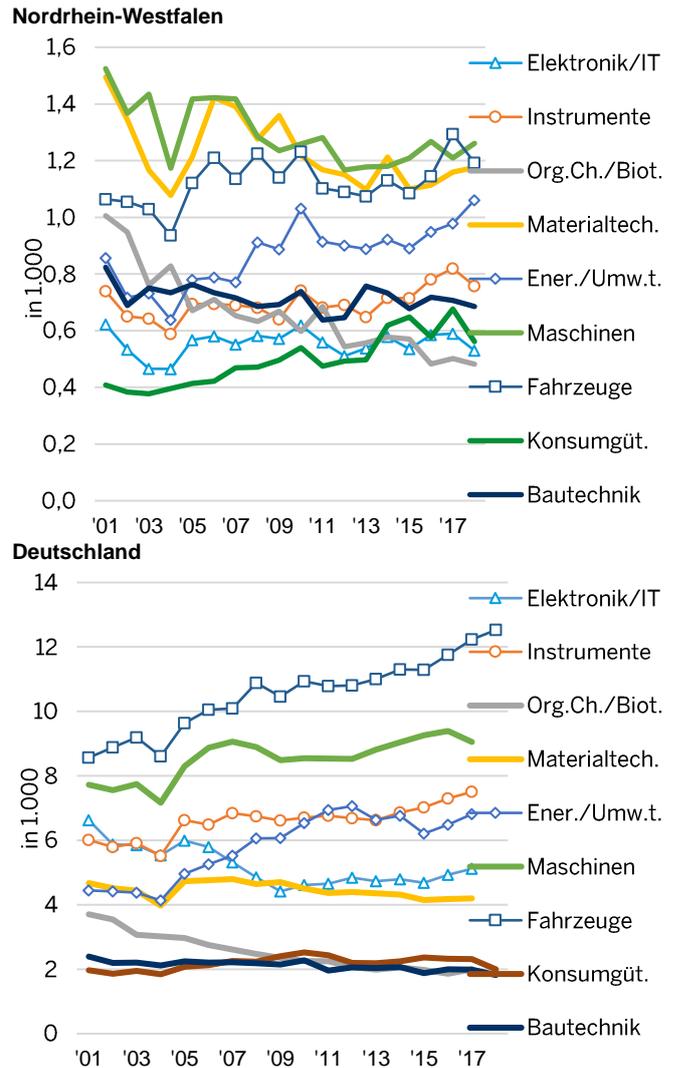
Anmeldungen der Jahre 2001-2020 bei DPMA, EPO, WIPO.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

Die Entwicklung der Patentanmeldungen nach Haupttechnologiegruppen zeigt keine klaren Trends für Nordrhein-Westfalen. Von den fünf Gruppen, in denen Nordrhein-Westfalen eine überdurchschnittliche Patentaktivität aufweist⁸, zeigt sich im Zeitraum 2001-2017 nur für die Konsumgüter eine Zunahme der Patentanmeldezahlen (vgl. Abb. 2.3.16). Im Bereich Maschinen und in der Bautechnik blieben die jährlichen Patentanmeldezahlen im Wesentlichen konstant, was der Entwicklung in Deutschland insgesamt entspricht. In der Materialtechnologie und in der organischen Chemie/Biotechnologie zeigt sich ein rückläufiger Trend. Für die organischen Chemie/Biotechnologie entspricht dies dem deutschlandweiten Trend, während im Bereich der Materialtechnologie in Deutschland die Patentanmeldezahlen tendenziell konstant blieben.

In den Gruppen mit einer insgesamt unterdurchschnittlichen Patentaktivität zeigen sich leicht ansteigende Trends für die Fahrzeugtechnologien und die Energie- und Umwelttechnik. In Deutschland insgesamt war dieser Anstieg aber ausgeprägter. Für Instrumente und Elektronik/IT blieben die jährlichen Patentanmeldezahlen tendenziell konstant, allerdings ist am aktuellen Rand ein Anstieg zu beobachten. Dem steht für Deutschland insgesamt ein ansteigender Trend für Instrumente und ein abnehmender für Elektronik/IT gegenüber.

Abb. 2.3.16: Patentanmeldungen 2001 bis 2018 in Nordrhein-Westfalen und Deutschland nach Haupttechnologiegruppen



Anmeldungen bei DPMA, EPO, WIPO. Anmeldezahlen für 2018 auf Basis der Entwicklung 2016-2017 hochgerechnet.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

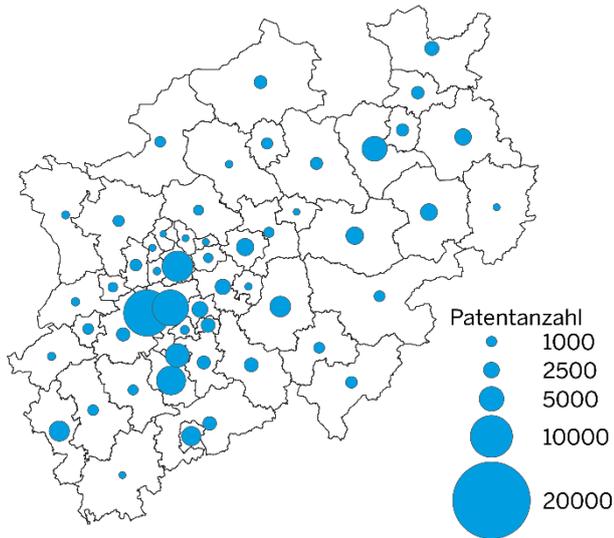
Regionale Netzwerkstrukturen und Ankerpatente

Die Patentanmeldungen in Nordrhein-Westfalen konzentrieren sich räumlich stark auf das Rheinland. Die Kreise mit den höchsten Anmeldezahlen im Zeitraum 2001-2017 waren Düsseldorf, Mettmann, Essen, Köln und Leverkusen (vgl.

⁸ Stark gedruckte Linien in Abb. 2.3.16: organische Chemie/Biotechnologie, Materialtechnologien, Maschinen, Bautechnik, Konsumgütertechnik.

Abb. 2.3.17). Diese Verteilung ist stark durch die Standorte der großen patentanmeldenden Unternehmen bestimmt. In den ländlich geprägten Kreisen wie Euskirchen und Höxter, aber auch in zahlreichen Städten des Ruhrgebiets (Bottrop, Hamm, Gelsenkirchen, Herne, Hagen) ist der Umfang der Patentaktivitäten gering.

Abb. 2.3.17: Verteilung der absoluten Anzahl von Patentanmeldungen durch Anmeldende aus Nordrhein-Westfalen nach Kreisen

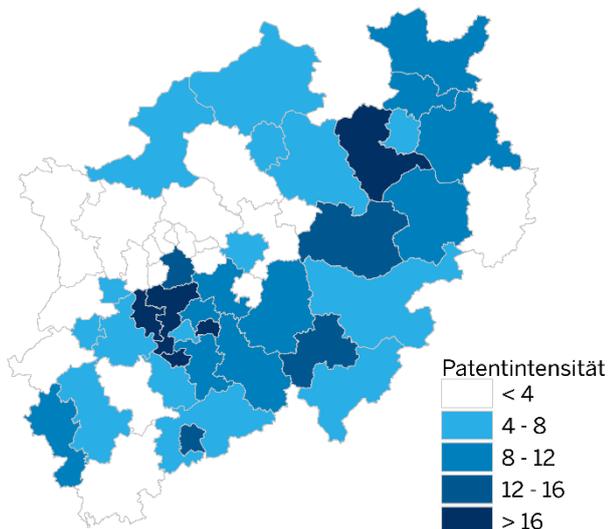


Anmeldungen der Jahre 2001-2018 bei DPMA, EPO, WIPO.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

Setzt man die Patentanmeldungen in Bezug zur Einwohnerzahl, erhält man ein Maß für die regionale Patentintensität. Die höchsten Werte zeigen sich für Leverkusen, Düsseldorf und Mettmann (vgl. Abb. 2.3.18). Hohe Werte sind außerdem für Remscheid, Gütersloh, Essen, Soest und den Märkischen Kreis zu beobachten. Die niedrigsten Patentintensitäten weisen Hamm, Bottrop, Gelsenkirchen Euskirchen, Hagen, Höxter, Kleve, Coesfeld, Oberhausen, Herne Recklinghausen und Heinsberg auf.

Abb. 2.3.18: Patentanmeldungen je 1.000 Einwohner ("Patentintensität") in Nordrhein-Westfalen nach Kreisen



Anmeldungen der Jahre 2001-2018 bei DPMA, EPO, WIPO.

EPO: Patstat, Berechnungen des ZEW.

Die Zahl der Patentanmeldungen, die andere Patente zitieren oder von anderen Patentanmeldungen zitiert wurden, kann als ein Maß der technologischen Vernetzung verwendet werden. Eine regionale Zuordnung der zitierenden und der zitierten Patente gibt Auskunft über regionale Netzwerkstrukturen. Für die Patentanmeldungen im Zeitraum 2001 bis 2017 ist diese Vernetzung, wenn man die Anzahl der zitierenden und zitierten Patente addiert, im Kreis Mettmann am höchsten (Tab. 2.3.1).

Tab. 2.3.1: Kreise in Nordrhein-Westfalen mit einer besonders hohen technologischen Vernetzungsintensität, 2001 bis 2017, in %

Kreis	Zitierende Patente	Zitierte Patente	Patentintensität
Mettmann	25,7	21,8	33,9
Paderborn	23,8	21,2	15,9
Olpe	25,8	19,1	15,2
Wuppertal	23,2	21,0	12,2
Soest	22,2	20,7	16,1
Essen	26,0	15,6	21,3
Gütersloh	22,4	19,1	21,5
Leverkusen	21,6	19,2	62,8
Remscheid	22,8	17,6	32,4
Warendorf	20,8	19,6	11,9

Zitierende Patente: Anteil der Patentanmeldungen der Jahre 2001-2017 bei DPMA, EPO, WIPO, die Patente aus Nordrhein-Westfalen zitieren.

Zitierte Patente: Anteil der Patentanmeldungen der Jahre 2001-2017 bei DPMA, EPO, WIPO, die von Patenten aus Nordrhein-Westfalen zitiert wurden.

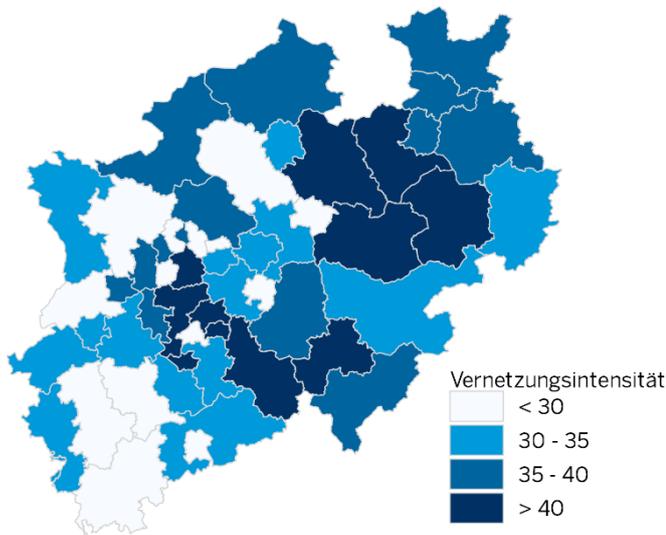
Patentintensität: Patentanmeldungen je Einwohner (alle Patente).

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW und nach Angaben des Europäischen Patentamts.

Eine hohe Vernetzungsintensität zeigt sich außerdem in den Kreisen Paderborn, Olpe und Wuppertal. In all diesen Regionen ist sowohl der Anteil der zitierenden als auch der Anteil der zitierten Patentanmeldungen überdurchschnittlich hoch. Eine besondere Situation zeigt sich für Essen, das einen sehr hohen Anteil von zitierenden Patenten und einen nur durchschnittlichen für zitierte Patente aufweist. Bei der Interpretation dieser Kennzahlen ist zu beachten, dass viele Patentzitationen zwischen Patenten ein und desselben Anmeldenden stattfinden und dass ältere Patente deshalb mehr Zitationen einsammeln können.

Die Intensität der technologischen Vernetzung zwischen Patentanmeldenden aus Nordrhein-Westfalen ist in zwei Teilregionen des Landes besonders hoch: zum einen in einem Halbkreis, der von Olpe im Südosten bis Essen im Norden reicht, zum anderen in den vier Kreisen Gütersloh, Paderborn, Soest und Warendorf im östlichen Teil NRWs (Abb. 2.3.19).

Abb. 2.3.19: Intensität der technologischen Vernetzung zwischen Patentanmeldenden aus Nordrhein-Westfalen nach Kreisen, 2011 bis 2017



Vernetzungsintensität: Anmeldungen der Jahre 2001-2017 bei DPMA, EPO, WIPO, die Patente von Anmeldenden aus Nordrhein-Westfalen zitieren oder in Patentanmeldungen aus Nordrhein-Westfalen zitiert werden.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW und nach Angaben des Europäischen Patentamts.

Patente, die besonders häufig in anderen Patenten zitiert wurden und daher als technologisch besonders zentral oder bedeutend betrachtet werden können ("Ankerpatente"), entfallen auf eine relativ kleine Anzahl unterschiedlicher Anmeldender. Ganz klar an der Spitze steht der Bayer-Konzern, wobei insbesondere Patente der Bayer-Spare Crop Science häufig unter den 100 am häufigsten zitierten Patenten aus Nordrhein-Westfalen zu finden sind. Drei weitere Chemieunternehmen, die Bayer-Ausgründung Cognis sowie Evonik (einschließlich Vorgängerunternehmen und zwischenzeitlich übernommene Unternehmen) und Henkel weisen mehrere sehr oft zitierte Patente auf (Tab. 2.3.2).

Tab. 2.3.2: Anmeldende der 100 am häufigsten zitierten Patente aus Nordrhein-Westfalen, 2001 bis 2017

Anmeldender	Anzahl Top-100 zitierte Patente	Anzahl zitierte Patente weltweit	Anzahl zitierte Patente aus NRW
Bayer	65	9165	4974
Evonik	7	744	194
Cognis	4	694	9
Henkel	7	635	292
Sony Deutschland	1	215	0
Vorwerk	2	147	107
Universität Duisburg-Essen	1	146	0
DLR	1	128	0
Deutsche Telekom	1	126	0
FEV	1	118	23
Miltenyi Biotec	1	99	20
Karl Swiontek	1	84	6
Kiekert	1	82	2
OLEDWorks / Philips	1	72	0
Vodafone	1	72	0
Fritz Blanke	1	71	0
AplaGen	1	68	3
Brose	1	68	8
Grünenthal	1	68	50
Hella	1	62	18

Patentanmeldungen der Jahre 2001-2017 bei DPMA, EPO, WIPO durch Anmeldende aus Nordrhein-Westfalen, die weltweit am häufigsten in anderen Patenten zitiert wurden.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW und nach Angaben des Europäischen Patentamts.

Die 100 Patente von NRW-Anmeldenden mit der höchsten Anzahl weltweiter Zitate durch andere Patente werden häufig von Anmeldenden aus Nordrhein-Westfalen zitiert. Dies gilt insbesondere für die Top zitierten Patente von Bayer. Diese Zitate finden sich überwiegend in anderen von Bayer angemeldeten Patenten. Für andere Anmeldende der Top-100 zitierten Patente sind dagegen nur wenige Zitate durch Anmeldende aus NRW zu beobachten. Dies gilt z.B. für fast alle Cognis-Patente.

Unter den 100 weltweit am häufigsten zitierten NRW-Patenten finden sich zwei aus der öffentlichen Forschung. Ein 2013 vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) angemeldetes Patent betrifft ein minimalinvasives Instrument für die robotische Chirurgie. Von der Universität Duisburg-Essen wurde 2010 eine Vorrichtung zur Erzeugung eines alternierenden Magnetfelds und zur Bereitstellung einer Wirkleistung aus einem alternierenden Magnetfeld als Patent angemeldet.

2.4 Wissens- und technologieorientierte Unternehmensgründungen

In der wissenschaftlichen und politischen Diskussion wird der Gründungsdynamik im Unternehmenssektor einer Volkswirtschaft eine hohe Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit, die Innovationstätigkeit, den Strukturwandel und die Generierung von Beschäftigung zugeschrieben. Die Gründung neuer Unternehmen – insbesondere in technologie- und wissensintensiven Branchen – gilt als wichtiger Transmissionsmechanismus, durch den neues technologisches Wissen in innovativen Produkten, Dienstleistungen oder Produktionsprozessen vermarktet bzw. umgesetzt werden kann. Neben den unmittelbaren Wirkungen durch die Innovativität der Prozesse, Produkte

und Dienstleistungen besteht ein zweiter Wirkungskanal über den Wettbewerb mit etablierten Unternehmen. Junge innovative Gründungen, so die Hoffnung auf Seiten der Wirtschaftspolitik – treiben etablierte Unternehmen in ihren Innovationsaktivitäten an und beleben so einerseits den Wettbewerb im Produktmarkt und andererseits den technologischen Wandel.

Diese übergeordnete Bedeutung von Gründungen für das Innovationsystem einer Volkswirtschaft gilt auch auf regionaler Ebene. So ist die Gründungstätigkeit in einer Region Ausdruck der lokalen Bedingungen vor Ort die über die Attraktivität als

Unternehmensstandort bestimmen. Dabei gibt es nachfrage- und angebotsseitige Bedingungen. Zu nachfrageseitigen Bedingungen gehören der Zugang zum relevanten Markt, Nachfragevolumen oder Kontakte zu potenziellen Kunden. Zu angebotsseitigen Bedingungen zählen die Verfügbarkeit qualifizierter Mitarbeitender, der Zugang zu Kapital und externem Wissen, ein dynamisches Umfeld in den für die Unternehmen relevanten Technologiefeldern und das Vorhandensein unternehmensrelevanter Netzwerke.

Für den Innovationsbericht Nordrhein-Westfalen werden wissens- und technologieorientierte Gründungen - nationalen und internationalen Gepflogenheiten folgenden (vgl. Bersch et al. 2021) - über Unternehmensgründungen in Branchen, die sich durch eine hohe Forschungs-, Wissens- und Innovationsintensität auszeichnen, abgegrenzt. Diese Branchen umfassen

- die Hightech-Industrie (d.h. die forschungsintensiven Bereiche des verarbeitenden Gewerbes),
- die Softwareindustrie (Softwareprogrammierung),
- sonstige technische Dienstleistungen (IT-Dienstleistungen ohne Software, Ingenieurbüros und technisch-wissenschaftliche Labore, FuE-Dienstleistungen),
- sonstige wissensintensive Dienstleistungen (Unternehmensberatung, Werbung, sonstige kreative Dienstleistungen).

Wissens- und technologieorientierte Gründungen stellen lediglich eine (eher kleine) Teilmenge aller Gründungen dar. Von den zuletzt (2019) ca. 163.000 originären Unternehmensgründungen pro Jahr in Deutschland entfallen 0,7 Prozent Gründungen auf die Hightech-Industrie 2,0 Prozent auf die Softwareindustrie, 4,4 auf sonstige technische Dienstleistungen und 6,0 % auf sonstige wissensintensive Dienstleistungen. Auch wenn Gründungen in den innovationsorientierten Branchen für die innovative Erneuerung der Wirtschaft eine besondere Bedeutung einnehmen, dürfen die übrigen Gründungen nicht außer Acht gelassen werden. Diese „normalen“ Gründungen sind – schon allein wegen ihrer großen Anzahl – für die wirtschaftliche Entwicklung und insbesondere die Schaffung von Arbeitsplätzen ebenfalls von großer Bedeutung.

Darüber hinaus stellen die nicht wissens- und technologieorientierten Branchen einen nicht unerheblichen Teil der gewerblichen Nachfrager für die Produkte und Dienstleistungen der jungen Unternehmen aus den forschungs- und wissensintensiven Branchen dar. Gerade für die Diffusion neuer Produktfelder und Technologien sind als Nachfrager nicht nur die etablierten, sondern auch die jungen Unternehmen aus Nicht-Hightech-Branchen von Bedeutung, die als Vertriebsunternehmen oder als Dienstleister für Konsumenten die Entwicklungen der Hightech-Gründungen in ihren Prozessen aufgreifen

oder als Produkt-Dienstleistungspakete vermarkten. Nicht zuletzt gibt die Gründungstätigkeit in nicht technologie- und wissensintensiven Sektoren auch bereits einen Hinweis auf die Beschäftigungs- und Arbeitsmarktsituation in einer Region, da Unternehmen häufig nicht nur zum Zwecke der Umsetzung konkreter Geschäftsideen, sondern auch als Alternative zu abhängiger Beschäftigung gegründet werden.

Für den Indikatorenteil des Innovationsberichts zum Gründungsgeschehen in Nordrhein-Westfalen werden im Berichtsjahr 2021 zwei Teilaspekte auf Basis aktueller Zahlen zum Jahr 2019 betrachtet:

- Gründungstätigkeit insgesamt
- Wissens- und technologieorientierte (WuT) Gründungen und ihr Beschäftigungsbeitrag

Die Darstellungen zu den Aspekten Wachstum von jungen Unternehmen, Wagniskapitalfinanzierung junger Unternehmen, digitale Geschäftsmodelle und FuE-Aktivitäten von Gründungen, Spin-off Gründungen aus der Wissenschaft sowie die Rolle von Inkubatoren und Acceleratoren entsprechend dem Stand des Vorjahresberichts. Eine vertiefte Darstellung des Gründungsgeschehens im Bereich forschungs- und wissensintensiver Wirtschaftszweige in Bezug auf diese Aspekte erfolgt im nächstjährigen Innovationsbericht, der einen Schwerpunktteil zur wirtschaftlichen Dynamik in NRW durch technologie- und wissensintensive Gründungen enthalten wird.

Die Datengrundlage der Analysen bildet das MUP des ZEW (vgl. Kasten unten). Unter dem Begriff „Gründungen“ werden hier ausschließlich originäre Gründungen verstanden. Das sind tatsächlich wirtschaftsaktive Unternehmen, die auf eine langfristige Existenz am Markt ausgerichtet sind und mindestens dem Unternehmer (oder den Unternehmern) eine Vollerwerbsexistenz sichern sollen. Reine Gewerbeanmeldungen oder „prekäre“ Selbstständigkeitsverträge werden hier nicht betrachtet, freiberufliche selbstständige Tätigkeiten nur, wenn sie als Unternehmen organisiert sind.

Mannheimer Unternehmenspanel des ZEW

Das **Mannheimer Unternehmenspanel (MUP)** ist deutschlandweit die umfangreichste Mikrodatenbasis von Unternehmen (vgl. Bersch et al. 2014b). Zweimal jährlich übermittelt Creditreform einen Komplettabzug seiner umfangreichen Datenbank zur Nutzung für wissenschaftliche Zwecke an das ZEW. Die Speicherung der einzelnen Querschnitte als Panel ermöglicht auch Längsschnittanalysen. Das MUP bildet die Grundgesamtheit der Unternehmen in Deutschland ab – inklusive Kleinunternehmen und selbstständiger Freiberufler. Die statistische Einheit des MUP ist das rechtlich selbstständige Unternehmen. Creditreform erfasst alle Unternehmen in Deutschland, die in einem „ausreichenden Maße“ wirtschaftsaktiv sind. Um die Unternehmensdaten für die Nutzung als analysefähiges Panel und insbesondere für die Bestimmung der jährlichen Gründungs- und Schließungszahlen nutzbar zu machen, durchlaufen die Daten am ZEW verschiedene Aufbereitungsprozesse: Bereinigung um Fehleinträge, Herausnahme von Mehrfacherfassungen, Ermittlung des Existenzstatus, Zuordnung zur Hochtechnologiesystematik und der Wissensintensitätssystematik (vgl. Gehrke et al. 2013).

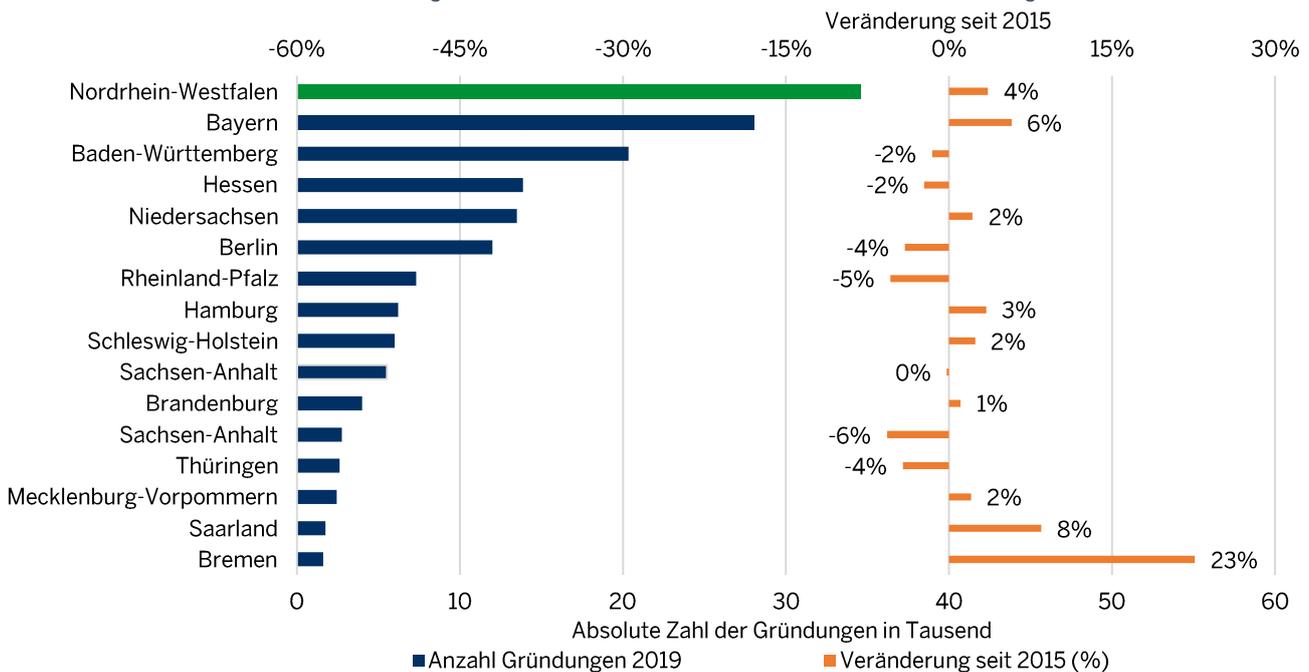
Das MUP enthält aktuell Informationen zu knapp 8,9 Millionen Unternehmen in Deutschland. Davon waren Ende 2019 ca. 3 Millionen im Markt aktiv. Rund 700.000 der wirtschaftsaktiven Unternehmen in Deutschland hatten ihren Sitz in Nordrhein-Westfalen.

**Allgemeine Gründungstätigkeit nach Branchen-
gruppen und Regionen**

Im Jahr 2019 fanden in Nordrhein-Westfalen ca. 35.000 originäre Unternehmensgründungen statt (Abb. 2.4.1). Damit erfolgten 21,3 % aller originären Unternehmensgründungen in Deutschland (insgesamt ca. 163.000) in Nordrhein-Westfalen. Hinter NRW folgen Bayern (17,3%) und Baden-Württemberg (12,5%). Weitere Länder mit hohen absoluten Gründungszahlen sind Hessen (8,5% aller Gründungen in Deutschland), Niedersachsen (8,3%) und Berlin (7,4%). In den vergangenen vier Jahren hat sich die Gründungstätigkeit in Nordrhein-Westfalen positiv entwickelt. Die Anzahl der Gründungen nahm um 4% zu. Unter den westlichen Bundesländern weisen nur Bremen, das Saarland und Bayern höhere Wachstumsraten auf, während in Baden-Württemberg, Hessen, Berlin und Rheinland-Pfalz die Anzahl der originären Unternehmensgründungen seit 2015 rückläufig war.

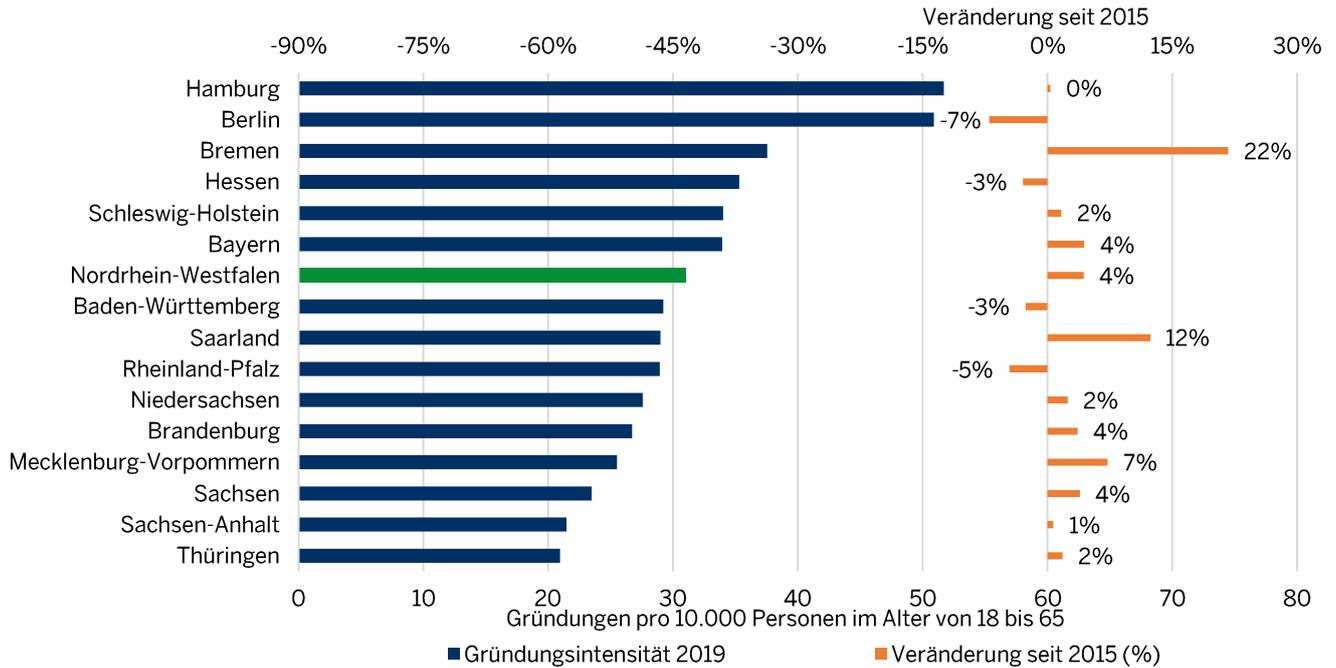
Um das Gründungsgeschehen in Nordrhein-Westfalen im Vergleich zu anderen Bundesländern einzuordnen, ist es nötig, die unterschiedliche Größe der Länder zu berücksichtigen. In der Gründungsforschung wird hierzu die Anzahl der Erwerbsbevölkerung herangezogen, da diese jenen Personenkreis umfasst, die grundsätzlich als Gründerinnen und Gründer in Frage kommen. In Abbildung 2.4.2 werden daher die absoluten Gründungszahlen in Relation zur Anzahl der Wohnbevölkerung im Alter von 18 bis 65 Jahren gesetzt ("Gründungsintensität").

Abb. 2.4.1: Absolute Anzahl der Gründungen nach Bundesländern im Jahr 2019 und Veränderung seit 2015



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Abb. 2.4.2: Gründungsintensität nach Bundesländern im Jahr 2019 und Veränderung der Gründungsintensität seit 2015

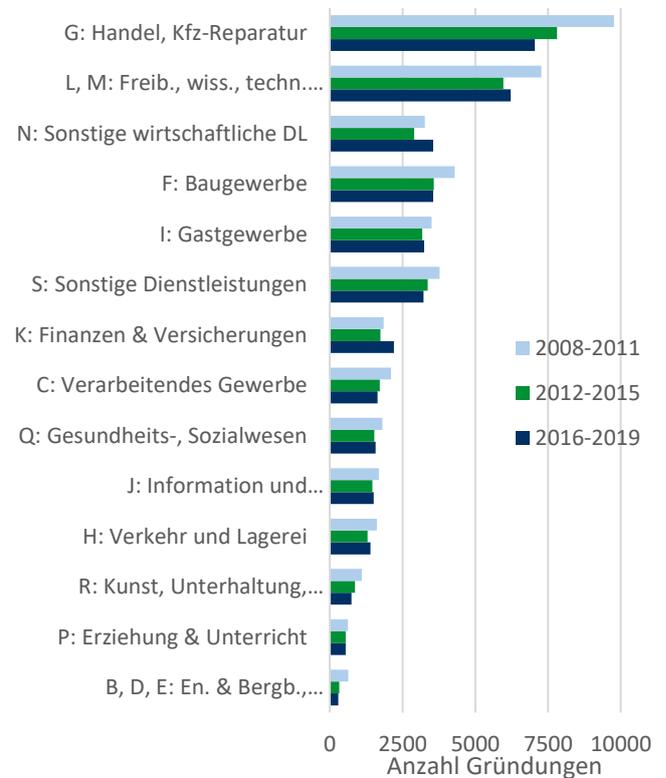


Gründungsintensität: Anzahl Gründungen je 10.000 Personen im erwerbsfähigen Alter

Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Gründungstätigkeit in Nordrhein-Westfalen konzentriert sich - wenn man die absoluten Gründungszahlen betrachtet (vgl. Abb. 2.4.3) - stark auf Handel und Dienstleistungen. Der Wirtschaftsbereich mit der höchsten Anzahl originärer Unternehmensgründungen im Jahr 2019 war der Handel (inkl. Kfz-Reparatur). Dahinter folgen die freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen (inkl. des Bereichs Wohnungswesen), die sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen (u.a. Gebäudedienstleistungen, Arbeitnehmerüberlassung, Reisedienstleistungen und sonstige Unternehmensdienste), das Baugewerbe, das Gastgewerbe und der Bereich der sonstigen Dienstleistungen (u.a. persönliche Dienstleistungen wie Frisöre). Gründungen im Bereich des verarbeitenden Gewerbes spielen nur eine untergeordnete Rolle im Gründungsgeschehen.

Abb. 2.4.3: Anzahl Unternehmensgründungen pro Jahr (4-Jahresdurchschnitte) in NRW nach Hauptwirtschaftszweigen

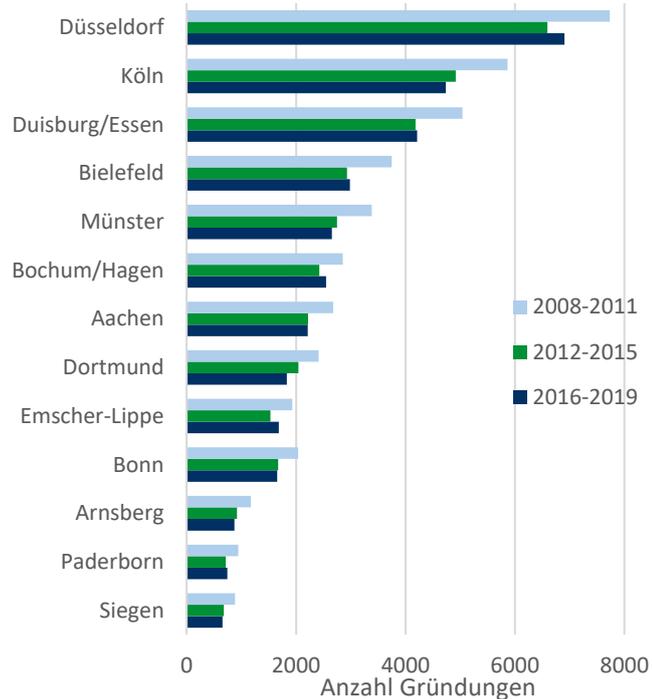


Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Im Vergleich der Zeiträume 2008-2011 und 2016-2019 hat die Gründungstätigkeit in den meisten Hauptwirtschaftszweigen abgenommen. Zuwächse verzeichnen die sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen und der Bereich Finanzen und Versicherungen, zu denen u.a. die Finanzberatung und Versicherungsvermittlung zählt. Im Vergleich der Zeiträume 2012-2015 und 2016-2019 sind für eine deutlich größere Anzahl von Hauptwirtschaftszweigen steigende Gründungszahlen für NRW zu beobachten, so im Bereich Information und Kommunikation, Logistik (Verkehr und Lagerei), Gastgewerbe sowie freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen.

Auch auf regionaler Ebene zeigt sich im Vergleich der Zeiträume 2008-2011 und 2016-2019 eine rückläufige Gründungstätigkeit in allen Raumordnungsregionen Nordrhein-Westfalens (Abb. 2.4.4). Bei einem Vergleich der aktuellen Periode 2016-2019 mit den Jahren 2012-2015 weisen einige Regionen ansteigende Gründungszahlen auf. Dazu zählen die Region Düsseldorf, die in allen drei Perioden die höchsten absoluten Gründungszahlen in NRW zeigt, sowie die Ruhrgebietsregionen Duisburg/Essen, Bochum/Hagen, Emscher-Lippe. Leicht ansteigende Gründungszahlen melden außerdem Bielefeld und Paderborn.

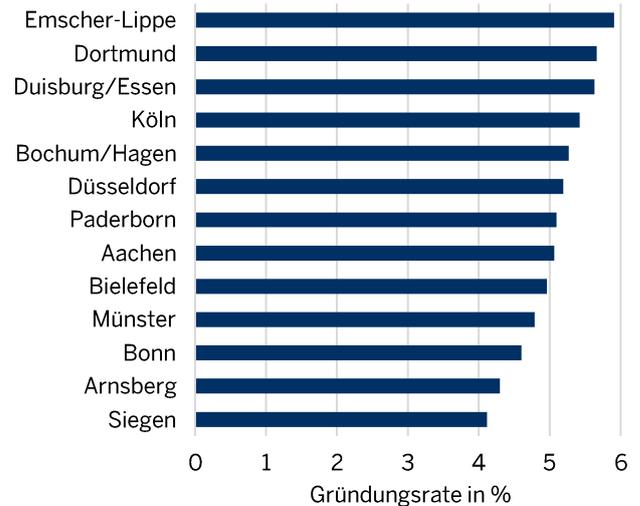
Abb. 2.4.4: Anzahl Unternehmensgründungen pro Jahr (4-Jahresdurchschnitte) nach Raumordnungsregionen in NRW



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Gründungsintensität war im Zeitraum 2016-2019 in den Ruhrgebietsregionen Emscher-Lippe, Dortmund und Duisburg/Essen am höchsten. Dahinter folgen Köln, Bochum/Hagen und Düsseldorf. Die niedrigsten Gründungsintensitäten weisen die Regionen Arnsberg und Siegen auf.

Abb. 2.4.5: Gründungsrate im Durchschnitt der Jahre 2016-2019 nach Raumordnungsregionen in NRW



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

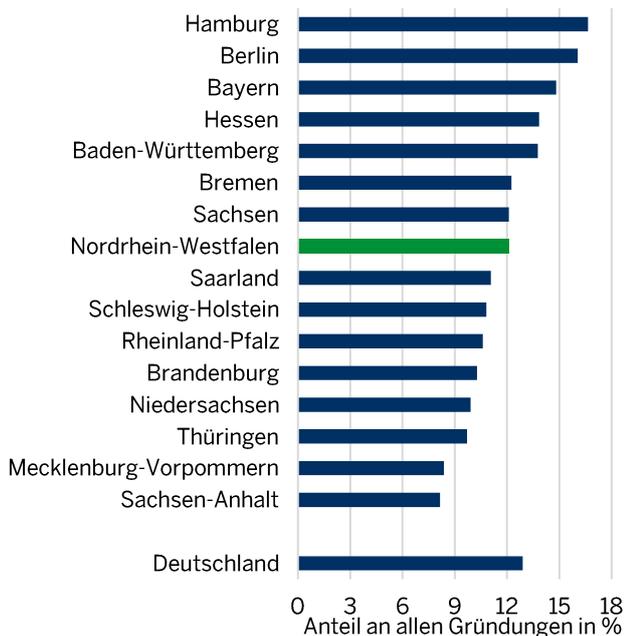
Gründungstätigkeit in den wissens- und technologieorientierten (WuT) Branchen

Aus Sicht der technologischen Entwicklung sind Gründungen in den Hightech-Branchen des verarbeitenden Gewerbes und in den wissens- und technologieorientierten (WuT) Branchen von besonderem Interesse. Gründungen in diesen Branchen weisen wegen der tendenziell überproportional steigenden Nachfrage nach technologie- und wissensintensiven Gütern ein höheres Wachstumspotenzial auf. Gleichzeitig tragen sie wesentlich zur Entwicklung neuer Technologien und zur Erschließung neuer Innovationsfelder in diesen Branchen bei, was wiederum zusätzliche Nachfrage und damit Wachstum generieren kann.

In der Hightech-Industrie wurden 2019 deutschlandweit knapp 1.200 Unternehmen gegründet. Im Softwarebereich waren es knapp 3.300, in den sonstigen technischen Dienstleistungen gab es gut 7.100 Neugründungen. Den größten Zweig innerhalb der WuT-Branchen bilden die sonstigen wissensintensiven Dienstleistungen, hier wurden 2019 rund 9.800 Unternehmen gegründet.

Der Anteil der WuT-Gründungen an allen Gründungen lag im Durchschnitt der Jahre 2016-2019 in Deutschland bei 12,9%. In Nordrhein-Westfalen entfielen 12,1% aller Gründungen auf dieses Segment (Abb. 2.4.6). Deutlich höhere Werte weisen die Stadtstaaten Hamburg und Berlin sowie die Flächenländer Bayern, Hessen und Baden-Württemberg auf.

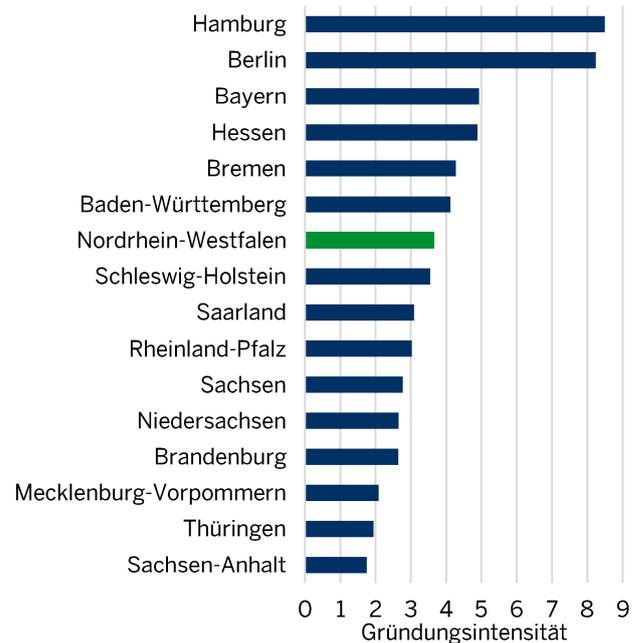
Abb. 2.4.6: Anteil WuT-Gründungen an allen Gründungen (Durchschnitt 2016-2019) nach Bundesländern



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Bezieht man die Anzahl der WuT-Gründungen auf die Anzahl der Erwerbspersonen, so weisen die beiden Stadtstaaten Hamburg und Berlin mit großem Abstand die höchste WuT-Gründungsintensität unter allen Ländern auf (8,5 bzw. 8,2 WuT-Gründungen je 10.000 Erwerbspersonen, vgl. Abb. 2.4.7). Diese beiden Länder haben nicht nur eine generell stark überdurchschnittliche Gründungsintensität, die Gründungstätigkeit konzentriert sich überproportional stark auf den Bereich der WuT-Gründungen. In Nordrhein-Westfalen betrug die WuT-Gründungsintensität 3,6 und liegt damit hinter der der Flächenländer Bayern, Hessen und Baden-Württemberg.

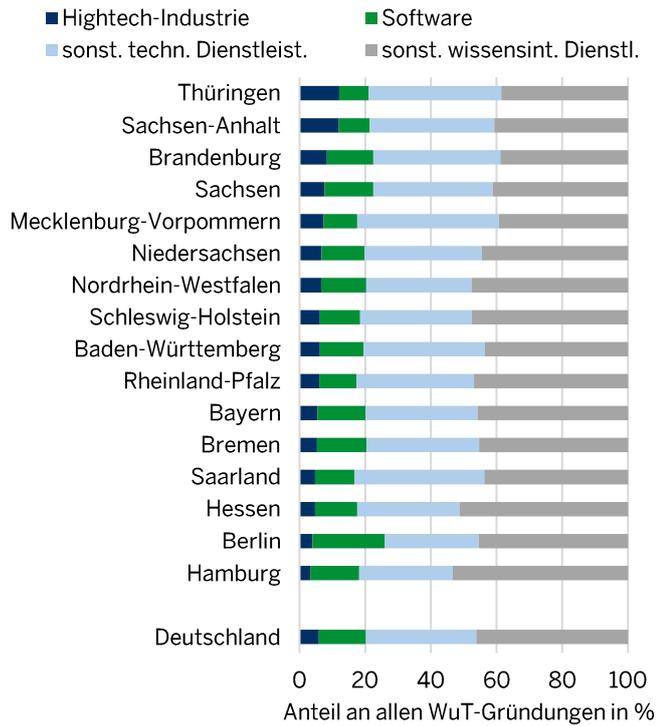
Abb. 2.4.7: WuT-Gründungsintensität (Durchschnitt 2016-2019) nach Bundesländern



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Zusammensetzung der WuT-Gründungen nach den vier Branchengruppen unterscheidet sich zwischen den einzelnen Bundesländern (Abb. 2.4.8). Nordrhein-Westfalen zeigt einen etwas überdurchschnittlichen Anteil von WuT-Gründungen im Bereich der Hightech-Industrie (6,6%, Deutschland: 5,9%) und den sonstigen wissensintensiven Dienstleistungen (Beratung, Kreativdienste - 47,6%, Deutschland: 46,2%). Dem stehen unterdurchschnittliche Strukturanteile der Softwaregründungen (13,7%, Deutschland: 14,3%) und der sonstigen technischen Dienstleistungen (32,1%; Deutschland: 33,6%) gegenüber. Besonders hohe Strukturanteile der Hightech-Industrie innerhalb der WuT-Gründungen weisen die neuen Länder auf, die außerdem für die sonstigen technischen Dienstleistungen (insbesondere Ingenieurbüros) die höchsten Anteilswerte zeigen. Berlin sticht mit einem sehr hohen Anteil von Software-Gründungen hervor, während in Hamburg und Hessen der Anteil der sonstigen wissensintensiven Dienstleistungen an allen WuT-Gründungen mit über 50% sehr hoch ist.

Abb. 2.4.8: Zusammensetzung der WuT-Gründungen (Durchschnitt 2016-2019) nach Bundesländern

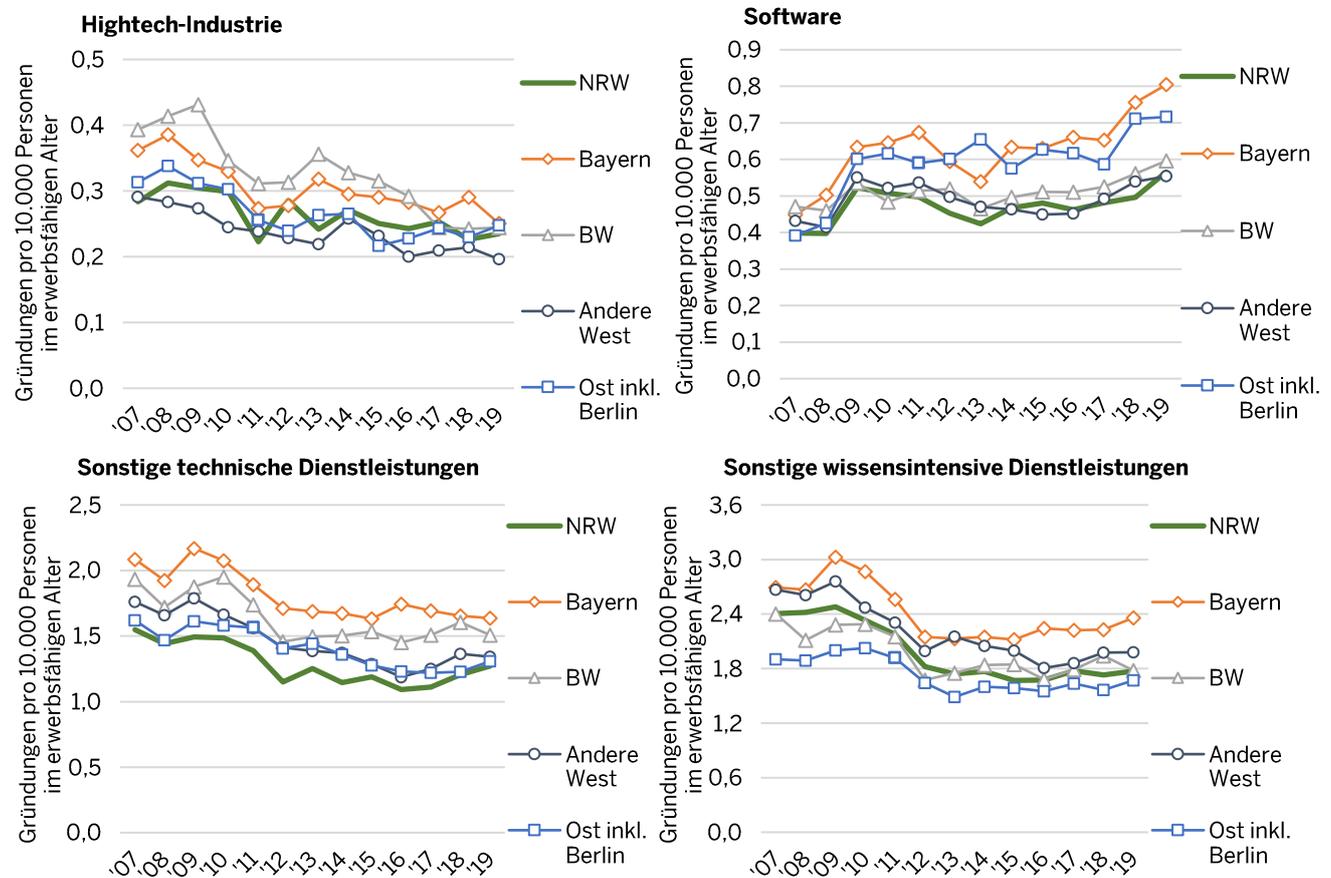


Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Abbildung 2.4.9 zeigt die Entwicklung der Gründungsintensitäten für Nordrhein-Westfalen und Vergleichsregionen für die vier Teilbereiche der WuT-Gründungen für den Zeitraum 2007 bis 2019. Für die Gründungen in der Hightech-Industrie zeigt sich für NRW wie für die Vergleichsregionen ein rückläufiger Trend, der in NRW weniger stark ausgeprägt ist als in Baden-Württemberg und Bayern. Im Softwarebereich nehmen die Gründungsintensitäten tendenziell zu, wobei Nordrhein-Westfalen erst aber 2014 steigende Werte aufweist und hinter dem Zuwachs von Bayern und den Ostländern inkl. Berlins zurückbleibt.

In den sonstigen technischen Dienstleistungen zeigt sich über den gesamten Zeitraum hinweg ebenfalls eine leicht rückläufige Entwicklung der Gründungsintensitäten, wengleich in den Jahren seit 2013 die Werte stabil und in Nordrhein-Westfalen zuletzt sogar ansteigend waren. In den sonstigen wissensintensiven Dienstleistungen nahm die Gründungsintensität von ca. 2009 bis ca. 2012 in allen Regionen deutlich ab und weist ab 2013/14 einen stabilen Trend auf. Dies gilt auch für die Entwicklung in Nordrhein-Westfalen.

Abb. 2.4.9: WuT-Gründungsintensitäten nach Bundesländergruppen 2007-2019



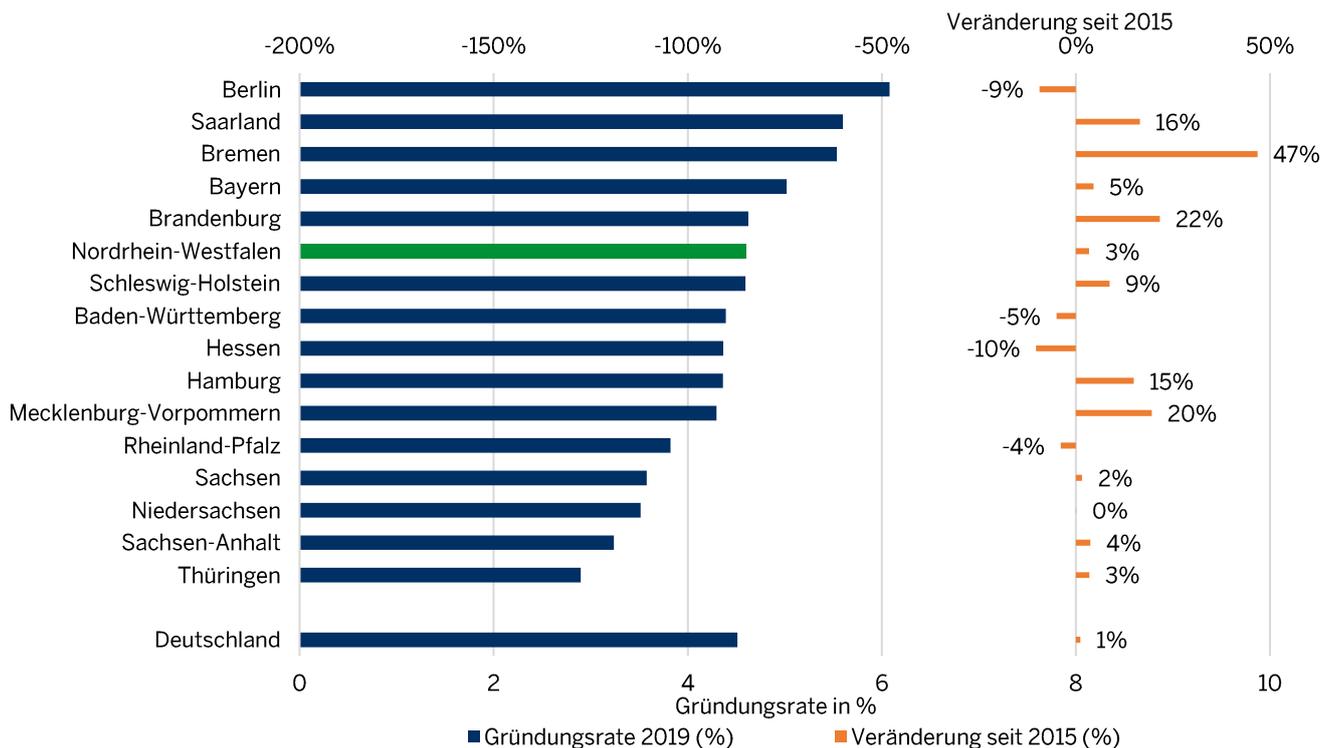
Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Gründungsrate im Bereich der WuT-Gründungen - d.h. das Verhältnis der Anzahl neu gegründeter Unternehmen zum Unternehmensbestand - zeigt an, in welchem Tempo der Unternehmensbestand im WuT-Bereich alleine durch die Neugründungstätigkeit wachsen würde (wenn es nicht gleichzeitig zu Unternehmensschließungen oder anderen Formen von Marktaustritten kommen würde). Im Jahr 2019 wies Nordrhein-Westfalen eine WuT-Gründungsrate von 4,6% auf (Abb. 2.4.10). Dies ist geringfügig höher als der deutsche Durchschnittswert (4,5%). Die höchsten WuT-Gründungsraten zeigen Berlin, das Saarland und Bremen. Vor NRW liegt auch

Bayern, während in Baden-Württemberg und Hessen die WuT-Gründungsraten niedriger als in NRW sind.

Betrachtet man die Veränderung der WuT-Gründungsrate seit 2015, so zeigt sich für Nordrhein-Westfalen eine leichte Zunahme (um 3%), während die WuT-Gründungsrate für Deutschland faktisch konstant blieb. Einige Länder weisen sehr hohe Zunahmen auf, allerdings meist bei einer geringen absoluten Anzahl von WuT-Gründungen.

Abb. 2.4.10: WuT-Gründungsrate nach Bundesländern 2019 und Veränderung seit 2015

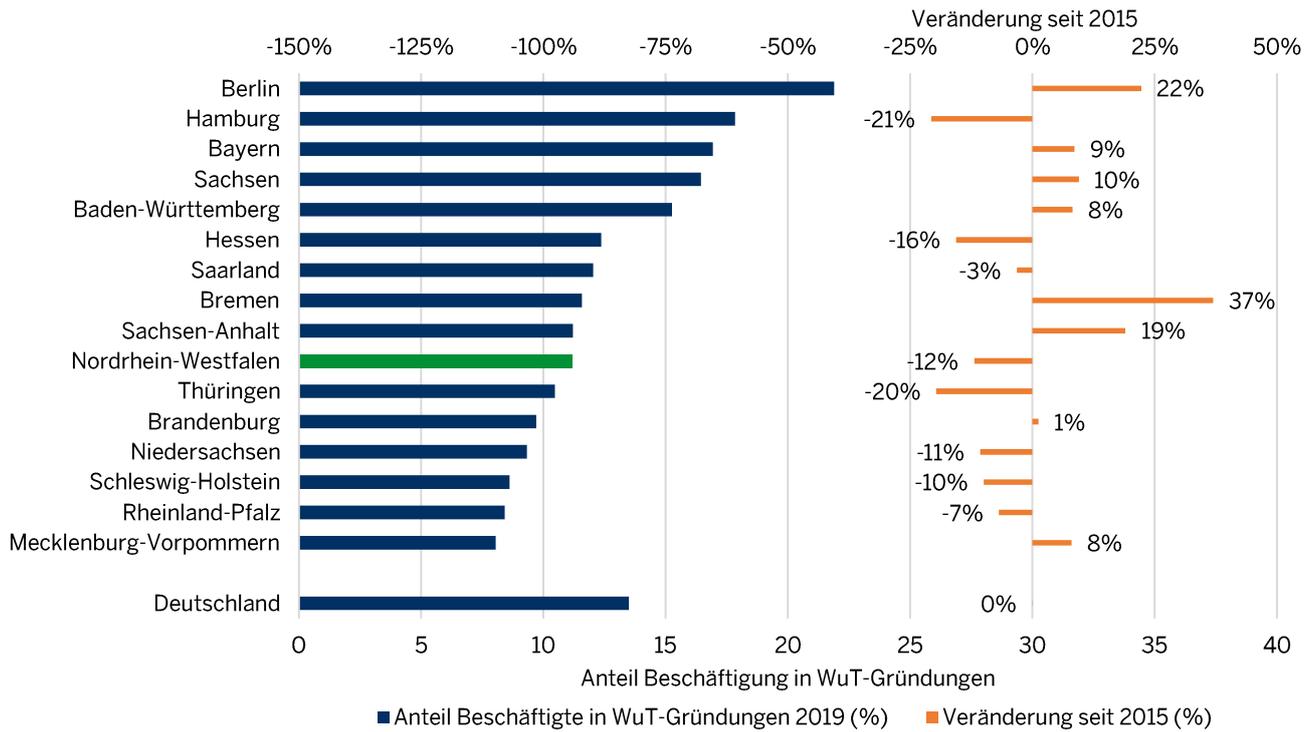


Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Ein weiterer Indikator für die Bedeutung von WuT-Gründungen ist der Anteil der in diesen Gründungen Beschäftigten Personen (inkl. im Unternehmen tätige GründerInnen) an allen Beschäftigten in neu gegründeten Unternehmen. Für Deutschland lag dieser Beschäftigungsanteil der WuT-Gründungen im Jahr 2019 bei 13,5% (Abb. 2.4.11) und damit ähnlich hoch wie der Anteil der WuT-Gründungen an allen Gründungen (13,2%), d.h. WuT-Gründungen beschäftigten im Durchschnitt etwa ähnlich viele Personen wie Gründungen insgesamt. Für Nordrhein-Westfalen beträgt der Beschäftigungsanteil von WuT-Gründungen 11,2% und damit weniger als der Anteil der

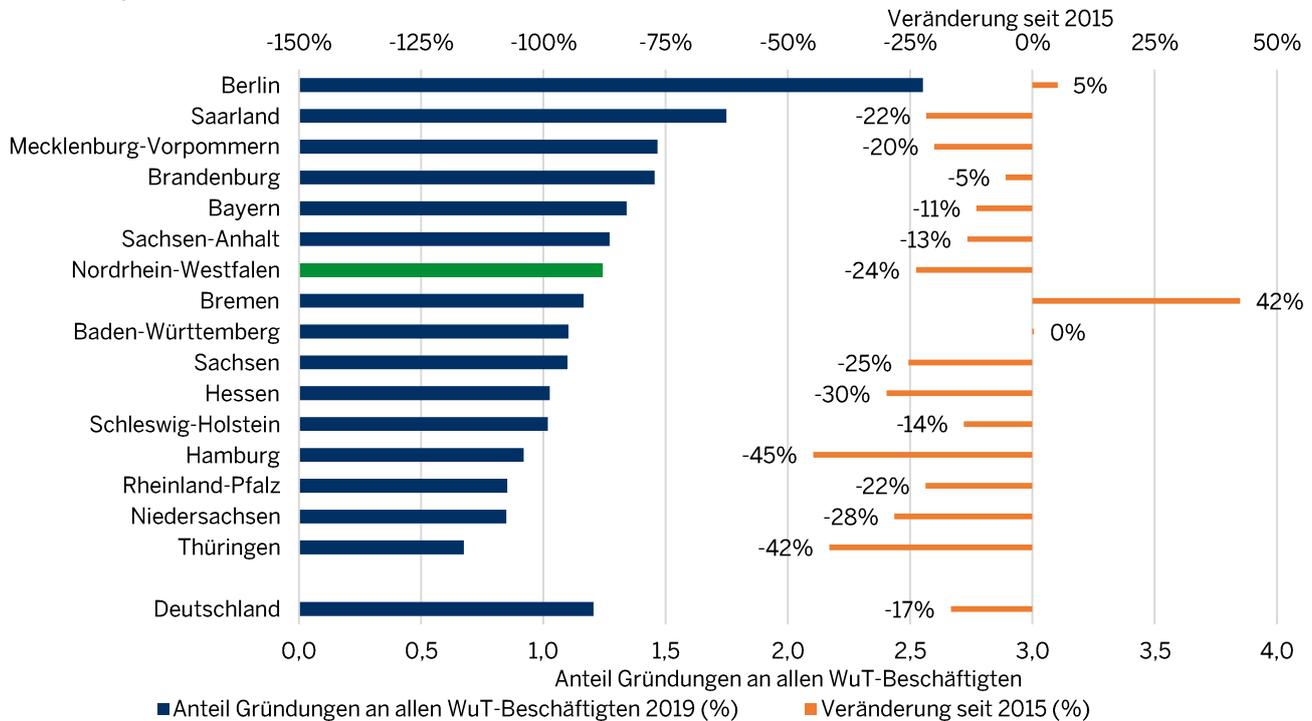
WuT-Gründungen an allen Gründungen (12,4%). Von 2015 bis 2019 ging dieser Anteilswert zudem zurück. Die unmittelbare Beschäftigungswirkung von WuT-Gründungen in NRW ist somit geringer als in vielen anderen Ländern. Besonders hoch ist sie in Berlin. Dort waren 2019 21,9% aller in Gründungen beschäftigten Personen in WuT-Gründungen tätig. Der Anteil der WuT-Gründungen an allen Gründungen betrug dagegen nur 16,6%.

Abb. 2.4.11: Beschäftigte in WuT-Gründungen an allen Beschäftigten in Gründungen nach Bundesländern 2019 sowie Veränderung seit 2015



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Abb. 2.4.12: Beschäftigte in WuT-Gründungen an allen Beschäftigten in WuT-Unternehmen nach Bundesländern 2019 sowie Veränderung seit 2015



Mannheimer Unternehmenspanel, Berechnungen des ZEW.

Der Beschäftigungsbeitrag von WuT-Gründungen kann außerdem an der Gesamtbeschäftigung in WuT-Unternehmen gemessen werden, d.h. an allen Beschäftigten, die in wissenschafts- und technologieorientierten Branchen arbeiten. Für Deutsch-

land lag dieser Anteilswert 2019 bei 1,2%. Nordrhein-Westfalen erreicht denselben Wert (Abb. 2.4.12). Sehr hoch ist der Beitrag von Gründungen zur Gesamtbeschäftigung in WuT-Branchen in Berlin (2,6%) sowie im Saarland (1,7%). Bayern weist mit 1,3% einen geringfügig höheren Anteilswert als NRW

auf, während in Baden-Württemberg der Anteilswert mit 1,1% geringfügig niedriger ist. Im Vergleich zu 2015 nahm dieser Indikatorwert in den meisten Bundesländern deutlich ab, was primär mit dem Beschäftigungszuwachs in etablierten WuT-Unternehmen zusammenhängt. In Nordrhein-Westfalen war der Rückgang mit -24% höher als in Deutschland insgesamt (-17%).

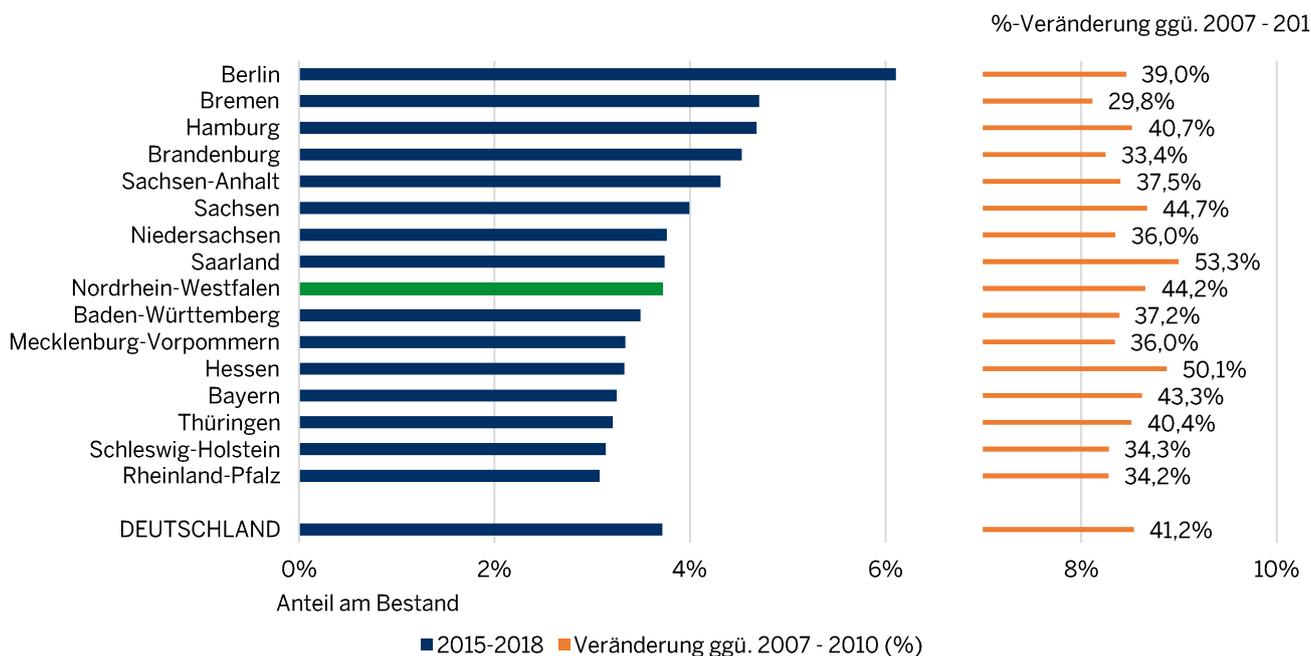
Wachstumsstarke Gründungen

Gerade im Anbetracht der sinkenden Beschäftigungsanteile in WuT-Unternehmen ist es wichtig, einzuordnen, woher das Beschäftigungswachstum in der Volkswirtschaft kommt. Denn ein weiterer wichtiger Indikator für die Unternehmensdynamik ist die Entwicklung wachstumsstarker Unternehmen. Erst Wachstum führt dazu, dass sich die Gründungstätigkeit nennenswert in Beschäftigungseffekten niederschlägt. Eine Betrachtung der Anteile wachstumsstarker Unternehmen bietet somit Hinweise darauf, welche Beschäftigungswirkung von Gründungen erwartet werden kann. Bei aller Bedeutung von Unternehmen der WuT-Branchen für die Innovationsaktivität, sind es in der Regel die restlichen Branchen, welche das größte Beschäftigungsvolumen haben.

Als wachstumsstarke Unternehmen werden solche Unternehmen definiert, welche innerhalb der ersten fünf bis acht Jahre ihres Überlebens ein hohes Beschäftigungswachstum verzeichnen. Dies ist gegeben, sofern das 10%-Perzentil der Wachstumsverteilung überschritten wird. Zur besseren Vergleichbarkeit über die Zeit und über Regionen und Branchen hinweg wird die Anzahl dieser Unternehmen eines Jahres mit dem Unternehmensbestand im jeweiligen Jahr normiert.

Zunächst fällt auf, dass der Anteil an Unternehmen mit hohem Beschäftigungszuwachs in allen betrachteten Gebieten und somit in Deutschland insgesamt von 2,6% auf 3,7% zugenommen hat (Abb. 2.4.13). Dies ist insofern nicht verwunderlich, da die Gesamtbeschäftigung in Deutschland innerhalb der letzten Jahre zugenommen hat und zugleich weniger Gründungen beobachtet werden. Sofern Gründungen nicht stark unterdurchschnittlich weniger Beschäftigung aufbauen als etablierte Unternehmen (was nicht zu erwarten ist) sollte dies bedeuten, dass das durchschnittliche Beschäftigungswachstum angestiegen ist bzw. mehr Unternehmen ein Wachstum verzeichnen sollten als vorher.

Abb. 2.4.13: Anteil wachstumsstarker Unternehmen am Unternehmensbestand nach Bundesländern, 2015 bis 2018, in % und Veränderung gegenüber 2007 bis 2010, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

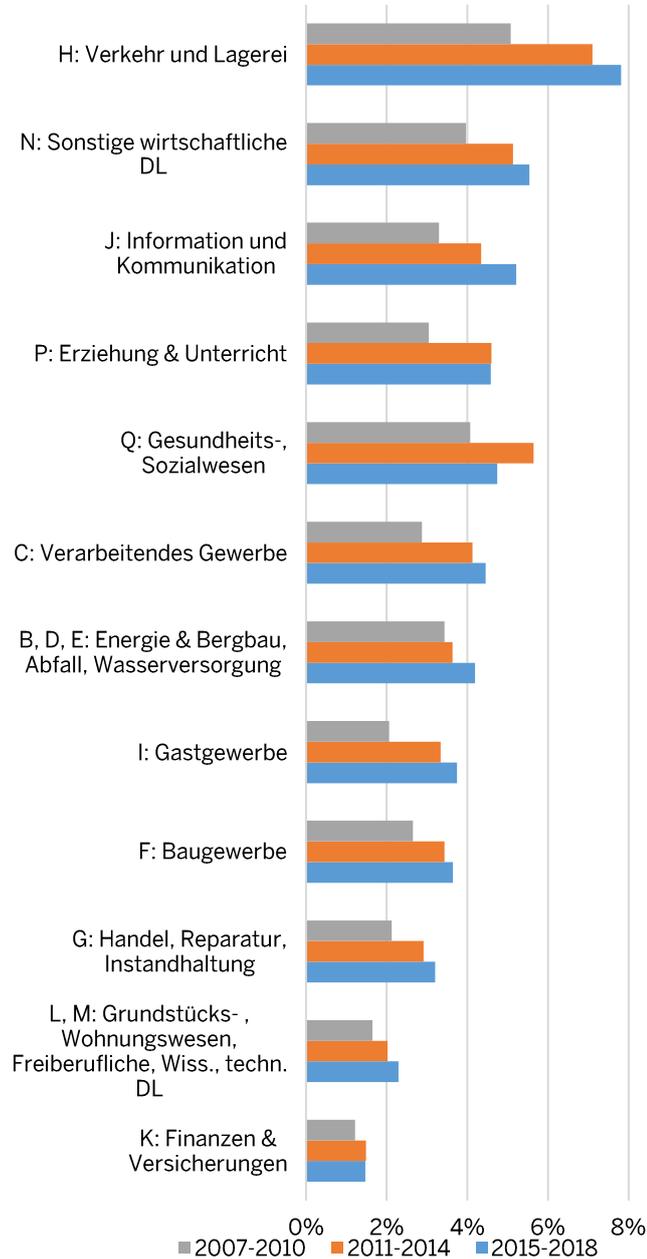
Nach Bundesländern differenziert ergeben sich abgesehen von Berlin (6,1%) keine übergroßen Differenzen. So schwankt die Rate der Unternehmen mit hohem Beschäftigungswachstum in den restlichen Bundesländern zwischen 3,1% in Rheinland-Pfalz und 4,7% in Bremen. NRW weist mit 3,7% genau den Bundesdurchschnitt auf. Bayern (3,2%) und Baden-Württemberg (3,5%) haben eher unterdurchschnittliche Raten. In Teilen Ostdeutschlands (Brandenburg, Sachsen-Anhalt und

Sachsen) hingegen sind die Anteile relativ höher als der Bundesdurchschnitt. Ein Erklärungsansatz hierfür könnte sein, dass gerade die Bundesländer im Osten Strukturbrüche hinter sich haben oder sich noch darin befinden. In diesen Regionen sollte der Beschäftigungszuwachs durch Gründungen im Verhältnis zu etablierten Unternehmen relativ höher sein.

Die Abbildung 2.4.14 und 2.4.15 differenzieren die Betrachtung nach Branchengruppen und Raumordnungsregionen. Es

zeigt sich, dass die Rate wachstumsstarker Unternehmen nahezu in jedem Wirtschaftsbereich und über alle Regionen Nordrhein-Westfalens hinweg angestiegen ist.

Abb. 2.4.14: Anteil der Gründungen mit hohem Beschäftigungszuwachs am Bestand in NRW nach WZ-Hauptkategorien, 2007 bis 2010, 2011 bis 2014 und 2015 bis 2018, in %

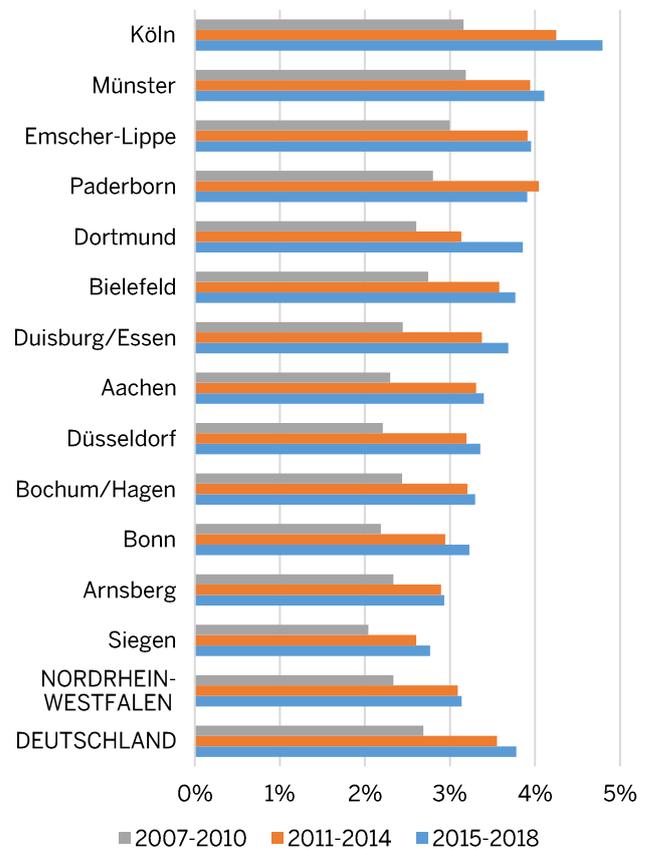


Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Sektoren mit starken Anstiegen sind der Verkehr und die Lagerei (H), sonstige Dienstleistungen (N) sowie der IKT-Sektor (J). Relativ geringer sind die Anteile im Baugewerbe (F), Handel, Reparatur und Instandhaltung (G) sowie Grundstücks- und Wohnungswesen, freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen (L, M) sowie Finanzen und Versicherungen. In diesen Branchen sind die Raten wachstumsstarker Unternehmen jedoch allgemein niedriger.

Dies hängt womöglich mit effizienten Skalengrößen, wie z.B. im Baugewerbe oder im Handel, bzw. mit der hohen Zahl von Solo-Selbstständigen in den freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen zusammen. Im Vergleich der Regionen innerhalb Nordrhein-Westfalens sticht die Region Köln mit fast 5% wachstumsstarken Gründungen heraus. Auch Münster und Paderborn weisen hohe Werte auf, die jeweils über dem Wert für Deutschland insgesamt und dem von Nordrhein-Westfalen liegen. Unterdurchschnittliche Raten von wachstumsstarken Unternehmen gibt es in weniger verdichteten Gebieten wie Arnsberg und Siegen.

Abb. 2.4.15: Anteil der Gründungen mit hohem Beschäftigungszuwachs am Unternehmensbestand nach Raumordnungsregionen, 2007 bis 2010, 2011 bis 2014 und 2015 bis 2018, in %

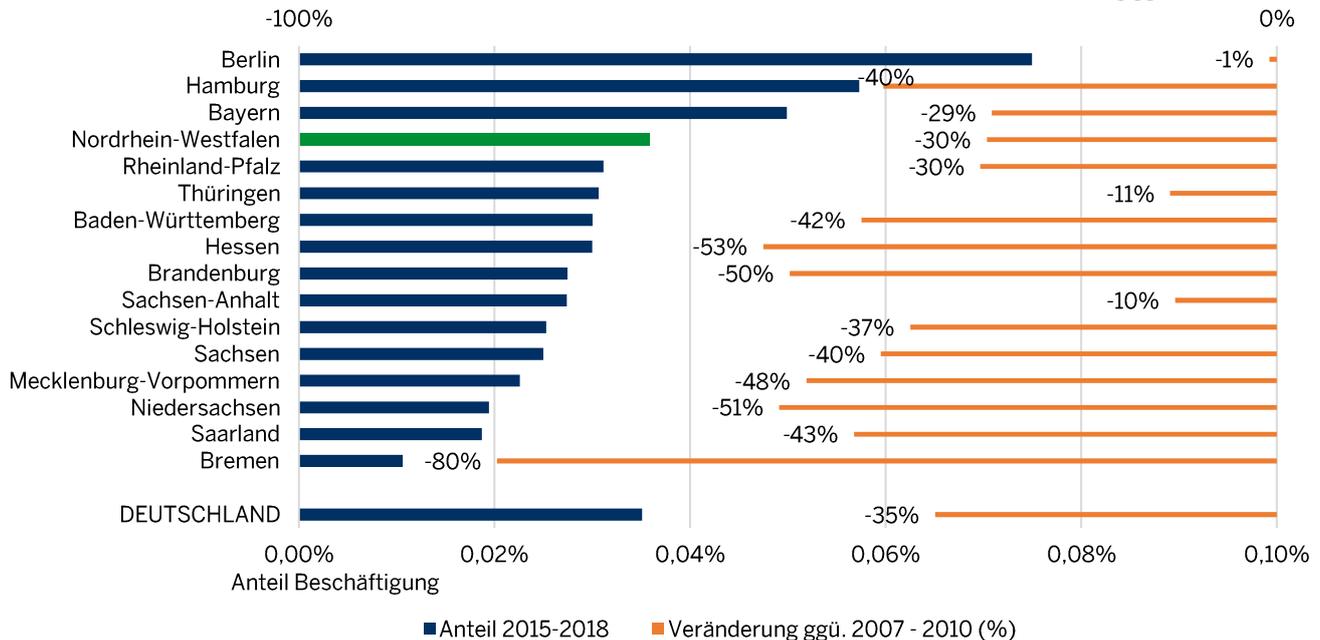


Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Beschäftigung in Wissens- und Technologieintensiven Branchen

Die Beschäftigungsentwicklung in wissens- und technologieintensiven Wirtschaftszweigen ist von besonderem wirtschaftspolitischem Interesse. Entscheidend ist dabei, wie viele Unternehmen überhaupt wirtschaftsaktiv am Markt bleiben. Nur wenn Unternehmen die ersten Jahre überstehen und Finanzierungs- und Wachstumsperspektiven erarbeiten können, kann sich ihr Wachstum verstetigen und Beschäftigung hervorbringen (Abb. 2.4.16).

Abb. 2.4.16: Anteil Beschäftigung in Wissens- und Technologieintensiven Gründungen, die nach 5 Jahren noch wirtschaftsaktiv sind an allen Beschäftigten im Unternehmenssektor, 2015 bis 2018, in % und Veränderung gegenüber 2007 bis 2010, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Gerade im Bereich der WuT-Gründungen ist dies entscheidend, denn von dem von ihnen ausgeübte Wettbewerbs- und Innovationsdruck hängt stark ab, wieviel Beschäftigung sie auf Dauer von Etablierten abwerben und binden können. Die Abbildung zeigt den Anteil der Beschäftigung in der Gesamtwirtschaft, der durch WuT-Unternehmen, die nach fünf Jahren noch wirtschaftsaktiv sind, ausgemacht wird. Ganz offensichtlich gibt es hier einen erheblichen Rückgang, welcher natürlich vor allem durch die sinkende Gründungstätigkeit in den Branchen zu erklären ist. NRW bildet hier keine Ausnahme, befindet sich aber eher am oberen Ende der Verteilung. Generell ist jedoch festzuhalten, dass es schwierig ist, die Beschäftigungswirkung überlebender Unternehmen zu betrachten. Denn es gibt vielerlei Gründe für ein Ausscheiden aus dem Markt: Diese umfassen Insolvenzen, freiwillige Geschäftsaufgabe aber auch Akquisitionen. Gerade im WuT-Bereich ist es zudem gängig, dass Teams von etablierten Unternehmen abgeworben werden und die Geschäftsaktivität der Gründung einfach erlischt. Niemand würde in einem solchen Fall aber von Scheitern sprechen.

Finanzierung junger Unternehmen durch Venture Capital und Business Angel

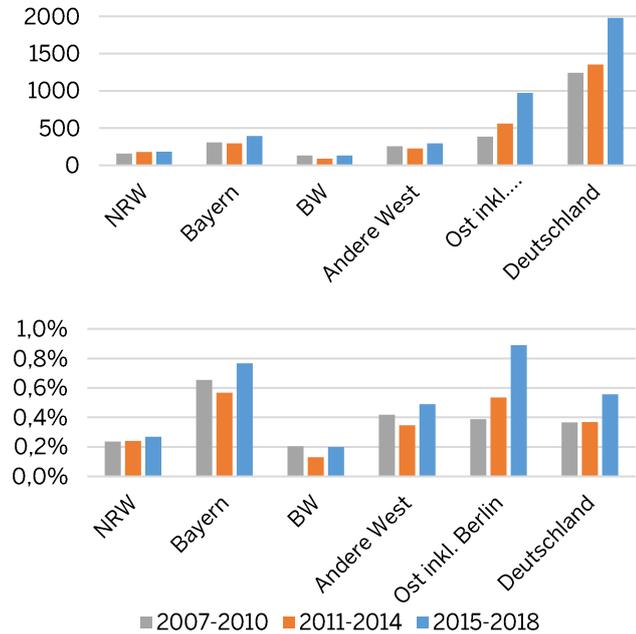
Auch die Entwicklung der Finanzierung junger Unternehmen durch Wagniskapital von Venture Capital Fonds (VC) oder Business Angeln (BA) gibt einen Hinweis auf die Funktionalität des Innovationssystems. Wagniskapitalinvestitionen sind für das Gründungsgeschehen in mehrerer Hinsicht von Bedeutung. Zum einen eröffnen sie innovativen und wachstumsorientierten Gründern den Zugang zu Kapital, was durch gewöhnliche Bankdarlehen in der Regel nicht möglich ist. Darüber hinaus schaffen typische Wagniskapitalinvestoren durch nichtfinanzielle Unterstützungsleistungen einen Mehrwert für

Gründer. Mehr verfügbares Wagniskapital sollte sich also positiv auf das Gründungsgeschehen innovativer und wachstumsorientierter Geschäftsmodelle und die Entwicklung innovativer Unternehmen auswirken. Vor diesem Hintergrund ist es besonders interessant, dass die Professorinnen und Professoren sowie die Institutsangehörigen im Rahmen der Befragung mehr Wagniskapital als wirksamstes Mittel der Gründungsförderung angegeben haben.

Für die Untersuchung des Wagniskapitalmarktes in Nordrhein-Westfalen wird auf die Zephyr M&A-Datenbank sowie die Majunke-Transaktionsdatenbank zurückgegriffen, aus denen das ZEW eine konsolidierte Datenbank erstellt. Der Vorteil der Verwendung dieser Datenbanken besteht darin, dass die Beobachtungseinheit die einzelne Transaktion und nicht der Investor ist (wie es zum Beispiel bei der Statistik des Bundesverbandes Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) der Fall ist, die auf dem Mitgliederverzeichnis des BVK basiert). Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit verringert, dass Ko-Investitionen von untypischen Marktteilnehmern und außereuropäischen Investoren nicht erfasst werden.

Abbildung 2.4.17 stellt die Entwicklung der Wagniskapitalinvestments (Transaktionen) nach Bundesländergruppen dar.

Abb. 2.4.17: Anzahl der Investments in Junge Unternehmen absolut und im Verhältnis zum Bestand junger Unternehmen durch VC oder BA nach Bundesländergruppen, 2007 bis 2010, 2011 bis 2014 und 2015 bis 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

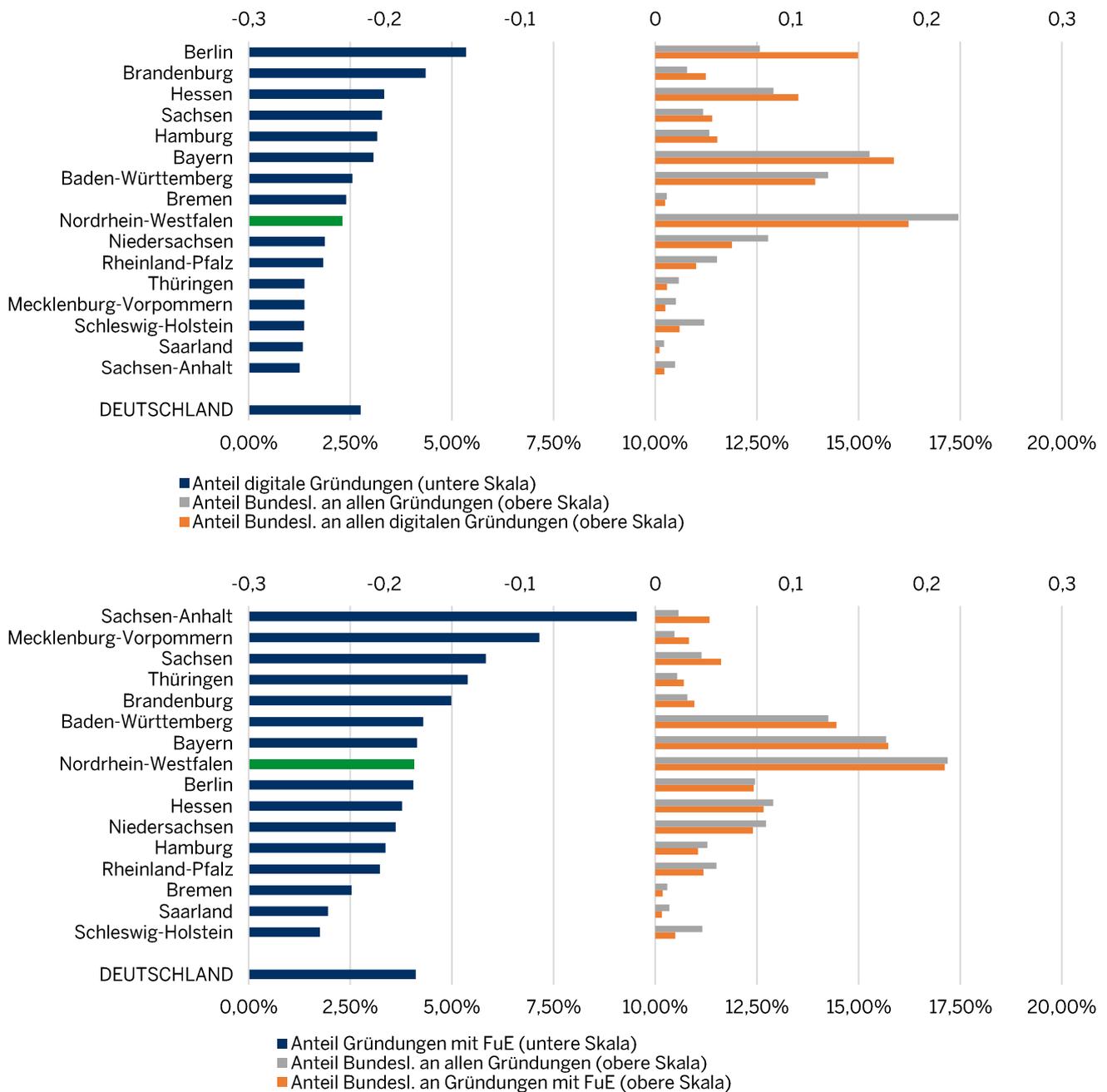
Die Darstellung nach Bundesländergruppen ist nötig, da die Fallzahlen für manche Bundesländer eine isolierte Betrachtung nicht zulassen. Zur besseren Vergleichbarkeit wird auch hier wieder die Gruppierung verwendet, die auch in anderen Teilen dieses Berichts Anwendung findet. Allgemein zeigt sich im Zeitraum 2007 bis 2018 ein deutlicher Anstieg des in Deutschland investierten Wagniskapitals (Bersch et al. 2020). Diese Entwicklung ist maßgeblich auf die Dynamik im Berliner Wagniskapitalmarkt zurückzuführen, was sich in der stark gestiegenen Zahl der Investments in Ostdeutschland bemerkbar macht. Die restlichen Bundesländer verzeichnen lediglich eine mäßige Steigerung. Nordrhein-Westfalen konnte die Zahl der Investments im Zeitverlauf auch nur leicht ausbauen. So gab es zwischen 2007 und 2010 insgesamt knapp 160 Investments, zwischen 2015 und 2018 waren es 185. Auch im Verhältnis zum Unternehmensbestand junger Unternehmen (Unternehmen bis zum Alter von acht Jahren) ergibt sich ein ähnliches Bild. Im Durchschnitt erhielten von 2015 bis 2018 ca. 0,5% der jungen Unternehmen in Deutschland eine Wagniskapitaltransaktion, den höchsten Wert wies Ostdeutschland mit fast 0,9% aus (für Berlin allein ist dieser Wert noch höher). Nordrhein-Westfalen liegt mit weniger als 0,3 Investments pro jungem Unternehmen am unteren Ende der Verteilung.

Gründungen mit digitalen Geschäftsmodellen und mit FuE

Neben der Finanzierungsseite ist auch die Ausrichtung des Geschäftsmodells ein Indikator für die Innovativität einer Gründung. Zudem ist entscheidend, ob ein Unternehmen auch eigene Forschungs- und Entwicklungstätigkeit betreibt. Wie bereits im Kapitel zu WuT-Gründungen eingangs erläutert, wird heute Software-Gründungen eine entscheidende Rolle für die Digitalisierung zugesprochen. Jedoch sind digitale Prozesse oder Anwendungen bei Weitem nicht auf den Wirtschaftsbereich Softwareentwicklung beschränkt. Gleiches gilt für das Betreiben von FuE-Aktivitäten, welche sich nicht auf durchschnittlich innovative Branchen wie die Wissens- und Technologieintensiven Wirtschaftszweige beschränken. Die Limitierungen der Einteilung von Geschäftsmodellen nach Wirtschaftszweigen kann nur mittels tiefergehender Analysen auf Unternehmensebene begegnet werden.

Daher wird in diesem Abschnitt eine Identifikation von Unternehmen mit digitalen Geschäftsmodellen und FuE-Aktivitäten angewandt, welche sich auf Tätigkeitsbeschreibungen der Unternehmen im MUP stützt. Diese nutzt mittels Textfeldanalysen und einem zugrundeliegenden Wörterbuch die Tätigkeitsbeschreibungen von Unternehmen, welche durch Creditreform-Sachbearbeiter (oder aus dem Handelsregister) vorliegen. In einem mehrstufigen Prozess wird dabei das Textanalyseprogramm bearbeitet, um wirklich nur solche Unternehmen zu identifizieren, welche ein digitales Geschäftsmodell verfolgen bzw. eigene FuE-Aktivitäten betreiben (Abb. 2.4.18).

Abb. 2.4.18: Gründungen mit digitalen Geschäftsmodellen und mit FuE



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Der obere Teil der Abbildung 2.4.18 zeigt den Anteil von Gründungen mit digitalen Geschäftsmodellen der Jahrgänge 2015 bis 2018. Dabei liegt der Anteil in Deutschland bei ungefähr 2,8% (zum Vergleich: der Anteil von Softwaregründungen an allen Gründungen beträgt ungefähr 1,8%). Den höchsten Anteil digitaler Gründungen hat, wenig überraschend, mit Abstand Berlin (5,3%), wobei auch Brandenburg mit 4,4% einen hohen Wert aufweist. Nordrhein-Westfalen liegt mit 2,3% unter dem gesamtdeutschen Durchschnitt. Damit liegt es auf ähnlichem Niveau wie Baden-Württemberg (2,6%) sowie Niedersachsen und Rheinland-Pfalz (1,9%). Die ostdeutschen Bundesländer (mit Ausnahme von Sachsen und Brandenburg) weisen die geringsten Anteile aus.

Neben den Anteilen am Gründungsgeschehen innerhalb des Bundeslandes sind auf der rechten Seite von Abbildung 2.4.18 (obere Skala) auch die Anteile des jeweiligen Bundeslandes an allen (digitalen) Gründungen abgetragen. Ein im Vergleich zum Anteil an allen Gründungen höherer Wert im Anteil an digitalen Gründungen bedeutet eine relative Spezialisierung hin zu digitalen Gründungen. Berlin, Brandenburg, Hessen, Sachsen, Hamburg und Bayern weisen hier jeweils höhere Werte für digitale Gründungen als für andere Gründungen auf (in Berlin ist der Wert doppelt so hoch). Für alle anderen Länder, darunter auch Nordrhein-Westfalen, ist der Anteil an allen Gründungen relativ zum Anteil an den digitalen Gründungen höher. Der Indikator unterstreicht somit ein relatives Defizit

Nordrhein-Westfalens bei Hightech-Dienstleistungen, Software-Gründungen und digitalen Geschäftsmodellen.

Im unteren Teil der Abbildung 2.4.18 ist derselbe Indikator für FuE-Aktivitäten von Gründungen zu sehen. Hier weisen besonders die ostdeutschen Bundesländer überdurchschnittliche Werte aus, der Bundesdurchschnitt liegt bei 4% aller Gründungen. Zum Vergleich, der Anteil aller Technologie- und wissensintensiven Gründungen am gesamten Gründungsgeschehen in Deutschland beträgt ungefähr 4,2% und liegt somit auf ähnlichem Niveau. Nordrhein-Westfalen liegt mit 4% genau im Bundesdurchschnitt und zeigt damit ähnliche Werte wie Bayern, Baden-Württemberg, Berlin und Hessen.

Vergleicht man die relativen Spezialisierungen, so zeigen die großen Flächenländer relativ ausgeglichene Anteile. Die ostdeutschen Bundesländer mit Spitzenreiter Sachsen-Anhalt sind hingegen eher relativ spezialisiert in Bezug auf FuE-Gründungen. Der umgekehrte Fall gilt für Bremen, das Saarland und Schleswig-Holstein, welche einen unterdurchschnittlichen Anteil von FuE-Gründungen aufweisen.

Rolle von Inkubatoren und Acceleratoren

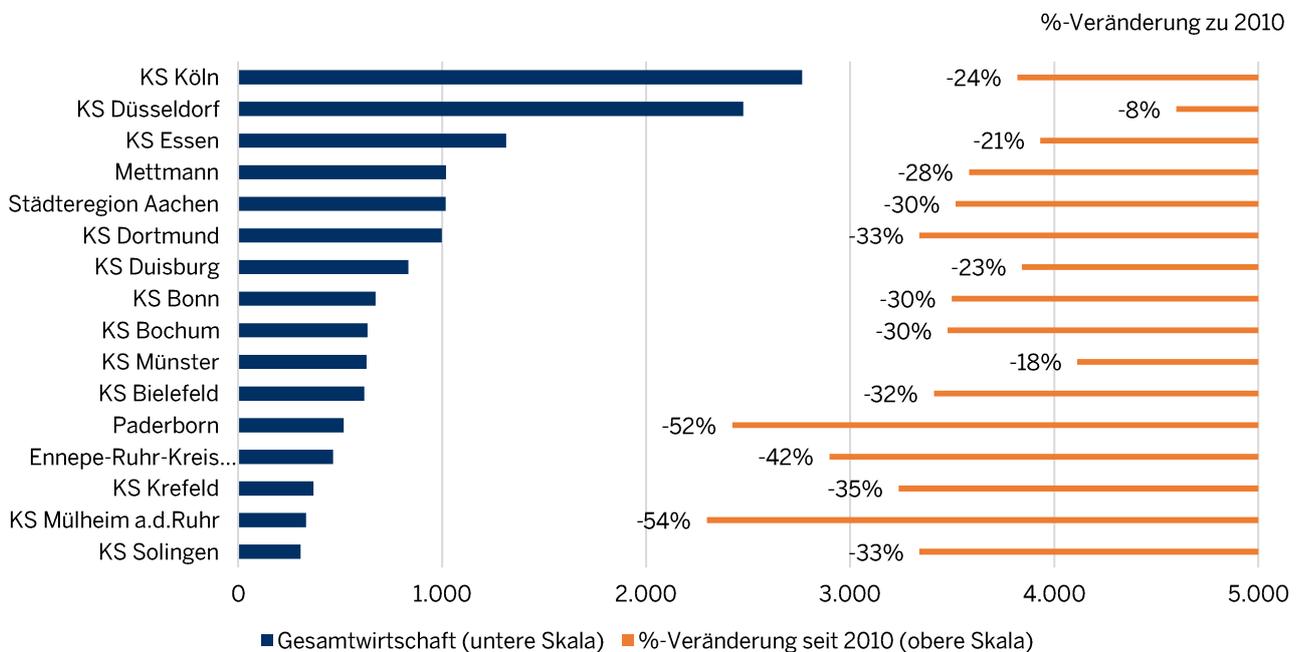
In Nordrhein-Westfalen gibt es ein ausgeprägtes Netzwerk von Inkubatoren, Acceleratoren und Gründerstipendien. Laut dem Portal *accelerate.nrw* gibt es in Nordrhein-Westfalen 35 solcher Institutionen, die meisten in Düsseldorf und Köln.

Dabei sind sowohl private als auch öffentliche Träger vertreten. In einigen Fällen auch eine Zusammenkunft beider. Die Ausrichtung reicht von technologieorientierten Zentren mit Schwerpunkt Technik, Mobilität und Energie über Medizintechnik, Pharmazie und Biologie, Handel, Logistik bis hin zu Medien und Games aber auch Sozialem. Viele der Gründerzentren operieren jedoch ohne klaren Fokus.

Die meisten Zentren konzentrieren sich auf die Frühphasen Pre-Seed und Seed, es gibt aber auch Zentren, die explizit die Wachstumsphase fördern. Dabei werden die verschiedensten Leistungen an den Zentren geboten. Während einige Zentren nur Netzwerke, Mentoring und Training anbieten, stellen andere auch Büroräume oder gar Finanzierung bereit.

Abbildung 2.4.19 zeigt die Gründungstätigkeit an Standorten von Acceleratoren und Inkubatoren. Die Gründungstätigkeit in Köln und Düsseldorf ist weitaus höher als in den anderen Kreisen und kreisfreien Städten. Ob dieser Effekt zum Teil auf die zahlreicher vorhandenen Gründungszentren zurückzuführen ist, lässt sich anhand dieser einfachen Indikatorik nicht ermitteln. Jedoch ist zumindest für Düsseldorf (wo mit Abstand die meisten Zentren beheimatet sind) ersichtlich, dass sie im Vergleich zu 2010 kaum abgenommen hat, während hier bundesweit ein starker negativer Trend vorherrschte.

Abb. 2.4.19: Anzahl Gründungen an Standorten von Acceleratoren und Inkubatoren (Kreise und Kreisfreie Städte) in Nordrhein-Westfalen, 2018 und Veränderung gegenüber 2010, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

2.5 Innovationstätigkeit der Unternehmen

Innovationen von Unternehmen stehen im Zentrum der Leistungen eines Innovationssystems. Denn nur durch die Umsetzung von neuem Wissen, neuen Technologien, Kreativität und Kenntnissen in neue oder verbesserte Produkte, Dienstleistungen, Prozesse oder Geschäftsmodelle können Erträge erzielt werden, die die Investitionen in Forschung, Entwicklung, Qualifikation und innovative Infrastrukturen refinanzieren. Innovationen sind gleichzeitig eine zentrale Quelle für Produktivitätssteigerungen und damit für Wohlstandsgewinne. In vielen Gütermärkten sind Innovationen die Voraussetzung für Unternehmen, um im Wettbewerb zu bestehen. Zentrale Merkmale einer Innovation sind

- (a) die **Implementierung**, d.h. die Innovation muss im Markt (Produktinnovationen) oder im Unternehmen (Prozessinnovation) eingeführt worden sein;
- (b) die **subjektive Sichtweise**, d.h. eine Innovation muss neu oder merklich verbessert aus Sicht des innovierenden Unternehmens sein;
- (c) der **merkliche Unterschied** zum Status Quo, d.h. eine Innovation muss sich deutlich von der zuvor im Unternehmen geübten Praxis und den bisherigen Angeboten abheben; geringfügige Veränderungen sind somit keine Innovationen.

Innovationen können sowohl "objektive" Neuheiten (d.h. Produkte oder Verfahren, die zuvor noch nicht existiert haben) als auch die Übernahme von Innovationsideen Dritter (d.h. die Anwendung eines Produkts oder Verfahrens in einem Unternehmen, das zuvor schon in anderen Unternehmen eingesetzt wurde) umfassen. Innovationen stellen fast immer eine Kombination aus vorhandenem Wissen und neuem Wissen dar und erfordern somit i.d.R. einen kreativen Prozess. Dies gilt auch für die Adoption von Innovationsideen Dritter, da die Anwendung in einem Unternehmen fast nie ohne Anpassungen an das konkrete Unternehmensumfeld und das vom Unternehmen bearbeitete Marktsegment möglich ist.

Innovationen zeichnen sich außerdem durch eine investive Komponente sowie durch Unsicherheit aus. Der investive Charakter bedeutet, dass für die Einführung von Innovationen finanzielle Ressourcen aufgewendet werden müssen, deren Erträge sich erst später realisieren. Ob und in welchem Umfang sich spätere Erträge einstellen, ist zum Einführungszeitpunkt oftmals noch nicht sicher vorhersagbar, da sie u.a. von den Entscheidungen Dritter (z.B. Wettbewerber, potenzielle Kunden, staatliche Regulierung) sowie der technologischen Entwicklung abhängen.

Die Hervorbringung von Innovationen und deren positive einzel- und gesamtwirtschaftlichen Wirkungen hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Der Innovationssystemansatz (Freeman 1987, Lundvall 1992, Nelson 1993) versucht, diese Faktoren und ihr Zusammenwirken zu beschreiben. Besonders Augenmerk wird dabei auf die Rahmenbedingungen für die Hervorbringung und Verbreitung von innovationsrelevantem

Wissen und innovationsrelevante Ressourcen gelegt. Dabei spielen das Bildungssystem, die Wissenschaft sowie die Forschung in den Unternehmen sowie die Interaktion zwischen diesen Teilsystemen eine entscheidende Rolle. Darüber hinaus stehen die Anreize und Barrieren für Innovationen, die durch Institutionen und staatliches Handeln gesetzt werden, im Fokus des Innovationssystemansatzes. Diese reichen von der Ausgestaltung des Wettbewerbs auf Güter- und Faktormärkten über staatliche Anreize für Innovationen (z.B. IP-Recht, Förderungen, Informations- und Awareness-Maßnahmen) und Infrastrukturinvestitionen bis zur Regulierung von Produktmärkten oder Technologien.

Für den Indikatorteil des Innovationsberichts Nordrhein-Westfalen 2021 wird die umfassende Analyse aus dem Vorjahr, die bis zum Berichtsjahr 2018 gereicht hat, um die Entwicklung im Jahr 2019 für folgende Innovationsindikatoren ergänzt:

- Umfang der Innovationstätigkeit: Anteil innovativ tätiger Unternehmen, Innovationsausgaben
- direkte wirtschaftliche Ergebnisse von Innovationsaktivitäten: Anteil Unternehmen, die bestimmte Arten von Innovationen eingeführt haben, Umsatzanteil von Produktinnovationen, Kostensenkungsanteil durch Prozessinnovationen
- FuE-Tätigkeit der Unternehmen

Darüber hinaus wird das Thema Geschäftsmodellinnovationen und digitale Elemente in den Geschäftsmodellen der Unternehmen aufgegriffen. Zu diesem Thema liegen aktuelle Informationen aus der Innovationserhebung des Jahres 2020 vor.

Datenbasis für die Messung der Indikatoren ist eine Sonderauswertung des Mannheimer Innovationspanels (MIP, siehe Anhang). Die Innovationsleistung der Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen wird mit der Innovationsleistung der beiden nächstgrößten Länder (Bayern, Baden-Württemberg) sowie der ostdeutschen Länder (inkl. Berlins), der sonstigen westdeutschen Länder sowie Deutschlands insgesamt verglichen. Alle Innovationsindikatoren beziehen sich auf den Berichtskreis der Innovationserhebung, d.h. Unternehmen mit fünf oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und in überwiegend unternehmensorientierten Dienstleistungen. Indikatorwerte werden für die Jahre 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 und 2019 ausgewiesen.

Umfang der Innovationstätigkeit

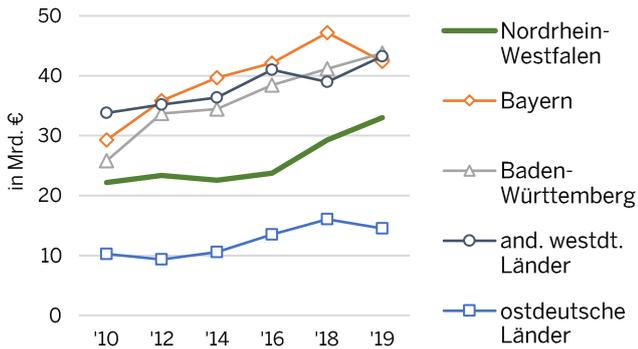
Ein zentrales Inputmaß der Innovationsaktivitäten ist die Höhe der Innovationsausgaben. Diese umfassen sämtliche internen und externen FuE-Ausgaben sowie weitere Ausgaben, die zur Entwicklung, Einführung und Vermarktung von Innovationen notwendig sind, darunter die Anschaffung von Maschinen und anderen Ausrüstungen für Produkt- oder Prozessinnovationen, Weiterbildungs- und Marketingaktivitäten für Innovationen sowie Konzeption, Design, Konstruktion, Produktions-

und Vertriebsvorbereitung und anderen Aktivitäten im Rahmen von Innovationsvorhaben.

Im Jahr 2019 gaben die Unternehmen in Nordrhein-Westfalen 33,0 Milliarden € für Innovationsaktivitäten aus. Dies sind 19% der gesamten Innovationsausgaben in Deutschland. Die Unternehmen in Bayern (42 Mrd. €) und Baden-Württemberg (44 Mrd. €) hatten merklich höhere Innovationsausgaben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in Unternehmen mit (rechtlich unselbstständigen) Standorten in unterschiedlichen Bundesländern die gesamten Innovationsausgaben des Unternehmens am Standort des Unternehmenssitzes gezählt werden. Dies führt zu relativ hohen Ausgabenwerten in Ländern, die Sitz großer Unternehmen mit vielen Zweigbetrieben und Niederlassungen im Bundesgebiet sind.

Die absolute Höhe der Innovationsausgaben der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen hat sich im Zeitraum 2010 bis 2016 nur wenig verändert. 2018 ist allerdings ein merklicher Anstieg zu beobachten, der stärker war als für die deutsche Wirtschaft insgesamt und der sich im Jahr 2019 fortgesetzt hat (Abb. 2.5.1). Dadurch konnte der Abstand zu den beiden südlichen Bundesländern deutlich verringert werden.

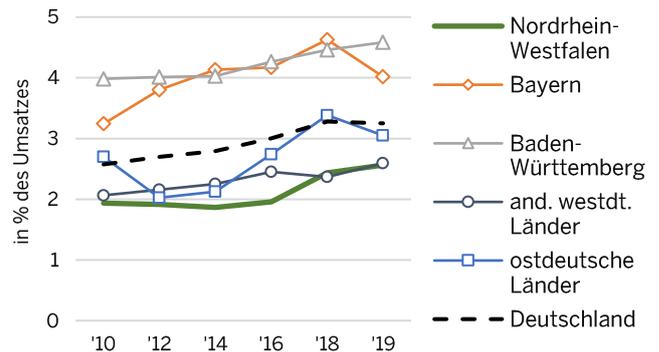
Abb. 2.5.1: Innovationsausgaben der Unternehmen 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Setzt man die Innovationsausgaben in Relation zum Umsatz der Unternehmen, erhält man ein Maß für die Innovationsintensität. Die Wirtschaft Nordrhein-Westfalens weist im gesamten betrachteten Zeitraum eine Innovationsintensität auf, die merklich unter dem deutschen Durchschnittswert liegt und nur in etwa die Hälfte des Niveaus von Baden-Württemberg und Bayern erreicht (Abb. 2.5.2). Das starke Wachstum der Innovationsausgaben in den Jahren 2018 und 2019 hat bewirkt, dass die Innovationsintensität in Nordrhein-Westfalen nun dem Niveau der anderen westdeutschen Länder (ohne die beiden Südländer) entspricht.

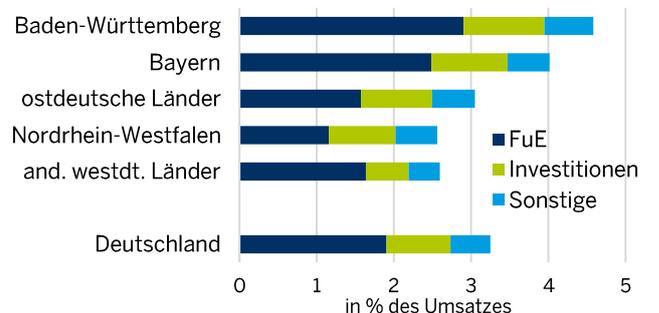
Abb. 2.5.2: Innovationsintensität der Unternehmen 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die niedrige Innovationsintensität liegt wesentlich daran, dass FuE-Aufwendungen eine bedeutende Komponente der Innovationsausgaben sind. Die vergleichsweise niedrigen FuE-Aufwendungen der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen drücken auch die Innovationsintensität nach unten. Zerlegt man die Innovationsintensität in die drei Komponenten interne und externe FuE-Aufwendungen, Investitionen in Sachanlagen und sonstige Aufwendungen, so erreicht die nordrhein-westfälische Wirtschaft nur eine FuE-Intensität von 1,2%, im Vergleich zu 2,9% für Baden-Württemberg und 2,5% für Bayern (Abb. 2.5.3).

Abb. 2.5.3: Innovationsintensität der Unternehmen 2019 nach Komponenten

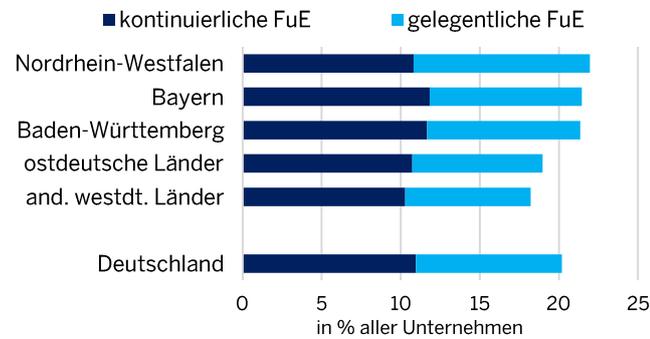


Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Bei den investiven Innovationsausgaben liegt Nordrhein-Westfalen mit 0,9% nur wenig hinter diesen beiden Ländern (die jeweils auf 1,0% kommen) und leicht über dem deutschen Durchschnitt (0,8%). Bei den sonstigen Innovationsaufwendungen entspricht der Intensitätswert von Nordrhein-Westfalen mit 0,5% dem deutschen Mittel und liegt nur geringfügig unter den Werten von Bayern und Baden-Württemberg. Diese Zahlen bedeuten gleichzeitig, dass der Anteil der FuE-Aufwendungen an den gesamten Innovationsausgaben im Jahr 2019 mit 45% merklich niedriger als im deutschlandweiten Durchschnitt (59%) und in den Ländern Bayern und Baden-Württemberg (62 bzw. 63%) war.

Die geringen FuE-Aufwendungen der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen liegen allerdings nicht daran, dass die Unternehmen grundsätzlich seltener FuE betreiben würden. Vielmehr lag der Anteil der Unternehmen mit internen FuE-Aktivitäten in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2019 mit 22% am höchsten unter allen Vergleichsregionen und um 2 Prozentpunkte über dem deutschen Mittelwert (Abb. 2.5.4). Beim Anteil der Unternehmen, die FuE kontinuierlich betrieben (d.h. über eigenes FuE-Personal und oft auch eine eigene organisatorische Einheit für FuE verfügen), entspricht die nordrhein-westfälische Quote mit 10,8% dem deutschen Durchschnitt und liegt rund einen Prozentpunkt unter dem Wert der beiden südlichen Länder. Der Rückstand bei den FuE-Aufwendungen liegt somit daran, dass die FuE-aktiven Unternehmen relativ gesehen weniger für FuE aufwenden als FuE-aktive Unternehmen in den anderen Ländern. Dafür sind primär die Großunternehmen verantwortlich.

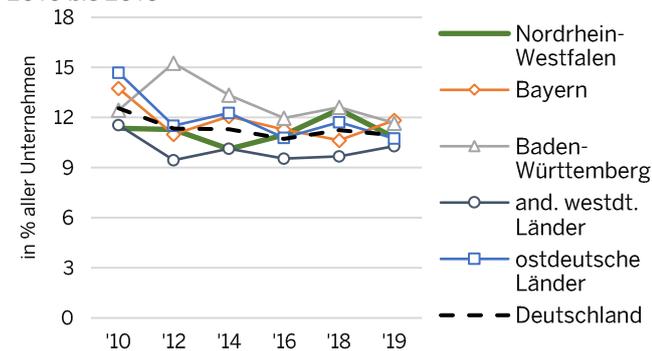
Abb. 2.5.4: Unternehmen mit internen FuE-Aktivitäten 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Der Anteil der Unternehmen mit kontinuierlichen FuE-Aktivitäten nahm in Nordrhein-Westfalen von 2014 bis 2018 merklich zu, ging aber 2019 wieder zurück (Abb. 2.5.5).

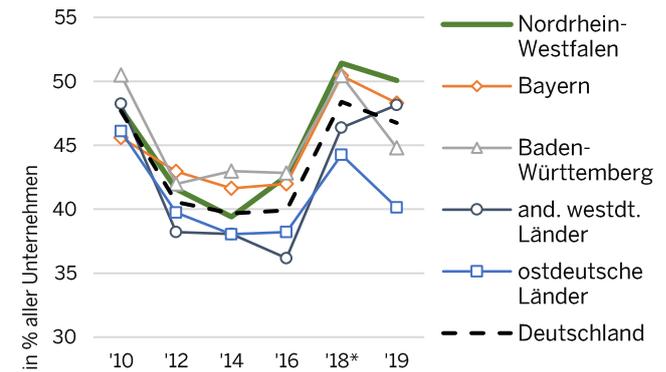
Abb. 2.5.5: Unternehmen mit kontinuierlichen FuE-Aktivitäten 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Innovationsbereitschaft der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen kann insgesamt als hoch eingestuft werden. Im Jahr 2018 stellten mehr als 51% der Unternehmen im Berichtskreis der Innovationserhebung finanzielle Mittel für Innovationsaktivitäten bereit. 2019 fiel trotz eingetrübten konjunkturellen Umfelds diese Quote nur geringfügig auf 50%. Damit ist die Innovationsbeteiligung in Nordrhein-Westfalen höher als in den Vergleichsregionen (Abb. 2.5.6).

Abb. 2.5.6: Unternehmen mit Innovationsausgaben 2010 bis 2019



*Bruch in der Zeitreihe aufgrund einer weiter gefassten Definition von Innovation ab dem Berichtsjahr 2018.

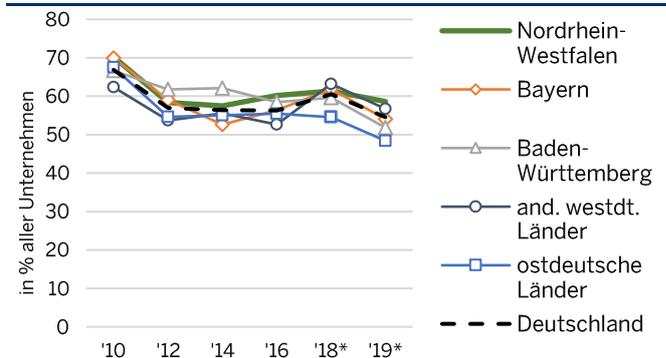
Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Innovationserfolge

Ziel von Innovationsaktivitäten ist die Einführung von Innovationen und deren kommerzielle Verwertung. Ein Indikator zur Messung dieses Innovationserfolgs ist die sogenannte "Innovatorenquote", d.h. der Anteil der Unternehmen, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums (hier jeweils ein Dreijahreszeitraum) eine Produktinnovation auf den Markt gebracht oder eine Prozessinnovationen unternehmensintern implementiert haben. Die Höhe dieses Indikatorwerts wird wesentlich von der Innovationstätigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bestimmt, da sie den höchsten Anteil an allen Unternehmen ausmachen.

Nordrhein-Westfalen erreichte im Jahr 2019 eine Innovatorenquote von 58,6%. Der Wert für Deutschland insgesamt lag mit 54,6% merklich niedriger, ebenso wie die Werte der Vergleichsregionen (Abb. 2.5.7). Die Gruppe der anderen westdeutschen Länder kommt mit 56,7% am nächsten an den Wert von Nordrhein-Westfalen heran, die ostdeutschen Länder weisen mit 48,4% den niedrigsten Wert auf.

Abb. 2.5.7: Unternehmen mit Innovationen 2010 bis 2019

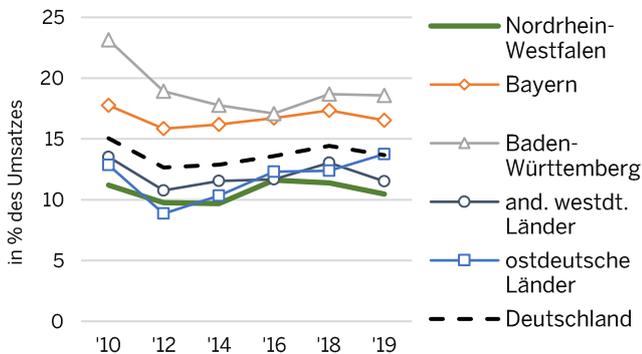


*Bruch in der Zeitreihe aufgrund von Änderungen in der Definition von Innovationen ab dem Berichtsjahr 2018; bis 2016: Produkt-, Prozess, Marketing- oder Organisationsinnovationen nach Oslo Manual 2005, ab 2018: Produkt- oder Prozessinnovationen nach Oslo Manual 2018

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Ein zweiter Indikator zum Innovationserfolg ist der Anteil des Umsatzes, der auf Produktinnovationen zurückgeht. Dieser Indikator wird stark von den Großunternehmen bestimmt, da diese das Gros des gesamten Umsatzes der Wirtschaft ausmachen. Nordrhein-Westfalen weist einen niedrigeren Wert als alle Vergleichsregionen aus. 2019 erlöste die nordrhein-westfälische Wirtschaft 10,5% ihres Umsatzes mit Produktinnovationen (Abb. 2.5.8). Für die deutsche Wirtschaft liegt dieser Wert bei 13,7%. Baden-Württemberg erreicht mit 18,6% den höchsten Wert unter den betrachteten Regionen, gefolgt von Bayern mit 16,5%. Die relativen hohen Werte dieser beiden Länder sind teilweise strukturbedingt, da insbesondere forschungsintensive Industrien mit relativ kurzen Produktzyklen (wie die Automobil- und Elektroindustrie) einen hohen Umsatzanteil von neuen oder verbesserten Produkten aufweisen.

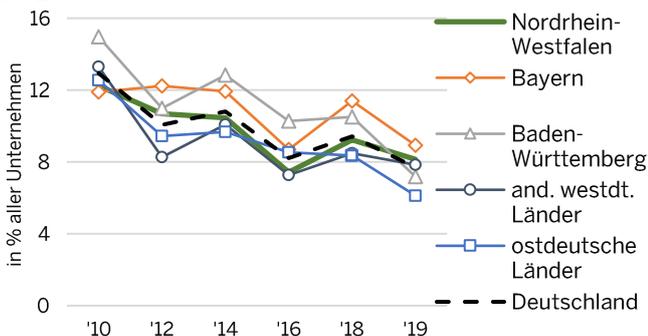
Abb. 2.5.8: Umsatzanteil von Produktinnovationen 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Produktinnovationen können einen unterschiedlichen Neuheitsgrad aufweisen und von "Nachahmerinnovationen" (d.h. der Übernahme von Innovationsideen, die andere Unternehmen schon zuvor auf den Markt gebracht haben) bis zu Neuheiten, die zuvor noch von keinem Unternehmen angeboten wurden, reichen. Der Umsatzanteil von Marktneuheiten ist ein Indikator, der anzeigt, inwieweit durch Produktinnovationen die Kunden in einem bestimmten Markt Zugang zu neuen Angeboten erhalten haben. Im Jahr 2019 hatten 8,1% der Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen solche Marktneuheiten im Angebot. Dies entspricht dem gesamtdeutschen Wert. Einen höheren Anteilswert weist nur Bayern auf (Abb. 2.5.9).

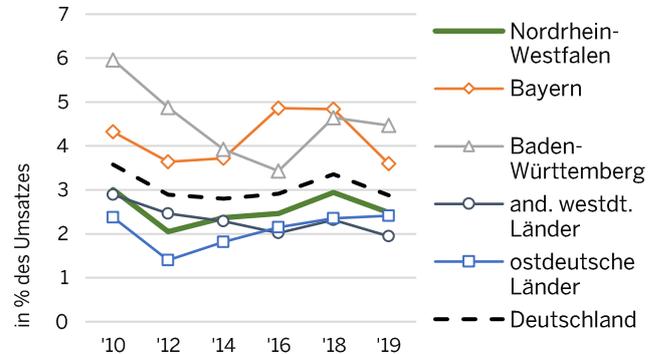
Abb. 2.5.9: Anteil der Unternehmen mit Marktneuheiten 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Im Jahr 2019 machte der Anteil von Marktneuheiten am gesamten Umsatz der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen 2,5% aus, dies entspricht gut einem Viertel des gesamten Umsatzanteils von Produktinnovationen. Der Deutschland-Wert liegt mit 2,9% etwas höher, Baden-Württemberg kommt auf 4,5% (Abb. 2.5.10).

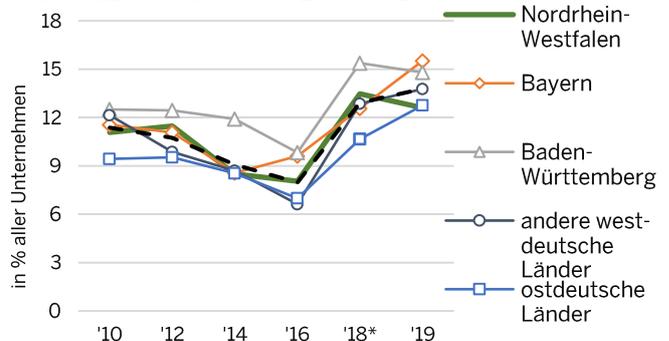
Abb. 2.5.10: Umsatzanteil von Marktneuheiten 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Der Innovationserfolg von Prozessinnovationen kann u.a. über die erzielte Kostensenkung gemessen werden, wengleich bei weitem nicht alle Prozessinnovationen Rationalisierungsziele verfolgen, sondern viele auf die Verbesserung der Qualität von Prozessen und Prozessergebnissen abzielen. Im Jahr 2019 wiesen 12,6% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen solche "Rationalisierungsinnovationen" auf. Der Anteilswert ist niedriger als in allen Vergleichsregionen (Abb. 2.5.11). Den höchsten Wert zeigt Bayern mit 15,5%.

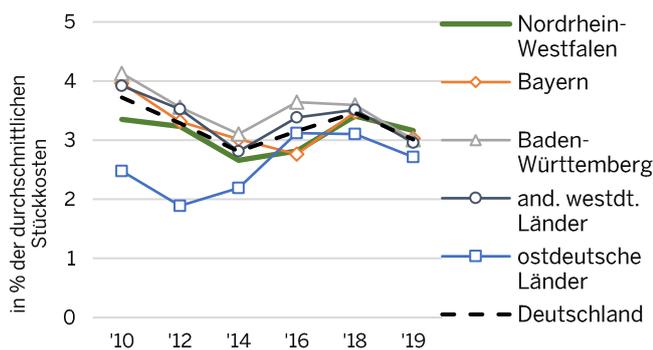
Abb. 2.5.11: Anteil der Unternehmen mit Kostensenkung durch Prozessinnovationen 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Höhe der auf Prozessinnovationen zurückgehenden Rationalisierungseffekte - gemessen als prozentuelle Kostensenkung je Stück oder Vorgang - ist in Nordrhein-Westfalen ähnlich hoch wie in Deutschland insgesamt und in den meisten Vergleichsregionen (Abb. 2.5.12). 2019 lag das Land mit einem Wert von 3,2% sogar an der Spitze, wengleich die Unterschiede zwischen den Vergleichsregionen gering sind. Den niedrigsten Wert zeigen die ostdeutschen Länder mit 2,7%.

Abb. 2.5.12: Kostensenkung durch Prozessinnovationen 2010 bis 2019

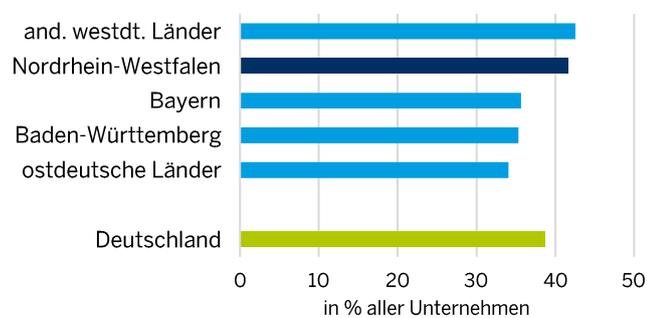


Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Innovationen ohne eigene FuE

FuE ist eine wesentliche Grundlage für viele Innovationsprozesse in Unternehmen. Gleichwohl gibt es auch viele Unternehmen, die ohne eigene FuE-Tätigkeit Innovationen einführen. Diese Gruppe der Innovatoren ohne eigene FuE ist sogar erheblich größer als die Gruppe der FuE-aktiven Unternehmen. Im Zeitraum 2016-2018 unterhielten 44% aller Unternehmen in Nordrhein-Westfalen Innovationsaktivitäten ohne interne FuE-Aktivitäten (Abb. 2.5.13). Dies sind mehr als doppelt so viele Unternehmen wie solche, die intern FuE betreiben (21%). Der Anteil der innovationsaktiven Unternehmen ohne eigene FuE entspricht in etwa dem deutschen Durchschnitt (43%) und ist auch in den Vergleichsregionen ähnlich hoch.

Abb. 2.5.13: Innovationsaktive Unternehmen ohne eigene FuE 2019



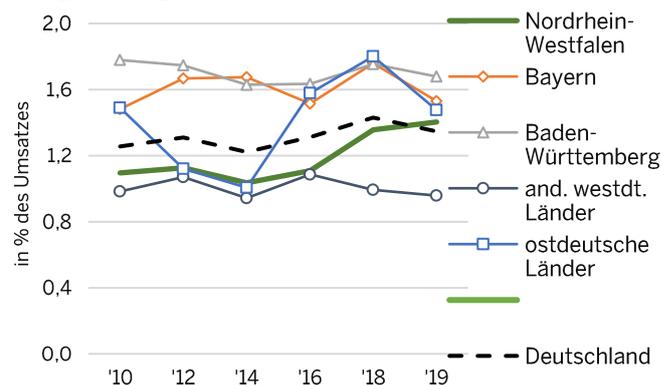
Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Gruppe der innovationsaktiven Unternehmen ohne eigene FuE setzt sich aus sehr unterschiedlichen Teilgruppen zusammen (vgl. Rammer et al. 2011): Bei einem Teil handelt es sich um Prozessinnovatoren, die Prozesstechnologien bei sich implementierten, die von Dritten (z.B. Lieferanten von Maschinen, Mess-/Regeltechnik, Software) Dienstleistungsinnovatoren. Für viele Dienstleistungsinnovationen ist zwar die Nutzung neuer Technologien, insbesondere digitaler Technologien, von großer Bedeutung, diese werden aber oft von spezialisierten Lieferanten bezogen. Die kreative Leistung selbst, die hinter vielen neuen Dienstleistungen steht, fällt i.d.R. nicht unter den FuE-Begriff.

Dies gilt auch für Innovationen, die auf die Entwicklung neuer Organisations- oder Marketingmethoden abzielen. Innovatoren ohne eigene FuE zeichnen sich häufig dadurch aus, dass kundengetriebene Verbesserungen und der Bezug von FuE-Ergebnissen von Externen eine größere Rolle spielen. Viele nehmen dabei die Rolle eines spezialisierten Zulieferers ein und nutzen dafür FuE-basiertes Knowhow ihrer Kunden. Zu den innovationsaktiven Unternehmen ohne eigene FuE zählen außerdem Unternehmen, die nur unregelmäßige FuE betreiben, sodass ihre aktuelle Innovationstätigkeit auf den Ergebnissen früherer eigener FuE aufbaut.

Ein zweiter Aspekt der Innovationstätigkeit jenseits von FuE betrifft die Innovationsausgaben, die zusätzlich zu FuE-Ausgaben getätigt werden. Diese machten im Jahr 2019 in Nordrhein-Westfalen 1,4% des Umsatzes aus und damit mehr als die FuE-Ausgaben. Diese Nicht-FuE-Innovationsausgaben stiegen jüngst auch deutlich und rascher als im deutschen Durchschnitt an. Sie liegen vom Niveau her dennoch etwas unter den Werten von Baden-Württemberg, Bayern und den ostdeutschen Ländern (Abb. 2.5.14).

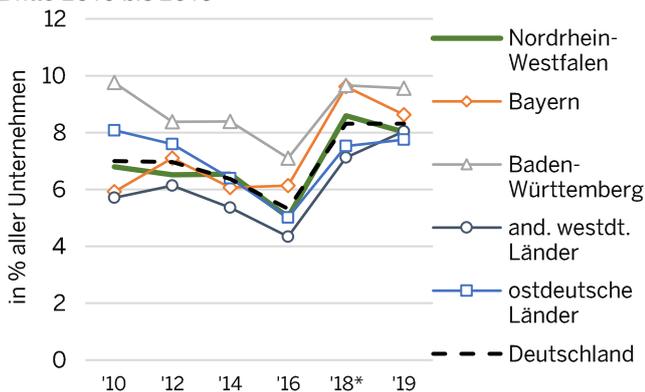
Abb. 2.5.14: Nicht-FuE-Innovationsausgaben der Unternehmen 2010 bis 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Eine andere Form, wie Unternehmen ohne interne FuE-Aktivitäten an neues technisches Wissen gelangen können, ist die Vergabe von FuE-Aufträgen an Dritte. Dabei gehen die Eigentumsrechte an den FuE-Ergebnissen meist an den Auftraggeber über. Das Volumen solcher externen FuE-Aktivitäten hat, wie die Ergebnisse der FuE-Erhebung des SV Wissenschaftsstatistik zeigen, in den vergangenen Jahren deutlich stärker zugenommen als die internen FuE-Aufwendungen (vgl. Abschnitt 2.2). Von den Unternehmen in Nordrhein-Westfalen wiesen im Jahr 2019 rund 8% externe FuE auf (Abb. 2.5.15). Der Anteilswert entspricht etwa dem deutschen Wert und liegt unter den Werten von Baden-Württemberg und Bayern. Zu beachten ist dabei, dass der größte Teil der Unternehmen mit externer FuE gleichzeitig auch interne FuE-Aktivitäten aufweisen. Der Rückgriff ausschließlich auf extern erzielte FuE-Ergebnisse ist dagegen sehr selten.

Abb. 2.5.15: Unternehmen mit Vergabe von FuE-Aufträgen an Dritte 2010 bis 2019



*Anstieg in 2018 teilweise durch die geänderte Definition des Innovationsbegriffs bedingt.

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Geschäftsmodellinnovationen

Neben Produkt- und Prozessinnovationen, die Ausgangspunkt für die oben dargestellten Innovationsindikatoren sind, werden "Geschäftsmodellinnovationen" häufig als ein weiterer Innovationstyp betrachtet. Dabei handelt es sich um grundlegende Veränderungen in der Art und Weise, wie ein Unternehmen sein Leistungsangebot erstellt, auf den Markt bringt und vertreibt sowie in welcher Form das Unternehmen Erlöse erzielt. Ein Teil solcher Geschäftsmodellinnovationen deckt sich mit Produkt- und Prozessinnovationen, etwa wenn die Merkmale des Leistungsangebots verändert werden (Produktinnovation) oder wenn Leistungserstellung und Vertrieb verbessert werden (Prozessinnovationen). Aber es gibt auch Veränderungen in Geschäftsmodellen, die nur unzureichend durch die Konzepte Produkt- und Prozessinnovation abgebildet werden, z.B. wenn neue Formen der Erlöserzielung eingeführt werden (Vermietung statt Verkauf, Franchising statt Eigenvertrieb, Verschiebung von Margen zwischen dem eigentlichen Produkt und später angebotenen Zusatzleistungen) oder wenn durch neue Kombinationen von Leistungsangeboten der Wert der Leistungen für den Kunden sich grundlegend ändert (z.B. Kombination von physischen Produkten und Dienstleistungen).

In der Innovationserhebung des Jahres 2020 wurde das Vorliegen von Geschäftsmodellinnovationen über sechs Arten von Veränderungen im Geschäftsmodell erfasst:

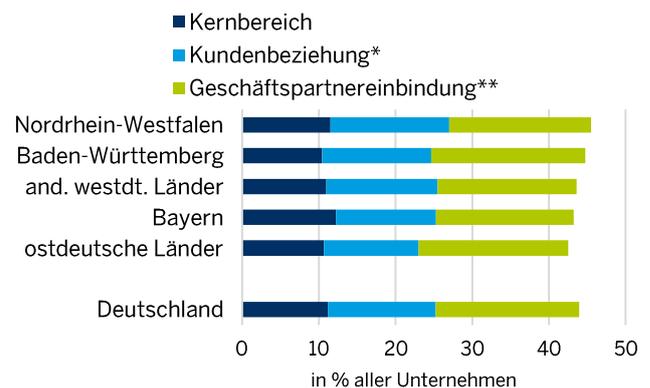
- Veränderungen der Art und Weise, wie Erlöse erzielt werden
- grundlegende Veränderung des Werts, den die angebotenen Produkte/Dienstleistungen für die Kunden haben
- Adressierung neuer geografischer Märkte oder Kundensegmente
- grundlegende Veränderung der Beziehungen zu bestehenden Kunden
- grundlegende Veränderung der Beziehungen zu bestehenden Lieferanten oder Kooperationspartnern

- Einbeziehung neuer Lieferanten oder Kooperationspartner

Die ersten beiden Arten von Veränderungen werden als Änderungen im Kernbereich des Geschäftsmodells zusammengefasst. Die Arten c) und d) stellen Änderungen in den Kundenbeziehungen dar, während e) und f) Änderungen in der Geschäftspartnereinbindung repräsentieren.

Im Zeitraum 2017 bis 2019 nahmen 45,5% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen zumindest eine der angeführten Änderungen an ihrem Geschäftsmodell vor. Der Anteilswert ist etwas höher als im gesamtdeutschen Durchschnitt (44,0%). Die Unterschiede zwischen den Vergleichsregionen sind allerdings nicht groß (Abb. 2.5.16). 11,5% der nordrhein-westfälischen Unternehmen haben dabei Veränderungen vorgenommen, die den Kernbereich ihres Geschäftsmodells betrafen, weitere 15,5% haben zwar keine Änderungen im Kernbereich, jedoch Änderungen in den Kundenbeziehungen vorgenommen. 18,5% wiesen Veränderungen ausschließlich im Bereich der Geschäftspartnereinbindung auf.

Abb. 2.5.16: Veränderungen im Geschäftsmodell von Unternehmen 2019



* ohne Veränderungen im Kernbereich

** ohne Veränderungen im Kernbereich oder bei Kundenbeziehungen

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die mit Abstand häufigste Veränderung in den Geschäftsmodellen der Unternehmen betrifft die Einbeziehung neuer Lieferanten oder Kooperationspartner. 37,1% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen haben solche Veränderungen gemeldet (Abb. 2.5.17). Am zweithäufigsten sind grundlegende Veränderungen in den Beziehungen zu bestehenden Kunden. Hier liegen die nordrhein-westfälischen Unternehmen mit einem Anteilswert von 14,5% klar voraus. 13,9% haben ihre Geschäftsmodelle durch die Adressierung neuer geografischer Märkte oder Kundensegmente angepasst, was ebenfalls der höchste Wert unter den Vergleichsregionen ist. Grundlegende Veränderung der Beziehungen zu bestehenden Lieferanten oder Kooperationspartnern waren demgegenüber seltener (9,4%). Die beiden Veränderungen im Kernbereich des Geschäftsmodells traten am seltensten auf: 7,7% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen haben grundlegende Veränderung des Werts, den die angebotenen Produkte/Dienstleistungen für die Kunden haben, vorgenommen, und 6,5% haben

Veränderungen in der Art und Weise, wie Erlöse erzielt werden, realisiert. Beide Anteilswerte sind im Vergleich zum deutschen Wert leicht überdurchschnittlich.

Abb. 2.5.17: Arten von Veränderungen im Geschäftsmodell 2019, Anteil an allen Unternehmen in %

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
NRW	6,5	7,7	13,9	14,5	9,4	37,1
BY	7,0	7,9	11,8	11,5	9,2	33,0
BW	6,1	6,0	12,5	11,3	9,2	37,2
aWL	5,8	6,8	13,4	10,7	10,4	36,5
OL	5,7	7,0	10,5	11,1	8,7	35,1
DE	6,2	7,1	12,6	11,8	9,5	35,9

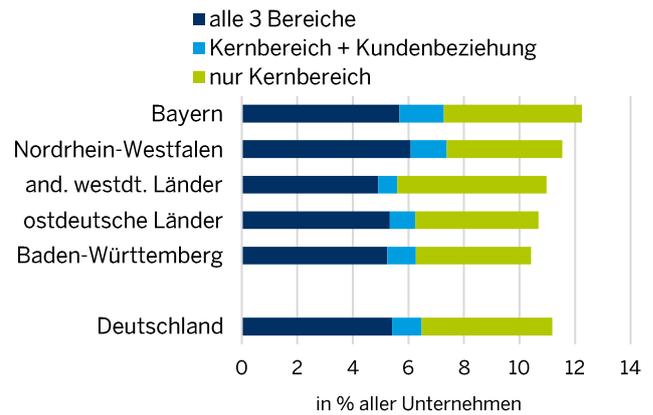
- (a) Veränderungen der Art und Weise, wie Erlöse erzielt werden
- (b) grundlegende Veränderung des Werts, den die angebotenen Produkte/Dienstleistungen für die Kunden haben
- (c) Adressierung neuer geografischer Märkte oder Kundensegmente
- (d) grundlegende Veränderung der Beziehungen zu bestehenden Kunden
- (e) grundlegende Veränderung der Beziehungen zu bestehenden Lieferanten oder Kooperationspartnern
- (f) Einbeziehung neuer Lieferanten oder Kooperationspartner

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Da nicht jede einzelne Änderung von Geschäftsmodellelementen bereits als Geschäftsmodellinnovation gewertet werden kann, wurde ein hierarchischer Ansatz gewählt, um Unternehmen mit Geschäftsmodellinnovationen zu identifizieren. Eine Geschäftsmodellinnovation setzt dabei voraus, dass zumindest eine Veränderung im Kernbereich des Geschäftsmodells stattgefunden haben muss. Eine weitere Differenzierung erfolgt danach, ob gleichzeitig auch Veränderungen im Bereich Kundenbeziehung und/oder Geschäftspartnereinbindungen vorgenommen wurden (vgl. Rammer und Schubert 2021).

Das Ergebnis zeigt, dass 6,1% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen ihre Geschäftsmodelle in allen drei Bereichen angepasst haben und somit klar als Geschäftsmodellinnovatoren charakterisiert werden können. Dieser Anteilswert ist etwas höher als in allen Vergleichsregionen (Abb. 2.5.18). Für Deutschland liegt er bei 5,4%. Nur wenige Unternehmen haben ihre Geschäftsmodelle im Kernbereich und bei Kundenbeziehungen verändert, ohne gleichzeitig Veränderungen bei der Geschäftspartnereinbindung vorzunehmen (1,3% in Nordrhein-Westfalen). Höher ist der Anteil der Unternehmen, die ausschließlich Veränderungen im Kernbereich (aber nicht bei Kundenbeziehungen und Geschäftspartnereinbindung) aufweisen (4,2%).

Abb. 2.5.18: Unternehmen mit Geschäftsmodellinnovationen im Jahr 2019



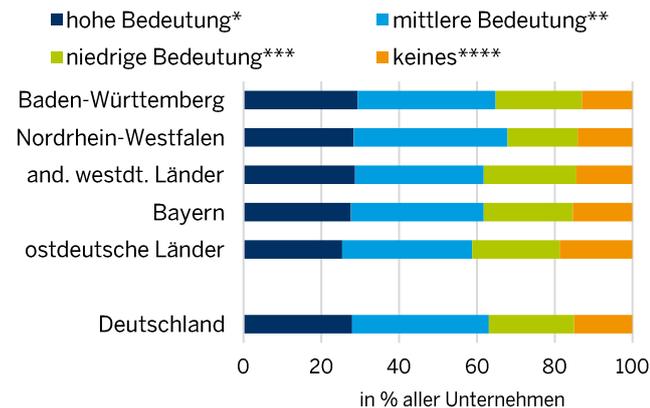
Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die Erneuerung des Geschäftsmodells eines Unternehmens steht häufig im Zusammenhang mit der Nutzung von digitalen Elementen oder Digitalisierungsansätzen. Denn diese ermöglichen neue Leistungskombinationen, neue Leistungserstellungsprozesse, neue Vertriebswege und Wege der Kundenansprache und -gewinnung, neue Formen der Zusammenarbeit entlang von Wertschöpfungsketten sowie neue Arten der Erlöserzielung. In der Innovationserhebung 2020 wurde die Bedeutung von acht digitalen Elementen für das aktuelle Geschäftsmodell der Unternehmen erfasst:

- (a) Digitale Plattformen für Vertrieb von Produkten/Dienstleistungen
- (b) Soziale Netzwerke für Kundengewinnung/-kontakte
- (c) Individualisierung von Produkten über digitale Kanäle
- (d) Methoden digitaler Preisdifferenzierung
- (e) Digitale Quellen zum Sammeln von Daten
- (f) Digitale Integration von Lieferanten/Partnern
- (g) Digitale Medien/Werkzeuge für Crowdsourcing innovativer Ideen
- (h) Maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz

Die meisten Unternehmen nutzen zumindest einzelne digitale Elemente in ihren Geschäftsmodellen. Im Jahr 2020 hatte in rund 86% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen wenigstens eines dieser acht Elemente eine zumindest geringe Bedeutung für das Geschäftsmodell. Der Vergleichswert für Deutschland liegt bei 85%. In 28% der Unternehmen hat zumindest eines der acht digitalen Elemente eine hohe Bedeutung, in weiteren knapp 40% eine zumindest mittlere Bedeutung, in weiteren knapp 40% eine zumindest mittlere Bedeutung, in weiteren knapp 40% eine zumindest mittlere Bedeutung (Abb. 2.5.19).

Abb. 2.5.19: Bedeutung von digitalen Elementen in den Geschäftsmodellen der Unternehmen im Jahr 2020



*zumindest ein digitales Element von hoher Bedeutung

**keines von hoher, aber zumindest ein digitales Element von mittlerer Bedeutung

***keines von hoher oder mittlerer, aber zumindest ein digitales Element von geringer Bedeutung

****alle digitalen Elemente haben keine Bedeutung

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Am weitesten verbreitet von allen digitalen Elementen ist die Nutzung digitaler Plattformen für den Vertrieb. Für 42% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen und 40% der Unternehmen in Deutschland haben solche Plattformen eine hohe oder mittlere Bedeutung. In 35% der NRW-Unternehmen kam der digitalen Integration mit Lieferanten und Geschäftspartnern eine hohe oder mittlere Bedeutung zu, in 30% hatte im Jahr 2020 die Nutzung von sozialen Netzwerken für die Kundengewinnung oder den Kundenkontakt eine solche Bedeutung. Von etwas geringerer Bedeutung sind digitale Quellen zum Sammeln von Daten (27%) und die Individualisierung von Produkten über digitale Kanäle (wie z.B. personalisierte Angebote, 23%). Eher gering ist die Bedeutung für das aktuelle Geschäftsmodell von Verfahren des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz (14%), von digitalen Ansätzen zum Crowdsourcing (12%) und der digitalen Preisdifferenzierung (9%). Diese drei Verfahren setzen auch höhere Anforderungen an die Digitalisierungskompetenzen des Unternehmens, da hier nicht so einfach auf Standardangebote oder auf Angebote Dritte (wie etwa bei digitalen Vertriebsplattformen oder sozialen Netzwerken) zurückgegriffen werden kann.

Abb. 2.5.20: Nutzung digitaler Elemente im Geschäftsmodell der Unternehmen 2020, Anteil mit hoher oder mittlerer Bedeutung in %

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
NRW	42	30	23	9	27	35	12	14
BY	37	26	23	7	26	34	12	15
BW	44	27	22	8	27	32	14	16
aWL	40	25	21	6	25	31	9	12
OL	38	25	20	6	24	30	12	12
DE	40	27	22	7	25	32	12	14

(a) Digitale Plattformen für Vertrieb von Produkten/Dienstleistungen

(b) Soziale Netzwerke für Kundengewinnung/-kontakte

(c) Individualisierung von Produkten über digitale Kanäle

(d) Methoden digitaler Preisdifferenzierung

(e) Digitale Quellen zum Sammeln von Daten

(f) Digitale Integration von Lieferanten/Geschäftspartnern

(g) Digitale Medien/Werkzeuge für Crowdsourcing innovativer Ideen

(h) Maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz

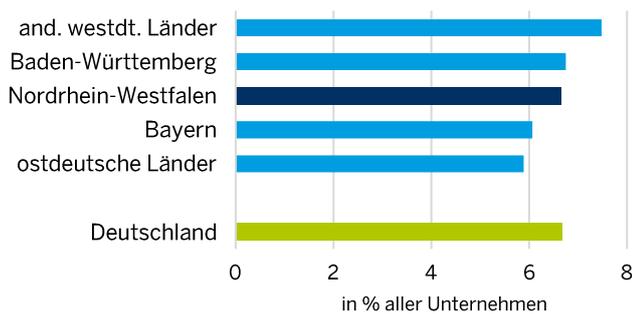
Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Insgesamt sind die Unternehmen in Nordrhein-Westfalen beim Thema Geschäftsmodellinnovationen und Einbindung digitaler Elemente in das Geschäftsmodell weiter fortgeschritten als die Unternehmen in den meisten Vergleichsregionen. So liegt der Anteil der Unternehmen mit Geschäftsmodellinnovationen, die sowohl den Kernbereich, die Kundenbeziehungen und die Geschäftspartnereinbindung verändern, in Nordrhein-Westfalen höher als in allen Vergleichsregionen. Bei fünf der sechs unterschiedenen Veränderungen im Geschäftsmodell weist Nordrhein-Westfalen überdurchschnittlich hohe Anteilswerte auf. Dadurch ist der Anteil der Unternehmen, die zumindest eine der sechs Veränderungen vorgenommen haben, unter den Vergleichsregionen am höchsten. Dies gilt auch für die Verbreitung von digitalen Elementen im Geschäftsmodell, die eine hohe oder mittlere Bedeutung haben. Bei sechs der acht unterschiedenen Elemente ist der NRW-Wert höher als der Wert für Deutschland insgesamt, bei den restlichen beiden entspricht er dem deutschen Wert.

Digitalisierung

Ein das heutige Innovationsgeschehen wesentlich bestimmender Trend ist die Digitalisierung. Dabei handelt es sich um die Integration und Einbettung verschiedener Technologien der Informationsverarbeitung und der digitalen Kommunikation, die neue Anwendungen, Dienstleistungen und Interaktionsformen ermöglichen und auch in traditionellen Märkten neue Innovationspotenziale erschließen. In der Innovationserhebung 2019 wurde die Verbreitung ausgewählter digitaler Technologien und neuartiger digitaler Anwendungen erhoben. Ein wichtiger Bereich ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI). Dieser wird in Abschnitt 5 des vorliegenden Berichts dargestellt. Eng mit der Nutzung von KI zusammenhängendes Digitalisierungsthema ist der Einsatz von Big-Data-Analysen. Im Zeitraum 2016 bis 2018 haben 6,7% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen systematisch die Analyse großer Datenmengen betrieben (Abb. 2.5.21). Dies entspricht dem Anteilswert für Deutschland insgesamt. Die Unterschiede zwischen den Vergleichsregionen sind hierbei relativ gering.

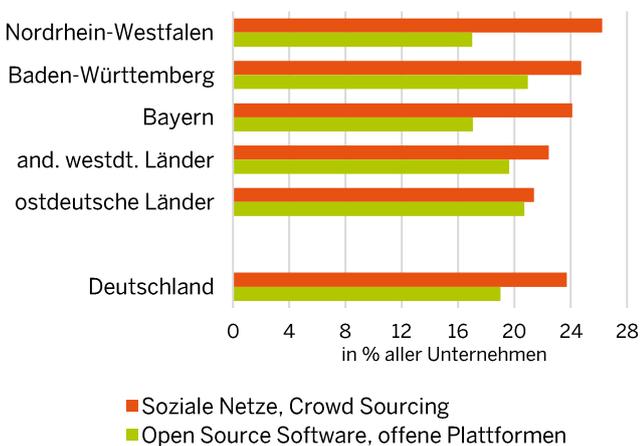
Abb. 2.5.21: Einsatz von Big-Data-Analysen in Unternehmen, 2016 bis 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Ebenfalls keine sehr großen Unterschiede zeigen sich bei der Nutzung von sozialen Netzwerken und Crowdsourcing durch Unternehmen. In Nordrhein-Westfalen haben im Zeitraum 2016 bis 2018 rund 26% der Unternehmen diese digitalen Technologien als Zugangsweg zum Knowhow Dritter genutzt (Abb. 2.5.22). Das sind um 2 Prozentpunkte mehr als im Deutschland-Durchschnitt. Die Nutzung von Open Source Software und offenen Plattformen durch Unternehmen liegt demgegenüber mit einem Anteilswert von 17% um 2 Prozentpunkte unter dem Wert für Deutschland. Hier weisen die ostdeutschen Länder und Baden-Württemberg die höchste Verbreitung auf.

Abb. 2.5.22: Nutzung von Sozialen Netzwerken oder Crowdsourcing sowie Open Source Software oder offenen Plattformen durch Unternehmen, 2016 bis 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

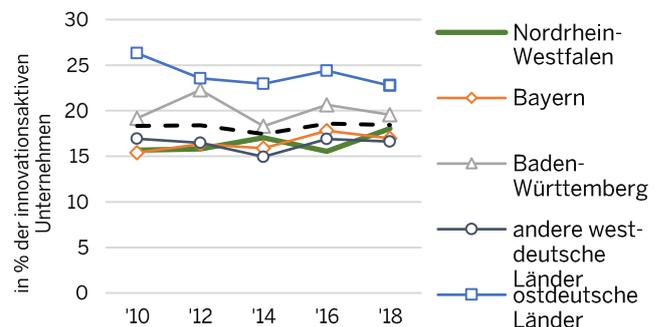
Open Innovation

Ein weiterer Trend, der das aktuelle Innovationsgeschehen von Unternehmen wesentlich bestimmt, ist die Öffnung von Innovationsprozessen und die Einbeziehung von externen Partnern und externem Wissen für die Hervorbringung von Innovationsideen sowie die Entwicklung und Vermarktung von Innovationen. Dieser Trend wurde unter dem Schlagwort "Open Innovation" bekannt gemacht (Chesbrough 2003). Merkmale von "Open Innovation" sind u.a. die systematische Nutzung

von externem Wissen, das Teilen eigenen Wissens und eigener Innovationsideen mit Dritten, die aktive Zusammenarbeit mit Dritten in Innovationsprojekten sowie die Integration von Technologien und Innovationen Dritter in die eigenen Innovationsaktivitäten und die Bereitstellung eigenen Wissens und eigener Technologien für Innovationsaktivitäten Dritter.

Ein zentraler Indikator für die Nutzung von Open Innovation ist die Durchführung von Innovationskooperationen. Dabei handelt es sich um die gemeinsame Arbeit an Innovationsprojekten mit externen Partnern. Die Partner können andere Unternehmen (Kunden, Lieferanten, Wettbewerber, Berater), öffentliche Wissenschaftseinrichtungen (Hochschulen, öffentliche Forschungsinstitute), andere öffentliche Einrichtungen oder gemeinnützige Einrichtungen sein. Im Zeitraum 2016 bis 2018 unterhielten 18% der innovationsaktiven Unternehmen in Nordrhein-Westfalen Innovationskooperationen (Abb. 2.5.23). Dieser Anteilswert lag leicht unter dem gesamtdeutschen Wert (18,4%). Eine merklich größere Verbreitung von Innovationskooperationen ist unter den ostdeutschen Unternehmen (fast 23%) sowie den Unternehmen aus Baden-Württemberg (knapp 20%) anzutreffen. Seit 2010 nahm der Anteil der innovationsaktiven Unternehmen in Nordrhein-Westfalen mit Innovationskooperationen tendenziell zu.

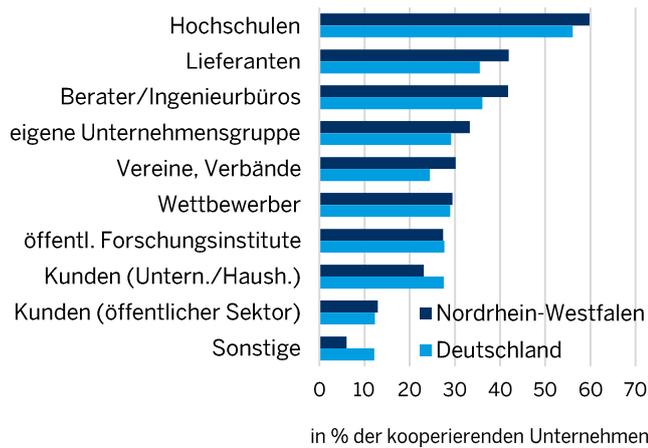
Abb. 2.5.23: Innovationskooperationen von Unternehmen, 2010 bis 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Die häufigsten Kooperationspartner von nordrhein-westfälischen Unternehmen sind Hochschulen. 60% der kooperierenden Unternehmen arbeiteten mit Hochschulen zusammen (Abb. 2.5.24).

Abb. 2.5.24: Kooperationspartner von Unternehmen mit Innovationskooperationen, 2016 bis 2018, in %

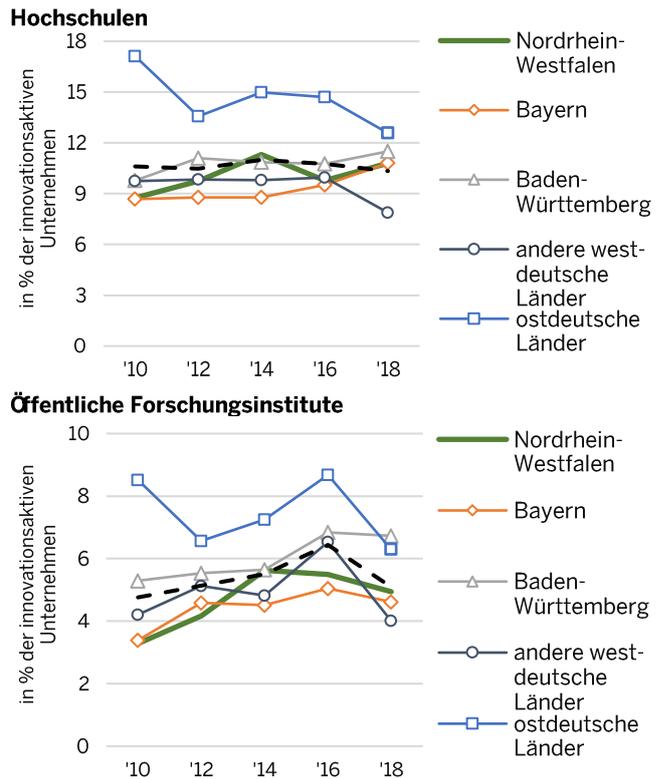


Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Lieferanten sowie Berater/Ingenieurbüros folgen mit einem Anteilswert von jeweils 42% dahinter. Mit Unternehmen aus der eigenen Unternehmensgruppe arbeiten 3% der kooperierenden nordrhein-westfälischen Unternehmen zusammen, Vereine/Verbände kommen auf einen Anteilswert von 30%. Für all diese Partner gilt, dass der Anteilswert für Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen höher als der für Deutschland ist. Ein deutlich unterdurchschnittlicher Anteilswert zeigt sich nur für Kooperationen mit Kunden aus dem Privatsektor. Die höheren Anteilswerte für fast alle Kooperationspartner bedeuten, dass nordrhein-westfälischen Unternehmen über insgesamt umfangreichere Kooperationsnetzwerke verfügen.

Der Anteil nordrhein-westfälischer Unternehmen, die mit Wissenschaftseinrichtungen in Innovationsprojekten kooperieren, lag 2018 höher als 2010, wengleich der Anstieg keinem linearen Trend folgte. Der Anteil der mit Hochschulen kooperierenden Unternehmen erreichte 2014 mit über 11% (an allen innovationsaktiven Unternehmen) den höchsten Wert. Für Kooperationen mit öffentlichen Forschungsinstituten wurde ebenfalls 2014 der höchste Anteilswert (5,6%) beobachtet, bis 2018 ging er auf 4,9% leicht zurück (Abb. 2.5.25).

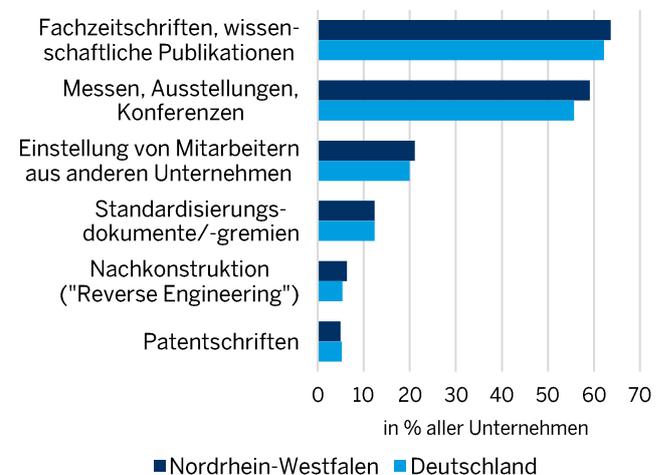
Abb. 2.5.25: Innovationskooperationen von Unternehmen mit Wissenschaftseinrichtungen, 2010 bis 2018



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Innovationskooperationen sind Zugangswege zum Knowhow Dritter, die nur von einem kleinen Teil der Unternehmen genutzt werden. Wesentlich häufiger genutzt werden Publikationen (Fachzeitschriften, wissenschaftliche Journals) sowie Messen, Ausstellungen und Konferenzen. Von allen Unternehmen in Nordrhein-Westfalen nutzten im Zeitraum 2016 bis 2018 64% bzw. 59% diese Formen, um auf das Wissen Dritter zuzugreifen (Abb. 2.5.26).

Abb. 2.5.26: Ausgewählte Zugangswege von Unternehmen zu externem Knowhow, 2016 bis 2018, in %



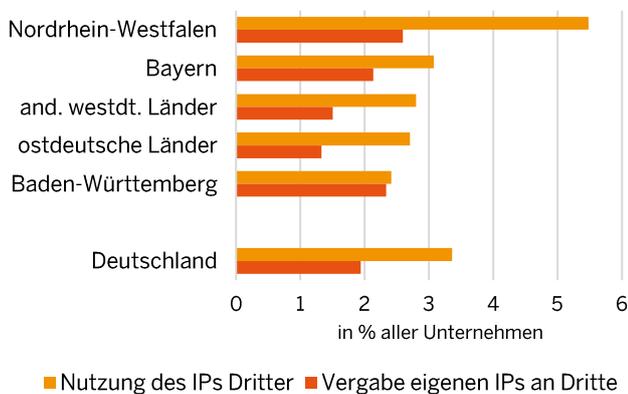
Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Eine weitere verbreitete Form des Knowhow-Zugangs ist die Einstellung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus anderen Unternehmen, die einschlägiges Wissen von ihrem vorherigen Arbeitgeber mitbringen. Gut 20% der nordrhein-westfälischen Unternehmen haben diesen Weg genutzt. Von untergeordneter Bedeutung sind dagegen Standardisierungsdokumente und -normen, Patentschriften sowie das "Reverse Engineering", also die Nachkonstruktion von Produkten oder Anlagen Dritter. Die Unterschiede zwischen Nordrhein-Westfalen und Deutschland, wie auch zu den Vergleichsregionen, sind in Bezug auf die genutzten Zugangswege zu externem Knowhow gering.

Eine in der Literatur zu Open Innovation oft angeführter Form des Austausches von Innovationsergebnissen zwischen Unternehmen ist die Vergabe von Rechten am eigenen intellektuellen Eigentum (IPR) an Dritte durch Verkauf oder Auslizenzierung ("Outbound IPR-Nutzung") sowie die Nutzung von Rechten am intellektuellen Eigentum Dritter durch Erwerb, Lizenznahme oder Tausch von IP ("Inbound IPR-Nutzung"). Beide Aktivitäten sind relativ selten anzutreffen, wenngleich sie von nordrhein-westfälischen Unternehmen häufiger verfolgt werden als im deutschlandweiten Mittel (Abb. 2.5.27).

Im Zeitraum 2016 bis 2018 haben 5,5% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen Rechte an intellektuellem Eigentum Dritter einlizenzieren oder erwerben (Deutschland: 3,4%). 2,6% der nordrhein-westfälischen Unternehmen haben eigene Rechte an intellektuellem Eigentum Dritten zur Verfügung gestellt (Deutschland: 1,9%).

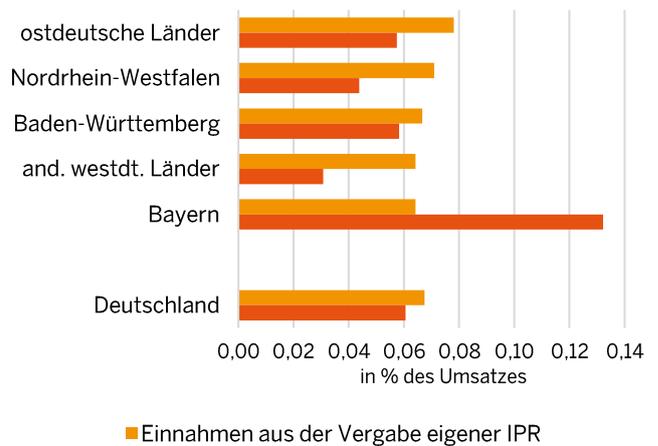
Abb. 2.5.27: Inbound- und Outbound IPR-Nutzung von Unternehmen, 2016 bis 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Die Erlöse aus der Vergabe eigener Rechte an intellektuellem Eigentum und die Ausgaben für die Nutzung von Rechten am intellektuellen Eigentum Dritter sind als gering einzustufen. Im Jahr 2018 machten die IPR-Einnahmen der nordrhein-westfälischen Unternehmen 0,07% des Umsatzes aller Unternehmen aus, die IPR-Ausgaben entsprechen 0,05% des Umsatzes (Abb. 2.5.28).

Abb. 2.5.28: Einnahmen aus und Ausgaben für Inbound- und Outbound IPR-Nutzung von Unternehmen, 2018, in %



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Für Deutschland ergibt sich ein etwas niedrigerer Wert für die IPR-Einnahmen und ein etwas höherer für die IPR-Ausgaben. Gemessen an den gesamten Innovationsausgaben (die in Nordrhein-Westfalen 2018 bei 2,4% des Umsatzes lagen) und den Erlösen aus Produktinnovationen (11,4%, darunter 2,9% von Marktneuheiten) spielt die finanzielle Verwertung der eigenen Wissensproduktion über Inbound- und Outbound-IPR eine marginale Rolle.

Innovationshemmnisse und öffentliche Förderung

Ein aus Sicht der Innovationspolitik wichtiger Aspekt der Innovationstätigkeit von Unternehmen betrifft die Faktoren, die Unternehmen bei der Durchführung von Innovationsaktivitäten behindern oder sie von der Aufnahme solcher Aktivitäten abhalten. Die Verbreitung verschiedener Innovationshemmnisse wird daher regelmäßig in der Innovationserhebung erfasst. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass das Auftreten eines Hemmnisses kein rein "exogenes" Ereignis ist, sondern stark von der Innovationsstrategie und dem Neuheitsgrad, der mit einer Innovation angestrebt wird, abhängt. Denn je anspruchsvoller die Innovationsvorhaben eines Unternehmens sind, desto eher stoßen Unternehmen an Grenzen, die die Umsetzung des Vorhabens erschweren oder gar unmöglich machen (Hottenrott und Peters 2012). Unternehmen, die dagegen wenig anspruchsvolle Innovationsvorhaben verfolgen (z.B. Imitationen von Innovationen, die Dritte bereits eingeführt haben) oder sich gar nicht mit dem Thema Innovation auseinandersetzen, nehmen seltener oder gar keine Hemmnisse wahr.

Im Zeitraum 2016 bis 2018 lag erstmals seit dem Beginn der Innovationserhebung Anfang der 1990er Jahre der Fachkräftemangel an erster Stelle der Innovationshemmnisse in Deutschland (Abb. 2.5.29).

Fast 35% aller Unternehmen berichteten, dass das Fehlen von geeignetem Fachpersonal zum Abbruch, zur Verlängerung bzw. Verzögerung oder zum Nichtbeginn von Innovationsaktivitäten geführt hat. In Nordrhein-Westfalen war diese Quote mit knapp 33% etwas niedriger. Aber auch hier war der Fachkräftemangel das am weitesten verbreitete Innovationshemmnis, noch vor den Hemmnissen der zu hohen Kosten (30%) und des zu hohen Risikos (27%). Diese beiden Hemmnisse können als "natürliche" Hemmnisfaktoren angesehen werden. Denn jedes Innovationsprojekt stellt zunächst einmal eine Kostenbelastung und ein Risiko dar, weil die Höhe der möglichen künftigen Erträge ungewiss ist.

Weitere wichtige Hemmnisse sind organisatorische Probleme im Unternehmen (21%), ein Mangel an internen Finanzierungsquellen (20%) und eine mangelnde Kundenakzeptanz (18%). Für nahezu alle abgefragten Hemmnisfaktoren ist der Anteil der in Nordrhein-Westfalen betroffenen Unternehmen geringer als der Vergleichswert für Deutschland. Dies deutet zum einen auf ein insgesamt günstigeres Innovationsklima in Nordrhein-Westfalen hin. Zum anderen kann es aber auch auf eine geringere durchschnittliche Innovationshöhe und weniger anspruchsvolle Innovationsaktivitäten, insbesondere der KMU hindeuten. Denn gerade bei den "natürlichen" Hemmnissen zu hoher Kosten und zu hohem Risiko ist die Differenz zwischen Nordrhein-Westfalen und Deutschland besonders groß.

Abb. 2.5.29: Unternehmen, die durch Hemmnisse in ihren Innovationsaktivitäten behindert* wurden, 2016 bis 2018, in %



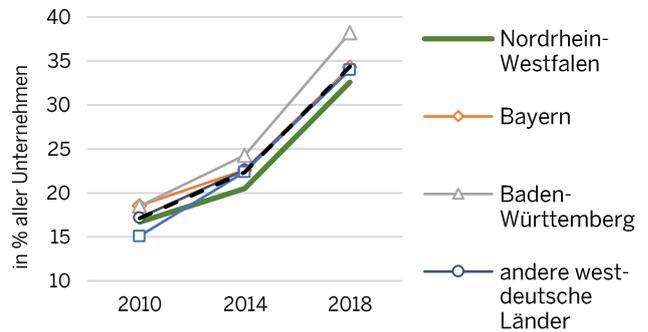
*Hemmnisse führten zum Abbruch, zur Verlängerung/Verzögerung oder zum Nicht-Beginn von Innovationsaktivitäten.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Die Verbreitung von Innovationshemmnissen wird in der Innovationserhebung alle vier Jahre nach derselben Methodik erfasst. Ein Vergleich der Jahre 2010, 2014 und 2018 zeigt den rasanten Anstieg der Verbreitung des Fachkräftemangels (Abb. 2.5.30). Im Jahr 2010 hat diese Hemmnis nur bei knapp 17% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen Innovationsaktivitäten behindert. Der starke Anstieg der Bedeutung des Fachkräftemangels zeigt sich auch in Deutschland insgesamt und in allen Vergleichsregionen, mit einer besonders starken Zunahme in Baden-Württemberg.

Für den Mangel an internen und externen Finanzierungsquellen zeigt sich eine andere Entwicklung (Abb. 2.5.31). Nach 2010, als durch die Finanzkrise die Verbreitung des Finanzierungshemmnisses deutlich zugenommen hatte (Rammer et al. 2020a), gab es bis 2014 einen Rückgang. Danach kam es in Deutschland insgesamt und in den Vergleichsregionen wieder zu einer leichten Zunahme der Bedeutung von Finanzierungsrestriktionen bei Innovationsaktivitäten. Eine Ausnahme von diesem Trend stellt allerdings Nordrhein-Westfalen dar. Sowohl für mangelnde interne Finanzierungsquellen als auch für fehlende externe Finanzierung ging der Anteil der diese Hemmnisse meldenden Unternehmen zurück und liegt nun merklich unter dem Niveau für Deutschland insgesamt.

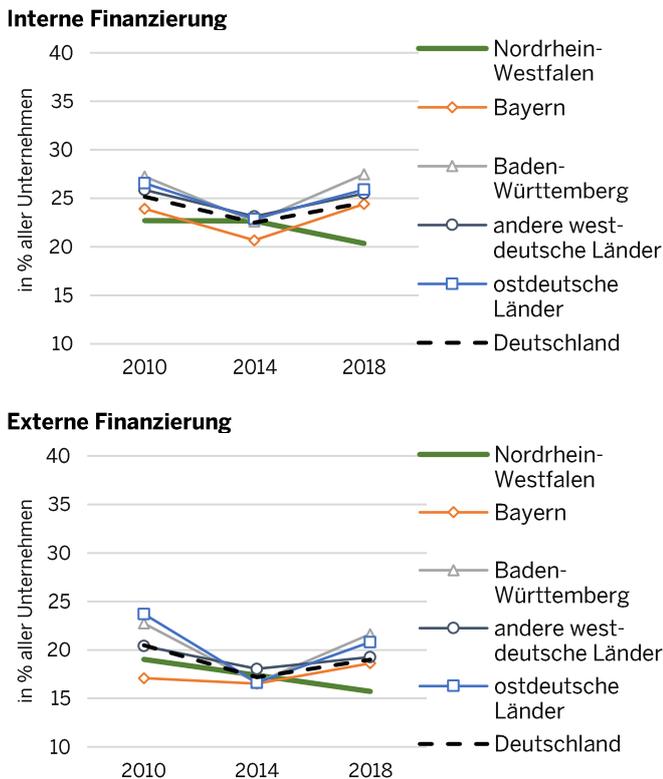
Abb. 2.5.30: Unternehmen, die durch Fachkräftemangel in ihren Innovationsaktivitäten behindert* wurden, 2016 bis 2018, in %



*Mangel an geeigneten Fachkräften führte zum Abbruch, zur Verlängerung/Verzögerung oder zum Nicht-Beginn von Innovationsaktivitäten.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Abb. 2.5.31: Unternehmen, die durch Mangel an interner oder externer Finanzierung in ihren Innovationsaktivitäten behindert* wurden, 2016 bis 2018, in %



*Mangel an geeigneten internen bzw. externen Finanzierungsquellen führte zum Abbruch, zur Verlängerung/Verzögerung oder zum Nicht-Beginn von Innovationsaktivitäten.

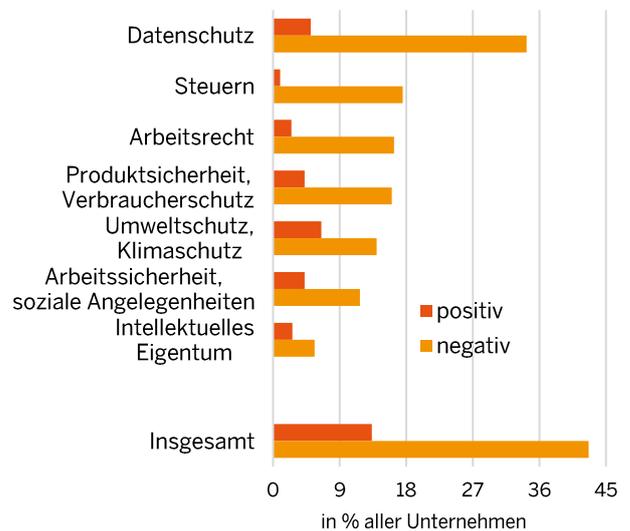
Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Ein weiterer relevanter Hemmnisfaktor für Innovationen können rechtliche Regelungen sein. Denn Innovationen bedeuten häufig das Betreten von Neuland und das Verlassen etablierter Pfade. Rechtliche Regelungen versuchen dagegen, den Status Quo auf Basis vergangener Erfahrungen zu reglementieren. Neue Ideen und neue Ansätze für Produkte, Dienstleistungen und Verfahren können dabei immer wieder an die Grenzen der gegebenen rechtlichen Lage stoßen. In der Innovationserhebung zum Berichtsjahr 2018 wurde dieser Aspekt in einer eigenen Frage behandelt (weshalb sich auch der Hemmnisfaktor "Gesetze/rechtliche Regelungen" nicht in der oben angeführten Liste der Hemmnisse findet). Dabei wurde zwischen positiven Auswirkungen von rechtlichen Regelungen auf Innovationsaktivitäten (Anstoß zu Innovationsideen, Erleichterung bei der Realisierung von Innovationen) und negativen Effekten (Be- oder Verhinderung von Innovationsaktivitäten) unterschieden.

Insgesamt überwiegen aus Sicht der Unternehmen eindeutig die negativen Auswirkungen (Abb. 2.5.32). Fast 43% der Unternehmen gaben an, dass rechtliche Regelungen ihre Innovationsaktivitäten be- oder verhindert hatten, gegenüber gut 13%, die von positiven Auswirkungen berichten. Der im Zeitraum 2016 bis 2018 am häufigsten genannte Rechtsbereich mit negativen Auswirkungen war der Datenschutz. Dabei ist

zu beachten, dass in diesem Zeitraum die neue Datenschutzgrundverordnung (DSVGO) der Europäischen Union eingeführt wurde, die zunächst zu hoher Unsicherheit und erheblichen Anpassungsbedarfen bei den Unternehmen geführt hat.

Abb. 2.5.32: Unternehmen in Nordrhein-Westfalen, in denen rechtliche Regelungen positive oder negative Auswirkungen* auf Innovationsaktivitäten hatten, 2016 bis 2018, in %

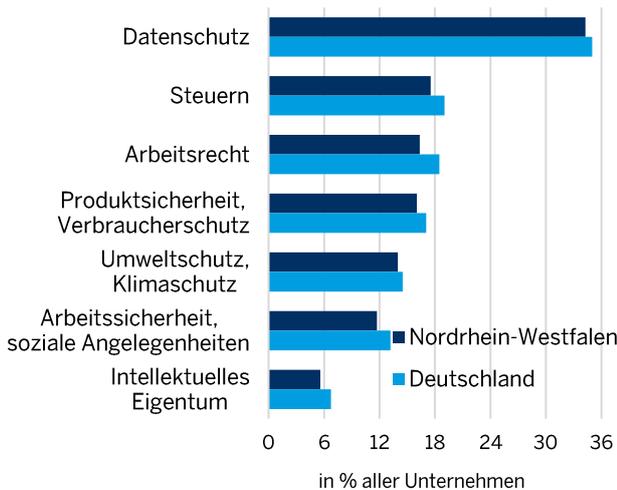


*positiv: Anstoß oder Erleichterung von Innovationsaktivitäten; negativ: Behinderung oder Verhinderung von Innovationsaktivitäten.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Andere staatliche Regelungsbereiche, die von den Unternehmen häufiger als Hemmnis für Innovationsaktivitäten genannt werden, sind Steuern, das Arbeitsrecht sowie Produktsicherheit und Verbraucherschutz (Abb. 2.5.33). Der Rechtsbereich, für den am häufigsten positive Auswirkungen auf Innovationsaktivitäten gemeldet werden ist der Umwelt- und Klimaschutz. Vergleicht man die Verbreitung von rechtlichen Regelungen mit negativen Innovationsauswirkungen zwischen Nordrhein-Westfalen und Deutschland, so sind in Nordrhein-Westfalen die Anteilswerte durchweg etwas niedriger. Dieses Ergebnis wurde auch für die anderen Hemmnisse festgestellt und stützt somit die Schlussfolgerung, dass die Unternehmen in Nordrhein-Westfalen ihr Innovationsumfeld günstiger bewerten.

Abb. 2.5.33: Unternehmen, in denen rechtliche Regelungen zu negativen Auswirkungen* auf deren Innovationsaktivitäten geführt haben, 2016 bis 2018, in %



*Behinderung oder Verhinderung von Innovationsaktivitäten.

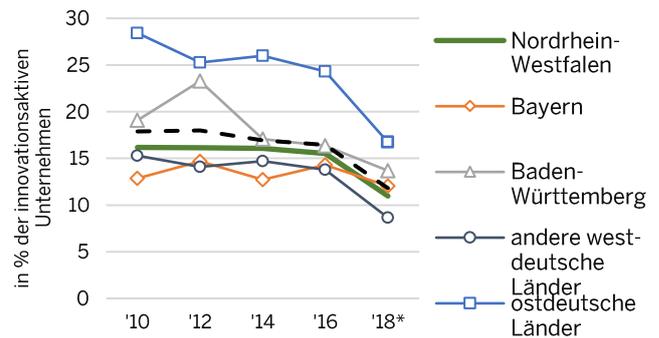
Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Die Politik ist bemüht, Innovationshemmnissen mit geeigneten Maßnahmen entgegenzuwirken. Neben nicht-finanziellen Maßnahmen wie dem Schutz geistigen Eigentums, Informationsangeboten, Beratungs- und andere Unterstützungsleistungen durch Intermediäre oder einem leichteren Zugang zum Know-how von Wissenschaftseinrichtungen spielt die finanzielle Förderung von Innovationsaktivitäten eine große Rolle. Hier bieten sowohl die Länder als auch der Bund und die Europäische Kommission verschiedene Programme an. Die in Deutschland am weitesten verbreitete Form der finanziellen Unterstützung im hier betrachteten Zeitraum sind Zuschüsse zu konkreten Innovationsprojekten (i.d.R. den FuE-Teil von Innovationsaktivitäten betreffend). Daneben gibt es auch Kreditprogramme zur Finanzierung von Innovationen und Gutscheiprogramme. Seit 2020 gibt es mit der Forschungszulage auch ein Instrument der steuerlichen Förderung.

Im Zeitraum 2016 bis 2018 haben in Nordrhein-Westfalen 11% der Unternehmen mit Innovationsaktivitäten eine öffentliche finanzielle Förderung erhalten. Die Quote liegt geringfügig unter dem Durchschnittswert für Deutschland (11,8%) (Abb. 2.5.34).

Besonders hoch ist der Anteil der innovationsaktiven Unternehmen mit öffentlicher Innovationsförderung in den ostdeutschen Ländern. Hierfür spielt die Ko-Finanzierung von Landesprogrammen aus EU-Strukturfondsmitteln sowie Sonderprogramme des Bundes eine wesentliche Rolle. Unter den westdeutschen Ländern weisen Bayern und Baden-Württemberg mit 12% bzw. knapp 14% höhere Anteilswerte als Nordrhein-Westfalen auf, während die Gruppe der anderen westdeutschen Länder auf einen Anteilswert von knapp 9% kommt.

Abb. 2.5.34: Unternehmen, die eine öffentliche finanzielle Innovationsförderung erhalten haben, 2016 bis 2018, in %



*Rückgang im Jahr 2018 im Wesentlichen bedingt durch eine breitere Definition von Innovationsaktivitäten, wodurch die Zahl der Unternehmen mit nicht förderfähigen Innovationsaktivitäten anstieg.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

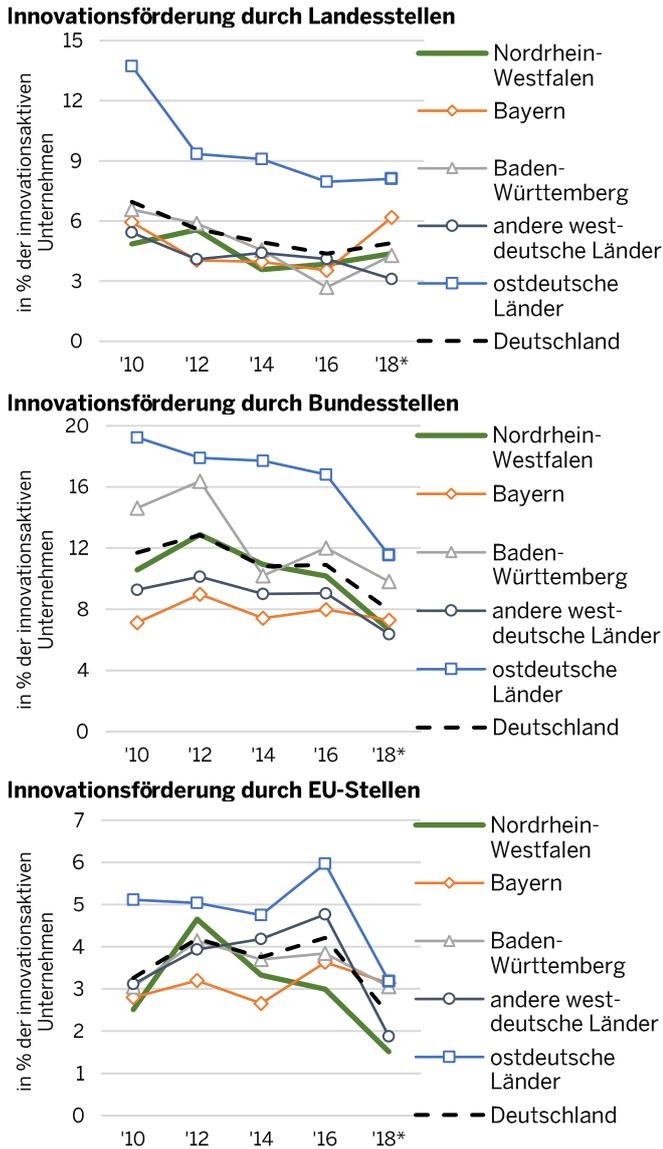
Im Vergleich zu früheren Jahren lag der Anteil der geförderten innovationsaktiven Unternehmen im Zeitraum 2016 bis 2018 niedriger, was allerdings im Wesentlichen an der breiteren Definition von Innovationsaktivitäten ab dieser Berichtsperiode liegt. Dadurch zählen jetzt mehr Unternehmen als innovationsaktiv, die Innovationsaktivitäten aufweisen jedoch nicht im Fokus der Förderprogramme sind und die i.d.R. auch nicht förderfähig sind, wie z.B. Prozessinnovationen im Bereich Organisation, Marketing, Verwaltung, aber auch viele IT-bezogene Verfahrensinnovationen. Die absolute Anzahl der geförderten Unternehmen hat sich sogar leicht erhöht. Sie lag in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 2016 bis 2018 bei ca. 4.700 Unternehmen, im Vergleich zu ca. 4.500 im Zeitraum 2012 bis 2014.

Von Landesstellen erhielten 2016 bis 2018 4,4% der innovationsaktiven Unternehmen in Nordrhein-Westfalen eine finanzielle Förderung für Innovationsaktivitäten, d.h. rund 40% aller geförderten Unternehmen (Abb. 2.5.35). Der Anteil der von Landesseite geförderten innovationsaktiven Unternehmen ist in den ostdeutschen Ländern und in Bayern höher als in Nordrhein-Westfalen. Im Zeitverlauf zeigt sich seit 2010 tendenziell ein rückläufiger Anteil, wenngleich in Nordrhein-Westfalen, aber auch in Bayern und Baden-Württemberg die Anteilswerte zuletzt angestiegen sind. Bundesstellen treten häufiger als Geldgeber für innovationsaktive Unternehmen auf. In Nordrhein-Westfalen erhielten im Zeitraum 2016 bis 2018 6,7% der innovationsaktiven Unternehmen eine Innovationsförderung (d.h. mehr als drei Fünftel aller geförderten Unternehmen). Dieser Anteilswert ist deutlich niedriger als noch im Zeitraum 2010 bis 2012, als er bei fast 13% lag.

In Deutschland wie in den Vergleichsregionen zeigt sich ein rückläufiger Trend, der im Zeitraum 2016 bis 2018 durch die erwähnte Ausweitung der Innovationsdefinition noch verstärkt wurde, denn die meisten Bundesprogramme zielen auf die Förderung von FuE ab. Die Zahl der FuE-betreibenden Unternehmen blieb durch die Definitionsänderung unberührt, während die neu hinzugekommenen innovationsaktiven Unternehmen kaum Bundesförderung in Anspruch nehmen (können).

Für EU-Förderungen zeigt sich aus demselben Grund ebenfalls ein starker Rückgang des Anteils geförderter innovationsaktiver Unternehmen, der den rückläufigen Trend der beiden Vorperioden verstärkt. Für NRW fällt der besonders niedrige Anteilswert auf. Er lag 2016 bis 2018 bei 1,5% (d.h. nur jedes siebte geförderte Unternehmen erhielt eine EU-Förderung) und damit niedriger als in den Vergleichsregionen. Auch im Zeitraum 2014 bis 2016 wies NRW die niedrigste Quote auf.

Abb. 2.5.35: Unternehmen, die eine öffentliche finanzielle Innovationsförderung erhalten haben, 2016 bis 2018, in %



*Rückgang im Jahr 2018 im Wesentlichen bedingt durch eine breitere Definition von Innovationsaktivitäten, wodurch die Zahl der Unternehmen mit nicht förderfähigen Innovationsaktivitäten anstieg.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

2.6 Investitionen und Infrastrukturen

Investitionen und Infrastrukturen sind für das Innovationssystem in NRW sehr bedeutsam. Dies umfasst in unserer heutigen modernen Gesellschaft insbesondere Investitionen in die IT-Infrastruktur und -Sicherheit, in Humanressourcen sowie in Anlagen und Ausrüstungen. In diesem Zusammenhang werden im Folgenden vier Aspekte näher untersucht:

- Analyse der Verfügbarkeit und des Bedarfs von Breitbandinternet und Breitbandanschlüssen anhand geeigneter Indikatoren, insbesondere von Unternehmen,
- Analyse der privaten und öffentlichen Investitionen in die IT-Infrastruktur und -Sicherheit,
- Analyse der Investitionen von Unternehmen in Humanressourcen mit Blick auf digitale Herausforderungen,
- Analyse der Investitionen in Anlagen und Ausrüstungen sowie Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen verhaltenen Investitionen in Anlagen und Ausrüstungen und einer zurückhaltenden Neigung zu Investitionen in FuE in NRW.

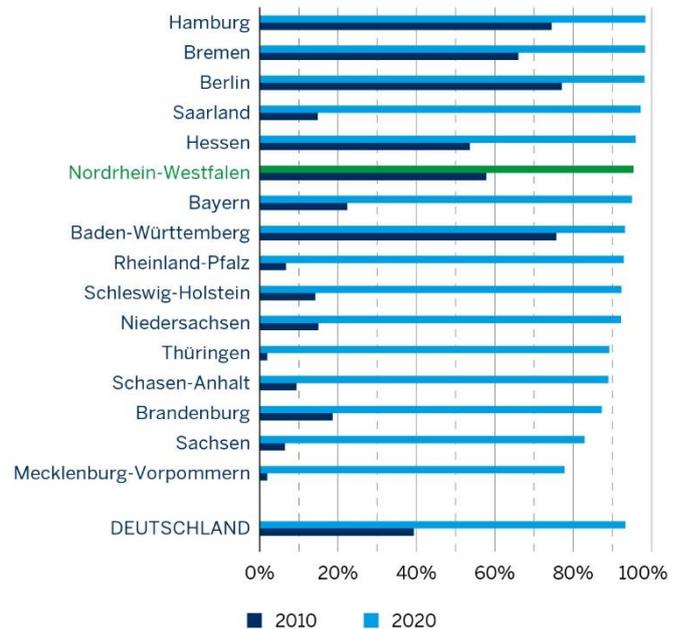
Verfügbarkeit und Bedarf von Breitbandinternet

Die Wertschöpfung in Unternehmen wird zunehmend von der Digitalisierung geprägt. Eine Voraussetzung dafür, digitalisierte Geschäftsmodelle etablieren zu können, ist eine flächendeckend gut ausgebaute Infrastruktur im Bereich des Breitbandinternets, verbunden mit adäquaten Up- und Download-Geschwindigkeiten. Da regional differenzierte Daten zur leitungsgebundenen und -ungebundenen Breitbandverfügbarkeit der Unternehmen nicht vorliegen, wird die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen von Haushalten als Proxy für die gesamte Breitbandverfügbarkeit herangezogen.

Der entsprechende Indikator für leitungsgebundene Internetanschlüsse weist aus, wie hoch der Anteil der Haushalte ist, die über einen Internetanschluss mit einer bestimmten Verbindungsgeschwindigkeit verfügen. Daten zur Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen liegen für Verbindungsgeschwindigkeiten von mindestens 1, 6, 16, 30, 50, 100, 200, 400 oder 1000 Megabit pro Sekunde (Mbit/s) vor.

Die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen mit einer Verbindungsgeschwindigkeit von 50 Mbit/s stieg im Bundesdurchschnitt von 39% im Jahr 2010 auf 93% im Jahr 2020 (Abb. 2.6.1). In NRW stieg die Verfügbarkeit im gleichen Zeitraum von 58% auf 95%. Sowohl 2010 als auch 2019 lag NRW bei diesem Indikator deutlich über dem Bundesdurchschnitt, lediglich in den Stadtstaaten und im Saarland erreichte die Verfügbarkeit einen noch höheren Wert. Die hohen Werte für die Stadtstaaten sind auf deren hohen Urbanisierungsgrad zurückzuführen und daher nicht direkt mit Flächenländern wie NRW vergleichbar.

Abb. 2.6.1: Anteil der Haushalte mit einer Breitbandverfügbarkeit von mindestens 50 Mbit/s, 2010 und 2020, in %



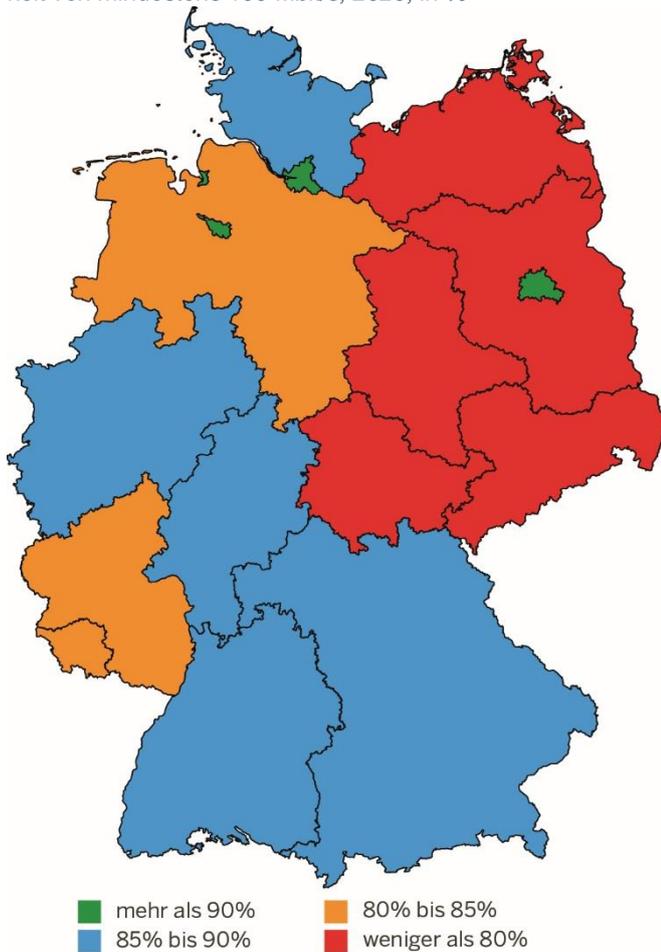
Eigene Darstellung nach Angaben des BMWI (2010) und des BMVI (2020).

Je höher der Urbanisierungsgrad ist, umso höher ist zumindest der Tendenz nach auch die Breitbandverfügbarkeit. Die vergleichsweise geringen Werte in ostdeutschen Bundesländern hängen auch mit deren ländlicher Struktur zusammen. Die relativ hohe Besiedlungsdichte in NRW wirkt sich daher positiv auf die Breitbandverfügbarkeit aus und stellt einen Standortvorteil für nordrhein-westfälische Unternehmen dar.

Eine Zusammenstellung von Daten und nach Bundesländern differenzierten kartografischen Auswertungen zur Netz- und IT-Infrastruktur ist auf der Internetseite des Kompetenzzentrums Öffentliche IT abrufbar und wird dort auch in Berichtsform u.a. als „Deutschland-Index der Digitalisierung“ veröffentlicht (Kompetenzzentrum Öffentliche IT 2019). Die gute Netzinfrastruktur in NRW zeigt sich 2019 auch bei der Breitbandverfügbarkeit mit einer Verbindungsgeschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s (Abb. 2.6.2). NRW liegt hier mit einem Anteil von 89% über dem Bundesdurchschnitt in Höhe von knapp 86%. Mit Ausnahme der Stadtstaaten erreicht kein anderes Flächenland einen vergleichbar hohen Wert.

Ein bedeutsamer Indikator ist auch die Verfügbarkeit von LTE (*Long Term Evolution*). LTE wird zur Mobilfunktechnologie der vierten Generation gerechnet und zählt zu den Nachfolgern von 3G. Während 3G Übertragungsraten von bis zu 150 Mbit/s bietet, sind mit LTE bis zu 1.000 Mbit/s möglich. Den Zahlen des Breitbandatlasses für die Bundesländer zufolge stellt die Verfügbarkeit in Deutschland kein besonderes Problem dar. In den Stadtstaaten liegt die Verfügbarkeit praktisch bei annähernd 100% der Haushalte, im Bundesdurchschnitt bei 97%. In NRW verfügen über 99% der Haushalte über LTE. Das bedeutet jedoch nur, dass 99% die grundsätzliche Möglichkeit haben, LTE zu nutzen.

Abb. 2.6.2: Anteil der Haushalte mit einer Breitbandverfügbarkeit von mindestens 100 Mbit/s, 2020, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des BMVI (2020).

Auch in Bezug auf den neuen Mobilfunkstandard 5G, wofür gerade die entsprechende Infrastruktur aufgebaut wird, ist NRW gut aufgestellt. Die Deutsche Telekom plant in jedem Bundesland in mindestens einer Stadt die Einführung des neuen Standards. In einigen Städten ist der 5G-Standard sogar schon verfügbar. In NRW sind das Bonn und Köln, in Düsseldorf ist dies zudem geplant. Damit ist NRW bereits weiter als z.B. Bayern, wo 5G lediglich in München bereits verfügbar und in Ingolstadt geplant ist, oder Baden-Württemberg, wo bislang lediglich in Stuttgart die Einführung geplant ist.

Die mobile Internetnutzung sowie die dafür vorhandene Infrastruktur betreffend weist NRW den vorliegenden Indikatoren zufolge ebenfalls überdurchschnittliche Werte auf. In Abbildung 2.6.3 sind für das Jahr 2019 die Anteile der Einwohner ausgewiesen, die das Internet außerhalb des Zuhauses oder der Arbeitsstätte nutzen. Dieser Indikator zeigt die Intensität, mit der die mobile Infrastruktur durch die Haushalte genutzt wird. Ferner wird das jahresdurchschnittliche Wachstum der mobilen Internetnutzung ausgewiesen. Demnach stieg der Bundesdurchschnitt zwischen 2012 und 2019 von 31% auf 77%. In NRW nahm der Anteil im gleichen Zeitraum von 34% auf 78% zu. Damit lag NRW 2019 auf dem Niveau von Bayern und sogar leicht über dem von Baden-Württemberg.

Abb. 2.6.3: Mobile Internetnutzung - Anteil der Einwohner, die das Internet außerhalb des Zuhauses oder der Arbeitsstätte nutzen, 2019, in % und jahresdurchschnittliches Wachstum seit 2012, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat).

Die Netzabdeckung wird durch die Bundesnetzagentur abgebildet (Bundesnetzagentur 2020). Hierzu wird auf Daten einer Desktop- oder Funkloch-App zurückgegriffen, die auf der Internetseite Breitbandmessung.de kartografisch dargestellt werden. Dabei kann u.a. zwischen verschiedenen Netzanbietern, Bandbreitklassen und Zeiträumen variiert werden.

Was die Bandbreite der stationären Anschlüsse über alle Klassen und Anbieter hinweg anbelangt, weisen große Teile von NRW im Median eine Download-Geschwindigkeit von mindestens 50 Mbit/s auf. Das betrifft etwa im Nordwesten des Landes die Kreise bzw. kreisfreien Städte Steinfurt, Warendorf, Münster, Coesfeld, Borken, Hamm, Recklinghausen, Wesel, Kleve, Viersen, Mettmann, Düren, Aachen, Heinsberg, Rhein-Kreis Neuss, Mönchengladbach, Wuppertal, Bochum, Herne und Duisburg sowie im Südosten die Kreise bzw. kreisfreien Städte Ahrweiler, Bonn, Westerwaldkreis und Siegen-Wittgenstein. In den anderen Kreisen und kreisfreien Städten in NRW liegt der Median bei einer Downloadgeschwindigkeit von 25-50 Mbit/s. Die Versorgung ist in Bayern und Baden-Württemberg zwar auch recht gut, in der Fläche in NRW allerdings besonders hervorzuheben.

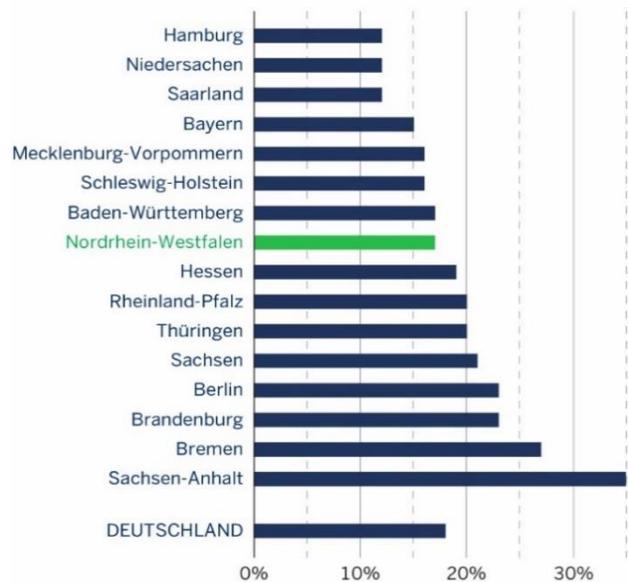
Bei mobilen Breitbandanschlüssen ist NRW unter den Flächenländern ebenfalls gut positioniert. Mit Münster, Hamm, Recklinghausen, Dortmund, Bochum, Gelsenkirchen, Essen, Düsseldorf, Solingen, Köln und Bonn sind vergleichsweise viele Kreise bzw. kreisfreie Städte in der Klasse von 18-25 Mbit/s anzutreffen, alle anderen Kreise und kreisfreien Städte liegen in der Klasse von 8-18 Mbit/s. Funklöcher stellen für NRW ein vergleichsweise geringes Problem dar. So liegen etwa bei der Deutschen Telekom die Anteile der Mobilfunknutzer, die keinen Empfang haben, nahezu flächendeckend bei nur 0%-1%. Lediglich vereinzelt und dann meist in grenznahen Regionen beträgt er 1%-10%. Damit sieht es in NRW im Vergleich zu den meisten anderen Flächenländern besser aus. So liegt beispielsweise in Bayern und Baden-Württemberg der Anteil der Mobilfunknutzer, die keinen Empfang haben, in mehr als der Hälfte der Landesfläche im Bereich von 1%-10%.

Inwiefern die nordrhein-westfälischen Unternehmen von der vergleichsweise guten Breitbandinfrastruktur auch Gebrauch machen und ob sie die Leitungskapazität als ausreichend erachten, ergibt sich aus einer Befragung im Rahmen des IAB-Betriebspanels, da in der Befragungswelle 2017 auch Fragen zur Digitalisierung gestellt wurden. Die Erhebung umfasste für NRW 1.400 Betriebe. Finanziert wurde sie vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales, die Auswertung erfolgte durch das Institut SÖSTRA (Frei et al. 2018).

Demnach nutzten 2017 69% der NRW-Betriebe einen Breitbandanschluss wie DSL, UMTS oder LTE; in den westdeutschen Betrieben ohne NRW lag der Anteil bei 77%, im Bundesdurchschnitt bei 75%. Die nordrhein-westfälischen Betriebe nutzen demnach die digitalen Möglichkeiten nur unterdurchschnittlich. Von den nordrhein-westfälischen Betrieben, die einen Breitbandanschluss nutzten, beurteilten 85% die Leitungskapazität des von ihnen genutzten Anschlusses als ausreichend. Die Zufriedenheit war 2017 somit etwas höher als bei den westdeutschen Betrieben ohne NRW mit 84% und lag auch über dem Bundesdurchschnitt von 83%. Das erklärt sich aus der, wie zuvor dargestellt, vergleichsweise guten Netzinfrastruktur in NRW, sodass der von den Betrieben gesehene Bedarf besser abgedeckt werden kann als im übrigen Bundesgebiet. Ein positiver Befund ergibt sich auch bei der Auswertung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019 (Abb. 2.6.4).

Die Hochschullehrerinnen und -lehrer wurden gefragt, was aus ihrer Sicht notwendig sei, um den Wissensaustausch zwischen ihrer Hochschule und der Wirtschaft zu verbessern. In Bezug auf die Hochschul-Start-ups sehen demnach nur 17% der Befragten in NRW eine Notwendigkeit der Verbesserung der digitalen Infrastruktur am Hochschulstandort (z.B. Glasfasernetze oder G5); der Bundesdurchschnitt liegt bei 18%, der Anteil in Baden-Württemberg liegt wie derjenige in NRW bei 17%, der in Bayern bei 15%.

Abb. 2.6.4: Notwendigkeit der Verbesserung der digitalen Infrastruktur am Hochschulstandort für Start-ups, 2019, in % der befragten Professorinnen und Professoren



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Investitionen in die IT-Infrastruktur und -Sicherheit

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die Netzinfrastruktur als Voraussetzung für die Breitbandverfügbarkeit für Haushalte und Unternehmen aufgezeigt wurde, sollen im Folgenden die gesamte IT-Infrastruktur und zentrale Aspekte der IT-Sicherheit betrachtet werden. Dabei geht es im engeren Sinne um die Position von NRW im Hinblick auf private und öffentliche Investitionen in die IT-Infrastruktur und -Sicherheit.

NRW weist bei den Bruttoanlageinvestitionen je Erwerbstätigen sowohl hinsichtlich des absoluten Werts im Jahr 2016 als auch der jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate seit 2009 im Vergleich zum Bundesdurchschnitt unterdurchschnittliche Werte auf (vgl. dazu auch am Ende dieses Abschnitts „Investitionsneigung der Wirtschaft in NRW und Zusammenhang mit den FuE-Investitionen“). Im Bundesländervergleich nimmt NRW daher nur eine Position im unteren Mittelfeld ein, was sich bei einer Betrachtung einzelner Wirtschaftsbereiche zum Teil dann aber deutlich unterscheidet. Etwa 12% der Bruttoanlageinvestitionen entfallen dabei auf IKT-Investitionen (Saam und Niebel 2016).

NRW verzeichnet im Wirtschaftsbereich „DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse“ bei den Bruttoanlageinvestitionen je Erwerbstätigen eine mehr als doppelt so hohe Wachstumsrate im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Zwar zeigt dies, dass NRW in diesem IT-Produktionsbereich eine hohe Investitionsneigung aufweist, allerdings ist in diesem Bereich auch die Exportquote sehr hoch (auf Bundesebene lag sie im Jahr 2016 bei 78%), sodass hieraus nur mit Einschränkungen eine Relevanz für die IT-Infrastruktur in NRW abgeleitet werden kann. Abgesehen davon wies der Wirtschaftsbereich „DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse“ 2018 mit einem Beschäftigungsanteil von 0,8% an allen SV-

Beschäftigten in NRW einen deutlich niedrigeren Anteil auf als auf der Bundesebene mit 1,3%.

Aussagekräftiger ist daher der Dienstleistungsbereich „Information und Kommunikation“. Er wies in NRW bei den Bruttoanlageinvestitionen je Erwerbstätigen mit 9,3% p.a. eine um 4 Prozentpunkte höhere Wachstumsrate im Vergleich zum Bundesdurchschnitt auf. Der Anteil der SV-Beschäftigten der Telekommunikations-, IT- und Informationsdienstleistungen an allen SV-Beschäftigten lag 2019 mit 2,6% annähernd auf dem Niveau des Bundesdurchschnitts, wobei die Telekommunikationsdienstleistungen daran in NRW 2018 einen Anteil von 8,4% und im Bund von 6,5% hatten. Von den Flächenländern wiesen nur Hessen mit 3,4%, Baden-Württemberg mit 3,1% und Bayern mit 3,2% höhere Beschäftigungsanteile auf (Abb. 2.6.5).

Abb. 2.6.5: Anteil der SV-Beschäftigten in den Produktionsbereichen Telekommunikations-, IT- und Informationsdienstleistungen an allen SV-Beschäftigten, 2019, in %



Eigene Darstellung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit (2020a).

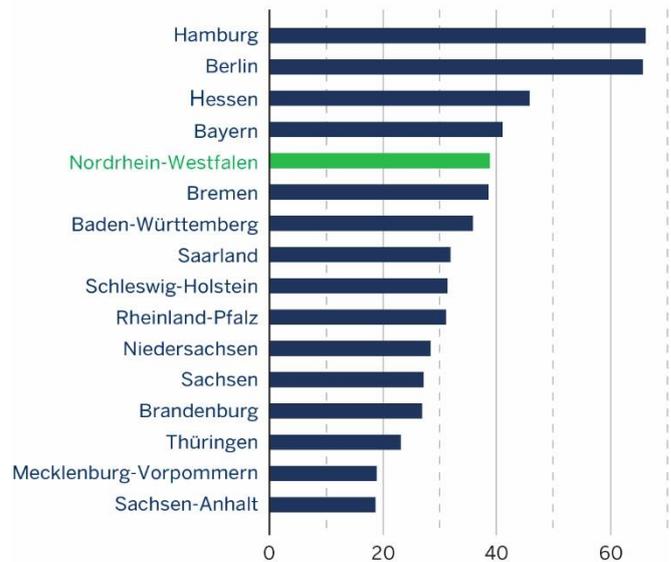
Aussagekräftig ist der Indikator für diesen Bereich deshalb, weil er eine vergleichsweise geringe Exportquote aufweist (auf Bundesebene 2016 5% bei den Telekommunikations- und 13% bei IT- und Informationsdienstleistungen), denn das Ausmaß der IT-Dienstleistungen dürfte davon abhängen, wie ausgeprägt die jeweilige IT-Infrastruktur ist.

Die Wachstumsrate der Beschäftigungsanteile der Telekommunikations-, IT- und Informationsdienstleistungen seit 2010 lag in NRW mit 1,2% p.a. allerdings deutlich unter dem Bundesdurchschnitt mit 2,7% und auch unter der von Hessen, Baden-Württemberg und Bayern. Damit hat sich im zurückliegenden Jahrzehnt der Abstand von NRW im Vergleich zu den führenden Flächenländern vergrößert.

Auch die Anzahl der IT-Betriebe und IT-Neugründungen, jeweils pro Tsd. Betriebe, können als Indikatoren zur Kenn-

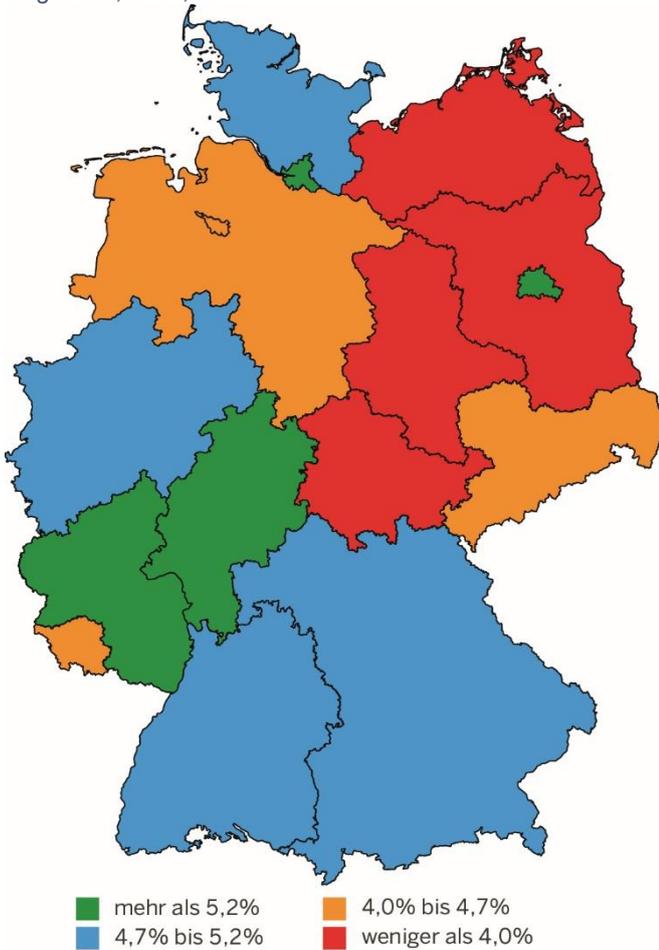
zeichnung der privaten Investitionen in die IT-Infrastruktur herangezogen werden. Sie unterstreichen das zuvor skizzierte Bild, dass NRW unter den Flächenländern nur von wenigen übertroffen wird. Mit 39 IT-Betrieben pro Tsd. Betrieben wird NRW unter den Flächenländern lediglich von Hessen (46) und Bayern (41) übertroffen (Abb. 2.6.6). Bei den IT-Neugründungen, die Investitionen in neue IT-Unternehmen kennzeichnen, liegt NRW mit 5,0 Gründungen pro Tsd. Betrieben sowohl vor Bayern (4,9) als auch vor Baden-Württemberg (4,8). Von den Flächenländern weisen lediglich Hessen (6,0) und Rheinland-Pfalz (5,3) höhere Werte als NRW auf (Abb. 2.6.7).

Abb. 2.6.6: Anzahl der Betriebe der IT-Branche pro Tsd. Betriebe insgesamt, 2016



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts.

Abb. 2.6.7: Anzahl der IT-Neugründungen pro Tsd. Betriebe insgesamt, 2015, in %



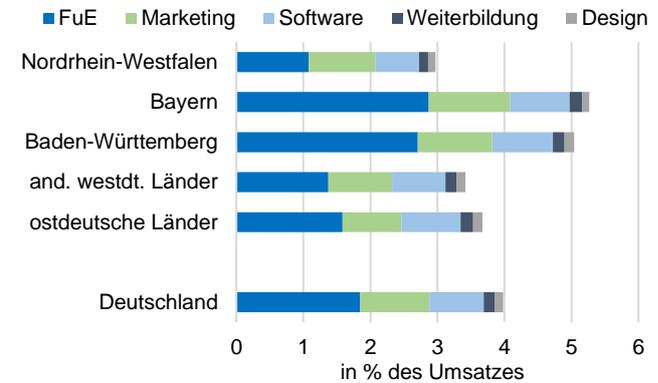
Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts.

Vor allem den Investitionen in immaterielles („intangibles“) Kapital wird eine zunehmend größere Bedeutung für Produktivität, Innovationskraft und Wachstum beigemessen (Corrado et al. 2006). Zu den Investitionen in immaterielles Kapital zählen insbesondere die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE), die wesentlich zum Aufbau von technologischem Wissen beitragen, weitere intangible Investitionen betreffen Software und Datenbanken, Markenwerte und Unternehmensreputation, Weiterbildung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum Aufbau von unternehmensspezifischen Kenntnissen und Fertigkeiten sowie nicht-technisches innovationsrelevantes Wissen wie z.B. Design (Corrado et al. 2005). Die Investitionen in immaterielles Kapital übertreffen dabei die Investitionen in Sachanlagen (Maschinen, Geräte, Einrichtungen, Gebäude, Grundstücke) merklich (Rammer und Köhler 2012).

Die Ergebnisse der Innovationserhebung erlauben für die wichtigsten Komponenten eine Abschätzung des Umfangs der Investitionen in immaterielles Kapital. Im Jahr 2018 wendeten die Unternehmen in Nordrhein-Westfalen im Berichtskreis der Innovationserhebung rund 3,0% ihres Umsatzes für solche Investitionen auf. Die FuE-Aufwendungen betragen dabei 1,1% des Umsatzes, Aufwendungen für Markenwerte und Unternehmensreputation (z.B. Marketing) 1,0%, Aufwendungen für

Software und Datenbanken 0,7% sowie Aufwendungen für Weiterbildung und Design 0,3% (Abb. 2.6.8).

Abb. 2.6.8: Ausgaben der Unternehmen für unterschiedliche Formen immateriellen Kapitals, 2018, in %

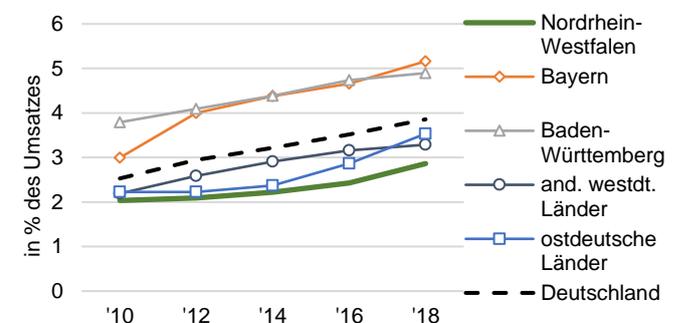


Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (4,0%) sind die Investitionen der nordrhein-westfälischen Unternehmen in immaterielles Kapital unterdurchschnittlich. Dies liegt vor allem an den hohen Aufwendungen der Unternehmen in Bayern (5,3%) und Baden-Württemberg (5,0%) insbesondere im Bereich FuE. Aber auch bei den anderen Komponenten liegt Nordrhein-Westfalen hinter diesen beiden Ländern zurück. Im Vergleich zu Deutschland befinden sich lediglich die Aufwendungen für Marketing auf demselben Niveau, bei allen anderen Komponenten liegt NRW leicht (Weiterbildung, Design), deutlich (Software/Datenbanken) oder erheblich (FuE) unter dem Referenzwert für Deutschland insgesamt.

In den Unternehmen in NRW stiegen die Ausgaben für immaterielles Kapital in den vergangenen neun Jahren allerdings rascher als der Umsatz. Die Ausgabendynamik blieb dennoch hinter der deutschen Wirtschaft insgesamt zurück, sodass sich der Abstand zum bundesweiten Durchschnitt, aber auch zu den beiden führenden Ländern Bayern und Baden-Württemberg erhöht hat (Abb. 2.6.9).

Abb. 2.6.9: Ausgaben der Unternehmen für immaterielles Kapital, 2010 bis 2018, in %

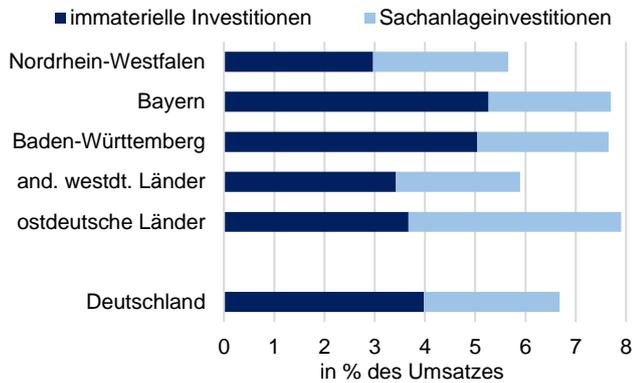


* ohne Ausgaben für Design.

Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Die Investitionen in immaterielles Kapital lagen in NRW im Jahr 2018 höher als die Investitionen in Sachanlagekapital. Dies gilt allerdings auch für Bayern, Baden-Württemberg und die anderen westdeutschen Länder (Abb. 2.6.10). Nur in den ostdeutschen Ländern war das Verhältnis umgekehrt.

Abb. 2.6.10: Investitionen in immaterielles und in Sachanlagekapital in Relation zum Umsatz, 2018, in % in Relation zum Umsatz



Eigene Darstellung nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Ein weiterer wichtiger Indikator für die Investitionen von Unternehmen in IKT sind die Softwareinvestitionen, die auf der Basis von (Sonder-)Auswertungen der offiziellen Statistik für Deutschland und NRW zur Verfügung stehen. Die Tabelle 2.6.1 und 2.6.2 zeigen die Software-Investitionen der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor insgesamt und je Erwerbstätigen auf. Ein Vergleich zwischen dem Verarbeitenden Gewerbe und den Dienstleistungen ist allerdings nur eingeschränkt möglich, da die Werte für das Verarbeitende Gewerbe lediglich erworbene Software umfassen, während im Dienstleistungsgewerbe die Summe aus erworbener und selbsterstellter Software ausgewiesen wird.

In Deutschland entfielen 2018 insgesamt 2,5 Milliarden € an Investitionen in erworbener Software an, wovon fast 970 Millionen € auf den Maschinen- und Fahrzeugbau entfielen (Tab. 2.6.1).

Tab. 2.6.1: Investitionen in Software (erworbene Software) im Verarbeitenden Gewerbe, 2018:

WZ 2008 / Wirtschaftszweig	Deutschland		Nordrhein-Westfalen	
	in Mio. €	in € je Erwerbstätigen	in Mio. €	in € je Erwerbstätigen
C Verarbeitendes Gewerbe	2.533	384	443	341
20 Chemische Erzeugnisse	190	568	60	583
26 DV-Geräte, elektronische u. optische Erzeugnisse	160	488	23	702
28 Maschinenbau	502	453	56	264
29 Fahrzeugbau	467	534	29	350
Übriges Verarb. Gewerbe	1.214	307	275	317

Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2019a) und von IT.NRW (2020).

Bezogen auf die Zahl der Erwerbstätigen ergeben sich für die forschungsaktiven Wirtschaftszweige Chemische Industrie, DV-Geräte, Maschinen- und Fahrzeugbau jeweils ähnliche Werte (zwischen 453 € im Maschinenbau und 568 € in der Chemischen Industrie). In NRW lag der Gesamtwert für das Verarbeitende Gewerbe je Erwerbstätigen etwas unter dem Durchschnitt (341 € gegenüber 384 € deutschlandweit). Während die Werte je Erwerbstätigen mit 583 € in der Chemischen Industrie und 702 € bei den DV-Geräten überdurchschnittlich waren, fielen die Investitionen im Maschinen- und Fahrzeugbau deutlich unterdurchschnittlich aus. Dieser Wert reflektiert wiederum die Strukturcharakteristika des Fahrzeugbaus in NRW, der sich auch in anderen Indikatoren widerspiegelt.

Bei den Softwareinvestitionen im Dienstleistungsbereich fällt zunächst auf, dass diese 2018 in NRW je Erwerbstätigen mit 837 € deutlich über dem Wert für Deutschland von 621 € lagen (Tab. 2.6.2). Diese Differenz ist insbesondere auf die vergleichsweise hohen Investitionen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien zurückzuführen, die mit 4.529 € je Erwerbstätigen den deutschlandweiten Wert von 2.888 € deutlich überstiegen.

Hier schlägt zu Buche, dass allein die Teilbereiche Leitungsgebundene Telekommunikation (WZ 61.1) und Dienstleistungen der Informationstechnologie (WZ 62) mit zusammen rund 1,3 Milliarden € etwa 85% aller Softwareinvestitionen im Bereich Information und Kommunikation in Höhe von rund 1,5 Milliarden € bestritten haben, in diesem Bereich gleichzeitig aber nur 11,7% der Erwerbstätigen arbeiteten. Auch im Bereich Verkehr und Lagerei und bei den Freiberuflern, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen lag NRW etwas über dem deutschlandweiten Durchschnitt, während die Softwareinvestitionen im Bereich des Grundstücks- und Wohnungswesens je Erwerbstätigen unterdurchschnittlich waren.

Tab. 2.6.2: Investitionen in Software (erworbene und selbsterstellte Software) für ausgewählte Abschnitte im Dienstleistungsbereich, 2018:

WZ 2008-Abschnitt / Wirtschaftszweig	Deutschland		Nordrhein-Westfalen	
	in Mio. €	in € je Erwerbstätigen	in Mio. €	in € je Erwerbstätigen
Dienstleistungsbereich ¹	5.905	621	2.315	837
H Verkehr und Lagerei	316	135	136	198
J Information u. Kommunikation	3.555	2.888	1.486	4.529
L Grundstücks- u. Wohnungswesen	82	246	18	148
M Freiberufl. wissenschaftl. & techn. Dienstleistungen	1.460	631	507	776
N Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	489	149	167	172

¹Die zugrundeliegende Strukturhebung im Dienstleistungsbereich erfasst von den 14 Abschnitten der WZ 2008 für den Dienstleistungsbereich nur die Abschnitte H, J, L, M, N und S (Reparatur von DV-Geräten u. Gebrauchsgütern)

Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2019a) und von IT.NRW (2020). - ¹Die zugrundeliegende Strukturhebung im Dienstleistungsbereich erfasst von den 14 Abschnitten der WZ 2008 für den Dienstleistungsbereich nur die Abschnitte H, J, L, M, N und S (Reparatur von DV-Geräten u. Gebrauchsgütern).

Den zuvor diskutierten Indikatoren entsprechend liegt auch der Digitalisierungsgrad der NRW-Betriebe gemessen am Einsatz von digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien in etwa im Durchschnitt der anderen Bundesländer. Einer Auswertung des IAB-Betriebspanels zufolge setzten demnach 2017 in NRW 8% der Betriebe mehr als fünf digitale Technologien ein (hoher Digitalisierungsgrad), die westdeutschen Bundesländer ohne NRW und der Bundesdurchschnitt lagen bei 7%. Mehr als die Hälfte der NRW-Betriebe (54%) setzen drei bis fünf digitale Technologien ein (mittlerer Digitalisierungsgrad), in Westdeutschland ohne NRW waren es 57% und im Bundesdurchschnitt 56%. Weniger als drei genutzte digitale Technologien (geringer Digitalisierungsgrad) kamen in NRW in 38% der Betriebe zum Einsatz, in Westdeutschland ohne NRW waren es 36% und im Bundesdurchschnitt 37%.

Bei den Betrieben mit hohem Digitalisierungsgrad liegt NRW somit leicht über, bei denen mit mittlerem und geringerem Digitalisierungsgrad leicht unter dem Durchschnitt. Insgesamt unterscheidet sich der Digitalisierungsgrad der Betriebe in NRW nur wenig vom Bundesdurchschnitt, was vermuten lässt, dass auch die Investitionen in diesem Bereich nicht stark vom deutschlandweiten Durchschnitt abweichen. Mit der Größe der Betriebe steigt im Übrigen der Digitalisierungsgrad an.

Wie aus Tabelle 2.6.3 ersichtlich, sind IT-gestützte Arbeitsmittel und mobile Endgeräte in den NRW-Betrieben weitgehend Standard. Auch IT-basierte Optimierungsprozesse und soziale Netzwerke zur Kommunikation sind in knapp der Hälfte bzw. einem Drittel der Betriebe etabliert. Etwa jeder fünfte Betrieb setzt darüber hinaus eine digitale Auftragsvergabe, digitale Kanäle für Absätze und soziale Netzwerke für die Personalrekrutierung ein. Die Vernetzung zwischen den Anlagen und der Einsatz programmgesteuerter Produktionsmittel stellt dagegen noch die Ausnahme dar und ist noch vornehmlich den besonders digitalisierungsnahen Betrieben vorbehalten. Die genannten Anteilswerte steigen jeweils mit der Größe und dem Digitalisierungsgrad der Betriebe an.

Tab. 2.6.3: Nutzung von digitalen IKT in NRW, 2017, in % der Betriebe

Digitale IKT	in %
IT-gestützte Arbeitsmittel	93
Mobile Endgeräte	85
IT-basierte Optimierungsprozesse	44
Soziale Netzwerke für Kommunikation	33
Digitale Auftragsvergabe	20
Digitale Absatzkanäle	20
Soziale Netzwerke für Personalrekrutierung	19
Vernetzung zwischen Anlagen	6
Programmgesteuerte Produktionsmittel	5

Eigene Darstellung nach Angaben des IAB-(IAB 2017).

Im Rahmen einer Befragung von 14 Tsd. nordrhein-westfälischen KMU, aus der rund 500 ausgefüllte Fragebögen in die Auswertung einfließen, wurde u.a. danach gefragt, in welchen Bereichen die Betriebe vornehmlich Investitionen planen (Werning et al. 2018). Aus den Ergebnissen geht hervor, dass knapp zwei von fünf Betrieben vordringlich in den Bereichen

IT-Ausstattung und Hardware Investitionen planen (Tab. 2.6.4). Dabei entfallen die Investitionen der KMU in der Industrie in etwa zu gleichen Teilen auf die IT-Ausstattung und Struktur, die Datenverarbeitung und -ausstattung sowie die IT-Sicherheit, bei den industrienahen Dienstleistern entfällt knapp die Hälfte der geplanten Digitalisierungsinvestitionen auf den ersten Bereich, die zweite Hälfte zu etwa gleichen Teilen auf die beiden anderen Bereiche. Die Befunde unterstreichen die große Bedeutung, die der Digitalisierung von den NRW-Betrieben beigemessen wird.

Tab. 2.6.4: Anteil der KMU in NRW die künftig vornehmlich in bestimmten Bereichen Investitionen planen (keine Mehrfachnennungen), 2018, in %

KMU in NRW	in %
Industrie	
IT-Ausstattung und Hardware	37
Prozesse und Wertschöpfung	34
Know-how und Mitarbeitende	20
weiß nicht	9
Industrienaher Dienstleister	
IT-Ausstattung und Hardware	36
Prozesse und Wertschöpfung	18
Know-how und Mitarbeitende	18
weiß nicht	28

Eigene Darstellung nach Angaben von Werning et al. (2018).

Der Umstand, dass halb so viele Nennungen auf den Bereich Know-how und Mitarbeitende entfallen, unterstreicht, dass die Unternehmen sich auf die Herausforderungen der Digitalisierung zum einen bereits gut vorbereitet sehen, dass sie zum anderen aber auch bereit sind, hier zu investieren, um sich für die Zukunft zu wappnen (s. hierzu auch den nachfolgenden Punkt in diesem Abschnitt zu den Investitionen in Humankapital in Hinblick auf digitale Herausforderungen).

Wie erwähnt, beabsichtigen die NRW-Betriebe, ein Viertel bis ein Drittel ihrer geplanten IT-Investitionen für die IT-Sicherheit einzusetzen. Noch deutlicher wird die besondere Präferenz für die IT-Sicherheit anhand eines Digitalisierungsindex, der aufgrund der in der genannten Befragung enthaltenen qualitativen Einschätzung der Betriebe in einer Skala von 0 bis 10 ermittelt wurde. Die IT-Infrastruktur insgesamt erhielt dabei einen hohen Indexwert, der in Abhängigkeit von der Betriebsgröße ansteigt. Für die IT-Ausstattung und -Struktur sowie die Datenverarbeitung und -nutzung ist der Wert niedriger als für die IT-Sicherheit, der besonders hoch ist. Dies zeigt, wie ernst die NRW-Betriebe den letzteren Bereich nehmen und welche hohe Priorität sie ihm beifügen.

Demnach gaben zwei Drittel der befragten größeren KMU (250-499 Mitarbeitende) an, dass es voll und ganz zutrefte, dass sie lückenlose Backups durchführen, sodass IT-Ausfälle zu keinen relevanten Datenverlusten führen, dass ihre Systeme durch eine Firewall gegen Angriffe von außen geschützt und dass sämtliche sensiblen Daten durch einen Zugriffsschutz gesichert würden, um einen Zugriff auf die Daten durch nicht Befugte auszuschließen. Ein weiteres Viertel bis Drittel der Betriebe meinte, dies träfe eher oder teils-teils zu. Bei den

kleineren KMU (20-49 Mitarbeitende) waren die Werte jeweils etwas geringer, insgesamt lagen sie aber auch bei jeweils über 90%. Die Ausprägungen der Werte der mittleren KMU (20-249 Mitarbeitende) lagen in etwa dazwischen.

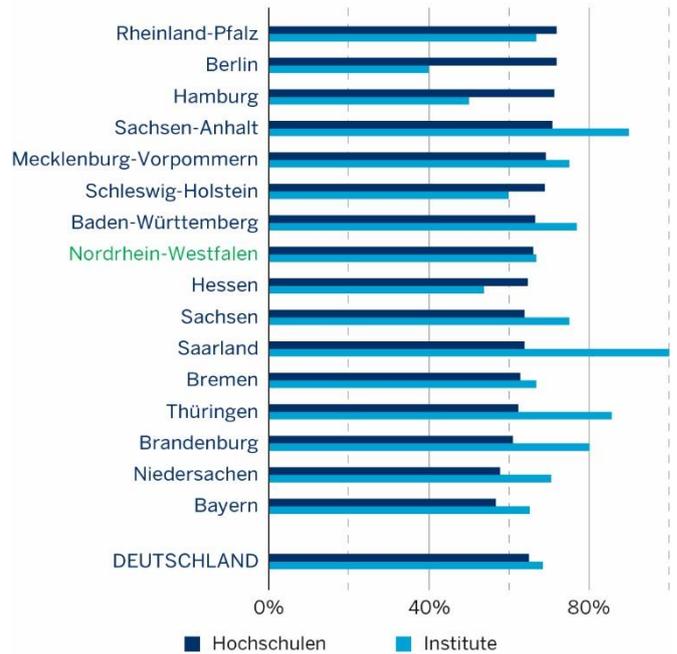
In allen Betriebsgrößenklassen lagen die Zustimmungswerte niedriger, wenn nach einem vollständig dokumentierten IT-Sicherheitskonzept gefragt wurde, um die Unternehmen vor Cyber-Angriffen oder IT-Totalausfällen zu schützen. Für mehr als die Hälfte der größeren Betriebe trifft dies voll oder eher zu, jedoch nur für gut ein Drittel der kleineren Betriebe.

Die digitale Ausstattung der Schulen in NRW ist im Bundesländervergleich insgesamt betrachtet als mittel einzuschätzen. Dies geht aus einer repräsentativen Befragung von mehr als 1.200 Lehrkräften in allen Bundesländern hervor (Deutsche Telekom Stiftung 2017). Bei der Ausstattung der Schulen mit WLAN weisen für den Zeitraum 2015 bis 2017 NRW und seit 2016 auch Baden-Württemberg eine mittlere Lehrerstimmung auf (sie gehören damit zu den acht Bundesländern im Mittelfeld), Bayern dagegen durchgängig eine höhere (es gehört somit zu den besten vier Bundesländern). Ein ähnliches Bild zeigt sich hinsichtlich der IT-Ausstattung in Bezug auf Computer und Software, auch wenn hier Baden-Württemberg zumindest 2015 noch in der Spitzengruppe lag. Besser bewertet wird NRW bei der technischen Unterstützung bezüglich der Wartung der IT-Ausstattung. Hier lag es jedenfalls 2017 in der Spitzengruppe, Bayern und Baden-Württemberg dagegen nur im Mittelfeld. Dagegen gaben weniger als die Hälfte der Lehrkräfte in NRW an, mindestens einmal pro Woche digitale Medien im Unterricht zu nutzen. Bayern verzeichnet hier mit 64% die höchste Zustimmungsrates, in Baden-Württemberg liegt sie bei 55%. NRW liegt somit diesen Indikator betreffend mit einer Zustimmungsrates von 46% unter dem Bundesdurchschnitt (50%).

Der Anteil derer, die meinen, die digitale Ausstattung ihrer Hochschule sollte verbessert werden, liegt in NRW mit 66% auf dem Niveau von Baden-Württemberg, leicht über dem Bundesdurchschnitt und sogar deutlich über dem von Bayern (57%), bei den Instituten mit 67% aber deutlich hinter Baden-Württemberg (77%) und leicht unter dem Bundesdurchschnitt, wenn auch etwas über dem von Bayern (Abb. 2.6.11).

Die gute Positionierung der NRW-Unternehmen beim Thema IT-Sicherheit, die zuvor aufgezeigt wurde, spiegelt sich auch in dessen Präsenz an den Hochschulen wider. Im Rahmen der Hochschulbefragung wurden die Hochschulprofessorinnen und -professoren gefragt, welches Wissenschafts- und Technologiefeld ihren Forschungsschwerpunkt beschreibt. Der Anteil derjenigen Professorinnen und Professoren, die angaben, im Bereich Kryptographie/IT-Sicherheit ihren Forschungsschwerpunkt zu haben, lag bundesweit bei 1,7%, in NRW aber mit 2,1% relativ deutlich darüber (Abb. 2.6.12).

Abb. 2.6.11: Anteil der Befragten, die der Ansicht sind, die digitale Ausstattung ihrer Hochschule sollte verbessert werden, 2019/2020, in %



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020. N = 3.996 (Hochschulen), N = 234 (Institute).

Abb. 2.6.12: Anteil des Fachs Kryptographie/IT Security an den Wissenschafts- und Technologiefeldern deutscher Hochschulen, 2019, in %



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019. N = 4.966 (Hochschulen).

Lediglich drei Flächenstaaten wiesen höhere Anteile als NRW auf, darunter u.a. Bayern mit 2,3%, Baden-Württemberg mit 1,9% und Hessen mit 1,6% dagegen geringere. Einige Universitäten in NRW heben sich durch besondere Stärken im Bereich der IT-Sicherheit hervor, darunter z.B. die Universität Bochum, deren Reputation in diesem Technologiefeld auch überregional große Anerkennung findet.

NRW ist die IT-Sicherheit betreffend somit nicht nur im Unternehmensbereich gut aufgestellt und von entsprechenden Investitionen gekennzeichnet, sondern auch im öffentlich geförderten Bereich, zumindest was den Hochschulbereich angeht, wie unsere Befragung ergab. Inwieweit dies auch für die außeruniversitären Forschungseinrichtungen in NRW gilt, wird unsere noch nicht abschließend ausgewertete Institutsbefragung zeigen.

Nicht so positiv sieht es für NRW dagegen beim Hochschulpersonal im Fach Informatik aus. In Abbildung 2.6.13 ist der Anteil des hauptberuflichen wissenschaftlichen und künstlerischen Personals in der Informatik am gesamten hauptberuflichen wissenschaftlichen und künstlerischen Personal an den deutschen Hochschulen ausgewiesen.

Abb. 2.6.13: Anteil des hauptberuflichen wissenschaftlichen und künstlerischen Personals in der Informatik am gesamten hauptberuflichen wissenschaftlichen und künstlerischen Personal, 2018, in %, Anstieg seit 2010 in % p.a.



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts.

Die Hochschulen in NRW liegen mit einem Anteil des Personals des Fachs Informatik am gesamten Hochschulpersonal in Höhe von 3,8% knapp unter dem Bundesdurchschnitt von 4,1% und damit am oberen Rand des unteren Drittels aller Bundesländer. Bayern (4,7%), Hessen (4,6%) und Baden-Württemberg (4,3%) weisen einen deutlich höheren Anteil als NRW auf. Seit dem Jahr 2010 ist der Anteil in NRW praktisch unverändert geblieben. Immerhin lag das Land damit über dem Bundesdurchschnitt von -0,5% p.a. Baden-Württemberg wies sogar einen Rückgang von -2,2% p.a. auf, sodass sich die relative Positionierung NRWs zumindest gegenüber Baden-Württemberg im zurückliegenden Jahrzehnt verbessert hat. Gegenüber Bayern hat sie sich dagegen verschlechtert, dessen Anteil stieg um 1,0% p.a., ebenso wie gegenüber Hessen, der sogar um 2,8% p.a. zunahm.

Investitionen in Humankapitalressourcen in Hinblick auf die digitalen Herausforderungen

Investitionen in Humankapitalressourcen sind eine Voraussetzung dafür, dass die digitalen Herausforderungen gemeistert werden können, da ansonsten die Potenziale, die aus der zunehmenden Digitalisierung resultieren, nicht ausgeschöpft werden können. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, dass die Unternehmen in Humankapital investieren, insbesondere dann, wenn nicht genügend Fachkräfte auf dem Arbeitsmarkt rekrutiert werden können.

Im vorangegangenen Abschnitt zu den Investitionen in die IT-Infrastruktur waren bereits die Ergebnisse einer Befragung nordrhein-westfälischer KMU vorgestellt worden (Werning et al. 2018). Die Betriebe wurden danach gefragt, in welchen Bereichen sie vornehmlich Investitionen planen würden. Demnach wollen etwa ein Fünftel der Industriebetriebe und der industrienahen Dienstleister vornehmlich im Bereich Know-how und Mitarbeitende investieren (dabei waren keine Mehrfachnennungen möglich, es ging also um eine Priorisierung). Dies unterstreicht, dass die Unternehmen versuchen, sich auf die Herausforderungen der Digitalisierung im Bereich des Humankapitalaufbaus einzustellen.

Die Investitionen in Humankapitalressourcen in Hinblick auf die digitale Herausforderung zeigen sich in den Hochschulen in unterschiedlichen Indikatoren:

- In der Schule werden sie besonders deutlich, wenn Schülerinnen und Schüler einen qualifizierten Umgang mit digitalen Medien erlernen.
- In den Hochschulen äußern sie sich insbesondere in den Studierendenzahlen und den Zahlen der Professorinnen und Professoren im Bereich der IKT.
- In der beruflichen Bildung und Weiterbildung zeigen sich die Investitionen an der Zahl der in IKT-Berufen ausgebildeten Personen sowie in der Weiterbildung in Informations- und Kommunikationstechnik.
- Dem Angebot an Arbeitskräften, die aus den Investitionen in Humankapitalressourcen im IKT-Bereich hervorgeht, steht eine entsprechende Nachfrage gegenüber, die sich auch – im Fall eines Nachfrageüberhangs – in der Zahl der unbesetzten Stellen zeigt.

Der auf den Ergebnissen der genannten Befragung basierende Digitalisierungsindex, der auf einer qualitativen Einschätzung der Betriebe in einer Skala von 0-10 basiert, zeigt gleichwohl, dass die Unternehmen der Qualifizierung in Hinblick auf die Herausforderungen der Digitalisierung im Vergleich zu anderen Digitalisierungsmerkmalen eine eher unterproportionale Priorität beimessen. Der Bereich Qualifizierung erhielt nur einen Indexwert von 2,5, der allerdings in Abhängigkeit von der Betriebsgröße von 2,3 (Unternehmen zwischen 20 und 49 Mitarbeitende) auf 4,1 (250-499) ansteigt. Der Investitionsbedarf, der künftig auf die Qualifizierung entfallen soll, wird bei etwa einem Zehntel der gesamten Investitionen gesehen. Die übrigen Investitionen entfallen u.a. auf IT, Einkauf und Logistik, die Produktion und die Strategieentwicklung.

Inwieweit dies reichen wird, dürfte von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich sein. Dem IAB-Betriebspanel zufolge haben etwa

ein Drittel der NRW-Betriebe einen Bedarf an Fachkräften, bei hohem Digitalisierungsgrad ist es aber jeder zweite Betrieb (Frei et al. 2018). Die Einstellung von Fachkräften plant demnach knapp ein Viertel der NRW-Betriebe, bei den Betrieben mit hohem Digitalisierungsgrad sind es knapp zwei Fünftel. Jeder sechste Betrieb weist nicht besetzte Stellen für Fachkräfte auf, dagegen jeder vierte Betrieb mit hohem Digitalisierungsgrad. Dies zeigt, dass gerade bei den Betrieben, bei denen die Digitalisierung eine besonders große Rolle spielt, die Engpässe am größten sind.

Es ist also davon auszugehen, dass der Fachkräftemangel in den Bereichen der Wirtschaft, die durch einen besonders hohen Digitalisierungsgrad gekennzeichnet sind, überdurchschnittlich ausgeprägt ist. Als Indikator für den Fachkräftemangel wird der Bestand der gemeldeten, d.h. der offenen Arbeitsstellen pro Tsd. SV-Beschäftigte in der IKT-Branche herangezogen (Abb. 2.6.14). Zu beachten ist bei der Bewertung dieses Indikators, dass eine hohe Anzahl an offenen Stellen zwar eine angespannte Arbeitsmarktsituation in der IKT-Branche eines bestimmten Bundeslandes anzeigt, gleichzeitig kann das aber auch ein Zeichen für eine dynamische Entwicklung in diesem Wirtschaftszweig sein.

Abb. 2.6.14: Bestand der gemeldeten Arbeitsstellen in der IKT-Branche pro Tsd. SV-Beschäftigte in der IKT-Branche (Indikator für IKT-Fachkräftemangel), 2018



Eigene Darstellung nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit.

Mit 18,5 gemeldeten unbesetzten Stellen je Tsd. SV-Beschäftigte in der IKT-Branche liegt NRW im Bundesländervergleich im unteren Mittelfeld. Gleichwohl sind die Werte für Bayern und Baden-Württemberg mit 17,8 bzw. 17,4 auch nicht wesentlich besser. Den niedrigsten und damit besten Wert weist Hessen mit 8,8 auf, als nächstes Flächenland folgt dann

Schleswig-Holstein mit bereits 14,6. Schlechtere Werte als NRW weisen neben dem Saarland noch vier ostdeutsche Bundesländer auf, wobei Thüringen mit einem Wert von 29,5 das Schlusslicht bildet. Es zeigt sich somit, dass NRW in digitalisierungsnahen Wirtschaftsbereichen tatsächlich eine angespannte Fachkräftesituation aufweist.

Es gibt zwei Möglichkeiten, einem Fachkräftemangel zu begegnen. Die eine Möglichkeit besteht darin, Fachkräfte auf dem freien Arbeitsmarkt zu gewinnen. Dies kann an Grenzen stoßen, wenn auf dem Arbeitsmarkt ein relativ geringes Angebot auf eine große Nachfrage stößt. Die Fachkräfte mit der erforderlichen Qualifikation sind dann schwer zu bekommen, da sie stark umworben werden und meist die Unternehmen zum Zuge kommen, die über die größte Wettbewerbsfähigkeit verfügen und den arbeitssuchenden Fachkräften daher die besten Konditionen bieten können.

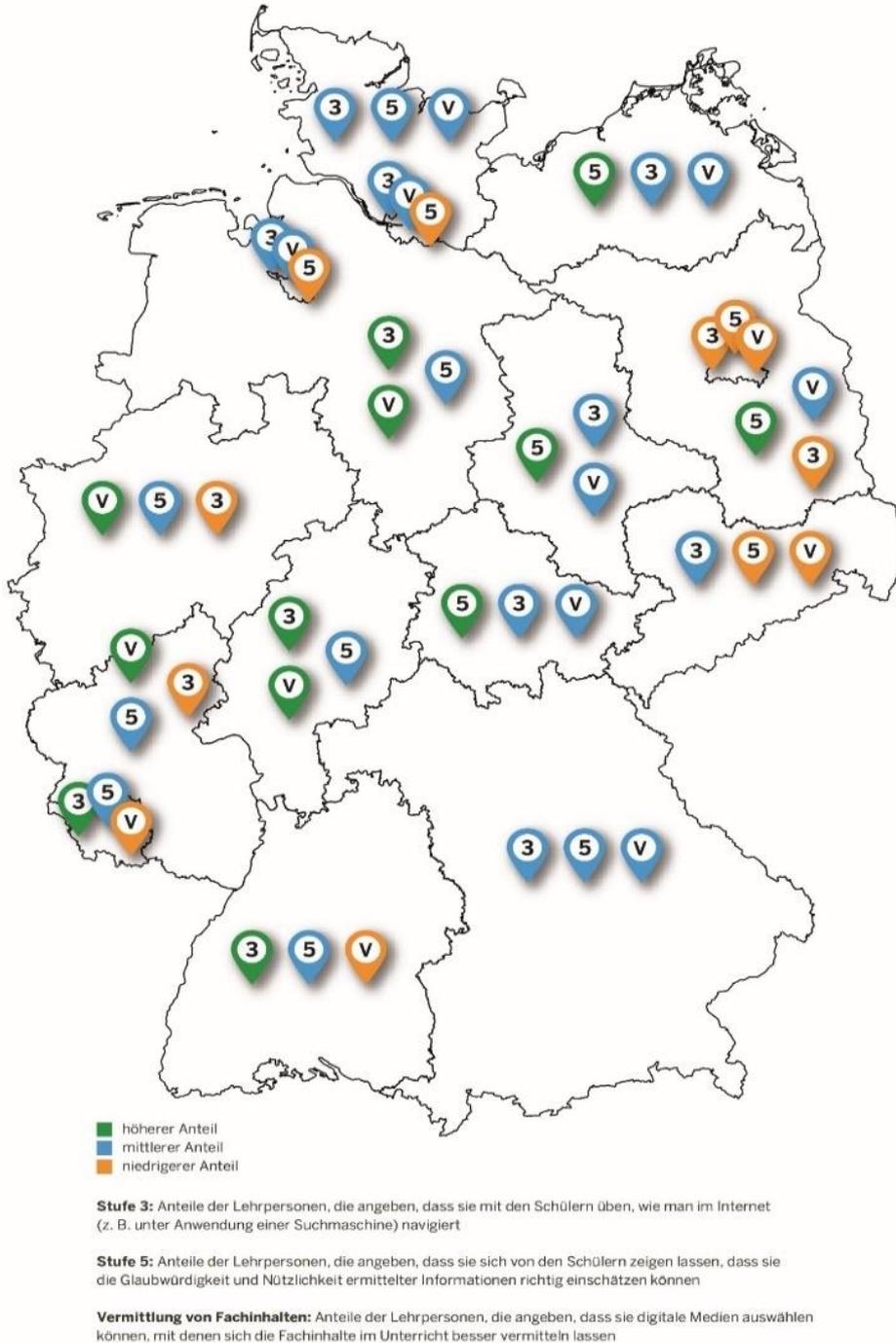
Die Verfügbarkeit von IKT-Fachkräften auf dem Arbeitsmarkt hängt auf etwas längere Sicht betrachtet auch mit den IKT-Kompetenzen der Schülerinnen bzw. Schüler und Lehrkräfte an den Schulen zusammen. In Abbildung 2.6.15 wird aufgezeigt, welche Anteile auf das Lehrpersonal entfallen, für die verschiedene für die Digitalisierung relevante Kriterien der Tendenz nach zutreffen.

Stufe 3 betrifft dabei die Anteile der Lehrpersonen, die angeben, dass sie mit den Schülerinnen und Schülern üben, wie man im Internet z.B. unter Anwendung einer Suchmaschine navigiert. Stufe 5 betrifft die Anteile der Lehrpersonen, die angeben, dass sie sich von den Schülerinnen und Schülern zeigen lassen, dass sie die Glaubwürdigkeit und Nützlichkeit ermittelter Informationen richtig einschätzen können. Schließlich geht es bei der Vermittlung von Fachinhalten um die Anteile der Lehrpersonen, die angeben, dass sie digitale Medien auswählen können, mit denen sich Fachinhalte im Unterricht besser vermitteln lassen.

Bei Stufe 3 ist NRW von einem niedrigeren und bei Stufe 5 von einem mittleren Anteil des Lehrpersonals gekennzeichnet, bei der Vermittlung von Fachinhalten dagegen von einem höheren. Vergleicht man dies mit den süddeutschen Bundesländern, zeigt sich hier jeweils ein anderes Muster. Während Bayern in allen drei Bereichen mittlere Anteile aufweist, ist der Anteil in Baden-Württemberg in Stufe 3 hoch, dafür bei der Vermittlung von Lerninhalten niedrig. Alle Länder weisen daher unterschiedliche Stärken und Schwächen auf.

Große Bedeutung für die Fachkräfteverfügbarkeit hat auch der Anteil der Informatikstudierenden an allen Studierenden. NRW liegt mit einem Anteil von 10,4% knapp vor Schleswig-Holstein an der Spitze aller Bundesländer und damit auch deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 8,9% (siehe dazu im Abschnitt „Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinenlernen für Nordrhein-Westfalen“ die Abb. 5.3.5).

Abb. 2.6.15: IKT-Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte, 2017



Eigene Darstellung nach Angaben der Deutschen Telekom Stiftung (2017).

Die in Bezug auf die Digitalisierung meist gut aufgestellten Länder Hessen (9,7%), Baden-Württemberg (9,3%) und Bayern (8,9%) weisen einen jeweils etwas geringeren Anteil auf. Auch bei der Wachstumsrate liegt NRW mit 6,4% p.a. über dem Bundesdurchschnitt (5,3%). Die Bedeutung des Studienfaches Informatik hat sich somit in NRW überproportional gut entwickelt. Zwar lag die Wachstumsrate in Bayern noch etwas darüber (6,5%), die von Hessen (4,5%) und insbesondere die von Baden-Württemberg (3,0%) aber darunter. Perspektivisch dürfte sich dies für NRW positiv auf das Angebot an Fachkräften auf dem nordrhein-westfälischen Arbeitsmarkt auswirken.

Die zweite Möglichkeit, auf den Fachkräftemangel zu reagieren, ist die betriebsinterne Aus- und Weiterbildung. Sie stellt daher einen zentralen Indikator für die Darstellung des Umfangs der Humankapitalinvestitionen der Unternehmen dar. Mit 5,6 IKT-Auszubildenden pro 10.000 Einwohner liegt NRW hier im oberen Mittelfeld (siehe dazu im Abschnitt „Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinenlernen für Nordrhein-Westfalen“ die Abb. 5.3.2).

Von den Flächenstaaten weisen lediglich Baden-Württemberg mit 7,1 deutlich und Bayern mit 5,8 leicht höhere Werte auf.

Dies deutet darauf hin, dass die NRW-Unternehmen Anstrengungen unternehmen, die Fachkräftegewinnung durch eigene Investitionen in die Humankapitalbildung sicherzustellen.

Von erheblicher Relevanz sind darüber hinaus die betrieblichen Qualifizierungs- und Schulungsmaßnahmen, die darauf abzielen, die bereits länger im Unternehmen befindlichen Mitarbeitenden zu qualifizieren. In Rahmen der bereits erwähnten Befragung von nordrhein-westfälischen KMU (Werning et al. 2018) wurden die Unternehmen als Ausgangspunkt danach gefragt, inwieweit die Personen, die für die Digitalisierung zuständig sind, bereits über eine entsprechende Erfahrung und spezialisierte Ausbildung verfügen. Hier bestätigt sich, dass es noch einige Defizite gibt. So sagten sechs von zehn kleineren Unternehmen (20-49 Mitarbeitende) aus, dass das nicht oder eher nicht der Fall sei, selbst bei den größeren KMU (250 bis 499 Mitarbeitende) war das noch bei einem Viertel der Unternehmen der Fall.

Dies vorausgeschickt wurde dann danach gefragt, inwieweit digitale Technologien wie E-Learning oder Webseminare zur Schulung und Weiterqualifikation der Mitarbeitenden eingesetzt würden. Bei drei Viertel der kleineren Unternehmen trifft das nicht oder eher nicht für alle Bereiche zu, was auch für gut die Hälfte der größeren Unternehmen der Fall ist. Schließlich wurde noch danach gefragt, ob die Mitarbeitenden aktiv durch Schulungsmaßnahmen auf die Digitalisierung vorbereitet würden. Auch dies wurde von drei Vierteln der kleineren und gut der Hälfte der größeren Unternehmen verneint.

Im Rahmen der Auswertung der Befragung des IAB-Betriebspanels (Frei et al. 2018) wurde der Zusammenhang zwischen dem Digitalisierungsgrad der nordrhein-westfälischen Betriebe und dem Aus- und Weiterbildungsbedarf untersucht. Demnach liegt der Anteil der Betriebe insgesamt, die einen Aus- und Weiterbildungsbedarf aufweisen, bei 30%, wobei er bei Betrieben mit geringem Digitalisierungsgrad 20% beträgt und bei Betrieben mit hohem Digitalisierungsgrad auf 47% steigt. Die Auszubildendenquote, also der Anteil der Auszubildenden an allen Beschäftigten, steigt von 3% auf 4%. Der Anteil der Betriebe mit Weiterbildung liegt im Durchschnitt bei 53% und steigt von 39% bei Betrieben mit geringem bis auf 69% bei solchen mit hohem Digitalisierungsgrad. Die Weiterbildungsquote, der Anteil der weitergebildeten Mitarbeitenden an allen Beschäftigten, steigt von 28% auf 34%.

Die bei zunehmendem Digitalisierungsgrad steigende Weiterbildung korrespondiert mit den Einschätzungen der Betriebe zu den Auswirkungen digitaler Technologien auf den Weiterbildungsbedarf. Während ein Drittel der Unternehmen mit niedrigem Digitalisierungsgrad einen steigenden oder stark steigenden Weiterbildungsbedarf sieht, sind es bei Unternehmen mit hohem Digitalisierungsgrad mehr als drei Viertel.

Auch auf die Bedeutung beruflicher Ausbildungs- und Studienabschlüsse wirken sich digitale Technologien aus. Die Einschätzung, dass deren Bedeutung zunimmt, nehmen 15% der Betriebe mit geringem Digitalisierungsgrad vor, aber sechs von zehn Betrieben mit einem hohem Digitalisierungsgrad. Worin die inner- und außerbetrieblichen Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen vornehmlich bestehen, geht ebenfalls aus der Befragung im Rahmen des IAB-Betriebspanels hervor. So

spielen externe und interne Kurse, Lehrgänge und Seminare die mit Abstand größte Rolle. Ferner sind die Einweisung und Einarbeitung am Arbeitsplatz sowie die Teilnahme an Vorträgen, Fachtagungen und Messen von zentraler Bedeutung. Diese Maßnahmen werden von mindestens jedem zweiten Betrieb vorgenommen. Job-Rotation, selbstgesteuertes Lernen mit Hilfe von Medien und diverse weitere Weiterbildungsmaßnahmen kommen ebenfalls zum Einsatz, sind aber weit weniger bedeutend als die zuvor genannten Maßnahmen.

Insgesamt zeigen die vorgestellten Befunde auf, dass Bildung, Ausbildung und Weiterbildung durch die Digitalisierung deutlich an Bedeutung gewinnen. Sowohl das außerbetriebliche als auch betriebliche Bildungs-, Ausbildungs- und Weiterbildungssysteme sehen sich dadurch in allen Bundesländern vor besondere Herausforderungen gestellt. Deren Bewältigung ist für die künftige wirtschaftliche Entwicklung von großer Relevanz. Die Zahlen für NRW zeigen, dass viele Betriebe zwar auf einem guten Weg sind, dass aber noch einiges geleistet werden muss, um den Herausforderungen der weiter voranschreitenden Digitalisierung gut zu begegnen.

Investitionsneigung der Wirtschaft in NRW und Zusammenhang mit den FuE-Investitionen

Die Höhe der Investitionen in Sachanlagen (neue Ausrüstungen einschließlich sonstiger Anlagen als Teil der Bruttoanlageinvestitionen) bildet neben den Investitionen in FuE und in Humankapital einen zentralen Indikator für die Entwicklung des Leistungspotenzials einer Wirtschaft. Damit zeigt die Investitionshöhe auch einen Teilaspekt des Zukunftspotenzials einer Wirtschaft. In Hinblick auf diesen Indikator, der einen Teilbereich der Investitionsaktivitäten auf Unternehmensebene abbildet, lag NRW im Jahr 2018 mit 7.290 € je Erwerbstätigen im Mittelfeld der Bundesländer, blieb aber unter dem Bundesdurchschnitt von 8.724 € je Erwerbstätigen (Abb. 2.6.16).

Abb. 2.6.16: Bruttoanlageinvestitionen¹ je Erwerbstätigen in € je Erwerbstätigen, 2018 und jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 2009 bis 2018, in %



Rechts sind die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten ausgewiesen. Die fünf höchsten sind in grün eingefärbt, die fünf niedrigsten in rot und die restlichen in blau. – 1) Hier „Neue Ausrüstungen einschließlich sonstiger Anlagen“. Berechnungsstand August 2020.

Eigene Darstellung nach Angaben der VGR der Länder (2020a, 2020b).

Das Wachstum dieses Indikators war im Zeitraum von 2009 bis 2018 in NRW mit 2,6% p.a. zudem niedriger als deutschlandweit mit 3,5% p.a. Somit kann für NRW bei den Investitionen in Sachanlagen je Erwerbstätigen bis 2018 insgesamt von einer unterdurchschnittlichen Entwicklung gesprochen werden.

Wenn die Bruttoanlageinvestitionen⁹ insgesamt betrachtet werden, ist die Differenz in den Wachstumsraten sogar noch etwas größer: Einer Wachstumsrate von 3,1 % p.a. für NRW stehen 4,2% p.a. deutschlandweit gegenüber (Tab. 2.6.5). Dies kann prinzipiell auf Unterschiede in der Sektorstruktur (Struktureffekt) oder unterschiedliche Entwicklungen innerhalb der Sektoren zurückzuführen sein.¹⁰ Die Ergebnisse einer im Rahmen unserer Untersuchungen durchgeführten Shift-Share-Analyse, die den Unterschied zwischen beiden Faktoren ermittelt, zeigt, dass die Differenz der Wachstumsraten von 1,1 Prozentpunkten vollständig auf Faktoren zurückzuführen ist, die ihre Ursache innerhalb der betrachteten Wirtschaftszweige haben. Die Wirtschaftszweigstruktur selbst leistet keinen Beitrag zur Erklärung der Wachstumsunterschiede.

Daher ist es sinnvoll, die Bruttoanlageinvestitionen im Zeitraum 2009 bis 2016 für wichtige Wirtschaftszweige in NRW im Vergleich zu Deutschland näher zu betrachten. Der Unterschied im Wachstum der Bruttoanlageinvestitionen ist hauptsächlich auf das Verarbeitende Gewerbe zurückzuführen (Wachstum der Investitionen deutschlandweit 34,8% verglichen mit NRW insgesamt 16,6%). In den Dienstleistungsbereichen war das Investitionswachstum mit 29,0% in NRW nur etwas niedriger als im Bundesdurchschnitt (32,7%). Die in Hinblick auf die zukünftige Entwicklung wichtigen Informations- und Kommunikationsdienstleistungen haben dagegen in NRW bis 2016 um 86,6% zugenommen, die Wachstumsrate der Investitionen lag mit 9,3% (Tab. 2.6.5) um 4 Prozentpunkte über dem Bundesdurchschnitt.

Im Verarbeitenden Gewerbe zeigt sich ein differenzierteres Bild: Die Wachstumsrate für die Investitionen übersteigt den deutschlandweiten Durchschnitt insbesondere in der Chemischen Industrie, bei der Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren sowie dem Elektroniksektor.

Demgegenüber fällt das Investitionswachstum im betrachteten Zeitraum u.a. im Maschinenbau und im Fahrzeugbau unterdurchschnittlich aus. Grund hierfür ist vermutlich die im Vergleich zu Deutschland ungünstigere Branchenstruktur mit vielen Zulieferunternehmen, die im Fahrzeugbau eher am Anfang der Wertschöpfungskette stehen und einer größeren Zahl von Unternehmen im Maschinenbau, die in wenig wachsenden Marktsegmenten tätig sind. Neben Teilen des Verarbeitenden Gewerbes war insbesondere im Bereich der Energieversorgung, in dem in NRW zahlreiche Unternehmen ansässig sind, ein Einbruch bei den Investitionen zu verzeichnen (minus 20% gegenüber einem Wachstum von 43,2% deutschlandweit).

Hier haben sich offensichtlich in NRW die strukturellen Anpassungserfordernisse in Zusammenhang mit der Energiewende negativ ausgewirkt. Wenn die Investitionen in den eng an die Automobilindustrie gekoppelten Wirtschaftszweigen (Metallerzeugung und -bearbeitung, Fahrzeugbau), der Maschinenbau und die Energieerzeugung mit den durchschnittlichen Wachstumsraten in Deutschland gewachsen wären, dann wäre der Unterschied im Investitionswachstum um zwei Drittel geringer gewesen. Dies zeigt, dass diese Differenz weniger mit allgemeinen wirtschaftlichen Trends als mit wirtschaftszweigspezifischen Entwicklungen zusammenhängen.

Wie in Abschnitt 2.3 gezeigt, liegt NRW auch bei den FuE-Investitionen zurück. Somit stellt sich die Frage, ob die beiden beobachteten Formen der Innovationsschwäche auf die gleichen Ursachen zurückzuführen sind. Eine differenzierte Betrachtung zeigt, dass ein Zusammenhang zumindest teilweise bestehen könnte. In acht von 13 Wirtschaftszweigen (WZ-Zweistellern) war das Wachstum in NRW bei beiden Indikatoren besser oder schlechter als im Bundesdurchschnitt, während dies bei fünf WZ-Zweistellern nicht der Fall war.

⁹ Darunter versteht man den Wert der Anlagen inländischer Wirtschaftseinheiten, bestehend aus Ausrüstungen, Bauten und sonstigen Anlagen.

¹⁰ In einer Shift-Share-Analyse wird von einem Standorteffekt gesprochen. Dies ist etwas missverständlich, da für diesen Effekt auch unterschiedliche wirtschaftszweiginterne Strukturen zusammen mit anderen Faktoren verantwortlich sein können.

Ein positiver Korrelationskoeffizient zwischen beiden Größen von 0,44 deutet darauf hin, dass ein Zusammenhang bestehen könnte, wobei aufgrund der geringen Beobachtungszahl kein Signifikanztest möglich ist. Eine stärkere Zunahme als im deutschlandweiten Durchschnitt war insbesondere bei den Informations- und Kommunikationsdienstleistungen sowie im Elektroniksektor (Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen) zu beobachten. Demgegenüber entwickelten sich in der Metallerzeugung und -bearbeitung sowie dem Maschinen- und Fahrzeugbau beide Indikatoren in NRW ungünstiger.

Tab. 2.6.5: Wachstum der Bruttoanlageinvestitionen in Nordrhein-Westfalen und Deutschland, 2009 bis 2016

Wirtschaftszweig	Jahres- durch. Wachstums- rate NRW	Differenz zu Deutsch- land
	in %	in %-Pkt.
A Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	2,8	0,5
C Verarbeitendes Gewerbe	2,2	-2,1
CA Nahrungs- und Futtermittel; Getränke; Ta- bak	1,6	-2,4
CB Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren, Schuhe	6,7	2,1
CC Holzwaren, Papier u. Druckerzeugnisse	5,6	3,4
CE Chemische Erzeugnisse	2,4	0,5
CF Pharmazeutische Erzeugnisse	-1,2	-5,6
CG Gummi-, Kunststoff- u. Glaswaren, Kera- mik u. Ä.	4,7	0,7
CH Metallerzeugung u. -bearbeitung, Metall- erzeugnisse	1,3	-1,5
CI DV-Geräte, elektronische u. optische Er- zeugnisse	4,5	2,0
CJ Elektrische Ausrüstungen	4,7	-0,8
CK Maschinenbau	-1,7	-4,5
CL Fahrzeugbau	4,0	-2,8
Übriges Verarbeitendes Gewerbe	1,3	-1,4
Bergbau, Energie- und Wasserversorg., Baugewerbe	1,1	-3,9
G-T Dienstleistungsbereiche	3,7	-0,4
J Information und Kommunikation	9,3	4,0
M Freiberufliche, wissenschaftliche u. tech- nische Dienstleister	5,6	-0,4
NA Sonstige Unternehmensdienstleister	0,2	-2,3
Übrige Dienstleister	3,8	-0,6
A-T Alle Wirtschaftsbereiche	3,1	-1,1

Bruttoanlageinvestitionen (ohne Saldo) in jeweiligen Preisen in den Bundesländern. Neue Ausrüstungen einschließlich sonstiger Anlagen. Berechnungsstand August 2018/ Februar 2019 (Sonderauswertung). Stuttgart: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. – Die Daten für Nordrhein-Westfalen für die Wirtschaftsbereiche CA-CM, J, M und N dürfen nur für interne Berechnungen verwendet werden und sind nicht zur Veröffentlichung freigegeben.

Eigene Darstellung nach Angaben der VGR der Länder (2019).

Sowohl bei Forschung und Entwicklung als auch bei Ausrüstungen und Anlagen handelt es sich um langfristige Investitionen. Daher überrascht es nicht, dass ökonomische Untersuchungen einen positiven Zusammenhang zwischen den beiden Größen auf Unternehmensebene belegen und diese einen Zusammenhang zu Finanzierungsindikatoren aufweisen

(Carboni und Medda 2019; Mairesse und Siu 1984). Gleichzeitig werden diese teilweise aber auch von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Veränderungen in der Forschung und Entwicklung werden neben der Verfügbarkeit von finanziellen Ressourcen insbesondere von der Notwendigkeit getrieben, Innovationen auf dem Markt zu etablieren und dabei neue technologische Möglichkeiten auszuschöpfen. FuE-Investitionen können dann in wissensintensiven Branchen über einen längeren Zeitraum Anlageinvestitionen zur Folge haben (Lach und Schankerman 1989). Gleichzeitig ist zu beachten, dass FuE nur von einem kleinen Teil der Unternehmen betrieben werden. Demgegenüber ist das Hauptmotiv für die Investitionen in Sachanlagen die Erweiterung der Produktionskapazitäten.

Gerade im Maschinen- und Fahrzeugbau haben es viele in NRW ansässige Unternehmen mit einer ungünstigen Situation bei Investitionen zu tun, während die Möglichkeiten neuer Technologien wie autonomem Fahren und den damit verbundenen Produktinnovationen an anderen Stellen der Wertschöpfungskette entstehen. Ursache dafür ist, dass die Nachfrage nach den dort hergestellten Produkten aufgrund des Strukturwandels weniger stark zunimmt als in anderen Bereichen dieser beiden Wirtschaftszweige (bspw. bei Bereichen des Maschinenbaus, die eng mit der Montanindustrie verbunden sind).

Bei den Informations- und Kommunikationsdienstleistungen kommen der Aufholprozess beim Infrastrukturaufbau und der Aufbau neuer Forschungskapazitäten durch Großunternehmen in NRW zusammen, wobei letzterer wohl hauptsächlich als Voraussetzung für die Nutzung zukünftiger Marktchancen dient. Somit kann eine Schwäche Hinblick auf beide Indikatoren in NRW durch ein Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren hervorgerufen werden, ohne dass sich beide Indikatoren zwangsläufig in die gleiche Richtung entwickeln. Gleichzeitig können einzelne Wirtschaftszweige gegenüber Gesamtdeutschland einen positiven Investitionstrend aufweisen, während die FuE-Entwicklung unterdurchschnittlich ist, wie das im betrachteten Zeitraum beispielsweise bei der Chemischen Industrie in NRW der Fall war.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass sich die schwache Investitionsentwicklung in NRW nicht auf alle Wirtschaftszweige bezog, sondern ihre Ursache in bestimmten ungünstigen Konstellationen in ausgewählten Wirtschaftszweigen wie dem Maschinen- und Fahrzeugbau sowie der Energieerzeugung hatte. Demgegenüber finden sich auch Wirtschaftszweige, in denen die Investitionsentwicklung deutlich günstiger als im bundesweiten Durchschnitt war (wie insbesondere im Elektroniksektor und bei den Informations- und Kommunikationsdienstleistungen). Ein unmittelbarer und zwangsläufiger Zusammenhang zu Schwächen bei den FuE-Aufwendungen existiert nicht. Dennoch führt die Gesamtkonstellation der Einflussfaktoren dazu, dass in zentralen Wirtschaftszweigen des Verarbeitenden Gewerbes die Investitionsschwäche mit einer gegenüber dem Bund unterdurchschnittlichen Veränderung der FuE-Aufwendungen einhergeht.

2.7 Produktivität

Investitionen in neues Wissen, berufliche Qualifizierung, neue Technologien, Ausrüstungen und Infrastrukturen zielen auf die Verbesserung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit ab. Zur Ermittlung der Zielerreichung wird ihr Beitrag zur Produktivitätsentwicklung gemessen. Produktivität stellt den wirtschaftlichen Output in Relation zum Input an Produktionsfaktoren dar. Im Folgenden wird gefragt, wie produktiv Investitionen in Forschung und Entwicklung bezogen auf Wertschöpfung oder andere wirtschaftlich relevante Größen sind, die Produktivitätsentwicklung in NRW nach Branchen und Größenklassen auf Basis der amtlichen Statistik beleuchtet und der Beitrag verschiedener Investitionsarten zur Produktivität auf der Unternehmensebene untersucht. Datenbasis hierfür ist der AFID-Datensatz des Statistischen Bundesamts und das Mannheimer Innovationspanel (MIP) des ZEW.

Untersucht wird der Produktivitätsbeitrag von

- FuE-Aufwendungen,
- Patenten,
- sonstigen nicht-investiven Innovationsaufwendungen,
- Sachanlageinvestitionen,
- Investitionen in Software und Datenbanken,
- Weiterbildungsaufwendungen,
- anderen immateriellen Investitionen (Marketing, Design),
- Infrastrukturausstattung (vor allem digitale Infrastruktur).

FuE, Produktivität und wirtschaftliche Entwicklung

Das Barcelona-Ziel einer Erhöhung der FuE-Aufwendungen auf einen Anteil von 3% des BIP geht mit der Hoffnung einher, dass erhöhte Anstrengungen in der Forschung und experimentellen Entwicklung neuer Produkte und Produktionsverfahren zu einer mittel- und langfristigen gesellschaftlichen Wohlstandssteigerung führen. In diesem Zusammenhang ist es naheliegend zu fragen, wie produktiv eigentlich Investitionen in Forschung und Entwicklung bezogen auf Wertschöpfung oder andere wirtschaftlich relevante Größen sind.

Um diese Frage herum gibt es seit langem eine wissenschaftliche Diskussion, die in einer Vielzahl von Erkenntnissen mündete. Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass die Kapitalbildung nur einen Teil des Wachstums von Produktivität und Wertschöpfung erklären kann. Dies führte dazu, dass als entscheidender zusätzlicher Faktor der technische Fortschritt identifiziert wurde. Damit wurden FuE und Innovationen als zentrale Determinanten des langfristigen Produktivitätswachstums identifiziert (Hall et al. 2010). Eine Vielzahl von Studien versuchte, den Zusammenhang zwischen FuE-Aufwendungen und Produktivitätszuwachs zu erfassen (Griliches 1979; Guellec und Van Pottelsberghe de la Potterie 2004).

Zuletzt wurde aufgrund empirischer Beobachtungen eine Diskussion über sinkende Produktivitätszuwächse angestoßen.

Ein sinkendes Produktivitätswachstum kann mit einer abnehmenden Ertragsrate der Neuerungen oder mit sinkenden FuE-Ausgaben zu tun haben, wobei die Diskussion sich auf ersteren Effekt fokussiert (Peters et al. 2018). Es wird die These diskutiert, dass sinkende Wachstumsraten der Produktivität mit abnehmender Effektivität der IuK-Technologien zu tun haben (Gordon 2012; zur gegenteiligen Einschätzung vgl. Brynjolfsson und McAfee 2016). Bloom et al. (2017) wiederum erweiterten das Argument von Gordon (2012) und argumentierten, dass eine beobachtete Verminderung der Produktivität durch eine Erschöpfung des technischen Fortschritts und damit der produktivitätssteigernden Wirkungen von FuE bedingt ist. Darüber hinaus könnte jedoch auch die mangelnde Qualifikation von Forschern eine Rolle spielen (Peters et al. 2018).

Eine Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Forschung und Produktivität auf der Ebene einzelner Branchen (Telekommunikation, Automobil, Maschinenbau) zeigt, dass die Zusammenhänge komplex sind (Rothgang et al. 2018b). Dabei ergeben sich folgende Beobachtungen:

- Auf der Branchenebene gibt es keinen einheitlichen Trend für eine Verringerung des Produktivitätswachstums. Branchen mit einer in den vergangenen zehn Jahren zu beobachtenden Verringerung des Produktivitätswachstums (Maschinenbau) stehen andere mit gleichbleibend hohem Produktivitätswachstum (Automobilindustrie) und solche mit sehr ausgeprägten Produktivitätssteigerungen gegenüber (Telekommunikationsdienstleistungen).
- In einer Branche selbst ist der Zusammenhang zwischen Produktivität und Forschung komplex und nicht linear. Prozessinnovationen finden in der Regel durch den Zukauf von Maschinen oder durch kleinere Verbesserungen im Produktionsprozess statt.
- Produktinnovationen werden in der Regel durch eigene Forschung in der Branche getrieben. Sie führen zunächst zu einer erhöhten Wertschöpfung. Allerdings können sie sich dann mitunter auch produktivitätssenkend auswirken, wenn die Produkte komplexer werden und damit Produktivitätspotenziale in der Produktion nicht voll realisiert werden können.
- Der Effekt von Forschung in Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf das Produktivitätswachstum ist indirekt. Die Ergebnisse der Forschung führen zu Start-ups oder gehen in den Unternehmen in neue Produkte und Produktionsverfahren ein.
- Die Produktivitätsentwicklung in einzelnen Branchen wird gleichzeitig auch durch eine Vielzahl anderer Faktoren bestimmt, wie z.B. in Form von Regulierungen und dem internationalen Wettbewerb.

Was ergibt sich aus dieser Diskussion für die Frage nach dem Zusammenhang zwischen FuE, Innovationen und Produktivität und damit auch für die Innovationspolitik? Die Ergebnisse der Forschung zeigen, dass Forschung und Innovationen von

zentraler Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Branchen sind, die für NRW in der Gegenwart, aber viel mehr noch in der Zukunft wichtig sind: Gerade die Implementation neuer Technologien (etwa in der Produktionstechnik) entscheidet über die künftige Wettbewerbsfähigkeit von Branchen wie dem Maschinenbau. Zulieferer in der Automobilindustrie stehen vor der Herausforderung, vor dem Hintergrund laufender technologischer Umbrüche wie der Elektromobilität und dem autonomen Fahren über Innovationen ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. In neuen wissensintensiven Märkten wie der Elektronikindustrie und der Biotechnologie, aber auch bei neuen wissensintensiven Dienstleistungen beruht die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auf ihrer Innovativität.

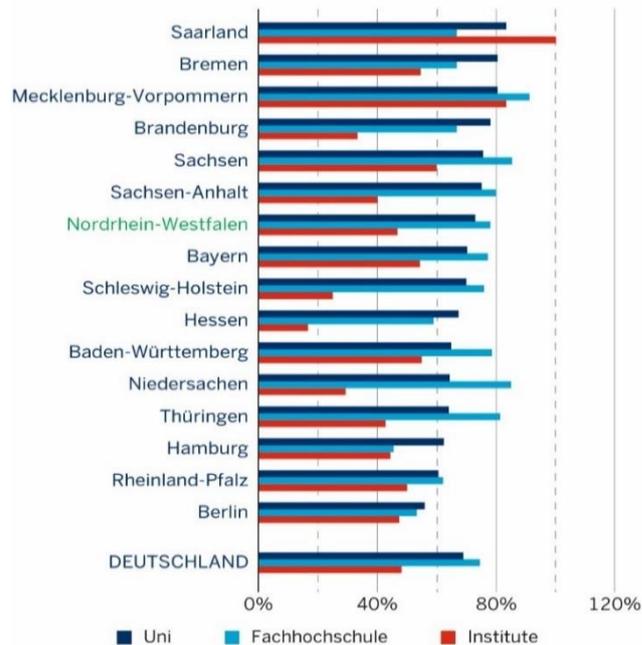
FuE leistet aber über seine Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen hinaus noch einen wichtigen gesellschaftlichen Beitrag. Dieser zeigt sich beispielsweise in dem Beitrag von FuE zur Lösung drängender gesellschaftlicher Probleme etwa in Zusammenhang mit der Bekämpfung von Krankheiten (wie gegenwärtig Covid-19), aber auch bei Fragen der Mobilität und des Klimawandels. Diese Fragen werden insbesondere bei der Schwerpunktsetzung im Rahmen der Forschungs- und Technologiepolitik mitberücksichtigt (vgl. u.a. die Betrachtung der Schwerpunkte in verschiedenen Zukunftsfeldern in Abschnitt 2.2).

Ferner gehen von der Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen Impulse in die umgebenden Regionen aus. Das ergibt sich aus den nachfolgend dargestellten Ergebnissen der Befragung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen zu deren Rolle als Standortfaktor und ihrer Bedeutung für das regionale Innovationsklima.

Abbildung 2.7.1 zeigt die Bewertung der Aussage, ob die jeweilige Hochschule (Universität oder Fachhochschule) oder Forschungseinrichtung in den einzelnen Bundesländern einen wichtigen regionalen Standortfaktor für Unternehmen bildet, der sich positiv auf die Region als Unternehmensstandort auswirkt. Insgesamt geben 75% der antwortenden FH-Professoren und -professoren an, dass dies (voll) zutrifft. Dieser Anteil ist bei Universitäten (69%) etwas geringer und liegt bei Forschungseinrichtungen immerhin noch bei 48%. In Hinblick auf die Zustimmung zu dieser Aussage liegt NRW im oberen Mittelfeld (bei Universitäten und Fachhochschulen auf Position sieben und bei den Forschungseinrichtungen auf Position acht).

Abbildung 2.7.2 zeigt wiederum die Antworten auf die Frage, ob das Innovationsklima in der jeweiligen Region von der Existenz der Hochschule bzw. Forschungseinrichtung profitiert. In diesem Fall schätzt ein größerer Anteil der Antwortenden die Bedeutung der Universität als hoch ein (77% Zustimmung gegenüber 64% bei den Fachhochschulen und 52% bei den Instituten). NRW liegt mit Zustimmungswerten von 80%, 66% und 54% in etwa im Deutschland-Durchschnitt.

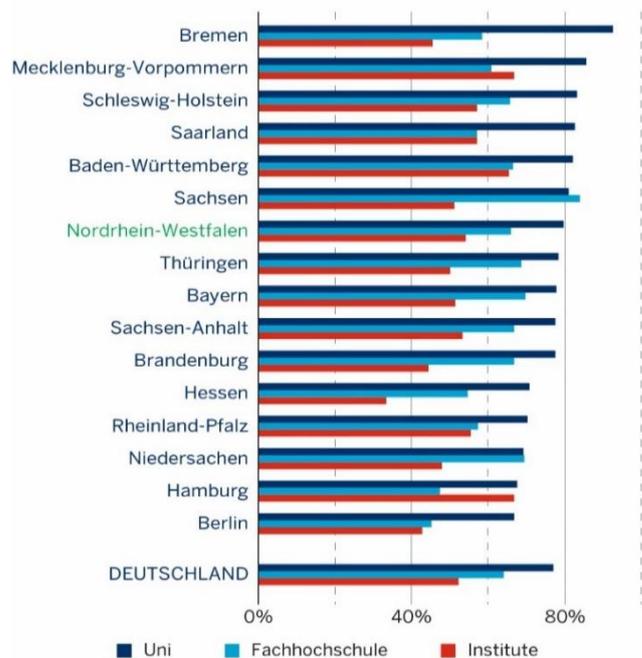
Abb. 2.7.1: Bedeutung von Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen als regionale Standortfaktoren, 2019/2020, in %



Angegeben ist jeweils der Anteil der Antwortenden, der die Bedeutung der Hochschulen/Forschungseinrichtungen als wichtiger Standortfaktor auf einer fünfer-Likert-Skala mit „trifft voll zu“ oder „trifft zu“ bewertet. N = 2.169 (Uni), N = 1.265 (FH). N = 385 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Abb. 2.7.2: Bedeutung von Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen für das regionale Innovationsklima, 2019/2020, in %



Angegeben ist jeweils der Anteil der Antwortenden, der der Aussage zustimmt, dass das regionale Innovationsklima von der Existenz der Hochschule/Forschungseinrichtung profitiert („trifft voll zu“ oder „trifft zu“ auf einer fünfer-Likert-Skala). N = 2.149 (Uni), N = 1.222 (FH). N = 387 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Insgesamt zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen Forschung und Entwicklung sowie Produktivität komplex ist. Das Produktivitätswachstum wird von mehreren Faktoren bestimmt, wobei FuE einen zentralen Beitrag zur Produktivitätsentwicklung und damit zur Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft leistet. Darüber hinaus darf der Beitrag der Forschung zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen in Deutschland wie in anderen Industrieländern nicht übersehen werden. Die Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen leistet einen Beitrag für das Innovationsgeschehen und beeinflusst die regionale Attraktivität für Unternehmen.

Produktivität und Produktivitätsentwicklung: NRW im Bundesländervergleich

Der Vergleich zwischen den Bundesländern und mit Deutschland insgesamt in Hinblick auf die Arbeitsproduktivität erfolgt anhand der Wertschöpfung je Erwerbstätigen auf Basis der Zahlen aus der VGR der Länder. Abbildung 2.7.3 zeigt den absoluten Wert der Bruttowertschöpfung im Jahr 2019 und die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate in den Zeiträumen 2000 bis 2010 und 2010 bis 2019. Zu berücksichtigen ist bei der Bewertung des Zusammenhangs, dass die Stadtstaaten aufgrund der insgesamt in Agglomerationen höheren Werte nicht direkt mit den Flächenländern vergleichbar sind.

NRW steht bei diesem Indikator unter allen Bundesländern an neunter Stelle, unter den Flächenländern an sechster. Die Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung betrug im Zeiträumen 2000 bis 2010 pro Jahr durchschnittlich 2,6%, ging in den Jahren 2010 bis 2019 jedoch im auf 1,4% zurück. Während das Wachstum im ersten Zeitraum 0,4 Prozentpunkte über dem Bundesdurchschnitt lag, blieb es im Zeitraum 2010 bis 2019 um 1,3 Prozentpunkte darunter. Somit wies NRW in der jüngsten Vergangenheit zusammen mit Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz und Berlin unter den Bundesländern die niedrigste Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen auf. In Bayern und Baden-Württemberg nahm die Arbeitsproduktivität im Vergleich zu NRW dagegen um 0,8 bzw. 1,3 Prozentpunkte stärker zu.

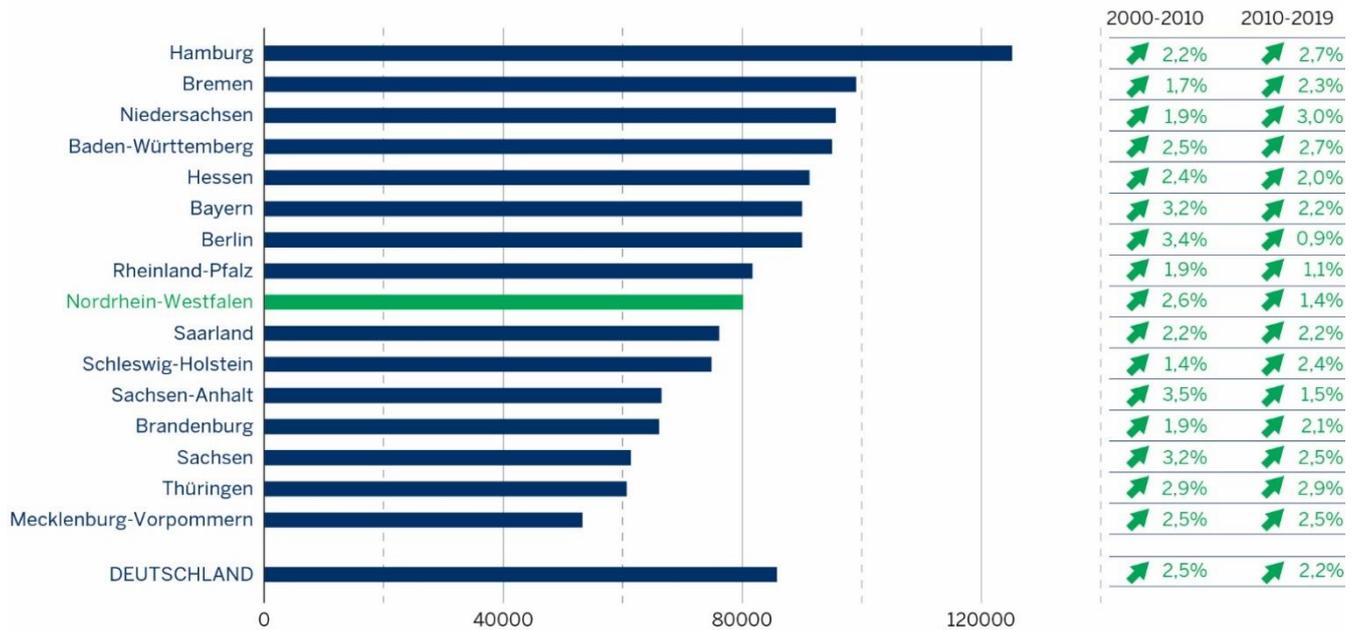
Um Aussagen über die Ursache dieses geringeren Wachstums treffen zu können, wird in einem nächsten Schritt ein Vergleich der Entwicklung der Arbeitsproduktivität für verschiedene Wirtschaftszweige durchgeführt. In Tabelle 2.7.1 sind die

Arbeitsproduktivität sowie deren Wachstumsrate im Verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor für das Jahr 2019 und die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten für drei Perioden ab 1991 im Bundesländervergleich dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die aktuelle Arbeitsproduktivität in NRW sowohl im Verarbeitenden Gewerbe als auch bei den Dienstleistungen unterhalb des Bundesdurchschnitts liegt. Der Rückstand ist im Verarbeitenden Gewerbe mit 6,6% (80.211 € gegenüber 85.856 €) deutlich größer als bei den Dienstleistungen (1,7% oder 62.524 € gegenüber 63.582 €). Während die Arbeitsproduktivität in beiden Wirtschaftsbereichen von 2000 bis 2010 ähnlich wie in Deutschland wuchs, ist die geringere gesamtwirtschaftliche Wachstumsrate der Produktivität ab 2010 offensichtlich zum überwiegenden Teil auf das Verarbeitende Gewerbe zurückzuführen, in dem das jahresdurchschnittliche Produktivitätswachstum in NRW bei 1,4% im Vergleich zu 2,2% lag. Baden-Württemberg und Bayern realisierten ab 2010 jahresdurchschnittliche Wachstumsraten von 2,7 und 2,2%.

Einen Hinweis auf mögliche strukturelle Gründe für diese Entwicklung soll ein Vergleich für zentrale Industrien in NRW liefern. Tabelle 2.7.2 gibt die Arbeitsproduktivität auf WZ-Zweisteller-Ebene für das Jahr 2017 (aktuellere Daten lagen auf dieser Ebene nicht vor), den Rangplatz von NRW in Bundesländervergleich sowie die Abweichung der Produktivität vom Deutschlanddurchschnitt wieder.

Dabei zeigen sich klare Muster. Während NRW bei der Produktivität in der Chemischen Industrie deutschlandweit den ersten Platz mit einer um 17,9% höheren Produktivität gegenüber dem Bundesdurchschnitt belegt und in der Pharmazeutischen Industrie und im Maschinenbau in etwa im deutschlandweiten Durchschnitt liegt, ist die Produktivität im Elektroniksektor um 12,4% und im Fahrzeugbau sogar um 36,6% niedriger als der Bundesdurchschnitt. Dies weist darauf hin, dass zumindest der Rückstand hinsichtlich der Produktivität im Verarbeitenden Gewerbe maßgeblich durch die Struktur im Fahrzeugbau bestimmt ist. Die Unternehmen in der Wertschöpfungskette des Automobilbaus, die in NRW ansässig sind, weisen in ihrer Gesamtheit eine geringere Produktivität auf als die Unternehmen in anderen Regionen Deutschlands.

Abb. 2.7.3: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen: Absolute Werte 2019 und jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 2000 bis 2010 und 2010 bis 2019



Eigene Berechnungen nach Angaben der VGR der Länder (2020).

Tab. 2.7.1: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungsbereich nach Bundesländern

	Verarbeitendes Gewerbe				Dienstleistungsbereich			
	BWS je Erwerbstätigen		Jahresdurchschnittliches Wachstum		BWS je Erwerbstätigen		Jahresdurchschnittliches Wachstum	
	2019	1991-2000	2000-2010	2010-2019	2019	1991-2000	2000-2010	2010-2019
	€ je ET	in %	in %	in %	€ je ET	in %	in %	in %
Hamburg	125.115	3,3	2,2	2,7	81.710	2,2	0,7	1,5
Bremen	99.022	3,2	1,7	2,3	62.377	1,6	1,5	1,8
Niedersachsen	95.676	3,1	1,9	3,0	59.109	1,2	1,5	2,0
Baden-Württemberg	95.062	2,4	2,5	2,7	65.758	1,7	1,4	2,1
Hessen	91.231	2,6	2,4	2,0	72.323	1,9	1,1	1,7
Bayern	90.031	3,1	3,2	2,2	68.985	2,4	1,2	2,2
Berlin	89.977	4,8	3,4	0,9	64.318	2,8	1,0	2,4
Rheinland-Pfalz	81.722	2,2	1,9	1,1	57.871	1,2	1,0	2,2
Nordrhein-Westfalen	80.211	2,3	2,6	1,4	62.524	1,3	1,0	2,0
Saarland	76.130	1,4	2,2	2,2	55.618	1,2	1,0	1,6
Schleswig-Holstein	74.819	2,4	1,4	2,4	58.134	1,8	1,0	2,1
Sachsen-Anhalt	66.489	18,2	3,5	1,5	52.216	9,2	1,4	2,8
Brandenburg	66.113	22,6	1,9	2,1	56.929	9,7	1,8	2,9
Sachsen	61.367	17,3	3,2	2,5	52.588	8,3	1,8	2,7
Thüringen	60.687	21,5	2,9	2,9	51.786	8,9	1,6	3,1
Mecklenburg-Vorpommern	53.277	8,5	2,5	2,5	52.168	9,1	1,6	2,7
Deutschland	85.856	3,9	2,5	2,2	63.582	2,4	1,2	2,1

Eigene Berechnungen nach Angaben der VGR der Länder (2020).

Tab. 2.7.2: Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen in ausgewählten Wirtschaftszweigen Nordrhein-Westfalens im Ländervergleich 2017

	BWS je Erwerbstätigen	Rang innerhalb der Branche	Produktivitätsabweichung
	in €		in %
Verarbeitendes Gewerbe	81.564	9	-7,2
Chemischen Erzeugnissen	169.785	1	17,9
Pharmazeutischen Erzeugnissen	191.605	6	-0,4
Fahrzeugbau	98.788	11	-36,6
Maschinenbau	83.591	8	-3,5
DV-Geräten, elektronische u. optische Erzeugnissen	101.160	8	-12,4

Eigene Berechnungen nach Angaben der VGR der Länder (2020).

Produktivitätsbeiträge von immateriellem Kapital

Die Produktivität von Unternehmen und damit der Wirtschaft insgesamt wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Lange haben Produktivitätsanalysen auf die Rolle von physischem Kapital wie Maschinen, Ausrüstungen, Fahrzeuge und andere technische Infrastruktur sowie Humankapital (Qualifikation der Beschäftigten) abgestellt.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde die Rolle von Investitionen in unternehmensspezifisches immaterielles Kapital hervorgehoben (Corrado et al. 2005; Marrano et al. 2009; Crass und Peters 2014; Niebel et al. 2017; Bontempi und Mairesse 2015). Zu solchen Unternehmensinvestitionen zählen u.a. die Ausgaben für FuE zur Entwicklung neuer Produkte und Prozesse, andere Ausgaben für innovative oder kreative Tätigkeiten (wie z.B. Design), Ausgaben in den Aufbau und die

Weiterentwicklung digitaler Prozesse (Softwareentwicklung) und einer digitalen Dateninfrastruktur, Ausgaben zur Erhöhung von Markenwerten oder der Reputation eines Unternehmens, Ausgaben in die Weiterbildung der eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Ausgaben zum Aufbau von unternehmensspezifischem Organisationskapital (vgl. Abschnitt 2.6).

Die Produktivitätsbeiträge dieser Investitionen können oft höher als die in Sachanlagen oder allgemeines Humankapital sein, weil sie auf die spezifischen Anforderungen, Strategien und Geschäftsmodelle der Unternehmen abgestimmt sind. Gleichzeitig ist aber die Messung solcher Investitionen aufgrund ihres immateriellen Charakters schwierig.

Um den Beitrag von Investitionen in immaterielles Kapital zur Produktivität der Unternehmen zu ermitteln, wird in der Innovationserhebung die Höhe von fünf Ausgabenkategorien erfasst: FuE, Marketing, Software/Datenbanken, Weiterbildung und – seit 2018 – Design. Mithilfe eines strukturellen Modells kann der Beitrag dieser Ausgaben zur Produktivität geschätzt werden (Rammer et al. 2020b). Eine getrennte Schätzung für Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen und den Vergleichsregionen zeigt, dass der Produktivitätsbeitrag von Investitionen in immaterielles Kapital in Nordrhein-Westfalen etwas niedriger ist als in Baden-Württemberg und der Gruppe der anderen westdeutschen Länder und in etwa den Werten von Deutschland insgesamt entspricht (Tab. 2.7.3).

Die ausgewiesenen Werte sind Elastizitäten einer log-Spezifikation. Zu interpretieren sind sie wie folgt: Eine Verdoppelung der Investitionen in Weiterbildung erhöht die Produktivität der Unternehmen in NRW kurzfristig (d.h. unmittelbar) um 3,4%, soweit alle anderen Größen unverändert bleiben. Eine Verdoppelung der Investitionen bringt dagegen nur ein sehr geringes Produktivitätswachstum (0,8%), das statistisch zudem nicht signifikant ist, sodass nicht ausgeschlossen ist, dass FuE-Ausgaben gar keinen Produktivitätseffekt aufweisen.

Dieser geringe kurzfristige Produktivitätsbeitrag von FuE hat mehrere Gründe: Erstens gibt es bei FuE hohe Spillover-Effekte, d.h. es gibt mögliche positive Produktivitätseffekte bei anderen Unternehmen (die hier nicht berücksichtigt werden). Zweitens können sich die positiven Effekte erst mit erheblicher Zeitverzögerung einstellen und sind dann schwer zu messen. Drittens bedeutet FuE oft, dass das Produktspektrum differenziert wird oder sich die Komplexität des Produkts erhöht, sodass zunächst wegen geringer Skaleneffekte die Produktivität der neuen Produkte niedriger als die der alten Produkte ist (vgl. dazu auch oben den Abschnitt zu FuE und Produktivität). Viertens ist ein Teil der FuE nicht erfolgreich und führt daher zu keinem Output aus den zusätzlichen Investitionen, was natürlich die Produktivität senkt. Der höchste Beitrag geht von

Investitionen in die Weiterbildung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus, gefolgt von Investitionen in Software und Datenbanken. Zusätzliche Ausgaben für Marketing und für FuE tragen demgegenüber deutlich weniger zur Steigerung des Outputs und damit zur Produktivität bei. Für Nordrhein-Westfalen zeigt sich für diese beiden Größen kein statistisch signifikanter Einfluss.

Tab. 2.7.3 Produktivitätsbeiträge von Investitionen in immaterielles Kapital sowie Sachanlagekapital, 2011 bis 2016

	NW	BY	BW	aWD	OD	Dtl.
FuE	0,8	0,0	1,2	1,1	0,5	0,9
Marketing	1,4	0,6	2,1	1,4	1,1	1,4
Software/Dat.	3,3	1,3	3,3	3,6	3,1	3,3
Weiterbildung	3,4	2,0	3,9	3,8	3,0	3,4
Design etc.*	0,2	-0,2	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>nachrichtlich:</i>						
Sachanl.kap**1	2,2	2,5	2,6	4,6	4,5	3,7
Beschäftigte	49,8	48,4	58,0	49,8	60,5	54,0
Vorleistungen	42,6	40,3	37,5	40,5	36,7	39,8
Anzahl Beob.	2.353	2.163	2.387	3.623	5.568	16.204

Ergebnisse von strukturellen Produktionsfunktionsschätzungen, inkl. Indikatorvariablen für Sektorzugehörigkeit der Unternehmen.

Fett: statistisch signifikant ($p < 0,05$).

aWD: andere westdeutsche Länder, OD: ostdeutsche Länder.

* Sonstige Innovationsausgaben, die nicht FuE, Software oder Sachinvestitionen betreffen.

** Bestand an Sachanlagevermögen (netto)

Eigene Darstellung nach Angaben von Olley und Pakes (1996), Levinsohn und Petrin (2003), Ackerberg et al. (2015) sowie nach Berechnungen des ZEW vom Mannheimer Innovationspanel.

Die Produktivitätsschätzungen zeigen interessante Unterschiede bei den „klassischen“ Einflussgrößen. Die Unternehmen in NRW zeichnen sich durch einen besonders hohen Beitrag der Vorleistungen zum Output aus, was auf eine geringere durchschnittliche Fertigungstiefe und eine stärkere Nutzung von Wertschöpfungsbeiträgen durch Lieferanten schließen lässt. Der Beitrag des Faktors Arbeit ist folglich niedriger als im Mittel der deutschen Wirtschaft und liegt auf dem Niveau von Bayern und den anderen westdeutschen Ländern. Dies weist auf weniger arbeitsintensive Produktionsprozesse hin. Sehr niedrig im Ländervergleich ist der Beitrag des Sachanlagekapitals. Eine Ausweitung des physischen Kapitalstocks führt in Nordrhein-Westfalen zu einem Produktivitätszuwachs, der rund 40% unter dem Wert für Deutschland insgesamt liegt und um über der Hälfte unter dem Zuwachs, den Unternehmen in den anderen westdeutschen Ländern und in Ostdeutschland erzielen. Dies kann an einer hohen Sachanlagekapitalintensität liegen, sodass zusätzliche Investitionen nur geringe Produktivitätserträge abwerfen.

3. Status und Mobilität des Humankapitals

3.1 Bildungspolitische Ausgangslage

Anknüpfend an die Bestandsaufnahme zu Humankapital und Bildung aus Abschnitt 2.1 untersucht das folgende Schwerpunktkapitel, ob und inwieweit das Bundesland Nordrhein-Westfalen durch eine Anpassungsfähigkeit seines Humankapitals an veränderte Qualifikationsanforderungen gekennzeichnet ist und inwiefern das Bildungs- und das Weiterbildungssystem diese Anpassung unterstützen und dabei insbesondere auch benachteiligte Milieus einbeziehen. In Hinblick auf das Innovationsgeschehen steht dabei die Frage im Mittelpunkt, inwieweit sich durch den Technischen Fortschritt die Gefahr erhöht, dass Teile der Bevölkerung nicht vom Fortschritt profitieren und sich bei ihnen etwa die Gefahr von Langzeitarbeitslosigkeit erhöht.

In Deutschland kam es insbesondere nach dem „PISA-Schock“ – also dem vergleichsweise schlechten Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in der internationalen PISA-Vergleichsstudie aus dem Jahr 2000 – sowie der festgestellten „Undurchlässigkeit“ des Bildungssystems in Bezug auf den Bildungserfolg von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund und/oder Eltern ohne (höheren) Bildungsabschluss zu einer verstärkten Diskussion über die Aufgaben und Ziele der Bildungspolitik, gefolgt von zahlreichen Reformen.

Eine erste nicht unwesentliche Änderung angesichts des Impulses durch die internationale Vergleichsbetrachtung dürfte ein beginnender Wandel des grundsätzlichen Verständnisses von „Bildung“ von der stark individualistischen deutschen Betrachtungsweise hin zu einem eher an vergleichbaren Standards orientierten Kenntnisspektrum nach dem Vorbild des englischen Begriffs „literacy“ darstellen. Dieser bezieht sich eher auf anwendbares Wissen (primär im Sinne der Fähigkeit zum Lesen und Schreiben, aber auch in anderen Wissenskontexten wie computer literacy oder financial literacy). So wurden etwa nationale Bildungsstandards und zentralisierte Abschlussprüfungen auf Länderebene eingeführt, die Ganztagsbetreuung an Grundschulen ausgebaut und die Segregation nach Herkunft und Leistungsstand der Schülerinnen und Schüler, insbesondere zwischen Haupt- und Realschulen, durch den Ausbau des Regional- bzw. Gesamtschulsystems verringert.

In den folgenden Vergleichsstudien zeigten sich deutliche Verbesserungen. 2012 lagen die deutschen Testergebnisse sowohl im Leseverständnis als auch in Mathematik und in den Naturwissenschaften über dem OECD-Durchschnitt. Allerdings bleiben Schüler und Schülerinnen mit Migrationshintergrund in Deutschland nach wie vor stärker als in anderen OECD-Ländern gegenüber „einheimischen“ Schülerinnen und Schülern im Hintertreffen, insbesondere aufgrund sprachlicher Barrieren, die im Laufe des Schulbesuchs nicht im erforderli-

chen Umfang abgebaut werden können. Die relativ frühe Trennung nach dem Leistungsstand im Alter von zehn Jahren dürfte hierbei ein wesentliches Hemmnis darstellen (Davoli und Entorf 2018).

Den Ergebnissen der erneuten Vergleichsstudie 2018 zufolge war das Niveau in Bezug auf das Leseverständnis in Deutschland nun erneut auf den schlechteren Stand von 2009, in Mathematik und Naturwissenschaften auf den ebenfalls schlechteren Stand von 2006 gesunken (OECD 2019). Bedenklich stimmt insbesondere, dass der Abstand im Leseverständnis zwischen Schülerinnen und Schülern aus besonders wohlhabenden Haushalten (oberes Einkommensquartil) und Schülerinnen und Schülern aus dem unteren Einkommensquartil in Deutschland im OECD-Vergleich besonders weit ist und sich seit 2009 noch vergrößert hat.

Mit fast 70% war der Anteil der Schülerinnen und Schüler mit guten PISA-Testergebnissen (sogenannte „high performers“), die den unteren Einkommensgruppen angehören und keine Hochschulausbildung anstreben, im Jahr 2018 in Deutschland unter allen OECD-Ländern am höchsten. Der OECD-Durchschnitt in Bezug auf diesen Wert lag bei 29% (Mann et al. 2020: 222). Gleichzeitig ist der Anteil an den Schülerinnen und Schülern, die die berufliche Position einer hochqualifizierten Fach- („professional“) oder Führungskraft („manager“) erreichen wollen, aber keine Hochschulausbildung anstreben, in Deutschland mit 50% unter 79 Teilnehmerstaaten an der PISA-Studie von 2018 am höchsten (der Durchschnitt liegt bei 20%) (Mann et al. 2020: 39).

Man könnte also annehmen, dass gerade in Deutschland oftmals Vorstellung und Wirklichkeit in Bezug auf die persönlichen Berufsperspektiven unter Schülerinnen und Schülern weit auseinanderklaffen, denn angesichts steigender Qualifikationsanforderungen erscheint der Wunsch, ohne Hochschulausbildung eine gehobene berufliche Position zu erreichen, weitgehend unrealistisch. Allerdings muss bei der Auswertung dieser Ergebnisse berücksichtigt werden, dass in Deutschland aufgrund des etablierten beruflichen Ausbildungswesens tatsächlich bessere Chancen bestehen, auch ohne Studium eine erfolgreiche Berufskarriere zu absolvieren, als in vielen Ländern ohne ein derartiges berufliches Ausbildungssystem. Da die Anforderungen an die beruflichen Qualifikationen aber, wie erläutert, eher noch weiter zunehmen werden, dürfte das Erreichen der angesprochenen Fach- und Führungspositionen jedoch auch in Deutschland weit überwiegend Personen vorbehalten bleiben, die (unter anderem) über eine Hochschulausbildung verfügen. Somit zeigt sich auch in Deutschland ein erheblicher Nachholbedarf hinsichtlich der Vorbereitung von Schülerinnen und Schülern auf die Anforderungen des Berufslebens.

3.2 Gegenstand der Untersuchung

Die Bestandsaufnahme zu Humankapital und Bildung in Abschnitt 2.1 zielt darauf ab, das Bildungssystem in Nordrhein-Westfalen grundlegend zu charakterisieren. Dabei stand die Frage im Mittelpunkt, ob und inwiefern Schulen, berufliches Ausbildungssystem und Hochschulen gut ausgebildete Absolventinnen und Absolventen hervorbringen. Dieses Schwerpunktkapitel untersucht dagegen, inwieweit der Wirtschaftsstandort NRW hinsichtlich der Berufsgruppenstruktur und der Tätigkeitsschwerpunkte seiner Beschäftigten auf die fortschreitende digitale Transformation vorbereitet und durch welche regionale und soziale Mobilität der laufende Anpassungsprozess des Humankapitals an den Wandel der Qualifikationsanforderungen gekennzeichnet ist. Folgende Aspekte stehen dabei im Mittelpunkt:

- Beschäftigungsentwicklung,
- Berufsgruppenstruktur,
- Branchenschwerpunkte und mögliche Betroffenheit durch die Digitalisierung,
- regionale Wanderungsbewegungen,
- Durchlässigkeit des Bildungssystems,
- Bildungszugang benachteiligter Milieus sowie
- Erwerb und Anerkennung nicht-formaler Qualifikationen.

Die PISA-Studien der vergangenen beiden Jahrzehnte zeigen mittels des internationalen Vergleichs auf, dass Deutschland durchaus über ein sehr leistungsfähiges Schulsystem verfügt, wobei jedoch weiterhin sehr vielschichtige bildungspolitische Anstrengungen erforderlich sind, um die Bildungschancen in

Deutschland zu verbessern, insbesondere in Hinblick auf die Bildungserfolge der Kinder aus wenig privilegierten Elternhäusern und/oder mit Migrationshintergrund.

Das Schwerpunktkapitel vertieft die Analyse in Bezug auf die folgenden Fragen:

- Wie entwickelt sich die Beschäftigung in Nordrhein-Westfalen insgesamt im Ländervergleich?
- Welche Berufsgruppenstruktur kennzeichnet Nordrhein-Westfalen und wie stark könnten die Arbeitsplätze in den kommenden Jahrzehnten von Verdrängungsprozessen im Zuge der digitalen Transformation gefährdet sein?
- Welche regionale Mobilität kennzeichnet das Bundesland insgesamt und wie ist insbesondere das Bildungswesen betroffen, d.h. wieviel Zuwanderung verzeichnen die NRW-Bildungseinrichtungen von außerhalb und in welchem Umfang wandern Schul- und Berufsabsolventen zum Studium in andere Bundesländer ab?
- Wie durchlässig ist das Bildungssystem, d.h. kann eine höhere Qualifikation nachgeholt werden, indem beispielsweise eine abgeschlossene Berufsausbildung den Zugang zum Hochschulstudium erleichtert?
- Gelingt es dem Bildungssystem in Nordrhein-Westfalen, benachteiligten Milieus einen Zugang zu Bildung und Ausbildung zu verschaffen?
- Welche Rolle spielen der Erwerb und die Anerkennung nicht-formaler Qualifikationen im Laufe des Berufslebens?
-

3.3 Beschäftigungsentwicklung

Die Entwicklung der Beschäftigung insgesamt wird im vorliegenden Bericht nur als allgemeines Kennzeichen des Arbeitsmarkts im Ländervergleich betrachtet. Mit aktuell (Daten von 2018) fast 7 Millionen von über 33 Millionen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland stellt Nordrhein-Westfalen unter den Bundesländern das „Schwergewicht“ dar, gefolgt von Bayern mit etwa 5,7 Millionen und Baden-Württemberg mit 4,7 Millionen SV-Beschäftigten, also den beiden großen süddeutschen Bundesländern, die im Rahmen der Untersuchung eine wichtige Referenzgruppe darstellen.

Angesichts der Größe von NRW verwundert es nicht, dass die Beschäftigtenentwicklung im Laufe des vergangenen Jahrzehnts mit einem Wachstum von insgesamt 15% im Zeitraum von 2011 bis 2020 nicht sonderlich weit vom Bundesdurchschnitt in Höhe von 15,8% abwich (Abb. 3.1). Dennoch liegt das bevölkerungsreichste deutsche Bundesland damit etwas unter dem Bundeswert.

Abb. 3.1: Beschäftigungswachstum, 2011 bis 2020 in %



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (2021c).

Den stärksten Beschäftigungsaufbau verzeichnete im Untersuchungszeitraum Berlin (+31,8%), mit einigem Abstand gefolgt von Bayern (+19,4%) und Baden-Württemberg (+17,2%). Schlusslichter waren in erster Linie die (anderen) neuen Bundesländer. Hinsichtlich der Beschäftigungsentwicklung war somit ein West-Ost-Gefälle erkennbar, wobei Nordrhein-Westfalen innerhalb des Westens (vor Bremen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland) einen etwas unterdurchschnittlichen Beschäftigungsaufbau verzeichnete.

3.4 Berufsstruktur, Branchenschwerpunkte und Betroffenheit durch den digitalen Wandel

Ausgehend vor allem von einer Arbeit des Teams Autor et al. (2003), hat sich im Laufe der vergangenen beiden Jahrzehnte ein wichtiger Zweig der Arbeitsmarktforschung mit den Konsequenzen des digitalen Wandels für Arbeitnehmer befasst.

Zu den Ergebnissen dieser Forschung gehört, dass es bei der Analyse der Arbeitsmarkteffekte des technologischen Wandels darauf ankommt, den Blick nicht primär auf Branchen oder Wirtschaftszweige, sondern auf die mit bestimmten Berufen verbundenen Tätigkeiten zu richten („tasks“).

Von einer Automatisierung bzw. Rationalisierung sind naturgemäß in erster Linie Tätigkeiten mit hohem Routineanteil betroffen, die angesichts zunehmender Computerkapazitäten als erstes standardisiert werden können. Aufgrund der wachsenden „Intelligenz“ von Computersystemen werden von dieser Standardisierung und Automatisierung in steigendem Maße komplexe Tätigkeiten erfasst, nicht nur im Bereich der manuellen Fertigung, sondern auch bei Dienstleistungen, wie z.B. im Finanzsektor (Autor 2015; Brynjolfsson et al. 2018).

Im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Bedeutung nicht-formaler Qualifikationen wird in einem der folgenden Abschnitte das Vorgehen der bildungsökonomischen Forschung bei der Kategorisierung beruflicher Tätigkeitsprofile noch näher betrachtet. Zunächst wird erläutert, inwieweit die Berufsgruppenstruktur in Nordrhein-Westfalen auf eine Betroffenheit der Beschäftigten durch künftige Verdrängungsprozesse im Zuge der digitalen Transformation schließen lässt.

Viel öffentliche Aufmerksamkeit erfuhr in den vergangenen Jahren eine Studie von Frey und Osborne (2013), in der die

Autoren die Automatisierbarkeit von Berufen in den USA untersuchen. Dengler et al. (2014) zeigen in einer an die berufliche Systematik in Deutschland angepassten Analyse, dass die Berufe in sehr unterschiedlichem Ausmaß von der Digitalisierung betroffen sind bzw. sein werden. Etwa 15% der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten waren der Untersuchung zu Folge in Deutschland im Jahr 2013 in einem Beruf beschäftigt, in dem potenziell über 70% der Tätigkeiten durch Computer ersetzt werden könnten.

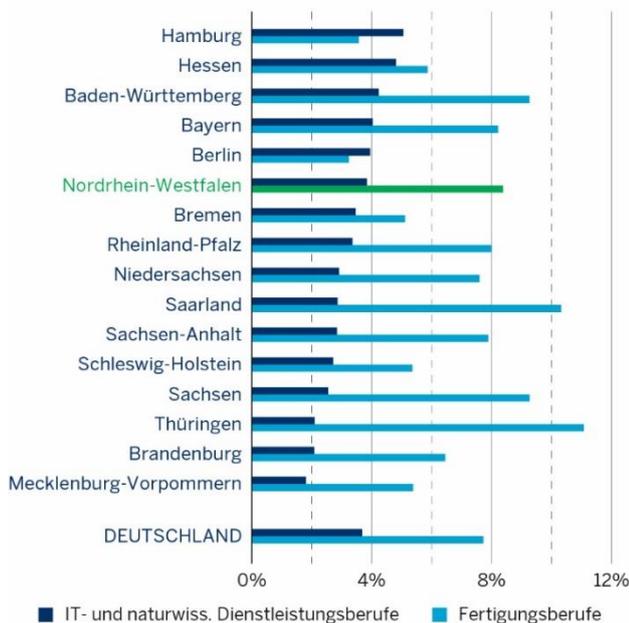
Um abschätzen zu können, wie stark bestimmte Berufe in Deutschland von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden könnten, betrachten die Autoren den jeweiligen Anteil von Routine-Tätigkeiten. Über den Anteil an Routine-Tätigkeiten wurde bestimmt, wie hoch das Substituierbarkeitspotenzial der Berufe ist. Damit ist nicht gesagt, dass diese Tätigkeiten auch tatsächlich ersetzt werden. Schließlich ist die technische Machbarkeit zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung dafür, dass menschliche Tätigkeiten durch Computer ersetzt werden (IAB 2019). Substituierbarkeitspotenziale sind also nicht mit sehr kurzfristig drohenden Jobverlusten gleichzusetzen, geben aber Aufschluss über die Herausforderungen, denen Wirtschaftsstandorte bzw. regionale Arbeitsmärkte angesichts der digitalen Transformation gegenüberstehen.

Am Beispiel von zwei sehr voneinander verschiedenen Berufsgruppen, den manuellen Fertigungsberufen – für die ein hohes „Substituierbarkeitspotenzial“ auf der Hand liegt – und den IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen – mit geringerer Verdrängungswahrscheinlichkeit – können ei-

nerseits länderspezifische Unterschiede der Berufsgruppenstruktur aufgezeigt werden. Andererseits wird deutlich, dass auch innerhalb von Berufsgruppen Unterschiede im Tätigkeitsprofil vorherrschen können, sodass sich auch die Substituierbarkeitspotenziale der Beschäftigten in bestimmten Berufen zwischen den Ländern unterscheiden können.

Dieser Kategorisierung zufolge waren im Jahr 2016 in Nordrhein-Westfalen die Fertigungsberufe mit einem Beschäftigtenanteil von 8,4% gegenüber dem bundesweiten Durchschnittswert (7,7%) leicht überdurchschnittlich, die IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe dagegen in etwa durchschnittlich (3,7%) vertreten (Abb. 3.2).

Abb. 3.2: Beschäftigtenanteile in Fertigungsberufen und in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, 2016, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des IAB (2019).

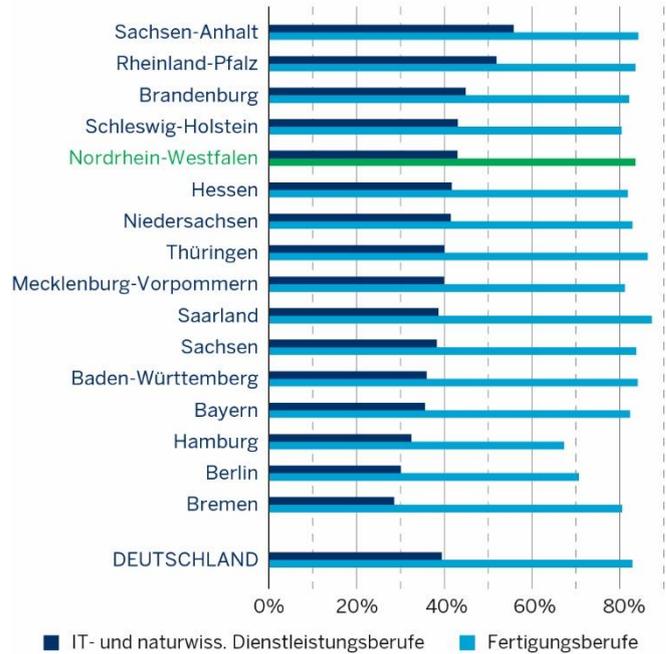
Baden-Württemberg und Bayern weisen ebenfalls überdurchschnittliche Anteile an Beschäftigten in Fertigungsberufen auf (9,3% bzw. 8,2%), allerdings auch in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen (4,2% bzw. 4,0%). Ausgesprochene „Hochburgen“ für IT- und naturwissenschaftliche Dienstleister sind Hamburg und Hessen mit Beschäftigtenanteilen von 5,1% bzw. 4,8%.

Auswertungen des IAB (2019) zufolge sind die Substituierbarkeitspotenziale der Beschäftigten innerhalb der Berufsgruppen zwischen den Ländern nicht gleichmäßig verteilt. Verhältnismäßig geringe Unterschiede bestehen in der offensichtlich hohen Verdrängungsgefährdung der Tätigkeiten in Fertigungsberufen. 80% der Beschäftigten in diesen Berufen üben Tätigkeiten aus, die bereits angesichts des heutigen Stands der Technik weit überwiegend durch Computer bzw. computergestützte Maschinen ersetzt werden könnten (Abb. 3.3).

Lediglich in Berlin und Hamburg werden offenbar von vielen Fachkräften in Fertigungsberufen Tätigkeiten mit geringerem Routine-Anteil ausgeübt, sodass der Beschäftigtenanteil mit

hohem Substituierbarkeitspotenzial dort mit „nur“ 71% bzw. 67% angegeben wird.

Abb. 3.3: Anteile der Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial* in Fertigungsberufen und in IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufen, 2016, in %



* Anteil der Beschäftigten, bei denen potenziell mindestens 70% der ausgeübten Tätigkeiten durch Computer oder computergestützte Maschinen ersetzbar sind.

Eigene Darstellung nach Angaben des IAB (2019).

Stärkere Unterschiede bestehen zwischen den Ländern hinsichtlich des Substituierbarkeitspotenzials der IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleistungsberufe. Überraschend ist, dass in diesen Berufen knapp 40% der Beschäftigten Tätigkeiten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial ausüben. Offenbar umfassen aber auch Berufe, die eine hohe IT- und MINT-Kompetenz voraussetzen Tätigkeiten, die im Zuge der steigenden Leistungsfähigkeit von Computertechnologien noch stärker automatisiert werden können. Eine besonders geringe „Verdrängungsgefahr“ besteht demgegenüber bei Tätigkeiten mit hohem Anteil an persönlicher Kommunikation, in denen vor allem sogenannte „Soft Skills“ gefragt sind. Für manche IT-Dienstleister besteht dagegen die Gefahr, dass sie sich im Laufe ihres Berufslebens „selbst überflüssig machen“ bzw. vom technischen Fortschritt „eingeholt“ werden.

In NRW liegt der Anteil der von Verdrängung gefährdeten Beschäftigten innerhalb der Berufsgruppe der IT- und naturwissenschaftlichen Dienstleister mit 43% über dem Bundesdurchschnitt (39,4%). Die Gründe für eine stärkere Verdrängungsgefahr innerhalb eines Bundeslandes können vielfältig sein. So widmen sich die IT-Dienstleister in NRW unter Umständen stärker dem Software-Kerngeschäft als in anderen Bundesländern. Dies wäre zunächst nicht zu bemängeln, allerdings zeigen die Beispiele der Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg sowie der süddeutschen Länder Baden-Württemberg und Bayern, dass dort teilweise doch andere Tätigkeits-schwerpunkte verfolgt werden, die offenbar zu einer höheren

„Resilienz“ dieser Berufsgruppen gegenüber technologischen Veränderungen führen.

Angesichts der Größe von Nordrhein-Westfalen verwundert es nicht, dass auch der Anteil von Beschäftigten, denen nach den Berechnungen des IAB (2019) ein hohes Substituierbarkeitspotenzial droht (26%) in etwa dem Bundesdurchschnitt (25,2%) entspricht (Abb. 3.4).

Abb. 3.4: Anteile der Beschäftigten mit hohem Substituierbarkeitspotenzial* insgesamt, 2016, in %



* Anteil der Beschäftigten, bei denen potenziell mindestens 70% der ausgeübten Tätigkeiten durch Computer oder computergestützte Maschinen ersetzbar sind.

3.5 Regionale Mobilität

Die Bedeutung von Nordrhein-Westfalen bei der Standortwahl von Wohnort- und Bildungsentscheidungen wird im Folgenden am Beispiel der Wanderungsbewegungen der Bevölkerung zwischen den Bundesländern, mit dem Ausland sowie anhand der Wanderung der Studierenden über die Landesgrenzen hinweg untersucht.

Innerhalb der Wanderungsbewegungen zwischen den Bundesländern weist NRW derzeit per Saldo leichte Verluste auf. Bezogen auf die Bevölkerung insgesamt verlor NRW im Jahr 2019 pro 10.000 Einwohner rund drei Personen durch Wanderungsverluste an andere Bundesländer (Abb. 3.5).

Eigene Darstellung nach Angaben des IAB (2019).

Wie schon die berufsspezifische Betrachtung verdeutlicht hat, zeigt sich allerdings auch in der Gesamtschau aller Beschäftigten ein leicht überdurchschnittliches „Gefährdungspotenzial“. Letztendlich wird u.a. auch deutlich, dass der langfristige wirtschaftliche Strukturwandel von der Industrie- zur „Wissensgesellschaft“ in Nordrhein-Westfalen noch weniger weit fortgeschritten ist als in anderen Teilen Deutschlands. Insbesondere die regionalen Unterschiede innerhalb des Landes, etwa zwischen dem Ruhrgebiet und den Rheinmetropolen, dürften zu einem Gesamtbild führen, in dem sich NRW im diesbezüglichen Ländervergleich als leicht überdurchschnittlich betroffen zu erkennen gibt. Im Vergleich zum Saarland, das sich im vergangenen Jahrzehnt in Bezug auf die Beschäftigtenentwicklung vergleichsweise wachstumsschwach gezeigt hat und auch insgesamt ein höheres Substituierbarkeitspotenzial aufweist, ist NRW aber offensichtlich bereits durch eine stärker diversifizierte und diesbezüglich „resilientere“ Berufsgruppenstruktur gekennzeichnet.

Ein eindeutiges West-Ost- oder Nord-Süd-Gefälle ist in Bezug auf die Automatisierungsgefährdung aktuell nicht erkennbar. Insbesondere in Baden-Württemberg und Bayern erscheint der Anteil der Beschäftigten mit einer hohen Substituierungsgefahr insgesamt sogar überdurchschnittlich hoch zu sein und damit auch höher als in NRW.

Abb. 3.5: Saldo der Zu- und Fortzüge über die Landesgrenzen innerhalb Deutschlands je 10.000 Einwohner, 2019

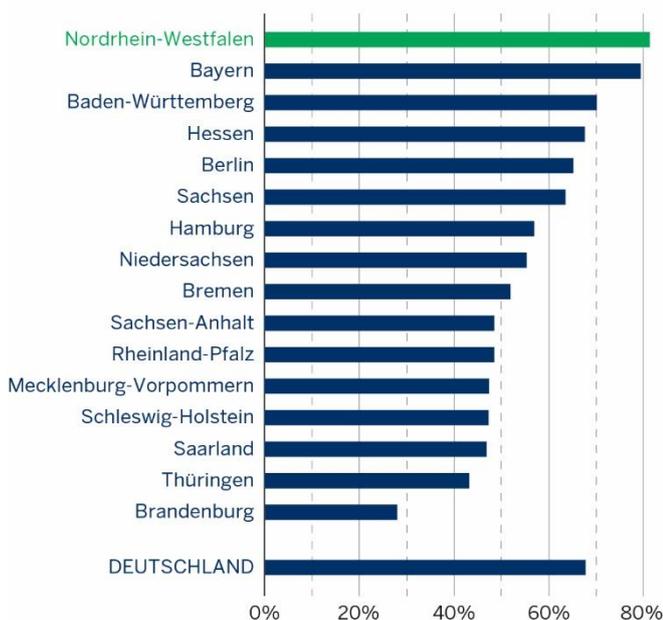


Eigene Darstellung nach Angaben des Statistikportals des Bundes und der Länder (2020) und des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2021b).

Gegenüber dem Ausland weist NRW – wie alle Bundesländer – zurzeit eine positive Wanderungsbilanz auf. In Bezug auf die Wanderungsbewegungen zwischen den Bundesländern verzeichnen die Flächenländer überwiegend moderate Überschüsse bzw. -verluste. Eine Ausnahme ist Brandenburg mit relativ hohen Wanderungsgewinnen (+61 Personen je 10.000 Einwohner im Jahr 2018), getragen weit überwiegend (zu drei Vierteln) durch die Stadt-Umland-Wanderung in den „Speckgürtel“ von Berlin (Statistik Berlin-Brandenburg 2019).

Für die Analyse der Studienstandortwahl ermöglichen Daten der Kultusministerkonferenz (KMK 2019) eine entsprechende Bestandsaufnahme aus regionaler Perspektive. Im Wintersemester 2017/ 2018 hatte mit über 81% ein weit größerer Anteil der Studierenden in Nordrhein-Westfalen (an den Hochschulen in Trägerschaft des Landes, ohne Fernstudium) als in allen anderen Ländern die Hochschulzugangsberechtigten innerhalb des Landes erworben, war zum Studium also nicht über die Landesgrenzen umgezogen (Abb. 3.6). Im Mittel der Bundesländer sind es gut zwei Drittel der Studierenden, die bei Aufnahme eines Studiums innerhalb ihres Landes verbleiben.

Abb. 3.6: Anteil der Studierenden in Präsenzstudiengängen mit Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung innerhalb des Bundeslands, 2017, in %



Eigene Darstellung nach Angaben in KMK (2019).

Der Hochschulstandort Nordrhein-Westfalen ist somit durch vergleichsweise immobile Studierende gekennzeichnet. Allerdings folgen auf den Rängen zwei und drei des „Immobilitätsrankings 2017“ bereits die innovations- und wirtschafsstarken süddeutschen Bundesländer Bayern (79,4%) und Baden-Württemberg (70,1%). Von einer vergleichsweise niedrigen „Studierendenimportquote“ kann somit offensichtlich nicht unmittelbar auf Merkmale der regionalen Innovationsstärke oder Standortattraktivität geschlossen werden. Ohne Zweifel erfüllen die Hochschulen in NRW eine wichtige Aufgabe darin, den hier beheimateten Studienberechtigten ein geeignetes Studienangebot zur Verfügung zu stellen. Angesichts eines – wie

die Ausführungen im folgenden Teilabschnitt verdeutlichen werden – vergleichsweise hohen Anteils von Studierenden, die erst nach Abschluss einer Berufsausbildung mit dem Studium beginnen, erfüllen die NRW-Hochschulen durch ihre Standorte innerhalb des bevölkerungsreichsten Bundeslandes eine wichtige Funktion hinsichtlich der Verbesserung der Durchlässigkeit des Bildungssystems.

Studierende mit bildungsbürgerlichem Hintergrund sehen unmittelbar nach dem Abitur die Wahl einer renommierten Universität fern der Heimat oftmals als Teil ihrer Persönlichkeitsentwicklung an. Entscheiden sich Studierende dagegen erst nach abgeschlossener Berufsausbildung für ein Studium, spielen bei der Wahl des Studienorts unter Umständen andere Beweggründe eine wichtigere Rolle. Innerhalb von NRW bestehen hinsichtlich der regionalen Mobilität der Studierenden zudem deutliche Unterschiede. Kriegesmann et al. (2015) stellen fest, dass an den Hochschulen des Ruhrgebiets (definiert als Verbandsgebiet des Regionalverbands Ruhr) im Wintersemester 2013/14 nur 8,5% der Studierenden aus anderen Bundesländern zugezogen waren, an der RWTH Aachen dagegen 17,1% und an der Universität Münster 24,5%.

Während somit vier Fünftel der Studienplätze in Nordrhein-Westfalen von heimischen Hochschulzugangsberechtigten belegt werden, stellt sich die Frage, in welchem Verhältnis die Zahl der zugewanderten Studierenden, insgesamt also ein Fünftel der Studierenden, zur Zahl der gleichzeitig aus NRW abgewanderten Studierenden steht. Damit wird beleuchtet, ob Nordrhein-Westfalen – neben der großen Zahl der im Land verbleibenden Studierenden – per Saldo eher als „Exporteur“ oder als „Importeur“ von Studierenden in Erscheinung tritt.

Dabei stellt sich heraus, dass Nordrhein-Westfalen mit einem Saldo von -3,8 je 100 Studierenden eher als „Exporteur“ von Studierenden fungiert (Abb. 3.7). Angesichts des hohen Anteils von im Land verbleibenden Studierenden ist es nicht überraschend, dass NRW auch per Saldo keinen „Magnet“ für mobile Studierende aus anderen Bundesländern darstellt. Es ist allerdings keine Regel, dass Bundesländer mit hohem Anteil von Studierenden, die in oder nahe der Heimat geblieben sind, zwangsläufig auch mehr Studierende abgeben, als sie aus anderen Bundesländern (oder aus dem Ausland) anziehen. So zeichnet sich zwar beispielsweise Baden-Württemberg, wo auch die meisten Studierenden „zu Hause“ bleiben, ebenfalls durch einen negativen Saldo aus (-5,8 je 100 Studierende). In Bayern, wo wie in NRW vier Fünftel der Studierenden nach Erwerb der Zugangsberechtigung innerhalb des Bundeslandes geblieben sind, ist allerdings per Saldo (+2,9) die Zahl der zugezogenen Studierenden dennoch höher als die der Fortgezogenen.

Wie in Nordrhein-Westfalen erfüllen an den Hochschulen in Bayern somit zuallererst heimische Hochschulzugangsberechtigte ihren Studienwunsch. Darüber hinaus sind die bayrischen Hochschulen aber – im Gegensatz zu denen in NRW – offenbar so attraktiv, dass sie zusätzlich auch noch mehr Studierende aus anderen Bundesländern „anwerben“ als Studienberechtigte aus Bayern sich dazu entscheiden, in einem anderen Bundesland zu studieren.

Abb. 3.7: „Export und Import“ von Studierenden – Saldo aus Zahl der Studierenden im Bundesland und Zahl der Studierenden mit Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung im Bundesland je 100 Studierenden, 2017



Eigene Darstellung nach Angaben des KMK (2019).

Ein verhältnismäßig hoher Anteil an zugewanderten Studierenden garantiert ebenfalls keineswegs, dass die heimischen Studierenden in gleichem Maße von den örtlichen Hochschulen angezogen werden. In Brandenburg sind zwar fast drei Viertel der derzeit Studierenden zugezogen. Gleichzeitig zieht es aber per Saldo mehr Studienberechtigte aus Brandenburg fort als zuwandern. Mit -11,1 je 100 Studierenden ist Brandenburg sogar ein starker „Studierendenexporteur“. Eine besondere Rolle spielt die Nähe zu Berlin. Mehr als die Hälfte der Studienberechtigten aus Brandenburg studieren in angrenzenden Bundesländern, doppelt so viele wie im eigenen Land. Für diese Studierenden dürfte Berlin als „Magnet“ fungieren.

Die Studienortwahl der Studienberechtigten aus Brandenburg verläuft somit gegenläufig zur Stadt-Umland-Wanderung in den „Speckgürtel“ von Berlin und dürfte die räumliche Trennung nach Alter und Familienstruktur innerhalb des großstädtischen Agglomerationsraums verstärken.

Festzuhalten bleibt, dass die Hochschulen in Nordrhein-Westfalen in erster Linie die Aufgabe übernehmen, Studierende aus dem bevölkerungsreichsten Bundesland vor Ort mit Studienplätzen zu versorgen. Im Zusammenspiel mit der relativ hohen Durchlässigkeit des NRW-Hochschulsystems in Bezug auf Studierende mit Berufsabschluss, aber ohne formale Hochschulreife, erleichtern die Hochschulstandorte in NRW auch durch ihre Lage vielen Studierenden aus weniger privilegierten Elternhäusern den Hochschulzugang. Gibbons und Vignoles (2012) zeigen beispielsweise für England auf, dass die Entfernung zur Heimat bei der Wahl des Studienorts eine sehr wichtige Rolle spielt. Allerdings wird die Wahl des Studienorts bei Studierenden, die eine weite Entfernung zwischen Herkunfts- und Studienort in Kauf nehmen oder sogar im Ausland studieren, in hohem Maße von Merkmalen der gewählten Hochschule beeinflusst, wie etwa Prestige, Zugangsbeschränkungen und Forschungsintensität (Herbst und Rok 2013).

Diese Studierenden sind auch nach Abschluss ihres Studiums in der Regel besonders mobil (Faggian und McCann 2009). Universitäten mit sehr hohem Prestige spielen somit eine wichtige Rolle im Standortverhalten einer sehr mobilen „Bildungselite“, die sich kaum dauerhaft an einen bestimmten Ort gebunden fühlen wird. Insgesamt überwiegt unter den Hochschulen in Nordrhein-Westfalen die Rolle der Versorgung heimischer Studierender mit Studienplätzen gegenüber einer möglichen Positionierung als überregionaler oder internationaler „Studierendenmagnet“.

3.6 Durchlässigkeit des Bildungssystems und Bildungszugang benachteiligter Milieus

Im folgenden Teilabschnitt wird näher betrachtet, wie durchlässig das NRW-Bildungssystem im Ländervergleich ist und inwieweit es gelingt, benachteiligten Gruppen einen Zugang zur Bildung zu gewähren. Vor der Analyse zentraler Indikatoren im Vergleich zwischen Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern wird zunächst genauer beleuchtet, inwieweit die Zugehörigkeit zu benachteiligten Milieus in NRW den Bildungszugang erschwert und ob sich in dieser Hinsicht eine Verbesserung der Situation abzeichnet.

Eine aktuelle RWI-Studie geht der Frage nach, ob Merkmale der Wohnumgebung den Bildungszugang beeinflussen und gegebenenfalls in städtischen Gebieten mit Ballung sozialer Problemlagen zusätzliche nachteilige Nachbarschaftseffekte den Bildungserfolg von Schülerinnen und Schülern erschwe-

ren (RWI 2019). Als Messgröße steht das durch die Firma Creditreform berechnete Kreditausfallrisiko privater Haushalte zur Verfügung.

Das Forschungsdatenzentrum Ruhr am RWI stellt auf Basis eines vom Creditreform-Tochterunternehmen microm Micromarketing-Systeme und Consult GmbH durchgeführten Scoring-Verfahrens Daten bereit, die den Anteil der Haushalte mit hohem Kreditausfallrisiko auf der räumlichen Ebene von km²-Rastern abbilden. Dabei erfolgt zunächst eine jährliche Einteilung aller Haushalte in neun Risikoklassen. Jede dieser Klassen umfasst 11,11% der Haushalte in Deutschland. Die Zugehörigkeit zu einer der beiden obersten Klassen wurde in der Analyse als besonders risikoreich eingeschätzt und ein hoher Anteil von Haushalten in Nachbarschaften, die diesen „Risikogruppen“ angehören, charakterisiert eine räumliche Ballung der von Zahlungsschwierigkeiten betroffenen Personen.

Die räumliche Verteilung überschuldeter Haushalte dient in der Untersuchung in erster Linie als Indikator der innerstädtischen Segregation, da sie mit anderen Kennzeichen benachteiligter Milieus – beispielsweise hohen Arbeitslosenquoten, niedrigen Haushaltseinkommen und hohen Migrantenanteilen – korreliert (RWI 2019). Auswertungen des Statistischen Bundesamts (Destatis 2019d) deuten darauf hin, dass die Überschuldung von Haushalten insbesondere eine Folge mangelnder Kenntnisse über wirtschaftliche Zusammenhänge darstellen kann. So gehört eine unwirtschaftliche Haushaltsführung offenbar neben anderen Gründen – z.B. Arbeitslosigkeit, Trennung, Scheidung, Tod eines Haushaltsmitglieds oder Erkrankung – vor allem bei jüngeren Schuldnerinnen und Schuldnern (Alter < 25 Jahre) zu den Hauptursachen der Überschuldung.

Mit Hilfe eines Regressionsmodells für die abhängige Variable „Anteil überschuldeter Haushalte“ und verschiedenen unabhängigen Messgrößen (Bevölkerungsdichte, Zahl der Wohngebäude, Ausländeranteil, Bevölkerungsanteile <18 und ≥65) geht die Untersuchung auch dem Einfluss der lokalen Übergangsrate von der Grundschule auf das Gymnasium nach. Diese Daten wurden dem RWI im Rahmen einer Sonderauswertung der Schulstatistik von IT.NRW (2019) zur Verfügung gestellt. Kontrolliert man für eine Variable, die die Übergangsrate von Grundschülerinnen und -schülern zum Gymnasium im Jahr 2016 auf der räumlichen Ebene der Grundschulbezirke misst, ist festzustellen, dass hohe Übergangsraten auf ein Gymnasium mit einer geringeren Kreditausfallwahrscheinlichkeit korrelieren.

Dieser statistische Zusammenhang zeigt sich in der Analyse für Nordrhein-Westfalen insgesamt, aber auch für die Ballungsräume Ruhrgebiet und Rheinland sowie in einer auf die Städte Düsseldorf und Essen konzentrierten Analyse. Ein hoher Ausländeranteil korreliert dagegen auf der kleinräumigen Ebene der Nachbarschaften hoch (positiv) mit dem Anteil von Haushalten mit hoher Kreditausfallwahrscheinlichkeit. In NRW signalisiert ein hoher Ausländeranteil – als Indikator für den Anteil der Bevölkerung mit Migrationshintergrund – daher, dass es sich um eine Nachbarschaft mit einkommensschwacher Bevölkerung und sozialen Problemen handelt.

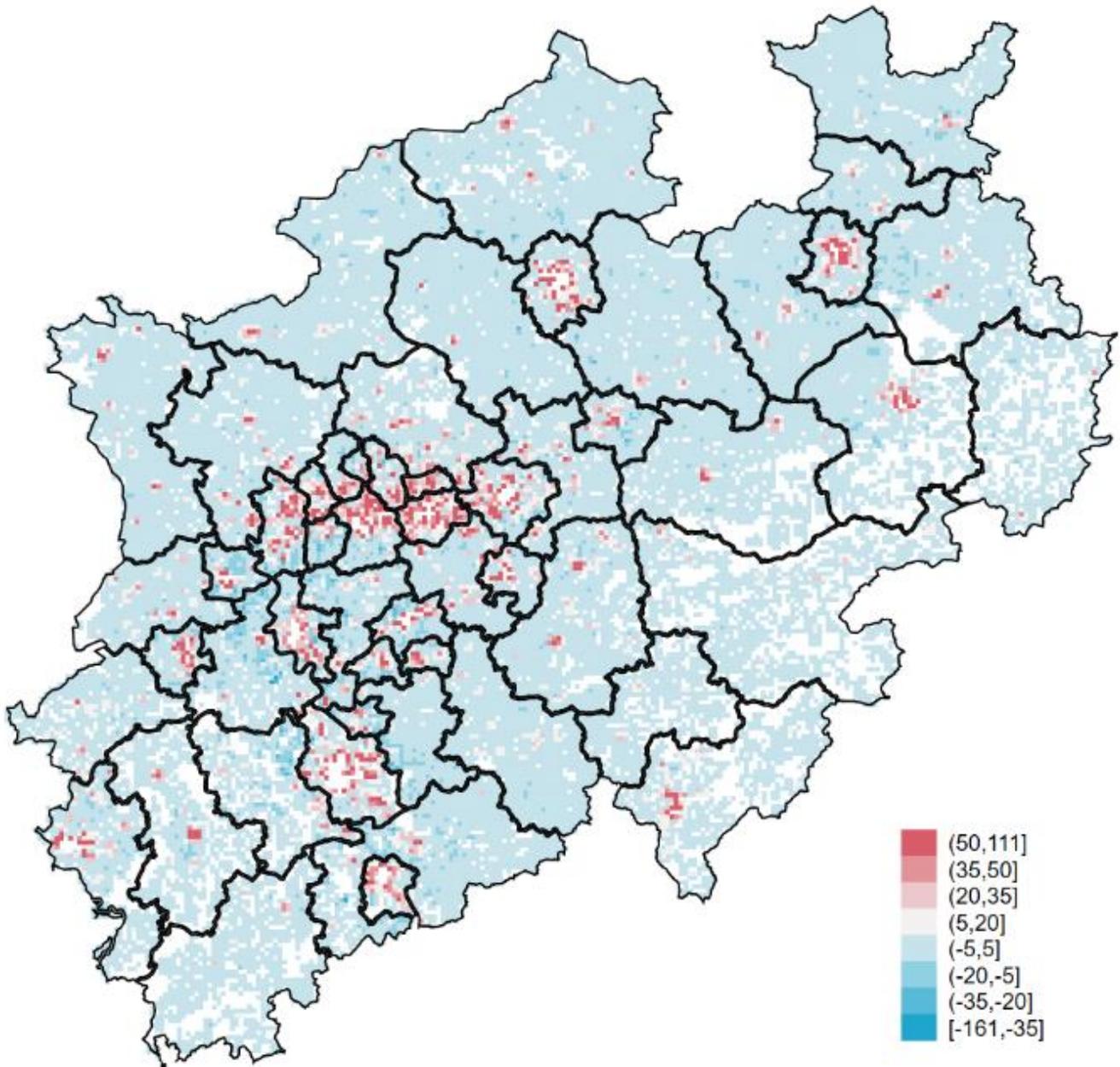
Bildungsökonomische empirische Befunde belegen, dass Gymnasialempfehlungen auch vom sozialen Status der Eltern abhängen (Dustmann 2004; Heineck und Riphahn 2009). Die aktuellen Ergebnisse deuten darauf hin, dass in den großstädtischen Ballungsräumen von NRW eher mit einer Verschärfung der räumlichen Unterschiede hinsichtlich des Bildungszugangs zu rechnen ist, da in den Regionen mit hohem Kreditausfallrisiko die nachwachsende Generation sehr häufig über einen vergleichsweise geringeren Bildungsstand verfügt,

wenn man davon ausgeht, dass der erschwerte Übergang auf das Gymnasium nicht von allen Schülerinnen und Schülern noch zu einem späteren Zeitpunkt im Leben durch verstärkte Bildungsanstrengungen ausgeglichen werden kann.

Bis 2030 ist Bevölkerungsvorausrechnungen des RWI zufolge jedoch gerade in den innerstädtischen Gebieten mit hohem Anteil überschuldeter Haushalte und geringerem Bildungserfolg mit einer Zunahme der Kinder im Grundschulalter zu rechnen (Abb. 3.8). In den Regionen, in denen die Zahl der Grundschulkinder bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 2015 zunehmen dürfte, ist in den meisten Fällen eine niedrige Übergangsrate auf das Gymnasium zu beobachten. Da die Nachfrage nach Schulplätzen voraussichtlich insbesondere in diesen Gebieten zunehmen wird, sind höhere Klassenstärken gerade hier absehbar bzw. als Gefahr erkennbar, wenn es nicht gelingt, bessere Lehrer-Schüler-Relationen an Grundschulen zu verwirklichen. Nimmt man an, dass sich die Relation von Lehrkräften zu Schülerinnen und Schülern allgemein nicht sehr wesentlich zugunsten der Lehrerschaft verschiebt, ist im kommenden Jahrzehnt in innerstädtischen Gebieten von Nordrhein-Westfalen eine Verschlechterung der Ausgangsbedingungen von Schülerinnen und Schülern in Hinblick auf den Übergang auf das Gymnasium zu erwarten.

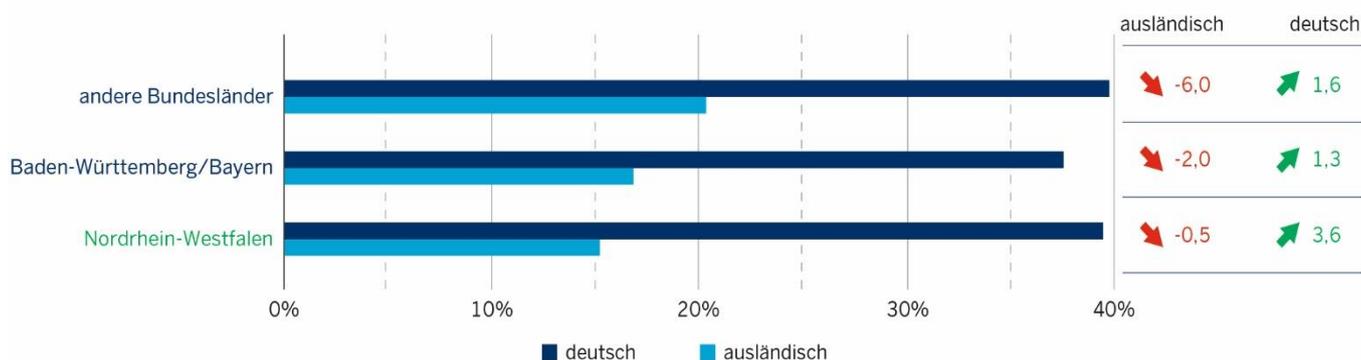
Die Migrantenbevölkerung gehört in Deutschland zu den Gruppen mit im Durchschnitt noch verhältnismäßig schlechtem Bildungszugang. Untersucht man die Bildungsbeteiligung der Bevölkerung mit (ausschließlich) ausländischer Staatsangehörigkeit als Gruppe, die einen Teil der Bevölkerung mit Migrationshintergrund umfasst, so zeigt sich am Beispiel des Gymnasialbesuchs, dass es sich um eine in dieser Hinsicht benachteiligte Gruppe handelt. Als Ausländer gelten in der amtlichen Statistik Personen, die nicht über eine deutsche Staatsangehörigkeit verfügen. Personen mit deutscher und anderer Staatsbürgerschaft werden als Deutsche eingestuft. Auswertungen auf Basis des Mikrozensus zu Folge besuchten in Deutschland im Jahr 2016 39% der deutschen Bevölkerung im Alter von 11 bis 18 Jahren ein Gymnasium, aber nur knapp 18% der Bevölkerung mit (ausschließlich) ausländischer Staatsangehörigkeit. Gegenüber 2011 war der Anteil der Gymnasiasten an den deutschen Schülern noch um 2%-Punkte angestiegen, während er unter ausländischen Schülerinnen und Schülern um knapp 3%-Punkte zurückging. In NRW fiel der Anteil der Gymnasiasten an den ausländischen Schülern im entsprechenden Alter mit 15% im Jahr 2016 – wie in Baden-Württemberg und Bayern (17%) – unterdurchschnittlich aus und ging gegenüber 2011 noch leicht (-0,5%-Punkte) zurück (Abb. 3.9).

Abb. 3.8: Erwartete Veränderung des Bevölkerungsanteils der Kinder zwischen 6 Jahren und 10 Jahren im Zeitraum von 2015 bis 2030 nach Bevölkerungsfortschreibung



Eigene Darstellung nach Angaben von RWI-GEO-GRID- POP-FORECAST (2017).

Abb. 3.9: Anteil der ausländischen und deutschen Kinder im Alter von 11 Jahren bis 18 Jahren, die ein Gymnasium besuchen 2016, in % und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten



Gewichtet unter Verwendung von Hochrechnungsfaktoren, die vom Mikrozensus zur Verfügung gestellt werden. Unterschiede zwischen ausländischen und deutschen Kindern sind Chi²-Statistik zu Folge in Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg/Bayern und anderen Bundesländern mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 1% signifikant von 0 verschieden.

Eigene Darstellung nach Angaben des FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2011 und 2016).

Der Rückgang fiel in NRW allerdings etwas weniger stark aus als in Baden-Württemberg und Bayern (-2,0%-Punkte) und in den anderen Ländern (-6,0%-Punkte). Es handelt sich bei der Gesamtheit der ausländischen Kinder um eine sehr heterogene Gruppe und die hier dargestellten Werte kontrollieren nicht für Merkmale des Bildungsstands der Eltern oder des Haushaltseinkommens. Allerdings sind die ausländischen Schülerinnen und Schüler in Deutschland insgesamt hinsichtlich des Gymnasialzugangs benachteiligt, sodass der Ländervergleich Rückschlüsse auf die Durchlässigkeit des Bildungssystems zulässt.

Die kleinräumige Auswertung hat aufgezeigt, dass die Übergangsquoten auf das Gymnasium in NRW stark mit Merkmalen der lokalen Sozialstruktur korrelieren und zumindest hier Nachbarschaften mit hohem Anteil ausländischer Einwohner Wohngebiete benachteiligter Milieus kennzeichnen. In Bezug auf die Bildungsbeteiligung der ausländischen Bevölkerung ist NRW somit insgesamt, soviel kann festgehalten werden, durch eine geringe Durchlässigkeit gekennzeichnet.

Ein anderes Bild zeigt sich in Bezug auf die Zugänglichkeit der Hochschulen für Studierende ohne formale Hochschulreife. Daten des CHE Zentrums für Hochschulentwicklung (Gehlke et al. 2017, Nickel et al. 2020) zu Folge lag NRW 2018 mit einem Anteil der Studienanfänger ohne allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife von 4% an der Spitze der Flächenländer (Abb. 3.10).

Bayern lag mit 2,5% im Mittelfeld aller Bundesländer und in Baden-Württemberg war der Anteil mit 1,4% deutlich geringer. Allerdings verzeichneten Baden-Württemberg und Bayern (+0,5 bzw. +1,2%-Punkte) jeweils eine Zunahme des Anteils gegenüber 2010, in NRW ging der Anteil dagegen leicht zurück (-0,3%-Punkte).

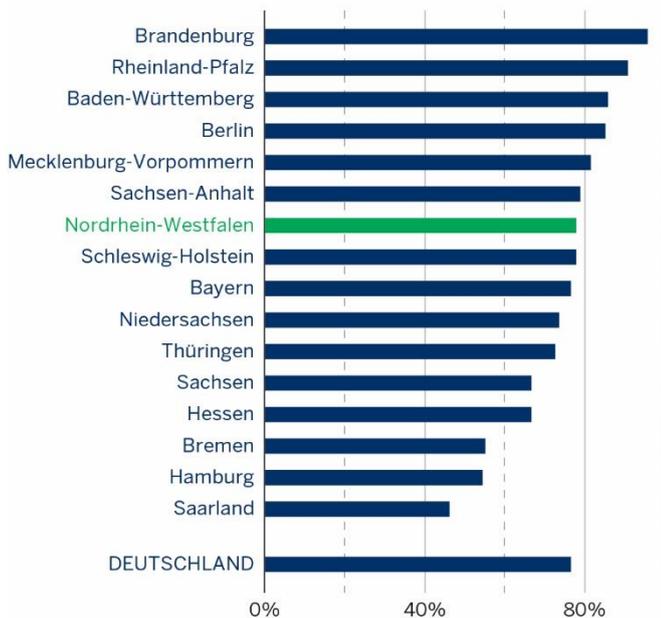
Abb. 3.10: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger ohne (Fach-) Abitur an allen Studienanfängerinnen und -anfänger, 2018, in %, und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten



Eigene Darstellung, nach Berechnungen des CHE auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts (Gehlke et al. 2017, Nickel et al. 2020: 13).

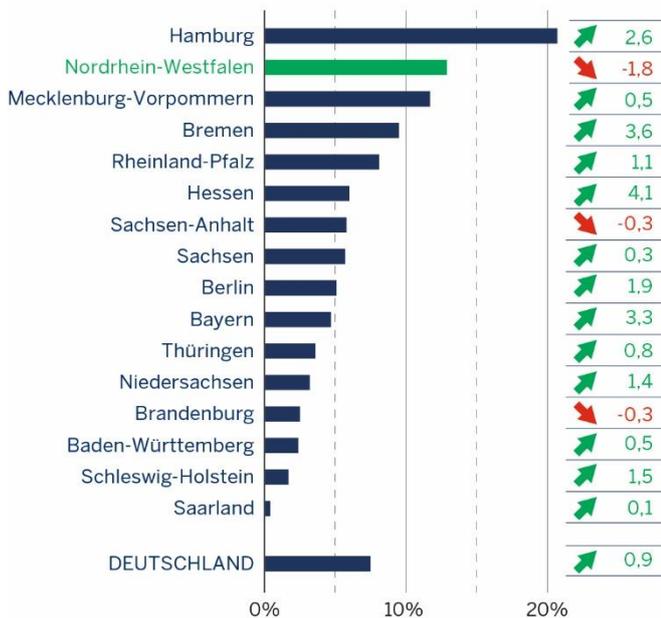
In Bezug auf den Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger ohne (Fach-) Abitur, aber mit beruflicher Qualifikation, liegt NRW im Mittelfeld der Bundesländer (Abb. 3.11). Die Quote der Teilzeitstudierenden lag im WS 2018/2019 mit 12,9% in NRW weit über dem Bundesdurchschnitt von 7,5% (Abb. 3.12) und deutet auf eine sehr hohe Inanspruchnahme dieser Regelung zur Erlangung eines Hochschulabschlusses hin. Allerdings beinhaltet dieser Wert die Teilzeitstudierenden an der Fernuniversität Hagen. Ohne deren Einbeziehung sinkt der Wert in NRW auf 6,5% und liegt damit unter dem Bundesdurchschnitt. Eine abgeschlossene Berufsausbildung hatten im Jahr 2016 insgesamt 23,8% aller Studienanfängerinnen und -anfänger in NRW (in Deutschland insgesamt waren es 21,8%, Abb. 3.13).

Abb. 3.11: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger mit beruflicher Qualifikation an allen Studienanfängerinnen und -anfängern ohne (Fach-) Abitur, 2016, in %



Eigene Darstellung nach Angaben von Middendorff et al. (2017).

Abb. 3.12: Anteil der Teilzeitstudierenden an allen Studierenden im WS 2018/19, in % und Veränderung gegenüber WS 2014/15, in %-Punkten



Der Wert für NRW enthält die Fernuniversität Hagen.

Eigene Darstellung nach Angaben von Gehlke et al. (2017) und des CHE gemeinnützigen Centrum für Hochschulentwicklung (2020).

Abb. 3.13: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger mit abgeschlossener Berufsausbildung, 2016, in %



Eigene Darstellung nach Angaben von Middendorff et al. (2017).

Hinsichtlich der Inanspruchnahme von Mitteln nach BAföG für Schülerinnen und Schüler sowie Studierende lag NRW 2019 mit etwa 34 € je Einwohner im Mittelfeld der Bundesländer (Abb. 3.14) und verzeichnete gegenüber 2011 eine gegenüber dem Deutschlanddurchschnitt unterdurchschnittliche Verringerung (-3,72 €). Mittel des Aufstiegs-BAföG zur Erlangung von Meister-/Techniker-/Fach- oder Betriebswirtabschlüssen werden in NRW von einer im Bundesländervergleich unterdurchschnittlichen Zahl von Personen in Anspruch genommen (Abb. 3.15). Der Mittelanteil von Personen, die nach dem Bundesbildungsgesetz (BBiG) gefördert werden (das u.a. auch technische Berufe berücksichtigt) lag 2019 in NRW ebenfalls unter dem Länderdurchschnitt und wies gegenüber 2011 eine Abnahme um 8,13 %-Punkte auf (Abb. 3.16).

In einzelnen Aspekten des Bildungszugangs sind NRW, zusammenfassend betrachtet, verhältnismäßig „durchlässige“ Rahmenbedingungen zu bescheinigen, so etwa beim Hochschulzugang ohne formale Hochschulreife. Auch nimmt ein im Ländervergleich überdurchschnittlicher Anteil von Studierenden die Möglichkeit des Teilzeitstudiums in Anspruch. Angesichts ungünstiger Betreuungsverhältnisse ist damit jedoch nicht gesagt, dass die Teilzeitstudierenden in NRW auch besonders gute Studienbedingungen vorfinden. Vielmehr ist es die persönliche Situation der Studierenden, die die Inanspruchnahme dieser Regelungen maßgeblich beeinflusst. Der reinen Inanspruchnahme dieser Regelungen stehen im NRW-Hochschulsystem, soviel kann festgehalten werden, offensichtlich keine besonderen Hürden entgegen.

Abb. 3.14: BAföG: Finanzieller Aufwand je Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2011, in €



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020d und 2020e).

Abb. 3.16: Aufstiegs-BAföG: Mittelanteil BBiG, 2019, in %, und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020b).

Abb. 3.15: Aufstiegs-BAföG: Geförderte Personen je 1.000 Einwohner, 2019 und Veränderung gegenüber 2011, in €



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2020d und 2020g).

Die Analyse der regionalen Mobilität hat aufgezeigt, dass die Hochschulen in Nordrhein-Westfalen weit überwiegend von heimischen Studierenden besucht werden. So überrascht es nicht, dass auch verhältnismäßig wenige ausländische Studierende Nordrhein-Westfalen als Studienort wählen (Abb. 3.17). Dies gilt auch für Bayern und Baden-Württemberg, wo – wie in NRW – der Anteil, der aus anderen Bundesländern zugewanderten Studierenden ebenfalls verhältnismäßig niedrig ist. Wichtigster „Magnet“ für ausländische Studierende ist Berlin. Hohe durchschnittliche Wachstumsraten des Anteils ausländischer Studierender verzeichneten im vergangenen Jahrzehnt vor allem die Hochschulen der neuen Bundesländer.

Wie bereits die hohen Anteile der Studierenden ohne formale Hochschulreife aber mit Berufsabschluss verdeutlicht haben, ist die Durchlässigkeit des Hochschulsystems für Berufstätige in NRW, quasi auf dem „zweiten Bildungsweg“, relativ hoch. Daten der 21. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks zu Folge ist der Anteil an Studierenden aus nichtakademischen Elternhäusern in Nordrhein-Westfalen besonders hoch. Nach Bremen erreichte NRW in dieser Hinsicht 2016 mit einem Anteil von über 40% im Ländervergleich sogar einen Spitzenplatz (Abb. 3.18).

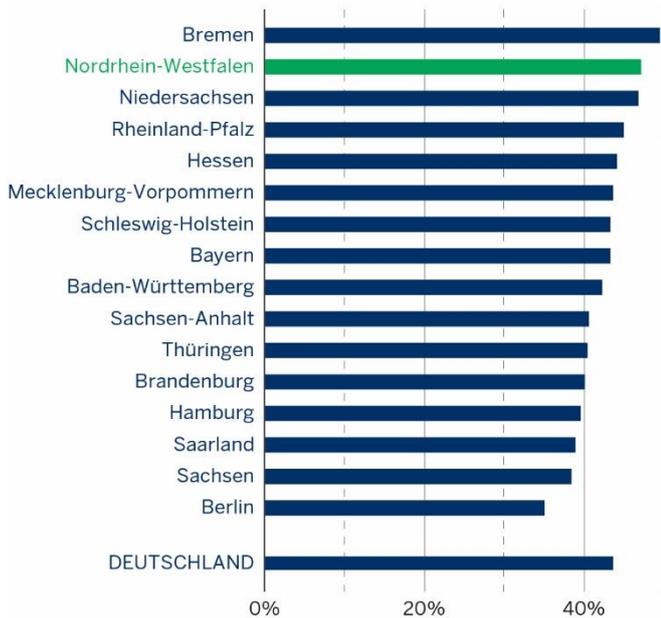
Ein weiterer Indikator mit Bezug zum Bildungszugang benachteiligter Milieus charakterisiert den Anteil der Schulabsolventinnen und -absolventen ohne Hauptschulabschluss (Abb. 3.19).

Abb. 3.17: Anteil der ausländischen Studierenden an allen Studierenden im WS 2019/20, in % und Veränderung gegenüber WS 2010/11, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2021d).

Abb. 3.18: Anteil der Studierenden aus nichtakademischem Elternhaus an allen Studierenden, 2016, in %



Eigene Darstellung nach Angaben von Middendorff et al. (2017).

Abb. 3.19: Anteil der Schulabgängerinnen und -abgänger ohne Hauptschulabschluss an der gleichaltrigen Bevölkerung, 2019, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2012 und 2020h).

Während die Übergangsquote auf das Gymnasium in Grundschulbezirken mit hohem Anteil benachteiligter Gruppen niedrig ist, lag der Anteil der Schulabgängerinnen und -abgänger ohne Abschluss 2019 in NRW (6,5%) leicht über Bayern und Baden-Württemberg und unter dem Länderdurchschnitt von 6,8%.

Die im Ländervergleich überdurchschnittliche Versorgung mit Ganztagsplätzen für Grundschülerinnen und -schüler (über 90%, Abb. 3.20) verdeutlicht, dass in Nordrhein-Westfalen starke Anstrengungen dahingehend unternommen werden, die offensichtlich bestehenden Unterschiede der Bildungschancen zwischen sozialen Milieus abzubauen, wie sie etwa in den Übergangsquoten auf das Gymnasium zu Tage treten.

In den weniger sozial belasteten süddeutschen Bundesländern mag dieses Angebot von geringerer Bedeutung sein, allerdings wurden im vergangenen Jahrzehnt in Bayern die Ganztagsangebote stark ausgebaut. Der Ganztagsausbau im Grundschulbereich ist vor dem Hintergrund des Ziels stärkerer Chancengleichheit sehr zu begrüßen. Allerdings muss auch betont werden, dass in diesem wie in anderen Segmenten des Bildungssektors „Masse und Klasse“ gefragt sind. Während eine breite Versorgung erreicht worden ist, sollten die Anstrengungen in Zukunft darauf gerichtet sein, auch die Qualität des Ganztagsangebots aufzuwerten und gerade auch hier vergleichbare Standards zu entwickeln und umzusetzen.

Abb. 3.20: Anteil Grundschulen in Ganztagsform in öffentlicher Trägerschaft an allen Grundschulen, 2018, in % und Veränderung gegenüber 2010, in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben von KMK (2016 und 2020).

Mit einem Anteil der Integrationsschülerinnen und -schüler an Regelschulen lag NRW 2019/2020 mit etwa 3,2% knapp über dem Durchschnitt der Länder und wies im Zeitraum von 2011 bis 2019 einen deutlichen Anstieg auf (+2,1%-Punkte), d.h. auch in dieser Hinsicht sind intensive Anstrengungen zur Verbesserung von Chancengleichheit und Inklusion erkennbar (Abb. 3.21). Ein weiterer Indikator der hier vorgenommenen Bestandsaufnahme beschäftigt sich mit den Einstellungen gegenüber staatlichen Bildungsinvestitionen. Datenquelle ist das Sozial-Ökologische Panel (RWI-GREEN-SÖP 2016), eine fortlaufende Repräsentativbefragung unter rund 6.000 deutschsprachigen Haushalten, insbesondere zum Anpassungsverhalten an den Klimawandel und zur Evaluation umwelt- und energiepolitischer Maßnahmen (Kussel und Larysch 2017).

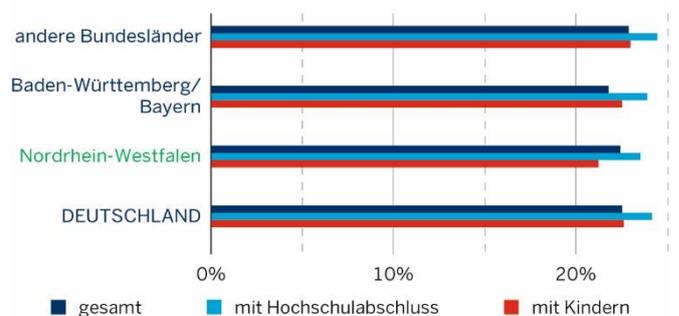
Im Rahmen der Erhebung wird unter anderem nach der Meinung zur Verteilung der Mittel von Bund und Ländern auf verschiedene öffentliche Aufgaben gefragt. Vorgegeben werden die Kategorien Innere Sicherheit, Bildung, Umwelt, Gesundheit, Verkehr und andere Bereiche, wobei sich die Angaben zu 100% addieren sollen. Die Reihenfolge der Nennung der Kategorien wird randomisiert. Interessant ist, dass sich die gewünschten Anteile für Bildung von 22,5% im Durchschnitt (2015) nur in geringem Maße nach Bildungs- (mit/ohne Hochschulabschluss) oder demographischen Merkmalen (Haushalte mit/ohne Kinder) unterscheiden (Abb. 3.22). Ein vergleichsweise schlechter Bildungszugang widerspricht, dies belegen die Befragungsergebnisse, nicht nur den Interessen benachteiligter Gruppen, sondern dürfte von den Betroffenen auch als Nachteil wahrgenommen werden. NRW wies insgesamt nur geringe Abweichungen vom bundesweiten Mittelwert bzw. von den entsprechenden Werten in Baden-Württemberg und Bayern auf.

Abb. 3.21: Anteil der Integrationsschülerinnen und -schüler mit sonderpädagogischer Förderung an allen Schülern (alle Schulen), 2019/20, in % und Änderungen gegenüber 2011/12 in %-Punkten



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (Destatis 2012 und 2020h). Für Niedersachsen sind für 2011/12 keine Daten verfügbar.

Abb. 3.22: Einstellung gegenüber staatlichen Bildungsausgaben (Mittelwert Antwort: Gewünschter Ausgabenanteil für Bildung), 2015, in %



Unterschiede zwischen Baden-Württemberg/Bayern und anderen Bundesländern insgesamt sowie zwischen Hochschulabsolventen und anderen Personen insgesamt sind nach t-Test mit Irrtumswahrscheinlichkeit < 1% signifikant von 0 verschieden; Unterschiede zwischen NRW und anderen Bundesländern sowie zwischen Haushalten mit/ohne Kinder(n) sind nicht signifikant.

Eigene Darstellung nach Angaben des RWI-GREEN-SÖP (2016).

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Aufgeschlossenheit gegenüber Bildungsinvestitionen nicht in wesentlichem Maße vom eigenen Bildungsabschluss oder dem sozialen Milieu abhängt. Die Auswertungen in diesem Teilabschnitt verdeutlichen, dass das Bildungssystem in Nordrhein-Westfalen bereits Erfolge in der Verbesserung des Bildungszugangs für benachteiligte Gruppen vorzuweisen hat, dass allerdings auch weiterhin Anstrengungen erforderlich sein werden, um eine größere Chancengleichheit zu verwirklichen.

3.7 Nicht-formale Qualifikationen – berufliche Weiterbildung

Das lebenslange Lernen wird als eine der zentralen Antworten auf bildungspolitische Fragen der Gegenwart angesehen. Die berufliche Weiterbildung gilt dabei ebenso als Schlüssel zur Förderung gesellschaftlicher Teilhabe wie als Instrument zur Stärkung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit, zur Verwirklichung von Chancengleichheit und zur Bewältigung des demographischen Wandels. Die Anerkennung entsprechend erworbener Qualifikationen fördert die berufliche Mobilität und kann – etwa durch verbesserte Chancen des beruflichen Quereinstiegs – die anforderungsgerechte Besetzung von Stellen erleichtern und die berufliche Flexibilität erhöhen.

In Deutschland ist vor allem der Erwerb formaler Qualifikationen – beispielsweise innerhalb des dualen Ausbildungssystems – ein fester Bestandteil des beruflichen Alltags. Laut BMBF (2008) machen Änderungen der Bevölkerungsstruktur im Zusammenhang mit einem schnelleren Wandel der Anforderungen an Beschäftigte sowie mit dem Abschied von der „Normalerwerbsbiographie“, aber auch eine stärkere Anerkennung von Kompetenzen erforderlich, die in nicht-formalen Zusammenhängen erworben wurden. In der Bildungsforschung hat sich dabei eine Trennung zwischen nicht-formalem und informellem Lernen etabliert (OECD 2010).

Nicht-formales Lernen findet innerhalb einer Bildungsmaßnahme, aber außerhalb der regulären Systeme der allgemeinen und beruflichen Bildung statt und führt nicht zum Erwerb eines formalen Abschlusses. Informelles Lernen findet als Begleiterscheinung des täglichen (Berufs-) Lebens statt und ist in der Regel nicht Gegenstand gezielter Bildungsanstrengungen. Während beiden Formen des lebenslangen Lernens eine wichtige Bedeutung zukommt, konzentrieren sich die im Folgenden ausgewerteten Informationen auf das nicht-formale Lernen bzw. auf gezielte Maßnahmen der Weiterbildung.

Tamm (2018) zeigt auf, dass Weiterbildungsaktivitäten im Zuge der digitalen Revolution Jobverlusten vorbeugen können. Seine Auswertungen auf Basis des WeLL-Datensatzes belegen, dass Beschäftigte nach einer Weiterbildung mehr Tätigkeiten ausüben, die situationsbezogenes Handeln erfordern. Ihre Arbeit kann daher weniger leicht durch Maschinen ersetzt werden. Entscheidend sind dabei die Inhalte der Weiterbildung. Um das Risiko von Jobverlusten zu verringern liegt es daher nahe, insbesondere die Weiterbildungsbeteiligung von Geringqualifizierten zu fördern.

Die Daten wurden im Rahmen des Kooperationsprojekts „Berufliche Weiterbildung als Bestandteil Lebenslangen Lernens (WeLL)“ gemeinsam vom RWI, dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), infas - Institut für angewandte Sozialforschung GmbH und dem Deutschen Institut für Erwachsenenbildung (DIE) erhoben. Für das Projekt wurden Betriebe und deren Arbeitnehmer zu ihrem Weiterbildungsverhalten befragt. Die Erhebung ist als repräsentative Längsschnittbefragung mit vier Befragungszeitpunkten in den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2010 angelegt. In der ersten Welle 2007 wurden 6.404 Personen, in der vierten Welle 2010 noch 3.781 Personen befragt (Huber und Schmucker 2012).

Um die Substituierbarkeits- bzw. Automatisierbarkeitswahrscheinlichkeit beruflicher Tätigkeiten zu untersuchen, werden in den entsprechenden Studien in der Regel Kategorien gebildet, die den Routinegehalt der jeweiligen Aufgabe umschreiben. Gängig ist eine Unterteilung (Spitz-Oener 2006) in

- manuelle Routinetätigkeiten wie die Bedienung von Maschinen im Produktionsprozess,
- manuelle Nicht-routinetätigkeiten wie die Reparatur von Maschinen,
- nicht-manuelle Routinetätigkeiten, z.B. Messen und Qualitätskontrolle,
- analytische Nicht-routinetätigkeiten wie Forschung und Entwicklung und
- interaktive Nicht-routinetätigkeiten, etwa Bildung, Information, Organisation, Planung.

Tamm (2018) stellt fest, dass der Anteil von interaktiven Nicht-routinetätigkeiten, die am schwersten durch Computereinsatz zu ersetzen sind, innerhalb des Tätigkeitsspektrums von Berufstätigen am stärksten infolge von solchen beruflichen Weiterbildungsmaßnahmen zunimmt, die sich mit Kommunikationskompetenzen und Soft Skills befassen. Weiterbildungen zu Gesundheit, technischen Kompetenzen, Computerkenntnissen, IKT und Organisation fördern dagegen den Gehalt an diesen Tätigkeiten im Berufsleben der fortgebildeten Personen nicht in signifikantem Maße.

Technische Weiterbildungen motivieren eher zur Steigerung des Anteils an manuellen Nicht-routine-Arbeiten. Dabei dürfte eine Rolle spielen, aus welchen Berufszweigen die teilnehmenden Personen stammen. So ist die Inanspruchnahme von Programmen zur beruflichen Weiterbildung unter den Erwerbstätigen sehr ungleich zugunsten der Personen mit hoher formaler Qualifikation und hohem Anteil an Nicht-Routinetätigkeiten verteilt. Dies belegen auch Statistiken, die z.B. vom Statistischen Bundesamt auf Basis des Mikrozensus zur Verfügung gestellt werden (BMBF 2019a).

Görlitz und Tamm (2016) weisen außerdem darauf hin, dass im Zusammenspiel der Determinanten einer Teilnahme an Weiterbildung weniger die formale Qualifikation, sondern vor allem das im Beruf bereits ausgeübte Tätigkeitsspektrum die wichtigste Rolle spielt. So erhöhen insbesondere der Anteil an Nicht-routinetätigkeiten sowie auch eine höhere Vielfalt an insgesamt ausgeübten Tätigkeiten die Wahrscheinlichkeit einer Weiterbildungsteilnahme. Die ungleiche Verteilung von Weiterbildung unter den Erwerbstätigen trägt somit zur Segregation zwischen Personen mit unterschiedlichen Tätigkeitsprofilen in Bezug auf ihre beruflichen Perspektiven bei. Berufstätige mit Tätigkeitsmerkmalen, die ihnen bereits eine bessere Ausgangslage zur Bewältigung der digitalen Transformation verschaffen, verbessern ihre Aussichten noch weiter.

Diejenigen Berufstätigen, deren Arbeitsplätze im Zuge des digitalen Wandels am stärksten gefährdet sind, nehmen dagegen im geringsten Umfang an Maßnahmen der beruflichen

Weiterbildung teil, welche ihre Jobchancen verbessern könnten. Damit ist nicht gesagt, aus welchen Gründen geringer qualifizierte Personen weniger Weiterbildungsengagement zeigen. Dies mag zum Teil am mangelnden Interesse, oftmals aber auch an beruflichen und privaten Bedingungen liegen, die ein solches Engagement erschweren. Wünschenswert wäre sicher eine stärkere Weiterbildungsaktivität gerade unter Berufstätigen ohne formalen Berufsabschluss.

Ob und inwieweit bei diesen Aktivitäten Unterschiede zwischen den Bundesländern bestehen, ist Gegenstand des folgenden Abschnitts. Dabei wird im Rahmen einer vertiefenden Analyse insbesondere auch hinterfragt, ob sich Einflussfaktoren wie Alter und Qualifikation auf die Bereitschaft zur Weiterbildungsteilnahme zwischen NRW und anderen Bundesländern unterscheiden und inwieweit NRW in dieser Hinsicht im Laufe des vergangenen Jahrzehnts möglicherweise „aufgeholt“ bzw. „Abstand gewonnen“ hat.

In Bezug auf den Hochschulzugang ohne formale Hochschulreife hat sich das Bildungssystem in Nordrhein-Westfalen in den bisherigen Untersuchungen des vorliegenden Berichts als verhältnismäßig durchlässig herausgestellt. An der bedeutenden Schwelle des Übergangs von der schulischen Primar- zur Sekundarstufe I ist Nordrhein-Westfalen dagegen aus der Sicht benachteiligter Milieus wenig durchlässig. Im Folgenden wird nun neben der generellen Weiterbildungsbereitschaft der NRW-Beschäftigten auch die Durchlässigkeit des nordrhein-westfälischen Arbeitsmarkts und Bildungssystems hinsichtlich der Weiterbildung gering qualifizierter Erwerbstätiger bzw. benachteiligter Milieus beleuchtet.

Die folgenden Analysen werden auf der Grundlage von Mikrodaten aus dem Mikrozensus durchgeführt, der für Deutschland insgesamt und für die Bundesländer repräsentative Informationen zum Weiterbildungsverhalten zur Verfügung stellt. Eine sehr ausführliche Berichterstattung zur Erwachsenenbildung stellt der europäische Adult Education Survey (AES) dar, der in Deutschland zuletzt 2018 durchgeführt wurde (BMBF 2019b). Der AES gibt einen umfassenden Einblick in die Weiterbildungsaktivitäten in Deutschland, ist jedoch nicht länderspezifisch auswertbar. Einleitend wird zunächst ein Überblick über Weiterbildungsaktivitäten und -angebote in Deutschland insgesamt auf Basis des aktuellen AES-Trendberichts 2018 gegeben, anschließend wird der Positionierung von Nordrhein-Westfalen auf Basis des Mikrozensus nachgegangen.

Angesichts der Heterogenität von Weiterbildung gliedert der AES die entsprechenden Aktivitäten in drei Segmente:

- betriebliche Weiterbildungen, die (überwiegend) während der Arbeitszeit stattfinden und vom Arbeitgeber finanziert werden,
- individuelle berufsbezogene Weiterbildungen, die (hauptsächlich) aus beruflichen Gründen erfolgen, aber nicht während der bezahlten Arbeitszeit durchgeführt und nicht vom Arbeitgeber finanziert werden sowie
- nicht (unmittelbar) berufsbezogene Weiterbildungen.

Die im AES abgefragten Tätigkeiten umfassen ein weites Spektrum an Bildungsaktivitäten, die u.a. auch Unterweisungen durch Kollegen oder Vorgesetzte umfassen, während im Mikrozensus gefragt wird: „Haben Sie in den letzten 12 Monaten an einer Lehrveranstaltung oder mehreren Lehrveranstaltungen der allgemeinen der beruflichen Weiterbildung in Form von Kursen, Seminaren, Tagungen oder Privatunterricht teilgenommen oder nehmen Sie gegenwärtig daran teil?“

Somit wird im AES eine höhere Weiterbildungsbeteiligung ermittelt als im Mikrozensus, wo es um die Teilnahme an Lehrveranstaltungen geht. Laut der weiter gefassten AES-Definition lag die Weiterbildungsbeteiligung der 18- bis 64-Jährigen in Deutschland bei 54% (BMBF 2019b). Der enger definierten Frage aus dem Mikrozensus zu Folge hatten dagegen 2018 im Laufe der vergangenen 12 Monate 16,4% der Erwerbstätigen an einer Lehrveranstaltung der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung teilgenommen (BMBF 2019a).

Der AES-Definition zu Folge entfielen im Jahr 2018 72% der Weiterbildungsaktivitäten auf betriebliche, 10% auf individuell-berufsbezogene und 18% auf nicht berufliche Weiterbildungen. Die Inhalte unterscheiden sich deutlich zwischen den drei AES-Segmenten. So umfasst die betriebliche Weiterbildung überwiegend die Themen „Betriebsmanagement, Arbeitsorganisation, Recht“ (35%) und „Naturwissenschaften, Technik, Computer“ (22%), in den Segmenten der individuell-beruflichen und nicht beruflichen Weiterbildung ist dagegen der Themenbereich „Grundbildung, Sprachen, Kultur, Politik“ mit 32% bzw. 36% der Aktivitäten stärker von Bedeutung.

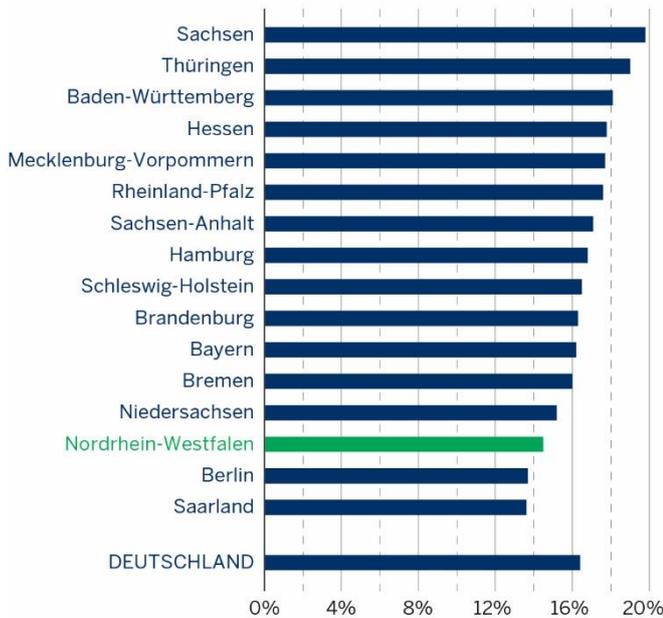
Finanziert werden Weiterbildungsmaßnahmen somit insgesamt weit überwiegend vom Arbeitgeber. Bassanini et al. (2005) belegen, dass dies für die meisten Länder Europas und auch für die USA gilt. Wie die Analysen von Tamm (2018) aufzeigen, dürften eher Weiterbildungen zu Kommunikationstechniken und sogenannten „Soft Skills“ Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wirkungsvoll dabei unterstützen, sich an die Änderungen der Anforderungen an berufliche Tätigkeiten im Zuge der digitalen Transformation anzupassen, als etwa Lehrveranstaltungen zu Computerkenntnissen. So hat der Anteil an Weiterbildungen zu naturwissenschaftlichen Themen, Informatik, Umgang mit dem Computer und Softwarethemen laut AES sogar von 11% (2012) auf 9% (2018) abgenommen.

Maßnahmen der betrieblichen Weiterbildung werden weit überwiegend (im Jahr 2018 zu 74%) vom Arbeitgeber selbst durchgeführt bzw. beauftragt. Teilnehmer individueller Weiterbildungen nutzen dagegen oftmals (zu je etwa 25%) die Angebote der ARGE bzw. der Agentur für Arbeit sowie von Bildungseinrichtungen oder sie werden selbst organisiert bzw. beauftragt. Unter den Bildungsreinrichtungen spielen Hochschulen und öffentliche wissenschaftliche Einrichtungen die wichtigste Rolle, außerdem freiberufliche Anbieter und kommerzielle Bildungsreinrichtungen (z.B. Spracheninstitute).

Die Beweggründe zur Weiterbildung sind ebenso vielfältig wie die Lehrinhalte, die Verantwortlichkeit für die Durchführung von Unterrichtseinheiten, die Organisationsform und die Anbieter der Bildungsmaßnahmen. Die folgenden ländervergleichenden Auswertungen beziehen sich wie erläutert auf Lehrveranstaltungen. Auswertungen des Mikrozensus zu Folge

liegt der Anteil der Erwerbspersonen, die 2018 in Nordrhein-Westfalen an einer Lehrveranstaltung zur Weiterbildung teilgenommen haben, mit 14,5% unter dem Bundesdurchschnitt von 16,4% (Abb. 3.23). Der Erwerb nicht-formaler Qualifikationen spielt somit in NRW eine im Ländervergleich noch leicht unterdurchschnittliche Rolle. Deutlich über dem Bundesdurchschnitt liegt die Weiterbildungsquote in Sachsen und Thüringen, aber auch in Baden-Württemberg (18,1%).

Abb. 3.23: Anteil der Erwerbspersonen, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an einer beruflichen Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen haben, 2018, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des BMBF (2019a).

Für das Jahr 2016 belegt eine Chi²-Statistik, dass der etwas geringere Anteil der Personen, die in NRW in den vergangenen 12 Monaten an einer Weiterbildung teilgenommen hatten (11,2%), signifikant, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 1%, vom etwas höheren Durchschnittswert der anderen Bundesländer (13,2%) verschieden ist.

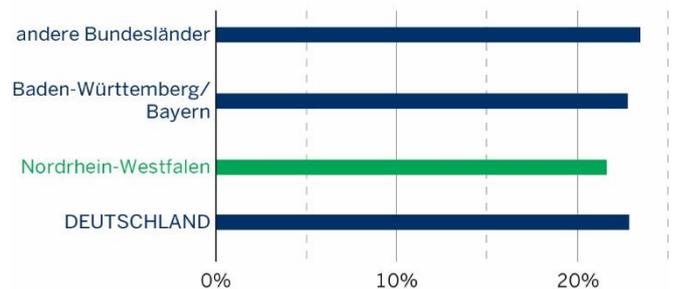
Für die Frage, inwieweit Weiterbildungen Erwerbstätige dabei unterstützen, ihre Perspektiven angesichts der digitalen Transformation zu verbessern, spielen die Inhalte naturgemäß eine zentrale Rolle. Wie erläutert ist nicht davon auszugehen, dass Unterricht zu MINT-Themen oder digitalen Kompetenzen in allen Fällen am besten dazu geeignet ist, die Berufschancen der teilnehmenden Erwerbstätigen zu verbessern bzw. ihre Arbeitsplätze zu erhalten. Oftmals erweitern bzw. vertiefen derartige Lehrveranstaltungen Kompetenzen, die zur Ausübung nicht-manueller Routinetätigkeiten erforderlich sind, z.B. Messen und Qualitätskontrolle. Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung dürften aber auch komplexere Messverfahren zunehmend selbst einer fortschreitenden Automatisierung und somit letztendlich Wegrationalisierung unterliegen. Erwerbstätigen wäre somit eher zu empfehlen, sich auch verschiedene kommunikative und andere „weiche“ Kompetenzen anzueignen. Allerdings werden im Anforderungsprofil an viele Berufe selbstverständlich auch auf absehbare Zeit gute und

spezialisierte Kenntnisse in MINT-Fächern und im Umgang mit digitaler Technik eine wichtige Rolle spielen.

Um zu untersuchen, ob und inwieweit Unterschiede zwischen Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern in den thematischen Schwerpunkten besuchter Weiterbildungsveranstaltungen bestehen, wurde für Auswertungen auf Basis des Mikrozensus für das Jahr 2016 eine Kategorie gebildet, die Inhalte mit MINT-Schwerpunkten (einschließlich Informations- und Kommunikationstechnologie) zusammenfasst.

In Deutschland entfielen 22,9% der wahrgenommenen Weiterbildungen auf diese Themen, in NRW 21,6% (Abb. 3.24). Obwohl das Weiterbildungsverhalten in Bezug auf MINT-Themen in NRW somit nur in relativ geringem Maße nach unten vom Bundesdurchschnitt abweicht, ist der Unterschied zum Mittelwert der anderen Bundesländer (23,1%) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 1% statistisch signifikant. Somit kann davon gesprochen werden, dass die Weiterbildungsaktivität in NRW etwas weniger MINT-orientiert ist als in anderen Bundesländern (in der Gesamtheit der Länder Baden-Württemberg und Bayern besteht kein statistischer Unterschied zum Mittelwert der anderen Bundesländer, d.h. das Weiterbildungsverhalten ist dort mit 22,8% etwas „MINT-lastiger“, überschreitet den bundesweiten Mittelwert allerdings nicht).

Abb. 3.24: Anteil der Lehrveranstaltungen zu MINT-Schwerpunkten (einschließlich Informations- und Kommunikationstechnologie) an allen Lehrveranstaltungen der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung die im Laufe der vergangenen 12 Monate absolviert wurden, 2016, in %

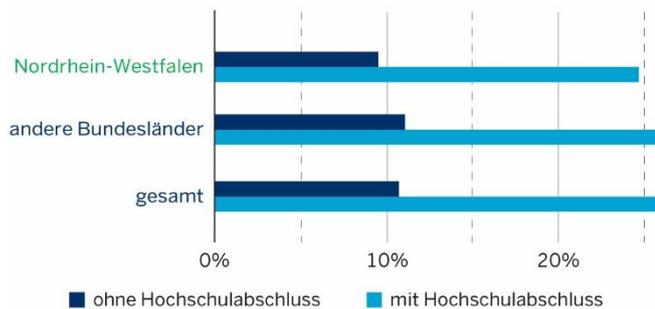


Gewichtet unter Verwendung von Hochrechnungsfaktoren, die vom Mikrozensus zur Verfügung gestellt werden. Unterschiede zwischen Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern sind laut Chi²-Statistik mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 1% signifikant von 0 verschieden.

Eigene Darstellung nach Angaben des FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2016).

Wie erläutert nehmen höher qualifizierte Personen häufiger an Lehrveranstaltungen zur Weiterbildung teil als niedriger qualifizierte. So war der Anteil derer, die in den vergangenen 12 Monaten an einer entsprechenden Lehrveranstaltung teilgenommen hatten, im Jahr 2016 unter den Personen mit Hochschulabschluss überdurchschnittlich hoch (Abb. 3.25). In NRW lag der Anteil der Personen ohne Hochschulabschluss, die an einer Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen hatten, unter dem Durchschnitt der anderen Bundesländer (9,5% gegenüber 11,0%).

Abb. 3.25: Anteil der Personen im Alter über 18 mit/ohne Hochschulabschluss, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an Lehrveranstaltungen der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung teilgenommen haben, 2016, in %



Gewichtet unter Verwendung von Hochrechnungsfaktoren, die vom Mikrozensus zur Verfügung gestellt werden. Unterschiede zwischen Personen ohne und mit Hochschulabschluss sind laut Chi²-Statistik jeweils mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 1% signifikant von 0 verschieden.

Eigene Darstellung nach Angaben des FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2016).

Vergleicht man die Weiterbildungsaktivität der Bevölkerung mit deutscher und (ausschließlich) ausländischer Staatsbürgerschaft und Wohnsitz in Nordrhein-Westfalen, so wird deutlich, dass sich hier auch die ausländischen Mitbürgerinnen und Mitbürger eher etwas seltener weitergebildet haben als in anderen Bundesländern (7,3% gegenüber 9,9%, Abb. 3.26). Zieht man die ausländische Bevölkerung als Beispiel für eine in ihrer Gesamtheit benachteiligte Gruppe heran, so wird deutlich, dass NRW in dieser Hinsicht zumindest nicht wesentlich „durchlässiger“ in Bezug auf den Erwerb nicht-formaler beruflicher Qualifikationen erscheint als andere Bundesländer.

Allerdings besteht ein Unterschied zwischen Nordrhein-Westfalen und den anderen Bundesländern darin, dass die Weiterbildungsteilnahme in NRW zwischen 2011 und 2016 insgesamt nicht zurückging (sie nahm um 0,1% zu), während sie in den süddeutschen Bundesländern um 1,4%-Punkte und in den anderen Bundesländern um 0,7%-Punkte zurückging. In NRW nahm der Anteil der Personen mit Weiterbildungsteilnahme unter der ausländischen (+1%-Punkt) und deutschen Bevölkerung (+0,2%-Punkte) zu. In den anderen Ländern nahm die Teilnahme dagegen nur unter der ausländischen Bevölkerung zu (+0,9%-Punkte), unter der deutschen Bevölkerung dagegen ab (-0,8%-Punkte).

Dem von der Bertelsmann-Stiftung veröffentlichten Weiterbildungsatlas zu Folge (Bürmann und Frick 2016), sind Weiterbildungsangebote und Weiterbildungsteilnahme zwischen den Ländern, aber auch innerhalb der Bundesländer sehr ungleich verteilt. So wurden im Jahr 2012 in Nordrhein-Westfalen im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung in NRW weniger Maßnah-

men der betrieblichen Weiterbildung als im Bundesdurchschnitt angeboten (etwa 42 je 1.000 Einwohner gegenüber 47). In Bonn (52), Düsseldorf (66) und Köln (57) wurden allerdings deutlich mehr Lehrveranstaltungen angeboten als im Bundesdurchschnitt, in den großen Ruhrgebietsstädten Dortmund (38), Duisburg (29) und Essen (40) dagegen weniger.

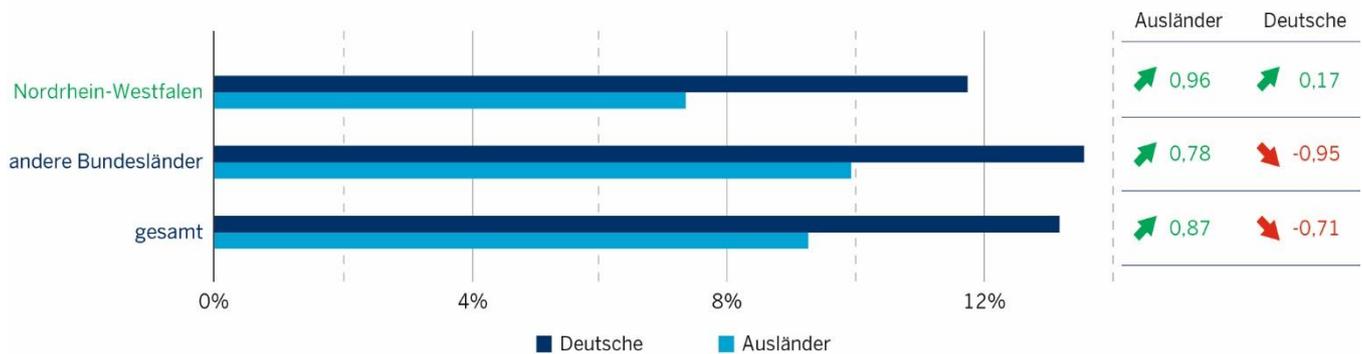
Wie erläutert, ist es nicht möglich, auf der Basis von Durchschnittswerten für relativ heterogene Gruppen wie „die Ausländer“ unmittelbare Rückschlüsse auf die Durchlässigkeit des Weiterbildungssystems für bestimmte Milieus abzuleiten. In einer vertiefenden Analyse wird somit untersucht, inwieweit bestimmte Merkmale der Erwerbstätigen eine Teilnahme an Lehrveranstaltungen der Weiterbildung beeinflussen, wenn man gleichzeitig auch für andere Merkmale kontrolliert.

Unter den Qualifikationskategorien (Angelernt, abgeschlossene Berufsausbildung, Meister-/Technikerabschluss) dient die Kategorie „Hochschulabschluss“ als Referenzgruppe. Getrennte Analysen werden für Deutschland insgesamt, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern sowie für die restlichen Bundesländer durchgeführt. In der Analyse für Deutschland insgesamt werden außerdem Dummy-Variablen für NRW sowie für Baden-Württemberg und Bayern (als Gesamtgruppe) berücksichtigt. Die anderen Bundesländer bilden in diesem Fall die Referenzkategorie.

Die Messgröße der Weiterbildungsaktivität, d.h. die als Dummy-Variable kodierte Teilnahme an einer Lehrveranstaltung der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung, umfasst ein sehr weites Spektrum an unterschiedlichen Weiterbildungszielen, Veranstaltungsformen und Lehrinhalten. Die vertiefende Analyse soll daher nicht den Anschein erwecken, die Stärke des Einflusses verschiedener individueller Charakteristiken auf „das Weiterbildungsverhalten“ sehr genau zu messen. Zudem werden gerade die neben Alter, Geschlecht und Staatsangehörigkeit wichtigen Kategorien der beruflichen Qualifizierung nur sehr allgemein erfasst (kein Abschluss, abgeschlossene Berufsausbildung, Meister-/Technikerabschluss, Hochschulabschluss).

Zu diesem Zweck wird für die Jahre 2011 und 2016 auf Basis der Mikrodaten aus dem Mikrozensus jeweils eine (Probit-) Regressionsanalyse durchgeführt, die den Zusammenhang verschiedener Charakteristiken (Alter, Geschlecht, Nationalität, Qualifikation) mit der Wahrscheinlichkeit der Teilnahme an einer Maßnahme der beruflichen Weiterbildung untersucht. Die abhängige Variable wird mit dem Wert 1 codiert, wenn an einer Weiterbildungsmaßnahme teilgenommen wurde, andernfalls mit 0. Die unabhängigen Variablen sind ebenfalls als Dummy-Variablen mit den Werten 1 und 0 codiert, wobei unter den Alterskategorien (18-30, 30-40, 40-50, 50-60) die Altersgruppe ab 60 als Referenzkategorie fungiert.

Abb. 3.26: Anteil der Personen mit deutscher und (ausschließlich) ausländischer Staatsbürgerschaft im Alter über 18, die im Laufe der vergangenen 12 Monate an einer Lehrveranstaltung der allgemeinen oder beruflichen Weiterbildung teilgenommen haben, 2016, in % und Veränderung gegenüber 2011, in %-Punkten



Gewichtet unter Verwendung von Hochrechnungsfaktoren, die vom Mikrozensus zur Verfügung gestellt werden. Unterschiede zwischen deutschen und ausländischen Staatsbürgern sind laut Chi²-Statistik 2011 und 2016 jeweils mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 1% signifikant von 0 verschieden.

Eigene Darstellung nach Angaben des FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2011, 2016).

Die als Analyseverfahren herangezogene Probit-Regression beschränkt sich auf die Frage, ob eine Veränderung der als unabhängige Größen einbezogenen Dummy-Variablen von 0 auf 1 jeweils mit einer signifikant höheren Wahrscheinlichkeit einhergeht, dass sich der Status der abhängigen Variable „Weiterbildungsbeteiligung“ ebenfalls von 0 auf 1 ändert.

Dabei wird außerdem das Vorzeichen des statistischen Zusammenhangs untersucht, d.h. es wird hinterfragt, ob eine Veränderung des jeweiligen Merkmals (z.B. ausländische Staatsangehörigkeit) von 0 (nicht zutreffend) auf 1 (zutreffend) mit der Wahrscheinlichkeit einer gleich gerichteten Änderung der Weiterbildungsbeteiligung (von 0 auf 1) einhergeht oder mit einer Änderung von 1 auf 0.

Die entsprechenden Analysen für 2011 und 2016 belegen erwartungsgemäß eine gegenüber der Referenzkategorie „Altersgruppe ab 60“ höhere Weiterbildungswahrscheinlichkeit aller jüngeren Alterskategorien, und zwar sowohl für Deutschland insgesamt (Modell 1 in Tab. 3.1 und Tab. 3.2) als auch für Nordrhein-Westfalen (Modell 2), Baden-Württemberg und Bayern (Modell 3) und die anderen Bundesländer (Modell 4).

Frauen weisen eine stärkere Fortbildungsbereitschaft auf als Männer. Eine ausländische Staatsangehörigkeit ist dagegen mit einer signifikant niedrigeren Weiterbildungswahrscheinlichkeit verbunden als eine deutsche. Die Weiterbildungswahrscheinlichkeit aller berücksichtigten Qualifikationsgruppen war in beiden Jahren jeweils niedriger als die der Personen mit der höchsten Qualifikation, d.h. mit Hochschulabschluss (Modelle 1-4, Tab. 3.1 und 3.2).

Hubert und Wolf (2007) zeigen mit Hilfe logistischer Regressionsmodelle auf Basis des Mikrozensus der Jahre 1993, 1998 und 2003 für Deutschland insgesamt ähnliche Zusammenhänge auf. In den drei Untersuchungsjahren stieg die Weiterbildungswahrscheinlichkeit mit der beruflichen Qualifikation an, wobei die Wahrscheinlichkeit der Personen mit Meister- und Technikerabschluss höher war als die der Hochschulabsolventinnen und Absolventen. Ausländische Personen nahmen unterdurchschnittlich häufig an Weiterbildung teil.

In den Jahren 1993 und 1998 zeigte sich noch eine unterdurchschnittliche Weiterbildungswahrscheinlichkeit der Frauen. 2003 wurde dagegen kein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern beobachtet. Wie die aktuellen Analysen verdeutlichen, ist in den vergangenen Jahrzehnten eine deutliche Änderung der Verteilung der Weiterbildungsaktivität zwischen den Geschlechtern eingetreten.

Kontrolliert man in der aktuellen Analyse für Kategorien des Alters und der Qualifikation sowie für Geschlecht und Staatsangehörigkeit, so war die Weiterbildungswahrscheinlichkeit einer Person im Alter von über 18 Jahren in Nordrhein-Westfalen sowohl im Jahr 2011 als auch 2016 geringer als in den anderen Bundesländern, in den süddeutschen Ländern dagegen höher.

Die Regressionsanalyse verdeutlicht somit, dass eine erwachsene Person mit Wohnsitz in Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2016 und 2011 mit geringerer Wahrscheinlichkeit an einer Weiterbildungsveranstaltung teilnahm als eine Person mit vergleichbaren Eigenschaften (Alter, Geschlecht, Staatsangehörigkeit) und ähnlicher Qualifikation in Süddeutschland oder in den anderen Bundesländern.

Tab. 3.1: Individuelle Determinanten der Teilnahme an Lehrveranstaltungen der beruflichen Weiterbildung im Laufe der vergangenen 12 Monate, 2011

Modell Nr.	(1) Deutschland dydx	(2) NRW dydx	(3) BW/BY dydx	(4) andere BL dydx
<i>Altersgruppen (Referenzgruppe: > 60 Jahre)</i>				
18-30 Jahre	0,304*** (0,003)	0,28*** (0,007)	0,303*** (0,005)	0,314*** (0,004)
30-40 Jahre	0,304*** (0,002)	0,278*** (0,006)	0,311*** (0,004)	0,31*** (0,003)
40-50 Jahre	0,275*** (0,002)	0,242*** (0,005)	0,279*** (0,004)	0,284*** (0,003)
50-60 Jahre	0,232*** (0,002)	0,197*** (0,005)	0,245*** (0,004)	0,237*** (0,003)
weiblich	0,012*** (0,001)	0,008*** (0,002)	0,006*** (0,002)	0,016*** (0,001)
ausländisch	-0,072*** (0,002)	-0,062*** (0,004)	-0,08*** (0,003)	-0,071*** (0,003)
<i>höchster Berufsabschluss (Referenzgruppe: Uni/FH)</i>				
Angelernt	-0,121*** (0,002)	-0,104*** (0,004)	-0,144*** (0,004)	-0,115*** (0,003)
Berufsausbildung	-0,15*** (0,002)	-0,14*** (0,003)	-0,163*** (0,003)	-0,146*** (0,002)
Meister/Techniker	-0,058*** (0,002)	-0,05*** (0,004)	-0,056*** (0,003)	-0,052*** (0,003)
<i>Bundesländer (Referenzgruppe: andere BL)</i>				
NRW	-0,017*** (0,001)			
BW/BY	0,02*** (0,001)			
Pseudo-R ²	0,116	0,112	0,106	0,119
Zahl der Beobachtungen	435.657	84.314	122.888	228.455

Probit-Regression, marginale Effekte (abhängige Variable: Teilnahme = 1, keine Teilnahme = 0; unabhängige Variablen: 1 = zutreffend, 0 = nicht zutreffend); robuste Standardfehler in Klammern; NRW = Nordrhein-Westfalen, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, BL = Bundesländer; */**/** = Irrtumswahrscheinlichkeit < 10/5/1 %

Eigene Darstellung nach Angaben des FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2011).

Tab. 3.2: Individuelle Determinanten der Teilnahme an Lehrveranstaltungen der beruflichen Weiterbildung im Laufe der vergangenen 12 Monate, 2016

Modell Nr.	(1) Deutschland dydx	(2) NRW dydx	(3) BW/BY dydx	(4) andere BL dydx
<i>Altersgruppen (Referenzgruppe: > 60 Jahre)</i>				
18-30 Jahre	0,253*** (0,003)	0,254*** (0,006)	0,241*** (0,005)	0,259*** (0,004)
30-40 Jahre	0,253*** (0,002)	0,243*** (0,005)	0,244*** (0,004)	0,261*** (0,003)
40-50 Jahre	0,248*** (0,002)	0,228*** (0,005)	0,248*** (0,004)	0,256*** (0,003)
50-60 Jahre	0,203*** (0,002)	0,196*** (0,004)	0,195*** (0,004)	0,21*** (0,003)
weiblich	0,003*** (0,001)	0,005** (0,002)	0,002 (0,002)	0,003* (0,001)
ausländisch	-0,064*** (0,002)	-0,059*** (0,003)	-0,068*** (0,003)	-0,064*** (0,002)
<i>höchster Berufsabschluss (Referenzgruppe: Uni/FH)</i>				
Angelernt	-0,107*** (0,002)	-0,096*** (0,005)	-0,117*** (0,005)	-0,105*** (0,003)
Berufsausbildung	-0,134*** (0,001)	-0,134*** (0,003)	-0,14*** (0,002)	-0,131*** (0,002)
Meister/Techniker	-0,051*** (0,002)	-0,051*** (0,004)	-0,055*** (0,004)	-0,049*** (0,003)
<i>Bundesländer (Referenzgruppe: andere BL)</i>				
NRW	-0,012*** (0,001)			
BW/BY	0,012*** (0,001)			
Pseudo-R ²	0,109	0,111	0,096	0,114
Zahl der Beobachtungen	472.757	95,163	135,505	242,089

Probit-Regression, marginale Effekte (abhängige Variable: Teilnahme = 1, keine Teilnahme = 0; unabhängige Variablen: 1 = zutreffend, 0 = nicht zutreffend); robuste Standardfehler in Klammern; NRW = Nordrhein-Westfalen, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, BL = Bundesländer; */**/** = Irrtumswahrscheinlichkeit < 10/5/1 %

Eigene Darstellung nach Angaben des FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2016).

3.8 Zwischenfazit

Das Schwerpunktkapitel beleuchtet die Positionierung des Standorts Nordrhein-Westfalen in Bezug auf Status und Mobilität des Humankapitals. Dabei stehen die Berufsgruppenstruktur und Branchenschwerpunkte sowie die Betroffenheit der Beschäftigten von den Auswirkungen der digitalen Transformation, die regionale Mobilität, die Durchlässigkeit des Bildungssystems und der Bildungszugang benachteiligter Milieus sowie die Weiterbildung im Mittelpunkt.

Berufsgruppenstruktur und Branchenschwerpunkte zeigen im Ländervergleich aktuell ein leicht überdurchschnittliches „Gefährdungspotenzial“ der Beschäftigten in Nordrhein-Westfalen durch Automatisierungsprozesse im Zuge der digitalen Transformation. Der langfristige wirtschaftliche Strukturwandel von der Industrie- zur „Wissensgesellschaft“ ist, dies verdeutlichen die entsprechenden Untersuchungen, in Nordrhein-Westfalen weniger fortgeschritten als in anderen Teilen Deutschlands. Insbesondere die regionalen Unterschiede innerhalb des Landes, etwa zwischen dem Ruhrgebiet und den Rheinmetropolen, dürften zu einem Gesamtbild führen, in dem sich NRW im Ländervergleich mit einem leicht überdurchschnittlichen „Gefährdungspotenzial“ zeigt. Gegenüber dem Saarland, das im vergangenen Jahrzehnt insgesamt eine vergleichsweise wachstumsschwache Beschäftigtenentwicklung vorgelegt hat und auch insgesamt ein höheres Substituierbarkeitspotenzial aufweist, ist NRW aber bereits durch eine stärker diversifizierte und diesbezüglich „resilientere“ Berufsgruppenstruktur gekennzeichnet. In der Gesamtheit seines vielfältigen Studienangebots übernimmt der Standort NRW in erster Linie die Aufgabe, heimische Studienberechtigte mit Studienplätzen zu versorgen. Somit ist es Teil der beruflichen Durchlässigkeit und der Aufstiegschancen in NRW, der sehr großen und diversen Bevölkerung des Landes vor Ort unter anderem auch Bildungsangebote auf der Stufe der Hochschulausbildung zur Verfügung zu stellen. Innerhalb des bevölkerungsreichsten Bundeslandes gibt es allerdings auch dahingehend regionale Unterschiede, inwieweit die Hochschulen weit überwiegend eher von Absolventinnen und Absolventen aus der näheren Umgebung oder auch von Studierenden besucht werden, die aus anderen Regionen zugezogen sind. So dienten gerade die jungen Universitätsgründungen im Ruhrgebiet vor allem dazu, den Hochschulzugang für Studienberechtigte aus der Region zu erleichtern. Bis heute zeigt sich, welche wichtige bildungspolitische Funktion in dieser Hinsicht insbesondere die Universitäten des Ruhrgebiets übernehmen.

Länger etablierte große Universitäten wie beispielsweise die Universität Münster und die RWTH Aachen ziehen dagegen in höherem Maße auch Studierende aus anderen Bundesländern an. Dort konnten sich in stärkerem Umfang Lehrangebote etablieren, die auch von außerhalb als sehr attraktiv wahrgenommen werden. Zu den Aufgaben der Hochschulentwicklung in Nordrhein-Westfalen wird es gehören, das vielfältige Studienangebot so zu gestalten, dass einzelne Bereiche von Interessierten aus anderen Bundesländern sowie aus dem Ausland vielleicht noch stärker wahrgenommen werden, ohne dabei die Bedeutung für die Bevölkerung aus NRW aus den Augen zu verlieren.

Das Bildungssystem in NRW ist insbesondere in Bezug auf den Hochschulzugang von Berufstätigen durchlässig, die keine formale Hochschulreife erworben haben und in ihrem Berufsleben eine entsprechende „zweite Chance“ erhalten. Auch die regionale Verteilung der Hochschulstandorte dürfte hierbei eine wichtige Rolle spielen. Nachholbedarfe in Bezug auf die Durchlässigkeit sind dagegen am Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe der Schulausbildung sowie auch hinsichtlich einer stärkeren Teilnahme an Lehrangeboten der beruflichen Weiterbildung zu erkennen.

Die PISA-Studien der vergangenen beiden Jahrzehnte haben gezeigt, dass Deutschland im internationalen Vergleich über ein leistungsfähiges Schulsystem verfügt, wobei jedoch weitere Anstrengungen erforderlich sind, um die Bildungschancen zu verbessern, insbesondere in Hinblick auf die Bildungserfolge der Kinder aus wenig privilegiertem Elternhaus und/oder mit Migrationshintergrund. In Nordrhein-Westfalen sind deutliche Zusammenhänge zwischen Herkunft und Bildungserfolg festzustellen, die sich unter anderem in einer kleinräumigen Segregation zwischen Nachbarschaften mit sehr unterschiedlichen Ausgangsbedingungen für den Bildungserfolg abbilden. Messbar ist dies etwa an den örtlichen Übergangsquoten von der Grundschule auf das Gymnasium, die in Deutschland einen wichtigen Indikator für die Durchlässigkeit des Bildungssystems darstellen. Nachholbedarfe sind daher insbesondere bei der Ausstattung der Grundschulen zu erkennen, wobei es unter anderem um bessere Lehrer-Schüler-Relationen und die Bewältigung der vielfältigen Inklusionsaufgaben der Regelschulen geht. Besonders in den Großstädten kommen angesichts eines hohen Schüleranteils mit begrenzten Deutschkenntnissen oftmals noch Sprachprobleme hinzu. Eine besser koordinierte Handhabung und Ausstattung der Ganztagsbetreuung für Kinder im Grundschulalter könnte einen wichtigen Schritt zur Erreichung des Ziels darstellen, den Bildungszugang benachteiligter Milieus zu verbessern.

Lehrveranstaltungen der allgemeinen und beruflichen Weiterbildung übernehmen eine sehr wichtige Funktion im Anpassungsprozess der Erwerbstätigen an veränderte Qualifikationsanforderungen, insbesondere im Zuge der digitalen Transformation. Hinzu kommen die Auswirkungen des demographischen Wandels, der in Nordrhein-Westfalen zu einem besonders raschen Rückgang der Bevölkerung im Erwerbsalter führen und somit besonders hohe Ansprüche an die Produktivität der Erwerbstätigen entstehen lassen dürfte.

Die Teilnahme variiert in NRW wie auch in anderen Bundesländern nach dem Grad der Qualifikation, dem Alter und der Staatsangehörigkeit der Erwerbstätigen. Hinzu kommt jedoch, wenn man die persönlichen Unterschiede der Weiterbildungswahrscheinlichkeit berücksichtigt, dass Erwerbstätige in NRW in geringerem Maße an Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen als Erwerbstätige mit vergleichbaren Voraussetzungen in anderen Bundesländern. Angesichts der Größe und der Diversität der Wirtschaftsstruktur von NRW liegt es nicht nahe, dass dies allein auf Kennzeichen der Branchenverteilung zurückzu-

führen sein könnte, für die eine Weiterbildungsaktivität insgesamt weniger charakteristisch wäre. Vielmehr scheinen unter anderem auch die immer noch sehr starken Unterschiede im Fortschritt des wirtschaftlichen Strukturwandels eine Rolle zu spielen. So werden bei regionaler Betrachtung deutliche Unterschiede der Weiterbildungsaktivität zwischen dem Ruhrgebiet und den Rheinmetropolen Bonn, Düsseldorf und Köln deutlich. In ihrer Gesamtheit zeigt etwa die Gruppe der ausländischen Bevölkerung in NRW eine im Vergleich zu anderen Bundesländern noch etwas geringere Weiterbildungsteilnahme. Allerdings könnten auch hier deutliche Unterschiede zwischen dem Ruhrgebiet und den Rheinlandmetropolen bestehen.

In Bezug auf Weiterbildungsaktivitäten ist in Nordrhein-Westfalen zumindest ein relativer „Aufholprozess“ erkennbar, da im

Zeitraum von 2011 bis 2016 im Gegensatz zu den anderen Bundesländern, in denen ein leichter Rückgang zu verzeichnen war, die Weiterbildungsquote in etwa konstant blieb.

Hinsichtlich der fachlichen Gestaltung von Weiterbildungsangeboten ist zu berücksichtigen, dass es nicht zwangsläufig Lehrveranstaltungen zu naturwissenschaftlichen Inhalten, Informatik oder Softwarethemen sein müssen, die die Anpassung der Erwerbstätigen an die Anforderungen der digitalen Transformation am besten unterstützen können. Bisweilen kommt es stärker darauf an, zusätzlich zur bereits vorhandenen fachlichen Kompetenz auch solche „weichen“ Qualifikationen zu erweitern, die besonders schwer automatisierbar sind und somit auch – zumindest mittelfristig – nicht durch Computertechnik ersetzbar sein dürften.

4. Wissenstransfer aus Hochschulen

4.1 Kontext und Vorgehensweise

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen des Innovationsberichts zum Wissenstransfer aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW diskutiert. Bei den Untersuchungen wurde auf folgende Daten- und Informationsquellen zurückgegriffen:

Erstens eine deutschlandweite Hochschul- und Institutsbefragung zu Gründungsaktivitäten, dem Wissenstransfer aus der Hochschule und Instituten, zu anwendungsorientierten Zukunftsfeldern sowie der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien an Hochschulen und Instituten.¹¹

Zweitens wurde eine Auswertung des Gründungsradars des Stifterverbandes zur Gründungsförderung und zu Gründungsaktivitäten in deutschen Hochschulen durchgeführt. Der Gründungsradar vergleicht die deutschen Hochschulen in Bezug auf die Gründungsförderung und gibt Hinweise auf die institutionelle Verankerung der Förderung einer nachhaltigen Gründungskultur. Zum nunmehr vierten Mal hat der Gründungsradar die Gründungskultur an Hochschulen in Deutschland in den Blick genommen. In dieser Primärerhebung werden regelmäßig alle staatlichen und staatlich anerkannten privaten Hochschulen hinsichtlich ihrer Gründungsförderung und ihren Gründungsaktivitäten untersucht. In die Bewertung floss aber auch ein, welche Gründungsaktivitäten dabei am Ende realisiert werden, welchen Output die Gründungsförderung somit hervorbringt. Unter den Hochschulen mit mehr als 5.000 Studierenden nahmen 79% an der Erhebung teil.

Drittens wurden 20 Expertengespräche mit Akteuren geführt, die aus verschiedenen Perspektiven mit Gründungsaktivitäten und neuen Zukunftsfeldern sowie Clusteraktivitäten in NRW befasst sind. Die Gespräche wurden teilweise vor Ort und teilweise als Telefoninterview geführt. Unter den Interviewten befanden sich jeweils mehrere Vertreter von Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Clustern, Hubs, Projektträgern, der NRW.Bank und der IHK. Zentrale Themen im Rahmen der Expertengespräche waren vor allem:

- Kooperationen zwischen Unternehmen und Hochschulen/Forschungseinrichtungen,
- die Rolle der Cluster im Innovationssystem,
- Determinanten erfolgreicher Clustermanagements,
- Existenz und Charakteristika von Experimentierfeldern für die gemeinsame Entwicklung von Neuerungen,
- die Bedingungen für Gründungsvorhaben in NRW und die Bedeutung von IP-Rechten.

Der Fokus der Untersuchungen lag auf der Situation in NRW im Vergleich zu Bayern und Baden-Württemberg sowie zu Gesamtdeutschland. An den Stellen, an denen sich das anbot, wurde auch ein Vergleich mit allen Bundesländern durchgeführt.

4.2 Hochschulausgründungen und studentische Start-ups

Innovative Gründungen spielen eine wichtige Rolle für die Erneuerung des Unternehmenssektors und geben Impulse für das Innovationsgeschehen. Dies wurde schon vor knapp einem Jahrhundert von Schumpeter beobachtet und gilt auch heute. Ein Grund dafür ist, dass es etablierten Unternehmen – sowohl Großunternehmen wie auch mittelständischen Unternehmen – häufig schwerfällt, frei und unbeeinflusst von bestehenden Routinen und Marktfeldern neue Technologien zu entwickeln. Oft sind neu entstehende Märkte für größere Unternehmen am Anfang auch noch zu klein oder schwer überschaubar. Start-ups aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen, können aufgrund ihrer Flexibilität, Agilität und oft unkonventionellen Herangehensweise für die Hervorbringung und Umsetzung von neuen Technologien sowohl für etablierte als auch für neue Märkte wichtige Türöffner sein.

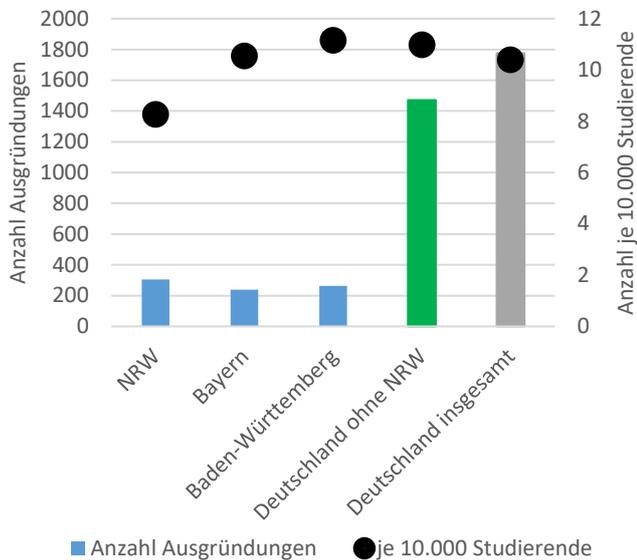
Zentrale Quellen für die Untersuchung von Spin-Offs aus der Wissenschaft für diesen Bericht sind der Gründungsradar des SV Wissenschaftsstatistik und die im Rahmen des Berichts durchgeführte Befragung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Beide Quellen unterscheiden sich in ihrem Fokus und können somit in ihrer Kombination wertvolle komplementäre Hinweise liefern. Der Gründungsradar spricht die Universitätsleitungen an und fokussiert sich auf Gründungen von Hochschulmitarbeiterinnen und -mitarbeitern sowie Studierenden. Die beiden Befragungen zeigen Ergebnisse auf Ebene der Lehrstühle (also ohne Gründungen von Studierenden, außer sie sind in die Lehrstuhlarbeit eingebunden) und der Forschungseinrichtungen.

Laut Gründungsradar des Stifterverbandes gab es in Deutschland 2018 fast 1.800 Ausgründungen (Abb. 4.1). Dies ent-

¹¹ Für nähere Informationen vgl. den Kasten am Anfang dieses Berichts und die Darstellung in Abschnitt 8.3 im Anhang.

sprach durchschnittlich zehn Ausgründungen je 10.000 Studierenden. NRW kommt mit ca. 300 auf mehr Ausgründungen als Bayern und Baden-Württemberg, jedoch ist der relative Anteil im Verhältnis zur Studierendenschaft mit ca. acht Ausgründungen pro 10.000 Studierenden deutlich niedriger.

Abb. 4.1: Anzahl Ausgründungen absolut und im Verhältnis zur Studierendenschaft nach Bundesländergruppen 2018



Gründungsradar, Stifterverband für die deutsche Wissenschaft, 2019

Auch die Ergebnisse der RWI-CEIT-Hochschulbefragung liefern aufschlussreiche Einblicke in das Gründungsgeschehen aus dem Wissenschaftssektor heraus. Die Ergebnisse der Befragung bestätigen den stark rückläufigen Bundestrend beim Gründungsaufkommen. So geben 5,4% der Befragten aus NRW an, dass sie oder ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den vergangenen fünf Jahren (also seit 2014) ein Unternehmen mit hoher Forschungsintensität gegründet hatten (Gründungsneigung), während dies deutschlandweit 5,6% angaben. Bei der Befragung 2013 waren es deutschlandweit noch 8,7% der seinerzeit befragten Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren gewesen. 2013 lag der Anteilswert von NRW mit 9% über dem Bundesdurchschnitt, sodass sich hier, neben einem allgemein rückläufigen Trend, auch eine gewisse Verschlechterung der relativen Positionierung von NRW vollzogen haben könnte.

Im Rahmen der Untersuchung wird mit mikroökonomischen Verfahren die Frage beleuchtet, welche Faktoren das Gründungsgeschehen an den Hochschulen in NRW und Deutschland beeinflussen. Die bisherigen Ergebnisse sind im nachfolgenden Kasten zusammengefasst. Die Untersuchungen laufen weiter, die Ergebnisse werden in den noch ausstehenden Schwerpunktbericht zum Gründungsgeschehen einfließen.

Was treibt das Gründungsgeschehen in Hochschulen in Deutschland und NRW? Ergebnisse von ökonometrischen Untersuchungen

Auf Basis der Ergebnisse der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Hochschulbefragung wurden ökonometrische Untersuchungen durchgeführt (vgl. Tabellen 8.2 und 8.3 in Anhang 8.4.). Im Mittelpunkt stand die Frage, welche Faktoren für Unterschiede im Gründungsgeschehen in Deutschland verantwortlich sind. Darüber hinaus wurde gefragt, inwieweit signifikante Unterschiede im Gründungsgeschehen aus Hochschulen zwischen NRW und anderen Bundesländern zu beobachten sind.

In die Untersuchungen gingen insgesamt knapp 4.000 Beobachtungen ein. Es wurde nach Determinanten der Gründungsaktivität insgesamt und der forschungsaktiven Gründungen gefragt. Die gesamte Gründungsaktivität hängt u.a. positiv mit der Berufserfahrung der Professorinnen und Professoren, der Anwendungsorientierung der Forschung, der Mitarbeiterzahl am Lehrstuhl, der Anwendungsorientierung der Forschung sowie der Patentaktivität zusammen. Männer gründen, wie das auch andere vergleichbare Studien zeigen, häufiger als Frauen. Forschende mit einigen Forschungsschwerpunkten (Ingenieurwissenschaften, aber auch Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften) gründen häufiger als Forschende in Geistes- und Kunstwissenschaften. Gleichzeitig ist kein Unterschied in der Gründungsaktivität zwischen Universitäten und Fachhochschulen zu erkennen. Das Alter der Forscher hat keinen Einfluss auf das Gründungsverhalten, selbst bei Antwortenden, die älter als 65 Jahre waren.

Die forschungsaktiven Gründungen als spezifischer Teilbereich der Hochschul-Spin-Offs werden durch teilweise unterschiedliche Faktoren bestimmt als die Gründungen insgesamt. Berufserfahrung spielt hier als Determinante der Gründungsaktivität keine signifikante Rolle. Hinsichtlich der Forschungsschwerpunkte ragen hier, wie nicht anders zu erwarten, die Ingenieurwissenschaften heraus. Gleichzeitig resultieren forschungsintensive Gründungen zu einem signifikant höheren Anteil aus Universitäten als aus Fachhochschulen.

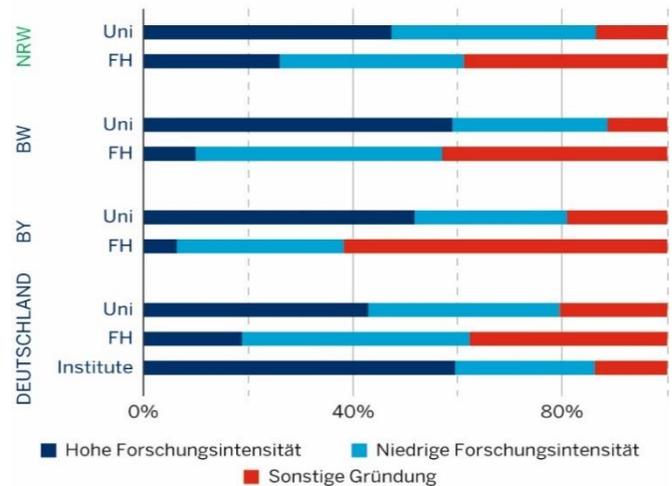
Bemerkenswert ist, dass in Hinblick auf den Anteil von Gründungen insgesamt wie auch von forschungsintensiven Gründungen kein signifikanter Unterschied zwischen NRW und den süddeutschen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg besteht (nicht in den Regressionsergebnissen im Anhang ausgewiesen, Ergebnis weiterer ökonometrischer Rechnungen). Dies erscheint auf den ersten Blick im Widerspruch zu dem Ergebnis, dass die Anzahl der Hochschulgründungen in diesen Bundesländern insgesamt größer ist als in NRW. Es zeigt sich jedoch, dass sich die Anzahl der Gründungen in den vergangenen fünf Jahren je gründendem Lehrstuhl erheblich zwischen den Bundesländern unterscheidet. Während das arithmetische Mittel in NRW bei 2,2 Gründungen liegt, beträgt es in Bayern 3,2 und in Baden-Württemberg 3,3. Mögliche Ursachen für diesen Unterschied werden in den weiteren Untersuchungen noch genauer betrachtet.

Eine Differenzierung der Gründungsvorhaben nach Universitäten und Fachhochschulen zeigt für NRW, dass die Neigung zu Gründungen mit hoher Forschungsintensität in etwa derjenigen der Universitäten entspricht (Uni: 5,5%, FH: 5,2%). Bezogen auf Deutschland insgesamt ist die Neigung zu Gründungen mit hoher Forschungsintensität bei den Universitäten (6,1%) im Vergleich zu NRW aber merklich stärker ausgeprägt, während der korrespondierende Wert für die Fachhochschulen (4,8%) für Gesamtdeutschland leicht unter dem Wert für NRW liegt. Im Rahmen der für diese Untersuchung durchgeführten Befragung sind auch die Angehörigen der außeruniversitären Forschungseinrichtungen befragt worden. Ein Trend kann für diese Gruppe leider nicht angegeben werden, da diese im Rahmen der Befragung 2013 nicht berücksichtigt wurden. Daher kann bezüglich der außeruniversitären Forschungseinrichtungen nur die momentane Situation dargestellt und mit den Ergebnissen der Hochschulen verglichen werden: In NRW ist die entsprechende Gründungsneigung der Institute mit 5,0% leicht niedriger im Vergleich zu den Universitäten und Fachhochschulen sowie unterhalb des entsprechenden Werts für Deutschland (7,8%).

Hinsichtlich des absoluten Gründungsaufkommens berichten die Hochschullehrinnen und Hochschullehrer von insgesamt 1.344 Gründungen (Uni: 692, FH: 652), die innerhalb der letzten 5 Jahre an den Hochschulen hervorgebracht worden sind. Basierend auf der Hochschullehrerbefragung aus dem Jahr 2013 (Warnecke 2016) lag das Gründungsaufkommen mit 1.424 damals allerdings noch etwas höher. Somit ist die absolute Anzahl der angegebenen Gründungen bezogen auf Deutschland leicht zurückgegangen. Differenziert nach Universitäten und Fachhochschulen wird ersichtlich, dass sich der Rückgang auf Seiten der Universitäten vollzogen hat. Während deutschlandweit die Gründungen nach Auskunft der Professorinnen und Professoren an Universitäten um 16,7% zurückgegangen sind, haben die Gründungen an den Fachhochschulen um 9,9% zugenommen. Dieser Trend bestätigt sich auch hinsichtlich NRW, wobei der relative Zugewinn (+98,9%) der Gründungen an Fachhochschulen deutlich höher liegt als im Vergleich zu Gesamtdeutschland. Außerdem ist der Rückgang bei den Universitäten weniger stark ausgeprägt (-3,7%).

An den Instituten waren deutschlandweit 180 Gründungen zu verzeichnen. Abbildung 4.2 veranschaulicht, um welche Art von Gründungen es sich hierbei handelt.

Abb. 4.2: Typisierung der Gründungen an öffentlichen Forschungseinrichtungen nach Forschungsintensität



RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

Die Differenzierung nach Typen von Gründungen erfolgt anhand von drei Kategorien: Gründungen mit hoher Forschungsintensität, Gründungen mit niedriger Forschungsintensität und sonstige Gründungen. Die Ergebnisse werden differenziert nach Universitäten, Fachhochschulen und Instituten ausgewiesen (aufgrund der geringen Fallzahlen werden für die Institute die Ergebnisse nur in Bezug auf Deutschland angegeben). In Abbildung 4.2 ist zu erkennen, dass die Universitäten stärker dazu neigen, Gründungen mit hoher Forschungsintensität hervorzubringen, während Fachhochschulen tendenziell stärker zu Gründungen mit niedriger Forschungsintensität tendieren.

Der Anteil der forschungsintensiven Gründungen ist an Instituten mit einem Anteil von 59,4% (Deutschland) am höchsten, der Wert für die baden-württembergischen Universitäten liegt mit 59% knapp darunter. Die Befragung der Hochschullehrinnen und Hochschullehrer von 2013 (Warnecke 2016) beinhaltete die Kategorie „sonstige Gründung“ nicht. Die gegenwärtige Befragung verdeutlicht, dass es bei den sonstigen Gründungen hinsichtlich der Fachhochschulen um eine relevante Kategorie handelt, da sie von den Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern dort besonders häufig angegeben worden ist. In NRW entspricht der Anteilswert mit 38,7% für diese Kategorie in etwa dem Bundesdurchschnitt (37,6%), wohingegen der Anteil der sonstigen Gründungen bei den bayerischen Fachhochschulen mit 61,9% am höchsten ist.

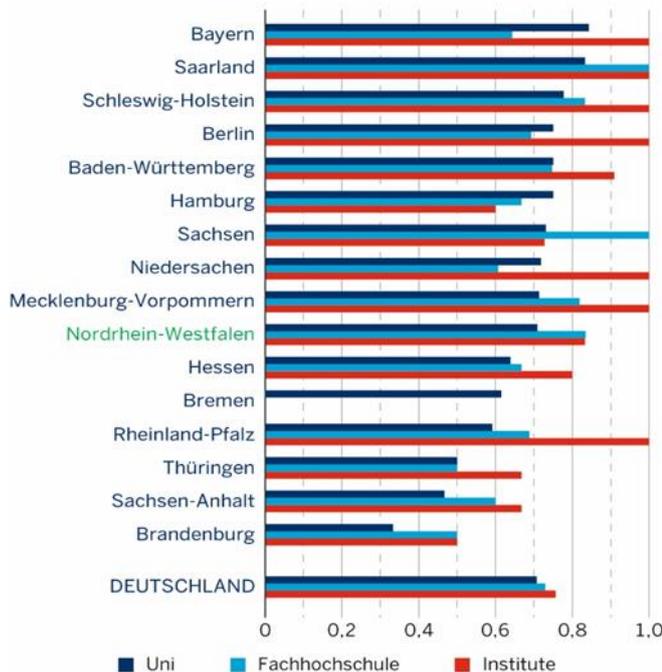
Der Anteil der forschungsintensiven Gründungen liegt bei den Universitäten in NRW mit 47,4% über dem deutschlandweiten Wert (42,9%). Das gleiche gilt mit einem Anteilswert von 26% für die Fachhochschulen in NRW (deutschlandweit: 18,9%). Während der Anteil der forschungsintensiven Gründungen an den Universitäten in Baden-Württemberg (59,0%) und Bayern (51,7%) höher ist als in NRW, zeigt sich bezogen auf die Fachhochschulen ein umgekehrtes Bild: der hier festgestellte Anteil liegt mit 26% deutlich über den korrespondierenden Werten für Baden-Württemberg (10,0%) und Bayern (6,4%).

Der Anteil der Gründungen mit niedriger Forschungsintensität ist an Universitäten in NRW mit 39,1% am höchsten, die korrespondierenden Werte liegen bei 29,5% in Baden-Württemberg, 29,2% in Bayern und 36,6% in Deutschland insgesamt. Bezogen auf die Fachhochschulen in NRW lässt sich allerdings nur im Vergleich zu Bayern ein höherer Anteilswert feststellen (35,3% im Vergleich zu 31,7% für Bayern, für Baden-Württemberg: 47,1%, deutschlandweit: 43,6%).

Vorangegangene Untersuchungen haben bereits verdeutlicht, dass Gründungen vornehmlich im regionalen Umfeld ihres jeweiligen Inkubators stattfinden (Koschatzky 2002: 32; Fritsch et al. 2008: 35; Warnecke 2016: 154), was die große Bedeutung von Gründungen für eine innovationsgestützte Regionalentwicklung unterstreicht.

In Abbildung 4.3 ist der Anteil der akademischen Ausgründungen angegeben, die an einem Standort innerhalb des jeweiligen Bundeslandes hervorgebracht worden sind. Erwartungsgemäß sind die zu beobachtenden Anteilswerte für Gründungen innerhalb des Bundeslandes relativ hoch.

Abb. 4.3: Regionalbezug von akademischen Ausgründungen: Anteil der Gründungen an Hochschulen und Forschungseinrichtungen innerhalb des Bundeslandes



N = 443 (Uni), N = 278 (FH), N = 66 (Institute).

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

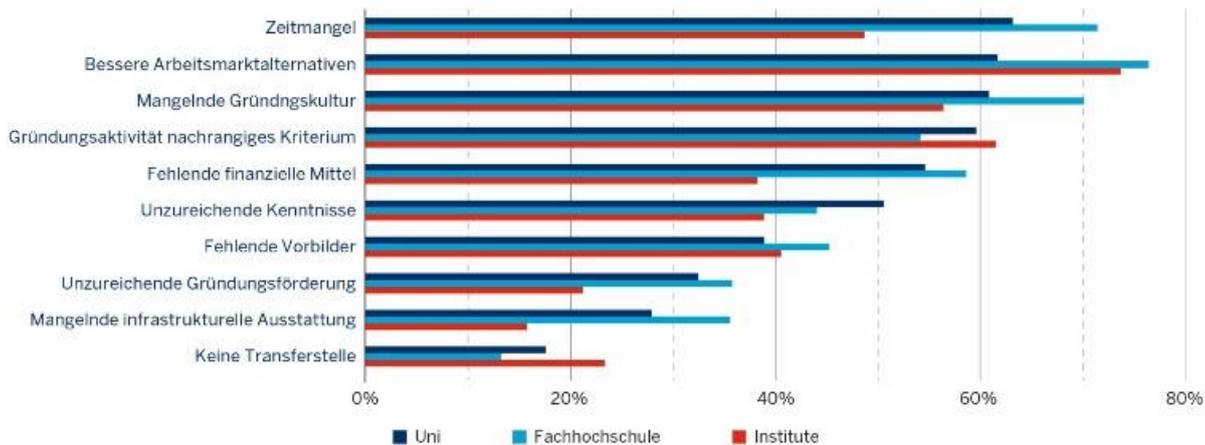
In den Flächenstaaten NRW, Baden-Württemberg und Bayern liegen die jeweiligen Anteilswerte für die Universitäten, Fachhochschulen sowie Institute bei jeweils über 70%, lediglich die Fachhochschulen in Bayern stellen mit 64,3% eine Ausnahme dar. In NRW weisen die Universitäten (70,9%), Fachhochschulen (83,5%) und Institute (83,3%) gegenüber dem Durchschnitt für Deutschland (Uni: 70,7%, FH: 72,9%, Institute: 75,7%) bei Gründungen einen höheren Regionalbezug auf. Während der Regionalbezug der Universitäten in etwa dem Bundesdurchschnitt entspricht, zeigt sich für die Fachhochschulen und Institute eine deutlich höhere regionale Verankerung der Gründungen.

4.3 Gründungshemmnisse

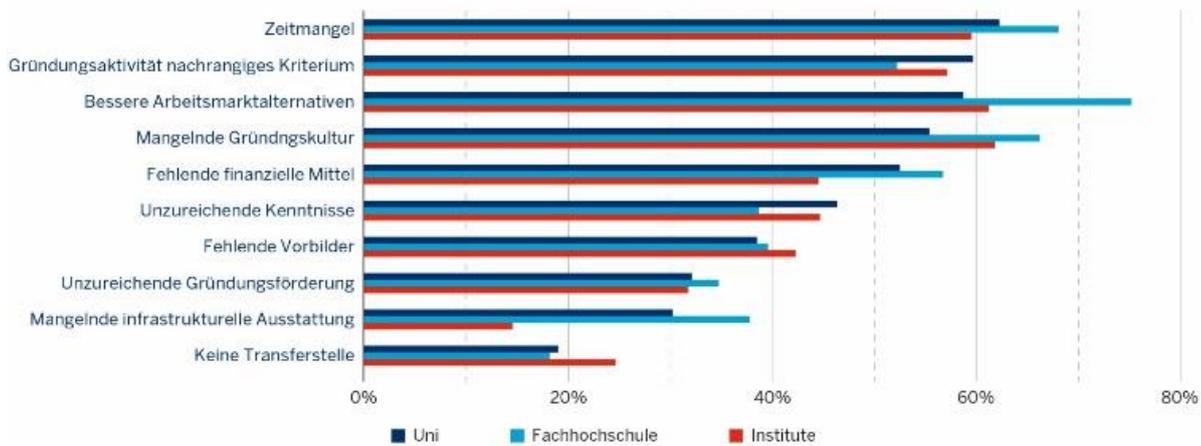
Gründungshemmnisse geben einen Einblick in Charakteristika des Gründungsprozesses, die mögliche Ansatzpunkte für die Gründungsförderung deutlich werden lassen. Abbildung 4.4 zeigt, wie häufig bestimmte Faktoren an Hochschulstandorten

von den Hochschulprofessorinnen und -professoren sowie den Institutsangehörigen als Hemmnisse für Unternehmensgründungen wahrgenommen werden (Anzahl der Nennungen „trifft voll zu“ oder „trifft zu“).

Abb. 4.4: Hemmnisse für Gründungen an öffentlichen Forschungseinrichtungen
Nordrhein-Westfalen



Deutschland



N = 1.540 (Uni), N = 1.016 (FH), N = 327 (Institute).

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

Die Ergebnisse werden nach Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen differenziert ausgewiesen. Die Reihenfolge der in den Abbildungen aufgeführten Hemmnisse orientiert sich an der jeweiligen Bedeutung der Hemmnisfaktoren für die Universitäten. Die Ergebnisse sind bezogen auf die Fachhochschulen sehr ähnlich, lediglich hinsichtlich der Relevanz der einzelnen Hemmnisse sind Unterschiede hinsichtlich der Rangplatzierung im Umfang von einer Position in einigen Fällen zu beobachten. Nachfolgend werden die Ergebnisse bezogen auf Universitäten dargestellt. Sofern abweichend, wird der Rangplatz des jeweiligen Hemmnisses für die Fachhochschulen zusätzlich aufgeführt. Die wahrgenommenen Hemmnisse bezogen auf die außeruniversitären Forschungseinrichtungen unterscheiden sich deutlich von denen der Universitäten und Fachhochschulen.

Das bedeutendste Hemmnis aus Perspektive der Professorinnen und Professoren an Universitäten in NRW ist der Mangel an Zeit. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Studieninhalte zeitintensiv sind. Es verbleibt für Studierende wie auch Hochschulangehörige somit nur wenig Zeit, neben Studium,

Lehre und Forschung auch noch Initiativen zur Unternehmensgründung konsequent zu verfolgen. Für Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen ist es das zweitwichtigste Hemmnis wird aber im Vergleich zu ihren Kolleginnen und Kollegen an den Universitäten stärker betont, was vermutlich am höheren Lehrdeputat an den Fachhochschulen liegt.

Das zweitwichtigste Hemmnis für Unternehmensgründungen ist aus der Perspektive der Professorinnen und Professoren an Universitäten in NRW der Umstand, dass es bessere Alternativen auf dem Arbeitsmarkt gibt, die potenzielle Gründer letztendlich davon abhalten, das Risiko einer Unternehmensgründung einzugehen. Bezogen auf die Fachhochschulen in NRW und Deutschland ist es sogar das wichtigste Hemmnis. Dieser Aspekt wird auch dadurch unterstrichen, dass die Gründungsbereitschaft bei Studenten mit Migrationshintergrund höher ist, was damit zusammenhängt, dass diese häufig weniger gute Arbeitsmarktperspektiven haben (dies wurde auch im Rahmen der geführten Expertengespräche angemerkt). Darüber hinaus haben die Herkunftsländer der Migrantinnen und Migranten häufig auch eine stärker ausgeprägte Gründerkultur.

Das drittichtigste Hemmnis ist nach Einschätzung der Befragten die mangelnde Gründerkultur an der jeweiligen Hochschule (das gilt sowohl für Universitäten als auch für Fachhochschulen in NRW). Auch dieser Aspekt wurde im Rahmen der Expertengespräche immer wieder angeführt. Dies trifft zum einen im Vergleich von NRW etwa mit den südlichen Bundesländern oder auch mit Berlin zu, aber auch für den internationalen Vergleich, nicht nur bezogen auf Nordamerika oder Südostasien, sondern auch auf einige der osteuropäischen Länder. Die Unterschiede der Gründerkultur haben historische, strukturelle und sozioökonomische Ursachen, sie sind daher auch nicht ohne Weiteres veränderbar. Vielmehr bedarf dies eines langen Atems und einer entsprechend ausgeprägten Bereitschaft zur Veränderung.

Demnach sind die drei wichtigsten Hemmnisse für Gründungen an Hochschulen in NRW: der Mangel an Zeit, bessere Alternativen auf dem Arbeitsmarkt sowie eine mangelnde Gründerkultur. Diese Einschätzung teilen die Kolleginnen und Kollegen aus Baden-Württemberg, Bayern und Gesamtdeutschland weitestgehend. Die einzige Ausnahme stellt hier die feh-

lende Gründerkultur dar, die von den Universitätsprofessorinnen und -professoren aus Baden-Württemberg, Bayern und Gesamtdeutschland gegenüber dem Faktor „Nachrangigkeit von Gründungen in der Leistungsbeurteilung“ als etwas weniger relevant eingestuft wird. Dort ist dieser Hemmnisfaktor („Nachrangigkeit von Gründungen in der Leistungsbeurteilung“) von der Bedeutung her das drittichtigste bzw. bezogen auf Gesamtdeutschland sogar das zweitichtigste Hemmnis.

Während sich für die Universitäten und die Fachhochschulen in NRW ein vergleichbares Bild hinsichtlich der Relevanz (bezogen auf die Rangplatzierung) der Hemmnisse herauskristallisiert hat, unterscheiden sich die Hemmnisse der Institutsangehörigen stärker von denen der Professorinnen und Professoren an den Hochschulen, wenn auch sich nicht ein diametral anderes Bild zeigt.

Als wichtigstes Hemmnis werden von den Instituten in NRW bessere Alternativen auf dem Arbeitsmarkt (1), Nachrangigkeit von Gründungsaktivitäten für die Leistungsbeurteilung (2) und eine mangelnde Gründerkultur genannt.

4.4 Gründungsunterstützung

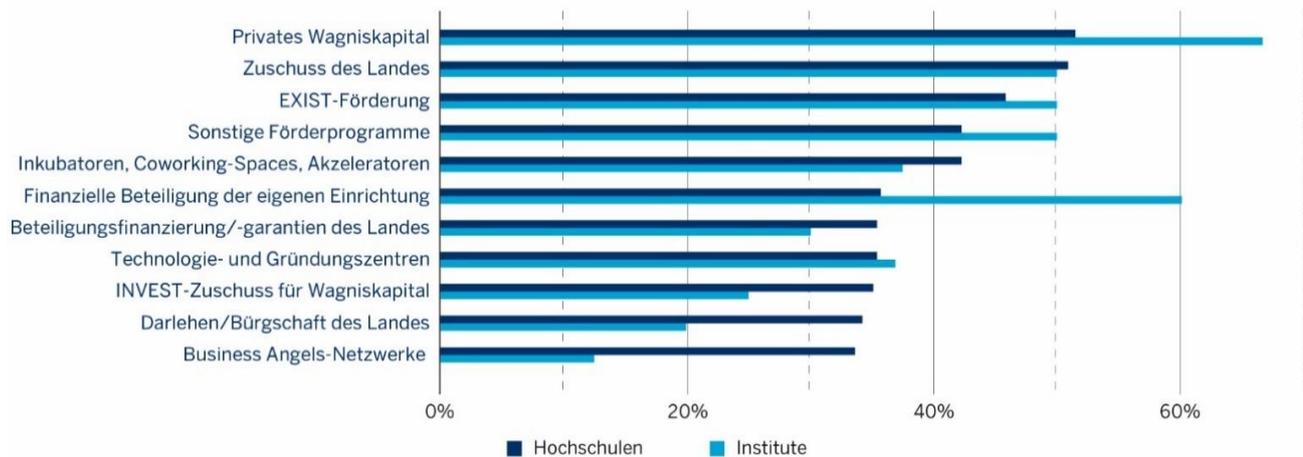
Die Gründerkultur ist in Deutschland und speziell in NRW noch ausbaufähig. Mit einer Vielzahl von staatlichen und privaten Initiativen versucht man das Gründungsaufkommen nachhaltig zu erhöhen und Hemmnisse abzubauen. Aber welche Maßnahmen der Gründungsunterstützung sind besonders wirksam?

Abbildung 4.5 veranschaulicht wichtige Formen der Gründungsunterstützung in NRW aus Sicht der Befragten. Gefragt wurde, für wie wirksam verschiedene Formen der Gründungsunterstützung erachtet werden. Die Einschätzung erfolgte anhand einer 3-stufigen Likert-Skala (wirksam/teils-teils/unwirksam). Die Prozentsätze entsprechen dem Anteil derer, die mit „wirksam“ geantwortet haben. Als wirksamstes Mittel der Gründungsunterstützung in NRW wird von den Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie den Institutsangehörigen privates Wagniskapital angesehen. Interessant ist, dass privatem Wagniskapital von Seiten der Institutsangehörigen mit 67,7% sogar deutlich mehr Bedeutung beigemessen

wird als an Hochschulen mit einem Wert von 51,6%. Die hohe Relevanz von privatem Wagniskapital ist vor allem vor dem Hintergrund bemerkenswert, dass ein Mangel an Wagniskapital für NRW konstatiert wird. Dieser Umstand wurde auch in verschiedenen Expertengesprächen als eines der zentralen Probleme der Gründungsförderung thematisiert. Als entscheidender Aspekt wurden in dem Zusammenhang die ungünstigen Rahmenbedingungen für Venture Capital genannt.

Als wirksam wurden im Fall der Hochschulen auch die Landeszuschüsse (50,9%) und das Bundesprogramm EXIST (45,8%) sowie die sonstigen Förderprogramme (42,4%) eingeschätzt. Zuschüsse des Landes Nordrhein-Westfalen zur Gründungsförderung werden dabei im Vergleich zum Bundesprogramm EXIST sowie den sonstigen Bundes- und EU-Förderprogrammen von einem höheren Anteil der Antwortenden als wirksam erachtet. Am zweitichtigsten sehen die Institutsangehörigen mit 60%, die finanzielle Beteiligung ihrer eigenen Organisation.

Abb. 4.5: Bedeutung unterschiedlicher Formen der Gründungsunterstützung in NRW



N = 424 (Hochschulen), N = 24 (Institute).

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

Dieser Befund ist insofern interessant, da zuvor bei der Frage zu den Hemmnissen von den Institutsangehörigen eine unzureichende Gründungsförderung durch die eigene Organisation als drittwichtigstes Hemmnis benannt worden ist (s. vorangegangene Ausführungen). Die drittwichtigsten Förderinstrumente aus Perspektive der Institutsangehörigen sind Landeszuschüsse, das Bundesprogramm EXIST sowie die sonstigen Förderprogramme, bei denen jeweils unisono Zustimmungswerte von jeweils 50% zu beobachten sind.

Mit Nennungen von 42,4% werden auch Inkubatoren, Coworking-Spaces und Akzeleratoren als relativ wirkungsvolle Mittel zur Unterstützung von Gründungen an Hochschulen angesehen, während nur 37,5% der Institutsangehörigen diese Einschätzung teilen. Die weiteren hier aufgeführten Fördermaßnahmen, wie die Beteiligungsfinanzierung bzw. Beteiligungs-garantien sowie Darlehen und Bürgschaften des Landes NRW wie auch für die Förderung bzw. Einrichtung von Technologie-

und Gründungszentren sowie Business-Angels-Netzwerken sowie bei den Universitäten noch die finanzielle Unterstützung durch die eigene Organisation, kommen bei den Hochschulen dagegen lediglich auf Zustimmungswerte zwischen 33,6% und 35,8% bzw. 12,5% und 36,8% bei den Instituten. Bemerkenswert ist die geringe Zustimmung hinsichtlich der Wirksamkeit des Programms INVEST, durch das Investoren Zuschüsse für die Beteiligung Wagniskapital an Investoren gewährt werden (Hochschulen 35,2%, Institute 25%). Dies könnte darin begründet sein, dass Venture Capital als Finanzierungsquelle nur für einen kleinen Teil der Gründungen relevant ist.

Die finanzielle Unterstützung von Freunden und Verwandten (33,3%, in der Abbildung ist dies nicht dargestellt) wird von einem fast ebenso hohen Anteil der Hochschulvertreter für wichtig erachtet wie Zuschüsse für Wagniskapital (35,2%). Dies zeigt die hohe Breite der Finanzierungsquellen für Hochschulgründungen.

4.5 Hochschulausgründungen und Wirtschaftliche Entwicklung

Ein zentrales Ziel der Förderungen von Hochschulausgründungen und studentischen Start-ups ist es, wirtschaftliche Effekte in Hinblick auf Wirtschaftswachstum und Beschäftigung zu erzielen. Dabei sind bestimmte Aspekte zu beachten:

- Zahlreiche Start-ups aus Hochschulen wie auch solche, die nicht aus Hochschulen oder Forschungseinrichtungen hervorgehen, gehen nach relativ kurzer Zeit wieder aus dem Markt. Dies ist nicht das Resultat eines wie auch immer gearteten Marktversagens, sondern eines funktionierenden Marktes.
- Von den verbleibenden Unternehmen wachsen viele langsam bzw. gar nicht oder werden, wenn sich die Geschäftsideen als erfolgreich erweisen, von Großunternehmen übernommen. Wenige andere Unternehmen durchlaufen einen schnellen Wachstumsprozess.

- Darin, in welchem Ausmaß Großunternehmen diese Möglichkeit nutzen, gibt es auch Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern. Während etwa in Deutschland die Übernahme durch Großunternehmen einen sehr häufigen Fall darstellt, ist in den USA häufiger zu beobachten, dass Start-ups von selbst groß werden.

Für die Erfassung der Wirkungen von Gründungen ist es nicht in erster Linie wichtig, ob diese sich innerhalb des Start-ups oder eines Großunternehmens entfalten, welches das Start-up übernommen hat. Wichtig für die Messung der Wirkungen der Gründungen ist einerseits, dass sich ein Großteil dieser Effekte in einem kleinen Teil der Start-ups zeigt, diese also identifiziert werden müssen. Andererseits muss bei einer Erfassung der Effekte von Hochschul-Start-ups auch danach gefragt werden, welche Wirkungen diese im Einzelfall in den

Großunternehmen haben, die das Start-up aufgekauft oder etwa ein Patent des Start-ups lizenziert haben. Eine Bewertung von Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum lässt sich daher am besten auf Basis von Fallstudien vornehmen. Inwieweit der Wettbewerb stimuliert wird, kann auf Basis der

existierenden Marktconstellation analysiert werden. Untersucht werden muss dabei u.a., ob ein *Entrepreneurial Regime* um neue Ideen vorliegt oder ein *Routinized Regime*, in dem Großunternehmen über Kostensenkungen konkurrieren, und welche Rolle Start-ups in diesen Marktconstellationen spielen (Audretsch 1995, Malerba/Orsenigo 1995).

4.6 Wissenstransfer und Kooperation Wissenschaft/Wirtschaft

Kooperationen und Wissenstransfer können in unterschiedlichen Kontexten und mit unterschiedlichen Zielsetzungen umgesetzt werden. Der Wissenstransfer aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen umfasst nicht lediglich die Wissensvermittlung für Unternehmen, sondern darüber hinaus das breitere gesellschaftliche Engagement der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in der Region und bei gesellschaftlichen Fragestellungen.

Der Wissenstransfer aus den Hochschulen findet zunächst in Form des Angebots an qualifizierten Arbeitskräften für die Wirtschaft statt. Darüber hinaus spielen Kooperationen zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen eine wichtige Rolle.

Die Kooperationsaktivitäten der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen finden in unterschiedlichen Zusammenhängen statt, teilweise in Form informeller Kontakte etwa im Rahmen von Clusterveranstaltungen, teilweise innerhalb formalisierter FuE-Projekte. Der Wissenstransfer über Forschungsvorhaben ist mittlerweile sowohl für KMU als auch für Großunternehmen von erheblicher Bedeutung, wie unsere Gesprächsergebnisse zeigen. Den Mitarbeitenden der KMU fehlen häufig die Kapazitäten, sich mit neueren Entwicklungen zu beschäftigen, die mittelfristig für das Unternehmen von hoher Bedeutung sind. Auch Großunternehmen nutzen die Forschungszusammenarbeit mit der Wissenschaft unter anderem, um neue Entwicklungen besser antizipieren zu können und neue Geschäftsfelder zu entwickeln.

In Hinblick auf Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft werden die nachfolgenden Aspekte diskutiert, um einen Status quo bezüglich dieser Form des Austausches mit der Wirtschaft zu gewinnen. Dabei geht insbesondere darum

- wie intensiv bzw. häufig Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft stattfinden,
- welche Bedeutung regionale Kooperationen haben,
- welche Hemmnisse für Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft existieren
- und welche Ansatzpunkte zur Verbesserung des Wissenstransfers existieren.

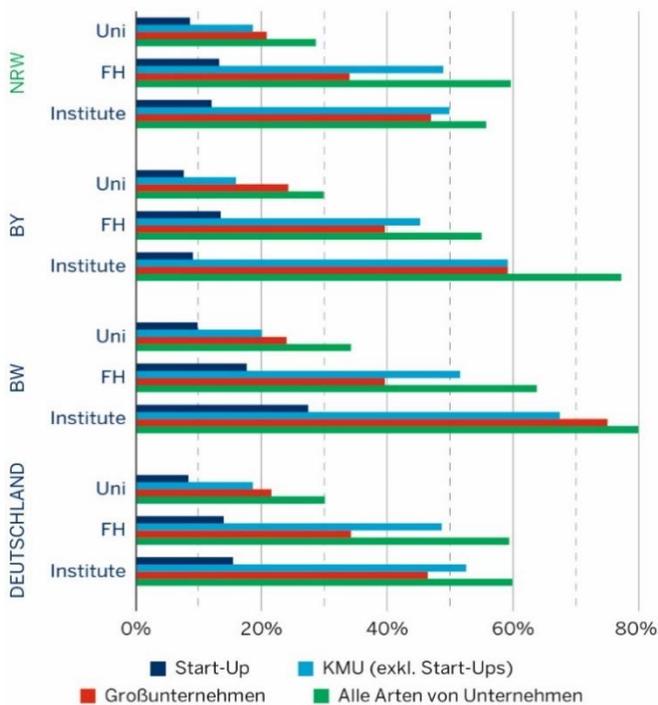
Abbildung 4.6 zeigt den Anteil der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie der Institutsangehörigen, die angeben, sehr häufig oder häufig mit Vertretern der jeweils abgefragten Unternehmenstypen zu kooperieren. Befragt worden sind sie nach ihrer Kooperationsaktivität mit Start-ups, KMU (exklusive Start-ups) und Großunternehmen. Die in Ab-

bildung 4.6 entsprechend eingefärbten Säulen fassen die Ergebnisse für die drei zuvor genannten Unternehmenstypen jeweils zusammen. Die Ergebnisse werden für Deutschland gesamt sowie für die Bundesländer NRW, Bayern und Baden-Württemberg separat ausgewiesen.

Universitäten kooperieren im Vergleich zu Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen im geringeren Umfang mit Unternehmen. Die Kooperationsaktivität mit Start-ups ist durchgehend jeweils am schwächsten ausgeprägt, was unter anderem daran liegt, dass es sich hierbei um einen Unternehmenstypus handelt, der bezogen auf die Gesamtpopulation aller Unternehmen den kleinsten Anteil aufweist. Bezogen auf Deutschland kooperieren Fachhochschulen und Institute in etwa gleichen Umfang mit Unternehmen (alle Arten von Unternehmen), wo hingegen in Nordrhein-Westfälischen die Fachhochschulen eine leicht höhere Kooperationshäufigkeit aufweisen. Ferner ist auch zu beobachten, dass Institute deutlich häufiger mit Großunternehmen kooperieren als Universitäten und Fachhochschulen.

Das Kooperationsmuster der Universitäten, Fachhochschulen und Institute in Nordrhein-Westfalen entspricht in etwa dem für ganz Deutschland. Ferner ist zu erkennen, dass in Bayern und Baden-Württemberg Hochschulen und Institute, tendenziell häufiger mit Großunternehmen zusammenarbeiten. Der Vergleich der Kooperationsaktivitäten der Nordrhein-Westfalen Hochschulen mit KMU mit denen in Bayern offenbart eine leicht höhere Kooperationsneigung in Nordrhein-Westfalen. Beachtlich ist die Häufigkeit mit der an Instituten in Baden-Württemberg (27,5%) mit Start-ups kooperiert wird, das Kooperationsaufkommen liegt deutlich über dem Durchschnitt für Deutschland (15,4%), Nordrhein-Westfalen (12,1%) und Bayern (9,1%).

Abb. 4.6: Unternehmenstypen, mit denen Hochschulen/Institute (sehr) häufig kooperieren



N = 2.502 (Uni), N = 1.365 (FH), N = 235 (Institute).

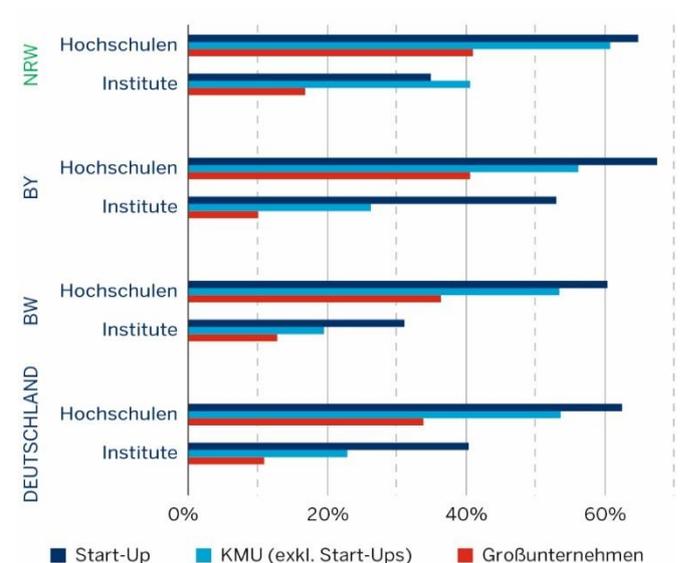
RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

In Abbildung 4.7 ist der Anteil der Hochschul-Unternehmens-Kooperationen dargestellt, die innerhalb des jeweiligen Bundeslandes stattfinden. Es zeigt sich, dass die Kooperationen innerhalb des jeweiligen Bundeslandes einen hohen Anteil aller Kooperationen im Fall der Hochschulen ausmachen. Die außeruniversitären Institute sind hierzu im Vergleich weniger auf das Bundesland ausgerichtet. Der Anteil der Kooperationen innerhalb des Bundeslandes liegt im Fall der Hochschulen bei Start-ups und KMU über 50%, bei Großunternehmen immer noch bei über einem Drittel. Dies steht im Einklang mit früheren Untersuchungen (Warnecke 2016: 169). Gleichzeitig ist zu beobachten, dass mit zunehmender Unternehmensgröße die räumliche Kooperationsreichweite steigt. Das gilt sowohl für die Hochschulen als auch für die Institute. Die einzige Ausnahme ist in Nordrhein-Westfalen hinsichtlich der Kooperationen der Institute mit den Start-ups zu beobachten. Diese weisen einen leicht höheren Anteil von Kooperationen mit Start-ups auf.

Der Grund für räumlich weiter auseinanderliegende Kooperationsbeziehungen in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße ist, dass die kooperierenden Unternehmen mit zunehmender Größe über mehr Ressourcen verfügen, was ihnen eher ermöglicht über größere Distanzen zu kooperieren als vergleichsweise kleinere Unternehmen. Umgekehrt sind Hochschulen und Forschungseinrichtungen auch bereit, zu Kooperationszwecken mit Großunternehmen, die über bestimmte inhaltliche Kapazitäten und Ressourcen verfügen, größere Distanzen zu überbrücken, da sich diese Unternehmen eher selten im unmittelbaren Umfeld der Hochschule bzw. Forschungseinrichtung befinden.

Der Anteil der Kooperationen innerhalb des Bundeslandes liegt bei Nordrhein-Westfalen in nahezu allen Fällen über dem Bundesdurchschnitt, die einzige Ausnahme stellen die Kooperationsaktivitäten der Institute mit den Start-ups dar, hier fällt der entsprechende Anteilswert mit 34,8% niedriger aus als der korrespondierende Wert für Deutschland mit 40,3%.

Abb. 4.7: Anteil der Hochschul-Unternehmens-Kooperationen, die im jeweiligen Bundesland stattfinden



N = 2.493 (Hochschulen), N = 193 (Institute).

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

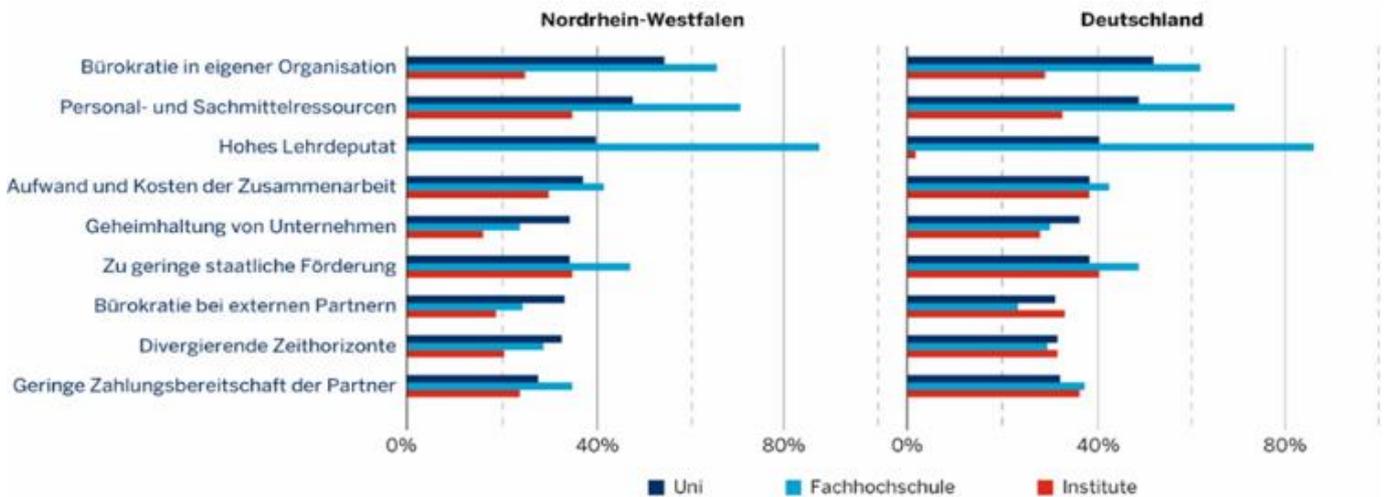
Auch bezogen auf Kooperationen von Hochschulen mit Start-ups ist in Bayern mit 67,5% ein höherer Regionalbezug als für Nordrhein-Westfalen (64,8%) zu beobachten.

4.7 Hemmnisse für Unternehmenskooperationen aus der Perspektive der öffentlichen Forschung

In Abbildung 4.8 werden Hindernisse für Kooperationen aus Sicht der öffentlichen Forschung in Nordrhein-Westfalen im Vergleich zu Deutschland insgesamt dargestellt. Die Ergeb-

nisse werden jeweils differenziert nach Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen ausgewiesen.

Abb. 4.8: Kooperationshindernisse aus Sicht der öffentlichen Forschung



N = 1.540 (Uni), N = 1.016 (FH), N = 327 (Institute). Relative Häufigkeit der beiden Kategorien „trifft voll zu“ und „trifft eher zu“ auf einer fünfstufigen Likert-Skala von „trifft voll zu“ bis „trifft gar nicht zu“.

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

Auffällig ist zunächst, dass die Hemmnisse von den Institutsangehörigen weniger stark wahrgenommen werden als von den Professorinnen und Professoren an Universitäten und Fachhochschulen. Die drei wichtigsten Hemmnisse an Universitäten in NRW wie deutschlandweit sind bürokratische Hemmnisse auf Seiten der eigenen Organisation (54,3%), mangelhafte Ressourcenausstattung (47,8%) sowie ein hohes Lehrdeputat (39,8%).

Die drei wichtigsten von NRW -Professorinnen und -Professoren an Fachhochschulen berichteten Hemmnisse sind das hohe Lehrdeputat (87,3%), eine mangelhafte Ressourcenausstattung (70,4%) sowie bürokratische Hemmnisse auf Seiten der eigenen Organisation (65,3%). Mit einem doppelt so hohem Lehrdeputat an Fachhochschulen gegenüber dem an Universitäten üblichen, überrascht die hohe Relevanz des Faktors Lehrdeputat im Bereich der Fachhochschulen jedoch nicht. Überraschend ist, dass bürokratische Hemmnisse auf Seiten der eigenen Organisation von den Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen gegenüber Universitäten als vergleichsweise stärker wahrgenommen werden. Dies überrascht deswegen, weil an Fachhochschulen aufgrund der

tendenziell geringeren Organisationsgröße eine agilere Organisation und weniger Bürokratie zu erwarten wären. Möglicherweise spiegelt dieses Ergebnis auch den Aspekt wider, dass viele Verwaltungsarbeiten an Fachhochschulen durch die Professorinnen und Professoren selbst zu erledigen sind, da sie gegenüber ihren Kolleginnen und Kollegen an den Universitäten oft auf keine eigenen Mitarbeitenden zurückgreifen können. Dies wird anhand des Hemmnisfaktors „mangelhafte Ressourcenausstattung (Personal, Sachmittel)“ besonders deutlich, der an Fachhochschulen deutlich stärker ausgeprägt ist.

Im Vergleich zu den Universitäten und Fachhochschulen zeigt sich bezüglich der Hemmnisfaktoren der außeruniversitären Forschungseinrichtung ein weniger einheitliches Bild, was sich wohl aus der größeren Heterogenität der Institute erklärt. Die drei wichtigsten Hemmnisse für Kooperation an außeruniversitären Forschungseinrichtungen in NRW sind eine zu geringe staatliche Förderung von FuE-Kooperationen (35%), eine mangelhafte Ressourcenausstattung (34,9%) und der Aufwand und die Kosten der Zusammenarbeit (30,2%).

Ansatzpunkte für die Verbesserung des Wissenstrfers in NRW sind in Abbildung 4.9 dargestellt. Mehrheitlich werden von den Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern Verbesserungspotenziale in den Bereichen Administration, bei der Ausstattung mit Personal und Sachmittel sowie der Höhe des Lehrdeputats gesehen. Von den Institutsangehörigen wird an erster Stelle ebenfalls die Administration als Ansatzpunkt aufgeführt. Darüber hinaus betonen sie die Notwendigkeit für mehr staatliche Förderung von FuE-Kooperation und eine bessere Ausstattung mit Personal und Sachmitteln. Für das Lehrdeputat liegen für die Institutsangehörigen keine Ergebnisse vor, da dieser Aspekt im Rahmen der Umfrage nicht abgefragt worden ist, weil aufgrund der unterschiedlichen Aufgabenverteilung im Wissenschaftssystem, dieser Aspekt für die Institutsangehörigen keine bis nur eine geringe Relevanz hat. Wie die Expertengespräche weiterhin zeigten, ist ein besonderes Hemmnis für den Wissenstransfer zu mittelständischen

Unternehmen häufig, dass die Ergebnisse von Forschungsaktivitäten der Hochschulen und Forschungseinrichtungen nicht weit genug in Hinblick auf die Anwendung hin entwickelt sind, um von diesen Unternehmen genutzt werden zu können. Diese wurde beispielsweise auch im Rahmen des Spitzencluster-Wettbewerbs des BMBF deutlich, in dem die Clusterorganisationen teilweise die Aufgabe übernommen haben, dafür zu sorgen, dass die Ergebnisse zur Anwendung kommen.

Vor diesem Hintergrund ist für die Innovationspolitik in NRW in Hinblick auf die Förderung von mittelständischen Unternehmen die Frage von Bedeutung, inwieweit verstärkte Kooperationen von Hochschulen mit mittelständischen Unternehmen gefördert werden sollten.

Abb. 4.9: Ansatzpunkte zur Verbesserung des Wissenstrfers in NRW



N = 941 (Hochschulen), N = 46 (Institute).

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

4.8 Experimentierräume der Innovationspolitik

In den vergangenen Jahren sind zahlreiche Fördermöglichkeiten entstanden, um die Entwicklung neuer Ideen zur Marktreife zu fördern. Dies kann an verschiedenen Orten oder in unterschiedlicher Form stattfinden, etwa in Gründungszentren oder Clusterstrukturen (wie bspw. it's OWL) oder durch die Umsetzung von Campusmodellen. Ziel ist es, dadurch neue Impulse für das regionale Innovationsgeschehen zu setzen. Auch innerhalb von Unternehmen gibt es Experimentierräume für neue Ideen. Im Rahmen unserer Untersuchung stehen jedoch vor allem solche Räume im Mittelpunkt, die an der Schnittstelle zwischen der Forschung an Universitäten und Fachhochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen existieren.

Für die Innovationspolitik in NRW stellen sich in diesem Zusammenhang die Fragen, (i) welche und wie viele solche Experimentierräume es in NRW gibt, (ii) wie erfolgreich diese aktuell sind und (iii) welche Ansatzpunkte sich für Verbesserungen ergeben. Entscheidend aus Sicht der Innovationspolitik ist dabei nicht so sehr, dass neue Ideen entwickelt werden, sondern dass geeignete Rahmenbedingungen die Weiterentwicklung dieser Ideen und das erforderliche Scaling-up zu im Markt erfolgreichen Innovationen ermöglichen.

Die Identifikation dieser Experimentierräume erfolgte auf Basis der durchgeführten Befragung von Hochschulen und Instituten sowie ergänzenden Informationen aus der Datenbank

GERIT. Anhand von Indikatoren sind drei zentrale Voraussetzungen für die Existenz von Experimentierräumen, in welchen Kreisen in NRW diese zu finden sind, untersucht worden.

Als zentrale Voraussetzungen für die Existenz von Experimentierräumen für die Entwicklung von Neuerungen und Umsetzung in die Praxis wurden untersucht:

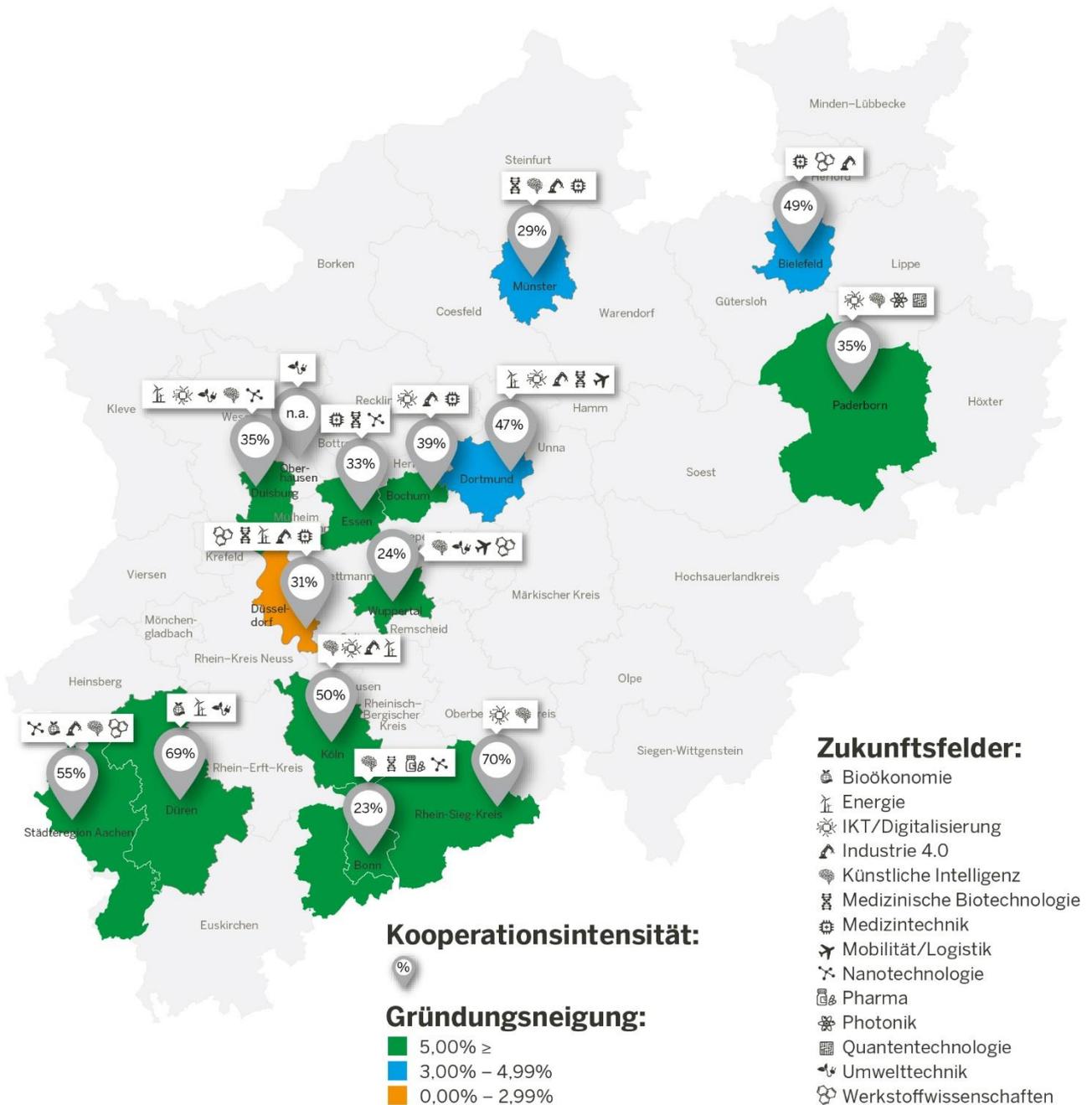
- i) die Existenz von Forschungskapazitäten, die auf Zukunftsfelder gerichtet sind,
- ii) ein funktionierender Wissenstransfer in die Praxis und
- iii) ein *Entrepreneurial Spirit*, der sich auf die Umsetzung von Neuerungen in Spin-Offs aus der Hochschulforschung zeigt.

Zwar liefert eine Gesamtsicht auf das Land wertvolle Hinweise, da NRW aber ein Flächenland ist, finden sich – unabhängig von der Gesamtsicht – Schwerpunkte in Hinblick auf bestimmte Technologien und den Wissenstransfer in einzelnen Landesteilen.

Abbildung 4.10 hebt diese Schwerpunkte hervor. Insgesamt ragen 15 Kreise in Hinblick auf die vorhandenen Forschungs-

kapazitäten in NRW heraus. Dargestellt ist u.a. die Gründungsneigung, also der Anteil derer, die angaben, dass sie selbst oder ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den letzten fünf Jahren ein Unternehmen mit hoher Forschungsintensität gegründet haben. Für die Darstellung wurde die Gründungsneigung in drei Klassen gegliedert (hoch, mittel und niedrig). Weiterhin wurde für jeden dieser Kreise der Anteil der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren, die angeben, mit Unternehmen zu kooperieren, als Maß der Kooperationsintensität zwischen Hochschulen und Wirtschaft, ausgewiesen. Eine Zuordnung zu Zukunftsfeldern, die als ICONS dargestellt sind, wurde anhand der Forschungsschwerpunkte der Hochschulen vorgenommen. Der Abbildung kann entnommen werden, dass ein breit aufgestelltes Spektrum von unterschiedlichen Technologieschwerpunkten sich auf unterschiedliche Standorte in NRW verteilt. Aachen, Düren und der Rhein-Sieg-Kreis weisen bspw. eine Kooperationsintensität von Hochschulen mit Unternehmen von über 50% auf. Außerdem lassen sich mehrere Regionen mit erhöhten Gründungsaktivitäten identifizieren, wie bspw. die Region Aachen, das Rheinland und das Ruhrgebiet sowie Paderborn.

Abb. 4.10: Experimentierräume in NRW auf Kreisebene



Gründungsneigung: Anteil der Hochschulprofessorinnen und -professoren, die in den vergangenen fünf Jahren mindestens eine Gründung aus ihrem Lehrstuhl heraus aufwiesen.

Eigene Darstellung auf Basis der RWI-CEIT-Hochschulbefragung 2019

4.9 Bürokratische Hemmnisse

Bürokratische Hemmnisse werden in der Literatur (Rosner/Weimann 2003: 111; Eibel 2009: 271; Czarnitzki et al. 2000: 31; Warnecke 2016: 177) als Faktoren benannt, die einen effektiven Wissensaustausch verhindern oder zumindest erheblich stören können. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde sowohl in der Online-Befragung als auch bei den Expertengesprächen nach solchen Hemmnissen gefragt. Es hat sich gezeigt, dass trotz der erheblichen Anstrengungen

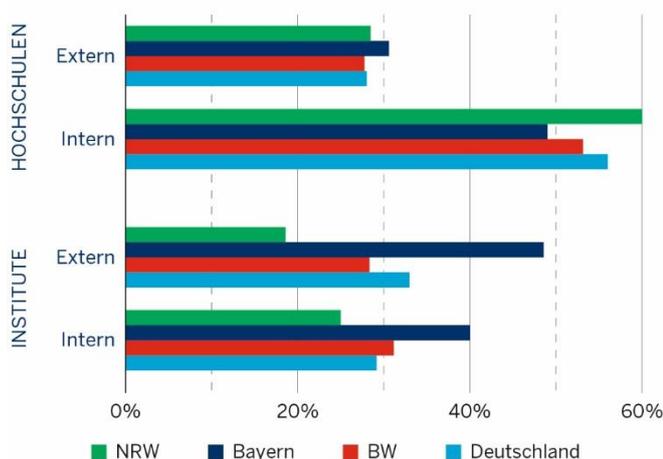
in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten noch in erheblichem Maße die Bürokratie das Zeitbudget der im Wissenstransfer engagierten Hochschulangehörigen belastet und somit auch ein potenzielles Hemmnis für den Wissenstransfer in seinen unterschiedlichen Ausprägungen darstellt.

Um Kooperationshemmnisse näher zu untersuchen, wurde bei der Hochschulbefragung nach bürokratischen Hemmnis-

sen gefragt, die inner- oder außerhalb der eigenen Organisation liegen (Abb. 4.11). Die Befunde zeigen, dass bürokratische Hemmnisse innerhalb der eigenen Organisation von den Professorinnen und Professoren in NRW als zweitwichtigstes Hemmnis für Kooperationen angesehen werden. Dieses Hemmnis wird in NRW häufiger genannt als in Baden-Württemberg, Bayern und Gesamtdeutschland. Externe bürokratische Hemmnisse, die auf Seiten des Kooperationspartners auftreten, haben im Vergleich zu den anderen Hemmnissen nur eine nachgelagerte Relevanz. Gegenüber Baden-Württemberg und Bayern ist dieser Hemmnisfaktor aus Sicht der NRW-Professorinnen und -Professoren sogar schwächer ausgeprägt, liegt aber marginal über den Durchschnitt für Deutschland. Diese Hemmnisse können, wie die Expertengespräche zeigen, insbesondere mit einem hohen administrativen Aufwand innerhalb der Hochschule beim Projektstart und in der Projektabwicklung (Projektzeiten, Anstellung von Projektmitarbeiterinnen und Projektmitarbeitern, Rechnungsstellung etc.) verbunden sein. Bürokratische Hemmnisse scheinen tendenziell eher ein Problem der Hochschulen zu sein, das legen zumindest die Ergebnisse für die Institute in NRW nahe. Interne Bürokratische Hemmnisse werden von den Institutsangehörigen lediglich als fünftwichtigstes Hemmnis angesehen, externe Bürokratische Hemmnisse sind von ihrer Bedeutung her sogar nur auf Platz 8. Im Ländervergleich zeigt sich, dass interne/externe bürokratische Hemmnisse bezogen auf die Institute in NRW im Vergleich zu Bayern, Baden-Württemberg und Gesamtdeutschland weniger relevant sind.

In der 2013er-Befragung wurde nicht nach internen Hemmnissen gefragt (Warnecke 2016: 235). Über die Freitexteingabemöglichkeiten hatte aber eine Vielzahl von Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Relevanz der bürokratischen Hemmnisse innerhalb der eigenen Organisation stark betont (Warnecke 2016: 180).

Abb. 4.11: Bürokratische Hemmnisse bei Kooperationen



N (Intern/Extern): 3.091/2938 (Hochschulen), 367/355 (Institute).

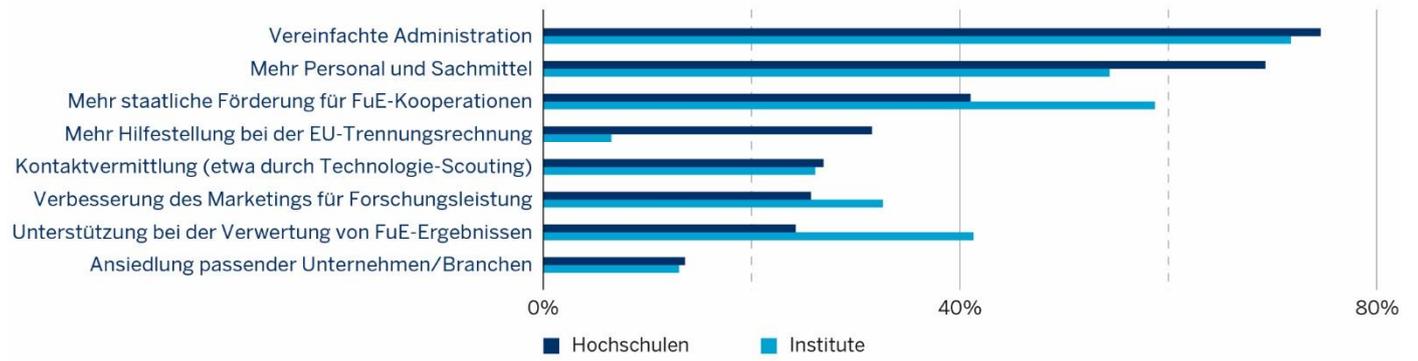
RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

Die hohe Relevanz bürokratischer Hemmnisse ist auch an anderer Stelle in der Befragung ersichtlich geworden. Im Rahmen einer Teilfrage wurden die Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie die Institutsangehörigen zu allgemeinen Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich Wissenstransfer zwischen ihrer Hochschule und der Wirtschaft im Bereich der angewandten Forschung befragt (Abb. 4.12). Dieser Fragenblock beinhaltete eine Mehrfachantwortmöglichkeit. Am häufigsten mit 75% aller Nennungen wurde eine vereinfachte Administration von den Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern als förderlich angesehen, mit 72% der Nennungen war dies ebenfalls der wichtigste Faktor für die Institutsangehörigen. Dies unterstreicht, dass der Abbau von bürokratischen Hemmnissen innerhalb der Hochschule die Kooperationsaktivitäten begünstigen sollte. In den Expertengesprächen wurde insbesondere der mit EU-Anforderungen verbundene Verwaltungsaufwand von EFRE-geförderten Landesprogrammen, in NRW wie auch in anderen Bundesländern, als höher beurteilt als der Aufwand von Projekten in Bundesprogrammen.

Der hohe Verwaltungsaufwand dehnt sich, wie die Gespräche zeigten, auch auf die Abrechnung von Landesmitteln für intermediäre Organisationen, wie z.B. Clusterorganisationen, aus. Regelungen für die förderfähigen Arten der Mittelverwendung werden dabei bisweilen als einengend angesehen.

Weitere Anhaltspunkte liefert die Abbildung 2.5.15, die weiter vorne im Bericht dargestellt ist, die die Verteilung des Zeitbudgets der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie der Institutsangehörigen in den Bundesländern NRW, Bayern und Baden-Württemberg sowie für Deutschland insgesamt zeigt. Im Kapitel 2.2 (Forschung und Entwicklung) wurden auf dieser Basis bereits die Zeitbudgets, die für Forschung und Lehre jeweils aufgewendet worden sind, diskutiert. An dieser Stelle geht es um den Teilaspekt „Bürokratieaufwand“, der durch das anteilige Zeitbudget für Verwaltungsaufgaben der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie der Institutsangehörigen zum Ausdruck kommt. Mit mindestens 15,5% und maximal 25,6% ist der anteilige Zeitaufwand, der für Verwaltungsaufgaben in der Wissenschaft aufgewendet wird, nicht gerade irrelevant. Am niedrigsten ist der Zeitaufwand mit 15,5% für Professorinnen und Professoren an NRW Fachhochschulen und liegt damit unter dem korrespondierenden Deutschlandschnitt (16,3%). Der Anteilswert für die NRW Universitäten liegt bei 17,4%, was in etwa auch dem Deutschlandschnitt (17,5%) entspricht. Der für die NRW Institute zu beobachtende Anteilswert beträgt 22,4% und liegt damit über dem korrespondierenden Wert für Gesamtdeutschland (20,7%) und Baden-Württemberg (19,6%), aber unter dem Anteilswert für Bayern, der mit 25,6% im vorliegenden Vergleich am höchsten ausfällt. Interessant ist, dass die Belastungen der Institutsangehörigen mit Verwaltungsaufgaben tendenziell höher sind als die der Professorinnen und Professoren an den Universitäten und Fachhochschulen.

Abb. 4.12: Verbesserung der Rahmenbedingungen für angewandte Forschung und Entwicklung in NRW



N = 3.274 (Hochschulen), N = 370 (Institute).

RWI-CEIT-Hochschul- und Institutsbefragung 2019/2020.

5. Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinellem Lernen für Nordrhein-Westfalen

5.1 Kontext

5.1.1 Fragestellungen und Zielsetzung des Schwerpunktberichts

Im Themen- und Technologiefeld der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens hat das Land NRW in der jüngeren Vergangenheit bereits Maßnahmen ergriffen, um das politikseitig definierte Ziel zu erreichen, Nordrhein-Westfalens Position als ein führender Standort für Künstliche Intelligenz auszubauen. So wurde etwa im Dezember 2018 unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS das Kompetenznetzwerk KI.NRW ins Leben gerufen, das insbesondere eine schnellere und nachhaltige Verbreitung und Skalierung von KI-Anwendungen in Unternehmen verfolgt. Ebenso investiert das Land NRW in Nachwuchs- und Grundlagenforschungsprojekte, etwa durch das Förderformat KI.Starter und ein standortübergreifendes Graduiertenkolleg für Doktorandinnen und Doktoranden.

Eine hohe Kompetenz in der Erforschung von Künstlicher Intelligenz und Maschinellen Lernen hat in Nordrhein-Westfalen das BMBF-Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr mit dem Lehrstuhl für künstliche Intelligenz (TU Dortmund), den Fraunhofer-Instituten für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (Sankt Augustin) und für Materialfluss und Logistik (Dortmund) sowie der Universität Bonn. Das Zentrum ergänzt die bestehende Forschungslandschaft, zu deren Schwerpunkten auch das Exzellenzcluster CITEC in Bielefeld sowie die Universität Paderborn zählen. Weitere Lehrstühle, Institute, Forschungseinrichtungen und universitäre Netzwerke, die sich mit Künstlicher Intelligenz befassen, gibt es unter anderem in Aachen, Bochum, Düsseldorf, Jülich und Münster.

Der Politik ist bewusst, dass hinsichtlich des Transfers von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die praktische Anwendung Handlungsbedarf besteht. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen dieses Berichts folgende Fragestellungen betrachtet:

Ethisch-rechtliche/Sozio-kulturelle Dimension

- Wie bereitet unser Bildungs- und Ausbildungssystem auf Erwerbsbiografien im Zeitalter datenbasierter Wertschöpfung vor?
- Welche Anwendungsfelder sollten bei KI/ML in NRW im Fokus stehen?

- Welche wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen braucht eine datenbasierte Wertschöpfung?

Ökonomische Dimension

- Welche Potenziale hat KI/Maschinellem Lernen für die wirtschaftliche Entwicklung Nordrhein-Westfalens? Welche wirtschaftsstrukturellen Besonderheiten müssen dabei berücksichtigt werden?
- Welche Effizienzgewinne sind zu erwarten? Welche neuen Geschäftsmodelle sind denkbar?
- Welche Akteure, Netzwerke, Ökosysteme existieren mit Blick auf KI/ML bereits?
- Welche Reallabore und Use-Cases gibt es? Wie können sie gestärkt werden?
- Was sind ihre Alleinstellungsmerkmale? Wie können diese übertragbar gemacht werden?
- Wie kann der Mittelstand für KI/ML gewonnen werden?
- Welche wirtschaftspolitischen Implikationen ergeben sich?

Wissenschaftlich-technische Dimension

- Wie kann der direkte und schnelle Transfer von KI/ML-Erkenntnissen in die Praxis der Unternehmen sichergestellt werden? Was sind Voraussetzungen für eine KI-basierte Wertschöpfung in NRW?

Ziel des Berichts ist es, unter Bezug auf diese Fragestellungen einen Überblick zum Stand von Forschung und Nutzung Künstlicher Intelligenz in Nordrhein-Westfalen zu geben und Handlungsfelder für die Landespolitik zu identifizieren, um die Potenziale von KI noch umfassender und intensiver zu nutzen. Dabei liegt ein besonderer Schwerpunkt auf dem Bildungs- und öffentlichen Forschungssystem, da hiervon wesentliche Grundlagen für die Entwicklung einer datenbasierten Wirtschaft unter Einsatz von KI ausgehen.

5.1.2 Definition: Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen

In den vergangenen Jahren hat die Künstliche Intelligenz (KI) flächendeckend stark an Bedeutung gewonnen. Maßgeblich für diese Entwicklung waren und sind laut Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz die folgenden fünf Umstände (vgl. Deutscher Bundestag 2020: 48):

- die Digitalisierung, durch die große Datenmengen für eine maschinelle Verarbeitung zur Verfügung stehen,
- die bisher exponentiell wachsende Rechenleistung, die es ermöglicht, diese großen Datenmengen effizient zu verarbeiten,
- die Vernetzung und Kommunikationstechnologie, durch die globale Daten (oft verzögerungsfrei) in Prozesse einfließen und große Datenpools schaffen können,
- die massive Entwicklung leistungsfähiger Hardwarekomponenten und Systemplattformen wie Sensoren, Aktoren und Energiesysteme,
- die Weiterentwicklung von KI-Algorithmen zur Marktreife.

KI-Systeme sind von Menschen konzipierte, aus Hardware- und/oder Softwarekomponenten bestehende intelligente Systeme, die zum Ziel haben, komplexe Probleme und Aufgaben in Interaktion mit der und für die digitale oder physische Welt zu lösen. Dazu erfassen, verarbeiten und analysieren KI-Systeme Daten und zeigen ein geeignetes Verhalten zur Lösung und Erfüllung der jeweiligen Probleme und Aufgaben. Interagiert die KI durch einen technischen Körper physisch mit ihrer Umwelt, z.B. als Roboter, spricht man von verkörperter KI („embodied AI“) (Deutscher Bundestag 2020: 48).

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von KI-Systemen unterscheiden: Regelbasierte KI-Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass das Verhalten vollständig durch algorithmische Regeln und maschinenlesbares Wissen von menschlichen Expertinnen oder Experten definiert ist. Daher ist ihre Funktionsweise und -logik für den Menschen häufig noch nachvollziehbar. Lernende KI-Systeme dagegen zeichnen sich dadurch aus, dass der Menschen nur eine Basiskonfiguration als Grundlage für die konkrete Funktionsweise im eigentlichen Betrieb vorgibt. Mithilfe von Daten trainieren sie später, wie ein

Problem zu lösen bzw. eine Aufgabe zu erfüllen ist. Sie passen hierbei ihre Funktionsweise durch einen entsprechenden Lernprozess kontinuierlich an. Die Daten können explizit vom Menschen in das System eingespeist oder durch gezielte Interaktion mit der Umwelt vom System mittels Sensoren selbst gewonnen werden. Diesem Trainingsprozess kommt im Rahmen der Entwicklung und Verbesserung der KI eine entscheidende Bedeutung zu.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass heutige KI-Systeme dem Menschen potenziell bei solchen kognitiven Prozessen überlegen sind, bei denen die Problemstellung, die Art der benötigten Daten und das Erfolgsmaß klar definiert werden können und diese Daten in großer Menge zur Verfügung stehen. Man spricht im Zusammenhang mit solchen Problemstellungen auch oft von „schwacher KI“ (vgl. Enquete-Kommission 2020).

Dagegen ist Menschen eine Intelligenz zu eigen, die es ihnen ermöglicht, Informationen der verschiedenen Sinne in einen größeren Zusammenhang zu stellen und Probleme aus den unterschiedlichsten Bereichen zu lösen oder dafür Lösungsstrategien zu entwickeln. Dies gilt insbesondere bei der Interaktion mit der physischen Welt, die selbst bei für einen Menschen vergleichsweise einfachen Tätigkeiten ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Sinneswahrnehmungen in Kombination mit einer komplexen Motorik und Agilität erfordert. Man spricht im Zusammenhang mit diesen Fähigkeiten auch von „starker KI“. Der Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages stellt klar: Es gibt heutzutage kein KI-System, das diesen Fähigkeiten des Menschen auch nur nahekommt. Innerhalb der Wissenschaft ist umstritten, wie nahe KI-Systeme diesen Fähigkeiten überhaupt kommen können. Es gilt als sehr unwahrscheinlich, dass eine solche Entwicklung kurz- oder mittelfristig bevorsteht (vgl. Enquete-Kommission 2020).

Für die Vermittlung des Wissens, was unter KI zu verstehen ist, werden aktuell auch neue Ansätze und Kommunikationsformen genutzt. Ziel ist es, auch breiten Bevölkerungsschichten KI nahe zu bringen. Beispielhaft sei hier der medial breit kommunizierte Comic „We need to talk, AI“ der Berlinerinnen Dr. Julia Schneider und Lena Kadriye Ziyal genannt.¹²

5.1.3 Methodisches Vorgehen

Der vorliegende Schwerpunktbericht basiert auf einer umfassenden Auswertung aktueller und grundlegender wissenschaftlicher Studien und Expertenberichte aus dem In- und Ausland. Diese sind für die Entwicklung eines technischen, ökonomischen und gesellschaftlich-ethischen Verständnisses von Künstlicher Intelligenz zentral. Ebenso werden aus diesen Publikationen aktuelle Kennzahlen und empirische Daten herangezogen, die für die Bewertung einzelner untersuchungsleitender Fragen von wesentlicher Bedeutung sind.

Da die Datenlage für die Beantwortung der erkenntnisleitenden, NRW-spezifischen Fragestellungen nicht zufriedenstellend ist, werden weitere Informationen benötigt. Hierbei geht es insbesondere darum, Wissen über

- aktuelle technologische Entwicklungen,
- die Beurteilung der KI-bezogenen, technologischen Situation und Wettbewerbsfähigkeit von NRW,

¹² *We need to talk, AI - A Comic Essay on Artificial Intelligence - Julia Schneider, Lena Kadriye Ziyal, Berlin, 2019*

- relevante Innovations-Netzwerke,
- generelle Herausforderungen im Wissenstransfer im KI-Bereich von der Forschung in die Anwendung,
- Empfehlungen und Ideen für politische Handlungserfordernisse

zu erlangen.

Vor diesem Hintergrund hat das Projektteam mit ausgewählten Expertinnen und Experten leitfadengestützte Interviews geführt. Für die Gespräche stand ein Zeitfenster von ca. 60 bis 75 Minuten zur Verfügung. Sie wurden protokolliert und die Audiospur wurde für tieferegehende Auswertungszwecke digital aufgezeichnet. Alle Gespräche fanden aufgrund der Pandemielage in rein digitaler Form statt.

Kernfragen waren:

- a. Worin liegen die Potenziale von KI/Maschinenlernen für die wirtschaftliche Entwicklung?
- b. Wie können KI-Technologien und das Wissen für Entwicklung und Anwendung übertragbar gemacht werden? Wie ist eine Skalierung zu erreichen?

- c. Wo steht NRW in Sachen KI im nationalen und im internationalen Vergleich in wissenschaftlicher, wie in wirtschaftlicher Hinsicht?
- d. Worin liegen die Potenziale von KI/Maschinenlernen für die wirtschaftliche Entwicklung in Nordrhein-Westfalen? Welche Voraussetzungen hat NRW in Hinblick auf KI-basierte Wertschöpfung?
- e. Welche Anwendungsfelder sollten bei KI/ML in NRW im Fokus stehen?
- f. Wie bereitet das Bildungs- und Ausbildungssystem in NRW auf Erwerbsbiografien im Zeitalter datenbasierter Wertschöpfung vor?
- g. Welche Schritte sind notwendig und möglich, um NRW als führenden KI-Innovationsstandort, auch in wirtschaftlicher Hinsicht, zu etablieren?

Interviews fanden mit folgenden Personen statt:

Name	Funktion
Nicole Langrock	Geschäftsführerin, Zentrale Vernetzungsinitiative für Künstliche Intelligenz in NRW; Fraunhofer IAIS, Sankt Augustin
Hans Beckhoff	Geschäftsführender Inhaber der Beckhoff Automation GmbH und Co. KG, Verl
Prof. Dr. Christian Bauckhage	Professor für Informatik, Universität Bonn Wissenschaftlicher Direktor des Fraunhofer-Zentrums für Maschinelles Lernen, Lead Scientist für Maschinelles Lernen am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, Bonn
Marcus Goerke	Mitglied des Vorstands und Co-Founder, NEXT Data Service AG
Prof. Dr. Antonio Krüger	Geschäftsführer & Leiter des Forschungsbereichs Kognitive Assistenzsysteme, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Saarbrücken
Laurenz Wuttke	Geschäftsführer datasolut GmbH, Köln
Prof. Dr. Barbara Hammer	Uni Bielefeld, Professorin für Maschinelles Lernen
Carl Wolfgang Finck	Geschäftsführender Gesellschafter der RST Recycling und Sanierung Thale GmbH, Thale (Sachsen-Anhalt)
Prof. Dr. Katharina Morik	TU Dortmund, Professorin für Informatik

Zusätzlich wurden durch das Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) Auswertungen aus der Deutschen Innovationserhebung beigesteuert. Diese untersuchen den Beitrag des KI-Einsatzes in Unternehmen auf Innovationsleistung und wirtschaftliche Performance für NRW im Vergleich zu anderen Ländern (Bayern, Baden-Württemberg) und Ländergruppen (Ostdeutschland, andere westdeutsche Länder).

Das RWI Leibniz Institut für Wirtschaftsforschung hat Analysen zu Bildung und Ausbildung als Basis für eine datenbasierte Wertschöpfung und zur KI-Forschung an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen durchgeführt. Dabei wurden insbesondere die im Rahmen des Innovationsberichts von RWI/CEIT durchgeführten Befragungen von Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren sowie von außeruniversitären Forschungseinrichtungen ausgewer-

tet. Darüber hinaus wurden verschiedene andere Datenquellen ausgewertet, um zu einer Gesamteinschätzung der Position von NRW im Bundesländervergleich zu gelangen.

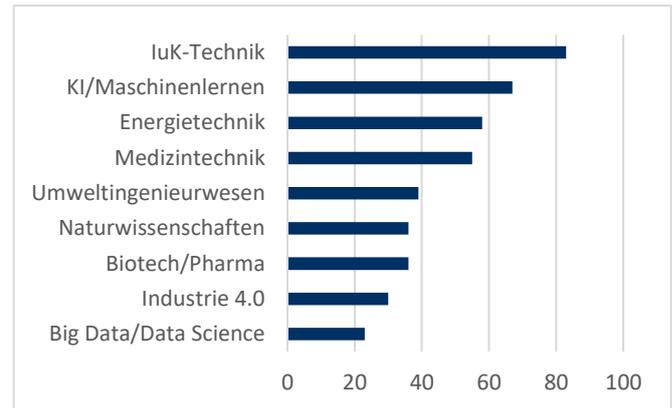
5.2 Einsatzgebiete und Potenziale von KI und Maschinellem Lernen

5.2.1 Volkswirtschaftliche Impulse und Marktentwicklungen

Die von Künstlicher Intelligenz ausgehenden volkswirtschaftlichen Impulse und die durch KI ausgelösten Marktentwicklungen sind umfangreich. Dies ergaben sowohl die im Rahmen dieses Schwerpunktberichts durchgeführten Experteninterviews wie auch die Auswertung diverser aktueller Studien. KI-Technologien werden im Rahmen der Expertengespräche als Basistechnologien angesehen, auf deren Fundament vielfältige und jeweils auf den Verwendungszweck individuell zugeschnittene Anwendungen entwickelt werden können.

Die Bedeutung der KI im Rahmen der Zukunftstechnologien zeigte sich auch in der deutschlandweiten Hochschulbefragung von RWI/CEIT. Dort wurden die Professorinnen und Professoren gefragt, welche Forschungsfelder sie für besonders wichtig in Hinblick auf die zukünftige anwendungsorientierte Technologieentwicklung halten. Die Frage bezog sich auf Technologien, bei denen bereits Marktanwendungen existieren (Abb. 5.2.1). Dabei wurden verschiedene Informatikanwendungen mit großem Abstand am häufigsten genannt. Dazu gehörten allgemeine Antworten wie „Digitalisierung“ oder spezielle Bereiche wie IT-Sicherheit, Blockchain oder Mensch-Maschinen-Interaktion, die sich teilweise mit KI überschneiden. Das einzelne Technologiefeld, auf das nach dem Sammelbegriff für verschiedene andere Felder der IKT mit Abstand die meisten Nennungen entfielen, war das Feld KI/Maschinenlernen. Mit Big Data/Data Science war ein weiteres Feld unter den am häufigsten genannten Technologien, das sehr eng verwandt mit KI ist. Die Felder Energietechnik, Medizintechnik und Umweltingenieurwesen, in denen auch zahlreiche Technologien genannt wurden, sind auch wichtige Anwendungsfelder von KI-Lösungen.¹³

Abb. 5.2.1: Wichtige Zukunftsfelder für die anwendungsorientierte Technologieentwicklung (Nennungen)



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019. Doppelzählungen möglich.

Eine Befragung des Beratungsunternehmens Deloitte von 201 KI-Spezialisten in Deutschland ergab Ende des Jahres 2019, dass 79 Prozent der Befragten KI als sehr bedeutend oder gar erfolgskritisch für den Geschäftserfolg von Unternehmen ansehen (Deloitte 2020, S. 7). Im Zuge der Begleitforschung Mittelstand-Digital (2019) gaben 70% der befragten Expertinnen und Experten an, dass KI entscheidend für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Mittelstands ist. Fällt NRW bei der KI-Entwicklung zurück, bestehe die Gefahr, dass das Bundesland national wie international an Wettbewerbsfähigkeit verliert.

Grundsätzlich eröffnen KI-Technologien völlig neue Möglichkeiten, wie sich Unternehmen intern und mit ihrem externen Umfeld organisieren. McKinsey geht davon aus, dass bei knapp zwei Drittel aller Berufe in Deutschland 30 Prozent der Tätigkeiten automatisiert werden können, etwa durch Sprach-, Text- oder Bilderkennung und -verarbeitung. Künstliche Intelligenz ist hierfür eine zentrale Basistechnologie.

Nach Prognosen des McKinsey Global Institute (MGI) aus dem Jahr 2019 könnte die EU-28 ihre Wirtschaftsleistung (BIP) durch eine konsequente Fokussierung auf künstliche Intelligenz bis 2030 um rund 2,7 Billionen Euro oder 19 Prozentpunkte steigern, ohne negative Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt (McKinsey Global Institute 2019). Den Berechnungen liegen Simulationsrechnungen auf Basis von ökonomischen Modellschätzungen zugrunde. Gerade bei unsicheren Zu-

¹³ Soweit dort KI-Anwendungen oder IT-Anwendungen genannt wurden, wurde dies in beiden Kategorien vermerkt.

kunftsentwicklungen im Bereich neuer Technologien sind derartige Berechnungen nicht sehr zuverlässig. Gleichzeitig reflektieren die Ergebnisse dieser Berechnungen die derzeit hohen Erwartungen an KI-Technologien, die sich u.a. auf die bislang schon zahlreichen Anwendungen in der Wirtschaft und erfolversprechenden Zukunftsansätzen stützen.

In Deutschland könnte das BIP bis zum Jahr 2030 um 160 Milliarden Euro bzw. 4 Prozentpunkte steigen (McKinsey 2017). Aktuellere Berechnungen aus dem Jahr 2018 gehen von einem jährlichen Wachstum des BIP in Höhe von 1,3 Prozent aus (McKinsey 2018). Das Beratungsunternehmen PWC geht in seiner im Jahr 2018 erschienenen Studie gar von einem Wachstum um insgesamt 430 Milliarden Euro bzw. 11,3 Prozent bis zum Jahr 2030 aus. Das Potential wäre damit in Deutschland deutlich höher als in anderen europäischen Volkswirtschaften (PWC 2018). Die Studien kommen somit zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen und bewegen sich gleichzeitig in einem überaus spekulativen Bereich. Übereinstimmend lässt sich jedoch festhalten, dass gegenwärtige Zukunftsszenarien erhebliche und in der Summe deutlich positive Auswirkungen von KI-Anwendungen auf die Wirtschaftsleistung prognostizieren. Unabhängig von der Belastbarkeit solcher Modellrechnungen haben KI-Lösungen als Querschnittstechnologien zweifellos ein breites Anwendungspotenzial in zahlreichen Wirtschaftsbereichen.

Dabei geht es nicht nur um die Entwicklung und Vermarktung eigener KI-Anwendungen oder Geschäftsmodelle, ebenso bedeutsam sind die Möglichkeiten, die KI-Technologien etwa für die Weiterentwicklung, Verbindung und Flexibilisierung von Wertschöpfungsketten in Unternehmen bieten. Die ökonomische Anwendung von KI im Zuge einer spezifischen KI-Wertschöpfungskette resultiert vor allem aus der Nutzung entsprechender Hardware zusammen mit einer Datengenerierung, Datenbereinigung und -aufbereitung sowie der Datenanalytik (Enquete-Kommission 2020, acatech 2020).

Diese wertschöpfungsbezogenen Einsatzmöglichkeiten könnten sich, wie Prognosemodelle zeigen, deutlich positiv auf die Produktivität der Unternehmen auswirken. Jährlich könnten Produktivitätsgewinne von 0,8 bis 1,4 Prozent erreicht werden (McKinsey 2017). Diese Steigerungen sind allein vor dem Hintergrund des zunehmenden Durchschnittsalters und der in

Summe rückläufigen Zahl an Arbeitskräften erforderlich, um die Wirtschaftsleistung in Deutschland aufrecht zu erhalten. Die stärksten Wachstumsimpulse jedoch werden voraussichtlich von neuen, innovativen Unternehmen, Produkten und Dienstleistungen ausgehen. Allerdings werden die Effekte in den einzelnen Wirtschaftszweigen sehr unterschiedlich ausfallen. Das konkrete Potenzial für neue Geschäftsmodelle ergibt sich meist aus der Verknüpfung von KI-Technologien mit Modellen der Sharing Economy und der Möglichkeit einer stärkeren Individualisierung von Produkt- und Serviceangeboten (Enquete-Kommission 2020).

Auch die Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz weist in ihrem im Jahr 2020 erschienen Bericht auf erhebliche wirtschaftliche Potenziale hin, gibt jedoch zugleich zu bedenken, dass das tatsächliche Leistungsvermögen aufgrund unsicherer Datenbasen nicht hinreichend genau abgeschätzt werden kann. Hier wäre es wichtig, eine valide wissenschaftliche Datenbasis zu schaffen. Dem allgemeinen Potenzial zur Anwendung von KI-Technologien steht zudem eine bislang noch geringe Implementierungsrate in Unternehmen gegenüber. Nur 5,8 Prozent aller Unternehmen im Berichtskreis der Innovationserhebung gaben im Jahr 2019 laut einer aktuellen Studie des BMWi (2020) an, KI-Technologien selbst in Produkten und Prozessen einzusetzen. 16 Prozent von ihnen haben diese KI selbst entwickelt. Übereinstimmend ergaben die Leitfadenterviews, dass bei den Unternehmen insgesamt noch ein geringes Verständnis die Leistungspotentiale von KI besteht. Weitreichende wirtschaftliche Effekte werden erst spür- und messbar sein, wenn auf den Einzelfall zugeschnittene Anwendungen eingesetzt werden.

Abschließend bleibt aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungspotenziale von KI schwer abschätzbar, welche wirtschaftlichen Impulse tatsächlich realistisch sind. Dies hat mit den hohen Unsicherheiten zu tun, die mit der Entwicklung neuer Technologien einhergehen. Klar scheint jedoch, dass in Summe spürbar positive Effekte für die Volkswirtschaft zu erwarten sind. Für die einzelnen Unternehmen und Branchen in NRW ist ein vermehrter Einsatz von KI mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit und damit auch mit Wachstumsimpulsen für das Land verbunden.

5.2.2 Einsatzgebiete in Wirtschaft und Gesellschaft

Die Erwartungen an die wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten von Künstlicher Intelligenz sind enorm. Aus ökonomischer Perspektive ist von starken Wachstumspotentialen auszugehen. KI ist nicht nur für einzelne Tätigkeitsfelder interessant, sondern kann theoretisch zukünftig in allen Facetten des beruflichen und privaten Alltags der Menschen zur Anwendung kommen. Diese Breitenwirkung kommt durch die (potenziell) unzähligen Einsatzgebiete von KI im Bereich Automatisierung und Optimierung zustande. So werden u.a. Einsatzmöglichkeiten in der Finanzbranche, in der Medizin, in der öffentlichen Verwaltung und im Bildungsbereich diskutiert (vgl. u.a. Bruhn und Hardwich 2020, Hosny et al. 2018, Contreras und Vehi 2018, von Lucke und Etscheid 2020, Tabarelli 2019). Aus

deutscher und nordrhein-westfälischer Perspektive ist hervorzuheben, dass besonders starke Wachstumsimpulse durch KI im verarbeitenden Gewerbe gesehen werden können. Dies ist eine mögliche KI-Stärke von Deutschland im internationalen Wettbewerb (Seifert et al. 2018: 21-38, 51).

Die Wirkung der KI als Innovation wird i.d.R. als disruptiv eingeschätzt. Um zu beschreiben, wie grundlegend und weitreichend die Folgen der Innovation für Gesellschaft und Wirtschaft sein könnten, wird üblicherweise der Vergleich zur Entwicklung von Computern oder der Dampfkraft bemüht. Während auf der einen Seite viele Potenziale von KI-Anwendungen noch in der Zukunft liegen, ist auf der anderen Seite heute bereits eine Auflistung aller etablierter Anwendungen von KI wohl

kaum noch möglich. KI-Anwendungen beherrschen schon heute Teile des Alltags. Sie werden aber häufig von dem Nutzer oder den Nutzenden nicht unbedingt als KI identifiziert, z.B. in Sprachassistenten oder bei Produktvorschlägen von Verkaufsw Webseiten.

Um eine bessere Übersicht zu den bereits existierenden und potenziell denkbaren Einsatzgebieten von KI zu erhalten, werden in den folgenden Abschnitten drei Bereiche beispielhaft skizziert. Zunächst werden im Kapitel *Mensch-Maschine-Interaktion* Anwendungspotenziale kooperativer KI-Lösungen beschrieben. Bei diesen Technologien interagieren die Nutzerinnen und Nutzer mit der KI, z.B. in Form von sogenannten *Ko-*

botern. Hier übernimmt die KI also eine Assistenzfunktion. Aufbauend können KI-Systeme durch ihre Fähigkeit, Strukturen in komplexen Datenumgebungen zu erkennen, auch zur Entscheidungsfindung genutzt werden. Diese Anwendungsmöglichkeiten werden im anschließenden Kapitel *Entscheidungsunterstützung* beschrieben. Als logische Fortführung werden im dritten Abschnitt die Potenziale für *autonome KI-Systeme* diskutiert, welche ohne direkt Zu- oder Mitarbeit von menschlichen Akteuren funktionieren. Aufbauend auf diesen drei Kapiteln werden schließlich die Möglichkeiten für die Integration von KI in Geschäftsmodellen eruiert.

5.2.2.1 Mensch-Maschine-Interaktion

Zu einer Interaktion zwischen Menschen und Maschine kommt es insbesondere bei KI-Systemen, welche den Nutzer bei Aufgaben oder Problemen unterstützen sollen. Assistenzsysteme können dabei sowohl in digitaler Form, z.B. Sprachassistenten, als auch in Form einer Maschine, z.B. als sogenannte *Koboter*, zum Einsatz kommen (u.a. zusammenfassend Hecker et al. 2018). Dabei kann in der Arbeitswelt von einem steigenden Ausmaß an Interaktionen mit KI-Systemen ausgegangen werden (Münchener Kreis 2020: 14), aber auch im privaten Alltag sind Assistenzsysteme bereits in einem bedeutsamen Ausmaß verbreitet.¹⁴

Im wirtschaftlichen Bereich werden durch den wachsenden Einsatz von KI-Assistenzsystemen u.a. Fragen zu der Form der Arbeitsteilung und dem Schutz des Nutzenden relevant (Huchler et al. 2020). Letztere kann dabei sowohl den Schutz der Gesundheit und die Sicherheit als auch den Datenschutz der Personen, mit denen das KI-System interagiert, umfassen. Weiterhin ist im Schadensfall auch die Frage der Haftung bei KI-unterstützten Robotern nicht zu vernachlässigen (s. auch Enquete-Kommission 2020: 74). Hinsichtlich der Arbeitsteilung stellt sich weiterhin die Frage, inwiefern KI-Systeme Arbeitnehmer entlasten, ergänzen oder gar ersetzen. Eine zukünftige Herausforderung wird hier voraussichtlich sein, die Integration von KI-Systemen in den Arbeitsalltag zu realisieren, die einen gesamtgesellschaftlichen Gewinn darstellen und dementsprechend auch auf eine breite Akzeptanz stoßen. Um KI-Assistenzsysteme überhaupt zielführend nutzen zu können, ist letztlich das Vertrauen des Nutzenden essenziell.

Aus gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Perspektive sind drei Bereiche zentral, in denen kooperative KI-Systeme eine entscheidende Rolle spielen könnten: Gesundheit, Mobilität und Produktion (acatech 2016: 27-31). Drei Beispiele für interaktive KI-Systeme sind:

- **Sprachassistenten** bzw. **persönliche Assistenzsysteme** (u.a. Hecker et al. 2018): Im Alltag sind Sprachsysteme, welche auf KI basieren, bereits weit verbreitet. Durch die verbale Interaktion kann der Nutzer Anwendungen steuern und gesuchte Informationen erhalten. Sprachassistenten finden sich in den meisten Computern und Smartphones, z.B. in Form der Systeme „Alexa“, „Siri“ oder auch „Cortana“.
- **Fahrassistenten**: In vielen zugelassenen Autos können die Fahrerinnen und Fahrer bereits KI-basierte Assistenzsysteme nutzen, z.B. Spurhalteassistenten oder Einparkhilfen. Im Gegensatz zum autonomen Fahren unterstützt das KI-System allerdings nur den Fahrenden. Dieser behält nach wie vor die Kontrolle über das Fahrzeug. Potenzielle Entwicklungen in der Zukunft werden bspw. im Erkennen von Fußgängern gesehen.¹⁵
- **Roboter mit KI** (auch *Koboter - kollaborativer Roboter* genannt): In der Robotik steigt seit geraumer Zeit die Relevanz von KI-Systemen. Diese kommt sowohl in Industrie- als auch bei Servicerobotern zur Anwendung (Plattform Industrie 4.0 2019, EFI 2016). Für die Industrie sind solche Systeme besonders interessant, da intelligente Robotersysteme in Fertigungsprozessen zunehmend komplexere Aufgaben übernehmen können (Wennker 2020: 131-3). Weiterführend wird der Einsatz von KI-unterstützten Robotern aber auch in Bereichen außerhalb von Produktionsanlagen eruiert. So werden Anwendungspotentiale bei assistierenden Pflegerobotern (Schuh et al. 2020) oder bei Rettungseinsätzen im Rahmen von Naturkatastrophen diskutiert (Magid et al. 2019).

¹⁴ s. Handelsblatt „Sieben Beispiele für Künstliche Intelligenz im Alltag“ verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/technik/digitale-revolution/handelsblatt-tagung-sieben-beispiele-fuer-kuenstliche-intelligenz-im-alltag/24134058.html?ticket=ST-2646204-UD6TAcTZChauQHaGVcv-ap4> (letzter Zugriff 31.03.2021).

¹⁵ s. NDR-Beitrag: „Künstliche Intelligenz: Aus Vision wird Alltag“ verfügbar unter <https://www.ndr.de/nachrichten/netzwelt/Kuenstliche-Intelligenz-Aus-Vision-wird-Alltag.kuenstlicheintelligenz124.html> (letzter Zugriff 30.03.2021).

5.2.2.2 Entscheidungsunterstützung

Zu einer Interaktion zwischen Menschen und Maschine kommt es insbesondere aufgrund der Potenziale künstlicher Intelligenz mit komplexen Daten zu arbeiten. Somit kann und wird die Technologie auch zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen eingesetzt (vgl. als Überblick Rao 2017). Die Nutzung datenbasierter Verfahren zur Validierung von Entscheidungen ist in der Wirtschaft längst etabliert (u.a. Brynjolfsson und McElheran 2016). Im Gegensatz zu herkömmlichen Instrumenten der Datenanalyse birgt der Einsatz von KI allerdings ein ganz neues Universum an Möglichkeiten (Colson 2019), da hierdurch große Mengen komplex-strukturierter Daten in die Entscheidungsfindung miteinfließen können. Prozesse, welche vorher sehr zeit- und/oder personalaufwendig waren, können so effizienter als bisher gestaltet werden. Weil KI-Verfahren mit unterschiedlichen Datenstrukturen umgehen können, sind hier die Einsatzpotentiale riesig und beschränken sich weder auf einzelne Branchen noch auf spezifische Arten von Prozessen. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen u.a. von der Unterstützung bei medizinischen Diagnosen hin zur Analyse von Finanzmärkten. Im Alltag sind entscheidungsunterstützende KI-Verfahren bspw. in Form von Vorschlagsystemen bei Streamingdiensten zu finden. Hier wird auf Basis des Nutzerverhaltens auf ein spezifisches Segment im Angebot verwiesen¹⁶.

Auch für den Erfolg von entscheidungsunterstützenden Verfahren ist die Akzeptanz und das Vertrauen der Anwenderinnen und Anwender ein zentraler Faktor (Corves und Schön 2020). Dementsprechend wird es hier als elementar angesehen, dass KI-unterstützte Entscheidungen für die Menschen transparent und verständlich bleiben (s. auch Kap. 2.3). In einem Beitrag der Konrad-Adenauer-Stiftung wird zudem kritisch diskutiert, inwiefern zukünftig der KI-Entscheidung auch effektiv widersprochen werden kann¹⁷. Abseits dieser allgemein relevanten Fragen können zahlreiche Beispiele für vielversprechende Einsatzmöglichkeiten von KI bei der Entscheidungsunterstützung identifiziert werden¹⁸:

- **Medizin und Diagnostik:** KI-Verfahren können z.B. zur Analyse von Aufnahmen eingesetzt werden, z.B. bei CT- oder Röntgenbildern. Hierdurch kann die manuelle Einschätzung des Arztes durch eine KI-Mustererkennung ergänzt werden und damit die ärztliche Diagnose unterstützt werden (s. Hosny et al. 2018). Neben der Mustererkennung von Bildmaterial werden im medizinischen Bereich noch zahlreiche weitere Anwendungsfälle von KI diskutiert, z.B. zur Überwachung von Werten bei Diabetes (Contreras und Vehi 2018).
- **Versicherungen:** Große Versicherungsunternehmen, wie z.B. Axa oder Allianz, testen bereits zunehmend KI-Technologien (Tabarelli 2019: 299). So kann KI u.a. für die Bewertung neuer Kunden eingesetzt werden, um personalintensive Prüfungen effizienter zu gestalten und Vorhersagen über das Risiko neuer Kunden präzise einschätzen zu können. Auch werden KI-Assistenzsysteme zur Kalkulierung der Schadenssumme und zur Kundenbindung entwickelt.¹⁹ Letztere dienen dazu, Kunden zu identifizieren, die potenziell unzufrieden sind, um diese proaktiv ansprechen zu können. Ergänzend können Systeme zur Zusammenfassung von Kundendaten generell in Verwaltungssystemen zur Anwendung kommen und so auch die öffentliche Verwaltung im Backoffice bereichern (vgl. hierzu Lucke und Etscheid 2020).
- **Wartungsarbeiten:** KI-Lösungen können Wartungsarbeiten unterstützen, indem sie unstrukturierte Informationen für die Mitarbeitenden aufbereiten und systematisieren, wodurch sich in Wartungsfällen effizient ein Überblick über die Lage gewinnen lässt (u.a. Hildesheim und Michelsen 2019: 133). Als praktisches Beispiel kann hier das geförderte Projekt „Nitrat-Monitoring 4.0“ angeführt werden, bei dem der KI-Einsatz erprobt wird, um die Belastung im Grundwasser effektiver als zuvor zu überwachen.

5.2.2.3 Autonome Systeme und Automatisierung

Im Unterschied zu kooperativen und unterstützenden Systemen, welche in den vorherigen Abschnitten diskutiert wurden, können KI-Lösungen auch vollkommen eigenständig Probleme bearbeiten. Solche Systeme benötigen eine eigene Lern- und Entscheidungsfähigkeit (s. Wahlster 2017). Dies stellt

vom Prinzip her die höchste Entwicklungsstufe einer KI-Lösung dar, wo der Faktor Mensch vollständig in den Hintergrund rückt (Holtel et al. 2017: 21-23). Insbesondere repetitive Aufgaben eignen sich hervorragend dafür, mit maschinellen Lernen gelöst zu werden (Leukert et al. 2019: 46-47). Dank der

¹⁶ s. FAZ-Artikel „Künstliche Intelligenz, Alltagsbeispiel: Netflix“ verfügbar unter, <https://www.faz.net/asv/thematisch-investieren/kuenstliche-intelligenz-alltagsbeispiel-netflix-17005381.html> (letzter Zugriff 30.03.2021).

¹⁷ s. Konrad-Adenauer-Stiftung "Künstliche Intelligenz: Häufig gestellte Fragen" verfügbar unter: <https://www.kas.de/de/einzeltitel/content/kuenstliche-intelligenz-haufig-gestellte-fragen> (letzter Zugriff 31.03.2021).

¹⁸ Die Beispiele dienen nur der Illustration möglicher Einsatzgebiete. Sie sind weder vollständig noch abschließend.

¹⁹ s. PWC-Beitrag „Künstliche Intelligenz in der Versicherungswelt“, verfügbar unter <https://www.pwc.at/de/branchen/financial-services/versicherungen/kuenstliche-intelligenz-versicherung-gen.html#usecases> (letzter Zugriff 30.03.2021).

Potenziale der Künstlichen Intelligenz sind autonome Lösungen auch schon heute bei komplexen Problemstellungen – zumindest theoretisch – möglich. Ein medial bekanntes Beispiel hierfür sind selbstfahrende Fahrzeuge, welche als Prototypen bereits getestet werden (s. zum Entwicklungsstand ADAC 2021). Das zukünftige Potenzial für wirtschaftliche Effizienzgewinne durch Automatisierung ist dementsprechend hoch einzuschätzen. Allerdings ist hierdurch auch ein Trend denkbar, dass durch KI-Automatisierungen die Beschäftigungsquote im verarbeitenden Gewerbe deutlich gesenkt werden kann (Buxmann und Schmidt 2019: 28-30). So schlussfolgern Buxmann und Schmidt (2019: 29): „Ein Szenario, in dem intelligente Roboter die Produktion der benötigten Güter weitgehend übernehmen, ist noch in diesem Jahrhundert wahrscheinlich.“ Ein solcher Trend wird mutmaßlich weitreichende Konsequenzen für den Arbeitsmarkt haben (ebd.). Dass die Substitutionseffekte von KI-Automatisierung schon heute relevant sind, zeigt sich an der öffentlich diskutierten Maßnahme von Zalando, bei der 250 Stellen im Bereich Marketing abgebaut wurden, um stattdessen KI-basierte Verfahren einzusetzen.²⁰

Die Abgabe der Kontrolle vom Menschen an das KI-System und die damit einhergehende Entscheidungshoheit des Systems haben dabei ebenfalls weitreichende Implikationen mit Blick auf rechtliche und ethische Aspekte (s. auch Kap. 2.3). Exemplarisch zeigt sich diese Diskussion ebenfalls bei selbstfahrenden Autos²¹: Wie agieren diese z.B. in Gefahrensituationen? Wer haftet bei entstandenen Schäden?

Die Potenziale von Automatisierungen durch KI sind extrem weitreichend und beschränken sich weder auf einzelne Branche noch auf spezifische Tätigkeiten (Dumitrescu et al. 2018),

um allerdings die Möglichkeiten beispielhaft zu skizzieren dient die folgende Aufzählung:

- **Autonome Roboter:** Mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz können Roboter in der Produktion zunehmend komplexe Aufgaben übernehmen, wodurch mehr Schritte als zuvor autonom erledigt werden können (Hecker et al. 2018:14-16).²² Neben dem Einsatz in Produktionsanlagen ist auch ein Einsatz von autonomen KI-Systemen für Serviceleistungen möglich. Beispiele sind hier u.a. der Pflegebereich, der Einzelhandel, die Logistik, Verwaltungen und die Gebäudereinigung (Stubbe et al. 2019: 35-46).
- **Autonome Fahrzeuge:** Im Bereich der Mobilität ist das autonome Fahren aktuell der zentrale Trend. Es gibt Einschätzungen, nach denen bis 2025 der Einsatz von selbstfahrenden Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr umfänglich möglich sein könnte. Sowohl für den Personentransport als auch für Nutzfahrzeuge ist die Entwicklung autonomer Fahrzeuge bedeutsam (Hecker et al. 2018: 21-23). Auch wenn die Entwicklung durch viele namhafte Hersteller vorangetrieben wird, ist aber eine Marktdurchdringung durch autonome Fahrzeuge erst für das kommende Jahrzehnt zu erwarten (ADAC 2021).
- **Buchhaltung:** Mit Hilfe von maschinellem Lernen können teilweise bereits buchhalterische Tätigkeiten, wie z.B. Zahlungsverarbeitung und Postenzuweisungen, teilautomatisiert werden. Ein Beispiel für eine aktuelle Lösung stellt SAP Cash Application dar (Leukert et al. 2019: 47).

5.2.2.4 Geschäftsmodelle

Wie in den vorausgehenden Abschnitten aufgezeigt, können KI-Technologien auf die verschiedensten Arten und Weisen eingesetzt werden. Durch ihr Potenzial zur Automatisierung und Optimierung von Prozessen sind substantielle Effizienzsteigerungen in den meisten wirtschaftlichen Bereichen zu erwarten. Die Integration von KI in das Unternehmen ist dabei ebenso vielfältig möglich. Grundlegend können zwei unterschiedliche Wege zur KI-Implementation in das Geschäftsmodell voneinander abgegrenzt werden (Joenssen und Müllerleile 2020: 4): (1) KI wird in ein bereits etabliertes Geschäftsmodell eingefügt, um die bisherigen Prozesse zu unterstützen bzw. effizienter zu gestalten. (2) KI ermöglicht ein neuartiges Geschäftsmodell, welches ohne die Technologie nicht realisierbar wäre.

Beide Strategien bieten Unternehmen aufgrund der Technologie das Potenzial, einen signifikanten Wettbewerbsvorteil zu erreichen, aber insbesondere letzterer – die Erschaffung vollkommen neuartiger Geschäftsmodelle – wird ein besonders disruptives Potenzial im wirtschaftlichen Wettbewerb unterstellt. Eine Studie des Fraunhofer Instituts illustriert die Erschaffung neuartiger Geschäftsmodelle am Beispiel des Versandhandels (Abdelkafi et al. 2019). Das bisherige Modell „Shopping and Shipping“ könnte sich durch KI zu „Shipping and Shopping“ entwickeln. Die Basis hierfür wäre, das KI hinreichend präzise vorhersagen kann, was der Kunde oder die Kundin kaufen will und dass auf dieser Basis der prophylaktische Versand in die Nähe des Kunden lohnenswert ist.

²⁰ s. Heise-Meldung von 2018 „KI-gesteuertes Marketing: Zalando streicht 250 Arbeitsplätze“, verfügbar unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/KI-gesteuertes-Marketing-Zalando-streicht-250-Arbeitsplaetze-3990425.html> (letzter Zugriff 30.03.2021).

²¹ s. ADAC-Artikel „Ethische Fragen rund um das vernetzte und automatisierte Fahren“ verfügbar unter <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zu->

[behoer/autonomes-fahren/recht/ethische-fragen/#:~:text=Die%20Kernaussagen%20der%20Ethik%2DKommission,m%C3%BCssen%20eine%20positive%20Risikobilanz%20aufweisen](#) (letzter Zugriff 30.03.2021).

²² s. Digital-Engineering-Magazin Beitrag „KI in der Produktion“ verfügbar unter <https://www.digital-engineering-magazin.de/ki-in-der-produktion-so-veraendern-roboter-unsere-arbeitsbedingungen-und-prozesse/> (letzter Zugriff 30.03.2021).

Frühzeitig etablierte KI-basierte Geschäftsmodelle könnten sich dabei einen uneinholbaren Vorsprung im Markt herausspielen, denn die zentrale Herausforderung für die Implementierung von KI-Lösungen sind auf der einen Seite die notwendigen Investitionen zur Realisierung und auf der anderen Seite die Akquirierung ausreichender Datenmenge für den Anwendungsfall (Abdelkafi et al. 2019: 23-29). Hat ein Wettbewerber eine solche KI-Lösung erfolgreich implementiert, verstärkt sich voraussichtlich seine Stellung im Wettbewerb, da sich der Zugang zu relevanten Daten durch die Nutzung des KI-Services stetig erhöht.

Aber auch in bereits etablierten Geschäftsmodellen ist die Anwendung von KI denkbar und – in vielen Fällen – sehr erfolgversprechend. Unterteilt man Geschäftsmodelle nach dem Business Canvas Modell sind KI-Einsatzmöglichkeiten in allen Bereichen denkbar (Joenssen und Müllerleile 2020: 6). Beispiele hierfür sind u.a.:

- **Kundenbeziehung:** KI-Anwendungen können genutzt werden, um potenziell unzufriedene Kunden zu identifizieren und proaktiv zu handeln, um einer evtl. Beendigung der Geschäftsbeziehung zuvorzukommen.
- **Kundenarten:** KI-basierte Verfahren können alternativ auch eingesetzt werden, um zu evaluieren, welche Kunden für eine Geschäftsbeziehung potenziell in Frage kommen, z.B. in Form eines Mieter-Scorings oder bei der Vergabe von Krediten (Joenssen und Müllerleile 2020: 6-11).
- **Schlüsselressourcen:** Die zur Verfügung stehenden oder beim Kunden erzeugten Daten werden zum Fundament des KI-basierten Angebots und damit zu einer Schlüssel-Ressource.
- **Vertriebs- und Kommunikations-Kanäle:** Die Anwendung von individualisierter Werbung und Ansprachen ist durch KI möglich.
- **Einnahmequellen:** Die eigens entwickelte KI kann potenziell wiederum an andere Unternehmen als KI-as-a-service vermietet werden und damit neue Einnahmen generieren.
- **Kosten:** Viele Prozesse, die heute noch sehr personalintensiv sind, könnten zukünftig durch KI-Einsatz effizienter gestaltet werden und damit Kosten eingespart werden, z.B. durch den Einsatz von KI im Backoffice.

Zwei Beispiele aus NRW

- DeepL aus Köln bietet ein KI-basiertes Übersetzungsprogramm an, das die bisher herkömmlichen Wörterbuch-basierten Ansätze qualitativ bei weitem überholt hat. So schlägt DeepL auch Branchenriesen, wie z.B. Google, in dem Bereich der automatisierten Übersetzung (<https://www.deepl.com/translator>).
- Das Start-Up Fileee aus Münster bietet KI-Technologie zum Management von Dokumenten an, womit Digitalisierungsprozesse in Unternehmen effektiv unterstützt werden können. Durch das KI-Programm ist das Systematisieren und Archivieren von Dokumenten möglich (<http://fileee.com>).

5.2.3 Corporate Digital Responsibility und ethische Verantwortung

Die Vielfalt möglicher Anwendungsformen von KI sowie die komplexe Funktionsweise der betreffenden Technologien bringen besondere Herausforderungen für die rechts- und ethikkonforme Gestaltung und für eine entsprechende Regulierung mit sich. Durch die zunehmende Verlagerung von Entscheidungsprozessen vom Menschen als Handlungssubjekt auf KI-gesteuerte Systeme stellen sich etwa neue Fragen der Zuordnung von Verantwortung für die Entwicklung, Programmierung, Einführung, Nutzung, Steuerung, Kontrolle, Haftung und externe Überprüfung von KI und auf ihnen beruhenden Anwendungen. Die konkrete Funktionsweise ist zudem in besonderer Weise abhängig von der Auswahl und der Qualität der jeweils eingegebenen und/oder für die Entwicklung („Training“) genutzten Daten. Schon die Nichtberücksichtigung bestimmter Datenarten und die Einbeziehung qualitativ schlecht aufbereiteter Daten können ethisch problematische Folgen bis hin zu systematischen Diskriminierungen oder pluralitätsfeindlichen Ergebnissen verursachen. So beschäftigt sich aktuell die Arbeitsgruppe Mensch und Maschine des Deutschen Ethikrates mit den gesellschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung. Auch die Enquete-Kommission des deutschen Bundes-

tages hat sich diesem Thema angenommen, ebenso wie zahlreiche zivilgesellschaftliche Initiativen, wie etwa Algorithm-Watch. Die Betroffenheit Einzelner hängt dann stark von Parametern wie dem Bildungsstand, dem Zugang zu entsprechenden Technologien und Geräten, der gesellschaftlichen Position oder individuellen Einstellungen ab. Grundsätzlich können Menschen als aktiv Nutzende eines KI-Systems oder passiv von der Datenerzeugung/-verarbeitung von KI-Systemen betroffen sein (vgl. Enquete-Kommission 2019). Die Datenethikkommission empfiehlt in diesem Zusammenhang, die Forschung an modernen Anonymisierungsverfahren und an der Generierung synthetischer Trainingsdaten verstärkt zu fördern, auch um die Datenmenge zu vergrößern, die grundrechtsschonend für KI-Technologien verarbeitet werden kann (vgl. Datenethikkommission 2018).

Regeln für den Einsatz von KI müssen mit einem die Diversität der Gesellschaft reflektierenden Blick und ggf. unter Beteiligung der Betroffenen erarbeitet werden. Bürgerinnen und Bürger sollten über den Einsatz von KI informiert und generell für den Umgang mit KI gebildet werden, damit sie sowohl bei passiver Betroffenheit als auch bei der aktiven Nutzung von KI in-

formierte Entscheidungen treffen können. Die Enquete-Kommission zeigt anschaulich, dass das Bild von KI in der gesellschaftlichen Wahrnehmung noch sehr diffus, über die gesellschaftlichen Gruppen unterschiedlich verteilt und zu einem großen Teil durch Science-Fiction-Vorstellungen geprägt ist. Sie empfiehlt, Menschen über Befähigung, Transparenz, Teilhabe und Schutz bestmöglich für die gesellschaftlichen Umbrüche (positiv wie negativ) infolge des Einsatzes von KI vorzubereiten. Hiermit ist direkt das Bildungs- und Ausbildungssystem und damit die Ebene der Länder und der einzelnen Bildungs- und Wirtschaftsakteure angesprochen. Damit die Menschen einschätzen können, wann sie mit KI-Systemen in Berührung kommen und die Chance haben, deren Wirkungsmechanismen zu verstehen, zu hinterfragen und davon zu profitieren, brauchen sie das notwendige Verständnis (Digitalkompetenzen) und ggf. eine einfache Kennzeichnung im Kontext der Anwendung (z.B. bei Chatbots). Im Rahmen der Expertengespräche wurde auf die Bedeutung derartiger Kompetenzen immer wieder Bezug genommen.

Eng damit verknüpft ist das Thema der Corporate Digital Responsibility (CDR). Auch wenn CDR bislang eine einheitliche und allgemein akzeptierte Definition vermissen lässt, geht es grundsätzlich um Prinzipien der unternehmerischen Verantwortung im digitalen Wandel. Diese Prinzipien beziehen sich auch auf gesetzliche Anforderungen und Standards, doch vor allem sind freiwillige Selbstverpflichtungen angesprochen (vgl. BMJV 2018).

Das Thema CDR ist angelehnt an das Thema Corporate Social Responsibility (CSR), besitzt jedoch eine andere Schwerpunktsetzung. Während die grundsätzlichen Wesensmerkmale der CSR auch für die CDR gelten, erfolgt eine Schwerpunktverlagerung hin zu den Themen, die im Zuge der Digitalisierung eine besondere Bedeutung besitzen. Bei der CSR handelt es sich eher um ein Leitbild, statt um einen konkreten Anforderungskatalog oder um Lösungskonzepte, weshalb die Grenzen zwischen themenrelevanten Ansätzen wie Corporate Citizenship, unternehmerischer Nachhaltigkeit oder etwa Stakeholdermanagement fließend sind. Es geht hierbei stets um Unternehmensethik und die Frage nach der gesellschaftlichen Verantwortung von Unternehmen. Im übertragenen Sinne gilt genau das gleiche auch für die CDR. Doch stehen in der CSR ökologische und soziale/menschliche Aspekte im Vordergrund, dominieren in der CDR rein digitale Faktoren: Wie werden Daten verarbeitet, die von außen kommen und wie transparent wird dies kommuniziert? Wie schützenswert sind diese Fremddaten und sind jene Verarbeitungsschritte zu den Dateneigentümern interessenskonform? Inwieweit lässt sich gesellschaftlicher Mehrwert ableiten, ohne Wettbewerbsvorteile oder Unternehmens-Assets zu riskieren? (vgl. Smart Data Begleitforschung 2018).

Denn informationelle Selbstbestimmung ist ein Persönlichkeits- und Grundrecht und leitet sich aus dem allgemeinen Persönlichkeitsrecht (Art. 2 Abs. 1 GG) ab. Damit ist das Recht jedes Einzelnen gemeint, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner personenbezogenen Daten entscheiden zu können. Zugleich bestehen legitimerweise in Unternehmen Ziele hinsichtlich Wertschöpfung, Effizienz und Gewinnentwicklung. Dies kann zu Zielkonflikten führen.

Der Gesetzgeber hat mit verschiedenen Initiativen und Gesetzen dem Recht auf informationelle Selbstbestimmung Rechnung zu tragen, etwa mit der Datenschutzgrundverordnung oder dem Verbot der Vorratsdatenspeicherung. Hierdurch steigt die Transparenz bei der Verarbeitung personenbezogener Daten deutlich an.

Insofern ist im Fall von CDR stets die Balance zwischen nahe liegenden Vorteilen, die durch die Nutzung digitaler Technologien entstehen und den nicht intendierten und unerwünschten Folgen angesprochen. Die Lösung kann offensichtlich nicht darin bestehen, pauschal auf die Nutzung digitaler Möglichkeiten zu verzichten. Doch kann an all jene, die diese digitalen Möglichkeiten entwickeln, anbieten und einsetzen, die legitime Erwartung gestellt werden, dass sie nicht nur auf die Vorteile schauen, sondern immer auch systematisch nach möglichen schädigenden Wirkungen Ausschau halten und diese zu vermeiden versuchen. Oder: dass sie erklären können, warum sie diese Schädigungen für zumutbar oder gerechtfertigt halten. Dies ist nichts, was sich die Unternehmen aussuchen können – es ist der Kern ihrer Verantwortung, es ist der Kern von CDR (vgl. auch Suchanek 2020).

Beide Ansätze, sowohl CSR als auch CDR, verbindet das Zentrum Wirtschaft und Digitale Verantwortung in Wuppertal – CSR.Digital. Es kombiniert Fragen aus der Digitalisierung und der Nachhaltigkeit und sucht entsprechende Antworten und Chancen für Unternehmen, insbesondere KMU. Das Zentrum ist ein aus EU-Mitteln gefördertes Kollaborationsprojekt zwischen dem Wuppertaler Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP), der IHK NRW und dem Lehrstuhl für Controlling und Accounting an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Prof. Dr. Barbara E. Weißberger).

Speziell durch CDR haben Unternehmen die Möglichkeit, sich durch verantwortliches Handeln zu diversifizieren, Alleinstellungsmerkmale zu bilden und das eigene Image, beziehungsweise die eigene Marke, ins bessere Licht zu rücken. Zugleich haben sie die Möglichkeit, flexibel zu bleiben, da keine Handlungsnotwendigkeit seitens der Judikative besteht (vgl. Willrich 2018). Ein Ansatz, das abstrakte Thema der Corporate Digital Responsibility in die Praxis zu überführen hat das Unternehmen Accenture im Jahr 2015 veröffentlicht (vgl. Cooper et al. 2015). Fünf Prinzipien stehen dabei im Mittelpunkt:

- **Stewardship** meint die verantwortungsbewusste Verwaltung und Sicherheit von persönlichen Kundendaten. Daten sollten nicht ungefragt an Dritte weitergegeben und vor Verlust beziehungsweise Manipulation geschützt werden.
- **Transparency** meint Transparenz hinsichtlich der Daten selbst, aber auch hinsichtlich der Verarbeitung der Daten herzustellen. Damit ist etwa eine Schnittstelle gemeint, über die eine Kundin oder ein Kunde sämtliche eigene personenbezogene Daten abfragen kann.
- **Empowerment** bedeutet, zusätzliche Wertangebote anzubieten, die auf Basis der gespeicherten und verarbeiteten Daten möglich werden. Das Angebot geht also über das grundsätzliche und notwendige Angebot hinaus und

bietet Lösungen an, mit deren Hilfe Kundinnen und Kunden etwa bessere Entscheidungen treffen können. Beispielsweise kann eine Bank auf Basis der gespeicherten Daten Entscheidungshilfe bei der Finanzplanung anbieten.

- **Equity** zielt darauf, die aus der Datenspeicherung/-verarbeitung hervorgehenden Mehrwerte zu teilen. Dies kann durch eine einfache Gewinnbeteiligung erfolgen, wäre aber auch durch das Angebot mehrwerthaltiger Daten denkbar: Also etwa Daten, die bereits Verarbeitungsschritte durchlaufen haben und nun entweder aggregiert oder durch weitere Daten angereichert zur Verfügung stehen.
- **Inclusion** meint die Bereitstellung von erfassten Daten an die Gesellschaft. Sie hat das Ziel, sozialen Nutzen zu stiften. Denkbar wäre beispielsweise, statistisch-aggregierte Daten über eine bestimmte Population zu veröffentlichen, auf deren Basis relevante klinische Studien durchgeführt werden können.

Diese Prinzipien könnten auch in NRW als Basis oder Orientierungsrahmen für die Unternehmen dienen, um entsprechende selbstverpflichtende CDR-Konzepte zu entwickeln und umzusetzen. Im Kern wird die Herausforderung immer darin bestehen, die unterschiedlichen Werte der beteiligten Stakeholder sowie Kosten und Nutzen auf allen Seiten zu verdeutlichen und gegeneinander abzuwägen.

Einen solchen konkreten Versuch unternimmt das Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) gemeinsam mit den Unternehmen Deutsche Telekom, Miele, Otto Group, SAP, Telefónica und ZEIT Online. Sie haben im Mai 2018 die CDR-Initiative ins Leben gerufen, um einen Prozess zur Entwicklung von Prinzipien und Leitlinien einer Corporate Digital Responsibility (CDR) anzustoßen. Mit der ersten öffentlichen Veranstaltung am 2. April 2019 konnten weitere Institutionen für den kommenden Weg gewonnen werden. Weitere Akteure sollen sukzessive Teil der Initiative werden. Ziel ist es, digitale Verantwortung zu einer Selbstverständlichkeit für Unternehmen aller Branchen werden zu lassen. Über das gesetzlich vorgeschriebene hinaus sollen noch mehr Unternehmen dazu motiviert werden, die Digitalisierung menschen- und werteorientiert zu gestalten. Sie sollen dadurch einen echten Marktvorteil gewinnen. Zudem erhalten die Verbraucherinnen und Verbraucher einen besseren Überblick darüber, wie Unternehmen mit ihren Daten umgehen. Dieser Prozess kann als Blaupause für entsprechende Aktivitäten in NRW dienen und damit der besonderen Bedeutung einer Verständigung zwischen ökonomischen, digitalen und gesellschaftlichen Zielen Rechnung tragen. NRW hat die Chance, sich hier als einer der Vorreiter zu positionieren und dadurch die Akzeptanz für KI stärker in der Gesellschaft zu verankern.

Noch einen Schritt weiter geht die Debatte um grundsätzliche ethisch-moralische Werte. Denn mit Hilfe Künstlicher Intelligenz werden heute und zukünftig verstärkt Entscheidungen getroffen, die zuvor der Mensch getroffen hat. Der Unterschied liegt jedoch im Kern darin, dass die KI nicht die Verantwortung für die getroffenen Entscheidungen übernimmt. Dies kann nur

der Mensch tun. Damit zusammenhängend wird diskutiert, ob die Auswirkungen von KI auf den Arbeitsmarkt in ethischer Hinsicht begleitet werden sollten und ob eine stärkere Kontrolle in puncto Missbrauch von KI-Technologien notwendig erscheint (vgl. Hagendorf 2020; Jobin et al. 2019).

Ethik fällt hierbei grundsätzlich eine gestaltende, keine ausschließlich regulierende Rolle zu. Es geht nicht darum, rote Linien zu ziehen, sondern vielmehr zu definieren, welchen Zielen die Gestaltung von KI-Technologien und deren Einsatz folgen soll (Enquete-Kommission 2020). Staat, Wirtschaft und Zivilgesellschaft haben daher Expertengruppen ins Leben gerufen oder Untersuchungen beauftragt, die sich mit der ethischen und kulturellen Dimension Künstlicher Intelligenz auseinandersetzen und mögliche Risiken und Gestaltungsbedarfe identifizieren. Beispiele sind die High-Level Expert Group on Artificial Intelligence der Europäischen Kommission, die Expert Group on AI in Society der OECD, die Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz sowie die Datenethikkommission, die im Auftrag des Deutschen Bundestages tätig wurden. Zusätzlich haben diverse Unternehmen, darunter Google und Amazon, Richtlinien für die Entwicklung und den Einsatz von KI veröffentlicht. Derartige Aktivitäten der Wirtschaft bergen jedoch stets Elemente strategischen Verhaltens. Unternehmen sind dann bemüht, Vertrauen der Anwenderinnen und Anwender wie auch der gesetzgeberischen Akteure zu gewinnen, um Blockaden oder regulative Einschränkungen zu vermeiden.

Die gemeinnützige Organisation Algorithm Watch hat mit dem AI Ethics Guidelines Global Inventory ein globales Verzeichnis für entsprechende KI-Ethikrichtlinien veröffentlicht. Auch das Land NRW hat bereits durch das Fraunhofer IAIS im Jahr 2019 Handlungsfelder für den vertrauenswürdigen Einsatz Künstlicher Intelligenz formulieren lassen (vgl. Fraunhofer IAIS 2019). Ziel war, eine Zertifizierung für KI-Anwendungen zu entwickeln, die neben der Absicherung der technischen Zuverlässigkeit auch einen verantwortungsvollen Umgang aus ethisch-rechtlicher Perspektive prüft.

In den Expertengesprächen wurden durch die befragten Personen durchaus Regulierungsbedarfe gesehen, die Gefahren aber als eindeutig beherrschbar eingeschätzt. Nach aktuellem Forschungsstand und Berücksichtigung der Expertenmeinungen lassen sich folgende Gebiete festhalten, in denen KI-Technologien und deren Anwendung durch entsprechende Richtlinien, Verordnungen und Gesetze kritisch flankiert werden (vgl. Hagendorff 2020; Jobin/Ienca/Vayenna 2019; Datenethikkommission 2029):

- Transparenz und Verständlichkeit
- Gerechtigkeit und Fairness
- Sicherheit und Schutz
- Verantwortung und Integrität
- Privatsphäre und Datenschutz
- Freiheit und Selbstbestimmtheit
- Nachhaltigkeit und Gemeinnützigkeit

Eine zentrale Schwäche ethischer Grundsätze und kultureller Debatten über Künstliche Intelligenz liegt zweifelsohne in ihrer mangelnden Wirksamkeit. Studien bestätigen, dass weder freiwillige Selbstverpflichtungen der Wirtschaft noch Empfehlungen staatlicher oder zivilgesellschaftlicher Akteure zu messbaren Änderungen in der Entwicklung und Implementierung von KI-Technologien führen (Hagendorff 2020). Daraus folgt: Wenn eine echte dirigistische Wirkung gewünscht wird, sollten die entsprechenden Grundsätze und Leitlinien in formale, rechtlich bindende Formen gebracht werden.

Ethische Herausforderungen werden laut Enquete-Kommission der Bundesregierung in der KI in den Bereichen selbstfahrende Autos, Gesundheitswesen, autonome Waffensysteme, politische Manipulation durch KI-Anwendungen, Gesichtserkennung, algorithmische Diskriminierung, soziale Sortierung durch Ranking-Algorithmen, Filterblasen, interaktive Bots usw. gesehen. Die Datenethikkommission der Bundesregierung empfiehlt, ethische Anforderungen entsprechend einem „ethics by, in and for design“-Ansatz als integralen Bestandteil – und damit Markenzeichen einer „AI made in Europe“ – im gesamten Prozess der Entwicklung und Anwendung von KI Beachtung zu schenken. Dies umfasst die Forschung, Entwicklung und die Produktion von KI, aber auch den Einsatz, den Betrieb, die Kontrolle und die Governance KI-basierter Anwendungen.

Die oben genannten Aspekte sind bei der Ausgestaltung eines rechtlichen Rahmens oder eines Anspruchskatalogs weiter im Einzelnen ausdifferenzieren und können mit den Bestrebungen um Corporate Digital Responsibility (CDR) verbunden werden. Für die Entwicklung und den Einsatz von KI-Technologien ist innerhalb der übergreifenden Ethikdimension, wie auch in der CDR-Dimension zu berücksichtigen, dass eine Diskriminierung einzelner Nutzer- oder Bevölkerungsgruppen unbedingt zu unterbinden ist. Durch die Verarbeitung personenbezogener Daten werden seitens der KI etwaige in den Daten vorliegende Verzerrungen übernommen. Führt dies zu einem systematischen Fehlverhalten der KI-Anwendung, können Menschen in den einzelnen Gruppen benachteiligt werden. Mit Hilfe der Berechnung von Fairnessmaßen lässt sich zumindest näherungsweise der Diskriminierungsgrad eines

KI-Systems errechnen. In der konkreten Umsetzung liegen jedoch erhebliche Herausforderungen (s. hierzu etwa Orwat et al. 2020; Enquete-Kommission 2020).

Die für die Einbindung ethischer und rechtlicher Grundsätze in den Gestaltungs- und Anwendungsprozess von KI-Technologien erforderlichen Steuerungsmechanismen sind in großer Bandbreite denkbar. Die Datenethikkommission (2018) weist darauf hin, dass sie auf nationaler und auf europäischer Ebene in einem demokratischen Prozess sachgerecht bestimmt werden müssen. Der Ebene der Länder fällt damit eine lediglich eingeschränkte Lenkungsfunktion zu. Besondere Sicherungen sind dabei beim Einsatz von KI durch staatliche Stellen geboten. Steuerungsmöglichkeiten reichen von gezielter (materieller usw.) Förderung verfassungskonformer Anwendungen, über Zertifizierungen und Standards, bis hin zu behördlichen Überwachungsermächtigungen und Institutionen zur Wahrung grundrechtlicher und ethischer Regeln in Bezug auf KI und bindende gesetzliche Vorgaben.

Sowohl in den im Rahmen dieser Studie geführten Expertengesprächen wie auch in den Stellungnahmen der Enquete- und der Datenethikkommission wurde die klare Empfehlung ausgesprochen, dass die Bürgerinnen und Bürger sowie die institutionellen Akteure hinreichende Kompetenzen sowie kritische Reflexionsfähigkeit im Umgang mit KI entwickeln müssen. Derartige Kompetenzen sind Bedingung für eine sachlich-informierte und differenzierte gesellschaftliche Auseinandersetzung, die das Vertrauen in den Einsatz von KI fördern kann. Dies ist aus Sicht der für diesen Bericht verantwortlichen Autorinnen und Autoren voll und ganz zu bekräftigen. Entsprechende Maßnahmen sollten bereits in der Schule beginnen, sich aber auch im öffentlichen Raum der Zivilgesellschaft abspielen, etwa durch kritisch-konstruktive Multi-Stakeholderdebatten, Aufklärungskampagnen und weitere Forschung im Bereich der Schnittstellen zwischen KI und Gesellschaft.

NRW hat hierfür gute Voraussetzungen: Es gibt bereits mehrere Forschungseinrichtungen, die sich aktiv auch mit rechtlichen und ethischen Fragestellungen in Bezug zu KI auseinandersetzen. Beispiele hierfür sind das Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (ifaa) in Düsseldorf oder die Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit am Forschungszentrum Jülich.

5.3 NRW: Ressourcen und Potenziale für KI und Maschinelles Lernen im Status-quo

5.3.1 Bildung und Ausbildung als Basis für datenbasierte Wertschöpfung

Der Einsatz von KI-Technologien – und in einem breiteren Sinne die datenbasierte Wertschöpfung – werden zukünftig nicht nur in ausgewählten Wirtschaftsbereichen eine Rolle spielen. Vielmehr zeichnet sich schon heute ab, dass die datenbasierte Wertschöpfung wie auch Lösungen der KI in so gut wie allen Wirtschaftszweigen in Zukunft eine wichtige Rolle spielen werden. Daher ist davon auszugehen, dass Regionen, die nicht über die entsprechenden Rahmenbedingungen verfügen, KI-Lösungen für existierende Probleme anwenden zu können, bereits in unmittelbarer Zukunft im internationalen Wettbewerb zurückfallen werden.

Dies betrifft insbesondere die Bildung und Ausbildung als zentrale Grundlage für eine datenbasierte Wertschöpfung und den Einsatz von KI-Technologien. Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Expertengespräche geben klare Hinweise darauf, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit NRW hier in Zukunft nicht (weiter) ins Hintertreffen gerät, sondern eine international führende Rolle einnimmt:

- Die Herausforderung betrifft alle relevanten Bildungsbe-
reiche, also sowohl die schulische Bildung als auch die
Hochschulen und die betriebliche Aus- und Weiterbil-
dung.
- Die Schulen legen eine zentrale Grundlage. Dabei geht
es um eine fundierte Basis in Mathematik und insbeson-
dere auch in Informatik. Neben den technischen Fähig-
keiten ist u.a. auch die Kenntnis gefragt, wie Software-
programme aufgebaut sind und wie man Lösungsan-
sätze für „real world“-Probleme in die Logik von Informa-
tiklösungen übersetzt.
- Hinsichtlich der Herausforderungen der digitalen Wert-
schöpfung kommt der betrieblichen Ausbildung im Be-
reich der Informations- und Kommunikationstechnolo-
gien eine zentrale Bedeutung zu. Diese adressiert direkt
die Bedarfe der Unternehmen in der Breite der Wirt-
schaft.
- Hochschulen und Forschungseinrichtungen besitzen die
Aufgabe, einerseits die Grundlagen- und anwendungs-
orientierte Forschung voranzutreiben und andererseits
das Angebot an zukünftigen Arbeitskräften auszubilden.
Dabei ist wichtig, den Fokus nicht nur als Reaktion auf
die Bedarfe der Wirtschaft auf quantitative Aspekte zu
setzen (d.h. eine möglichst hohe Anzahl von Forschenden
im Feld KI hervorzubringen). Wichtig ist auch, aus-
gewiesene Top-Wissenschaftlerinnen und -Wissen-
schaftler nach NRW zu holen und mit attraktiven For-
schungsbedingungen im Land zu halten.
- Die Kenntnisse und Fähigkeiten der Mitarbeitenden in
den Unternehmen in NRW spielt dabei ebenfalls eine
große Rolle. Es geht nicht in erster Linie darum, dass

möglichst viele Unternehmen über eigene KI-Abteilun-
gen verfügen. Das lohnt sich generell nur für eine kleine
Anzahl von Großunternehmen. Vielmehr ist von zentraler
Bedeutung, dass die Mitarbeitenden in den entsprechen-
den Positionen in Unternehmen offen sind für kreative
Lösungen und für den Austausch mit Expertinnen und
Experten für KI-Lösungen (ob von spezialisierten Unter-
nehmen oder aus der Wissenschaft).

- Ein zentraler Aspekt, der häufig vergessen wird oder zu
Unrecht gegenüber den anderen zurücktritt, ist die digi-
tale Infrastruktur in den Schulen, Hochschulen und For-
schungseinrichtungen. Eine zentrale Voraussetzung für
erstklassige Bildung und Forschung im IT-Bereich stellt
eine leistungsfähige Infrastruktur dar, die auch professi-
onell erwartet wird.

In diesem Abschnitt wird untersucht, inwieweit das Bildungs-
system in NRW auf diese Voraussetzungen für datenbasierte
Wertschöpfung und die zunehmende Bedeutung von KI hin
ausgerichtet ist. Gleichzeitig ergeben sich, wenn Mängel vor-
liegen, Ansatzpunkte für politische Maßnahmen zur Verbesse-
rung der Situation. Dabei werden, wo diese aussagekräftig
sind, neben spezifischen Indikatoren zur Situation in Hinblick
auf KI in NRW auch Indikatoren aus dem Indikatorenbericht
herangezogen.

Bildung von Grundlagen für KI an den Schulen

Die Schulbildung bildet mittelfristig eine zentrale Basis für die
Entwicklung in allen technologischen Zukunftsfeldern so auch
in der KI. Dabei kommt es hinsichtlich der KI-Grundlagen ins-
besondere auf vier Aspekte an: (1) den Bildungsstand im Fach
Mathematik, welcher die zentrale Voraussetzung für Entwick-
lung aller KI-Anwendungen darstellt. (2) Die Affinität zu digita-
len Medien wie auch der verantwortungsvolle Umgang mit
ihnen, die eine Basis für die Beschäftigung mit Fragestellun-
gen der Informatik bilden. (3) Der Unterricht im Fach Informa-
tik, in dem den Schülerinnen und Schülern idealerweise ver-
mittelt wird, wie „real world“-Phänomene in die Sprache der
Informatik übersetzt werden, um auf dieser Basis Lösungen zu
entwickeln. (4) Zuletzt die Begeisterung für die Möglichkeit der
Informatik und der Wissenschaften insgesamt, Lösungen für
drängende gesellschaftliche Probleme zu entwickeln.

Kompetenzen in Mathematik

Zentrale Befunde über die Kenntnisse der Schülerinnen und
Schüler in NRW lassen sich aus den Studien des IQB-Bil-
dungstrends ableiten. Im Jahr 2018 lagen die Mittelwerte der
Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse al-
ler Schulen in Mathematik in NRW unter dem entsprechenden

Bundesdurchschnitt (Abb. 5.3.1).²³ An der Spitze lagen neben Baden-Württemberg und Bayern die Bundesländer Sachsen und Thüringen. Gegenüber 2012 war eine moderate Verbesserung der gemessenen Kompetenzen zu beobachten. Leicht unterdurchschnittliche Kompetenzen in Mathematik zeigten auch die Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse der Gymnasien (vgl. Abschnitt 2.1 des Indikatorenberichts), wobei gegenüber 2012 keine Verbesserung zu beobachten war. Bei diesem Indikator weisen die Ergebnisse gegenüber dem Jahr 2012 nur in Bayern, Hamburg und Sachsen eine Verbesserung auf.

Abb. 5.3.1: Mittelwerte der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe aller Schulen in Mathematik, 2018 und Veränderung gegenüber 2012 in %



Eigene Darstellung nach Angaben von IQB (2013 und 2019).

Zu beachten ist bei der Bewertung dieser Befunde, dass es nicht nur um den Deutschlandvergleich geht. Im Bereich der Digitalisierung/KI ist ein weltweiter Wettbewerb um die besten Forschenden im Gange. Im globalen Vergleich liegt Deutschland nach den aktuell verfügbaren Zahlen in etwa im Mittelfeld. Dies bestätigt die Untersuchung *Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2019*, an der Grundschülerinnen und Grundschüler der 4. Jahrgangsstufe aus insgesamt 64 Staaten teilgenommen haben (Schwippert et al. 2020). In diesem Test lagen Grundschülerinnen und Grundschüler aus Deutschland mit 521 Punkten im Mittelfeld und signifikant unter dem EU-Durchschnitt von 527 bzw. dem OECD-Durchschnitt von 529 Punkten. Die höchsten Werte

ergaben sich für Schülerinnen und Schüler aus Singapur (625), Hongkong (602) und Korea (600). Ein Vergleich mit vorherigen Leistungsvergleichen (ab dem Jahr 2007) zeigt keinen Trend für eine Verbesserung.

Affinität zu digitalen Medien und einem verantwortungsvollen Umgang mit ihnen

Einen Überblick über die digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte und der Schülerinnen und Schüler im Bundesländervergleich gibt eine in den Jahren 2015 bis 2017 im Auftrag der Telekom-Stiftung durchgeführte Repräsentativbefragung von Lehrkräften der Sekundarstufe I an allgemeinbildenden Schulen (Deutsche Telekom Stiftung 2017).²⁴ Die Befragung zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern bei der Nutzung digitaler Medien im Unterricht. Im Bundesdurchschnitt nutzten 31% der befragten Lehrkräfte nach eigener Aussage mindestens einmal pro Woche digitale Medien, 19% nutzten sie täglich. Wenn man die Angaben zur täglichen und wöchentlichen Nutzung zusammenfasst, landet NRW mit einem Anteil von 46% der täglichen oder wöchentlichen Nutzer digitaler Medien im unteren Mittelfeld der Bundesländer und unterhalb der 50%, die sich deutschlandweit ergeben.

Gleichzeitig wurde in NRW nach Angabe der befragten Lehrkräfte die Navigation im Internet im Bundesländervergleich eher selten im Unterricht eingeübt. Einen ersten Hinweis auf den wichtigen Aspekt eines kritischen Umgangs mit neuen Medien gibt die Frage, ob Inhalte aus dem Internet innerhalb des Unterrichts kritisch hinterfragt werden. In diesem Aspekt lag NRW im Mittelfeld der Bundesländer.

Unterricht im Fach Informatik

Informatikunterricht hat in der heutigen, immer stärker durch digitale Systeme durchdrungenen Welt, eine immer größere Bedeutung. Der Unterricht ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, ihre digitale Umwelt zu verstehen und zu gestalten. Dabei geht es nicht in erster Linie um die Bedienung von Geräten, sondern um die Nutzung der Möglichkeiten der Digitalisierung mit dem Ziel, digitale Anwendungen selbst zu entwickeln und damit auch Probleme kreativ zu lösen.

Während eine Verbesserung der Informatikkompetenzen schon im Grundschulbereich überlegt wird²⁵, konzentriert sich die Darstellung hier auf den Bereich der Sekundarstufe. Im IQB Bildungstrend werden leider nur die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern Chemie, Physik und Biologie abgefragt, sodass keine Aussagen über die Kenntnisse in Informatik im Bereich der Sekundarstufe möglich sind. Dies ergibt sich

²³ Am IQB-Bildungstrend nahmen knapp 45 Tsd. Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe aus insgesamt 1.462 Schulen in allen Bundesländern teil. In Mathematik und den Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik) wurde jeweils ein gewisses Spektrum an Kompetenzen getestet. Die Testergebnisse wurden für jedes Fach zu einem Index zusammengefasst, der in Deutschland insgesamt für alle Schulformen den Mittelwert 500 erreicht. In Gymnasien lag der Mittelwert in Mathematik im Jahr 2018 bundesweit bei 578.

²⁴ Ergebnisse dieser Studie wurden bereits in den Abschnitten 2.1 und 2.7 des Innovationsberichts thematisiert.

²⁵ Zu einer verbesserten Grundschullehrerausbildung, s. Haselmeier 2019. In NRW existiert zu diesem Thema das Projekt des Schulministeriums Informatik an Grundschulen (IaG). <https://www.schulministerium.nrw/informatik-grundschulen> (Abruf vom 17.05.2021).

auch daraus, dass es im Informatikunterricht in den Bundesländern einen Flickenteppich an unterschiedlichen Curricula und Bestimmungen gibt.

Jedoch gibt eine aktuelle Studie der Universität Rostock (Schwarz, Hellmig, Friedrich 2020) einen Überblick über die Regelungen zum Informatikunterricht in den Sekundarstufen I und II (Einführungs- und Qualifikationsphase), der aus Tabelle 5.3.1 zu entnehmen ist. Für die Sekundarstufe I und II ist jeweils angegeben, ob Informatik verpflichtend ist oder als Wahlpflichtfach angeboten wird. Darüber hinaus wird abgebildet, ob in der Qualifikationsphase der Sekundarstufe II Angebote in einem erhöhten Anforderungsniveau existieren.

Die Darstellung zeigt, dass nur in sechs Bundesländern Informatik in der Sekundarstufe I verpflichtend ist. Dies sind Baden-Württemberg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt. In den ersten vier der genannten Länder erstreckt sich die Verpflichtung auf mindestens drei Jahrgangsstufen. Während es für Bremen und

Hessen gar keine Regelung gibt, existiert in Nordrhein-Westfalen ein Wahlpflicht-Angebot ab Jahrgangsstufe 7 bzw. 9.

In der Einführungsphase der Sekundarstufe II existiert ein verpflichtendes Angebot in Baden-Württemberg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen. In allen anderen Bundesländern (inklusive Nordrhein-Westfalen) bestehen lediglich freiwillige Angebote. In der Sekundarstufe II bieten alle Bundesländer Informatik auf einem grundlegenden Anforderungsniveau an. Nordrhein-Westfalen gehört zu den 12 Bundesländern, in denen auch Angebote mit einem erhöhten Anforderungsniveau zu finden sind.

Insgesamt wies Nordrhein-Westfalen bislang Nachholbedarf bei der Implementation von Informatikunterricht insbesondere gegenüber den süddeutschen Bundesländern und einem Teil der ostdeutschen Bundesländer auf. Jedoch ist die Landesregierung hier aktiv geworden und führt ab dem Schuljahr 2021/22 das Fach Informatik verpflichtend an den weiterführenden Schulformen in den Klassen 5 und 6 ein.²⁶

Tab. 5.3.1: Überblick über den Informatikunterricht in der Sekundarstufe nach Bundesländern

	Sekundarstufe I			Sekundarstufe II Einführungsphase		Sekundarstufe II Qualifikationsphase	
	Verpflichtend	Verpflichtend mind. drei Jahrgangsstufen	Wahlpflicht/ Wahlfach	Verpflichtend	Wahlpflicht	Grundlegendes Anforderungsniveau	Erhöhtes Anforderungsniveau
BW							
BY							
MV							
SN							
SH							
SL							
ST							
BB							
BE							
HH							
NI							
NW							
RP							
TH							
HB							
HE							

Eigene Darstellung auf Grundlage von Schwarz, Hellmig, Friedrich (2020).

²⁶ <https://www.schulministerium.nrw/presse/pressemitteilungen/ministerin-gebauer-grundkenntnisse-wirtschaft-und-informatik-sind>
Abruf vom 17.05.2021.

Digitale Ausstattung der Schulen

In Hinblick auf die Rahmenbedingungen für KI ist besonders die existierende IT-Ausstattung in den Schulen relevant. Auch der technische Support, der für eine reibungslose Nutzung der digitalen Medien erforderlich ist, darf dabei nicht aus den Augen gelassen werden. Einen guten – wenn auch nicht aktuellen – Überblick über die IT-Ausstattung der Hochschulen gibt die von der Telekom beauftragte Studie zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht aus dem Jahr 2017.

Folgt man der Einschätzung der Lehrpersonen, liegt NRW hinsichtlich der Ausstattung und des Supports in der Spitzengruppe der Bundesländer. Dies betrifft sowohl die Zustimmung auf die Frage, ob es ausreichend technische Unterstützung bei der Wartung der IT-Ausstattung gibt als auch bei der Frage danach, ob eine ausreichende IT-Ausstattung vorhanden ist. Jedoch ist dabei zu bedenken, dass es in diesem Bereich in allen Bundesländern einen erheblichen Anpassungsbedarf gab. Diese Studie stellt den Schulen in Deutschland daher insgesamt ein schlechtes Zeugnis aus, was die digitale Ausstattung anlangt. Lediglich 55,6% der befragten Lehrerinnen und Lehrer sahen die digitale Ausstattung als ausreichend an (Deutsche Telekom-Stiftung 2017: 10).

Zu bedenken ist weiterhin, dass die Situation in Deutschland insgesamt im internationalen Vergleich sehr ungünstig ist. So lag Deutschland nach einer Sonderauswertung der PISA-Ergebnisse hinsichtlich der Verfügbarkeit einer effektiven Online-Lernplattform auf einem der letzten Plätze innerhalb der OECD (OECD 2020: 3).²⁷ Im Rahmen dieser Studie wurden jeweils die Schulleiterinnen und Schulleiter befragt. Dies zeigt, dass in NRW wie auch in allen Bundesländern ein erheblicher Nachholbedarf insbesondere bei der Verfügbarkeit digitaler Lösungen besteht.

Diese Einschätzung wird durch die Probleme bei der Umsetzung eines Online-Unterrichts in der Corona-Krise bestätigt. Am besten war die Situation im Jahr 2017, zu dem die letzten Vergleichsinformationen für die Bundesländer vorliegen, in Bayern, Brandenburg, Hessen und Rheinland-Pfalz. NRW lag demnach im Mittelfeld der Bundesländer. Bemerkenswert ist, dass sich diese Einschätzung auch im Zeitablauf (also im Vergleich des Jahres 2017 mit den Vorjahren 2015 und 2016) kaum geändert hat.

Bei der Ausstattung der Schulen mit WLAN weisen für den Zeitraum 2015 bis 2017 NRW und seit 2016 auch Baden-Württemberg eine mittlere Lehrerbefürwortung auf (sie gehören damit zu den acht Bundesländern im Mittelfeld), Bayern dagegen durchgängig eine höhere (es gehört somit zu den vier Bundesländern, denen der höchste Anteil der Lehrerinnen und Lehrer eine gute Ausstattung bescheinigt). Ein ähnliches Bild zeigt sich hinsichtlich der IT-Ausstattung in Bezug auf Computer

und Software, auch wenn hier Baden-Württemberg zumindest 2015 noch in der Spitzengruppe lag.

Erheblicher Nachholbedarf existiert deutschlandweit beim technischen Support, den lediglich knapp über die Hälfte der Lehrerinnen und Lehrer als ausreichend ansehen (Deutsche Telekom Stiftung 2017: 10). Bei der technischen Unterstützung bezüglich der Wartung der IT-Ausstattung wurde NRW etwas überdurchschnittlich bewertet. Hier lag das Land jedenfalls 2017 in der Spitzengruppe, Bayern und Baden-Württemberg dagegen nur im Mittelfeld. Der Digitalpakt NRW setzt hier an und zielt auf die erforderliche Verbesserung der digitalen Ausstattung der Schulen.²⁸

Technikbegeisterung

Während in den 1980er und 1990er Jahren die Technikbegeisterung der Jugend in mehreren Studien untersucht wurde, spielte dieser Aspekt zuletzt keine zentrale Rolle. Gleichzeitig wurde im Rahmen der Expertengespräche mehrfach die mangelnde Begeisterung für Naturwissenschaft und Technik in Deutschland – nicht speziell in NRW – als längerfristig wichtige Hürde für die Entwicklung der KI in Deutschland genannt. Im internationalen Vergleich liegt Deutschland hinsichtlich der Einschätzung der gesellschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung EU-weit in etwa gleichauf mit anderen Industrienationen wie Großbritannien. Ca. 60% der Teilnehmenden im Rahmen einer Vodafone-Befragung äußerten sich zuversichtlich hinsichtlich der gesellschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung. Deutlich höhere Werte entfielen in Europa auf nord-europäische Länder wie Schweden, Dänemark und Finnland. Deutlich positiver gegenüber der Digitalisierung ist insgesamt die Gesellschaft in China und Indien eingestellt (TechnikRadar – Acatech; Körber-Stiftung 2019: 17).²⁹

Betriebliche Ausbildung als Voraussetzung für die datenbasierte Wertschöpfung

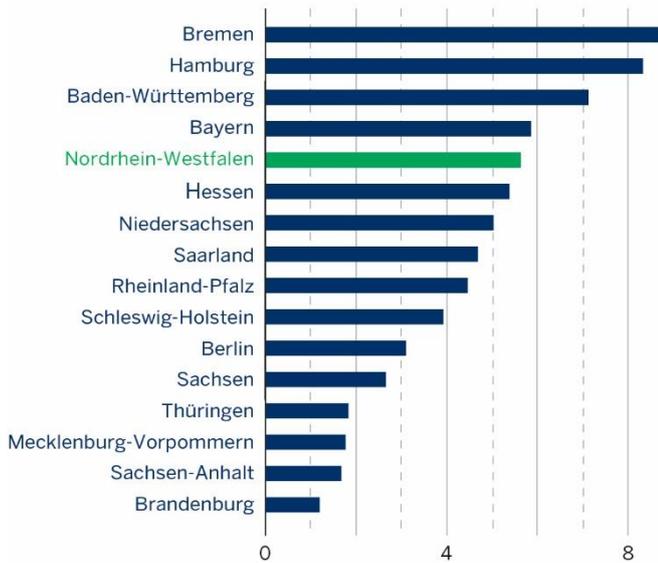
Neben der schulischen Ausbildung bildet die betriebsinterne Aus- und Weiterbildung eine zweite zentrale Säule für die datenbasierte Wertschöpfung. Bei diesem Indikator verfügt NRW im Bundesländervergleich über gute Voraussetzungen. Mit 5,6 IKT-Auszubildenden pro 10.000 Einwohner liegt NRW hier im oberen Mittelfeld (Abb. 5.3.2). Das zeigt, dass die Rahmenbedingungen bei diesem Aspekt der datenbasierten Wertschöpfung im Ländervergleich gut sind. Lediglich in den Flächenländern Baden-Württemberg und Bayern und den Stadtstaaten Bremen und Hamburg ist der Anteil der Auszubildenden in IKT-Berufen höher als in NRW.

²⁷ <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/4bcd7938-en.pdf?expires=1616569058&id=id&accname=guest&checksum=0A14123996FF78B62784028375CC7C95>, Abruf am 11.03.2021.

²⁸ <https://bass.schul-welt.de/18679.htm>, Abruf vom 17.05.2021.

²⁹ *TechnikRadar - Acatech, Körber-Stiftung (Hrsg) 2019: Technik Radar 2019. Was Deutsche über Technik denken.* <https://www.acatech.de/publikation/technikradar-2019/>, Abruf vom 11.03.2019.

Abb. 5.3.2: Anzahl der Auszubildenden in IKT-Berufen pro 10.000 Einwohner, 2017



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts.

Entwicklung von KI-Kompetenzen an Hochschulen

Während in den Schulen die Grundlagen für das Verständnis von Informatik gelegt und Kenntnisse für die Problemlösung mit digitalen Anwendungen vermittelt werden, besitzen die Hochschulen die zentrale Aufgabe, im Rahmen der Studiengänge vertiefte Kompetenzen in Informatik und über die Entwicklung von KI-Anwendungen zu vermitteln. Diese Aufgabe ist eng verknüpft mit der Forschung an den Hochschulen wie auch mit dem Wissenstransfer von Kenntnissen aus der Forschung in die Praxis.

Die zentralen Dimensionen dieser Bildungsaufgabe beinhalten: (1) in einem breiteren Sinne die Anwendung und Nutzung digitaler Medien an den Hochschulen und, spezieller, (2) die Nutzung von KI im Rahmen der Lehre sowie (3) die Vermittlung von Kompetenzen in den Bereichen Informatik und KI. Zentrale Adressaten sind in einer weiten Abgrenzung die Studierenden im Fach Informatik und in einem engeren Sinne die Studierenden, die durch die Informatikprofessorinnen und -professoren mit Schwerpunkt KI angesprochen werden. Als wichtiges Thema bezüglich der Rahmenbedingungen wird (4) die digitale Ausstattung der Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW vergleichend betrachtet.

Der zentrale Aspekt der Qualität der Ausbildung im Bereich Informatik im Allgemeinen und KI im Besonderen kann auf Basis existierender Daten nicht untersucht werden. Jedoch wird im Abschnitt zur KI-Forschung an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen (Abschnitt 5.3.2) der Forschungoutput in Form von Publikationen in qualitativ hochwertigen KI-Journals näher untersucht.

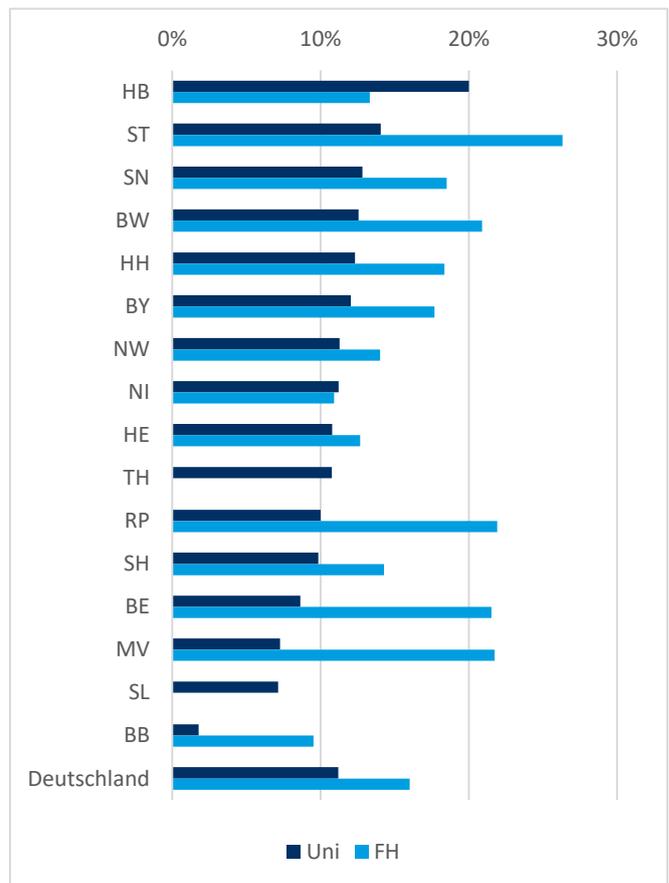
Bedeutung von KI und Nutzung digitaler Medien in der Lehre

Da die Künstliche Intelligenz zahlreiche Anwendungsfelder besitzt und mit KI verbundene Fragen verschiedene Fachbereiche tangieren, stellt sich die Frage, wie weit verbreitet die Beschäftigung mit dem Thema in den Lehrveranstaltungen an den Hochschulen ist. Abbildung 5.3.3 gibt einen Überblick, welcher Anteil jeweils von allen Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern in den verschiedenen Bundesländern und in Deutschland die Bedeutung der Künstlichen Intelligenz innerhalb ihrer Lehre als (sehr) wichtig erachten.

Dabei zeigt sich, dass 11% der antwortenden Universitätsprofessorinnen und -professoren KI als (sehr) wichtiges Thema in ihrer Lehre ansehen und 16% an den Fachhochschulen. Dies erscheint aufgrund der großen Breite der Fachgebiete als eine bemerkenswerte Anzahl, auch wenn wohl noch ein erhebliches größeres Potenzial existiert. Der insgesamt höhere Anteil an den Fachhochschulen hat wohl mit deren stärkerer technischer Ausrichtung zu tun.

Nordrhein-Westfalen liegt bei den Universitäten mit einem Anteil von 11% im deutschlandweiten Durchschnitt. Der Anteil der Universitätsprofessorinnen und -professoren, die KI in der Lehre als (sehr) wichtig erachten, ist in Bremen mit 20% und Sachsen-Anhalt mit 14% am größten.

Abb. 5.3.3: Bedeutung von KI in der Lehre im Bundesländervergleich, Anteil der Nennungen als (sehr) wichtig in %, 2019



N = 2544 (Universitäten), 1392 (Fachhochschulen).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

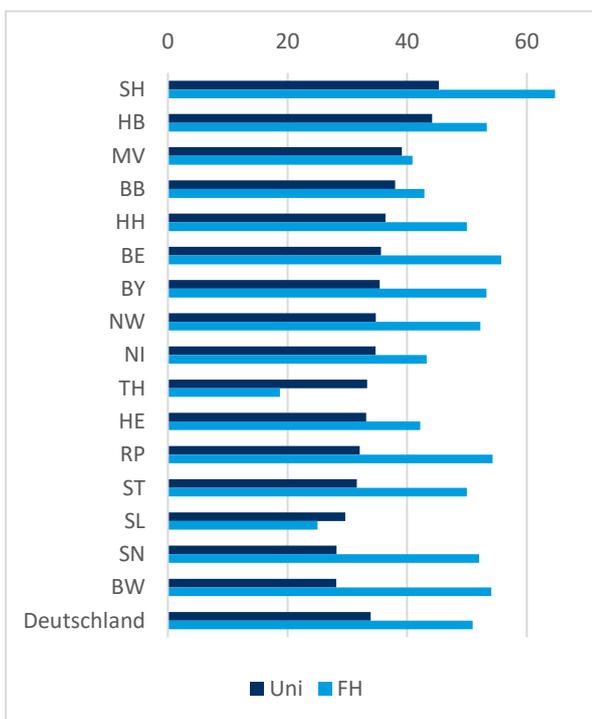
Bei den Fachhochschulen wiederum sind große Differenzen zwischen den Bundesländern zu beobachten, die vermutlich mit unterschiedlichen Schwerpunkten der Fachhochschulstudiengänge zusammenhängen. Hier liegt NRW mit einem Anteil von 14% der Professorinnen und Professoren, bei denen KI in der Lehre eine (sehr) wichtige Bedeutung hat, etwas unterhalb des Bundesdurchschnitts von 16%. Die höchsten Anteilswerte besitzen Sachsen-Anhalt mit 26% und Rheinland-Pfalz, Mecklenburg-Vorpommern und Berlin mit jeweils knapp 22%.

Da KI ein sehr dynamisches Feld ist, erscheint nicht nur der aktuelle Stand wichtig, sondern auch die Frage, inwieweit es in Zukunft zu einer erhöhten Bedeutung von KI in der Forschung kommt. Daher wurde auch gefragt, inwieweit das Thema für die Befragten im Rahmen der Lehre in Zukunft wichtiger wird (Abb. 5.3.4).

Die Antworten auf diese Frage zeigen die hohe Dynamik, die dieses Feld in der Wissenschaftscommunity besitzt. Insgesamt gaben 34% der antwortenden Universitätsprofessorinnen und -professoren und 51% der Fachhochschulprofessorinnen und -professoren an, dass das Feld für sie wichtiger wird, also an Bedeutung gewinnt. Dieser Anteil lag in NRW mit knapp 35% (Universitäten) und 52% (Fachhochschulen) leicht über dem Bundesdurchschnitt. Den höchsten Wert weist bei beiden Indikatoren Schleswig-Holstein mit 45% (Universitäten) und 65% (Fachhochschulen) auf.

Insgesamt zeigt sich also, dass die Bedeutung von KI in der Lehre (und damit auch die Vermittlung von KI-Inhalten) in NRW in etwa im Bundesdurchschnitt liegt, ebenso wie bei der Zunahme der Bedeutung dieses Themas.

Abb. 5.3.4: Zunehmende Bedeutung von KI in der Lehre im Bundesländervergleich, Anteil „wird wichtiger“ in %, 2019



N = 2370 (Universitäten), 1309 (Fachhochschulen).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Die 2019 durchgeführte Hochschulbefragung ermöglicht es darüber hinaus, die Nutzung der klassischen digitalen Medien und Kommunikationstools wie digitale Präsentationen, Emails oder fachspezifische Datenbanken in der Hochschulausbildung zu bewerten. Nach den Ergebnissen dieser Befragung werden audio- und videobasierte Medien und Tutorials mit 36,8% am häufigsten eingesetzt, gefolgt von interaktiven Tools und Formaten (31,5% der Antwortenden). Weniger häufig eingesetzt werden soziale Kommunikationstools (20,1%) und elektronische Prüfungssysteme (18,4%). Für alle digitalen Tools jenseits der klassischen digitalen Medien (wie beispielsweise soziale Kommunikationstools) lässt sich in NRW im Ländervergleich eine überdurchschnittliche Nutzungshäufigkeit feststellen. Das trifft insbesondere auf interaktive Tools und Formate zu (38,2% Nutzung in NRW im Vergleich zu 31,5% deutschlandweit). Bei den anderen digitalen Medien ist der Unterschied zum Bundesdurchschnitt gering. Somit ist die Situation mit Blick auf diesen Aspekt, der zu den Rahmenbedingungen für KI zu zählen ist, in NRW im Ländervergleich positiv zu bewerten.

Studierende und Professorinnen/Professoren in Informatik

Die Studierenden und Lehrenden im Bereich Informatik bilden einen wichtigen Indikator für den Bildungsstand im breiteren Umfeld der KI. KI bzw. seine Teilbereiche wie Maschinenlernen oder Anwendungen in der Text- bzw. Bildverarbeitung werden an den Hochschulen in der Regel als Fach im Rahmen des Informatikstudiums gelehrt.

Die Anzahl der spezifischen KI-Studiengänge ist noch gering, wächst aber kontinuierlich. So bietet die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf einen Studiengang *Artificial Intelligence and Data Science* an. An der Universität Bielefeld wiederum existiert ein Bachelorstudiengang *Kognitive Informatik* und ein Masterstudiengang *Intelligente Systeme*. An der Bergischen Universität Wuppertal widmet sich das *Interdisziplinäre Zentrum Machine Learning and Data Analytics* u.a. auch der Nachwuchsförderung. Auch an den Fachhochschulen existieren zahlreiche entsprechende Angebote. Dazu gehört beispielsweise an der Fachhochschule Südwestfalen ein berufs begleitender Studiengang *Angewandte Künstliche Intelligenz*.

Die Ausbildung in Informatik stellt einen Schwerpunkt der Hochschulausbildung in NRW dar. NRW liegt mit einem Anteil der Studierenden im Fach Informatik von 10,4% knapp vor Schleswig-Holstein an der Spitze aller Bundesländer und damit auch deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 8,9% (Abb. 5.3.5).

Abb. 5.3.5: Anteil der Studierenden im Fach Informatik an allen Studierenden im Wintersemester 2019/2020 sowie jahresdurchschnittliche Wachstumsrate seit dem Wintersemester 2010/2011, in %



Eigene Darstellung nach Angaben des Statistischen Bundesamts (2021d, 2021e).

Dieser Anteil ist insbesondere in Baden-Württemberg (9,3%) und Bayern (8,9%) etwas geringer. Die Wachstumsrate des Studierendenanteils in NRW liegt mit 6,4% p.a. über dem Bundesdurchschnitt (5,3%).

Wenn man das wissenschaftliche Hochschulpersonal in NRW betrachtet, sieht die Situation demgegenüber insgesamt nicht so positiv aus (für eine genauere Betrachtung vgl. Ab-

schnitt 2.1 des Indikatorenberichts). Mit einem Anteil des wissenschaftlichen Personals im Fach Informatik am gesamten wissenschaftlichen Hochschulpersonal in Höhe von 3,8% liegen die Hochschulen in NRW knapp unter dem Bundesdurchschnitt von 4,1%. Dieser Anteil ist in NRW seit dem Jahr 2010 weitgehend unverändert geblieben.

Insgesamt ergibt sich für die Position des Fachs Informatik eine gemischte Situation mit hohen Studierendenzahlen bei einer gleichzeitig leicht unterdurchschnittlichen Zahl an Mitarbeitenden im wissenschaftlichen und künstlerischen Bereich. Aus der Kombination einer hohen Studierendenzahl und einem vergleichsweise geringen wissenschaftlichen Personal entsteht eine im Vergleich der Bundesländer schlechte Betreuungsrelation im Fach Informatik. Im Studienjahr 2018/19 betrug die Betreuungsrelation im Fach KI in NRW 18,1 Studierende je Lehrperson (bezogen auf das wissenschaftliche Personal), der deutschlandweit zweitschlechteste Wert nach Hessen. Im Bundesdurchschnitt belief sich die Betreuungsrelation auf 11,4 (Zahlen sind nicht im Schaubild enthalten).

In der Praxis sind die Grenzen zwischen der Ausbildung im Bereich Informatik und KI fließend. Hinweise auf die Ausbildungskapazitäten zu vertieften wissenschaftlichen KI-Fragen, die u.a. für die Grundlagenforschung relevant sind, erhält man, wenn man die Anzahl der KI-Lehrstühle an Universitäten betrachtet, die unten im Abschnitt 3.2 bei Forschungskapazitäten diskutiert werden. Dabei zeigt sich, dass einerseits mit 26 Professuren derzeit erhebliche Ausbildungskapazitäten im Land vorhanden sind. Andererseits liegt NRW bei der absoluten Zahl der Professuren hinter Baden-Württemberg (47 Professuren) und Bayern (35 Professuren) an dritter Stelle der Bundesländer. Die Anzahl der Professuren pro einer Millionen Einwohner ist sogar geringer als im Bundesdurchschnitt.

5.3.2 Forschung an Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen

KI als Zukunftsfeld in der Forschung in NRW

Für die KI-Forschung in NRW sind die FuE-Aktivitäten von Hochschulen und Forschungseinrichtungen von besonderer Bedeutung. Grund dafür ist, dass die forschungsaktiven Großunternehmen, insbesondere aus dem Automobilsektor und der Elektronikindustrie, die über erhebliche eigene Forschungsaktivitäten verfügen, überwiegend in Süddeutschland angesiedelt sind. Die Stärke von NRW liegt somit in seiner breiten Unternehmensbasis (mittelständische, aber auch kleinere Großunternehmen), in denen zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für KI existieren. Viele von diesen Unternehmen sind aber für die Umsetzung der KI-Potenziale auf die Kooperation mit und den Wissenstransfer aus den Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Land angewiesen.

In diesem Kontext haben Hochschulen und Forschungseinrichtungen wichtige Funktionen im Innovations-Ökosystem:

- (1) Sie betreiben selbst Grundlagenforschung und erweitern den aktuellen Stand des Wissens.
- (2) Sie entwickeln Ergebnisse aus der Grundlagenforschung in die Anwendung weiter, nehmen gleichzeitig Impulse aus den Anwendungen auf und bringen sie wiederum in die Grundlagenforschung ein.
- (3) Sie sind Ansprechpartner für Probleme der Wirtschaft, die mit Hilfe von KI-Lösungen angegangen werden.
- (4) Sie bilden künftige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für Unternehmen aus, die im „Transfer über Köpfe“ neues Wissen in die Unternehmen tragen.

Im folgenden Abschnitt wird daher die Forschung an den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in NRW in unterschiedlichen Dimensionen näher beleuchtet. Daraus entsteht ein Bild der Verteilung der KI-Aktivitäten im Bundesland, darüber hinaus wird auch ein Vergleich zu anderen Bundesländern durchgeführt.

Verteilung der KI-Forschung in NRW

Die KI-Forschung verteilt sich in NRW auf verschiedene Säulen. Diese umfassen unter anderem:

- (1) **Universitätseinrichtungen und Institute** in der Informatik und anderen Fachbereichen, die sich schwerpunktmäßig mit KI beschäftigen,
- (2) **Institute und Professuren an Fachhochschulen**, die vorwiegend anwendungsorientierte Forschung zu KI-Themen betreiben,
- (3) **Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen**, die ihren Fokus auf KI haben oder KI-Anwendungen in ihrem Tätigkeitsprofil besitzen und
- (4) eines von deutschlandweit sechs **KI-Kompetenzzentren**, die vom BMBF gefördert werden, um die Forschung an herausgehobenen Standorten in Deutschland auf ein internationales Spitzenniveau zu heben. Das Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr (ML2R) ist dabei eines von fünf Kompetenzzentren an Hochschulen, deren Förderung verstetigt wird.³⁰

Abbildung 5.3.6 zeigt die Verteilung dieser verschiedenen Einrichtungen in NRW, die über verschiedene Internetquellen identifiziert werden können. Die Darstellung zeigt, dass zahlreiche Aktivitäten im Bereich KI in NRW nach außen hin sichtbar sind. Es lassen sich 18 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit einem KI-Schwerpunkt³¹, 31 KI-Institute und -Einrichtungen an den Fachhochschulen des Landes und 31 an den Universitäten identifizieren. Das Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr (ML2R) verfügt über zwei Standorte, einen in Dortmund und einen in Bonn (Universität Bonn) bzw. Birlinghoven (Fraunhofer IAIS).³² In den Tabellen 8.4 bis 8.6 im Anhang sind die einzelnen Einrichtungen aufgeführt.³³

Die RWI-CEIT-Hochschulbefragung erlaubt zusätzliche Aussagen zur Struktur der KI-bezogenen Forschungsaktivitäten in NRW. Wie nicht anders zu erwarten, findet sich ein Schwerpunkt der KI-Forschung im Bereich Informatik. Etwa ein Viertel aller Hochschulprofessorinnen und -professoren der Informatik geben an, dass sie einen Schwerpunkt im Bereich KI besitzen. Dieser Anteil ist nach der Befragung an den Fachhochschulen etwas größer als an den Universitäten.³⁴

Darüber hinaus zeigt die Befragung, dass Informatikschwerpunkte sehr breit über unterschiedliche Fachbereiche streuen. Etwa $\frac{3}{4}$ aller Antwortenden, die im Rahmen der RWI-CEIT-

³⁰ <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/karliczek-mit-der-verstetigung-ssen-schritt-hin-zur-ki-nation.html>,

³¹ Die Untersuchung wurde auf Ebene der außeruniversitären Forschungseinrichtungen auf Basis der Internetdarstellungen durchgeführt. Einbezogen wurden Einrichtungen der großen Forschungsorganisationen Fraunhofer, Helmholtz, Leibniz und Max-Planck. Darüber hinaus wurden auch Landesinstitute (insbesondere Institute der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft) einbezogen.

³² Im Schaubild ist der zweite Standort des KI-Kompetenzzentrums dem Standort Bonn zugeordnet

³³ Die Anzahl der genannten Einrichtungen lässt jedoch keine Aussagen über Umfang und Qualität der KI-Forschung an den einzelnen

Standorten zu, da in einigen Fällen wenige große Forschungseinrichtungen nach außen sichtbar sind, während es sich in anderen Fällen um eine größere Zahl kleinerer Einheiten handelt und andere Forschungsaktivitäten im Bereich KI evtl. gar nicht nach außen zu identifizierten sind.

³⁴ Ergebnis einer deutschlandweiten Auswertung auf Ebene der Informatikprofessuren an Universitäten durch Bitkom ist, dass hierzulande 26 KI-Professuren zu finden sind. Diese Zahlen wurden deutschlandweit auf Basis einer einheitlichen Erhebungsmethodik ermittelt und eignen sich daher für einen Vergleich zwischen den Bundesländern, der unten durchgeführt wird.

Hochschulbefragungangaben, einen Schwerpunkt in der KI-Forschung zu besitzen, gehört nicht zum Fachbereich Informatik. Der Anteil der KI-Forschenden aus anderen Fachbereichen als Informatik ist an den Universitäten höher als an den

Fachhochschulen. Dabei ist in den Ingenieurwissenschaften die Elektro- und Informationstechnik in etwa gleich stark vertreten wie die Informatik. Etwa die Hälfte der Nennungen verteilt sich breit auf andere Fachbereiche.

Abb. 5.3.6: Forschungsschwerpunkte für KI in NRW



Eigene Darstellung. Datenquellen u.a. die Kompetenzplattform KI.NRW <https://www.ki.nrw/>, (Abruf vom 17.06.2021); Bitkom Übersicht über KI-Professuren in Deutschland. (<https://www.bitkom.org/ki/forschung>, Abruf vom 16.03.2021), eigene Erhebungen insbesondere auf den Internetseiten der Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW. Die erhobenen Einrichtungen umfassen in einigen Fällen mehrere Lehrstühle an den entsprechenden Universitäten und Fachhochschulen.

Insgesamt ergibt sich ein Bild, nach dem die KI-Aktivitäten neben einigen Schwerpunktregionen breit im Bundesland verteilt sind. Während die vertiefte Grundlagenforschung an wenigen Standorten – insbesondere an den Universitäten – präsent ist,

finden sich über NRW verteilt zahlreiche vornehmlich anwendungsorientierte Standorte und Aktivitäten.

Forschende im Bereich KI in NRW im Ländervergleich

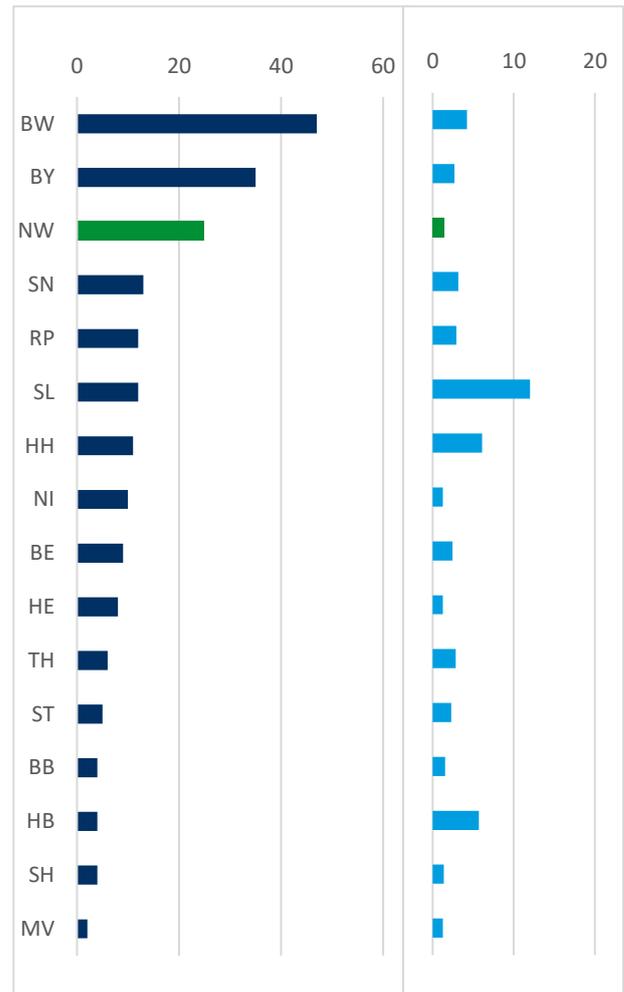
Die Forschung im Bereich KI wird in der Wissenschaft an unterschiedlichen Stellen des Innovationssystems durchgeführt. Grundlagenorientierte Forschung findet hauptsächlich an speziell auf die KI ausgerichteten Universitätslehrstühlen und an grundlagenorientierten Forschungseinrichtungen statt. Demgegenüber betreibt eine breitere Zahl von Forschenden an den Hochschulen (Universitäten und Fachhochschulen) und Forschungseinrichtungen angewandte Forschung. Die Abgrenzung zwischen beiden Bereichen ist in jeder Hinsicht fließend. Gleichzeitig charakterisieren beide Arten der Forschung ein funktionierendes Innovationssystem.

Für die grundlagenorientierte KI-Forschung sind insbesondere die KI-Professuren an den Universitäten von hoher Bedeutung, die jeweils den Informatik-Fachbereichen zugeordnet sind. Daher zeigt insbesondere die in Abbildung 5.3.7 dargestellte Anzahl von KI-Professuren die Schwerpunktsetzung der einzelnen Bundesländer in diesem Feld.

Bei der Bewertung der Daten gibt es zwei Aspekte zu beachten: die absolute Zahl der Professuren (links im Schaubild) zeigt, wo insgesamt die Schwerpunkte liegen und damit auch die höchste Zahl von Absolventinnen bzw. Absolventen in dem Fach zu erwarten ist. Der rechte Teil des Schaubilds zeigt mit der Anzahl der Professuren je Mio. Einwohner die relative Bedeutung der KI-Professuren.

NRW liegt mit 26 Professuren bei der absoluten Zahl der Universitäts-Professuren in KI an dritter Stelle, hinter Baden-Württemberg mit 47 und Bayern mit 35 Professuren. Die Gesamtzahl der Professuren in Deutschland liegt bei 207. Das Land gehört somit zu den drei Bundesländern, die absolut gesehen die KI-Aktivitäten in Deutschland bestimmen und in denen mehr als die Hälfte der Professuren angesiedelt sind. Bezogen auf eine Million Einwohner ergibt sich ein Wert von 1,4 Professuren, der deutlich unter den Durchschnitts für Baden-Württemberg (4,2) und Bayern (2,7) sowie auch unterhalb des bundesweiten Durchschnitts von 2,4 liegt.

Abb. 5.3.7: Anzahl der KI-Professorinnen und -professoren an Universitäten, absolut (links) und je Mio. Einwohner (rechts)

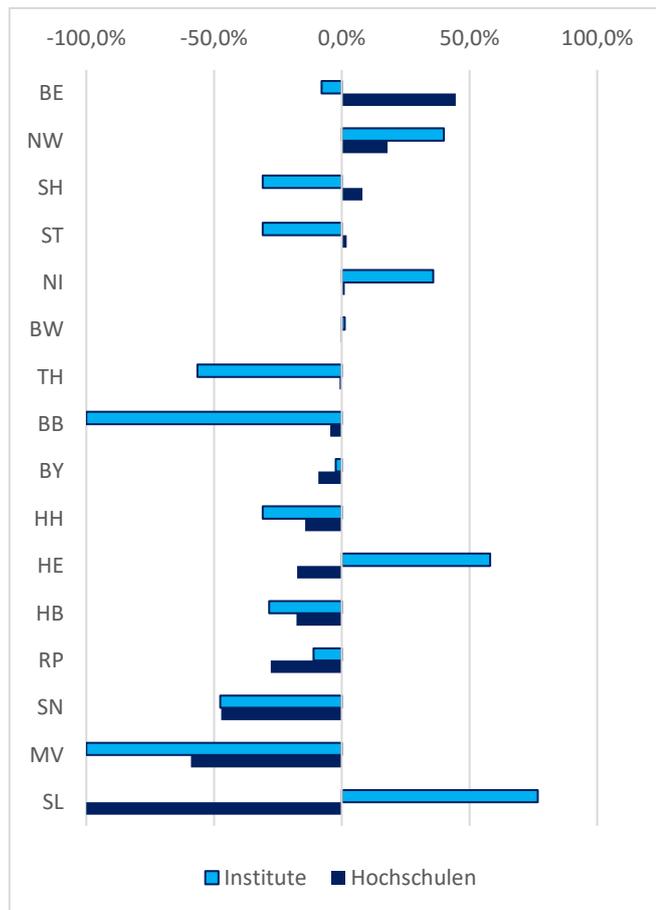


Eigene Darstellung auf Basis von BITKOM-Daten. <https://www.bitkom.org/ki/forschung> (Zugriff: 16.03.2021). Stand: Mai 2021.

Somit existiert insgesamt ein KI-Schwerpunkt im Land, wobei gleichzeitig ein Rückstand gegenüber Bayern und Baden-Württemberg zu beobachten ist. Obwohl keine Daten zur Anzahl der Studierenden im Feld KI zur Verfügung stehen, ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Absolventinnen und Absolventen aus KI-Studiengängen an den Universitäten sowohl absolut als auch relativ (bezogen auf die Einwohnerzahl) niedriger als in den südlichen Bundesländern ist.

Die Position von NRW im Ländervergleich im breiteren Feld von Hochschulprofessorinnen und -professoren und Forschungseinrichtungen, die sich mit KI beschäftigen, lässt sich auf Basis der deutschlandweiten Befragung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen darstellen. Hierzu zeigt Abbildung 5.3.8 die Abweichungen in den Anteilen an KI-Forschenden, die sich für die verschiedenen Bundesländer zum bundesweiten Durchschnitt ergeben. Der Vergleich wird für die Hochschulen (Universitäten und Fachhochschulen) und die Institute (auf Ebene der Forschungsabteilungen) durchgeführt. Die Befragung ergibt, dass sowohl in Hochschulen als auch in Forschungseinrichtungen ein überdurchschnittlicher Anteil der Forschenden einen Schwerpunkt im Bereich KI besitzt.

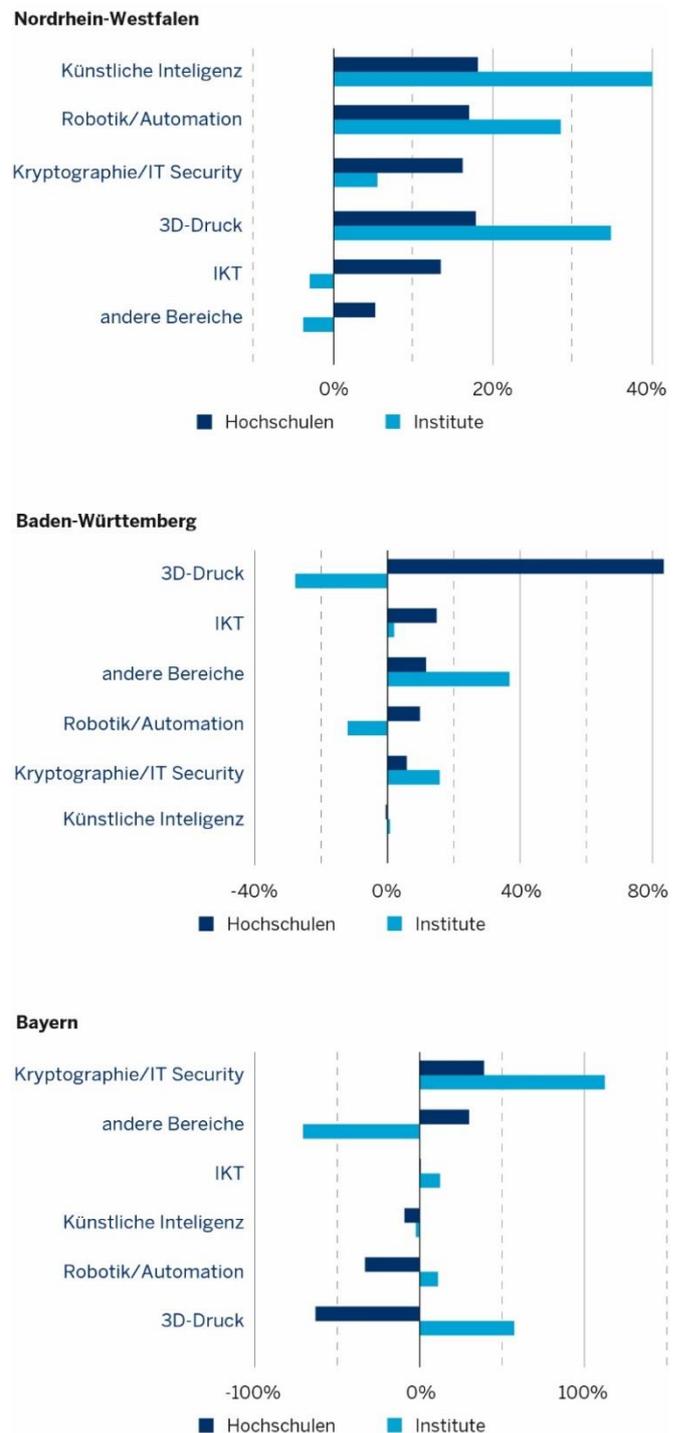
Abb. 5.3.8: Anteil der Forschenden an Künstlicher Intelligenz an Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Abweichungen vom Bundesdurchschnitt in %, 2019.



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019 und Befragung von Forschungseinrichtungen (2020).

Wird die Betrachtung auf verschiedene Teilbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien erweitert, ergibt sich für NRW, Bayern und Baden-Württemberg ein differenzierteres Bild (Abb. 5.3.9). Während in Baden-Württemberg ein Schwerpunkt in den Hochschulen auf 3D-Druck liegt und in Bayern sowohl in Hochschulen als auch in Forschungseinrichtungen auf Kryptographie und IT-Security, besitzt NRW einen breiten Schwerpunkt in verschiedenen Forschungsfeldern im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien. Am ausgeprägtesten ist die Schwerpunktsetzung im Bereich der Künstlichen Intelligenz, bei der Robotik und Automation, dem 3D-Druck sowie an den Hochschulen im Bereich Kryptographie/IT Security.

Abb. 5.3.9: Abweichungen der Anteile der verschiedenen IKT-Fächer an den gesamten Wissenschafts- und Technologiefeldern der deutschen Hochschulen vom Bundesdurchschnitt, 2019/2020, in %



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

KI in der Forschung

Neben der Frage nach Hochschullehrenden in Deutschland kann man sich der Frage nach der Bedeutung von KI in der Forschung auch nähern, indem man (i) fragt, welche Bedeutung KI in der Forschung mittlerweile in allen Fachbereichen besitzt und (ii) inwieweit KI-Technologie in der Forschung eingesetzt wird. Im Folgenden sind die Antworten für Universitäten und Fachhochschulen dargestellt. Die Antworten für die Institute aus Deutschland und NRW werden verbal erläutert, da für einige Bundesländer nur wenige Antworten vorliegen.

Die Frage nach der Bedeutung des Themas KI in der Forschung zeigt, wie breit in Deutschland insgesamt und in NRW KI zum Gegenstand von Forschung an Universitäten und Fachhochschulen gemacht wird.

In Abbildung 5.3.10 ist der Anteil der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern angegeben, nach deren Einschätzung KI in ihrer Forschung auf einer 5er-Likert-Skala als (sehr) wichtig einzuschätzen ist. Die hohe Bedeutung von KI für die Forschung zeigt sich daran, dass in der Befragung insgesamt 25% der Antwortenden angaben, dass KI für ihre Forschung mittlerweile (sehr) wichtig ist. 4% der Antwortenden gaben an, dass sie einen Schwerpunkt in der KI-Forschung aufweisen (nicht im Schaubild).

In den Instituten ist der Anteil von Abteilungen, bei denen KI in der Forschung (sehr) wichtig ist mit knapp 40% noch einmal deutlich höher. In NRW ist der Anteil der Abteilungen in Instituten, bei denen KI eine Rolle spielt, mit 43% etwas überdurchschnittlich.

In den einzelnen Bundesländern finden sich zum Teil erhebliche Unterschiede in Hinblick auf die relative Bedeutung von KI an Universitäten und Fachhochschulen. In NRW gaben 28% der Universitätsprofessorinnen und -professoren an, dass KI bei ihnen in der Forschung (sehr) wichtig ist, gegenüber 23% bei den Fachhochschulen. Bei diesem Indikator liegt NRW auf dem Niveau der süddeutschen Bundesländer. An den Universitäten ist der Anteil der Forschenden, bei denen KI in der Forschung (sehr) wichtig ist, mit 27% (Baden-Württemberg) und 26% (Bayern) sogar etwas geringer. An den Fachhochschulen ist er mit knapp 30% in Baden-Württemberg höher und mit 19% in Bayern niedriger als in NRW.

Abb. 5.3.10: Bedeutung von KI in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil der Nennungen als (sehr) wichtig in %, 2019



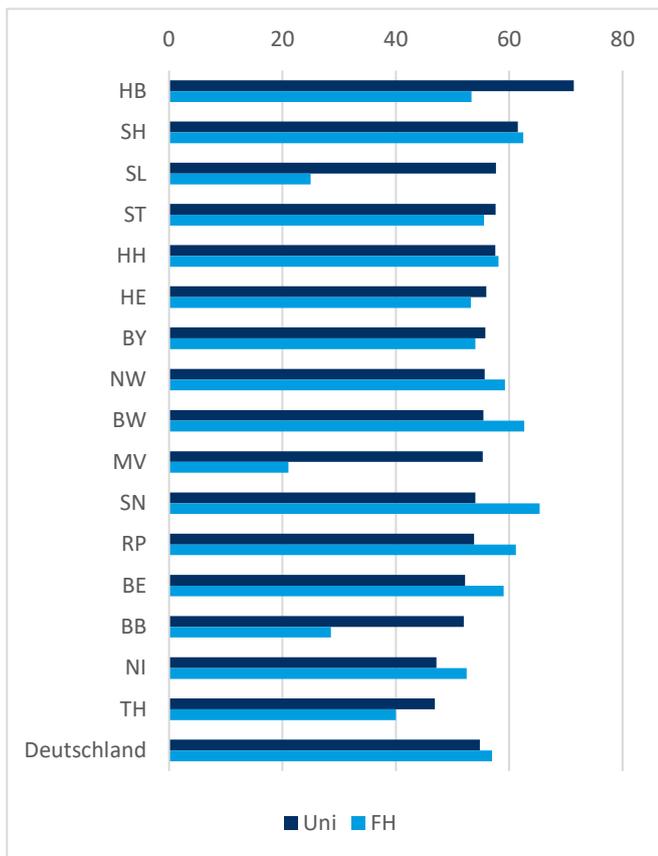
N = 2538 (Universitäten), 1321 (Fachhochschulen).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Abbildung 5.3.11 wirft einen Blick in die Zukunft und gibt die Antworten auf die Frage wieder, ob KI in der Forschung wichtiger wird. So gaben deutschlandweit knapp 55% der antwortenden Universitätsprofessorinnen und -professoren und knapp 57% der Fachhochschulprofessorinnen und -professoren an, dass bei ihnen die Bedeutung von KI in der Forschung zunimmt. Dies zeigt, dass dieses Forschungsfeld in der Einschätzung der Befragten in Zukunft weiterhin eine hohe Dynamik aufweisen wird.

Die Anzahl der Antwortenden aus NRW, die in Zukunft eine höhere Bedeutung von KI in der Forschung sehen, liegt sowohl an den Universitäten (65%) als auch an den Fachhochschulen (59%) leicht über dem bundesweiten Durchschnitt. Der Anteil der Abteilungen aus Instituten ist bei dieser Frage mit 70% deutlich höher als bei den Hochschulen. Auch der Anteil für NRW ist hier mit 66% bemerkenswert hoch, liegt aber etwas unter dem Bundesdurchschnitt.

Abb. 5.3.11: Zunehmende Bedeutung von KI in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil „wird wichtiger“ in %, 2019



N = 2389 (Universitäten), 1234 (Fachhochschulen).

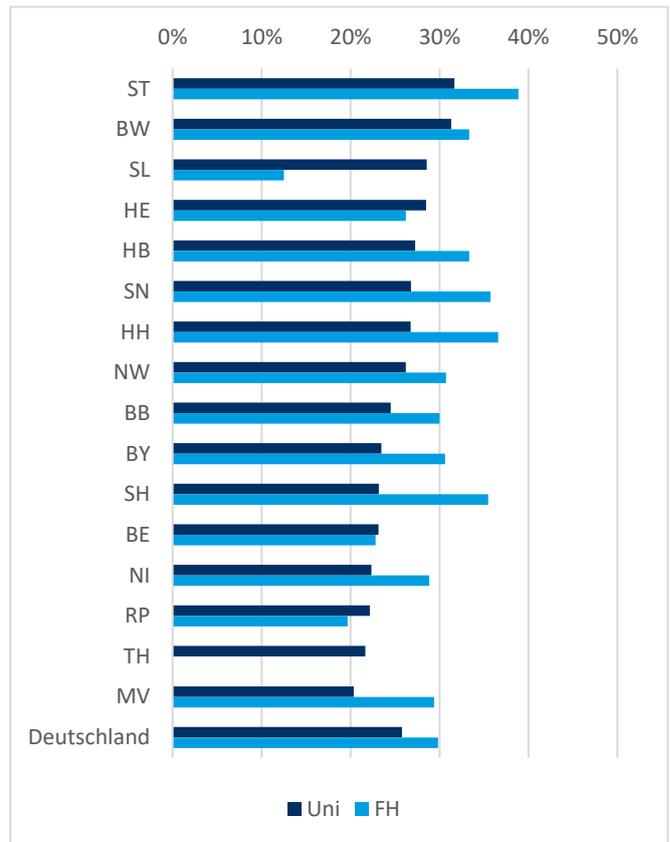
Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Bei den Antworten auf diese Frage gab es zwischen den Bundesländern nur geringe Unterschiede. Innerhalb der einzelnen Bundesländer lagen die Antworten bei den Universitäten und Fachhochschulen in den meisten Fällen nahe beieinander.

Zu trennen von der Forschung über KI ist der Einsatz von KI-Technologien im Rahmen der Forschungsaktivitäten. KI-Tools kommen mittlerweile in zahlreichen verschiedenen Disziplinen zum Einsatz. Dies spiegelt sich auch in den Antworten auf die Frage wider, ob der Einsatz von KI-Technologien in der Forschung bei den Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren (sehr) wichtig ist (Abb. 5.3.12).

Dieser Anteil liegt nach der Befragung deutschlandweit bei den Fachhochschulen mit knapp 30% etwas höher als an den Universitäten mit 26%. Das zeigt, dass mittlerweile KI-Tools eine bemerkenswerte Verbreitung in der Forschung gefunden haben. In NRW liegen diese Anteile mit 31% (Fachhochschulen) und 26% (Universitäten) in etwa im bundesweiten Durchschnitt. Den höchsten Einsatzgrad haben KI-Tools an den Universitäten in Sachsen-Anhalt (32%) und Baden-Württemberg (31%), bei den Fachhochschulen in Sachsen-Anhalt (39%) und Hamburg (37%). Die Forschungsinstitute haben wieder einen höheren Grad bei der Nutzung von KI-Technologien im Vergleich zu den Hochschulen (deutschlandweit 48%). Der Wert liegt in NRW mit 44% etwas unter dem Durchschnitt.

Abb. 5.3.12: Einsatz von KI-Technologie in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil der Nennungen als (sehr) wichtig in %, 2019

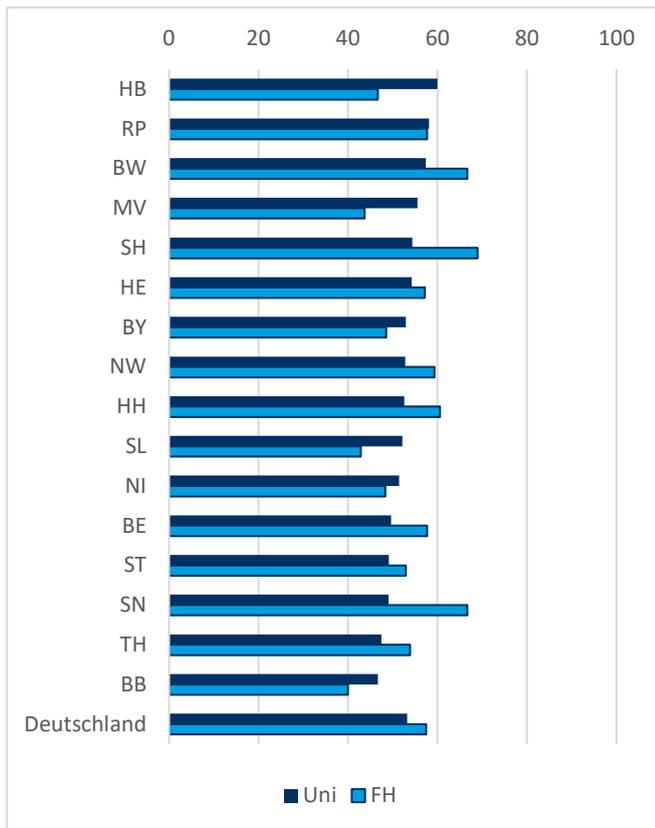


N = 2382 (Universitäten), 1210 (Fachhochschulen).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Abbildung 5.3.13 zeigt den Anteil der Antwortenden aus den Hochschulen, nach deren Einschätzung der Einsatz von KI-Technologien in der Forschung in Zukunft wichtiger wird. Bemerkenswert ist, dass deutschlandweit mehr als die Hälfte der Hochschulprofessorinnen und -professoren aus den Universitäten (53%) und Fachhochschulen (58%) diese Einschätzung äußern. Dies entspricht in etwa den Werten für NRW (Universitäten: 53%, Fachhochschulen: 59%). Ebenso zeigt die Abbildung, dass die Unterschiede zwischen den meisten Bundesländern nicht sehr groß sind. Den höchsten Wert bei den Universitäten haben die Antwortenden aus Bremen (60%), den niedrigsten weist Brandenburg aus (47%). Bei den Fachhochschulen liegt die Spanne zwischen Schleswig-Holstein (69%) und Brandenburg (40%).

Abb. 5.3.13: Einsatz von KI-Technologie in der Forschung im Bundesländervergleich, Anteil „wird wichtiger“ in %, 2019



N = 2211 (Universitäten), 1094 (Fachhochschulen).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Für die Institute ergeben sich wieder höhere Zustimmungswerte. Im Bundesdurchschnitt gaben 82% der Antwortenden an, dass der Einsatz von KI-Technologie in Zukunft für sie wichtiger wird, der Wert für NRW liegt mit 80% nur leicht darunter.

Wissenschaftlicher Output: Publikationen

Ein zentrales Maß für den wissenschaftlichen Output ist die Publikationsaktivität der Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Dieser Wert spiegelt die Produktivität der jeweiligen Forschenden bzw. Forschungsgruppen wider (Durieux, Gevenous 2010: 343). Im Rahmen des Innovationsberichts wird die Position von NRW in Hinblick auf die Publikationsaktivitäten auf Basis einer bibliometrischen Auswertung der Publikationsdatenbank Scopus vorgenommen.

Zunächst werden die gesamten Publikationen im Bereich KI im Vergleich zu anderen Technologiefeldern betrachtet (Abb. 5.3.14). Die Abbildung zeigt die Abweichungen der Publikationszahlen aus NRW von den sechs wichtigsten Ländern in Europa (Deutschland ohne NRW, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Belgien und Schweden). Berechnet und dargestellt werden dabei ein Intensitätsmaß in Bezug auf die Einwohnerzahl, ein Maß für die Spezialisierung und der Anteil an allen Publikationen der genannten Nationen.

Dabei zeigt sich, dass für NRW im Vergleich zu den Vergleichsländern eine gewisse, wenn auch nicht sehr starke Spezialisierung auf die Künstliche Intelligenz gegeben ist. Im Vergleich der Zukunftstechnologien liegt die Publikationsaktivität in NRW in KI eher im unteren Bereich.

Wenn man die Publikationen nach Hochschulen und Forschungseinrichtungen auswertet, liegen bei den genannten Ländern an den ersten Stellen die Universität Oxford, das Imperial College London und die Katholische Universität Leuven in Belgien. Die erste deutsche Hochschule ist die TU München. Von den deutschen Hochschulen folgt an Position 24 die RWTH Aachen (Nr. 5 in Deutschland) vor der TU Dortmund (28./6.), der Universität Bielefeld (36./9.), der Universität Bonn (47./11.) und der Ruhr-Universität Bochum (17. deutschlandweit).

Eine genauere Aussage ist auf Basis einer Auswertung der Publikationszahl in den 20 wichtigsten Journals und Conference Proceedings im Bereich KI möglich. Dabei wurde die *Scimago-Journal-Bewertung* als Basis herangezogen.³⁵ Die Seite führte zum Zeitpunkt der Untersuchung 19 Journals und eine Veröffentlichung von Conference-Proceedings als wichtigste Publikationen auf.³⁶ Dieser Indikator misst nicht nur den quantitativen Aspekt der Publikationen, sondern erfasst auch bestimmte Aspekte der Qualität der Beiträge, die im Rahmen des Referee-Prozesses von qualitativ hochwertigen Journals besonders kritisch betrachtet wird.³⁷ Zunächst wurden dabei die Publikationsaktivitäten aus NRW mit den nationalen und internationalen Publikationen verglichen. Dabei zeigt sich, dass die gesamte Publikationszahl im Zeitablauf deutlich zugenommen hat. Das hat auch damit zu tun, dass ein Teil der Journals erst später gegründet wurde.

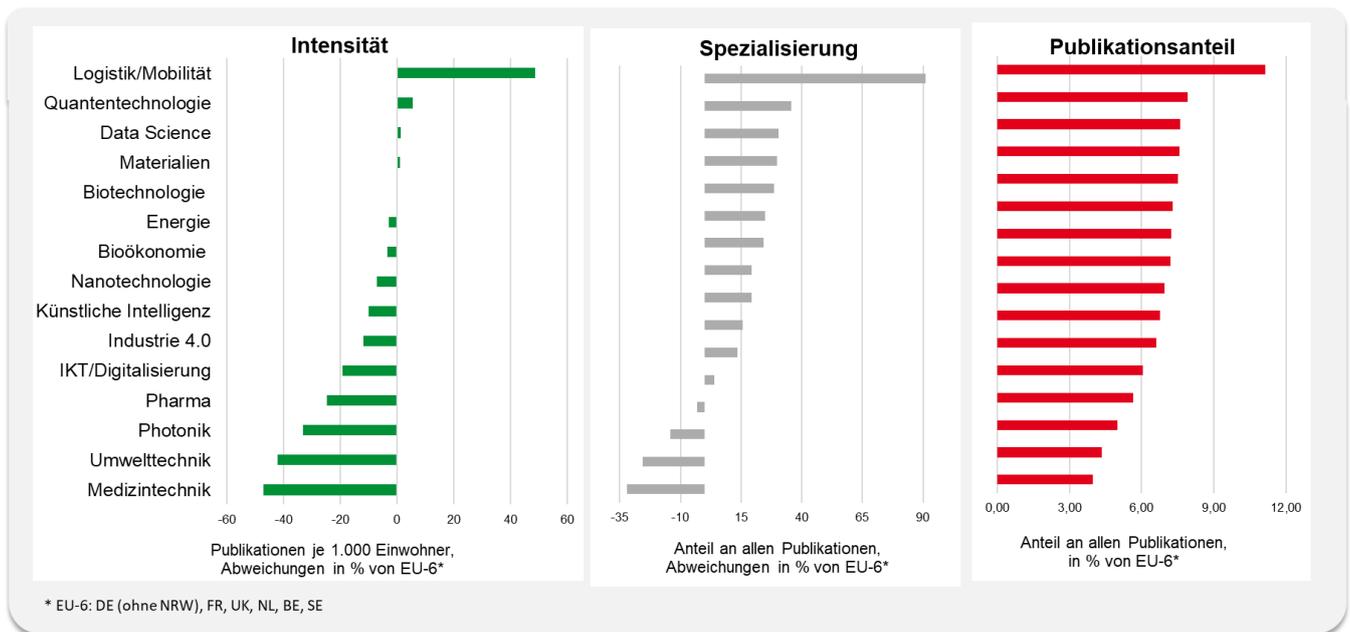
Insgesamt erschienen in den Journals 27.523 Publikationen. Ko-Autoren aus NRW waren insgesamt in 232 Publikationen vertreten, Ko-Autoren aus Deutschland in 1.479 Publikationen (Tab. 5.3.2). Bezogen auf die Bevölkerung ergibt sich für NRW ein Wert von 13 Publikationen je Million Einwohner und für Deutschland von 17,8. Somit ist die Publikationszahl von Autoren in den wichtigsten Journals bezogen auf die Bevölkerungszahl unterdurchschnittlich.

³⁵ <https://www.scimagojr.com/index.php>, Abruf vom 16.03.2021.

³⁶ Je nach Wissenschaftsdisziplin unterscheidet sich die Rolle von Journal-Publikationen und veröffentlichten Conference-Proceedings als wichtigste Publikationsquellen. Im Feld der KI dominieren insgesamt die Journal-Veröffentlichungen als wichtigste Publikationsquellen.

³⁷ Neben der Quantität und der Qualität der Beiträge stellt auch der Impact einzelner Publikationen ein weiteres Qualitätsmaß dar. Dieser Aspekt wird über die Zahl der Zitierungen einzelner Artikel abgebildet, aber im Rahmen dieses Berichts nicht näher untersucht (van den Berghe et al. 1998: 61):

Abb. 5.3.14: Publikationen aus NRW in verschiedenen Technologiefeldern



Eigene Auswertung der SCOPUS Literaturdatenbank durch das RWI. Publikationen im Zeitraum 2010 bis 2018. Die Auswertung basiert auf einer Stichwortsuche, bei der KI-Publikationen aus den Bereichen Wissensbasierte Systeme, Musteranalyse und Mustererkennung, sowie Robotik und Automatisierung ausgewertet wurden (Zeitpunkt: Oktober 2019).

Tab. 5.3.2: Publikationen aus NRW in den wichtigsten KI-Journals im nationalen und internationalen Vergleich

Publikationen	NRW			Deutschland		USA	China	Weltweit
	Absolut	Publikation pro Mio. EW	Publikation NRW pro Publikation D	Absolut	Publikation pro Mio. EW			
insgesamt	232	12,96	0,16	1.479	17,78	12.309	4768	27.523
vor 1980	1	0,06	0,07	15	0,18	1.440	0	1.733
1980-1989	7	0,39	0,18	39	0,47	996	6	1.395
1990-1999	17	0,95	0,15	110	1,32	1.526	29	2.790
2000-2009	64	3,58	0,18	355	4,27	2.521	246	5.466
2010-2019	134	7,49	0,16	844	10,14	5.100	3511	13.643
2020-2021	9	0,50	0,08	116	1,39	726	976	2.496

Eigene Berechnungen auf Basis einer Scopus-Auswertung. Zeitpunkt der Erfassung: Februar 2021.

Hinsichtlich der weltweiten Verteilung des wissenschaftlichen Outputs lohnt sich noch ein Blick auf die Anzahl der Publikationen in den wichtigsten KI-Journals in den USA und China. Dies zeigt zunächst, dass knapp 45% der weltweiten Publikationen in den Top-Journals mindestens eine Autorin oder einen Autoren aus den USA haben. Die 1.479 deutschen Publikationen entsprechen lediglich 12% der Publikationen mit Autorinnen oder Autoren in den USA. Der Schwerpunkt in der Forschung in diesem Bereich liegt damit insgesamt nicht in Deutschland. Auch der Vergleich mit China ist sehr aussagekräftig. Während im Zeitraum 2000 bis 2009 die Zahl der chinesischen Publikationen mit 246 noch geringer war als die der deutschen (355), betrug diese im Zeitraum 2010 bis 2019 mehr als das Vierfache der Anzahl der deutschen Publikationen. Die Anzahl der Publikationen mit Autorinnen und Autoren

aus China überstieg im kurzen Zeitraum seit 2020 sogar diejenige aus den USA.

Einen genaueren Einblick gibt eine Auswertung nach Bundesländern sowie Autorinnen und Autoren aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen, die für den Zeitraum 2015 bis 2020 vorgenommen wurde (Tab. 5.3.3). Dabei zeigt sich, dass NRW absolut gesehen das Bundesland mit den zweitmeisten Autorinnen und Autoren in den wichtigsten KI-Journals war. Mit 198 war die Anzahl der Publikationen zwar deutlich geringer als in Baden-Württemberg (355) aber vergleichbar mit der in Bayern (195). Gleichzeitig wird auch deutlich, dass der Vorsprung Baden-Württembergs zu einem erheblichen Teil darauf zurückzuführen ist, dass dort in stärkerem Maße grundlagenorientierte Forschungseinrichtungen angesiedelt sind. Die

Zahl der Autorinnen und Autoren aus Forschungseinrichtungen ist dort mit 154 nicht viel geringer als diejenige aus Hochschulen (201).

Tab. 5.3.3: Publikationen in den wichtigsten KI-Journals im Bundesländervergleich

Bundesland	2015-2020		
	FE	HS	Summe
Baden-Württemberg	154	201	355
Nordrhein-Westfalen	46	152	198
Bayern	33	162	195
Berlin	27	85	112
Hessen	8	80	88
Saarland	66	17	83
Niedersachsen	6	48	54
Rheinland-Pfalz	14	29	43
Sachsen	12	26	38
Brandenburg	6	30	36
Bremen	1	21	22
Schleswig-Holstein	6	9	15
Thüringen	2	13	15
Hamburg	0	8	8
Mecklenburg- Vorpommern	0	5	5
Sachsen-Anhalt	0	5	5
Summe	381	891	1.272

Eigene Scopus-Auswertung (Stand: 16.03.2021). FE: Forschungseinrichtungen. HS: Hochschulen.

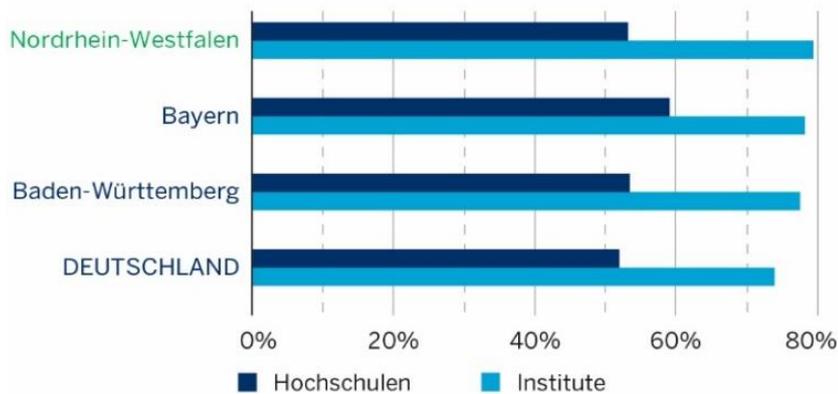
Digitale Ausstattung der NRW-Hochschulen

In der KI wie auch in der Informatik insgesamt ist die digitale Ausstattung von besonderer Bedeutung. Diese bestimmt die Möglichkeiten der Forschenden, ist aber auch ein Faktor, der die Attraktivität des Standorts NRW für erstklassige Forschende beeinflusst. Einen Einblick in die digitale Ausstattung der Hochschulen und Forschungseinrichtungen geben die Ergebnisse der RWI-CEIT-Hochschulbefragung (Abb. 5.3.15).³⁸

Dabei zeigt sich, dass die digitale Ausstattung von den Antwortenden aus NRW zu 53% (Hochschulen) und 79% (Institute) als gut oder sehr gut eingeschätzt wurde, deutschlandweit lagen diese Anteile bei 51% (Hochschulen) und 72% (Institute).

³⁸ Für eine ausführlichere Diskussion der Ergebnisse vgl. Abschnitt 2.6 des Indikatorenberichts.

Abb. 5.3.15: Anteil der Hochschullehrerinnen und -lehrer, die die digitale Ausstattung der Hochschulen mit gut bzw. sehr gut einschätzen, 2019/2020, in %



N = 4060 (Hochschulen), N = 239 (Institute).

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/2020.

Gleichzeitig sahen auch 66% der Antwortenden aus den Hochschulen und 67% aus den Instituten noch Verbesserungspotenziale bei der digitalen Ausstattung. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in den Befunden aus den Expertengesprächen wider, in denen häufiger auf die Notwendigkeit einer

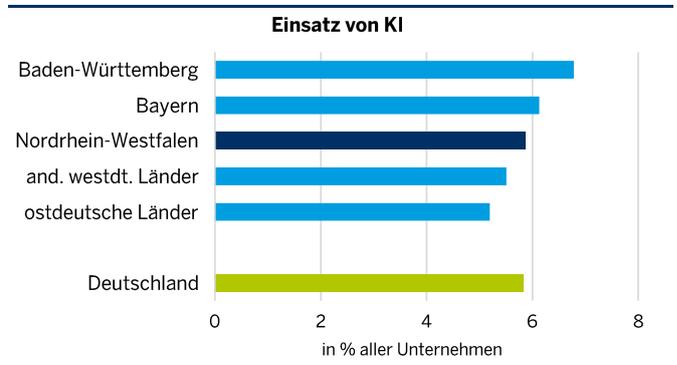
besseren Infrastruktur gerade für die spezifischen Erfordernisse von KI-Anwendungen hingewiesen wurde.

5.3.3 KI-Einsatz und KI-Aktivitäten in Unternehmen

Angaben zur Verbreitung von KI in Unternehmen in NRW liegen aus der Innovationserhebung 2019 vor. Dort wurde erfasst, ob und in welcher Form Unternehmen KI-Verfahren mit Stand Mitte 2019 im Unternehmen eingesetzt haben. Dabei wurde die aktive Nutzung von KI erfasst, d.h. auf Basis von KI-Verfahren, die das Unternehmen selbst betreibt. Eine passive Nutzung von KI, z.B. indem eigene Produkte über Plattformen Dritter vertrieben werden, auf denen KI eingesetzt wird, wurde nicht erfasst.

KI wurde dabei sehr allgemein als "Technik der Informationsverarbeitung zur eigenständigen Lösung von Problemen durch Computer" definiert und durch das Anführen typischer KI-Verfahren und KI-Anwendungsgebiete exemplifiziert. Das Ergebnis der Innovationserhebung zeigt, dass im Jahr 2019 der Anteil der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen im Berichtskreis der Innovationserhebung (d.h. Unternehmen mit fünf oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und überwiegend unternehmerorientierten Dienstleistungen) bei 5,9% lag (Abb. 5.3.16). Der Vergleichswert für Deutschland ist 5,8%. Baden-Württemberg und Bayern weisen etwas höhere Quoten auf (6,8 bzw. 6,1%). In absoluten Zahlen setzten rund 3.800 Unternehmen in NRW im Jahr 2019 KI unternehmensintern ein.

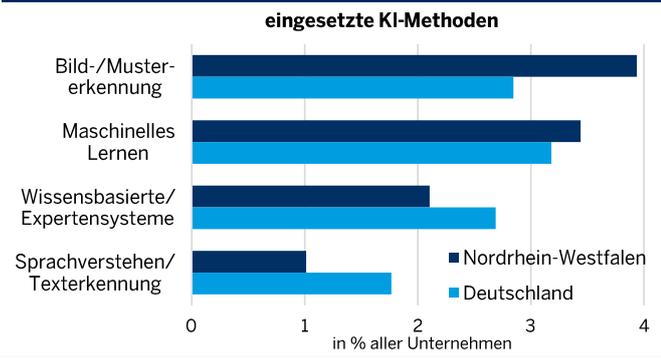
Abb. 5.3.16: Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in Unternehmen im Jahr 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Am häufigsten wurden von NRW-Unternehmen KI-Verfahren zur Bild- oder Mustererkennung eingesetzt (Abb. 5.3.17). Verfahren des maschinellen Lernens waren etwas weniger verbreitet. Beide Verfahren werden häufiger als im Durchschnitt der KI-einsetzenden Unternehmen in der deutschen Wirtschaft genutzt, wobei für die deutsche Wirtschaft die Relation der Anteil der Unternehmen, die KI-Verfahren im Bereich maschinellem Lernen einsetzen, höher als der Anteil ist, die Bild- oder Mustererkennung nutzen. KI-Verfahren im Bereich wissensbasierte oder Expertensysteme und Sprachverstehen oder Texterkennung sind unter den NRW-Unternehmen dagegen weniger weit verbreitet als im deutschen Durchschnitt.

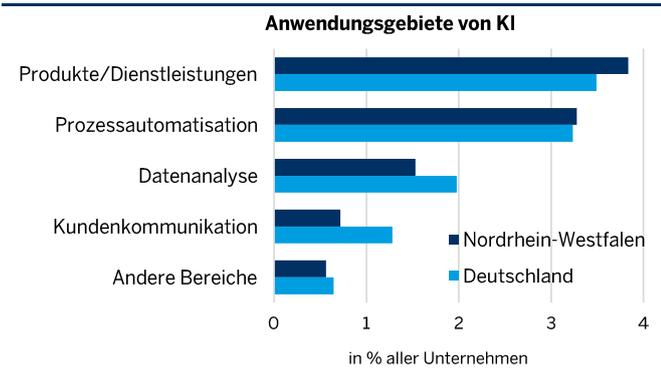
Abb. 5.3.17: Eingesetzte KI-Methoden in Unternehmen im Jahr 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die meisten der KI einsetzenden nordrhein-westfälischen Unternehmen wenden KI im Bereich von Produkten oder Dienstleistungen an, gefolgt von Anwendungen im Bereich Prozessautomatisierung (Abb. 5.3.18). Die Unterschiede in der Verbreitung dieser Anwendungsgebiete im Vergleich zu allen KI einsetzenden Unternehmen in Deutschland sind gering. Seltener setzen Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen KI im Bereich der Kundenkommunikation und der Datenanalyse ein.

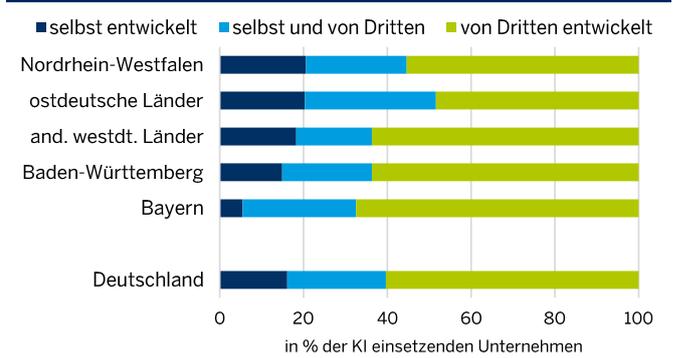
Abb. 5.3.18: Anwendungsbereiche von KI in Unternehmen im Jahr 2019



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Die KI-Verfahren, die die Unternehmen einsetzen, wurden überwiegend von Dritten entwickelt. Von den KI einsetzenden nordrhein-westfälischen Unternehmen haben rund ein Fünftel die KI-Verfahren selbst entwickelt, bei einem weiteren Viertel wurden die Verfahren sowohl selbst als auch von Dritten entwickelt, während 55% von Dritten entwickelte KI-Verfahren einsetzen (Abb. 5.3.19). In Deutschland insgesamt sowie in Bayern und Baden-Württemberg findet sich ein merklich höherer Anteil von KI einsetzenden Unternehmen, die von Dritten entwickelte KI-Verfahren nutzen. Dabei handelt es sich oft um KI-Verfahren, die in Maschinen, Geräten oder Softwareanwendungen implementiert sind.

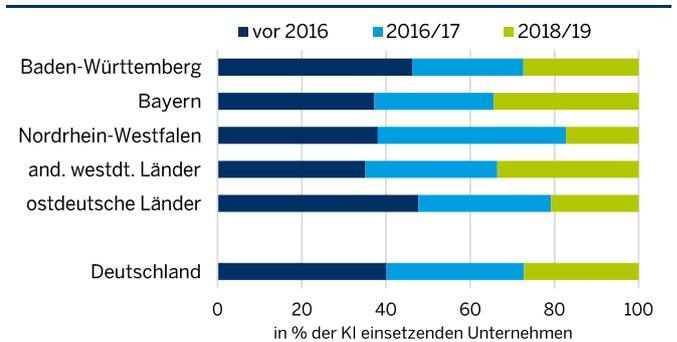
Abb. 5.3.19: Entwicklung der von Unternehmen im Jahr 2019 eingesetzten KI



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Wenngleich die Aufmerksamkeit gegenüber dem Thema KI in der Innovationspolitik in den jüngsten Jahren besonders stark gestiegen ist, so ist das Thema für viele KI einsetzenden Unternehmen nicht neu. In Nordrhein-Westfalen haben fast zwei Fünftel der Unternehmen mit KI-Einsatz vor 2016 erstmals KI im Unternehmen eingesetzt (Abb. 5.3.20). In Baden-Württemberg und den ostdeutschen Ländern ist dieser Anteil mit annähernd der Hälfte deutlich höher. Weniger als ein Fünftel der nordrhein-westfälischen Unternehmen mit KI-Einsatz im Jahr 2019 haben erstmals in den Jahren 2018 oder 2019 KI-Verfahren im Unternehmen angewendet. Dies ist der geringste Anteil unter den Vergleichsregionen.

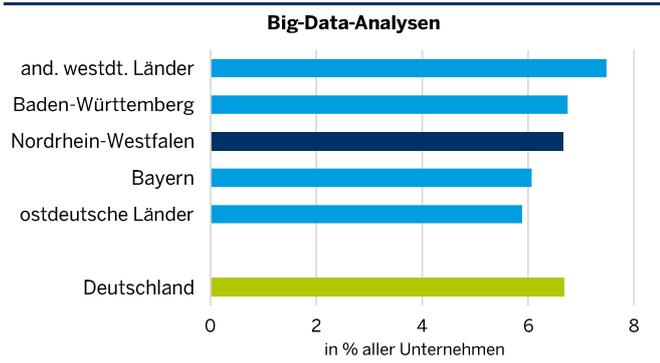
Abb. 5.3.20: Jahr des erstmaligen KI-Einsatzes in Unternehmen



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

Ein eng mit der Nutzung von KI zusammenhängendes Digitalisierungsthema ist der Einsatz von Big-Data-Analysen. Im Zeitraum von 2016 bis 2018 haben 6,7% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen systematisch die Analyse großer Datenmengen betrieben (Abb. 5.3.21). Dies entspricht dem Anteilswert für Deutschland insgesamt. Die Unterschiede zwischen den Vergleichsregionen sind hierbei relativ gering.

Abb. 5.3.21: Einsatz von Big-Data-Analysen in Unternehmen im Zeitraum 2016-2018



Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

5.3.4 Der Beitrag von KI zu Innovationen und Unternehmensperformance

KI-Verfahren bieten durch ihre Lern- und Adaptionfähigkeit ganz neue Perspektiven der Datenanalyse und der Entwicklung lernender Systeme. Daraus ergeben sich eine Vielzahl von Innovationsmöglichkeiten sowie Potenziale zur Verbesserung interner Abläufe und von Leistungsangeboten der Unternehmen. Allerdings ist KI kein Selbstläufer, um Innovationsleistung und Performance zu steigern (vgl. Rammer 2020). Neben der Schaffung der technischen sowie der Datenvoraussetzungen müssen KI-Ansätze in bestehende Systeme und Strukturen integriert und Verantwortlichkeiten und Abläufe zum Teil neu organisiert werden. Dabei sind häufig auch neue Kompetenzen nötig, die die Einstellung neuer Mitarbeitenden oder das Eingehen neuer Kooperationen erfordern. Der Markterfolg von KI-basierten Produkten und Dienstleistungen hängt stark von der Akzeptanz der neuen Methoden durch die Kunden und deren Vertrauen in KI-basierte Lösungen ab. Schließlich kommen auch gesetzliche, regulatorische und ethische Anforderungen hinzu, die die Nutzung von KI für Innovationen erschweren können.

Um zu untersuchen, ob und in welchem Ausmaß der Einsatz von KI zu positiven Innovationsergebnissen und höheren wirtschaftlichen Erfolgen in Bezug auf Wachstum und Rendite führt, wird ein Modellansatz auf Basis der Daten der Innovationserhebung herangezogen. Dabei wird untersucht, inwieweit Unternehmen, die KI nutzen, signifikant unterschiedliche Ergebnisse bei Innovations- und Performanceindikatoren aufweisen, wenn gleichzeitig eine Vielzahl anderer Einflussfaktoren berücksichtigt wird. Details zu dem Modellansatz sind in Rammer (2020) und Rammer et al. (2021) dargestellt. Dabei werden alle Unternehmen als KI-Nutzer betrachtet, die im Jahr 2018 KI aktiv in ihrem Unternehmen eingesetzt haben, unabhängig davon, wann zum ersten Mal KI-Verfahren im Unternehmen eingeführt wurden.

Es werden folgende Innovations- und Performanceindikatoren betrachtet, die sich alle auf das Jahr 2018 beziehen:

- Einführung von Produktinnovationen differenziert nach dem Neuheitsgrad (Weltmarktneuheiten, Neuheiten für einen regionalen Markt, Nachahmerinnovationen)

- Einführung von Prozessinnovationen differenziert nach der Realisierung von Kostensenkungen oder anderen Wirkungen
- direkte wirtschaftliche Erträge von Innovationen (Umsatzanteil von Produktinnovationen differenziert nach dem Neuheitsgrad, Kostensenkungsanteil durch Prozessinnovationen)
- Umsatzrendite, Umsatz- und Beschäftigungswachstum, Produktivität (Umsatz je Beschäftigten)

Der Beitrag der KI-Nutzung zu diesen Indikatoren wird getrennt für Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen, Bayern, Baden-Württemberg, Berlin und Brandenburg, Sachsen, den restlichen westdeutschen Ländern und den restlichen ostdeutschen Ländern ermittelt. Die Ländergruppierung ergibt sich aus dem Vorliegen einer ausreichend großen Beobachtungszahl je Land/Ländergruppe.

Die Ergebnisse der Modellschätzungen sind in Tabelle 5.3.4 zusammengefasst (vgl. auch die ausführliche Darstellung in Tabelle 8.7 im Anhang). Sie zeigen die geschätzten Beiträge der Nutzung von KI auf die betrachteten Indikatoren für die sieben Länder/Ländergruppen. Für Nordrhein-Westfalen ist darüber hinaus angegeben, welchen relativen Beitrag die KI-Nutzung zu dem jeweiligen Indikator für die Gruppe der KI-einsetzenden Unternehmen hat, wie hoch der KI-Effekt auf den jeweiligen Indikator in absoluten Zahlen ist (Anzahl Unternehmen, Umsatz, Kostensenkung, Gewinn etc.) und welchen Beitrag KI zum jeweiligen Indikatorwert für die Gesamtheit der Unternehmen in NRW (d.h. der wenigen KI-einsetzenden und der vielen nicht KI-einsetzenden zusammen) hat.

Das Hauptergebnis der Untersuchung ist, dass Unternehmen in NRW, die KI einsetzen, mit Hilfe von KI erhebliche positive Auswirkungen auf ihre Innovationsleistung erzielen. Diese gelten insbesondere für Produktinnovationen mit einem sehr hohen Neuheitsgrad („Weltmarktneuheiten“). Durch den Einsatz von KI konnten ca. 80 Unternehmen in NRW Weltmarktneuheiten einführen, die dies ohne KI nicht erreicht hätten. Dies

sind 21% aller KI-einsetzenden Unternehmen mit Weltmarktneuheiten. Bezogen auf alle Unternehmen in NRW mit Weltmarktneuheiten beläuft sich der KI-Beitrag auf 3,2%. Wesentlich höher ist der KI-Beitrag allerdings auf den Umsatz, der mit Weltmarktneuheiten erzielt wurde. Im Jahr 2018 belief er sich auf rund 3,7 Milliarden €. Dies sind 79% des gesamten Umsatzes mit Weltmarktneuheiten in KI-einsetzenden Unternehmen aus NRW und 23,3% des Umsatzes mit Weltmarktneuheiten aller Unternehmen in NRW. Der hohe KI-Betrag auf den Umsatz deutet darauf hin, dass Unternehmen, die KI einsetzen, den KI-Einsatz und ihre Innovationsstrategie eng verknüpfen, insbesondere was die Entwicklung radikal neuer Innovationen betrifft. Dass sich demgegenüber nur ein geringer Beitrag von KI auf die Anzahl der Unternehmen mit Weltmarktneuheiten zeigt, liegt daran, dass die Unternehmen mit KI-Einsatz generell zu den sehr innovativen Unternehmen zählen, die auch ohne KI immer wieder radikal neue Innovationen hervorbringen.

Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass der KI-Beitrag nicht in dem Sinn als kausaler Effekt interpretiert werden darf, als dass die positiven Innovationsergebnisse nur aufgrund der Nutzung von KI-Verfahren eingetreten sind. Die KI-Nutzung ist vielmehr ein Teil einer gesamten Innovationsstrategie, die auf die Erschließung und Verwertung neuer Innovationsmöglichkeiten ausgerichtet ist, wobei KI ein integraler und zentraler Bestandteil ist. Die Ergebnisse zeigen, dass Unternehmen, die KI in ihre Innovationsstrategie einbinden, deutlich erfolgreicher mit Weltmarktneuheiten sind als Unternehmen, die eine andere Innovationsstrategie verfolgen.

Positive Beiträge des KI-Einsatzes in Unternehmen aus NRW zeigen sich darüber hinaus für die Anzahl der Unternehmen mit Marktneuheiten (+110 Unternehmen, diese Zahl schließt auch die Unternehmen mit Weltmarktneuheiten ein) und für die Anzahl der Unternehmen mit Produktinnovationen (+ 550, diese Zahl schließt auch die Unternehmen mit Marktneuheiten ein). Der Umsatz mit Marktneuheiten stieg dank des KI-Einsatzes um 5,6 Milliarden € (dies schließt die 3,7 Milliarden € an Umsatz mit Weltmarktneuheiten mit ein), der Umsatz mit Produktinnovationen insgesamt liegt aufgrund des KI-Einsatzes um rund 13 Milliarden € höher. Damit können 9,4% des gesamten Neuproduktumsatzes der NRW-Unternehmen im Jahr 2018 der Nutzung von KI zugeschrieben werden.

Des Weiteren zeigt sich ein merklicher Beitrag von KI zu Kostensenkungen aufgrund von Prozessinnovationen. Diese Kostensenkungen beliefen sich im Jahr 2018 auf rund 6,0 Milliarden €. Damit gehen rund 50% der gesamten prozessinnovationsbedingten Kosteneinsparungen in KI-einsetzenden Unternehmen auf KI zurück. Bezogen auf alle Unternehmen in NRW trug der KI-Einsatz zu knapp 17% der gesamten Kosteneinsparung bei. Auch hier gilt, dass der KI-Beitrag als Teil einer auf KI-Nutzung ausgerichteten Innovationsstrategie zu interpretieren ist, für deren Erfolg neben dem Einsatz von KI auch

eine Vielzahl anderer, komplementärer Maßnahmen erforderlich war.

In Bezug auf die wirtschaftliche Performance zeigen sich positive Beiträge von KI auf die Gewinne der Unternehmen, nicht aber auf Umsatz- oder Beschäftigungswachstum und Produktivität. Der zusätzliche Gewinn der Unternehmen aus NRW, der im Zusammenhang mit dem KI-Einsatz steht, machte im Jahr 2018 rund 3,0 Milliarden € aus. Dies sind 21% des gesamten Gewinns von NRW-Unternehmen mit KI-Einsatz und 5,3% des Gewinns aller Unternehmen aus NRW im Berichts-kreis der Innovationserhebung. Da sich gleichzeitig keine Beiträge von KI zum Umsatzwachstum zeigen, dürfte KI vorrangig zur Erneuerung des Produktportfolios in Richtung margenstärkerer Produkte genutzt worden sein, was gut zu den positiven Beiträgen zum Umsatz mit Weltmarktneuheiten passt, da mit solchen Neuheiten i.d.R. auch höhere Umsatzrenditen einher gehen.

Dass keine KI-Beiträge auf das Beschäftigungswachstum und die Umsatzproduktivität zu beobachten sind, dürfte damit zusammenhängen, dass mit Hilfe von KI zum einen Rationalisierungserfolge (Stückkostensenkungen) erzielt werden können, zum anderen aber zusätzliche Kapazitäten für die Entwicklung und Pflege von KI-Anwendungen notwendig sind. Tatsächlich haben KI-einsetzende Unternehmen eine große Zahl von Mitarbeitenden mit KI-Aufgaben angestellt und expandieren weiter in diesem Bereich (vgl. Rammer et al. 2020). Deutschlandweit zeigt sich sogar ein positiver Beitrag von KI auf die Beschäftigung in den Unternehmen (vgl. Rammer 2020). Dass dieser nicht auch für NRW zu beobachten ist, liegt an den mit Hilfe von KI-Anwendungen erzielten Rationalisierungen in den NRW-Unternehmen. Denn für Deutschland zeigt sich insgesamt kein Beitrag von KI zu prozessinnovationsbedingten Kosteneinsparungen, die sich i.d.R. auch in Form von Personaleinsparungen manifestieren.

Vergleicht man die KI-Beiträge zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance in Unternehmen aus NRW mit den Ergebnissen für andere Länder, so sticht NRW mit den starken positiven Beiträgen im Bereich Weltmarktneuheiten hervor, die sich ansonsten für keine der anderen Länder bzw. Ländergruppen zeigen. In Bayern und Baden-Württemberg sind – ebenso wie in NRW – positive Beiträge der KI-Nutzung auf den Umsatz mit Marktneuheiten insgesamt zu beobachten. Positive Beiträge auf prozessinnovationsbedingte Kosteneinsparungen finden sich auch für Baden-Württemberg. Positive Beiträge auf die Umsatzrendite treten auch in Baden-Württemberg sowie für die Gruppe der sonstigen westlichen Länder (d.h. ohne NRW, Bayern und Baden-Württemberg) auf.

Tab. 5.3.4: Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance von Unternehmen in NRW im Jahr 2018

	Höhe des KI-Beitrags ¹⁾	Anteil des KI-Beitrags in % ²⁾
Unternehmen mit Produktinnovationen	550 Unternehmen	2,2 %
Unternehmen mit Marktneuheiten	110 Unternehmen	1,8 %
Unternehmen mit Weltmarktneuheiten	80 Unternehmen	3,2 %
Umsatz mit Produktinnovationen	13,0 Mrd. €	9,4 %
Umsatz mit Marktneuheiten	5,6 Mrd. €	15,8 %
Umsatz mit Weltmarktneuheiten	3,7 Mrd. €	23,3 %
Kostensenkung durch Prozessinnovationen	6,0 Mrd. €	16,9 %
Gewinne vor Steuern	3,0 Mrd. €	5,3 %

1) Höhe des Indikatorwerts, der auf den Einsatz von KI zurückgeführt werden kann.

2) Anteil des KI-Beitrags (Anzahl Unternehmen bzw. Betrag in Mrd. €) an dem absoluten Gesamtwert des Indikators für NRW.

Lesehilfe: Im Jahr 2018 führte der Einsatz von KI in Unternehmen in NRW dazu, dass 550 zusätzliche Unternehmen Produktinnovationen einführen konnten. Dies entspricht 2,2 % aller Unternehmen in NRW, die im Jahr 2018 Produktinnovationen eingeführt haben. Der Einsatz von KI erhöhte den Umsatz, den Unternehmen in NRW mit Produktinnovationen erzielt haben, im Jahr 2018 um 13,0 Mrd. €. Dies entspricht 9,4 % des gesamten Umsatzes mit Produktinnovationen von Unternehmen in NRW im Jahr 2018.

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

5.3.5 Bestehende Netzwerke, Clusteraktivitäten und Use-Cases

Netzwerke und die besondere Organisationsform der Cluster sind langfristige, durch gegenseitiges Verständnis und Vertrauen gekennzeichnete Beziehungen verschiedener Partner, die gemeinsam strategische Interessen verfolgen. Netzwerkbeziehungen weisen sowohl marktlich-hierarchische als auch unternehmenstypische Charakteristika auf und können im günstigsten Fall Transaktionskostenvorteile beider Koordinationsformen in sich vereinen. Netzwerke umfassen mehrere rechtlich selbstständige Einheiten, die aus unterschiedlichen Sektoren stammen können, also etwa Wirtschaft, Wissenschaft oder Intermediäre. Neben den Individualzielen der einzelnen Akteure folgt das Netzwerk auch einem Kollektivziel und einer gemeinsamen Arbeits- und Beziehungskultur als wesentlichem Treiber kollektiver Lernprozesse und einer innovationsbasierten Entwicklung. Wesentliche Vorteile von netzwerkartig organisierten Lern- und Innovationsprozessen sind der Rückgriff auf einen großen Pool an Wissen und Kompetenzen, die Streuung von Risiken, die gemeinsame Nutzung von Infrastruktur oder die größere Marktmacht gegenüber Externen. Die dadurch entstehenden Abhängigkeiten und Transaktionskosten müssen gegenüber den entstehenden Vorteilen deutlich geringer sein. Andernfalls ist das Netzwerk langfristig in seiner Existenz bedroht.

Ein Cluster stellt eine hoch komplexe Form eines Netzwerkes dar. Miteinander verbundene Unternehmen und Institutionen innerhalb eines bestimmten Wirtschaftszweiges konzentrieren sich in räumlicher Nähe. Diese räumliche Nähe fördert die wirtschaftliche Entwicklung sowie die Entstehung von Wissen und Innovationen. Zugleich sind Cluster für externe Akteure offen, so dass neues Wissen in das Netzwerk fließen kann. Cluster können sich entlang vertikaler Wertschöpfungsketten organisieren oder eher horizontal, also auf einer ähnlichen Produkt- oder Technologieebene ausgeprägt sein.

Aufgrund der großen und weiter zunehmenden Bedeutung derart komplexer, offener Innovationsnetzwerke ist es zentral,

auf den Umfang und die Ausprägung derartiger Strukturen in NRW einzugehen. Für die Förderung und Verbreitung von KI-Technologien und Anwendungen existieren in Nordrhein-Westfalen wie auch in ganz Deutschland bereits eine Reihe von aktiven Netzwerken, Clustern und Use-Cases. Eine Beurteilung der Effektivität und Funktionsfähigkeit dieser Strukturen kann im Rahmen dieser Studie nicht erfolgen. Hier sei der Blick auf formale Evaluationsstudien empfohlen. Im Folgenden werden jedoch die zentralen Netzwerke und Plattformen genannt, um einen zunächst rein quantitativen Eindruck zu vermitteln. Eine umfassende Zusammenstellung findet sich auf den Internetseiten der Kompetenzplattform Künstliche Intelligenz. Darüber hinaus existiert eine Reihe nationaler Projekte, Plattformen und Netzwerke, die auch Akteure in NRW einbeziehen. Exemplarisch sei die **Plattform Lernende Systeme** – Die Plattform für Künstliche Intelligenz - genannt. Sie bringt Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Organisationen aus den Bereichen Lernende Systeme und Künstliche Intelligenz zusammen. In thematisch spezialisierten Einheiten werden Chancen, Herausforderungen und Rahmenbedingungen für die Entwicklung und den verantwortungsvollen Einsatz lerner Systeme erörtert. Aus den Ergebnissen sollen Szenarien, Empfehlungen, Gestaltungsoptionen oder Roadmaps abgeleitet werden.

Netzwerke und Plattformen in NRW:

Kompetenzplattform Künstliche Intelligenz Nordrhein-Westfalen: Sie gewährleistet und unterstützt den Technologietransfer sowie die enge Zusammenarbeit von Mittelstand, Start-ups, Universitäten, Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen in NRW. Das Internetportal bietet eine detaillierte Übersicht zu KI-Anwendungen, Forschungseinrichtungen, politischer Strategie und Transferzentren. Eine qualitative Bewertung findet jedoch nicht statt. Ebenfalls sind KI-relevante

Studiengänge aufgelistet und nach Bundesländern strukturiert. Eine umfassende Recherche auf der Plattform ergab:

Sieben der 64 außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die in Deutschland insgesamt aufgeführt werden, liegen in NRW – genauso viele wie in Baden-Württemberg und nur eine weniger im Vergleich zum Spitzenreiter Bayern (<https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22. Juni 2021). Keine der außeruniversitären Einrichtungen liegt dabei im Ruhrgebiet. Ein Cluster der Einrichtungen befindet sich bei Bonn und Sankt Augustin, wo zusammengenommen vier der sieben Einrichtungen NRW platziert sind (ebd.).

Mit Blick auf **KI-Schwerpunkte der Forschungsinstitute** ist kein eindeutiges Herausstellungsmerkmal in der quantitativen Verteilung zu beobachten. Am ehesten stechen Sprach- und Textverstehen als Schwerpunkte heraus. Von 75 deutschlandweiten Einträgen befinden sich 14,7% in NRW. Daneben sind auch Grundlagenforschung sowie Datenmanagement & -analyse quantitativ in NRW sehr präsent. Sensorik & Kommunikation ist dagegen in der Tendenz ein weniger stark vertretener KI-Schwerpunkt an nordrhein-westfälischen Forschungsinstituten.

Mit Blick auf die **KI-Kompetenzzentren** befinden sich immerhin **zwei Standorte von insgesamt 14 in NRW**. Dies sind die beiden Standorte des ML2R Kompetenzzentrums in Bonn und Dortmund, womit NRW im Bundesländervergleich gut ausgestattet ist (<https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22. Juni 2021).

ML2R – Das Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr: Das Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr ist einer von sechs bundesweiten Knotenpunkten, um die Entwicklung der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens in Deutschland auf ein weltweit führendes Niveau zu bringen. Beteiligte Einrichtungen sind die Technische Universität Dortmund, das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS in Sankt Augustin, die Universität Bonn sowie das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML in Dortmund. Die Leitidee besteht im Aufbau von hybriden und modularen Systemen, die sowohl Daten als auch Wissen nutzen und sich flexibel für verschiedenste Anwendungsbereiche adaptieren lassen. Ein besonderer Fokus liegt darauf, KI-Technologien für die Anwendung in kleinen und mittleren Unternehmen nutzbar zu machen. Das Kompetenzzentrum besitzt internationale Sichtbarkeit und ist international gut vernetzt. Sieben Jahre nach seiner Gründung wird das Zentrum von einem Expertengremium evaluiert. Aktuell ist aus Sicht der Autorinnen und Autoren nicht abschätzbar, inwieweit insbesondere der Transfer in die Anwendung gelingt. Bisherige Anwendungsinteressenten des ML2R bilden ein breites Wirtschaftsspektrum ab, welches exemplarisch die Bereiche Logistik und Industrie 4.0, Telekommunikationsanbieter und das Compliance-Gebiet umfasst. Cybersicherheit, Anomalieerkennung, Qualitätsprognosen in Prozessen zur Ressourceneinsparung, realzeitliche Entscheidungsunterstützung sowie die Erklärbarkeit beziehungsweise Transparenz von Maschinellen Lernen wurden seitens des ML2R als mögliche Anwendungsbereiche in den

Unternehmen identifiziert (vgl. Tätigkeitsbericht ML2R, November 2020). Das Institut sieht ebenso wie die Autorinnen und Autoren dieser Studie weitere Ausbaupotentiale für Kooperationen mit Unternehmen. Eine echte qualitative Einschätzung ist jedoch aufgrund mangelnder Datenbasis an dieser Stelle nicht möglich.

Enterprise Innovation Campus (Fraunhofer): Der Enterprise Innovation Campus richtet sich an Unternehmen aller Branchen, die gemeinsam mit Fraunhofer-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern KI-Lösungen entwickeln möchten. Angeboten werden agile Methoden und das Aufsetzen eines konkreten Innovationsprozesses im Bereich KI, ML und Big Data/Data Science. Dies findet entweder am Fraunhofer-Institutszentrum in Schloss Birlinghoven bei Bonn oder virtuell statt. Mit ähnlicher Ausrichtung, aber bundesweit organisiert ist die **Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz**. Sie bündelt mehr als 30 Institute in ihrer branchenübergreifenden KI-Expertise. Die Fraunhofer-Expertinnen und -Experten begleiten Unternehmen bei der Umsetzung von Big-Data- und KI-Strategien, entwickeln Software und datenschutzgerechte Systeme und bilden Fach- und Führungskräfte zu Data-Scientists aus.

Konkrete Use-Cases und Cluster in NRW:

bergisch.smart_mobility: Künstliche Intelligenz als Enabler für die Mobilität von Morgen. Treibt die Entwicklung digitaler Lösungen für innovative Mobilitätskonzepte voran, beispielsweise im Bereich adaptiver Verkehrsflusssteuerung, multimodaler Verkehrsservices, hochautomatisierten oder autonomen Fahrens. Beteiligt am Vorhaben sind das Tech-Unternehmen APTIV Services Deutschland GmbH, die Bergische Universität Wuppertal, die WSW mobil GmbH, die Neue Effizienz GmbH, die Bergische Struktur- und Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH sowie die Städte Wuppertal, Solingen und Remscheid.

SmartHospital.NRW: In einem von der Universitätsmedizin Essen angeführten Konsortium erarbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Expertinnen und Experten ein Vorgehensmodell, um den Weg für die Transformation von bestehenden Krankenhäusern zu digital-intelligenten Einrichtungen der Zukunft (»Smart Hospitals«) zu ebnen. Gerade mit Blick auf Effizienzsteigerung, Diagnostikunterstützung und Entlastung des Personals bergen Systeme der Künstlichen Intelligenz (KI) ein enormes Potenzial – besonders bei unvorhergesehenen Belastungen wie einer Pandemie.

Das Frühwarnsystem corona.KEX.net: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln im Forschungsprojekt corona.KEX.net ein KI-basiertes Frühwarnsystem zur Verhinderung von Versorgungsengpässen bei medizinischer Schutzausrüstung. Ziel ist es, die Belieferung von Krankenhäusern, Arztpraxen und Pflegeeinrichtungen mit Artikeln des medizinischen Bedarfs auch bei kurzfristigen Engpässen sicherzustellen und kosteneffizientes Handeln während der Pandemie zu ermöglichen. Neben dem Konsortialführer KEX Knowledge Exchange AG arbeiten Expertinnen und Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft an der Entwicklung des Frühwarnsystems.

It's OWL: Im Technologie-Netzwerk it's OWL – Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe entwickeln über 200 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Organisationen Lösungen für intelligente Produkte und Produktionsverfahren. Mit Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen und des Bundes werden dazu in der Zeit von 2018 bis 2023 Projekte im Umfang von 100 Millionen Euro umgesetzt. Themenschwerpunkte sind Künstliche Intelligenz, digitale Plattformen, Digitaler Zwilling und Arbeit 4.0. Hervorgehoben sei der KI-Marktplatz. Hier arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen am Aufbau eines Innovationsökosystems rund um eine digitale Plattform.

Netzwerk KI-MAP: Das Netzwerk KI-MAP bringt Anbieter, Anwenderinnen und Anwender sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in engen Austausch, um insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau, aber auch darüber hinaus, mit Hilfe von Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz Lösungsansätze für Problemstellungen zu identifizieren und innovative Produkte und Technologien zu entwickeln. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie fördert „KI-MAP“ als ZIM-Kooperationsnetzwerk.

Ein umfassendes Bild für Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen, Qualifizierung und wirtschaftliche Aktivitäten, inkl. Beispielanwendungen in Unternehmen stellt die Internetseite **ki.nrw** bereit. Besonders anschaulich ist die hier interaktiv

nutzbare KI-Landkarte, auf der entsprechende Ressourcen und Potenziale zu finden sind.

Diese Aktivitäten gliedern sich in umfassende nationale und internationale Bemühungen um KI-Exzellenz ein. Neben der Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung (www.ki-strategie-deutschland.de), die darauf abzielt, den Standort Deutschland in Erforschung, Entwicklung und Anwendung von KI im internationalen Wettbewerb zu stärken, geht Deutschland auch Partnerschaften im europäischen Raum ein. Gemeinsam mit Frankreich wurde etwa zu Beginn des Jahres 2021 ein Förderaufruf für Innovationsprojekte im KI-Bereich gestartet, der mit insgesamt 20 Millionen Euro dotiert ist.

Insgesamt kommen bisherige Experteneinschätzungen auch auf nationaler Ebene zu dem Schluss, dass KI insbesondere als Grundlagentechnologie stärker in verschiedenen Anwendungsbereichen nutzbar gemacht werden muss (vgl. Nationale Strategie für Künstliche Intelligenz 2020: 2, KI-Experten-gespräche NRW). Hierfür braucht es einen deutlich stärkeren Aufbau von KI-Ökosystemen und die Gewinnung von Fachkräften bzw. intensive Qualifizierungen in den Unternehmen. Hier spielen auch die intensive Förderung und Mobilisierung von Mädchen und Frauen eine herausgehobene Rolle. Sie sind aktuell noch viel zu wenig präsent in KI-relevanten Studiengängen.

5.3.6 Potenziale von KI/Maschinenlernen und ihre Anwendung in NRW

Die Potenziale für die Entwicklung und insbesondere für den Einsatz Künstlicher Intelligenz sind vielfältig. Künstliche Intelligenz wird gemeinhin als eine neue Form von Basistechnologie verstanden, die an vielfältige Anwendungsmöglichkeiten und Bedarfe angepasst werden kann. Insbesondere im Mittelstand werden die größten Chancen durch KI in der Optimierung der Supply Chain sowie in einer gesteigerten Prozesseffizienz gesehen. Zudem ermöglicht KI zielgenauere Werbung sowie einen verbesserten Kundenservice. Vorteile können sich somit für die gesamte Wertschöpfungskette ergeben. Die Substitution ganzer Arbeitsplätze durch KI wird jedoch nach aktuellen Expertenmeinungen in Deutschland nur selten der Fall sein (vgl. Begleitforschung Mittelstand-Digital 2019). Das Beratungsunternehmen McKinsey dagegen schätzt, dass gut die Hälfte aller industriellen Arbeitsplätze durch KI-Technologien substituiert werden können (vgl. McKinsey 2017). Dies umfasst Tätigkeiten, die einen hohen Standardisierungsgrad aufweisen, Daten sammeln oder Daten verarbeiten.

Im Rahmen der Begleitforschung Mittelstand Digital wurden 40 KI-Expertinnen und -Experten zu konkreten Anwendungspotenzialen von KI-Technologien befragt. Hier wurden intelligente Automatisierung, intelligente Sensorik sowie intelligente Assistenzsysteme als die bedeutendsten potenziellen Anwendungsfelder genannt. KI ist somit eine logische Weiterentwicklung der digitalen Transformation, denn Automatisierung, Sensorik und Assistenzsysteme standen auch schon bisher im Fokus der Digitalisierung, jetzt werden sie ergänzt um die intelligente Komponente. Auch wenn diese Befragung auf ganz Deutschland und nicht auf einzelne Länder fokussiert, so ist zu vermuten, dass diese Einschätzung auch für NRW zutreffen würde.

Konkret meint Automatisierung etwa die maschinelle Bilderkennung im medizinischen Bereich oder die industrielle Fertigung. Wo früher noch eine Sichtkontrolle eines Produkts notwendig war, können heute Sensoren und Algorithmen zum Einsatz kommen. Aber auch im Bereich der maschinellen Verarbeitung natürlicher Sprache wird beispielsweise die Kommunikation mit Kundinnen und Kunden zunehmend automatisiert. Auch Intelligente Persönliche Assistenten haben schon heute Einzug in den Alltag vieler Menschen erhalten (vgl. Initiative Intelligente Vernetzung).

Doch KI kann auch im für NRW so immens wichtigen Bildungsbereich zur Anwendung kommen: Sie gibt Lernenden die Möglichkeit, viel stärker selbst zu entscheiden, was sie wann, wo und wie lernen wollen; zudem werden auf die Person abgestimmte Rückmeldungen und Unterstützung möglich. Ebenso kann KI helfen, besser zu verstehen, wie eine Person den Prozess des Lernens für sich gestaltet: Wie geht sie vor, welche Informationen nimmt sie wann auf, woran scheitert sie? Konkret kann ein technologiegestützter Lernprozess zum Beispiel bedeuten, dass eine lernende Person eine KI-Mentorin oder einen KI-Mentor zu Rate ziehen kann, wann immer sie nicht weiterkommt oder eine Frage hat. Perspektivisch betrachtet sind sogar Modelle denkbar, die eine lebenslange Eins-zu-Eins-Begleitung ermöglichen – die künstliche Intelligenz wird

zur persönlichen Tutorin in Schule, Universität und Berufsleben.

Im Energiesektor gilt es, die mit dem Umstieg auf erneuerbare Energien größeren Unsicherheiten zu managen. Denn je nach Witterung schwanken die Produktionsmengen erheblich, müssen aber gleichwohl der fluktuierenden Nachfrage gerecht werden. Hier erweist sich KI als nützliches Werkzeug, um in Echtzeit Produktion und Verbrauch verlässlich prognostizieren zu können. Solchen Predictive-Intelligence-Lösungen wird ein erhebliches Potenzial zugeschrieben, um die Kosten für das Netzmanagement und den Energiehandel signifikant zu senken. Durch die Energiewende gewinnen dezentrale Energiesysteme zunehmend an Bedeutung und Verbreitung. KI ist hierbei hilfreich, die dadurch vorhanden dezentralen Energieressourcen effizient zu verteilen und den Energiehandel zu unterstützen.

KI kann zu großen Vorteilen im Gesundheitssystem führen. Große Hoffnungen werden insbesondere auf Anwendungen gesetzt, die – besser und schneller als menschliche Ärztinnen und Ärzte – Diagnosen stellen und Therapievorschläge machen. Von der Möglichkeit, mithilfe Künstlicher Intelligenz immense Datenmengen auszuwerten – seien es Studien, Forschungsaufsätze oder die Akten Millionen anderer Patientinnen und Patienten – profitieren auch viele Gebiete der Medizin, wie die Radiologie, die Kardiologie oder die Orthopädie. In der Radiologie können außerdem Röntgenbilder beispielsweise mit Datenbanken abgeglichen werden, um präzisere und schnellere Diagnosen zu stellen, insbesondere bei seltenen Krankheitsbildern. Mithilfe von KI kann die Fehlerquote von Diagnosen deutlich minimiert werden. In der Orthopädie ist es mit KI bereits möglich, dass sich Prothesen an den individuellen Gangstil des Anwenders anpassen und so mehr Lebensqualität ermöglichen.

Auch im Bereich öffentlicher Verantwortungsbereiche kann KI erheblichen Nutzen stiften. Etwa im Management von Verkehrsströmen, bei der effizienten Gestaltung von Entsorgung und Recycling oder in der Vereinfachung von Verwaltungsvorgängen. Weitere, teils sehr detaillierte Anwendungsfälle beschreiben acatech (2020) sowie die Initiative Intelligente Vernetzung (2019).

Die im Zuge der hier vorliegenden Studie befragten Expertinnen und Experten gaben an, dass Nordrhein-Westfalen im Bereich Maschinenlernen und KI vor allem Potenziale in folgenden Bereichen aufweist:

- Gesundheitssektor (Biotech, Pharma, Medizin)
- Logistik,
- Versicherungswirtschaft,
- Energiewirtschaft,
- Produktionstechnik/Automatisierung

Eine Analyse der über die Plattform Lernende Systeme abzurufenden Daten zeigt, dass NRW im Bereich der Anwendungen künstlicher Intelligenz mit Blick auf die Zahl der Einträge deutlich hinter Baden-Württemberg und Bayern zurückliegt. Das Land erreicht den dritten Platz im Bundesländervergleich. Dieser Abstand ist substantiell und in den meisten Anwendungsfeldern und Branchen vorhanden. Im Vergleich zu den mittel- und norddeutschen Bundesländern ist NRW aber gut aufgestellt (<https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22. Juni 2021).

Schwerpunkte in NRW sind mit Blick auf die Branchen (Anwendungsmarkt) insbesondere das verarbeitende Gewerbe (14% der Einträge), Gesundheit und Pharma (11%) sowie Energie und Umwelt (10%). Insgesamt zeichnet sich NRW in Bezug auf die Branchen aber durch eine substantielle Breite aus. So sind auch KI-Anwendungen in den Branchen Finanzen, Versicherungen und Immobilien, Logistik und Mobilität sowie Handel verhältnismäßig stark in NRW vertreten (<https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22. Juni 2021).

Die Gesundheitswirtschaft ist in NRW die beschäftigungsstärkste Branche mit einem Unternehmensbestand von deutlich über 60.000. Auch wenn der Großteil hier traditionell der medizinischen Versorgung zuzurechnen ist, haben Medizintechnik und Pharmaindustrie erhebliche innovatorische Potenziale und damit auch Einsatzmöglichkeiten für KI-Technologien. Doch auch in klassischen Kranken- und Versorgungseinrichtungen kann KI als Planungshilfe oder Diagnostiktool eingesetzt werden und damit eine bessere und kosteneffiziente Versorgung ermöglichen. Beispiel ist ein von der Universitätsmedizin Essen angeführtes Konsortium, bestehend aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Fraunhofer-Institute für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS und für Digitale Medizin MEVIS, der RWTH Aachen und der TU Dortmund sowie aus Expertinnen der m.Doc GmbH und der GSG Consulting GmbH, die gemeinsam Konzepte und Lösungen entwickeln, wie Krankenhäuser aus NRW in sogenannte »Smart Hospitals« transformiert werden können. Darin werden auch KI-basierte Anwendungen für reale Einsatzszenarien entwickelt und exemplarisch erprobt, wie beispielsweise die intelligente Erstellung und Verarbeitung medizinischer Dokumente, die KI-gestützte Gesundheitsdatenanalyse zur Diagnostikunterstützung oder der Einsatz von Sprachinterfaces zur kontaktlosen und damit sterilen Bedienung von Computern am Arbeitsplatz gelingt.

Zudem bieten vor allem die vom Land definierten sechs Gesundheitswirtschaftsregionen in NRW die Chance, als Entwicklungs- und Testfeld für KI-Anwendungen genutzt und weiterentwickelt zu werden. Auch für die auf Telemedizin ausgerichtete Landesinitiative e-gesundheit.nrw sollte geprüft werden, ob nicht ein stärkerer Fokus auf KI-Anwendungen gelegt werden kann. Das Projekt KI PEPS, in dem mit Hilfe von KI eine verbesserte Personaleinsatzplanung erfolgen kann, ist ein gutes exemplarisches Beispiel im Rahmen dieser Initiative. Auch im Umfeld der aktuellen Pandemie versucht ein Projekt, ein Frühwarnsystem zu entwickeln, das mithilfe künstlicher Intelligenz Versorgungsengpässe bei medizinischer Schutzausrüstung verhindern soll (corona.KEX).

Die Logistik besitzt in NRW aufgrund seiner hohen Industrialisierung und seiner verkehrsgeographischen Lage eine ganz besondere wirtschaftliche Bedeutung. Innerhalb der Branche existieren zunehmend komplexer werdende Lieferketten, und damit eine immer größere Anzahl an Stakeholdern, die bei der Erzeugung von stets vielfältiger werdenden Produkten mitwirken. Dies verlangt nach KI-Lösungen, die mittels Data Analytics wertvolle Informationen gewinnen können. Ziel sind dabei, die Identifizierung und Realisierung von Effizienzsteigerungen und datengetriebener Unterstützung von Unternehmensentscheidungen. Komplexere und selbstlernende Algorithmen der künstlichen Intelligenz können hier die Antwort liefern. Insbesondere in der Lagerverwaltung, im Forecasting und in der Planung und Visualisierung von Prozessen kommt KI in der NRW-Logistik zum Einsatz. Beispiele finden sich etwa in Mönchengladbach mit dem Projekt logistiCS.NRW, das zeitnah die Verkehrssituation in den Neuss-Düsseldorfer Häfen verbessern und so eine Entspannung des Gesamtverkehrs sowie eine CO₂- und NO_x-Reduktion im Umfeld des Hafens erreichen will. Oder das Projekt UNICARagil in Aachen, in dem automatisiertes und vernetztes Fahren im Rahmen cloudbasierter Ansätze erforscht wird. Ein breites Feld ist auch der Einsatz in der Verkehrsplanung, wie er auch in einigen Projekten in NRW geplant wird (KI4LSA, EnDyVA).

Mit Blick auf die eingesetzten Technologien sticht als zunächst rein quantitative Stärke von NRW der Bereich Datenmanagement und -analyse sowie Sprach- und Textverstehen heraus. Bei Letzterem nimmt NRW den zweiten Platz hinter Baden-Württemberg ein. Dagegen sind Robotik und autonome Systeme sowie virtuelle und erweiterte Realität in NRW nur schwach vertreten und könnten als Schwäche interpretiert werden (<https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22. Juni 2021). Insbesondere die Erfolgsgeschichte des Kölner Unternehmens DeepL GmbH, das mit Hilfe von KI-Technologien Übersetzungsleistungen und Texterkennung betreibt, hat internationale Aufmerksamkeit und Anerkennung erfahren. Die Technologie „Sprach -und Textverstehen“ wird in NRW häufig im Anwendungsmarkt Finanzen und Versicherungen verwendet. Hier zählt die Plattform Lernende Systeme sechs spezifische Beispiele auf, u.a. die Plattform für digitale steuerrechtliche Intelligenz von Taxy.io GmbH, Automatische Informationsextraktion aus Vertragsdokumenten vom Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS und Automatisierung des Schadenmanagements von Versicherern von der Eucon Digital GmbH. Darüber hinaus werden auch einige Beispiele für Sprach- und Texttechnologien in den Branchen Pharma/Gesundheit und in dem verarbeitenden Gewerbe aufgeführt. So entwickelt ein öffentlich-privates Konsortium unter Beteiligung der Universitätsklinik Aachen aktuell ein intensivmedizinisches Entscheidungssystem für Risikoabschätzung und Therapiewahl. Ein prominent hervorgehobenes Beispiel für eine KI-Anwendung aus NRW von der Plattform lernende Systeme ist das Sichten und Auswerten von Akten. Die Anwendung wird von der Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) entwickelt.

Zudem besitzt NRW das Jülich Supercomputing Centre (JSC). Hier sind erhebliche FuE-Potentiale für den Bereich Quantencomputing vorhanden. Aktuell wird zu den Themen Supercomputer für Wetter/Klimamodelle, Supercomputer in der Pandemie (Simulation von Aerosolen) sowie Supercomputer für

Stoff- und Materialentwicklung (Beyond Plastik, neue Medikamente) gearbeitet. In allen Feldern existieren sehr direkte Anwendungsfälle in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik.

5.3.7 Neugründungen im KI-Bereich in NRW

Neugründungen von Unternehmen sind ein zentraler Mechanismus für Wettbewerb und Strukturwandel in einer Volks- und Regionalökonomie. Neue Unternehmen fordern existierende heraus und führen zu einer größeren Vielfalt auf dem Markt. Dies gilt im Besonderen für die Entwicklung und Verbreitung von KI-Anwendungen. In frühen Phasen der technologischen Entwicklung, bei der Identifizierung neuer Anwendungsgebiete und der Erprobung neuer Geschäftsansätze spielen Gründungen aus mehreren Gründen eine große Rolle:

- Gründungen sind flexibler wenn es darum geht, Neues auszuprobieren und aus Fehlschlägen zu lernen.
- Gründungen können neue Märkte entwickeln und bearbeiten, die zunächst nur geringe Umsatzvolumina versprechen. Für etablierte Unternehmen sind solche neuen, kleinen und oft unübersichtlichen Märkte wegen der fehlenden Skalierungsmöglichkeiten meist nicht interessant.
- Beim Thema KI geht es oft um die neue Kombination von methodischen Analyseansätzen, Datenquellen und daraus abgeleiteten Kundennutzen. Hier sind kleine, neu zusammengesetzte Teams, wie sie für Gründungen typisch sind, oft agiler, offener und schneller.

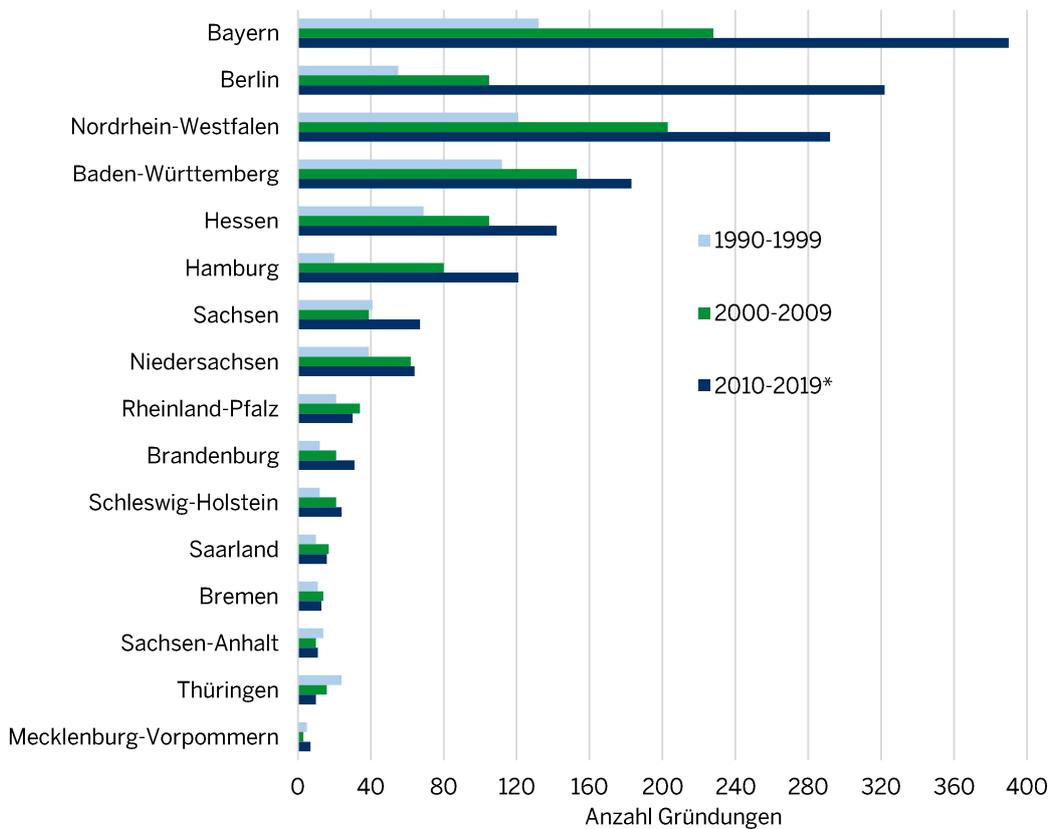
Die Zahl der Neugründungen in NRW, die KI-Technologien entwickeln oder in ihren Geschäftsmodellen nutzen, kann nicht aus amtlichen Statistiken abgeleitet werden, da diese keine entsprechenden Merkmale erfassen. Stattdessen wird auf Datenbanken, Netzwerke und Plattformen zurückgegriffen, die Informationen zu Aktivitäten und Angeboten von Unternehmen mit KI-Bezug enthalten. Eine Auswertung solcher Datenquellen³⁹ zeigt, dass im Zeitraum 2010 bis 2019 mehr als 290 Unternehmen in NRW gegründet wurden, deren Geschäftsaktivitäten einen KI-Bezug aufweisen. Diese Zahl ist erheblich höher als im Jahrzehnt davor (ca. 200) und in den 1990er Jahren (ca. 120). Zu beachten ist dabei, dass es sich nicht notwendigerweise um KI-basierte Gründungen handeln muss, also um Gründungen, die mit einem KI-Geschäftsmodell in den Markt eingetreten sind. Viele Unternehmen können auch erst später das Thema KI aufgegriffen haben.

Im Bundesländervergleich liegt Nordrhein-Westfalen an dritter Stelle in Bezug auf die Anzahl von Unternehmensgründungen mit KI-Bezug im Zeitraum 2010 bis 2019 (Abb. 5.3.22). Mehr solche Gründungen weisen Bayern (ca. 390) und Berlin (ca. 320) auf. Gerade in Berlin hat sich in den letzten Jahren die KI-Gründungsszene sehr dynamisch entwickelt.

³⁹ Für diesen Bericht wurden folgende Datenquellen und Verzeichnisse genutzt: Mannheimer Unternehmenspanel (Textanalyse von Geschäftstätigkeitsbeschreibungen), Webseiten von Unterneh-

men (Textanalyse von Geschäftstätigkeitsbeschreibungen), Verzeichnisse von Unternehmen auf einschlägigen Webseiten (lernendesysteme.de, appliedai.de, aiso-lab.com), Profi-Datenbank (Unternehmen mit FuE-Förderungen zum Thema KI).

Abb. 5.3.22: Anzahl von Unternehmensgründungen mit KI-Bezug 1990 bis 2019 nach Bundesländern



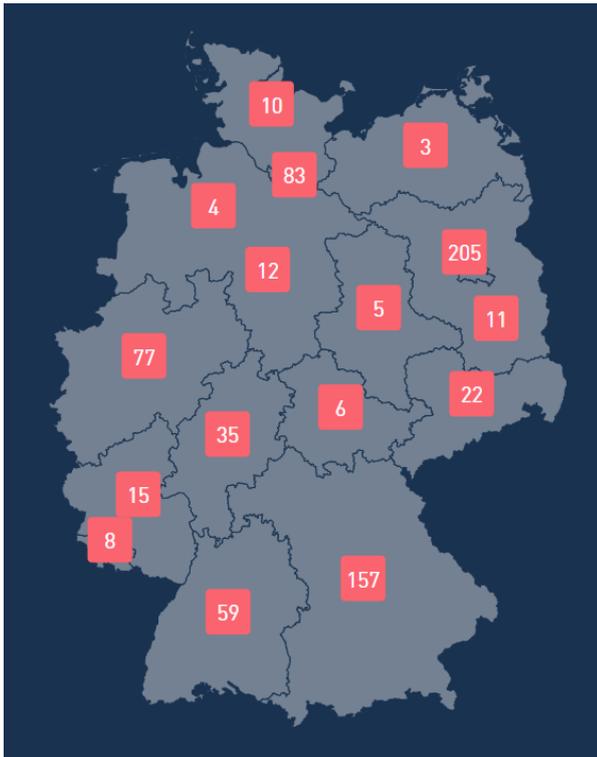
*Gründungen im Jahr 2019 noch untererfasst.

Recherche des ZEW zu KI-aktiven Unternehmen im Mannheimer Unternehmenspanel, auf Webseiten von Unternehmen, in Unternehmensverzeichnissen auf lernendesysteme.de, appliedai.de und aiso-lab.com sowie in der Profi-Datenbank; Angaben zum Gründungsjahr sind dem Mannheimer Unternehmenspanel entnommen

Konkrete Informationen zu Start-ups mit KI-Anwendungen liefert die Internetpräsenz **kipark.de**. KI Park ist eine offene, private Initiative zur Förderung anwendungsorientierter KI in und aus Deutschland. Die Initiatoren Deloitte und Investa haben das Ziel, gemeinsam mit Partnern des KI-Netzwerkes umfassende Unterstützungsangebote zu entwickeln, um die Potenziale Künstlicher Intelligenz nutzbar zu machen. Unternehmen haben die Möglichkeit, sich als Start-up in eine interaktive Karte einzutragen. Davon haben mit Stand 30. Juni 2021 gut 700 Unternehmen Gebrauch gemacht. 77 von ihnen haben ihren Standort in NRW, der Großteil sitzt in Berlin und in Bayern (vgl. Abb. 5.3.23).

Innerhalb von NRW sind Start-ups mit KI-Anwendungen vor allem in Köln, in Düsseldorf und in Aachen angesiedelt. Zu jedem einzelnen Unternehmen sind dezidierte Informationen zum Tätigkeitsprofil oder auch zum Gründungsjahr abrufbar. Konkrete KI-Start-ups finden sich ebenfalls auf der Internetpräsenz der **AI Startup Landscape** (appliedai.de). Hier sind die laut Selbstverständnis 278 vielversprechendsten KI-Start-ups in Deutschland gelistet. Hinter der Initiative verbirgt sich die im Jahr 2002 von der Unternehmerin Susanne Klatten gegründete, gemeinnützige UnternehmerTUM GmbH.

Abb. 5.3.23: Anzahl Start-ups mit KI-Anwendungen in Deutschland im Ländervergleich am 30. Juni 2021



www.kipark.de/map/ Stand: 30.06.2021

Im Folgenden sind beispielhaft Unternehmensgründungen aus NRW angeführt, deren Geschäftsmodelle wesentlich auf dem Einsatz von KI beruhen (Datenquelle: Initiative for Applied Artificial Intelligence (2021): AI Startup Landscape 2021):

1. Aifora GmbH (Düsseldorf): Aifora bietet Lösungen zur Automatisierung des Preis- und Bestandsmanagements für Einzelhändler an. Mithilfe von selbstlernenden Algorithmen werden präzise Prognosen erstellt, die das Kaufverhalten der Konsumenten in Echtzeit vorhersagen. Dazu werden die bestehenden Daten mit zusätzlichen Datenquellen, zum Beispiel Wetter und Wettbewerber, kombiniert und ausgewertet.
Nähere Informationen: <http://aifora.com>
2. Clinomic GmbH (Aachen): Das Assistenzsystem Mona nutzt KI-Algorithmen, um die Behandlung von Patienten auf der Intensivstation direkt am Krankenhausbett optimal zu unterstützen. Umgesetzt wird dies beispielsweise durch die Überwachung sämtlicher klinischer Messwerte der Patientinnen und Patienten und durch die Möglichkeit, Details zum Behandlungsverlauf abzurufen. Der Schutz der Patientendaten besitzt dabei stets oberste Priorität und wird u. a. durch eine durchgängige Anwendung ohne Internetverbindung gewährleistet.
Nähere Informationen: <https://clinomic.ai/>
3. Cognigy GmbH (Düsseldorf): Cognigy hat sich auf Automatisierungslösungen für

Großkunden spezialisiert. Entwickelt wurde ein lernfähiger, digitaler Assistent für die Kommunikation. Die Kunden werden automatisch erkannt, auf Basis der Unternehmensdatenbank erfolgt schließlich die Generierung von Antworten. Eine Anwendungsmöglichkeit besteht beispielsweise in der automatisierten Aufnahme von Schadensmeldungen.

Nähere Informationen: <http://www.cognigy.com/>

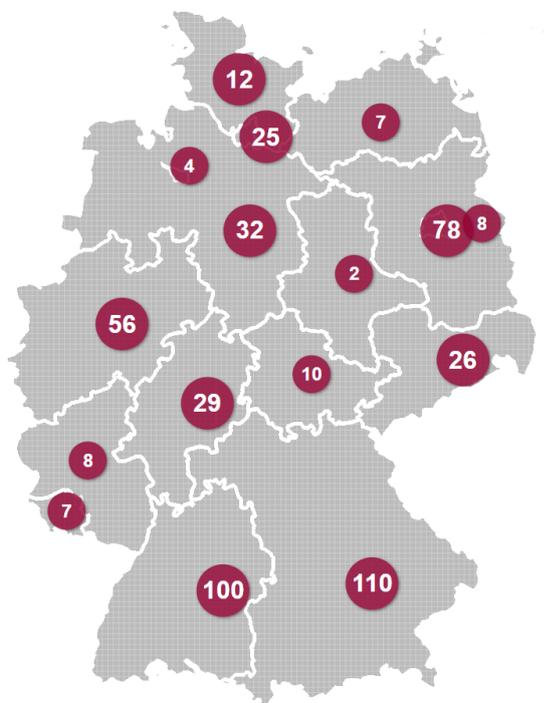
4. DABELL - Automation Intelligence GmbH (Düsseldorf): Bei DABELL handelt es sich um ein Gebäudemanagementsystem, welches eine autonome Steuerung von Energiesystemen und die Verbesserung der Leistung dieser Systeme ermöglicht. Mithilfe des Lernprozesses der KI wird die Steuerung kontinuierlich optimiert, um ein gesundes Raumklima und gleichzeitig eine Reduktion von Energiekosten zu realisieren.
Nähere Informationen: <http://www.dabelleu>
5. Envelio (Köln): Envelio bietet eine Software-Lösung für Netzbetreiber an. Durch die Automatisierung von Prozessen, beispielsweise in Zusammenhang mit der Erweiterung von Stromnetzen im Rahmen der Energiewende, können Kosten deutlich reduziert werden.
Nähere Informationen: <http://envelio.de>; <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Gründerwettbewerb/Artikel/Preistraeger/preistraeger-envelio.html>
6. Fileee GmbH (Münster): Bei Fileee handelt es sich um ein Dokumentenmanagement-Tool, das das Digitalisieren, Systematisieren und Archivieren von Dokumenten erleichtert. Künstliche Intelligenz wird genutzt, um Dokumententypen automatisch zu erkennen, zudem können relevante Informationen, beispielsweise Fristen oder Beträge, aus den gescannten Dokumenten extrahiert werden.
Nähere Informationen: <http://fileee.com>
7. FoodTracks (Münster): Mithilfe der FoodTracks Controlling-Lösung werden Daten aus der Produktion und dem Verkauf von Bäckereien analysiert. Dadurch kann die Produktion besser geplant und die Profitabilität gesteigert werden, was gleichzeitig zu einer Reduktion von Lebensmittelabfällen führt.
Nähere Informationen: <http://www.foodtracks.de/>
8. Gridscale GmbH (Köln): Die Cloud-Technologie von Gridscale zeichnet sich insbesondere durch eine einfache Handhabung und die benutzerfreundliche Oberfläche aus. Ihr klarer Vorteil ist zudem, dass höchste Sicherheitsstandards gewährleistet werden: die Cloud-Technologie selbst sowie die genutzten Rechenzentren sind nach ISO zertifiziert.
Nähere Informationen: <http://gridscale.io/>
9. Kauz GmbH (Düsseldorf): Das Startup Kauz entwickelt deutschsprachige Chatbots mit echtem Sprachverständnis. Die konkreten Vorteile des Einsatzes von Chatbots bestehen u. a. in der Steigerung der Kundenzufriedenheit und der Entlastung von

- Mitarbeitenden. Die Chatbots von Kauz basieren auf der Verwendung einer linguistischen Programmierung namens NLU, die mit einem eigenen Lexikon und Deep-Learning-Methoden kombiniert wird. Dadurch werden 70 bis 90 % korrekte Antworten erzielt.
Nähere Informationen: <http://kauz.net/>
10. Mercury.ai UG (Bielefeld):
Der KI-Chatbot von Mercury ermöglicht durch die Automatisierung der Kundenkommunikation sowie die automatisierte Kommunikation zwischen Kunden und Mitarbeitenden eine deutliche Reduktion von Zeit und Arbeitsaufwand, zum Beispiel im Bereich Customer Service & Support. Mit der Unterstützung des Chatbots lassen sich beispielsweise Upgrades durch die Kunden selbst durchführen. Dank der Natural Language Understanding Technologie ist die Kommunikation in mehreren Sprachen möglich.
Nähere Informationen: <http://www.mercury.ai>
 11. PRECIRE Technologies GmbH (Aachen):
Basierend auf einer Kombination von Psychologie und KI übersetzt diese Technologie sprachliche Kommunikation in objektive Messdaten. Als Datenbasis dienen aktuell über 38 Millionen Textbewertungen von mehr als 25.000 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern. Daraus können objektive Auswertungen in vielfältigen Anwendungsbereichen realisiert werden. Diese Technologie zur Sprachanalyse ist bisher einzigartig und wurde bereits mehrfach patentiert.
Nähere Informationen: <http://www.precire.com>
 12. Semalytix GmbH (Bielefeld):
Das KI-basierte Tool Pharos durchsucht automatisiert Online-Quellen auf Patientenaussagen, mit dem Ziel, durch Patienteninformationen die Arzneimittelentwicklung weiter zu unterstützen. Pharmaunternehmen wird die Möglichkeit geboten, durch eine Lizenz Zugriff auf diese Informationen zu erhalten und sich einen Überblick über Patientenerfahrungen in Zusammenhang mit Medikamenten zu verschaffen.
Nähere Informationen: <http://www.semalytix.de>
 13. Sentin (Bochum):
Sentin bietet eine Software-Lösung für Kontrollen in der Produktion und automatische Bildauswertungen an. Durch den Einsatz von automatisierten Auswertungen können Fehler minimiert und ein höheres Maß an Sicherheit und Genauigkeit erreicht werden.
Nähere Informationen: <https://sentin.ai/>
 14. Silexica (Köln):
Im Zentrum von Silexica stehen einzigartige Programmierlösungen, die vorhandene Codes analysieren und optimieren. Programmiererinnen und Programmierer können dadurch zum Beispiel bei der Implementierung von Code auf Supercomputern unterstützt werden. Ein Anwendungsbeispiel ist derzeit insbesondere der Bereich des autonomen Fahrens.
Nähere Informationen: <http://silexica.com>
 15. Simreka (Düsseldorf):
Bei Simreka handelt es sich um eine Simulationssoftware, die KI für umfangreiche Datensätze von Chemikalien, Materialeigenschaften und Herstellungsprozessen nutzt, um die Materialentwicklung erheblich zu beschleunigen. Zudem wurde eine Datenbank entwickelt, die über 100 Millionen Materialien und über 1.000 Herstellungsprozesse beinhaltet.
Nähere Informationen: <https://simreka.com/>
 16. Soccerwatch (Essen):
Mit dem Ziel, den Amateurfußball zu digitalisieren, überträgt und vermarktet soccerwatch.tv Amateurfußballspiele, die später auf der Plattform angesehen werden können. Dazu wurde ein vollautomatisches Kamerasystem entwickelt, welches von den Fluchtlicht-Masten aus das Spielfeld erfasst. Mithilfe des Analytics-Tools werden den Vereinen weitere Funktionen geboten, zum Beispiel die Möglichkeit, Laufmeter zu messen.
Nähere Informationen: <http://soccerwatch.tv>
 17. Social Sweethearts GmbH (Köln):
Der Publisher bietet familientaugliche und freundliche Unterhaltung an, beispielsweise durch Persönlichkeits-tests oder Quiz. Diese Inhalte erreichen jeden Monat Millionen von aktiven Nutzern. Der internationale Erfolg basiert auf der Nutzung modernster Technologien und selbstlernender Plattformen.
Nähere Informationen: <http://www.socialsweethearts.de>
 18. Tapdo Technologies GmbH (Münster):
Die Expertise von Tapdo liegt in der maßgeschneiderten Entwicklung von Hard- und Software-Lösungen.
Nähere Informationen: <https://tapdo.io>
 19. Taxy (Aachen):
Im Zentrum von Taxy.io steht die automatisierte B2B-Steuerberatung. Die Software erleichtert die Recherche in der steuerrechtlichen Literatur und bietet Unterstützung bei der Beantwortung von Mandantenanfragen an.
Nähere Informationen: <http://www.taxy.io/>
 20. Zoliton (Bochum):
Bei Zoliton handelt es sich um ein führendes Unternehmen im Bereich kognitiver Sensortechnologie. Die Technologie von Zoliton wurde u. a. in den Laboren der Ruhr-Universität Bochum entwickelt. Durch diese Micro-Energy-Harvesting Technologie können die Kosten und der Wartungsaufwand von Sensornetzwerken erheblich reduziert werden.
Nähere Informationen: <http://zoliton.com>
- Auch über die Plattform Lernende Systeme (www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html) lässt sich eine Karte mit der Verteilung von KI-Start-ups, KMU-Anwendern und relevanten Großunternehmen abrufen (vgl. Abb. 5.3.24).
- Wenn sich auch die Anzahl der auf den Karten genannten Unternehmen unterscheidet, so verändert sich jedoch die relative Positionierung NRWs kaum. Das Land befindet sich einmal auf dem dritten, einmal auf dem vierten Rangplatz. Es reicht

damit knapp an die Spitzengruppe der führenden KI-Standorte bundesweit heran.

Eine Beurteilung der wirtschaftlichen und innovatorischen Potentiale der einzelnen Unternehmen kann im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden. Die Liste der Unternehmen zeigt jedoch eindringlich, dass auch in NRW ein relevantes Gründungsgeschehen zu beobachten ist. Für die Weiterentwicklung des Förderinstrumentariums wäre es hilfreich in Erfahrung zu bringen, von welchen konkreten Faktoren der Erfolg oder das Scheitern von Gründungen determiniert wird. Ein wesentlicher Schritt wäre hierfür, systematische, explorative Interviews mit den Unternehmen zu führen, um entsprechende Informationen zu erlangen.

Abb. 5.3.24: Anzahl Start-ups, KMU und Großunternehmen mit KI-Anwendungen in Deutschland im Ländervergleich



<https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html> Stand: 30.06.2021

6. Gesamtschau: Fazit und Handlungsempfehlungen

6.1 Fazit

6.1.1 Stand und Entwicklung des Innovationsgeschehens in NRW: Gesamtschau

Die Untersuchungen zu Stand und Entwicklung des Innovationsgeschehens in NRW liefern ein gemischtes Bild. Dabei zeigt sich, dass das Land keine generelle Innovationsschwäche aufweist, sondern durch ein lebendiges und vielgestaltiges Innovationsgeschehen gekennzeichnet ist. Bei der Bewältigung der Herausforderungen in Zusammenhang mit dem Strukturwandel – insbesondere weg von den Montanindustrien hin zu einem modernen, innovativen Produktions- und Dienstleistungsstandort – ist das Land erheblich vorangekommen, wenngleich in Teilen noch Herausforderungen existieren, die in den kommenden Jahren angegangen werden sollten. Gleichzeitig haben sich im Land in beachtlichem Maße neue Innovationsfelder etabliert, die deutschlandweit und durchaus auch international bemerkenswert sind.

Tabelle 6.1 gibt einen Überblick über die Stärken und Schwächen Nordrhein-Westfalens in Wissenschaft und Wirtschaft in Hinblick auf die Schwerpunkte der Untersuchung sowie die im ersten Bericht im Rahmen dieses Untersuchungsauftrags identifizierten Zukunftsfelder und den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Stärken des Landes, an denen die Innovationspolitik ansetzen kann, sind:

- ein **breiter und innovativer Mittelstand**, der eine wichtige Rolle in industriellen Wertschöpfungsketten oder im Dienstleistungsbereich spielen;
- **innovative Großunternehmen**, unter anderem in der Chemischen Industrie und der Stahlindustrie, aber auch in Bereichen des Maschinenbaus;
- das Vorhandensein zentraler Unternehmen in den Infrastrukturbereichen der **Energieversorgung** und der **Telekommunikation**, die die zukünftige Ausgestaltung dieser wichtigen Netzinfrastrukturen mitbestimmen und Impulse für Investitionen und Innovationsaktivitäten in diesen Bereichen geben;
- eine **breite Dienstleistungslandschaft**, die insbesondere Ansatzpunkte für Innovationen in Bereichen wie Logistik und Digitalisierung der Wertschöpfung bietet;
- eine ausdifferenzierte und **leistungsfähige Hochschullandschaft**, die intensiv mit der Wirtschaft zusammenarbeitet und eine große Zahl gut ausgebildeter Absolventinnen und Absolventen hervorbringt;

- **etablierte Forschungseinrichtungen**, die in zentralen neuen Technologiefeldern wie Bioökonomie, IKT oder Elektromobilität forschen;
- eine **lebendige Hochschul-Spinoff-Szene**, wobei neben den Universitäten insbesondere die Fachhochschulen wichtige Ausgründungseinrichtungen sind;
- eine insgesamt gute Ausstattung in Hinblick auf die **digitale Infrastruktur**, die allerdings an einigen Punkten noch Verbesserungspotenzial aufweist.

Schwächen des Innovationsgeschehens in NRW betreffen insbesondere:

- niedrige **FuE- und Innovations-Aufwendungen** der Wirtschaft und der öffentlichen Wissenschaftseinrichtungen. Auf Seiten der Wirtschaft ist dies wesentlich durch eine Industriestruktur bedingt, in der Innovationen seltener auf einer hohen Forschungsintensität beruhen, wie dies etwa bei Systemzulieferern und OEMs der Automobilindustrie der Fall ist;
- insgesamt eine geringe **Patentintensität** und -dynamik in der Wirtschaft, die den geringeren Besatz mit forschungsintensiven Großunternehmen in patentstarken Branchen (z.B. Automobilbau) widerspiegelt;
- eine **Gründungsaktivität** im Hochtechnologiebereich und bei Hochschul-Spinoffs, die trotz erheblicher Anstrengungen noch hinter dem deutschlandweiten Durchschnitt zurückbleibt;
- im Ländervergleich unterdurchschnittliche **Bruttoanlageinvestitionen** der Wirtschaft, die zudem in den vergangenen Jahren abgenommen haben. Auch hierfür spielt eine ungünstige Branchenstruktur eine wesentliche Rolle.

Gemischt ist die Bilanz in Bezug auf die **Digitalisierung**. Die digitale Infrastruktur an (Hoch-) Schulen ist insgesamt durchschnittlich. Gleichzeitig ist der Anteil von IKT-Professorinnen und -professoren sowie Informatik-Studierenden im Ländervergleich am höchsten. Bei den IKT-Auszubildenden zeigt sich dagegen ein hoher zusätzlicher Bedarf.

Tab. 6.1: Ergebnisse der SWOT-Analyse – Stärken und Schwächen des Innovationsgeschehens in Nordrhein-Westfalen

Stärken	Schwächen
<p>1. Schwerpunkte wissenschaftlicher Forschung in den Zukunftsfeldern</p> <p>Intelligente Produktionstechnologien, IKT/Digitalisierung, Künstliche Intelligenz/Robotik, Energie, Materialien/Werkstoffe, Umwelttechnik, Logistik/Mobilität</p>	<p>Pharmazeutische Technik, Quantentechnologie</p>
<p>2. Kooperation Wissenschaft-Wirtschaft</p> <p>Gute Kooperationsbeziehungen, insbesondere zur mittelständischen Wirtschaft</p> <p>Verteilte Strukturen an Kompetenz-/Experimentierräumen für Zukunftstechnologien</p>	<p>Lehrdeputat, Bürokratie, Ressourcenmangel als bedeutende Hindernisse der NRW Hochschulen. Geringe staatliche Förderung, Ressourcenmangel sowie der Aufwand und die Kosten der Zusammenarbeit als wichtigste Hemmnisse der Forschungseinrichtungen in NRW.</p>
<p>3. Cluster/Netzwerke</p> <p>Zahlreiche funktionierende Cluster/Netzwerke</p> <p>Cluster/Netzwerke in verschiedenen Technologiefeldern/Industrien</p> <p>Breite Unternehmens- und Institutsbasis</p>	<p>Unübersichtliche Cluster-/Netzwerk-Landschaft mit Ineffizienzen</p> <p>Teilweise unkoordinierte, überschneidende Aktivitäten</p> <p>Hoher Verwaltungsaufwand auf Cluster-/Netzwerkebene</p>
<p>4. Bürokratie</p> <p>Unterdurchschnittliche Belastung von Hochschulprofessorinnen und -professoren mit internen Verwaltungsaufgaben</p>	<p>Bürokratische Belastung bei Administration von Wissenstransfer-Aktivitäten der Hochschulen und Forschungseinrichtungen, bei Intermediären</p>
<p>5. Humankapital, Bildung, Ausbildung</p> <p>Unter Berücksichtigung von fiskalischen Spielräumen relativ hoher Bildungsinput</p> <p>Gute Bilanz der MINT-Bildung an Hochschulen</p> <p>Relativ hohe Durchlässigkeit des Bildungssystems</p>	<p>Nachholbedarf bei MINT-Bildung in Schulen</p> <p>Herausforderungen in der Bildungsbeteiligung benachteiligter Milieus</p>
<p>6. Forschung und Entwicklung</p> <p>Hohe FuE-Intensität des Hochschulsektors; ausgewogenes Industriemuster der Forschung</p> <p>Hohe Forschungsintensität bei Spitzentechnologie; überdurchschnittliche FuE-Aktivitäten des Mittelstands, hoher Anteil aller Forschungsaufträge geht an Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen</p> <p>Fokus der Hochschulforschung auf wichtige Zukunftsfelder (intelligente Produktionstechnologien, Umwelttechnik, Werkstoffwissenschaften, Künstliche Intelligenz)</p>	<p>Unterdurchschnittliche FuE-Intensität von Wirtschaft und Staat</p> <p>Geringe FuE-Aktivität technologieintensiver Dienstleister</p>

noch Tab. 6.1:

Stärken	Schwächen
<p>7. Patentierung und neue Technologien</p> <p>Hoher Verwertungsanteil bei Hochschulpatenten an Fachhochschulen</p> <p>NRW ist wichtigster Technologiestandort in sieben Technologiefeldern (u.a. Biotechnologie, pharmazeutische Technologien, Materialtechnik/Metallurgie/organische Feinchemie/Polymertechnik)</p> <p>Aufholprozesse in Elektrotechnik/Informationstechnik, Instrumententechnik</p>	<p>Geringe Patentintensität und -dynamik</p> <p>Unterdurchschnittliche Patentaktivität u.a. in Transporttechnik, Photonik, Medizintechnik, IKT/digitale Technologien, Nanotechnologie, KI</p>
<p>8. Wissens- und technologieintensive Unternehmensgründungen, Hochschulausgründungen, Patentverwertung</p> <p>Relativ hoher Anteil von Gründungen mit hohem Beschäftigungswachstum</p> <p>Breite Hochschul- und Institutsbasis für Hochschulausgründungen; Positive Beispiele/Standorte</p> <p>Hoher Anteil forschungsintensiver innovativer Hochschulgründungen</p> <p>Finanzielle Unterstützung, Politikimpulse</p> <p>Hohe Zahl an Hochschulpatenten, funktionierende Unterstützungsstrukturen</p>	<p>Relativ geringe Zahl von Hightech-Gründungen und Gründungen aus Hochschulen</p> <p>Insgesamt geringe Venture Capital-Aktivitäten</p> <p>Verbesserbedürftige Zielfokussierung auf die Unterstützung von Ausgründungen, teilweise: ungünstige Grundausstattung der Hochschulen</p> <p>An Hochschulen teilweise zu wenig projektorientiertes Arbeiten, fehlende Vorbilder</p> <p>Verbesserungspotential bei der Einbindung von Unternehmen in Gründungsaktivitäten</p>
<p>9. Innovationen</p> <p>Hoher Anteil von KMU mit Innovationsausgaben sowie Innovationen und Breite der Innovationsnetzwerke</p> <p>Unterdurchschnittliche und abnehmende Bedeutung von Innovationshemmnissen</p>	<p>Unterdurchschnittliche Innovationsausgaben der Großunternehmen, vergleichsweise niedrige Erträge aus Innovationen</p> <p>Etwas unterdurchschnittlicher Neuheitsgrad der Innovationen, geringer Anteil von Unternehmen mit EU-Innovationsförderung</p>
<p>10. Investitionen und Infrastrukturen</p> <p>Gute Position beim Ausbau der Breitbandinfrastruktur und hinsichtlich der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in IKT-Berufen</p>	<p>Fachkräftemangel in der IKT-Branche</p> <p>Unterdurchschnittliche Investitionen in immaterielles Vermögen durch die Unternehmen</p>
<p>11. Produktivität</p> <p>Hohe Produktivität im Bundesländervergleich</p>	<p>Zuletzt geringe Produktivitätsdynamik</p>

Eigene Darstellung.

6.1.2 Ergebnisse zu den einzelnen Untersuchungsfeldern

Humankapital, Bildung und Ausbildung

Bildungsinput – bei Berücksichtigung der fiskalischen Handlungsspielräume in NRW relativ hoch: Das Verhältnis der Bildungsausgaben zum Bruttoinlandsprodukt übertrifft in NRW insbesondere die wirtschaftsstarken süddeutschen Länder Baden-Württemberg und Bayern deutlich. Betrachtet man jedoch die Mittelausstattung pro Schülerin und Schüler bzw. pro Studierenden, ist NRW im Ländervergleich relativ schlecht ausgestattet. Mit 42 Auszubildenden je 1.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten liegt NRW über dem Bundesdurchschnitt (39), was auf ein hohes Engagement der Unternehmen hinweist. Die Zahl der Studierenden an Universitäten und Fachhochschulen je 1.000 Einwohner ist in Nordrhein-Westfalen höher als in allen anderen Flächenstaaten und liegt mit gut 42 deutlich über dem Bundesdurchschnitt (34). Unter den Flächenstaaten hat die Zahl der Studierenden in Relation zur Bevölkerung in NRW seit 2011 auch am stärksten zugenommen (+8,7 je 1.000 Einwohner, gegenüber +4,9 im Bundesdurchschnitt).

Bildungoutput – insgesamt gemischte Bilanz, allerdings mit hohem Anteil ohne Berufsabschluss: Gut 01% der 18- bis 21-Jährigen in NRW schließen ihre Schullaufbahn mit dem Abitur oder dem Fachabitur ab, etwa so viel wie im Bundesdurchschnitt. Die Zahl der Hochschulabsolventinnen und -absolventen im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung entspricht ebenfalls in etwa dem Bundesdurchschnitt. Der hohe Anteil von Beschäftigten ohne Berufsabschluss könnte angesichts des zunehmenden Fachkräftemangels ein Hemmnis für die wirtschaftliche Entwicklung in NRW darstellen.

MINT-Bildung – Nachholbedarf in den Schulen, aber überdurchschnittliches MINT-Engagement an den Hochschulen: Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse in Mathematik in NRW liegen vergleichenden Untersuchungen des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) zufolge unter dem Bundesdurchschnitt. In den naturwissenschaftlichen Fächern wurde dagegen im Jahr 2018 das viertbeste Länderergebnis erreicht, allerdings mit weitem Abstand hinter den führenden Ländern Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen. Seit 2012 gibt es Hinweise auf ein Aufholen gegenüber anderen Bundesländern. Im Vergleich zu den wirtschaftsstarken süddeutschen Bundesländern sind jedoch in Nordrhein-Westfalen insgesamt noch Nachholbedarfe in der schulischen und beruflichen Ausbildung zu erkennen. Auf der Hochschulebene weist NRW in etwa einen durchschnittlichen Anteil von Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern sowie Studierenden mit MINT-Schwerpunktsetzung auf. Wenn man die Absolventenzahl auf die Zahl der Beschäftigten mit einem Ingenieurs-Berufsbild bezieht, fällt der Anteil in NRW sogar leicht überdurchschnittlich aus (mit einem Anteil von 8% der MINT-Absolventen in den Ingenieurwissenschaften im Vergleich zu 7% bundesweit).

Digitalisierung des Bildungssystems – relativ gute Ausstattung, aber bei der Nutzung digitaler Medien im Bundesländervergleich Rückstand: Neue Medien werden in

Schulen Nordrhein-Westfalens noch seltener genutzt als etwa in Baden-Württemberg und Bayern. Einer Lehrerbefragung zufolge liegt Nordrhein-Westfalen in dieser Hinsicht aktuell im unteren Mittelfeld der Bundesländer. Positiv zu bewerten ist im Ländervergleich, dass im Unterricht in NRW in besonderem Maße ein Schwerpunkt auf dem kritischen Hinterfragen von Inhalten aus dem Internet liegt. Der Zugang zu digitalen Medien zum Einsatz im Unterricht ist nach Aussage des Lehrpersonals in NRW relativ gut. Die Nutzung digitaler Medien in der Hochschulausbildung fällt im Ländervergleich in NRW eher gering aus.

Beschäftigungswachstum – im Zeitraum von 2011 bis 2017 in NRW mit +11,2% etwas schwächer als in Deutschland insgesamt (+12,3%): Den stärksten Beschäftigungsaufbau verzeichnete im Untersuchungszeitraum Berlin (+23%) gefolgt – mit einigem Abstand – von Bayern (+15,1%) und Baden-Württemberg (+14,0%).

Durchschnittliches „Gefährdungspotenzial“ durch Automatisierungsprozesse im Zuge der digitalen Transformation: Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) berechnet anhand der Tätigkeitsschwerpunkte der Berufstätigen entsprechende Anteile an gefährdeten Personen. Diesen Berechnungen zufolge liegt der Anteil von Beschäftigten, die von einer möglichen Verdrängung durch Computertechnik bzw. Software betroffen sind, bundesweit aktuell bei 25%, in NRW bei 26%.

Studienangebot in NRW in erster Linie von heimischen Studierenden in Anspruch genommen: Im Wintersemester 2017/2018 hatte mit über 81% ein weit größerer Anteil der Studierenden in Nordrhein-Westfalen (an den Hochschulen in Trägerschaft des Landes, ohne Fernstudium) als in allen anderen Ländern die Hochschulzugangsberechtigten innerhalb des Landes erworben, war zum Studium also nicht über die Landesgrenzen umgezogen. Im Mittel der Bundesländer sind es gut zwei Drittel der Studierenden, die bei Aufnahme eines Studiums innerhalb ihres Landes verbleiben. Der große Anteil heimischer Studierender ist zwar vor allem ein Landesgrößeneffekt. So stammt beispielsweise auch in Bayern (79,4%) und Baden-Württemberg (70,1%) der weit überwiegende Teil der Studierenden aus dem jeweiligen Bundesland. Allerdings ist die Zahl der Studierenden in Relation zur Gesamtbevölkerung in NRW höher als in allen anderen Flächenländern. Bemerkenswert ist, dass dies nicht an einer verhältnismäßig stärkeren Zuwanderung in das NRW-Hochschulsystem liegt.

Relativ hohe Durchlässigkeit des Bildungssystems mit Hinweisen auf Herausforderungen bei der Bildungsbeteiligung benachteiligter Milieus: NRW weist einen vergleichsweise hohen Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger ohne allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife und den nach Bremen zweithöchsten Anteil der Studierenden aus nichtakademischem Elternhaus auf (47%). Der Anteil der Schulabgänger ohne Hauptschulabschluss liegt mit 6,4% (2018) leicht unter dem Bundesdurchschnitt. Andererseits fällt der Anteil der Gymnasiasten an den ausländischen Schülern

unterdurchschnittlich aus. Innerhalb von NRW sind die Übergangsquoten von der Grundschule auf das Gymnasium in Wohngebieten benachteiligter Milieus besonders gering.

Teilnahme an Weiterbildung unterdurchschnittlich, gleichzeitig Aufholprozess: Lehrveranstaltungen der allgemeinen und beruflichen Weiterbildung übernehmen eine sehr wichtige Funktion im Anpassungsprozess der Erwerbstätigen an veränderte Qualifikationsanforderungen, insbesondere im Zuge der digitalen Transformation. Die Teilnahme variiert in NRW wie auch in anderen Bundesländern unter anderem nach der Qualifikation und dem Alter. Berücksichtigt man jedoch die persönlichen Unterschiede der Weiterbildungswahrscheinlichkeit ist festzustellen, dass Erwerbstätige in NRW in geringerem Maße an Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen als Erwerbstätige mit vergleichbaren Voraussetzungen in anderen Bundesländern. In Bezug auf Weiterbildungsaktivitäten ist in Nordrhein-Westfalen jedoch ein Aufholprozess erkennbar, da im Zeitraum von 2011 bis 2016 im Gegensatz zu den anderen Bundesländern, in denen ein leichter Rückgang zu verzeichnen war, die Weiterbildungsquote in etwa konstant blieb.

Forschung und Entwicklung

FuE-Aktivitäten – deutlich unterdurchschnittliche FuE-Intensität von NRW bei überdurchschnittlichem FuE-Anteil des Hochschulsektors: Nordrhein-Westfalen liegt mit einer FuE-Intensität von knapp 2,2% im Jahr 2019 deutlich hinter dem ursprünglichen 3-Prozent-Ziel des Landes und der Bundesrepublik. Es liegt damit zugleich im unteren Mittelfeld der deutschen Bundesländer. Der Anteil der öffentlichen FuE-Aufwendungen setzt sich aus dem Anteil der staatlichen Forschungsausgaben und dem Anteil der Forschungsausgaben der Hochschulen am BIP zusammen. Während der Anteil des Hochschulsektors im Vergleich zu Gesamtdeutschland mit etwa 0,6% überdurchschnittlich ist, liegt der Anteil der staatlichen FuE-Aufwendungen mit 0,3% in NRW unter dem Bundesdurchschnitt (0,4%). Die Wirtschaft leistet mit 1,3% einen deutlich unterdurchschnittlichen Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben in NRW und erreicht mit 58% nicht die gewünschte Aufteilung von öffentlicher und privater FuE im Verhältnis ein Drittel zu zwei Dritteln. Ein Grund hierfür liegt in der Branchenstruktur von FuE in NRW: Die FuE-intensive KFZ-Industrie macht in NRW rund 17 Prozent des gesamten FuE-Geschehens der Wirtschaft aus, zum Vergleich: in Baden-Württemberg sind es 53%. Gegenüber 2009 konnte NRW im Vergleich zu den anderen Ländern keinen Boden gut machen. Damit verringerte sich auch der Anteil NRWs an den internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in ganz Deutschland auf 12% im Jahr 2019. Der Anteil des FuE-Personals ist wie die FuE-Intensität unterdurchschnittlich: 15,5% des bundesdeutschen FuE-Personals arbeiten in NRW (gut 114.000 Vollzeitäquivalente, wovon knapp 64.000 im Wirtschaftssektor tätig sind). Ebenfalls liegt der Anteil des FuE-Personals an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in NRW mit 1,6% unter dem Bundesdurchschnitt von 2,2%. FuE-Tätigkeiten sind damit in NRW unterrepräsentiert. In NRW sind 58% des FuE-Personals in Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten tätig.

Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (70%) oder zu Baden-Württemberg (78%) ist dies ein eher niedriger Wert.

FuE-Aufwendungen der Unternehmen – dritthöchster absoluter Wert im Ländervergleich, aber unterdurchschnittliche FuE-Dynamik: Unternehmen in NRW haben im Jahr 2019 9 Milliarden € für interne FuE aufgewendet. Nur in Bayern und Baden-Württemberg lag dieser Wert höher. Von 2009 bis 2019 sind die internen FuE-Aufwendungen in NRW um 41% gestiegen, was ein im Vergleich zu Gesamtdeutschland unterdurchschnittlicher Wert ist.

Forschung in NRW – ausgewogenes Industriemuster: Insgesamt zeigt NRW ein recht ausgeglichenes Muster der FuE-treibenden Industriebranchen, ohne eine klar dominierende Branche. Dies ist in Hinblick auf eine möglichst geringe Krisenanfälligkeit und ein umfangreiches Leistungsportfolio positiv zu bewerten.

FuE im Dienstleistungsbereich – geringe FuE-Tätigkeit in den technologieintensiven Dienstleistungen: Nur 8% aller internen FuE-Aufwendungen werden in dieser Branchengruppe getätigt. Zudem hat sich im Zeitverlauf der Anteil des Umsatzes, den diese Dienstleistungsunternehmen in FuE investieren, deutlich von einem ohnehin schon geringen Niveau von 4,4% im Jahr 2009 auf 1,0% im Jahr 2019 vermindert. Eine Ursache hierfür liegt ebenfalls in der Struktur der Automobilindustrie im Bundesland begründet, die auch dazu führt, dass FuE-Dienstleister, die zu rund 70% im Themenbereich Kraftfahrzeugtechnologien forschen, sich hauptsächlich in den süddeutschen Bundesländern in der Nähe zu den OEMs und Systemzulieferern ansiedeln.

Forschungsaufträge an NRW-Hochschulen – überdurchschnittlicher Anteil von Forschung für Unternehmen: Externe FuE, also die Vergabe von Forschungsaufträgen an Dritte, wurde in den letzten Jahrzehnten stärker ausgeweitet als die unternehmenseigene, interne FuE. Allein von 2009 bis 2019 verdoppelte sich die externe FuE in Deutschland auf einen Wert von 22,7 Milliarden €. In NRW war die Steigerung mit 60% (2,4 Mrd. €) moderater. Die Hälfte dieser Summe geben Unternehmen der Chemischen und Pharmazeutischen Industrie in Auftrag. Auf Bundesebene zeigt sich, dass gerade die Vergabe von Forschungsaufträgen an Hochschulen von 2009 auf 2019 leicht zugenommen hat (13 %). Ganz anders ist dies in NRW, das eine deutliche Zunahme aufweist. Die Summe der externen FuE-Aufwendungen, die an Hochschulen fließt, hat sich hier von 2009 auf 2019 verdreifacht. Dazu passt, dass ein weit überdurchschnittlicher Anteil der Mittel für externe FuE an Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen fließt – fast 34%, während es im Bundesdurchschnitt nur rund 9% sind. Dies ist ein Zeichen für einen offenbar gut funktionierenden Wissenstransfer von der Wissenschaft in die Wirtschaft. Da aus Hochschulen zu einem hohen Anteil grundlagenorientiertes Wissen und Wissen mit hohem Neuheitsgrad in die Wirtschaft transferiert wird, lässt dies auf einen recht hohen Innovationspotential schließen, sofern die Unternehmen das transferierte Wissen tatsächlich in Anwendungen zu überführen vermögen.

Spitzentechnologie – positive Entwicklung und hohe Forschungsintensität: In NRW haben sich von 2009 bis 2019

die internen FuE-Aufwendungen in Branchen der Spitzentechnologie um 45% erhöht. Für NRW besonders relevante Branchen der Spitzentechnologie sind Teile der Elektroindustrie innerhalb des Wirtschaftszweiges WZ-26 sowie die Pharmazeutische Industrie. Diese Branchen sowie die Energiewirtschaft investieren im Ländervergleich auch besonders hohe Umsatzanteile in FuE. Die FuE-Umsatzintensität liegt hier sogar deutlich über derjenigen von Baden-Württemberg und Bayern.

FuE-Aktivitäten des Mittelstands – überdurchschnittliche Entwicklung in NRW: KMU kommt somit in NRW im Vergleich zum Bund und anderen FuE-starken Ländern eine größere Bedeutung zu. Zudem ist es gerade der Mittelstand, der in den letzten Jahren gegenüber den Großunternehmen seine FuE-Aktivitäten besonders ausgeweitet hat. Zwischen 2009 und 2019 wuchsen die internen FuE-Aufwendungen hier um 25%, auf Bundesebene nur um 17%, in Baden-Württemberg sogar um 55%.

FuE im Ausland – hohe Bedeutung der Internationalisierung von FuE: Dies zeigt sich an den externen FuE-Aufträgen an Unternehmen und andere FuE-aktive Institutionen im Ausland, wobei hier für NRW nur eine Auswertung nach dem Hauptsitz der Unternehmen erfolgen kann, da externe FuE in der FuE-Erhebung nicht regionalisiert abgefragt wird. Die Zahlen zeigen, dass NRW rund 34% seiner FuE-Aufträge an das Ausland vergibt, damit liegt das Land über dem Bundesdurchschnitt von rund 26%. Eine Erklärung liegt in den in NRW starken Branchen Chemie und Pharma, die traditionell einen höheren Internationalisierungsgrad aufweisen.

Schwerpunkte der NRW-Forschung in Hochschulen und Forschungseinrichtungen – überdurchschnittlicher Fokus auf zentrale Zukunftstechnologien: Ein wichtiger Aspekt hinsichtlich der Bedeutung der verschiedenen Zukunftsfelder für die Wissensentstehung und den Wissenstransfer ist, inwieweit diese Felder einen Schwerpunkt der Hochschulforschung bilden. Besonders gut vertreten sind in NRW Intelligente Produktionstechnologien, Umwelttechnik, Werkstoffwissenschaften und KI. Dagegen ist in dem Technologiefeld Pharma ein gegenüber dem Bundesdurchschnitt deutlich niedrigerer Anteil der Hochschullehrenden aktiv, auch der Bereich Quantentechnologie ist vergleichsweise schwach ausgeprägt. Die anderen Technologiefelder liegen in etwa im Bundesdurchschnitt. In den vier wichtigen Feldern, in denen NRW über dem Bundesdurchschnitt liegt (Industrie 4.0, Umwelttechnik, Werkstoffwissenschaft und KI) ist auch gegenüber Bayern und Baden-Württemberg ein Vorsprung zu erkennen. Weitere bemerkenswerte Schwerpunkte bei den Forschungseinrichtungen liegen in Feldern Logistik, Energie(technik), IKT/Digitalisierung.

Zeitbudget für Forschung in NRW-Hochschulen und – Forschungseinrichtungen im Bundesdurchschnitt: Professorinnen und Professoren an Universitäten in NRW wenden in etwa 42% ihrer Zeit für Forschung auf, an Fachhochschulen in NRW liegt der korrespondierende Wert bei 19,7%. Diese Anteilswerte entsprechen in etwa dem deutschen Durchschnitt. Mit 58,1% liegt der Zeitanteil der Institutsangehörigen, der für Forschung eingesetzt wird, leicht über dem

deutschen Durchschnitt (57,7 %). Der Anteil der Drittmittelforschung gegenüber nicht drittmittelfinanzierter Forschung ist bei Forschungseinrichtungen deutschlandweit wie in NRW mit ca. zwei Dritteln deutlich höher als bei Hochschulen (ca. die Hälfte).

Insgesamt überdurchschnittliche Anwendungsorientierung der öffentlichen Forschung in NRW, jedoch geringer als in Bayern und Baden-Württemberg: Der Grad der Anwendungsorientierung der NRW-Hochschulen entspricht zwar in etwa dem deutschen Durchschnitt. Die Forschungseinrichtungen in NRW weisen im Deutschlandvergleich eine überdurchschnittliche Anwendungsorientierung der Forschung auf, allerdings ist die Anwendungsorientierung in Bayern und insbesondere Baden-Württemberg stärker ausgeprägt.

Vereinfachte Administration und finanzielle Unterstützung als wichtigste Ansatzpunkte für die Verbesserung des Wissenstransfers in die Wirtschaft: Die drei wichtigsten in den Befragungen genannten Ansatzpunkte für die Verbesserung des Wissenstransfers sind eine vereinfachte Administration von Projekten und Projektanträgen, mehr Personal und Sachmittel sowie eine erhöhte staatliche Förderung.

Die Antragszahl für die Forschungszulage entspricht dem wirtschaftlichen Gewicht von NRW in Deutschland; gleichzeitig wird die Forschungszulage von den in NRW ansässigen FuE-aktiven Unternehmen überproportional in Anspruch genommen: Nach der prozentualen Verteilung der Anträge liegt NRW mit 19% an dritter Position hinter Bayern und Baden-Württemberg, auf die 25% und 21% der Anträge entfallen. Dies entspricht in etwa dem Anteil des Landes NRW am BIP 2020 (20,9%). Je eine Milliarde € an internen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der Wirtschaft aus NRW (2019) wurden ca. 51 Anträge gestellt, während dies deutschlandweit lediglich 32, in Bayern 36 und in Baden-Württemberg 20 Anträge waren. Somit hat gerade der forschende Mittelstand in NRW stark von dem neuen Instrument profitiert.

Patentierung und neue Technologien

Patentierung – Schutz des intellektuellen Eigentums nicht sehr weit verbreitet: Im Zeitraum 2016 bis 2018 haben gut 8% der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen Patente zum Schutz ihres eigenen intellektuellen Eigentums genutzt. Dieser Anteil liegt geringfügig unter dem Bundesdurchschnitt (knapp 9%). Weitaus mehr Unternehmen greifen auf strategische Maßnahmen wie Bindung von qualifizierten Mitarbeitenden, Geheimhaltung oder zeitlichen Vorsprung zurück.

Patentanmeldungen – unterdurchschnittliche Patentintensität und geringe Patentdynamik: Die Anzahl der Patentanmeldungen (ohne Mehrfachzahlungen von Anmeldungen an unterschiedlichen Ämtern) pro 1.000 Erwerbstätige lag in NRW 2018 bei 0,88 und damit unter dem Bundesdurchschnitt (1,23) und erheblich unter dem Wert der beiden führenden Länder Baden-Württemberg (2,55) und Bayern (2,44). Die niedrige Patentintensität ist ein Spiegelbild der niedrigen FuE-Intensität, da die meisten Patente aus FuE-Prozessen heraus resultieren. Die Anzahl der Patentanmeldungen hat sich seit 2001 in NRW nicht erhöht und blieb hinter dem Bundestrend

und hinter der dynamischen Entwicklung in Baden-Württemberg und Bayern zurück.

Patentgeschehen – Unternehmen dominieren auch in NRW: Die meisten Patente werden von Unternehmen angemeldet. In NRW lag der Anteil der Unternehmen an allen Patentanmeldenden bei 90%. Hochschulen und Forschungseinrichtungen spielen für das Patentgeschehen eine untergeordnete Rolle (zusammen rund 4% aller Anmeldungen). Dies gilt für alle westdeutschen Länder. In Ostdeutschland ist die Bedeutung der Wissenschaft dagegen höher, was am weitgehenden Fehlen großer, patentstarker Unternehmen liegt. Innerhalb des Unternehmenssektors ist in NRW der Anteil der patentierenden KMU mit 14% höher als im Bundesdurchschnitt (11%). Auch der Anteil der jüngeren Unternehmen (Alter bis 20 Jahre) ist mit 17% leicht höher als der Bundesdurchschnitt (16%).

Patentanmeldungen durch NRW-Hochschulen und Forschungseinrichtungen – insgesamt nahe beim Bundesdurchschnitt sowohl bei Anmeldung als auch bei der Verwertung: Der Anteil der Anmeldungen im Umfeld der Professorinnen und Professoren, die selbst bzw. deren (ehemaligen) Mitarbeitenden und Doktoranden in den letzten fünf Jahren Patente angemeldet haben, war mit 17,5% leicht unterdurchschnittlich (Bundesdurchschnitt: 18,4%). Jedoch war der Anteil derjenigen, die angaben, dass das Patent verwertet wurde, leicht überdurchschnittlich (9,2% gegenüber 8,9% im Deutschlanddurchschnitt). Differenziert nach Universitäten und Fachhochschulen zeigt sich, dass die Universitäten bei beiden Indikatoren unter dem Durchschnitt lagen und die Fachhochschulen deutlich darüber. 54,6% der Institutsangehörigen berichten von Patentanmeldung in den letzten fünf Jahren, damit liegt NRW leicht über den Durchschnitt für Gesamtdeutschland mit 54,4%. Der Anteil der Verwertungen liegt allerdings mit 27,3% leicht unter dem Deutschlandniveau (29,6%).

Inanspruchnahme von Hilfe bei der Patentanmeldung in der öffentlichen Forschung – bei Hochschulen unterdurchschnittlich, Forschungseinrichtungen durchschnittlich und Fachhochschulen überdurchschnittlich: Insgesamt werden die Hilfsangebote am häufigsten von Forschungseinrichtungen in Anspruch genommen, gefolgt von Universitäten und Fachhochschulen. 67% der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer in NRW an Universitäten und 76,2% der an Fachhochschulen gaben an entsprechende Hilfsangebote genutzt zu haben. Damit werden an NRW-Universitäten in geringerem Umfang Hilfeangebote genutzt als es in Baden-Württemberg (82,8%), Bayern (82,8%) und im Bundesdurchschnitt (78,9%) der Fall ist. Ein anderes Bild ergibt sich allerdings für die Fachhochschulen in NRW. Hier zeigt sich, dass mit 76,2% der Fachhochschulprofessorinnen und -professoren bei der Patentanmeldung häufiger Hilfe in Anspruch nehmen als ihre Kollegen in Baden-Württemberg (52,1%), Bayern (61,9%) und im Bundesdurchschnitt (72,2%). Der Vergleich mit den Hochschulen verdeutlicht, dass an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen deutlich häufiger Unterstützungsangebote in Anspruch genommen werden. In NRW bestätigen 88,2%, dass sie Hilfe in Anspruch genommen haben, deutschlandweit 88,6%.

Schwerpunkt der Patentaktivitäten im Bereich Chemie, Materialien und Pharma/Biotechnologie: Die Patentaktivitäten in Nordrhein-Westfalen weisen einen klaren Schwerpunkt in chemienahen Feldern auf. Im Vergleich zu Deutschland sind besonders hohe Anteilswerte in den Technologiefeldern organische Feinchemie, Polymertechnik und Metallchemie zu beobachten. Ein weiterer ausgeprägter Schwerpunkt sind Bautechnologien (inkl. Baumaterialien). Im Bereich des Maschinenbaus und der Umwelttechnik bestehen ebenfalls in einzelnen Feldern Spezialisierungsvorteile. Deutlich unterdurchschnittlich sind die Patentaktivitäten in allen Feldern im Bereich Fahrzeugtechnologien sowie in den meisten Bereichen der Elektronik/Informationstechnik sowie der Instrumententechnik (insbesondere Optik sowie Mess- und Medizintechnik).

Patentschwerpunkte – Nordrhein-Westfalen wichtigster Technologiestandort in sieben Feldern: In den Technologiefeldern Biotechnologie, pharmazeutische Technologien, Polymertechnik, organische Feinchemie, Materialtechnik/Metallurgie, Metallchemie und Bautechnologien liegt NRW bezogen auf die Patentanmeldungen an erster Stelle unter allen Bundesländern.

Entwicklung bei Patenten – Aufholprozess bei Elektronik/Informationstechnik und Instrumententechnik: In den vergangenen 15 Jahren haben sich die Patentaktivitäten in NRW im Bereich der Elektronik-/Informationstechnik und der Instrumententechnik etwas besser entwickelt als im Bundesdurchschnitt, sodass die negative Spezialisierung abgeschwächt wurde. In den Bereichen mit einer positiven Spezialisierung haben sich die Patentaktivitäten dagegen meist weniger dynamisch entwickelt als in Deutschland insgesamt. Ausnahmen sind die organische Feinchemie, die Bautechnologien, einzelne Bereiche des Maschinenbaus sowie konsumgüternahe Felder. Insgesamt hat sich somit das technologische Profil von NRW dem von Deutschland tendenziell angenähert.

Wissenschaftsgründungen, andere wissens- und technologieintensive Unternehmensgründungen

Bei Hightech-Gründungen geringer relativer Wert: NRW bildet in Bezug auf zentrale Indikatoren der Gründungsaktivität keine Ausnahme zum stark rückläufigen Bundestrend, der u.a. durch die gute Arbeitsmarktsituation bedingt ist. NRW schneidet beim Gründungsgeschehen in den wissens- und technologieorientierten Branchen des verarbeitenden Gewerbes (Hightech-Industrie) und des Dienstleistungssektors (Software- und sonstige technische Dienstleistungen, sonstige wissensintensive Dienstleistungen) eher unterdurchschnittlich ab. Das Land liegt bei Gründungen mit digitalen Geschäftsmodellen mit 2,4% unter dem gesamtdeutschen Durchschnitt.

Finanzierung – geringere Attraktivität für Venture Capital: Mit weniger als 0,3 Investments pro jungem Unternehmen⁴⁰ schneidet NRW im Zeitraum 2015 bis 2018 bei den VC-Investments unterdurchschnittlich ab. Die Zahl der VC-Investments konnte im Zeitverlauf nur leicht ausgebaut werden. So gab es zwischen 2007 und 2010 insgesamt knapp 160 Investments, zwischen 2015 und 2018 waren es 185.

Beschäftigte in überlebenden wissens- und technologieorientierten Gründungen – langsamerer Rückgang als in anderen Ländern: Nordrhein-Westfalen weist überdurchschnittliche Raten von Unternehmen mit hohem Beschäftigungswachstum auf. Der Anteil der Beschäftigten in überlebenden wissens- und technologieorientierten Gründungen an allen Beschäftigten im Unternehmenssektor geht zwar auch in NRW zurück, liegt aber dennoch höher als in den meisten Vergleichsländern.

Innovationen

Innovationsausgaben – geringe Zahl von Konzernforschungseinheiten begründen unterdurchschnittliche Innovationsausgaben: Die Innovationsausgaben sind deutlich niedriger als aufgrund der Wirtschaftskraft der Unternehmen zu erwarten wäre. Dies liegt primär an niedrigen FuE-Ausgaben, für die wiederum das Fehlen von großen Konzernforschungseinheiten in besonders ausgabenintensiven Branchen wie dem Fahrzeugbau verantwortlich gemacht werden kann.

Innovationsorientierte KMU – hoher Anteil von KMU mit Innovationsausgaben und Innovationen: Die KMU in NRW sind überdurchschnittlich innovationsorientiert, d.h. der Anteil der KMU mit Innovationsausgaben und der Anteil der KMU, die Innovationen eingeführt haben, ist höher als im Bundesdurchschnitt. Die Unterschiede zu anderen Bundesländern sind allerdings nicht sehr ausgeprägt.

Niedrigere Erträge aus Innovationen: Die direkten wirtschaftlichen Erträge aus Innovationsaktivitäten, gemessen anhand des mit Produktinnovationen erzielten Umsatzes und der Kosteneinsparungen aus Prozessinnovationen, liegen merklich unter denen der deutschen Wirtschaft und der Vergleichsregionen. Hierfür sind strukturelle Gründe wesentlich verantwortlich, da hohe Innovationserträge in anderen Ländern (Bayern, Baden-Württemberg) von Großunternehmen aus den Branchen Fahrzeugbau, Elektroindustrie und Maschinenbau getrieben werden, die dort stärker vertreten sind als in Nordrhein-Westfalen.

Neuheitsgrad der Innovationen – etwas unterdurchschnittlicher Neuheitsgrad und geringere Nutzung von KI, Big Data, offenen Plattformen, gleichzeitig höherer Anteil der Nutzung von sozialen Netzen und Crowdfunding: Der Neuheitsgrad der Innovationstätigkeit der Unternehmen in Nordrhein-Westfalen, gemessen am Anteil der Unternehmen, die Weltmarktneuheiten auf den Markt gebracht haben, und den damit erzielten Umsätzen, liegt im Mittel etwas unter dem

der Unternehmen aus Baden-Württemberg und für einige Indikatoren auch unter den bayerischen Vergleichswerten. Dies spiegelt sich teilweise auch in der Nutzung neuer Technologien der Digitalisierung wie Künstlicher Intelligenz, Big Data oder offenen Plattformen wider. Hier weisen die nordrhein-westfälischen Unternehmen etwas niedrigere Anteilswerte als die Unternehmen aus Baden-Württemberg auf. Voraus liegt Nordrhein-Westfalen allerdings bei der Nutzung von sozialen Netzen und Crowdsourcing durch Unternehmen.

Produkt- oder Prozessinnovationen in Unternehmen – viele Unternehmen mit Innovationsaktivitäten ohne interne FuE: Zwei Drittel der Unternehmen in NRW, die die Entwicklung und Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen verfolgen, weist keine eigenen FuE-Aktivitäten auf. Innovationsaktivitäten ohne eigene FuE sind in Nordrhein-Westfalen ähnlich weit verbreitet wie in Deutschland insgesamt. In Nordrhein-Westfalen ist allerdings der Anteil der innovationsaktiven Großunternehmen ohne eigene FuE höher. Dadurch ist auch der Beitrag dieser Gruppe von Innovatoren zu den Innovationserträgen (Umsatz mit Marktneuheiten, Kosteneinsparungen) höher als in anderen Bundesländern.

Geschäftsmodellinnovationen unter NRW-Unternehmen weit verbreitet, digitale Elemente von größerer Bedeutung: Knapp 46% der Unternehmen in NRW haben 2017-2019 grundlegende Veränderungen in der Art und Weise vorgenommen, wie sie ihr Leistungsangebot erstellen, auf den Markt bringen und vertreiben ("Geschäftsmodellinnovation"). Dies ist der höchste Wert im Ländervergleich, bei allerdings nur geringen Länderunterschieden. Besonders anspruchsvolle und umfassende Geschäftsmodellinnovationen wurden von 6 % der Unternehmen in NRW eingeführt, was ebenfalls überdurchschnittlich ist. Für 28% der Unternehmen haben digitale Elemente eine hohe Bedeutung für das Geschäftsmodell. Insbesondere die Nutzung digitaler Vertriebsplattformen und die digitale Integration von Geschäftspartnern spielen eine große Rolle.

Innovationsnetzwerke – durchschnittlicher Grad der Vernetzung in Kooperationsprozessen, höhere Breite der Netzwerke: Bei der Offenheit von Innovationsprozessen zeigen sich nur wenig signifikante Unterschiede zwischen den nordrhein-westfälischen Unternehmen und den Unternehmen aus anderen Bundesländern. Innovationskooperationen sind ähnlich verbreitet wie in Deutschland insgesamt. Allerdings weisen die nordrhein-westfälischen Unternehmen etwas breitere Netzwerke auf, insbesondere was die Einbeziehung von Hochschulen, Lieferanten und externen Beratern betrifft. Weiter verbreitet ist in Nordrhein-Westfalen die Nutzung von Lizenzen als ein Weg der Verwertung eigenen intellektuellen Eigentums (IP) wie des Zugangs zu fremden IP, wenngleich nur eine kleine Minderheit der Unternehmen auf diese Form offener Innovationsprozesse zurückgreift.

Innovationshemmnisse – unterdurchschnittliche und abnehmende Bedeutung von Innovationshemmnissen, insbesondere bei der Finanzierung: Innovationshemmnisse

⁴⁰ Junge Unternehmen sind Unternehmen bis einschließlich dem 8. Lebensjahr.

sind unter den Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen weniger stark verbreitet als unter den Unternehmen aus anderen Bundesländern. Dies gilt insbesondere für Finanzierungshemmnisse, hier ist – entgegen dem Bundestrend – aktuell sogar ein Rückgang zu beobachten. Der Fachkräftemangel ist in Nordrhein-Westfalen wie in allen anderen Bundesländern das aktuell dominierende Innovationshemmnis, wird von den Unternehmen in Nordrhein-Westfalen aber etwas weniger häufig genannt als in den Vergleichsregionen. Auch rechtliche Regelungen spielen als Innovationshemmnis in Nordrhein-Westfalen eine etwas geringere Rolle als in Deutschland insgesamt.

Innovationsförderung – geringer Anteil von Unternehmen mit EU-Innovationsförderung: Der Anteil der innovativen Unternehmen, die eine öffentliche finanzielle Förderung für ihre Innovationsaktivitäten erhalten haben, liegt geringfügig unter dem bundesweiten Durchschnittswert und dem Niveau von Bayern und Baden-Württemberg. Niedrig ist insbesondere der Anteil der Unternehmen, die eine EU-Förderung für Innovationsaktivitäten erhalten haben.

Investitionen und Infrastrukturen

Breitbandinfrastruktur – NRW ist bei gleichzeitig geringer Ausdifferenzierung zwischen den Bundesländern führend, punktueller Verbesserungsbedarf: Eine Voraussetzung dafür, digitalisierte Geschäftsmodelle etablieren zu können, ist eine flächendeckend gut ausgebaute Infrastruktur im Bereich des Breitbandinternets, verbunden mit adäquaten Up- und Download-Geschwindigkeiten. Bei der Verfügbarkeit über Breitbandanschlüsse mit einer Verbindungsgeschwindigkeit von 50 Mbit/s und 100 Mbit/s sowie bei den Mobilfunkstandards LTE und 5G ist NRW führend und besser positioniert als Bayern und Baden-Württemberg. Dies stellt für die nordrhein-westfälischen Unternehmen einen Standortvorteil dar. Von den NRW-Betrieben, die einen Breitbandanschluss nutzen, beurteilen 85% die Leitungskapazität als ausreichend (Bundesdurchschnitt: 83%). In Bezug auf Hochschul-Start-ups sehen 83% der Hochschullehrenden in NRW keine Notwendigkeit zur Verbesserung der digitalen Infrastruktur (Bundesdurchschnitt: 82%).

Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten der Telekommunikations-, IT- und Informationsdienstleistungen an allen SV-Beschäftigten – NRW gut positioniert: Im Jahr 2018 lag der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in den Telekommunikations-, IT- und Informationsdienstleistungen NRW mit 2,6% auf dem Niveau des Bundesdurchschnitts. Von den Flächenländern wiesen nur Hessen (3,4%), Baden-Württemberg (3,1%) und Bayern (3,2%) höhere Beschäftigungsanteile auf.

Immaterielle Investitionen in NRW unterdurchschnittlich: 2018 wendeten die Unternehmen in NRW 3,0% ihres Umsatzes für immaterielle Investitionen auf (1,1% für FuE-Aufwendungen, 1,0% für Marketing, 0,7% für Software und Datenbanken sowie 0,3% für Weiterbildung und Design). Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (4,0%) sind die Investitionen in NRW aber unterdurchschnittlich, was u.a. an den hohen Aufwendungen Bayerns (5,3%) und Baden-Württembergs (5,0%) liegt.

Digitale Infrastruktur an Schulen und Hochschulen durchschnittlich: Die digitale Ausstattung der Schulen in NRW ist im Bundesländervergleich dem mittleren Bereich zuzuordnen. Besser bewertet als Bayern und Baden-Württemberg wurde NRW 2017 aber bei der technischen Wartung der IT-Ausstattung. In NRW liegt der Anteil derer, die die digitale Ausstattung ihrer Hochschule als gut oder sehr gut einschätzten, gleichauf mit Baden-Württemberg und über dem Bundesdurchschnitt, Bayern lag aber etwas darüber. Ebenfalls im Mittelfeld der Bundesländer lag NRW in Hinblick auf den Anteil derer, die der Ansicht sind, die digitale Ausstattung sollte verbessert werden.

IKT-Forschung – Anteil der Professorinnen und Professoren, die in diesem Bereich forschen, ist an den Hochschulen in NRW hoch: Dieser liegt in NRW um 13% über dem Bundesdurchschnitt, bei KI und der Robotik/Automation waren es sogar 18%, bei der Kryptographie/IT-Security 17% und beim 3D-Druck 16%. Somit ist NRW unter den drei großen Flächenländern das einzige Land, das für die untersuchten IKT-Fächer durchweg überdurchschnittlich hohe Werte aufweist.

Studierende der Informatik – Spitzenposition von NRW beim Anteil der Informatikstudierenden: Für die Verfügbarkeit von IKT-Fachkräften auf dem Arbeitsmarkt haben perspektivisch die IKT-Kompetenzen der Schülerinnen bzw. Schüler und Lehrkräfte sowie der Anteil der Studierenden im Fach Informatik große Bedeutung. NRW liegt mit einem Anteil von knapp 10,4% der Informatik-Studierenden an allen Studierenden in NRW an der Spitze der Bundesländer. Die relative Bedeutung des Studienfaches Informatik hat sich in NRW zudem überproportional gut entwickelt.

Fachkräftemangel in NRW in der IKT-Branche hoch: Der Fachkräftemangel ist in Bereichen der Wirtschaft, die durch einen besonders hohen Digitalisierungsgrad gekennzeichnet sind, überdurchschnittlich hoch. Mit 18,5 gemeldeten unbesetzten Stellen je Tsd. sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in der IKT-Branche liegt NRW im Bundesländervergleich im unteren Mittelfeld. Die Werte für Bayern und Baden-Württemberg sind mit 17,8 bzw. 17,4 aber nur unwesentlich besser, was darauf hindeutet, dass gerade digitalisierungsstarke Länder eine angespannte Fachkräftesituation aufweisen.

IKT-Auszubildende – Anteil in NRW im oberen Mittelfeld: Eine weitere Möglichkeit, auf den Fachkräftemangel zu reagieren, ist die betriebsinterne Aus- und Weiterbildung. Mit 5,6 IKT-Auszubildenden pro 10.000 Einwohner liegt NRW im oberen Mittelfeld der Bundesländer. Von den Flächenstaaten weisen lediglich Baden-Württemberg (7,1) und Bayern (5,8) höhere Werte auf.

Aus- und Weiterbildungsbedarf steigt mit Digitalisierungsgrad: Der Anteil der Betriebe, die einen Aus- und Weiterbildungsbedarf aufweisen, liegt in NRW bei 30%, wobei er bei denen mit geringem Digitalisierungsgrad 20% beträgt, bei solchen mit hohem 47%. Die Auszubildendenquote (Anteil der Auszubildenden an allen Beschäftigten) steigt, wenn man Betriebe mit einem geringem und hohen Digitalisierungsgrad vergleicht, von 3% auf 4%, der Anteil der Betriebe mit Weiterbildung von 39% auf 69% und die Weiterbildungsquote (Anteil

der weitergebildeten Mitarbeitenden an allen Beschäftigten) von 28% auf 34%.

Bruttoanlageinvestitionen – unterdurchschnittliche Entwicklung in NRW, getrieben durch Wirtschaftszweige mit ungünstiger Unternehmensstruktur: NRW lag 2016 bei den Bruttoanlageinvestitionen je Erwerbstätigen unter dem Bundesdurchschnitt und das Wachstum seit 2009 war geringer. Die dafür verantwortlichen Faktoren decken sich nur teilweise mit den Treibern der geringen Forschungsaktivitäten. Beide werden jeweils teils von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Hauptmotiv für Anlageinvestitionen ist die Erweiterung der Produktionskapazität, für FuE-Investitionen das Streben nach mittel- bis langfristig orientierten Innovationen.

Produktivität

Bruttowertschöpfung je Erwerbstätige – gute Position von NRW im Bundesländervergleich, zuletzt geringere Wachstumsrate: NRW steht in Hinblick auf den Indikator Bruttowertschöpfung je Erwerbstätige an sechster Stelle unter den Bundesländern, unter den Flächenländern an vierter Position. Die Wachstumsrate lag von 2000 bis 2010 mit 2,6% in etwa im Bundesdurchschnitt, 2010 bis 2019 jedoch um 0,8 Prozentpunkte darunter. Die Werte ab 2010 lagen für Bayern und Baden-Württemberg um 0,8 Prozentpunkte und 1,3 Prozentpunkte über dem Wert für NRW.

Wissenstransfer aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Gründungen aus Hochschulen – wie bei Hightech-Gründungen relativ geringer Anteil, aber relativ positive Entwicklung bei Hochschul-Start-ups, insbesondere aus Fachhochschulen: Mit ca. 300 Ausgründungen aus Hochschulen kommt NRW auf einen höheren Wert als Bayern und Baden-Württemberg, jedoch ist der relative Anteil im Verhältnis zur Zahl der Studierenden mit ca. acht Ausgründungen pro 10.000 Studierende deutlich niedriger (Mannheimer Unternehmenspanel des ZEW; Gründungsradar des SV Wissenschaftsstatistik). Die Gesamtzahl der Hochschul-Start-ups ist ebenso wie die Zahl der Gründungen in den wissensorientierten Branchen leicht rückläufig (-5,6%), wenn man die Zeiträume 2008 bis 2013 und 2014 bis 2019 vergleicht. Die nach Hochschultyp differenzierte Betrachtung zeigt, dass dieser Trend nur für die Unis (-16,7%) gilt, für die Fachhochschulen ist der Trend positiv (+9,9%). Bezogen auf NRW ist für die Universitäten zwar auch ein Rückgang zu beobachten, der jedoch im Deutschlandvergleich schwächer ausgeprägt ist (-3,7%). Bei den Fachhochschulen aus NRW lässt sich sogar ein stark positiver Trend beobachten (+98,9%).

In NRW geringere Anzahl von Gründungen je gründendem Lehrstuhl gegenüber Bayern und Baden-Württemberg: Ökonometrische Untersuchungen konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen NRW und Bayern und Baden-Württemberg beim Anteil der gründenden Hochschulprofessorinnen und -professoren identifizieren. Es gibt also nicht insgesamt zu wenige gründungsaktive Lehrstühle. Jedoch wur-

den erhebliche Unterschiede bei der durchschnittlichen Anzahl der Gründungen je gründendem Lehrstuhl deutlich. Während das Arithmetische Mittel der Gründungen je gründendem Lehrstuhl in NRW bei 2,2 Gründungen liegt, beträgt es in Bayern 3,2 und in Baden-Württemberg 3,3.

Unternehmenssitz – Hochschulausgründungen finden in NRW etwas häufiger im eigenen Bundesland statt: Für die Effekte der Hochschulausgründungen ist es bedeutsam, ob sie im Bundesland der Hochschule oder andernorts stattfinden. In NRW weisen die Universitäten (70,9%), Fachhochschulen (83,5%) und Institute (83,3%) gegenüber dem Durchschnitt für Deutschland (Uni: 70,7%, FH: 72,9%, Institute: 75,7%) bei Gründungen einen höheren Regionalbezug auf. Dies gilt im besonderen Maße für die Fachhochschulen und Institute.

Forschungsintensive Gründungen an NRW Hochschulen über Bundesdurchschnitt, Anteil der Gründungen niedriger Forschungsintensität an NRW-Universitäten am höchsten: Der Anteil forschungsintensiver Gründungen an Universitäten in NRW ist höher im Vergleich zu Gesamtdeutschland, jedoch im Vergleich zu Baden-Württemberg und Bayern niedriger. Bei den Fachhochschulen in NRW liegt der Anteil forschungsintensiver Gründungen deutlich über dem Bundesdurchschnitt und ist zudem höher als in Baden-Württemberg und Bayern. Der Anteil der Gründungen mit niedriger Forschungsintensität (aber innovativen Geschäftsmodell) ist bei den Universitäten in NRW am höchsten, bei den Fachhochschulen in NRW ist aber nur gegenüber Bayern ein höherer Anteilswert feststellbar.

Hochschulausgründungen – höherer Anteil forschungsintensiver und innovativer Gründungsvorhaben: Der Anteil von Gründungen mit hoher Forschungsintensität liegt für Universitäten in NRW bei 47,4% über dem Bundesdurchschnitt (42,9%). Der Anteil von forschungsintensiven Gründungen an Fachhochschulen liegt in NRW mit 26% deutlich über dem Bundesschnitt (18,9%) und den entsprechenden Werten für Bayern (6,4%) und Baden-Württemberg (10%). Der Anteil von Gründungen mit innovativem Geschäftsmodell für Universitäten in NRW ist mit 39,1% am höchsten, die entsprechenden Werte für Deutschland insgesamt liegen bei 36,6%, für Baden-Württemberg bei 29,5% und für Bayern 29,2%. Der Anteil der Gründungen an Fachhochschulen der auf Patenten basiert, liegt für NRW über dem Bundesdurchschnitt und dem korrespondierenden bayrischen Wert.

Wichtigste Hemmnisse für Hochschulgründungen sind Zeitmangel, bessere Arbeitsmarktalternativen, fehlende Gründerkultur – geringer Unterschied zu anderen Bundesländern: Die wichtigsten Hemmnisse für potenzielle Gründerinnen und Gründer an Hochschulen sind Zeitmangel, bessere Alternativen am Arbeitsmarkt und eine fehlende Gründerkultur. Diese Einschätzung wird von den Hochschulprofessorinnen und -professoren in Bayern und Baden-Württemberg und Gesamtdeutschland weitestgehend geteilt. Eine fehlende Gründerkultur wird von Universitätsprofessorinnen und -professoren außerhalb von NRW gegenüber dem Faktor „Nachrangigkeit in der Leistungsbeurteilung“ als etwas weniger relevant eingestuft. Die wichtigsten Hemmnisse aus Perspektive

der Institute in NRW sind bessere Alternativen auf dem Arbeitsmarkt, Nachrangigkeit von Gründungsaktivitäten für die Leistungsbeurteilung und eine mangelnde Gründerkultur.

Privates Wagniskapital – Wirksamstes Instrument zur Gründungsunterstützung: Während 67,7% der Institutsangehörigen dieses Förderinstrument als wirksam einschätzen, liegt der korrespondierende Anteilswert bei den Hochschulen lediglich bei 51,6%. Nichtsdestotrotz ist privates Wagniskapital in beiden Fällen als das wirksamste Förderinstrument eingestuft worden.

Starker Regionalbezug der Kooperationsaktivitäten: Während das Kooperationsaufkommen der Hochschulen und Institute mit Unternehmen in etwa dem Bundesniveau entspricht, liegt der Regionalbezug der Hochschulen und Institute in NRW hingegen darüber, die einzige Ausnahme stellen die Kooperationsaktivitäten der Institute mit den Start-ups dar. Hier fällt der entsprechende Anteilswert mit 34,8% niedriger aus als der korrespondierende Wert für Deutschland mit 40,3%.

Unterschiede zwischen Kooperationshemmnissen an Hochschulen und Instituten in NRW: Lehrdeputat, Bürokratie, Ressourcenmangel als bedeutende Hindernisse der NRW Hochschulen. Geringe staatliche Förderung, Ressourcenmangel sowie der Aufwand und die Kosten der Zusammenarbeit sind hingegen die Hemmnisse, die für die Forschungseinrichtungen in NRW eine besondere Relevanz in dem Zusammenhang haben.

Wichtige Ansatzpunkte zur Verbesserung des Wissenstransfers aus der Wissenschaft: Mehrheitlich werden von den Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern Verbesserungspotenziale in den Bereichen Administration, bei der Ausstattung mit Personal und Sachmitteln sowie der Höhe des Lehrdeputats gesehen. Von den Institutsangehörigen wird an

erster Stelle ebenfalls die Administration als Ansatzpunkt aufgeführt. Darüber hinaus betonen sie die Notwendigkeit für mehr staatliche Förderung von FuE-Kooperation und eine bessere Ausstattung mit Personal und Sachmitteln.

Eine Vielzahl von Experimentierräumen an Unterschiedlichen Standorten in NRW identifizierbar: Ein breitaufgestelltes Spektrum von Technologieschwerpunkten verteilt sich auf unterschiedliche Standorte in NRW. Die Kreise Aachen, Düren und der Rhein-Sieg-Kreis weisen bspw. eine Kooperationsintensität von Hochschulen mit Unternehmen von über 50% auf. Außerdem lassen sich mehrere Regionen mit erhöhten Gründungsaktivitäten identifizieren: Aachen, Rheinland, Ruhrgebiet, Paderborn.

Bürokratische Hemmnisse behindern den Wissenstransfer: Während interne bürokratische Hemmnisse an Hochschulen im besonderen Maße hinsichtlich Kooperationen mit Unternehmen als nicht förderlich angesehen werden, gilt dies weniger für die Angehörigen der Institute. Mit 75% (Hochschulen) bzw. 72 % (Institute) wird allerdings eine vereinfachte Administration sowohl von den Vertretern der Hochschulen als auch den Vertretern Instituten als bedeutendster Ansatz für eine Verbesserung des Wissenstransfers in der angewandten Forschung gesehen, was jeweils der höchste Anteilswert der zur Auswahl gestellten Alternativen war. Zudem ist der Anteil am Zeitbudget, der von den Akteuren des Wissenschaftssystem für Verwaltungstätigkeiten aufgewendet werden muss, nicht unwesentlich. Während der von den Institutsangehörigen aufgewandte Anteil am Zeitbudget mit 22,4% über dem Bundesdurchschnitt liegt, fällt er mit 17,4% bezogen auf die NRW – Universitäten und mit 15,5% bezogen auf NRW – Fachhochschulen vergleichsweise niedriger aus.

6.1.3 Ergebnisse zur Position von NRW in Hinblick auf das Zukunftsfeld Künstliche Intelligenz/Maschinenlernen

Bildung und Ausbildung als Basis für datenbasierte Wertschöpfung in Nordrhein-Westfalen lassen sowohl Licht als auch Schatten erkennen. Bei den Schülerinnen und Schülern in NRW ist der Wissensstand im wichtigen Fach Mathematik national eher unterdurchschnittlich, auch wenn sich die Situation leicht gebessert hat. Das Angebot im Fach Informatik war in der Vergangenheit verbesserungsbedürftig, wobei im Rahmen des Digitalpakts NRW Maßnahmen ergriffen wurden, die an den identifizierten Schwächen ansetzen. Die Situation bei der Ausstattung mit und der Nutzung von digitalen Medien entspricht in etwa dem Bundesdurchschnitt und war damit vor der Corona-Krise international nicht konkurrenzfähig. Es gilt zu beobachten, wie sich die Situation in Anschluss an den gegenwärtigen Digitalisierungsschub durch die Corona-Pandemie und den Digitalpakt NRW darstellen wird.

An den **Hochschulen** stellt sich die Situation insgesamt besser dar: Studiengänge im Fach Informatik bilden einen Schwerpunkt der Hochschulausbildung in NRW. Das Land liegt mit einem Anteil der Studierenden im Fach Informatik von

10,4% im Jahr 2019 an der Spitze aller Bundesländer (Deutschland-Durchschnitt 8,9%). Jedoch ist aufgrund einer vergleichsweise geringen Zahl an Lehrpersonen (wissenschaftliches Personal) die Betreuungsrelation ungünstig (18,1 gegenüber 11,4 im Deutschlanddurchschnitt).

Gleichzeitig finden sich im Bundesland zahlreiche **Studienangebote im spezielleren Bereich der KI** sowohl an den Universitäten als auch den Fachhochschulen. Da aber die Anzahl der KI-Lehrstühle an den Informatik-Fachbereichen der Universitäten geringer als in Bayern und Baden-Württemberg ist, kann vermutet werden, dass es hierzulande weniger vertiefende Studienangebote gibt. Digitale Medien werden im Bundesländervergleich in den Hochschulen in NRW intensiv genutzt. Bei der Nutzung von KI-Tools in der Lehre liegt NRW in etwa im Bundesdurchschnitt.

In NRW sind zahlreiche **Forschungsaktivitäten** im Bereich KI an den **Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen** zu finden. Diese sind nicht nur auf wenige

Standorte konzentriert, sondern verteilen sich auf das gesamte Bundesland. Insgesamt wurden 86 Forschungseinrichtungen mit KI-Schwerpunkt identifiziert, 31 an Universitäten, 33 an Fachhochschulen und 22 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen. Der Anteil der Forschenden, der sich mit KI beschäftigt, liegt deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt. Darüber hinaus werden KI-Methoden mittlerweile sowohl in NRW wie auch deutschlandweit breit in der Forschung eingesetzt, wobei für die Zukunft eine deutliche Zunahme zu erwarten ist.

Die **grundlagenorientierten Aktivitäten im Bereich KI** konzentrieren sich hauptsächlich an wenigen Universitätsstandorten, an denen Lehrstühle mit KI-Schwerpunkt an den Informatik-Fachbereichen existieren. In Bezug auf diesen speziellen, aber in Hinblick auf die gesamte Innovationskette wichtigen Aspekt besteht noch ein Rückstand: In NRW finden sich gegenwärtig 26 KI-Lehrstühle an den Fachbereichen für Informatik gegenüber 47 in Baden-Württemberg und 35 in Bayern. Auch an den Forschungseinrichtungen finden sich im Ländervergleich eher anwendungsorientierte Aktivitäten, was auch die Publikationsanalyse bestätigt.

Bei der **digitalen Ausstattung**, die eine wichtige Basis für KI bildet, ist NRW im Vergleich zu anderen Bundesländern gut ausgestattet, wobei auch noch Verbesserungspotenziale existieren.

5,9% der **Unternehmen in NRW setzten** im Jahr 2019 **KI-Lösungen ein**, so viel wie im Bundesdurchschnitt. In Baden-Württemberg und in Bayern lag der Anteil nur wenig höher. Die größte Relevanz besitzen in NRW Verfahren der **Bild- und Mustererkennung sowie des Maschinellen Lernens**. Hier besitzt das Land einen Schwerpunkt im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Rund ein Fünftel der Unternehmen in NRW entwickelt ihre KI-Anwendungen selbst, ein weiteres Viertel tut dies in Kooperation mit Dritten. In den westdeutschen Ländern im Durchschnitt sowie in Bayern und Baden-Württemberg im Speziellen ist der Anteil der Eigenleistung geringer.

Unternehmen in NRW die KI einsetzen erzielen mit Hilfe von KI erhebliche **positive Auswirkungen auf ihre Innovationsleistung**. Diese gelten insbesondere für Produktinnovationen mit einem sehr hohen Neuheitsgrad ("Weltmarktneuheiten"). Durch den Einsatz von KI konnten ca. 80 Unternehmen in NRW Weltmarktneuheiten einführen, die dies ohne KI nicht erreicht hätten. Dies sind 21% aller KI-einsetzenden Unternehmen mit Weltmarktneuheiten. Bezogen auf alle Unternehmen in NRW mit Weltmarktneuheiten beläuft sich der KI-Beitrag auf 3,2%. Wesentlich höher ist der KI-Beitrag allerdings auf den

Umsatz, der mit Weltmarktneuheiten erzielt wurde. Im Jahr 2018 belief er sich auf rund 3,7 Milliarden €. Dies sind 79% des gesamten Umsatzes mit Weltmarktneuheiten in KI-einsetzenden Unternehmen aus NRW und 23,3% des Umsatzes mit Weltmarktneuheiten aller Unternehmen in NRW.

Des Weiteren zeigt sich ein merklicher **Beitrag von KI zu Kostensenkungen** aufgrund von Prozessinnovationen. Diese Kostensenkungen beliefen sich im Jahr 2018 auf rund 6,0 Milliarden €. Damit gehen rund 50% der gesamten prozessinnovationsbedingten Kosteneinsparungen in KI-einsetzenden Unternehmen auf KI zurück. In Bezug auf die wirtschaftliche Performance zeigen sich **positive Beiträge von KI auf die Gewinne der Unternehmen**, nicht aber auf Umsatz- oder Beschäftigungswachstum und Produktivität. Der zusätzliche Gewinn der Unternehmen aus NRW, der im Zusammenhang mit dem KI-Einsatz steht, machte im Jahr 2018 rund 3,0 Milliarden € aus.

Hinsichtlich der **Anwendungen Künstlicher Intelligenz** zeigen Internetrecherchen auf einschlägigen Plattformen, dass NRW deutlich hinter Baden-Württemberg und Bayern zurückliegt. Das Land erreicht den dritten Platz im Bundesländervergleich. Dieser Abstand ist substantiell und in den meisten Anwendungsfeldern und Branchen vorhanden. Im Vergleich zu den mittel- und norddeutschen Bundesländern ist NRW aber gut aufgestellt⁴¹.

Schwerpunkte in NRW sind mit Blick auf die **Branchen** (Anwendungsmarkt) insbesondere das Verarbeitende Gewerbe (14% der Einträge), Gesundheit und Pharma (11%) sowie Energie und Umwelt (10%). Insgesamt zeichnet sich NRW mit Blick auf die Branchen aber durch eine substantielle Breite aus. So sind auch KI-Anwendungen in den Branchen Finanzen, Versicherungen und Immobilien, Logistik und Mobilität sowie Handel verhältnismäßig stark in NRW vertreten⁴².

Mit Blick auf die **eingesetzten Technologien** sticht als zunächst rein quantitative Stärke von NRW der Bereich Datenmanagement und -analyse sowie Sprach- und Textverstehen heraus. Bei Letzterem nimmt NRW den zweiten Platz hinter Baden-Württemberg ein. Dagegen sind Robotik und autonome Systeme sowie virtuelle und erweiterte Realität in NRW nur schwach vertreten.

Für die weitere Förderung und Verbreitung von KI-Technologien und Anwendungen existieren in Nordrhein-Westfalen, wie auch in ganz Deutschland, bereits eine Reihe von aktiven Netzwerken, Clustern und Use-Cases.

⁴¹ <https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22.06.2021

⁴² <https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22.06.2021

6.1.4 Zukunftsfelder der Innovationspolitik in NRW

Hintergrund und Vorgehen

Das strategische Ziel, gesellschaftliche Herausforderungen zu adressieren, verändert die Innovationspolitik auf verschiedenen Ebenen und somit auch jene in NRW. Eine Herausforderung der Innovationspolitik in NRW wird künftig sein, Ineffizienzen im Innovationsprozess zu beseitigen und gleichzeitig Impulse für die Erreichung strategischer gesellschaftlicher Ziele zu geben. Über allem steht das ökonomische Ziel des effektiven und effizienten Einsatzes verfügbarer Ressourcen.

Um die Basis für die Auswahl von Zukunftsfeldern zu legen, die im Rahmen der Innovationspolitik gefördert werden sollten, wurde eine mehrstufige Vorgangsweise gewählt. Zunächst wurden auf Grundlage aktueller Studien und der Hochschulbefragung diejenigen Zukunftsfelder identifiziert, die derzeit aus Sicht der Foresight-Forschung ein großes Zukunftspotenzial aufweisen. Dann wurde die Position NRWs in diesen Feldern hinsichtlich der

- (i) Schwerpunkte der Hochschulforschung,
- (ii) der Patentaktivitäten der Unternehmen und
- (iii) der wissenschaftlichen Publikationstätigkeit in diesen Feldern

untersucht. Die Ergebnisse zu den beiden erstgenannten Untersuchungsschwerpunkten wurden oben in Abschnitt 2.2 (Hochschulforschung) und 2.3 (Patente) diskutiert. Die Ergebnisse der Publikationsanalyse sind unten dargestellt. In einem letzten Schritt wurde die Bedeutung der einzelnen Felder für die Unternehmenspopulation in NRW als Technologienutzer bewertet.

Zukunftsfelder

Auf Basis einer Bestandsaufnahme von Foresight-Studien und einer Auswertung der Hochschulbefragung wurden folgende potenzielle Zukunftsfelder des Wirtschafts- und Innovationsgeschehens in NRW identifiziert:

- Bioökonomie
- Energie(technik)
- IKT/Digitalisierung
- Intelligente Produktionstechnologien
- Künstliche Intelligenz
- Materialien/Werkstoffe (inkl. Leichtbau)
- Medizinische Biotechnologie
- Medizintechnik/Gesundheitswissenschaften
- Mobilität/Logistik
- Nanotechnologie
- Pharmazeutische Technik
- Photonik

- Quantentechnologie
- Umwelttechnik

Wichtig ist in dem Zusammenhang, dass es keine „objektive“ oder abschließende Liste solcher Felder geben kann. Gleichzeitig bestehen nicht unerhebliche Überschneidungen zwischen einem Teil dieser Felder. Dennoch können die identifizierten Zukunftsfelder als solide Ausgangsbasis für die weitergehenden Überlegungen dienen.

Publikationsanalyse

Bibliometrische Analyse sind geeignet, Stärken- und Schwächen der Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Hinblick auf Publikationsaktivitäten als zentralen Output-Indikator der wissenschaftlichen Aktivitäten in den identifizierten Zukunftsfeldern zu beleuchten. Abbildung 5.3.14 zeigt die Ergebnisse der Publikationsanalyse im Vergleich zu den EU-6-Ländern (EU-6: Deutschland ohne NRW, Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden, Belgien und Schweden). In Übereinstimmung mit den Auswertungen der Patentanmeldungen wird links die Publikationsintensität dargestellt, in der Mitte der Publikationsanteil und rechts der Marktanteil (hier bezogen auf die EU-28).

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Indikatoren die Rangfolge der Zukunftsfelder tendenziell gleich ist. Ein Zukunftsfeld ragt in NRW heraus: Hinsichtlich aller drei Indikatoren weist **Logistik/Mobilität** die höchsten Werte auf. Die Publikationsintensität liegt 49% über dem Durchschnitt der Vergleichsländer. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Publikationsanteil, der ein Maß für die Spezialisierung auf das jeweilige Zukunftsfeld ist. Der auf Logistik/Mobilität entfallende Anteil an allen Publikationen ist in NRW knapp 91% höher als in der EU-6.

Das Zukunftsfeld, in dem NRW als zweitbestes positioniert ist, betrifft die **Quantentechnologie**. Die Publikationsintensität liegt um 6% über dem Durchschnitt der Vergleichsländer (EU-6) und die Spezialisierung um 36% darüber. Die Werte sind somit insgesamt als recht gut einzuschätzen, wenngleich schon ein gewisser Abstand zur Logistik/Mobilität zu konstatieren ist.

Es folgt dann eine Gruppe von drei Zukunftsfeldern, in denen die Publikationsintensität in etwa so hoch ist wie jene der EU-6 ist, die aber einen überdurchschnittlichen Publikationsanteil aufweisen. Als das Zukunftsfeld mit der drittbesten Positionierung von NRW konnte **Data Science** identifiziert werden. Hier erreicht die Publikationsintensität immerhin noch einen Wert von 1,4%, der Publikationsanteil liegt 30% über dem EU-Durchschnitt. **Neue Materialien und Werkstoffe** sowie die **Biotechnologie** weisen eine Publikationsintensität im EU-Durchschnitt auf und, einen Publikationsanteil von 30 bzw. 28% über dem EU-&-Durchschnitt.

Die folgenden sechs Zukunftsfelder weisen eine unterdurchschnittliche Publikationsintensität, aber noch einen überdurch-

schnittlich hohen Publikationsanteil auf: **Energie, Bioökonomie, Nanotechnologie, Künstliche Intelligenz, Intelligente Produktionstechnologien** und **IKT/Digitalisierung**. Ihre Publikationsintensitäten liegen zwischen 3 und 19% unter dem Durchschnitt und die Publikationsanteile zwischen 25 und 4% darüber.

Vier Zukunftsfelder in NRW weisen eine unterdurchschnittliche und damit ungünstigste Positionierung in Hinblick auf die Publikationsperformance auf, und zwar sowohl bezogen auf die Publikationsintensität als auch den Publikationsanteil. Bei **Pharma** liegen die Werte für die Publikationsintensität um 25% unter jener der EU-6, der Publikationsanteil fällt leicht unterdurchschnittlich aus (-3%). Bei den Feldern **Photonik, Medizintechnik** sowie **Umwelttechnik/Kreislaufwirtschaft** liegen die Publikationsintensitäten sogar zwischen 33 und 47% unter dem EU-Durchschnitt, die Publikationsanteile zwischen 16 und 32%.

Legt man die Ergebnisse der Publikationsanalyse zugrunde, ist insgesamt zu konstatieren, dass NRW bei den Zukunftsfeldern unterschiedlich gut positioniert ist (Abb. 5.3.14 in Abschnitt 5). Neben Feldern mit ausgewiesenen Stärken und solchen mit einer eher durchschnittlichen Performance, weist NRW einige Zukunftsfelder betreffend aber auch Schwächen auf. Das Performancemuster der Publikationsanalyse weicht dabei in einigen Bereichen von dem der Patentanalyse ab.

Tabelle 8.8 im Anhang (Abschnitt 8.7) nimmt eine weitere Differenzierung der Publikationen nach Universitäten und Forschungseinrichtungen vor. Dabei zeigen sich einzelne regionale Hotspots bei den Publikationsaktivitäten in den Zukunftsfeldern:

- in den Materialtechnologien und Intelligenzen Produktionstechnologien insbesondere an der RWTH Aachen,
- in der Mobilität/Logistik neben Aachen auch im Ruhrgebiet (Dortmund/Essen),
- in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Data Science in Aachen und um Bonn. Wenn man die Publikationen der drei um Bonn ansässigen Institutionen (die Universität Bonn, die Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg und das Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis and Information Systems IAIS) zusammenzählt, nimmt die Region in beiden Feldern NRW-weit den ersten und deutschlandweit betrachtet den zweiten Platz ein,
- in der Bioökonomie, im Energiebereich und in der Nanotechnologie um Aachen und Jülich.

Die Darstellung zeigt aber auch, dass es in vielen Zukunftsfeldern deutschland- und EU-weit zahlreiche Wissenschaftseinrichtungen gibt, die einen höheren Output in Form von Publikationen erzielen als NRW und in der Regel auch eine höhere Zahl von forschenden Wissenschaftlern aufweisen.

Bedeutung der Zukunftsfelder für NRW

Die Ergebnisse der zuvor vorgestellten Untersuchungen hinsichtlich der Bedeutung der verschiedenen Zukunftsfelder in NRW wurden in Abbildung 6.1 zusammengeführt. Dabei werden einerseits die Ergebnisse aus den vorangegangenen Untersuchungen zu den Schwerpunkten in NRW in Hinblick auf wissenschaftliche Aktivitäten an den Hochschulen, wissenschaftlichen Publikationsaktivitäten aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie Patentaktivitäten der Wirtschaft in den Blick genommen. Andererseits wird gefragt, inwieweit es sich um Technologien mit Querschnittscharakter handelt, die in NRW Branchen betreffen, für die vorwettbewerblichen anwendungsorientierten Forschungsergebnisse von großer Bedeutung sind. Je dunkler die Blaeinfärbungen sind, umso stärker ist die Position von NRW in dem jeweiligen Zukunftsfeld und umso relevanter ist daher die betreffende Technologie für NRW.

Gleichzeitig ist es nicht automatisch so, dass ein Zukunftsfeld, das möglichst viele dunkle Felder hat, gefördert werden sollte, und eines, das mehrere helle Felder hat, nicht. Dieser Zusammenhang wird in Abschnitt 3 dieses Berichts diskutiert.

Während die drei erstgenannten Kategorien sich automatisch aus den vorangegangenen Analysen ergeben, ist dies bei den beiden letztgenannten nicht so. Ein Wirtschaftsschwerpunkt existiert in NRW in solchen Zukunftsfeldern, in denen jeweils viele Unternehmen in NRW existieren, für die entsprechende Forschungsschwerpunkte relevant sind. Wie die Untersuchungen weiter unten zeigen und auch durch zahlreiche andere Untersuchungen belegt ist, kann dabei die räumliche Nähe zur Forschung gerade für mittelständische Unternehmen (teilweise auch für Großunternehmen) eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Im Einzelnen sind die Zukunftsfelder in Hinblick auf ihre Bedeutung für die Wirtschaft in NRW folgendermaßen zu bewerten:

- Die **Bioökonomie** ist in der Hinsicht eine Querschnittstechnologie, dass sie in ihren verschiedenen Forschungsfeldern für eine breite Zahl von Branchen von der Nahrungsmittelindustrie über die Agrarwirtschaft hin zur Chemischen Industrie und der Kreislaufwirtschaft (Entsorgung, Recycling) eine hohe Bedeutung hat und gleichzeitig ein hohes Anwendungspotenzial besitzt. Während in anderen Branchen relevante Unternehmen (vielfach im Mittelstand) nicht nur in NRW, sondern in ganz Deutschland zu finden sind, ist das Zukunftsfeld Bioökonomie aufgrund des Umstands, dass die Chemische Industrie hier zentrale Branche ist, für NRW von hoher Relevanz.
- Die rote **Biotechnologie** wird weiterhin eine hohe gesellschaftliche Bedeutung bei der Suche nach neuen Medikamenten besitzen. Es handelt sich um keine Querschnittstechnologie, wobei ein Schwerpunkt der Branche im nordrhein-westfälischen Rheinland zu finden ist. Dieser bleibt jedoch etwa gegenüber der Region um Heidelberg und dem Biotech-Cluster im Raum München hinsichtlich seiner gesellschaftlichen Bedeutung zurück.

- Die **Energietechnik** ist zwar keine Querschnittstechnologie im engeren Sinne, aber für NRW aufgrund der im Land ansässigen großen Energieversorger und der Agglomerationen mit den drängenden Fragen zukünftiger Energieversorgung von hoher Relevanz.
- **Informations- und Kommunikationstechnologien** sowie spezieller die **Künstliche Intelligenz** und die **Robotik** sind breit einsetzbare Querschnittstechnologien, deren Implementierung in Zukunft (wie schon in den vergangenen Jahren) für zahlreiche Branchen in NRW von hoher Bedeutung sein wird.
- **Intelligente Produktionstechnologien** sind ein wissenschaftliches Thema, das für zahlreiche in NRW angesiedelte Branchen in den kommenden Jahren eine hohe Relevanz haben wird und in dem eine erhebliche wissenschaftliche Dynamik zu erwarten ist. Relevante Branchen, die in hohem Maße in NRW vertreten sind, sind u.a. der Maschinenbau und die Zulieferketten der Automobil- oder Luftfahrtindustrie.
- **Neue Materialien und Werkstoffe** sind ein Zukunftsthema, in dem bereits in den vergangenen Jahrzehnten eine hohe Innovationsdynamik bestanden hat, die sich auch weiter fortsetzen wird. Wichtige Impulse (etwa für den Leichtbau) sind dabei aus der wissenschaftlichen Forschung gekommen. In NRW haben insbesondere Industrien im Bereich bestimmter Werkstoffe wie Stahl und Kunststoff heute wie voraussichtlich auch in der Zukunft eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für das Land.
- Im Bereich **Medizintechnik und Gesundheitswesen** gibt es sowohl an Hochschulen als auch in der Wirtschaft bemerkenswerte Aktivitäten in NRW. Jedoch sind die Schwerpunkte der Branche deutschlandweit in anderen Regionen angesiedelt (etwa das Medizintechnikcluster um Siemens in Erlangen).
- Der Bereich **Mobilität/Logistik** ist sehr breit und umfasst verschiedene Anwendungsfelder, die für zahlreiche produzierende und Logistikunternehmen in NRW von hoher Relevanz sind. Viele dieser Unternehmen in NRW vertreten eher die Anwendungsseite und sind Nutzer neuer Technologien.
- **Nano- und Quantentechnologien** sowie die **Photonik** sind Zukunftsfelder, in denen zum Teil schon zahlreiche Anwendungen existieren (Nanotechnologie, Photonik), während in anderen Feldern neue Anwendungen erst noch erwartet bzw. erhofft werden (Quantentechnologien). Die Anwendungen sind stark überschneidend mit anderen Feldern (Materialien, IKT) und auch für Unternehmen in NRW von erheblicher Relevanz.
- Die **pharmazeutische Technik** in NRW hat zuletzt durch strategische Entscheidungen von Bayer hinsichtlich der Forschungs- und Produktionskapazitäten in NRW – insbesondere am Standort Wuppertal - an Bedeutung eingebüßt. Dennoch ist NRW immer noch einer der Schwerpunkte der pharmazeutischen Industrie in Deutschland.
- Die **Umwelttechnik** ist eine Querschnittstechnologie, die in zahlreichen Branchen wie Entsorgung/Recycling, Produktion erneuerbarer Energien und entsprechenden Ingenieurdienstleistungen eine große Bedeutung hat. Die Hersteller von Umwelttechnik befinden sich sektoral überwiegend im Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Für NRW hat die Umwelttechnik in Hinblick auf Industrieschwerpunkte in der Energieproduktion und in der Chemie-/Kunststoffindustrie eine hohe Bedeutung.

Insgesamt wird deutlich, dass schon aufgrund der Größe von NRW in so gut wie allen Zukunftsfeldern wissenschaftliche Forschung in relevantem Umfang und auf hohem Niveau betrieben wird und auch entsprechende Unternehmen mit FuE- und Innovationspotenzial in diesen Feldern zu finden sind. Dennoch zeigt die Darstellung die Unterschiede darin, wie diese Stärken und Schwächen jeweils auf der Landesebene sichtbar werden.

Abbildung 6.1 gibt einen verdichteten Überblick zur Situation von NRW in Hinblick auf zentrale Zukunftsfelder für Wissenschaft und Wirtschaft im Land. Dabei wurde nach Schwerpunkten des Landes NRW hinsichtlich wissenschaftlicher Aktivitäten, Publikationen, Unternehmenspatenten und wirtschaftlichen Aktivitäten gefragt. Darüber hinaus wurde untersucht, welche Rolle die betrachteten Technologien als Querschnittstechnologien für das Land spielen.

Insgesamt zeigt sich ein gemischtes Bild, nach dem Stärken insbesondere in den Bereichen IKT/Digitalisierung, intelligente Produktionstechnologien, Künstliche Intelligenz sowie bei den neuen Werkstoffen existieren.

Abb. 6.1: Zukunftsfelder und ihre Bedeutung für Wirtschaft und Wissenschaft in NRW

Zukunftsfeld	Wissenschafts- schwerpunkt	Publikations- schwerpunkt	Patentierungs- schwerpunkt	Wirtschafts- schwerpunkt	Querschnitts- technologie
Bioökonomie	Mittelblau	Mittelblau	Mittelblau	Dunkelblau	Dunkelblau
Biotechnologie	Mittelblau	Mittelblau	Dunkelblau	Mittelblau	Hellblau
Energie(-technik)	Dunkelblau	Mittelblau	Mittelblau	Dunkelblau	Dunkelblau
IKT/Digitalisierung	Dunkelblau	Mittelblau	Hellblau	Dunkelblau	Dunkelblau
Intelligente Produktionstechnologien	Dunkelblau	Mittelblau	Dunkelblau	Dunkelblau	Dunkelblau
Künstliche Intelligenz	Dunkelblau	Mittelblau	Hellblau	Dunkelblau	Dunkelblau
Materialien/Werkstoffe	Dunkelblau	Dunkelblau	Dunkelblau	Dunkelblau	Dunkelblau
Medizintechnik/ Gesundheitswissenschaften	Mittelblau	Hellblau	Hellblau	Mittelblau	Hellblau
Mobilität/Logistik	Mittelblau	Dunkelblau	Hellblau	Mittelblau	Dunkelblau
Nanotechnologie	Mittelblau	Mittelblau	Hellblau	Hellblau	Hellblau
Pharmazeutische Technik	Hellblau	Hellblau	Dunkelblau	Mittelblau	Hellblau
Photonik	Mittelblau	Hellblau	Hellblau	Hellblau	Hellblau
Quantentechnologie	Hellblau	Dunkelblau	Mittelblau	Hellblau	Mittelblau
Umwelttechnik	Dunkelblau	Hellblau	Dunkelblau	Dunkelblau	Dunkelblau

Dunkelblau: starke Position von NRW. Mittelblau: mittlere Position. Hellblau: schwache Position.

Eigene Darstellung auf Grundlage der vorliegenden Auswertungen.

6.2 Handlungsempfehlungen

6.2.1 Vorüberlegungen

Die Erfahrungen in den Industrieländern haben in den vergangenen Jahrzehnten gezeigt, dass die anwendungsorientierte Forschung und das Innovationsgeschehen in der Wirtschaft einen unabdingbaren Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Problemlagen leisten. Das zeigt sich nicht zuletzt in Zeiten der Corona-Pandemie, in der die Suche nach Wegen zu deren Eindämmung und Überwindung eng auf Ergebnissen der Forschung an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ansetzt.

Der Innovationspolitik wiederum kommt eine zentrale Bedeutung für das Innovationsgeschehen zu. Sie stellt einerseits sicher, dass die Märkte ihre Aufgabe durch einen effizienten Entdeckungswettbewerb ohne unnötige bürokratische Hürden erfüllen können. Andererseits lenkt sie Ressourcen in der Forschung in zentrale gesellschaftliche Problemfelder und unterstützt die Generierung von Innovationen.

Die Untersuchungen in dieser Studie haben gezeigt, dass das Innovationsgeschehen in NRW bereits an vielen Stellen einen wichtigen Beitrag für die Lösung gesellschaftlicher Fragen im Land selbst sowie im nationalen und globalen Kontext leistet:

- Teile von NRW befinden sich in einem noch laufenden Prozess einer Transformation weg von der Montanindustrie hin zu anderen Feldern. Gleichzeitig hat sich aber auch die Eisen- und Stahlverarbeitung gewandelt, so dass sie auch in Zukunft einen wichtigen Teil zum gesellschaftlichen Wohlstand im Land leisten wird.
- Unternehmen aus verschiedenen Industrien leisten einen wichtigen Beitrag zum Innovationsgeschehen. Dazu gehören Unternehmen der Chemischen Industrie, aber im gleichen Maße auch wichtige Zulieferer in der Automobil- oder Luftfahrtindustrie und Unternehmen des Maschinenbaus und der Metallverarbeitung und anderer materialverarbeitender Industrien.
- In diesen Branchen finden sich – verteilt im Land – zahlreiche Hidden Champions, die sich mit innovativen Produkten im Weltmarkt behaupten.
- In NRW sind wichtige international agierende Großunternehmen ansässig, z.B. in der Telekommunikation und Energieversorgung. Sie forschen zwar nur in einem geringen Maße selbst, jedoch bestimmen sie durch ihre Entscheidungen maßgeblich das Innovationsgeschehen in denjenigen Zulieferunternehmen, die Hardware (Elektronik) und Software für diese Bereiche produzieren und damit auch die Modernisierung der Infrastrukturen im Land voranbringen.
- NRW ist ein Land, in dem zahlreiche Dienstleistungsunternehmen angesiedelt sind, etwa aus den Bereichen Logistik sowie Einzel- und Großhandel. Innovationen in diesem Bereich spielen eine wichtige Rolle für die gesellschaftliche Entwicklung und sollten im Rahmen der Innovationspolitik Berücksichtigung finden.

Gesellschaftlich und wirtschaftlich relevante Innovationen werden in vielen Fällen an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft generiert. Dieser gegenseitige Austausch zwischen wissenschaftlicher Forschung und Innovationen in Unternehmen ist ein zentrales Element des Innovations-Ökosystems. In NRW hat sich eine leistungsfähige Infrastruktur aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen entwickelt. Wenn man diese Struktur näher betrachtet, wird eine räumliche Aufteilung von Kompetenzen im Land deutlich, die sich in den vergangenen Jahrzehnten substanziell weiterentwickelt und zu einer damit einhergehenden Innovations- und Start-up-Dynamik geführt hat.

Eine effektive Innovationspolitik setzt sowohl an den spezifischen Stärken als auch an den Schwächen von NRW an und leistet durch ihre Rahmensetzung einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Landes. Gleichzeitig ergeben sich aus den Erfahrungen der Innovationspolitik Grundsätze, die die Basis einer wirksamen Innovationspolitik bilden:

- Innovationspolitik sollte die Funktionsfähigkeit der Märkte im Entdeckungsverfahren nach neuen Lösungen unterstützen und Innovationshemmnisse beseitigen.
- Innovationspolitik sollte sich, was etwa die Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen und den damit verbundenen Technologietransfer betrifft, an zentralen gesellschaftlichen Problemlagen orientieren.
- Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung bilden einen zentralen Indikator für Innovationsanstrengungen und damit auch das künftige Wirtschaftswachstum. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung sieht bis zum Jahr 2025 vor, die Investitionen in FuE deutschlandweit auf 3,5% des Bruttoinlandsprodukts zu erhöhen (BMBF 2018).
- Langfristig sollte zwar auch NRW eine Erhöhung der FuE-Investitionen anstreben, eine Festlegung auf das Ziel von 3,5% erscheint angesichts der spezifischen Wirtschaftsstruktur aber als wenig sinnvoll. Regionen in Deutschland, die sich durch hohe FuE-Aufwendungen der Wirtschaft auszeichnen, sind durch die Präsenz von großen und forschungsintensiven Unternehmen der Automobil-, Elektronik- und Softwareindustrie geprägt. Da diese Unternehmen in NRW nicht in vergleichbarer Anzahl wie etwa in Bayern und Baden-Württemberg ansässig sind, ist eine für die Erreichung dieses Ziels hinreichende Zunahme der Forschungsleistung nicht zu erwarten und liegt auch nicht im Einflussbereich der Landesregierung.
- Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoller, im Rahmen der Innovationsstrategie Ziele festzulegen, die mittelfristig mit den Mitteln und Instrumenten des Landes direkt beeinflussbar sind. Dies betrifft insbesondere die (i) Förderung der Forschung in Zukunftsfeldern, die für

NRW von großer Bedeutung sind, (ii) die gezielte Unterstützung einer stärker problemorientierten Forschung in den öffentlichen Forschungseinrichtungen (iii) die Förderung von Innovationen im Mittelstand und bei den Dienstleistungen (iv) die Erleichterung des Wissenstransfers sowie von Unternehmensgründungen aus Hochschulen und die (v) Vereinfachung der Bürokratie bei allen Aktivitäten, die mit der Wissensentstehung und dem Wissenstransfer einhergehen.

- Erfahrungen mit erfolgreichen Maßnahmen der Innovationspolitik zeigen, dass sich die daraus resultierenden Impulse in Wirtschaft und Gesellschaft erst mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung entfalten. So ist etwa bei der Etablierung einer funktionierenden Gründungskultur an Hochschulen oder Forschungseinrichtungen mit Zeiträumen von 10 bis 15 Jahren zu rechnen, bis eine lebendige Gründungsszene entsteht. Daher ist es wichtig, dass die Politik wie auch die anderen Akteure der Innovationspolitik einen langen Atem zeigen. Entsprechende Maßnahmen sollten auf eine mittelfristige Verbesserung der Strukturen angelegt sein. Das heißt nicht, dass nicht auch kurzfristig an bestimmten Stellen Erfolge zutage treten können.
- Die Kompetenzen in Hinblick auf die für das Innovationsgeschehen relevanten Aspekte sind zwischen verschiedenen Landesministerien verteilt. Daher ist die Koordinierung verschiedener Ministerien vorsehen, um eine maximale Wirksamkeit der Maßnahmen der zu erreichen.

Die auf EU-Ebene empfohlene „Smart-Specialisation“-Strategie stellt eine regionale Entwicklung in den Vordergrund, die jeweils an den existierenden Stärken einer Region ansetzt und diese weiterentwickelt. Für NRW stellt sich dabei die drängende Frage, wie ein nachhaltiger, durch Innovationen und Gründungen getragener Strukturwandel stattfinden kann. Soll dies durch eine eher sanfte Strategie nach dem Ansatz der „Technological Relatedness“ (verwandte, aber stärker zukunfts-fähige Technologien fördern) geschehen oder durch eine Strategie, die auch potenziell disruptive Elemente begünstigt (z.B. neue Geschäftsmodelle und Gründungen in neuen Anwendungsgebieten/Technologiefeldern)?

Ergebnisse der Innovationsforschung zeigen, dass Innovationspolitik gemäß dem „Ambidexterity“-Ansatz eine Strategie mit zwei Elementen anstreben sollte: Einerseits sollte sie sich an der Weiterentwicklung bereits existierender Stärken orientieren und andererseits auch eine Technologieoffenheit der Entwicklung sicherstellen, in der sich innovative Lösungen in allen Bereich entwickeln und neue anwendungsorientierte Forschungsbereiche entstehen können. Wichtig ist für ein großes Bundesland wie NRW auch, die Innovationspotenziale in der Breite zu sichern, etwa durch die Förderung einer ausreichenden FuE-Basis in den mittelständischen Unternehmen und einer hohen Innovationsbereitschaft in den KMU, damit neue Technologien und Anwendungen auch rasch diffundieren können.

6.2.2 Regionale Innovationsstrategie des Landes NRW

Aus den Untersuchungen im Rahmen des Innovationsberichts Nordrhein-Westfalen ergaben sich im Innovationsbericht 2020 zehn Gestaltungsfelder, in denen Innovationspolitik die Rahmenbedingungen für Innovationen beeinflusst und gezielt Anreize setzen kann. Genauso wie die Überlegungen zu einer Vision der Innovationspolitik gingen die Vorschläge für Gestaltungsfelder der Innovationspolitik als Zwischenschritt in die Diskussion zur Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen ein, deren Ergebnis mittlerweile in Form der Regionalen Innovationsstrategie des Landes vorliegt.⁴³

Diese *Regionale Innovationsstrategie 2021 bis 2027* (vgl. den grauen Kasten unten) schreibt die bisherige Innovationsstrategie 2014 bis 2020 fort mit dem Ziel, einen gemeinsamen Rahmen für die vielfältigen Aktivitäten der Forschungs- und Innovationsförderung im Land Nordrhein-Westfalen und seinen

Regionen zu schaffen. Die Aktualisierung der Innovationsstrategie NRW greift neue Themen auf und berücksichtigt gleichzeitig veränderte Rahmenbedingungen (MWIDE NRW 2021: 3).

Im Folgenden werden die aus den Untersuchungen im Rahmen des Innovationsberichts resultierenden Maßnahmen dargestellt. Zunächst sind dies in Abschnitt 6.2.3 die vorgeschlagenen Maßnahmen für die Innovationspolitik, die bereits im Rahmen des Innovationsberichts 2020 entwickelt wurden. Diese Maßnahmen sind den Handlungs- bzw. Innovationsfeldern der Innovationsstrategie zugeordnet. In Abschnitt 6.2.4 werden Überlegungen zu Indikatoren für die Erfassung der Entwicklung des Innovationsgeschehens in Nordrhein-Westfalen angestellt.

⁴³ Da diese Diskussion der Gestaltungsfelder und der Vision durch die aktuelle Innovationsstrategie nicht mehr aktuell ist, wird sie hier

nicht mehr wiederholt, ist aber im Innovationsbericht 2020 nachzulesen.

Regionale Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen

Unter der Vision **Vom starken Innovator zum Innovationsführer** adressiert die Innovationsstrategie das gesamte Innovationssystem in Nordrhein-Westfalen. Sie ist durch folgende Charakteristika gekennzeichnet:

- Die Innovationsstrategie hat einen **ganzheitlichen Blick auf das Innovationsgeschehen des Landes**. Sie berücksichtigt (i) Anforderungen und Maßnahmen des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE), jene Landesstrategien, die ebenfalls innovationspolitische Ziele formulieren, wie etwa das industriepolitische Leitbild des Landes, die Digitalstrategie NRW oder der zum Klimaschutzaudit weiterentwickelte Klimaschutzplan des Landes und (iii) regionale Strategieprozesse u.a. im Rheinischen Revier und der Metropole Ruhr.
- Die Innovationsstrategie beruht auf dem **Leitgedanken einer intelligenten Spezialisierung bei gleichzeitig konsequenter Zukunftsorientierung**. Dabei stehen zwei komplementäre Aspekte im Vordergrund: Einerseits konzentriert sich das Land auf Themen, die von besonderer Relevanz für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung sind und bei denen die Akteure in NRW bereits heute spezifische Stärken aufweisen. Andererseits möchte das Land eine Einnengung auf bestimmte Branchen und Technologiefelder vermeiden und stellt innovative Herausforderungen in den Mittelpunkt.
- Die Innovationsthemen werden kontinuierlich beobachtet, um alle zwei Jahre eine **Aktualisierung der Strategie** vorzunehmen, soweit diese erforderlich ist.
- Der Innovationsstrategie liegt ein **breiter Innovationsbegriff** zugrunde, der berücksichtigt, dass Innovationen sowohl aus der Wissenschaft als auch aus der Gesellschaft resultieren. Innovationen finden nicht nur in Form technischer Neuerungen statt, sondern beinhalten etwa auch neue Formen der Unternehmensorganisation, neue gesellschaftliche Praktiken oder die Etablierung neuer Anwendungs- und Nutzungsformen.

Vor diesem Hintergrund nennt die Innovationsstrategie sieben Innovationsfelder und sechs Handlungsfelder der Innovationspolitik. Die Innovationsfelder sind:

1. Innovative Werkstoffe und Intelligente Produktion
2. Vernetzte Mobilität und Logistik
3. Umweltwirtschaft und Circular Economy
4. Energie und innovatives Bauen
5. Integrative Medizin Gesundheit und Life Science
6. Kultur, Medien- und Kreativwirtschaft, innovative Dienstleistungen
7. Schlüsseltechnologien der Zukunft, IKT

Diese Innovationsthemen erfordern in der Regel eine disziplin- und branchenübergreifende Zusammenarbeit (*Cross Innovation*).

Auf Basis der Stärken-Schwächen-Analyse des Innovationssystems in Nordrhein-Westfalen wurden sechs Handlungsfelder für die Innovationspolitik identifiziert:

1. Innovationen fördern
2. Vernetzung intensivieren
3. Gründung und Finanzierung unterstützen
4. Die Nachfrageseite einbeziehen
5. Rechtsrahmen weiter entwickeln
6. Fachkräfte sichern

Der Instrumenteneinsatz und die damit verbundenen Ergebnisse werden laufend im Rahmen des Monitorings und der Evaluation der Innovationspolitik überprüft und der Instrumentenmix, soweit erforderlich, fortgeschrieben.

6.2.3 Empfehlungen zu den Handlungsfeldern und Innovationsfeldern der Innovationsstrategie

Im Folgenden werden die Empfehlungen aus den Analysen des Innovationsberichts den Handlungsfeldern der Innovationsstrategie zugeordnet.

Handlungsfeld 1: Innovationen fördern

Zentrale Ansatzpunkte zur Förderung der Innovationen sind die **Entwicklung von Wissenschaft und Wissenstransfer** sowie die **Förderung von Innovationen im Mittelstand. Innovative Dienstleistungen** sind ein weiterer ein Bereich, der in der Vergangenheit im Rahmen der Innovationsförderung zu wenig Aufmerksamkeit erfahren hat.

Der **Wissenstransfer zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft** hat im Zeitablauf als Aufgabe der Hochschulen und Forschungseinrichtungen erheblich an Bedeutung gewonnen. Das hat u.a. damit zu tun, dass die Entwicklung neuer Technologien und die sich daraus ergebenden neuen Geschäftsmöglichkeiten immer komplexer werden und die Integration von Kompetenzen und Wissen erfordern. Selbst große Unternehmen können nicht all diese Kompetenzen und all dieses Wissen intern vorrätig halten. Der Austausch und die Kooperation mit anderen Akteuren werden daher immer wichtiger. Dies betrifft Entwicklungen in zahlreichen Zukunftsfeldern, u.a. Materialtechnologien, Informations- und Kommunikationstechnologien (einschließlich der Künstlichen Intelligenz) oder Nano- und Quantentechnologien.

Die Förderung des Wissenstransfers aus den Hochschulen und Forschungseinrichtungen ist eine schon über einen langen Zeitraum im Rahmen der Wirtschaftspolitik gepflegte Aufgabe. Daher ist es zunächst nicht verwunderlich, dass die Untersuchungen zeigen, dass der Wissenstransfer insgesamt gut funktioniert. Gleichzeitig ergeben sich aber auch Ansatzpunkte für Verbesserungen durch eine gezielt hierauf ausgerichtete Innovationsstrategie.

Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende Zielsetzungen für die Innovationspolitik:

- Stärkung des Wissenstransfers in Bereichen, die – wie etwa bei mittelständischen Unternehmen – aufgrund des Aufwands durch existierende Maßnahmen nicht erreicht werden;
- aktive Einbeziehung von Unternehmen, die bislang nicht vom Wissenstransfer profitiert haben und bei denen häufig Anfangshürden bei der Kooperation mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen existieren;
- Stärkung der Rolle intermediärer Organisationen im Wissenstransfer in die Wirtschaft;
- Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen für die Förderung von Hochschulpatenten und

- Zusammenführung der verschiedenen Förderlinien für den Wissenstransfer in einer transparenten gemeinsamen Struktur.

Folgende Maßnahmen schlagen wir in Hinblick auf den Wissenstransfer Wissenschaft-Wirtschaft vor:

- In verschiedenen Sektoren der Wirtschaft in NRW finden sich zahlreiche mittelständische Unternehmen, die an hinteren Positionen in industrielle Wertschöpfungsketten eingebunden sind. Diese Unternehmen können, wie sich in den Expertengesprächen gezeigt hat, häufig mit den Ergebnissen aus geförderten Forschungsvorhaben (etwa im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) wenig anfangen, da diese Projekte noch zu weit von einer praktischen Umsetzung entfernt sind. Gleichzeitig gehen Förderprogramme oftmals mit einem für kleinere Unternehmen erheblichen administrativen Aufwand einher. Dies trifft u.a. auf Programme zu, die durch EFRE-Mittel kofinanziert werden. In diesem Bereich besteht Bedarf für ein vergleichsweise einfach zu handhabendes Landesprogramm, das es ermöglicht, mit einem überschaubaren Aufwand anwendungsorientierte Kooperationen der Hochschulen oder Forschungseinrichtungen mit Unternehmen einzugehen.
- Bei der Förderung von Zukunftsthemen etwa im Rahmen von regionalen Kompetenzzentren ist es wichtig, die Bedarfe der regionalen Wirtschaft in Hinblick auf die Themen, an denen geforscht wird, von vorneherein mit in den Blick zu nehmen. Das bedeutet auch, aktiv auf die Unternehmen in NRW (insbesondere mittelständische Unternehmen) zuzugehen und diese möglichst in die Aktivitäten einzubeziehen.
- Zahlreiche mittelständische Unternehmen in NRW werden mit erheblichen Herausforderungen in Hinblick auf den internationalen Wettbewerb und die Technologieentwicklung konfrontiert. Beispiele dafür sind die Anforderungen des Kunststoffrecyclings, des Leichtbaus, der Elektromobilität mit ihren Auswirkungen auf die automobilen Wertschöpfungskette und des „Upscalings“ in der Wertschöpfungskette der Luftfahrtindustrie. Hier könnten funktionierende Clusterorganisationen oder vergleichbare Intermediäre eine wichtige Rolle bei der Bewältigung gemeinsamer vorwettbewerblicher Herausforderungen spielen.
- Die wichtigste Empfehlung im Bereich der Hochschulpatentierung besteht darin, durch eine geeignete Rahmensegung sicherzustellen, dass die Patentierung primär als Instrument des Wissenstransfers gesehen und gefördert wird. Die Erzielung von Lizenzeinnahmen sollte bei diesem Instrument von vorneherein eine untergeordnete

Rolle spielen, da die positiven volkswirtschaftlichen Effekte von Hochschulpatenten nur zum Tragen kommen, wenn die patentierten Neuerungen auch genutzt werden.

NRW verfügt über starke Hochschulen, insbesondere viele mit hohem Anwendungsbezug. Dazu gehören die RWTH Aachen, die TU Dortmund, die Ruhr-Universität Bochum, Fachhochschulen und große Forschungseinrichtungen (wie etwa das Forschungszentrum Jülich, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt und wichtige Fraunhofer-Institute). Vor diesem Hintergrund empfehlen wir das Auflegen eines langfristig orientierten Innovationsfonds zur Unterstützung des Transfers über alle Formen (wie etwa Gründungen, Patente, Kooperationsprojekte, Reallabore, Demonstratoren, Joint Ventures mit der Industrie etc.). Eine Zusammenführung der verschiedenen Förderlinien ("Alles aus einer Hand") würde einen potenziellen Wettbewerb zwischen den Transferformen verhindern und zu einer bestmöglichen Verwertung für jedes transferfähige Forschungsergebnis beitragen. Dies stellt zwar im Vergleich zu kleineren Bundesländern eine Herausforderung dar: dennoch finden sich insbesondere im europäischen Ausland (etwa mit Vinnova in Schweden) sehr positive Beispiele.

Wenngleich NRW viele Großunternehmen beherbergt, die das Innovationsgeschehen in vielen Feldern prägen, so liegt die relative **Innovationsstärke des Landes bei den KMU**. So ist der Anteil von KMU mit eigener FuE-Tätigkeit vergleichsweise hoch und ein größerer Anteil von KMU als in anderen Ländern führt Innovationen ein. Eine Unterstützung innovativer KMU und die weitere Verbreiterung des innovativen Mittelstands können wichtige Beiträge zu einem "Strukturwandel von unten" leisten. Ein innovativer Mittelstand ist aus mehreren Gründen ein unverzichtbares Fundament für eine erfolgreiche Innovationspolitik: Erstens sind gerade für den Einstieg in neue Innovationsthemen kleinere Unternehmen agiler und eher in der Lage, neu entstehende Märkte und Anwendungsgebiete mit einem zunächst noch begrenzten Nachfragevolumen zu bearbeiten. Zweitens kommt innovativen mittelständischen Unternehmen eine entscheidende Rolle bei der Verbreitung neuer Technologien und damit ihrer Umsetzung in Produktivitäts- und Wettbewerbsvorteile zu. Drittens sind sie ein wichtiger Transmissionsriemen, um neue Forschungsergebnisse aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen aufzugreifen und in wirtschaftliche Anwendungen umzusetzen.

Bei der **Stärkung eines innovativen Mittelstands in NRW sollten folgende Zielsetzungen in den Blick genommen werden:**

- Stärkere Berücksichtigung der Belange mittelständischer Unternehmen in der Bildungspolitik. Der Fachkräftemangel trifft kleinere Unternehmen überproportional hart. Eine an den Bedarfen der mittelständischen Unternehmen ausgerichtete berufliche Ausbildung ist ein zentraler Baustein, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken;
- Innovationsfreundliche Rahmensetzung und bürokratiearme Regulierungen und Verwaltungsabläufe sind wichtige Voraussetzungen, damit mittelständische Unternehmen ihre Innovationspotenziale entfalten können;

- Unterstützung von KMU durch ein Innovationsförderprogramm. Angesichts begrenzter Mittel ist eine Fokussierung auf ausgewählte Spezialisierungsfelder und Themen sinnvoll. Hier ist eine Ausrichtung an gesellschaftlichen Bedarfsfeldern zielführend;
- Intensivierung der Unterstützung von KMU durch intermediäre Organisationen.

NRW versteht sich als Industriestandort. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass in der Zukunft **Dienstleistungen für das Innovationsgeschehen eine immer größere Rolle einnehmen**. Hier hat NRW komparative Vorteile, insbesondere in den Bereichen Logistik/Verkehr sowie Handel, und ist eine Drehscheibe nicht nur für Deutschland, sondern auch europaweit. Aber auch im Bereich Medien und in verschiedenen Kreativdienstleistungen und industrienahen Dienstleistungen (inkl. IT-Diensten) bestehen in NRW große Innovationspotenziale.

Innovationen im Bereich vieler Dienstleistungen erfordern die Zusammenarbeit von Unternehmen mit Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Ein positives Beispiel war das Effizienz-Cluster LogistikRuhr, das im Ruhrgebiet im Rahmen des Spitzencluster-Wettbewerbs gefördert wurde.

Aufgrund der hohen Bedeutung von Dienstleistungen für das Ruhrgebiet sollte die Landesregierung insbesondere zwei Zielsetzungen verfolgen:

- eine Unterstützung von Dienstleistungsinnovationen im Rahmen von Innovationskooperationen zwischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Dienstleistungsbereich;
- eine Förderung des Ruhrgebiets als Modellregion für (innovative) Dienstleistungen in Europa.

Geeignete Maßnahmen dafür wären:

- die Etablierung eines Förderprogramms für Dienstleistungsinnovationen. Aufgabe dieses Programms wäre insbesondere auch die Unterstützung von Unternehmen im Dienstleistungsbereich bei der Umsetzung digitaler Geschäftsmodelle;
- die Nutzung der Clusterpolitik durch die Unterstützung von Innovationen in wichtigen Spezialisierungsfeldern des Dienstleistungssektors;
- eine Integration der Innovationsförderung mit Standortpolitik (Wirtschaftsförderung, Flächenentwicklung für flächenintensive Dienstleistungen), die auch ein geeignetes Instrument zur Entwicklung einer Logistik-Modellregion im Ruhrgebiet wäre.

Handlungsfeld 2: Vernetzung intensivieren

Die **Vernetzung zwischen Akteuren im Innovationsgeschehen, insbesondere im Mittelstand bzw. zwischen mittelständischen Unternehmen und Wissenschaft, findet maßgeblich über intermediäre Organisationen statt**. Aber auch im Rahmen des Prozesses des Wissenstransfers (siehe

Handlungsfeld 1) spielt Vernetzung eine wichtige Rolle. Intermediäre Organisationen wie Clusterinitiativen oder Hubs können an verschiedenen Stellen Impulse hinsichtlich der Förderung eines innovativen Mittelstands setzen. Dies kann die Weiterentwicklung vorwettbewerblicher Forschungsthemen betreffen, die Unterstützung von Gründungsvorhaben, die Weiterentwicklung von Forschungsgebieten in Hinblick auf Anwendungen sowie die Unterstützung mittelständischer Unternehmen im Rahmen gemeinsamer Herausforderungen. Eine staatliche Förderung ist hier gerechtfertigt, da diese Organisationen für die Allgemeinheit wichtig sind und deren Leistungen ansonsten kaum durch den Markt bereitgestellt würden.

In NRW finden sich zwar intermediäre Organisationen, die dies erfolgreich ausfüllen, gleichzeitig ergaben unsere Untersuchungen aber auch Hinweise auf bestehende Ineffizienzen. Wir empfehlen daher folgende Maßnahmen zur Förderung intermediärer Organisationen:

- Sinnvoll erscheint ein auf den bereits bestehenden und bewährten Ansätzen aufbauender Neuanfang der Clusterpolitik. Basierend auf einer kritischen Bestandsaufnahme sollten eher unwirksame Organisationen keine staatliche Förderung mehr erhalten, während effektiv arbeitende intermediäre Organisationen weiter gefördert und zusätzliche förderwürdige Organisationen identifiziert und gefördert werden sollten.
 - Bei den neu geförderten Initiativen sollte nicht von vorneherein eine zu starke Festlegung dahingehend vorgenommen werden, dass diese Organisationen vornehmlich wissenschaftliche Ergebnisse weiterentwickeln oder in erster Linie die Bedürfnisse des Mittelstands adressieren. Vielmehr sollte dies zunächst möglichst offen gestaltet werden. Wichtig ist aber dennoch, dass die Clusterorganisationen für sich selbst und ihrer Klientel klare Ziele vorgeben und zudem den Zielerreichungsgrad ex post überprüfen.
 - Die Clusterförderung ist dabei stärker als bislang an den Stärken von NRW und den aktuellen Herausforderungen zu orientieren, wie z.B. dem Klima- und Umweltschutz, der Mobilität und Logistik, der Gesundheit, der Energieversorgung, der Digitalisierung und KI sowie neuen Werkstoffen und Materialien.
 - Die Landesförderung sollte dabei mit den Bundesprogrammen – Zukunftscluster, go-cluster, Clusterplattform, Forschungscampus usw. – abgestimmt und synchronisiert werden, um die Wirkung der eingesetzten Mittel zu maximieren (Vermeidung von Doppelförderung, Minimierung von Mitnahmeeffekten, Erzielung hoher Hebeleffekte zur Generierung privater FuE). Ein Engagement der Politik ist für den Erfolg dieser Programme weiter von zentraler Bedeutung.
 - Clusterinitiativen und andere Innovationsintermediäre können eine wichtige Rolle spielen, um mittelständischen Unternehmen aus NRW Zugang zu FuE- und Innovationsförderprogrammen des Bundes und der EU zu erleichtern. Derzeit ist die Beteiligung von Unternehmen aus NRW an solchen Programmen unterdurchschnittlich.
- Informationsaktivitäten und das Ansprechen von Unternehmen, die zu dem Profil der einzelnen Förderprogramme passen, können konkrete Ansatzpunkte sein.
- Angesichts der engen Verflechtung der Wirtschaft NRWs mit den Nachbarländern scheint eine gezielte Förderung der Intensivierung grenzüberschreitender Innovationsnetzwerke über ein eigenes Förderprogramm nahezu zuzuliegen.
 - An die geförderten Clusterinitiativen bzw. Netzwerke sollten hohe Anforderungen hinsichtlich der inhaltlichen und technologischen Profilbildung, der wissenschaftlichen Exzellenz der beteiligten Forschungseinrichtungen, der Eignung der involvierten Unternehmen, der internationalen Ausstrahlung und der Effektivität der Clustermanagements gestellt werden.
 - Die Etablierung einer übergreifenden Struktur, ähnlich wie das in der Vergangenheit beim Clustersekretariat der Fall war, erscheint sinnvoll und notwendig. Dies hätte – stärker noch als in der Vergangenheit – den Zweck, die intermediären Organisationen bei ihren Aktivitäten und potenziell auftretenden Herausforderungen zu unterstützen. Darüber hinaus würde diese Organisationseinheit als koordinierende Instanz an der Schnittstelle zwischen den Organisationen fungieren. Letzteres würde helfen, dem Problem zu begegnen, dass derzeit viele überschneidende Aktivitäten unkoordiniert nebeneinander herlaufen.
 - Es gibt Hinweise darauf, dass der bürokratische Aufwand in Zusammenhang mit der Mittelabwicklung sehr hoch ist und es in Hinblick auf die Mittelverausgabung sehr viele Regelungen gibt. Hier erscheint eine Überprüfung und – sofern möglich – Entbürokratisierung der zugrundeliegenden Vorschriften geboten.

Handlungsfeld 3: Gründung und Finanzierung unterstützen

Innovative Gründungen sind ein wichtiger Faktor für die künftige Innovations- und Wachstumsdynamik. Sie können einen Beitrag zur Überwindung von Strukturproblemen leisten. Gerade aufgrund der Stärke von NRW im Hochschulbereich können technologieorientierte Ausgründungen aus Hochschulen ein Weg sein, um vorhandene Innovationspotenziale und die Ergebnisse von wissenschaftlicher Grundlagenforschung umfassender zu nutzen und in wirtschaftliches Wachstum umzusetzen.

Die Unterstützung von Start-ups ist nicht die einzige und bei weitem nicht die zentrale Zielsetzung von Hochschulen. Es gibt auch keinen Grund anzunehmen, dass die Gründung eines Unternehmens durch Hochschulabsolventinnen oder -absolventen von vorneherein volkswirtschaftlich gesehen vorteilhafter ist als eine Beschäftigung in einem Unternehmen. Es zeigt sich aber, dass gerade in vielen der oben diskutierten Technologiefelder der technische Fortschritt maßgeblich durch Start-ups mit vorangetrieben wird. Gleichzeitig sind die Strukturen, Prozesse und Zielsysteme an den Hochschulen in

NRW – und Deutschland insgesamt – noch sehr stark an den Aufgaben in Forschung und Lehre orientiert.

Für die Innovationspolitik ergeben sich daher in Hinblick auf die Förderung wachstumsorientierter Gründungen folgende Zielsetzungen:

- gezielte Verankerung von Gründungsunterstützung in den Strategien der Hochschulen;
- Verbesserung der infrastrukturellen Voraussetzungen für Hochschulausgründungen an Universitäten und Fachhochschulen;
- Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für wachstumsorientierte Gründungsvorhaben in NRW.

Im Einzelnen resultieren daher folgende Ansatzpunkte für die Unterstützung der Hochschulen bei der Verbesserung der Rahmenbedingungen für Gründungen:

- Die Erfahrungen aus der Entrepreneurship-Forschung zeigen, dass Hochschulen mit hohen Gründungsraten durch ein Zusammenwirken verschiedener Faktoren gekennzeichnet sind. Diese umfassen das projektorientierte Arbeiten durch Studierende, das Vorhandensein von Vorbildern (erfolgreiche Gründerinnen und Gründer) und die enge Zusammenarbeit mit Unternehmen. Die Hochschulen selbst spielen eine zentrale Rolle bei der Entwicklung der Rahmenbedingungen für Gründungen. Daher sollten im Rahmen von Zielvereinbarungen mit den Hochschulen auch Eckpunkte für die Verbesserung von Rahmenbedingungen für Gründungen festgelegt werden. Dies könnte etwa die Entwicklung konkreter Ziele in der Gründungsförderung umfassen.
- Eine gezielte Förderung von Infrastrukturen, wie Räumlichkeiten für neu gegründete Unternehmen, wo diese derzeit noch fehlen, sollte erwogen werden, da dieser Mangel potenzielle Gründungen häufig behindert.
- Es ist zu beobachten, dass erfolgreiche Start-ups aus NRW angesichts günstigerer Rahmenbedingungen in größerer Zahl in die nahegelegenen Niederlande ziehen. Um diese Unternehmen in NRW zu halten, sollten die Bedingungen für die Umsetzung innovativer Geschäftsmodelle verbessert werden. Möglichkeiten sind hier neben einer steuerlichen Förderung von FuE und anderen Investitionen in neue und ergebnisunsichere Geschäftsaktivitäten die Verbesserung des Humankapitalangebots, der Infrastruktur und der Erreichbarkeit der Standorte sowie weitere „Soft Factors“.
- Gründungswillige sollten administrativ entlastet werden, auch wenn die mit einer Unternehmensgründung verbundenen bürokratischen Belastungen mitunter überschätzt werden und zum Teil unvermeidlich sind (Steuerrecht, Buchführung, Zulassungsbestimmungen usw.). Neben einem Bürokratieabbau könnte eine Digitalisierung der Verwaltung sinnvoll sein, um z.B. die Bearbeitungs- und Bewilligungszeiten von Förderanträgen zu reduzieren.

- Es ist sinnvoll, an allen Hochschulen Gründungslehrstühle oder auf das Thema Gründung fokussierte Lehrangebote einzurichten und gründungsaffine Professorinnen und Professoren als „Science Angel“ einzubinden. Dabei müssten insbesondere Lehrstühle jenseits der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten in den Blick genommen werden, damit in denjenigen Fächern, in denen Gründungen stattfinden können, Angebote platziert werden. Ziel wäre es, ein „Matching“ von Gründungswilligen zu möglichen Gründungsideen zu erreichen. Zur Stimulierung des Gründergeistes bei den Studierenden sollten diese über eine curriculare Verankerung, die Einbindung in Projektarbeiten und eine direkte Ansprache sensibilisiert werden.
- Eine gezielte Gründungsförderung an Fachhochschulen wäre sinnvoll, um die Voraussetzungen für Gründungen dort zu verbessern. Die Ergebnisse der Expertengespräche geben keine Hinweise darauf, dass die Potenziale von Fachhochschulen in Hinblick auf unternehmerische Aktivitäten geringer sind als die von Universitäten. Gleichzeitig ist die Ausstattung mit einer personellen Infrastruktur für Gründungsvorhaben an den Fachhochschulen aber noch limitiert, sodass eine gezielte Ansprache von Studierenden, die sich für eine Gründung interessieren, und ein „Matching“ zu Gründungsideen bislang erst bedingt oder gar nicht in Erwägung gezogen, möglich ist.
- Gefördert werden sollte das Commitment der regionalen bzw. lokalen Wirtschaft für eine Start-up-Szene, wie das etwa in München schon lange der Fall ist. Da die Zusammenarbeit mit etablierten Unternehmen für Start-ups häufig besonders wichtig ist, sollte die staatliche Administration dafür werben. Industriepartner und geeignete Netzwerke können Start-ups helfen, mit ihren Technologien perspektivisch auch Geld zu verdienen. Dieses Commitment ist kein Selbstzweck, sondern bietet den Großunternehmen ein zusätzliches mittelfristiges Wachstumspotenzial durch die Möglichkeit der Übernahme von erfolgreichen Unternehmensgründungen oder über die Zusammenarbeit mit diesen Unternehmen.

Handlungsfeld 4: Die Nachfrageseite einbeziehen

Um als Vorreiter wahrgenommen zu werden, sollte das **Land NRW selbst Anwendungskompetenz** zeigen und KI in zentralen öffentlichen Dienstleistungen (digitale Verwaltung) nutzen. In diesem Zusammenhang tritt das Land als Nachfrager von innovativen Lösungen auf (*public procurement*) und kann so wichtige Innovationsimpulse setzen. Positive Effekte einer Digitalisierung der Verwaltung zeigen sich etwa in Estland, wo die hohe Zahl an Gründern im Bereich Digitalunternehmen u.a. auf die progressive staatliche Digitalisierungsstrategie im

Bereich der öffentlichen Verwaltung zurückgeführt wird.⁴⁴ Generell hat Deutschland hinsichtlich der Digitalisierung der Verwaltung im Vergleich zu anderen europäischen Ländern deutlich sichtbaren Aufholbedarf.⁴⁵

Handlungsfeld 5: Rechtsrahmen weiterentwickeln

Die **rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen** können eine große Rolle bei der Entstehung von Neuerungen und für den Wissenstransfer in die Wirtschaft spielen. Sie können Neuerungen erleichtern oder die Beteiligten im Wissenschafts- und Wirtschaftssystem demotivieren. In den vergangenen Jahren wurden immer wieder Anstrengungen unternommen, bürokratische Erleichterungen zu schaffen. An anderen Stellen hat sich dann häufig wieder der administrative Aufwand durch neue Regelungen erhöht. Daher ist der Abbau bürokratischer und administrativer Hürden dauerhaft eine wichtige Aufgabe, um die Effektivität der Förderung des Wissenstransfers zu verbessern.

Ansatzpunkte für den Bürokratieabbau haben sich im Rahmen der Untersuchungen an zahlreichen Stellen ergeben:

- Zielsetzung ist der Bürokratieabbau auf den verschiedenen Ebenen, sowohl in der Verwaltung und an den Hochschulen als auch für die Unternehmen. Dies soll dazu beitragen, dass die Digitalisierung schneller voranschreiten kann und die damit verbundenen Potenziale rascher realisiert werden können.
- Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren werden, wie sich gezeigt hat, mittlerweile in erheblichem Maße mit administrativen Aufgaben belastet, sei es im Alltag an der Hochschule oder bei der Durchführung von Drittmittelprojekten. Hier sind die Hochschulen selbst gefordert, die Entlastung von bürokratischem Aufwand als Zielsetzung für sich zu definieren und zu verfolgen. Eine besondere Rolle kann dabei ein serviceorientierter Ansatz in der Hochschulverwaltung spielen, bei dem sich die Verwaltungseinheiten als Helfer und Unterstützer der Professorinnen und Professoren bei den erforderlichen administrativen Aufgaben sehen. Dies ist umso mehr erforderlich, da in den vergangenen Jahren – etwa im Zuge der zunehmenden Bedeutung von Third-Mission-Aktivitäten – die Aufgabenbelastung der Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren zugenommen hat. Zugleich kann aber auch die Landesregierung im Rahmen der Zielvereinbarungen konkrete Maßnahmen zum Abbau von Verwaltungsaufgaben anstoßen.
- Auch bei den durch die Landesregierung aufgelegten Förderprogrammen zur Unterstützung des Wissenstransfers ergeben sich Potenziale zum Abbau der Bürokratiebelastung für die Geförderten. So werden gerade im Rahmen von durch den EFRE kofinanzierten Programmen des Landes u.a. aufgrund der Anforderungen der EU die Antrags- und Abwicklungsaktivitäten in der Regel für deutlich aufwändiger erachtet als bei den Bun-

desprogrammen. Hier empfehlen wir, in Zusammenarbeit mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EU-Kommission das Prozedere zu verschlanken und gerade in Hinblick auf den Technologietransfer zu den KMU ein administrativ sehr einfach angelegtes, niedrigschwelliges Förderangebot neu zu etablieren.

- Weiterhin hat sich in den Gesprächen gezeigt, dass die Regelungen für die Fördermittelbeantragung für intermediäre Organisationen (wie etwa Cluster) insgesamt relativ aufwändig und mit Einschränkungen verbunden sind (etwa in Hinblick auf die erlaubte Mittelnutzung). Diese Regelungen sollten gezielt durchforstet und auf ihre zwingende Erforderlichkeit hin überprüft werden.
- Ein Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen war, dass die bestehenden Förderstrukturen (etwa in der Abstimmung von Transferstellen und der externen Unterstützung von Gründern oder Patentanmeldern aus Hochschulen) häufig gut funktionieren und sich vielfach eine Arbeitsteilung eingestellt hat. Gleichzeitig zeigte sich aber gerade bei den Intermediären auch ein unkoordiniertes Nebeneinander verschiedener Angebote und Aktivitäten. So kommt es beispielsweise vor, dass Intermediäre Angebote für Unternehmensvertreter in einem Bereich machen, ohne andere Intermediäre einzubeziehen, die in diesem Bereich tätig sind und Unternehmenskontakte haben. Außerdem gibt es Hinweise, dass die Effektivität der verschiedenen intermediären Organisationen sehr unterschiedlich ist. Daher sollte einerseits eine Bestandsaufnahme der Struktur an intermediären Organisationen erfolgen, andererseits die Zusammenarbeit zwischen diesen gezielt verbessert werden (s. hierzu auch die Ausführungen zur Clusterpolitik sowie Rothgang et al. 2018a).

Zur Entwicklung eines geeigneten Rechtsrahmens für Innovationen gehört auch, Rahmenbedingungen für **Experimentierräume oder Reallabore als Schnittstelle für Wissen und Umsetzungskompetenzen** zu schaffen. Die Realisierung solcher Schnittstellen erfordert die Zusammenarbeit über Disziplinengrenzen hinaus, aber auch die Integration von Unternehmen und die Schaffung von Voraussetzungen für Unternehmensgründungen und eine konstruktive mittel- bis langfristige Projektzusammenarbeit bezogen auf eine gesellschaftliche Herausforderung. Die räumliche Nähe der beteiligten Organisationen erleichtert diese Zusammenarbeit.

Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende Zielsetzungen für die Innovationspolitik in NRW:

- Fokussierte Förderung von thematisch ausgerichteten Kompetenzzentren, die sich an der Kompetenzverteilung in NRW ausrichten;
- Systematische Ausweitung des in bisherigen Aktivitäten des MWIDE NRW angelegten Ansatzes;
- Begleitende Bestandsaufnahme und Evaluierung dieser Aktivitäten;

⁴⁴ <file:///C:/Users/jsc/Downloads/SSRN-id3289109.pdf> Seite 26-27.

⁴⁵ vgl. E-Governance: Digitalisierung und KI, 128-129

- Gleichzeitige Unterstützung von Bottom-up-Ansätzen zur Entwicklung neuer Experimentierräume.

Mögliche Zentren könnten thematisch in verschiedenen Regionen des Landes weiterentwickelt werden:

- Künstliche Intelligenz bei Bonn,
- IT-Sicherheit in Bochum,
- Bioökonomie in Jülich und
- Intelligente Produktionssysteme in Aachen/Paderborn.

Zweck einer solchen Schwerpunktbildung ist es, die für die vorwettbewerbliche Forschung in diesen Zentren erforderlichen Kompetenzen vor Ort zu bündeln (ggf. über eine Zusammenarbeit mit Organisationen, die nicht vor Ort sind). In einem solchen Netzwerk an Kompetenzzentren könnte jedes Zentrum eigene Ziele definieren, die Förderung sollte dann einer Evaluation unterzogen werden.

Die Entwicklung von Experimentierräumen ist aber nicht nur eine „von oben“ verordnete Maßnahme, sondern sollte genutzt werden, um regionale Initiativen anzustoßen. NRW ist das am stärksten urbanisierte Land. Urbane Gebiete sind die Zukunftsräume für Innovationen und die Nutzung neuer Technologien. Das muss genutzt werden, z.B. für neue Formen des Arbeitens, der Kommunikation oder der Interaktion mit Hilfe digitaler Technologien. Hier könnten in Form eines Bottom-up-Ansatzes urbane Initiativen unterstützt werden, die solche neuen Formen entwickeln und erproben.

Handlungsfeld 6: Fachkräfte sichern

Das **Handlungsfeld 6 – Fachkräfte sichern – spricht sowohl das Bildungssystem als auch die Bedarfe der Wirtschaft in NRW an**. Die betrifft die Aus- und Weiterbildung von Schülerinnen und Schülern, Studierenden, Auszubildenden und Berufstätigen. Größe und Vielfalt von Nordrhein-Westfalen machen es erforderlich, dass das Bildungssystem des Bundeslands einerseits die Erbringung exzellenter wissenschaftlicher Leistungen ermöglicht und fördert, andererseits aber auch eine Durchlässigkeit aufweist, die den Erwerb von Qualifikationen auch zu einem späteren Zeitpunkt im Laufe der Bildungs- und Berufskarriere zulässt und benachteiligte Milieus unterstützt. Anders als in stärker ländlich geprägten Bundesländern wie Bayern sind die großstädtischen Ballungsräume von Nordrhein-Westfalen durch erhebliche soziale Unterschiede geprägt. Anstrengungen zum Ausgleich unterschiedlicher Startbedingungen sind deshalb von größerer Bedeutung und können letztendlich dazu beitragen, dass aus der Größe und Vielfalt Nordrhein-Westfalens bedeutende wirtschaftliche „Agglomerationsvorteile“ hervorgehen.

Aus den Untersuchungen ergibt sich, dass folgende Zielsetzungen mittel- bis langfristig angestrebt werden sollten:

- Weitere Verbesserung der Durchlässigkeit des Bildungssystems, insbesondere durch besseren Bildungszugang benachteiligter Milieus;

- Ausweitung des MINT-Angebots an allen Schulformen, in Verbindung mit weiterem Ganztagsausbau;
- Stärkung der Schulen und Hochschulen bei der Umsetzung von Medienkonzepten;
- Förderung von Exzellenz in Forschung und Lehre sowie
- stärkere Rolle nicht-formaler Qualifikationen, insbesondere zur Verbesserung der beruflichen Position geringer Qualifizierter.

Folgende Maßnahmen schlagen wir vor:

- Ausbau des Ganztagsangebots an allen öffentlichen Schulen, Qualitätsverbesserung an den Grundschulen und weiterer Ausbau in der Sekundarstufe I und II:
- Vor allem an Grundschulen dient das Ganztagsangebot unter anderem auch zum Abbau unterschiedlicher Bildungschancen der sozialen Milieus. In der Sekundarstufe ermöglicht erst der Ganztagsausbau eine Intensivierung und Erweiterung von Lehrinhalten, etwa zur Verbesserung von MINT-Kompetenzen. Zum Ganztagsangebot sollte eine attraktive Schulkantine gehören, sodass Schulen auch zu Treffpunkten werden, an denen auch Schülerinnen und Schüler aus unterschiedlichen sozialen Milieus gern bis zum Nachmittag ihre Zeit miteinander verbringen.
- Ausweitung des MINT-Angebots:
- Im Vergleich zu den wirtschaftsstarken süddeutschen Bundesländern sind in Nordrhein-Westfalen in der schulischen und beruflichen Ausbildung insgesamt noch Nachholbedarfe in MINT-Fächern zu erkennen, während auf der Hochschulebene bereits Stärken, etwa in der Schwerpunktlegung auf die Ingenieurwissenschaften, erkennbar sind, die weiter ausgebaut werden sollten.
- Mittelfristige Zielsetzung sollte sein, das MINT-Angebot an allen Schulformen der Sekundarstufe zu erweitern. Auf Vormittage beschränkte Stundenpläne bieten jedoch kaum zeitliche Spielräume für weitere Schulfächer, da diese auf Kosten anderer Lehrangebote gingen. Daher sollten neue Angebote im Rahmen des Ganztagsausbaus zur Verfügung gestellt werden. Das MWIDE NRW könnte ein Programm zur MINT-Bildung von Schülerinnen und Schülern unterstützen. Die Einführung des Pflichtfachs Informatik an allen Schulformen in den Klassen 5 und 6 zum Schuljahr 2021/2022 ist vor diesem Hintergrund sehr zu begrüßen.
- Stärkung der Schulen und Hochschulen bei der Umsetzung von Medienkonzepten:
- Neue Medien werden in Schulen Nordrhein-Westfalens bislang seltener genutzt als etwa in Baden-Württemberg und Bayern. Ein stärkerer Schwerpunkt liegt in Nordrhein-Westfalen allerdings, soweit man einer Studie im Auftrag der Telekom-Stiftung folgt, offenbar auf dem gemeinsamen Hinterfragen von Inhalten aus dem Internet. In Bezug auf den Einsatz digitaler Medien ist eher Qualität als Quantität gefragt, soweit eine grundlegende Auseinandersetzung mit der digitalen Transformation in allen

Bildungsgängen eine Rolle spielt. Eine Strategie, die mehr auf das Hinterfragen von Inhalten als auf das Einüben von Basiskenntnissen in der Handhabung digitaler Medien setzt, sofern grundlegendes Wissen vorhanden ist, ist zu begrüßen.

- Im Zuge des Ganztagsausbaus ist eine starke Intensivierung von Lehrinhalten zu empfehlen, die den Umgang mit digitalen Medien einüben und die entsprechenden Inhalte auch kritisch beleuchten. Sofern Schulen im Zusammenhang mit dem „DigitalPakt Schule 2019 bis 2024“ bereits geeignete technisch-pädagogische Einsatzkonzepte erarbeitet haben, sollten sie – soweit möglich – bei deren Umsetzung unterstützt werden. Oftmals mangelt es sowohl an Schulen als auch in den Haushalten der Schülerinnen und Schüler an der benötigten IKT-Ausstattung. Förderprogramme, die insbesondere Haushalten aus benachteiligten Milieus einen besseren Zugang zu den benötigten Geräten ermöglichen sollen, sind zu begrüßen und sollten gegebenenfalls noch erweitert werden. Darüber hinaus müssen die Anstrengungen zur Wartung der IKT-Technik an Schulen deutlich intensiviert werden. Jeder Lehrkraft sollte bei Fragen zur Wartung von IKT-Technik kurzfristig ein persönlicher Ansprechpartner zur Verfügung stehen.
- Die zum Informationsaustausch verwendeten Internetplattformen an Schulen und Hochschulen sollten professionell weiterentwickelt werden, um den steigenden Ansprüchen an die IKT-Technik im Lehrbetrieb noch besser gerecht zu werden.
- Im Zuge der Corona-Krise wurden die Anforderungen an die IKT-Ausstattung zur Verwendung digitaler Medien ab März 2020 deutlich. Die hierbei auf den verschiedenen Stufen des Bildungssystems und im Berufsleben gewonnenen Erfahrungen sollten systematisch aufbereitet und zur Optimierung von Medienkonzepten genutzt werden.
- Förderung von Exzellenz in Forschung und Lehre:
- Exzellenzförderung und Wissenstransfer sind Kern weiterer der in diesem Bericht skizzierten Handlungsfelder. Die Untersuchungen zum Thema Bildung haben dargelegt, dass es, soweit es die Absolventenzahlen aufzeigen, an den Hochschulen beispielsweise Schwerpunktlegerungen in den Ingenieurwissenschaften gibt, die auf ausbaufähige Stärken hindeuten. Zu den Zielen der Hochschulentwicklung in NRW sollte es gehören, innerhalb der Vielfalt des Hochschulsystems die Herausbildung exzellenter Fachbereiche zu unterstützen. Derartige „Aushängeschilder“ können dazu beitragen, dass der Wissenschaftsstandort NRW insgesamt eine noch höhere Aufmerksamkeit erfährt.
- Stärkere Rolle nicht-formaler Qualifikationen, insbesondere zur Verbesserung der beruflichen Position geringerer Qualifizierter:
- Lehrveranstaltungen der beruflichen und allgemeinen Weiterbildung sind ein zentraler Bestandteil des Bildungssystems, da sie die Anpassung der Berufstätigen

an den laufenden Fortschritt von Wissen und Technik unterstützen. Im Ländervergleich zeigt sich in NRW ein Ausbaubedarf des Weiterbildungssektors, da Erwerbstätige hier in geringerem Umfang die entsprechenden Angebote nutzen als die mit vergleichbarer Qualifikation in anderen Bundesländern.

- Als staatliches Aufgabenfeld ergibt sich eine stärkere Koordinierung der vielfältigen Angebote und gegebenenfalls eine Ausweitung von Förderprogrammen, die insbesondere Personen mit niedriger formaler Qualifikation bei der Inanspruchnahme geeigneter Lehrveranstaltungen unterstützen. Hinsichtlich der fachlichen Gestaltung von Weiterbildungsangeboten ist zu berücksichtigen, dass es nicht zwangsläufig Lehrveranstaltungen zu naturwissenschaftlichen Inhalten, Informatik oder Softwarethemen sein müssen, die die Anpassung an die Anforderungen der digitalen Transformation am besten erleichtern können. Bisweilen kommt es stärker darauf an, zusätzlich zur bereits vorhandenen fachlichen Kompetenz auch „weiche“ Qualifikationen zu erweitern, die besonders schwer automatisierbar sind und somit – zumindest in mittelfristiger Zukunft – nicht durch Computertechnik ersetzbar sein dürften. Auch die Flexibilität im Umgang mit digitalen Medien kann beispielsweise durch Weiterbildungsangebote verstärkt werden.

Die Befunde aus dem Indikatorenbericht und aus dem Schwerpunktkapitel legen zwei miteinander verbundene Handlungskonzepte für NRW nahe. Erstens ist es - obwohl zuwandernde Studierende nach Abschluss ihres Studiums wie gesagt nicht zwangsläufig eine Beschäftigung am Studienort suchen und aufnehmen - wichtig, außerhalb des Landes stärker die Aufmerksamkeit auf das vielfältige Studienangebot in NRW zu lenken und Hochschulstandorte auszubauen, die sowohl wissenschaftliches Lehrpersonal als auch Studierende anziehen. Bestimmte, bereits verhältnismäßig stark besetzte Fachbereiche, beispielsweise aus den Ingenieurwissenschaften, sollten daher an ausgewählten Standorten ihre Anstrengungen zur Erzielung exzellenter Leistungen in Forschung und Lehre weiter ausbauen. Zweitens spielt gleichzeitig jedoch in einem Bundesland, das in geringerem Maße als andere Länder von Zuwanderung profitiert und auf absehbare Zeit einen erheblichen demografischen Alterungsprozess durchlaufen wird, die „Nachwuchspflege“ eine zentrale Rolle.

Gerade die Durchlässigkeit des Bildungssystems, erkennbar etwa am vergleichsweise hohen Anteil der Studierenden, die nicht aus akademischem Elternhaus stammen, ist als Stärke des Bildungsstandorts NRW zu interpretieren. Allerdings zeigen viele andere Merkmale, etwa die erheblichen kleinräumigen Unterschiede bei den Übergangsquoten von der Grundschule auf das Gymnasium und die vergleichsweise geringe Beteiligung der Berufstätigen an Weiterbildung, dass nach wie vor ein erheblicher Bedarf hinsichtlich weiterer Verbesserungen des Bildungszugangs besteht. In diesem Zusammenhang wäre es geradezu kontraproduktiv, eine höhere Durchlässigkeit durch Senkung der Anforderungen, z.B. an die Hochschulzulassung, herbeiführen zu wollen. Im Gegenteil, nur eine Intensivierung der Bildungsanstrengungen, die einem

größeren Teil der Bevölkerung den Zugang zu formalen und nichtformalen Qualifikationen verschafft – basierend auf der ernsthaften Vermittlung der entsprechenden Bildungsinhalte – wird dem Wirtschafts- und Innovationsstandort NRW weitere Wettbewerbsvorteile verschaffen, die unter anderem auch auf dem Wissen, den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Landesbevölkerung beruhen.

Empfehlungen zu den Innovationsfeldern

Ein Teil der Empfehlungen im Rahmen des Innovationsbericht adressiert nicht die sechs Handlungsfelder, sondern die Innovationsfelder des Landes. Dies betrifft die generelle **Förderung von Zukunftsfeldern**, aber auch **die Schaffung von Rahmenbedingungen für Innovationen über Experimentierräume** und die **Entwicklung der digitalen Infrastruktur**.

Hinsichtlich der inhaltlichen Ausrichtung der Innovationspolitik des Landes auf bestimmte Zukunftsthemen ergibt sich ein Trade-Off zwischen einer Fokussierung der Förderung auf wenige gesellschaftliche Problemlagen und Zukunftsfelder einerseits sowie einer breiten Berücksichtigung von vergleichsweise zahlreichen Feldern ohne Priorisierung andererseits. Die Frage, ob eine Fokussierung oder eine breitere Ausrichtung richtig oder falsch wäre, lässt sich nicht pauschal beantworten. Es hat sich jedoch vielfach gezeigt, dass Definitionen von Zukunftstechnologien aufgrund der prinzipiellen Offenheit der technologischen Entwicklung sowie der Begrenztheit und Zeitbedingtheit von Expertenurteilen nicht in Stein gemeißelt sind und sich auch in anderen, bislang übersehenen Feldern interessante wirtschaftliche Entwicklungen ergeben können.

Auf dieser Grundlage sollte die Innovationspolitik folgende Ziele verfolgen:

- Im Rahmen der Innovationsförderung von NRW sollte in den Bereichen Unternehmensgründungen und Unterstützung des Wissenstransfers angestrebt werden, auch technologieoffene Komponenten zu fördern, um in der Lage zu sein, auf neue, nicht antizipierte technologische Entwicklungen pragmatisch zu reagieren.
- Darüber hinaus sollte gezielt Forschung und Wissenstransfer in denjenigen Zukunftsthemen und Technologiefeldern gefördert werden, in denen sich bereits ein Schwerpunkt in NRW entwickelt hat und die für die Wirtschaft und Gesellschaft in NRW von hoher Bedeutung sind.

Die in entsprechenden Foresight-Studien identifizierten Zukunftsfelder sind oben genannt. Dort wird weiterhin in verschiedenen Dimensionen eine Bewertung hinsichtlich ihrer Bedeutung für NRW insgesamt vorgenommen. Da das Land NRW über zahlreiche regionale Schwerpunkte in der Forschung in Zukunftsfeldern verfügt, sollte bei der Entscheidung, welche Zukunftsfelder konkret unterstützt werden sollten, auch die räumliche Verteilung aufgenommen werden, wie sie in Abbildung 4.2 dargestellt ist.

Hinter der Idee der Förderung von Experimentierräumen steht die Überlegung, Rahmenbedingungen zu fördern, innerhalb derer neue Ideen entwickelt und vorangetrieben werden. Dies

kann innerhalb von Unternehmen geschehen, aber auch in Gründungszentren und innerhalb der Zusammenarbeit in Clustern oder Campusmodellen („unter einem Dach“). Unter bestimmten Voraussetzungen – wenn auch bei weitem nicht immer – erfordert der Wissensaustausch Experimentierräume, wie sie derzeit u.a. vom BMWi und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales gefördert werden. Diese schaffen dafür geeignete Rahmenbedingungen, indem sie Räumlichkeiten zum direkten Austausch in Form von Plauderecken, Kaffeeküchen oder Lernräumen bereitstellen.

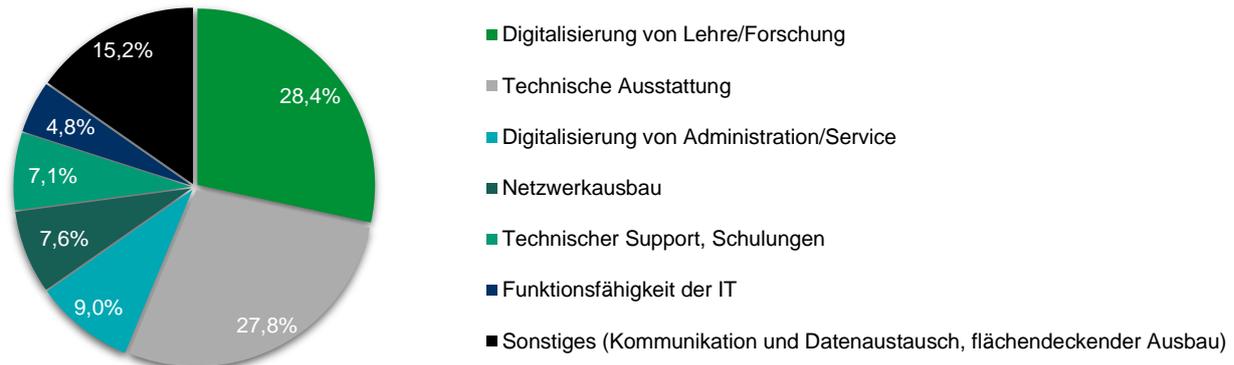
Die **digitale Infrastruktur** ist eine zentrale Voraussetzung für die Realisierung der Wachstumspotenziale einer Volkswirtschaft. Dies trifft nicht nur auf die entsprechende Ausstattung der Hochschulen zu, sondern auch auf die IT-Infrastruktur der Wirtschaft insgesamt. Dieser Aspekt wird im vorliegenden Bericht allerdings nicht vertiefend diskutiert, da er bereits Gegenstand der Digitalstrategie des MWIDE für das Land NRW ist. Die wesentlichen Schlussfolgerungen aus der Digitalstrategie werden im Folgenden in aller Kürze umrissen, ansonsten nur die darüber noch hinausgehenden Empfehlungen dargelegt, die sich aus unseren Untersuchungen ergeben:

- Die Ziele der Digitalstrategie von NRW sind insbesondere der Ausbau des Breitbandnetzes (GigabitMasterplan.NRW), die Verbesserung des Mobilfunks (Mobilfunkpakt NRW), die Förderung der digitalen Wirtschaft (Initiative Wirtschaft & Arbeit 4.0, Startercenter NRW, Digital Hubs), die Erhöhung der IT-Sicherheit (u.a. Cyberzentrum für Analyse, Prävention und Abwehr CAPA, Informationssicherheitsmanagement ISMS, Computer Emergency Response Team CERT NRW, Cybercrime Competence Center, Institut für Cybersicherheit und Schutz der Privatsphäre) und die Stärkung der Digitalkompetenzen (u.a. NRW-Institut für Digitalisierungsforschung, BMBF-Kompetenzzentrum Maschinelles Lernen Rhein-Ruhr, Kompetenzplattform Künstliche Intelligenz KI.NRW, Exzellenzcluster CITEC, Digitalisierungsoffensive an den Schulen, Digitale Hochschule NRW).
- Die RWI/CEIT-Hochschulbefragung hat gezeigt, dass NRW unter den drei großen Flächenländern das einzige Land ist, das für die untersuchten IKT-Fächer durchweg überdurchschnittlich hohe Anteile an allen Fächern aufweist. Der Befragung zufolge wird auch die digitale Ausstattung der Hochschulen in NRW nicht schlechter als in anderen Bundesländern bewertet. Gleichzeitig sehen die Befragten aber noch Verbesserungsbedarf in Hinblick auf die Digitalisierung von Lehre und Forschung sowie die technische Ausstattung der Hochschulen (Abb. 6.2). Dies sollte bei der künftigen Ausrichtung der Förderung der Hochschulen bedacht werden.
- Bei den immateriellen Investitionen (Aufwendungen für FuE, Marketing, Software, Datenbanken, Weiterbildung und Design) ist NRW insbesondere im Vergleich zu den südlichen Bundesländern unterdurchschnittlich positioniert. Hier besteht demnach Nachholbedarf, dem auch durch eine entsprechende Förderung seitens des Landes gezielt Rechnung getragen werden sollte.

- In Bereichen der Wirtschaft, die durch einen besonders hohen Digitalisierungsgrad gekennzeichnet sind, ist der Fachkräftemangel in NRW überdurchschnittlich hoch. Gleichzeitig ist NRW aber in Bezug auf den Anteil der IKT-Auszubildenden und, wie zuvor dargelegt, auch bei den IKT-Fächern an den Hochschulen sowie beim Anteil der Informatikstudierenden gut positioniert. Der Fachkräftemangel in den digitalisierungsaffinen Bereichen ist somit eher als Indiz dafür zu werten, dass NRW einen

hohen Digitalisierungsgrad aufweist. Es wäre aber sinnvoll, die Konkurrenzfähigkeit der Unternehmen in Hinblick auf den Wettbewerb zu unterstützen, um Fachkräfte auf dem Arbeitsmarkt zu stärken.

Abb. 6.2: Verbesserungsbedarf der digitalen Ausstattung in NRW-Hochschulen



Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

Antworten der Innovationspolitik auf die Corona-Krise

Die gegenwärtige Corona-Pandemie hat erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaft und die gesamte Gesellschaft in NRW und weltweit. Zurzeit stehen zwar Fragen im Zusammenhang mit dem Rettungsschirm und der Soforthilfe für Unternehmen sowie das durchdachte schrittweise Wiederhochfahren der Wirtschaft im Mittelpunkt, gleichwohl wird auch das Forschungs- und Innovationsgeschehen sowie die Innovationspolitik in erheblichem Ausmaß tangiert.

Zunächst ist es von zentraler Bedeutung, dass das Land weiter an einer zukunftsorientierten Innovationspolitik festhält. Eine Politik, die allein oder vornehmlich auf kurzfristige Maßnahmen setzt, würde ansonsten dazu beitragen, dass NRW mittelfristig an Wettbewerbsfähigkeit verliert.

Im Rahmen der Innovationspolitik sollte daher die Beantwortung der folgenden Fragen im Vordergrund stehen:

- Was ist kurzfristig in Hinblick auf das erlahmende Innovationsgeschehen zu tun?
- An welchen Stellen beschäftigen sich die Forschung und das Innovationsgeschehen in NRW mit den Folgen der Corona-Krise?
- Welche mittelfristigen Auswirkungen hat die Corona-Krise auf das Wirtschafts- und Innovationsgeschehen in NRW und was sollte die Landesregierung tun?
- Welche Innovationsimpulse können von NRW für die Überwindung der Corona-Krise gesetzt werden?

Auf der Grundlage dieser Fragen ergeben sich folgende Maßnahmen, durch die die Innovationspolitik einen Beitrag zur Bewältigung der Corona-Krise leisten könnte:

- Die Erfahrung aus der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/09 zeigt, dass gerade die in Hinblick auf einen innovativen Strukturwandel wichtigen Hightech-Startups durch Krisen besonders bedroht werden (acatech 2020: 21). Da die Möglichkeit einer Innenfinanzierung des Unternehmenswachstums aus dem Cashflow häufig wegfällt und eine externe Finanzierung schwieriger wird, kann ein innovationsgetriebenes Wachstum stark behindert oder die Startups gar in den Konkurs getrieben werden. Daher sollte das Land nach Möglichkeiten suchen, zusätzlich zu dem geplanten 2-Milliarden-€-Maßnahmenpaket auf Bundesebene NRW-Startups (etwa über sog. Matching-Fonds als Ko-Investor) zu unterstützen.
- Eine weitere potenziell wirksame Maßnahme zur kurzfristigen Unterstützung innovativer Unternehmen (ob Start-ups oder etablierte Unternehmen) besteht darin, sie durch eine Ausweitung der Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen zu unterstützen. Dieser Impuls für das Innovationsgeschehen könnte beispielsweise im Gesundheitsbereich, aber auch bei den Informations- und Kommunikationstechnologien erfolgen.
- Während die Gründungsunterstützung einen Fokus auf innovative Gründer hat, sind viele der derzeit etablierten Fördermöglichkeiten auf die kurzfristige Sicherung der Unternehmensliquidität ausgerichtet. Diese adressieren nicht die Tatsache, dass derzeit vermutlich die meisten Unternehmen gerade längerfristig für die Wettbewerbsfähigkeit wichtige Investitionen in FuE zurückfahren. Eine

schnell zu realisierende langfristig ausgerichtete Fördermöglichkeit besteht darin, für FuE-Personal, das in Kurzarbeit geschickt wird, eine Finanzierung bereitzustellen, damit dieses weiter forschen kann (als Personalkostenzuschuss anstatt Kurzarbeitergeld). Ein solches Programm müsste einfach und schnell abgewickelt werden. Das würde es einerseits ermöglichen, die FuE-Kapazitäten gerade in mittelständischen Unternehmen aufrecht zu erhalten. Andererseits könnten neue Lösungen umgesetzt werden, sobald die Märkte sich wieder erholen.

- Aktuelle gibt es verschiedene Projekte, wie beispielsweise am Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit (IZA), die eine Bestandsaufnahme der laufenden Arbeiten zur Bewältigung der Corona-Krise an Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen zum Ziel haben. Wir schlagen ein Projekt vor, in dessen Rahmen diese bereits bestehenden Informationsquellen sondiert, zusammengefasst und gegebenenfalls ergänzt werden sollten. Die Ergebnisse dieses Projekts könnten die Grundlage sein für eine Unterstützung der Forschung und der Vertiefung der Vernetzung zwischen den Akteuren im Rahmen der Förderung.
- Um im Zeitablauf gezieltere Maßnahmen zu etablieren, die negativen Auswirkungen der getroffenen Maßnahmen auf das Wirtschaftsgeschehen und die Innovationsdynamik abfedern, wäre es wünschenswert, diese Auswirkungen zunächst in den kommenden Monaten zu untersuchen. So können Mittel der Innovations- und Wirtschaftspolitik auf Basis der dann bestehenden Evidenz gezielter eingesetzt werden. Auf der Basis der Ergebnisse der vorgeschlagenen Untersuchung könnte ein Innovationsprogramm aufgelegt werden, das zielgenau den negativen Auswirkungen der Corona-Krise speziell im Mittelstand entgegengewirkt.

Ansatzpunkte für Akteure des Innovationsgeschehens

Aus den Untersuchungen ergeben sich neben Empfehlungen für eine Innovationspolitik des Landes NRW auch Ansatzpunkte für die Strategieentwicklung und das Handeln von Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie intermediären Organisationen.

Die Wirtschaft in NRW ist stark geprägt durch **Unternehmen**, die wichtige Positionen in internationalen Wertschöpfungsketten einnehmen (ob in der Automobilindustrie oder der Luftfahrtbranche oder einer von zahlreichen weiteren Branchen). Gemeinsam haben diese Unternehmen, dass sie vor erheblichen Herausforderungen durch neue technologische Entwicklungen und Veränderungen in den globalen Wertschöpfungsketten und im internationalen Wettbewerb stehen.

Zentrale Punkte des Investitionsgeschehens für Unternehmen sind Investitionen in Aus- und Weiterbildung sowie in FuE und andere Formen von Wissenskapital, die Umsetzung von Innovationen in höhere Produktivität und die Nutzung von Innovationen für Wachstum. Bleiben solche Investitionen im Ver-

gleich zu anderen Bundesländern zurück, so hat dies entweder strukturelle Ursachen oder es fehlt an den geeigneten Rahmenbedingungen. Aufgabe der Innovationspolitik ist es, solche Investitionen zu fördern, indem sie jene Wirtschaftsbereiche forciert unterstützt, in denen solche Investitionen rasch in Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit umgemünzt werden können (d.h. Förderung des Strukturwandels). Gleichzeitig muss sie Anreize setzen, damit alle Unternehmen, unabhängig davon ob aus neuen, dynamischen Branchen oder aus etablierten Sektoren, solche Investitionen tätigen und Erträge daraus erzielen können. Dies kann von der direkten Förderung bis zu bürokratiearmen Verwaltungsverfahren und der Bereitstellung einer modernen Infrastruktur reichen. Die Unternehmen sind gefordert, diese Rahmenbedingungen aufzugreifen und in Wertschöpfung und Wachstum umzusetzen.

Mittelständische Unternehmen in NRW sollten außerdem, unterstützt von intermediären Organisationen, die Kooperation mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen suchen. Der Mangel an privatem Wagniskapital kann durch ein verstärktes Engagement von Alumni und Großunternehmen aus NRW als Geldgeber ausgeglichen werden.

Die zentralen Aufgaben von Hochschulen waren in der Vergangenheit und sind auch weiterhin die akademische Forschung und Lehre. Gleichzeitig besitzen **Hochschulen und Forschungseinrichtungen** bei der Adressierung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen eine zunehmende Bedeutung. Dieser Trend ist nicht nur in Deutschland, sondern auch international zu beobachten, was zu erhöhten Anforderungen an diese Organisationen führt.

Bei den Schwerpunkten der Forschungs- und Lehrtätigkeit ist dabei eine Balance zwischen etablierten und neuen Forschungsfeldern zu finden. In allen hier diskutierten Zukunftsfeldern baut die Entwicklung neuer Märkte sehr stark auf den Aktivitäten in Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf, was sowohl die reine und angewandte Grundlagenforschung als auch den Bedarf an geschulten Wissenschaftlern anbelangt. Aus unseren Untersuchungen ergibt sich, dass Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW offen für eine Weiterentwicklung ihres Betätigungsfelds in Richtung auf die neuen Technologien sein sollten und ihre Kompetenzen in diesen Feldern durch institutionsübergreifende Zusammenarbeit stärken sollten.

In Hinblick auf den Wissenstransfer ergibt sich für Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW die Gelegenheit, diese Zielsetzungen auch stärker als bisher in ihrer strategischen Ausrichtung und ihrem Handeln zu berücksichtigen und intern den Wissenstransfer effizient zu organisieren:

- Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW sollten die Möglichkeit nutzen, neben Forschung und Lehre ihren Beitrag zu wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen aktiv in ihrem Leitbild zu verankern und mit klaren Zielsetzungen zu versehen.
- Dazu gehört die Verankerung und kontinuierliche Weiterentwicklung des Wissenstransfers in Form von Spin-offs oder einer engeren Zusammenarbeit mit Unternehmen, sowie der regionalen Wirtschaft und Gesellschaft.

- Die vorhandenen Transferstellen sollten bei ihrer Arbeit aktiv unterstützt werden. Gleichzeitig sollte dafür Sorge getragen werden, dass der Wissenstransfer nicht als singuläre Aufgabe einer/eines Transferverantwortlichen wahrgenommen wird, sondern aktiv im Hochschulalltag gelebt wird, etwa durch die aktive Adressierung gesellschaftlicher Problemlagen in Form von organisationsinterner Projektarbeit.
 - Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW sollten anstreben, „Entrepreneurial Universities“ und „Entrepreneurial Research Organizations“ in der Form zu werden, dass sie aktiv einen eigenen Beitrag zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Fortentwicklung des Landes leisten, dessen Charakter durch die jeweiligen Schwerpunkte der Organisation definiert ist. Dazu gehört auch das aktive Zugehen auf das Umfeld außerhalb der Hochschulen. Auf diese Weise könnten sie aktiv einen eigenen Beitrag zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Fortentwicklung des Landes leisten.
 - Hochschulen sollten anstreben, gründungsfreundliche Regelungen zum geistigen Eigentum zu formulieren. Dieses Thema spielt derzeit u.a. im Rahmen von EXIST eine wichtige Rolle.
 - Die Begegnung mit Rollenvorbildern („Role Models“) ist eine sinnvolle Möglichkeit, um Studierende an Gründungsideen heranzuführen. In diesem Zusammenhang ist die Heranführung an neue Methoden wie „Fine Thinking“, „Prototyping“-Lernfabriken, „Fab Labs“ und andere anwendungsorientierte Methoden wichtiger als Fragen der Finanzierung, der Kalkulation oder des Marketings. Es sollten daher Ehemalige aktiviert werden, die von ihren erfolgreich gegründeten Unternehmen erzählen, um Studierende oder Hochschulangehörige zu Gründungsaktivitäten anzuregen. Dazu existieren spezielle Formate des Alumni-Managements. Gründungsinteressierte bzw. -willige oder Gründerinnen und Gründer von Start-ups könnten dabei von Mentoren begleitet werden. Punktuell wird das bereits praktiziert, dieser Bereich ist aber ausbau- und förderfähig.
 - Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollten einen durchdachten Ansatz für „Property Rights“ an eigenen Erfindungen suchen, der einerseits eigene Rechte sichert, andererseits die Zusammenarbeit mit Unternehmen und damit den Technologietransfer befördert.
- Unter **intermediären Organisationen** werden hier alle Organisationen und Stellen verstanden, die an der Schnittstelle zwischen Hochschul- und Institutsforschung sowie Unternehmen tätig sind und den Wissenstransfer sowie die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Akteuren befördern:
- Intermediäre Organisationen in NRW sollten ihre strategischen Leitlinien hinterfragen und überprüfen, ob diese ihrer Stellung im Innovationsgeschehen des Landes entsprechen. Dazu gehört auch eine klare Formulierung der Position und Abgrenzung zu anderen Organisationen. Auf Basis dieser Überprüfung sollten klare Zielsetzungen abgeleitet werden, die einem regelmäßigen internen Prüfprozess unterzogen werden.
 - Die intermediären Organisationen sollten kritisch überprüfen, inwieweit sie ihre Adressaten erreichen und worin der Mehrwert ihrer Aktivitäten für die Adressaten liegt.
 - Darüber hinaus sollten Überschneidungen zu anderen Intermediären explizit deutlich gemacht und gezielt eine Abstimmung zwischen verschiedenen Organisationen gesucht werden, um Synergien zu realisieren.
 - Explizit sollte auch definiert werden, worin der Beitrag der einzelnen Organisation zur Technologieentwicklung und -diffusion, zur Gründungsförderung sowie zur Adressierung gesellschaftlicher Zielsetzungen liegt.
 - Ein weiterer wichtiger Faktor, der explizit gemacht werden sollte, sind Bedingungen, die die Effektivität der Organisation in der Zielerreichung einschränken (etwa fehlende Unterstützung durch bestimmte Stellen).
 - Es ist auch Aufgabe der intermediären Organisationen, ihr Tun und ihre Zielerreichung regelmäßig selbst zu hinterfragen und identifizierte Defizite anzugehen.
 - Sowohl Hochschulen als auch Forschungseinrichtungen sollten sich in Hinblick auf die Relevanz neuer Zukunftsfelder für ihre Forschungs- und Lehraktivitäten positionieren und – soweit das noch nicht geschehen ist – in diesem Zusammenhang aktiv die Zusammenarbeit mit anderen Organisationen vor Ort suchen.

6.2.4 Indikatoren der Zielerreichung

Die Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen sieht vor, einen Monitoring- und Evaluierungsprozess aufzusetzen. Dieser beinhaltet die Ermittlung und Fortschreibung wichtiger Indikatoren zu Output, Outcome und Wirkungen der Umsetzung der Innovationsstrategie. Dafür wird eine interministerielle Arbeitsgruppe gebildet, die einen Vorschlag für die zu erhebenden Indikatoren und die Umsetzung und Fortschreibung der Strategie erarbeitet (für eine ausführliche Darstellung der Pläne vgl. MWIDE NRW 2021: 102). Im Rahmen der Arbeiten am Innovationsbericht wurden einige Überlegungen zu den Indikatoren für die Zielerreichung angestellt, die nachfolgend skizziert werden.

Die Festlegung von Indikatoren für die Zielerreichung der Innovationspolitik hat mehrere Vorteile. So erhöht sie die Transparenz der Innovationspolitik und ermöglicht es, den Grad der Zielerreichung zu ermitteln, was dann auch Erkenntnisse über den Erfolg der Innovationspolitik hervorbringt. Darüber hinaus ermöglicht die Festlegung klarer Zielgrößen eine Fokussierung der Anstrengungen und die Mobilisierung von Kräften in Hinblick auf die verfolgten Ziele.

Es gibt jedoch auch potenzielle Nachteile, die mit der Festlegung von Zielgrößen verbunden sind. So liegen viele relevante Größen nicht direkt im Einflussbereich der Innovationspolitik. Darüber hinaus ist gerade das Innovationsgeschehen durch qualitative Aspekte gekennzeichnet, die sich nicht einfach erfassen lassen. Beispielsweise unterscheiden sich Innovationen in hohem Maße in Hinblick auf ihre betriebs- und gesamtwirtschaftliche Relevanz. Dieser Aspekt kann mit den verfügbaren Indikatoren nur relativ unvollständig abgebildet werden.

In der Vergangenheit wurde meist der Forschungsinput in Form des Anteils der Ausgaben für Forschung- und Entwicklung am Bruttoinlandsprodukt (BIP) als Indikator herangezogen. Ein Anteil von 3% der FuE-Ausgaben am BIP als Zielgröße hat dabei den Vorteil, dass die Zielgröße klar nachvollziehbar und einfach zu kommunizieren ist. Der Nachteil ist, dass die FuE-Ausgaben zu ca. 2/3 durch die Unternehmen bestimmt sind und daher nur bedingt durch die Innovationspolitik

beeinflusst werden können. Darüber hinaus blendet dieser Indikator zahlreiche für die Innovationspolitik wichtige Größen aus. Daher erscheint es angeraten, diesen Indikator zwar weiterhin heranzuziehen, ihn aber durch weitere Indikatoren des Innovationsgeschehens zu ergänzen.

Weiterhin ist zu beachten, dass der Erfolg des Impulses, der von innovationspolitischen Maßnahmen ausgeht, teilweise erst mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung sichtbar wird. Während bestimmte Effekte – wie etwa in Hinblick auf die Inputgrößen oder Aktivitätsmaße – relativ früh zu beobachten sind, zeigen sich indirekte Effekte der Förderung und ökonomische Wirkungen auf die Technologieentwicklung, das Wachstum und die Beschäftigung erst im Zeitablauf. Daher ist es auch sinnvoll, ein Indikatorenset für die kurzfristigen und ein weiteres für die mittel- bis langfristigen Auswirkungen der Innovationspolitik zu etablieren.

In Hinblick auf die erforderliche Fokussierung der Aktivitäten der Innovationspolitik wäre es sinnvoll, ein begrenztes Indikatorenset von etwa je 20 Größen für die kurz- sowie die mittel- bis langfristige Zielerreichung zu etablieren. Derzeit wäre die kurzfristige Zielerreichung innerhalb eines solchen Zielsystems zwangsläufig durch die Wirkungen der derzeit bestehenden Corona-Krise geprägt. Ein Indikatorenset (kurzfristig bis zum Ende der Legislaturperiode 2022 und mittel- bis langfristig bis 2030) sollte auf Basis einer konkret ausformulierten innovationspolitischen Strategie entwickelt werden. Dieses sollte die Zielerreichung in Hinblick auf die genannten Handlungsfelder widerspiegeln.

6.3. Handlungsfelder und Handlungsempfehlungen im Bereich KI/Maschinenlernen in NRW

Im Rahmen der Untersuchungen wurden vier für NRW besonders relevante Handlungsfelder identifiziert: politische Rahmenbedingungen für die datenbasierte Wertschöpfung und Datenverfügbarkeit, Wissensaufbau und Wissenstransfer, der Ausbau interregionaler Kooperationen und Netzwerke sowie der Bereich Bildung, Forschung und Entwicklung. Die beiden erstgenannten Handlungsfelder sind sicherlich nicht nur für NRW relevant. Für das Land ergeben sich aber besondere Herausforderungen, da gerade sichere rechtliche Rahmenbedingungen und der Transfer von Wissen aus der Wissenschaft in die Wirtschaft für den starken Mittelstand in NRW eine besondere Herausforderung darstellen. Das dritte Handlungs-

feld, der Ausbau interregionaler Kooperationen und Netzwerke, ist genauso wie für NRW auch für Deutschland insgesamt relevant, da zahlreiche wichtige Entwicklungen im Bereich KI in anderen Regionen (insbesondere den USA, zunehmend auch in Asien) stattfinden und damit auch die enge Vernetzung mit diesen Regionen von hoher Relevanz ist. Das Handlungsfeld Bildung, Forschung und Entwicklung wiederum ist von besonderer Bedeutung für NRW, da gerade im Bildungsbereich die Verbesserung der Kompetenzen im Bereich Mathematik/Informatik eine zentrale Zukunftsaufgabe für das Land ist und hinsichtlich Forschungsaktivitäten im Bereich der

Grundlagenforschung (nicht der anwendungsorientierten Forschung) ein Rückstand des Landes gegenüber anderen Bundesländern zu beobachten ist.

6.3.1 Politische Rahmenbedingungen für die datenbasierte Wertschöpfung und die Datenverfügbarkeit

Die zentrale Grundlage für die Umsetzung KI-basierter Geschäftsmodelle ist die Verfügbarkeit von Daten. Diese sind elementar, um ML-Modelle effektiv zu trainieren und zu optimieren. Umso mehr Daten für die Entwicklung der KI zur Verfügung stehen, desto größere Erfolge sind bei der Anwendung in Sachen Effizienz und Effektivität zu erwarten. Neben der reinen Quantität ist auch die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Dementsprechend können sich Wettbewerber mit frühzeitig entwickelten KI-Anwendungen potenziell auch einen Vorsprung im Markt herausarbeiten, da durch die Anwendung der Technologie durch das eigene Unternehmen oder durch Kunden wiederum neue Daten zum Optimieren der KI-Modelle entstehen.

Als ein Beispiel hierfür kann das KI-basierte Übersetzungsprogramm von DeepL dienen. Durch die frühen Erfolge des Programms wird DeepL zunehmend genutzt, wodurch dem Unternehmen wiederum mehr Informationen zum Übersetzen zur Verfügung stehen. Durch die Nutzerinteraktionen können dem Bestand prinzipiell neue Daten hinzugefügt werden. Stehen wiederum kaum relevante Daten für die (Weiter-)Entwicklung der eigenen KI zur Verfügung, dann werden sich die Erfolge bei der KI-Anwendung zwangsläufig auch in Grenzen halten. Dementsprechend ist der Zugang zu Daten ein zentraler Erfolgsfaktor für Unternehmen, um eine wirtschaftliche Wertschöpfung mit KI-Technologien zu realisieren.

Eine Quasi-Monopolisierung von Daten in einem spezifischen wirtschaftlichen Bereich durch einen zentralen Akteur kann wiederum zu einem dysfunktionalen Wettbewerb führen. Wenn nur einem Unternehmen ausreichend Daten zu Verfügung stehen, kann dieses durch seine technisch-überlegene KI-Lösung den Markteintritt anderer Akteure potenziell verhindern. Um zu unterbinden, dass dies im KI-Markt passiert, müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, welche einem Datenmonopol effektiv entgegenzuwirken, z.B. durch die Förderung von Open Data-Modellen.

Die geringe Verfügbarkeit von Daten stellt nach den Einschätzungen der befragten Experten und Expertinnen aktuell ein zentrales Entwicklungshemmnis für KI in Deutschland und NRW im wirtschaftlichen Kontext dar. Insbesondere steht das wirtschaftliche Nutzungsinteresse von Daten zwangsläufig in einem Konfliktverhältnis mit dem Datenschutz im Allgemeinen und mit der DSGVO im Speziellen. Zwar können die rechtlichen Einschränkungen häufig erfüllt werden, indem die Informationen pseudoanonymisiert oder anonymisiert werden (Blohm 2019). Hierdurch wird allerdings in der Regel die Nützlichkeit der Daten reduziert und gleichzeitig ein relevanter

Mehraufwand im Arbeitsprozess geschaffen. Weiterhin wird durch die DSGVO auch der Zugang zu Daten für Unternehmen generell limitiert, da insbesondere die Weitergabe von personenbezogenen Daten nur sehr eingeschränkt möglich ist. Dies stellt allerdings kein Entwicklungshemmnis für NRW dar, denn die DSGVO gilt im gesamten EU-Raum. Im Vergleich mit Staaten außerhalb der EU bleibt es jedoch ein einschränkender Faktor.

Das berechnete gesellschaftliche Interesse für einen umfassenden und effektiven Datenschutz kann hier somit als Innovationshemmnis im Bereich künstlicher Intelligenz vor allem im interkontinentalen Vergleich auftreten. Dementsprechend ist es eine zentrale Herausforderung, politische Rahmenbedingungen zu schaffen die es erlauben, effizient mit KI zu forschen und zu entwickeln, ohne dass hierfür der Datenschutz geopfert werden muss (vgl. hierzu auch Steier und Duisberg 2018). Die aktuelle Ausgestaltung wird mit Blick auf die Rahmenbedingungen in anderen Ländern als nicht ausreichend von den Expertinnen und Experten bewertet. Aus Sicht des Autorenteams ist dem zu entgegnen, dass ein mangelhafter Datenschutz ebenso wenig dazu beiträgt, Daten offen zu legen und nutzbar zu machen. Vielmehr ist der Datenschutz auch eine Stärke. Unternehmen müssen nur darin geschult werden, welche Möglichkeiten die DSGVO konkret bietet.

Abseits der rein rechtlichen Rahmenbedingungen können Probleme in der Verfügbarkeit auch durch unternehmensübergreifende Kooperationen gelöst werden. Solche Schnittstellen können u. a. die digitalen Hubs darstellen, welche bereits erfolgreich etabliert und von den Expertinnen und Experten positiv bewertet wurden. Seit 2016 fungieren die derzeit fünf DWRW-Hubs als Plattform für Kompetenztransfer zwischen Mittelstand und Start-ups in Nordrhein-Westfalen. Sie widmen sich Fragestellungen zur Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen in Unternehmen, unterstützen digitale Start-ups und bündeln die hierfür erforderlichen Kompetenzen.

Für eine datenbasierte Wertschöpfung sind jedoch noch weitere Rahmenbedingungen relevant: Neben der Datensicherheit ist dies der Zugang zu leistungsfähigen, sicheren und vertrauenswürdigen Cloud-Lösungen, der Zugang zu nicht-personenbezogenen Daten (z.B. aus amtlichen Quellen), klare Haftungsregeln in Bezug auf Ergebnisse von KI-Verfahren, aber auch eine flächendeckende und damit zuverlässige IT-Infrastruktur. Ohne eine lückenlose Abdeckung mit 5G-Technologien sind automatisch eine Reihe von KI-Anwendungen obsolet.

6.3.2 Wissensaufbau und Wissenstransfer

Es ist ein Kernproblem beim Wissenstransfer. Wissenschaftliche Studien, Expertenberichte und Interviews zeichnen mit großer Übereinstimmung das Bild massiver Hemmnisse und Hürden für den Transfer von KI-Technologien von der Forschung in die Anwendung. Solche Innovationshemmnisse betreffen nicht nur KI-Technologien, sondern sind ein im Innovationsgeschehen weit verbreitetes Phänomen. Umso mehr muss diese Beobachtung ernst genommen werden, denn damit entgeht einzelnen Unternehmen und der Volkswirtschaft insgesamt die wirtschaftliche Nutzung dieser Schlüsseltechnologie.

Zugleich gilt aus Sicht der Autoren zu bedenken, dass sich KI-Technologien zumindest teilweise noch sehr stark im Forschungsstadium befinden und der Eindruck des unzureichenden Wissenstransfers in erster Linie in Forschungseinrichtungen und Beratungsunternehmen besteht. Denn rein subjektiv gelangt das dort entwickelte Wissen zu zögerlich in die Unternehmen und geschieht das Aufgreifen der neuen Technologien von der Wirtschaft zu langsam. Doch das rationale Abwägen von Kosten und Nutzen einer neuen Technologie durch Unternehmen ist kein Diffusionshemmnis. Das wäre nur der Fall, wenn Unternehmen unvollkommene Informationen hätten, die zu einer Überschätzung der Kosten und einer Unterschätzung des Nutzens führen. Dies ist im Fall von KI jedoch nicht gänzlich auszuschließen.

Ein grundsätzliches Problem für Unternehmen hinsichtlich der Nutzung der Möglichkeiten von KI-Technologien besteht darin, dass es häufig schwierig ist, zwei unternehmerische Aufgaben unter einem Dach zu vereinen: einerseits kurzfristig bestehende Technologien weiterzuentwickeln und andererseits nach mittel- bis langfristig relevanten neuen Technologien und Marktfeldern zu suchen. Dieses häufig beobachtete Phänomen wird in der Innovationsforschung mit *Ambidexterity* (übersetzt: Beidhändigkeit) bezeichnet (s. u.a. Wolf et al. 2019). Gleichzeitig verfügen Unternehmen vielfach sehr wohl über die Möglichkeiten, Kosten und Nutzen neuer Technologien – auch von KI – zu bewerten, entweder intern oder durch externe Hilfe. Dies wurde unter anderem im Rahmen der Experteninterviews durch ein Unternehmen aus der klassischen Recycling- und Entsorgungswirtschaft eindrücklich bestätigt und beschrieben.

Generell bezieht sich Wissenstransfer auf jegliches Wissen, das zwischen Partnern mit dem Ziel ausgetauscht wird, die jeweilige Wissensbasis auszubauen, um so Fähigkeiten zur Entwicklung von Innovationen zu erlangen und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken (vgl. Blume und Fromm 2000).

Zahlreiche Studien belegen, dass beim Wissenstransfer eine große Zahl von Innovationshemmnissen relevant werden können (Vic und Robertson 2018). Diese können entweder innerhalb der Unternehmen bestehen oder in der Zusammenarbeit mit anderen, wie auch in den Rahmenbedingungen begründet sein. Welche Innovationshemmnisse besonders relevant sind, kann sich zwischen verschiedenen sektoralen Innovationssystemen oder auch zwischen Technologien unterscheiden. Für

den von den Interviewpartnern geäußerten mutmaßlich zu geringen Wissenstransfer im Bereich der Künstlichen Intelligenz in NRW lassen sich insbesondere folgende Hauptgründe festhalten:

Geringe Skalierung und mangelndes Wissen

KI-Technologien skalieren immer dann, wenn sie sich in vielen Produkten wiederfinden. Zum Beispiel ist DeepSpeech die Basis für viele Voice-Agenten, opencv ist ein viel genutztes Objekterkennungssystem. Allerdings existieren kaum KI-Technologien, die standardisiert in Produkte oder einzelne Anwendungen integriert werden können. Vielmehr bedarf es im KI-Bereich je nach Anwendung meist einer Entwicklung passgenauer Lösungen oder einer Anpassung einer bestehenden Lösung auf ein konkretes Unternehmensproblem. Dies ist zunächst nicht ungewöhnlich. Ganze Branchen haben genau dies als wesentliche Geschäftsgrundlage, etwa Teile des Maschinenbaus. Es gilt also nicht zwingend, skalierbare KI-Produkte zu entwickeln. Vielmehr ist Wirtschaft und Gesellschaft langfristig eher damit gedient, individuelle Problemlösungen und Bedarfe zu adressieren. In diesem Fall dürfte auch die Akzeptanz von KI-Anwendungen deutlich steigen.

Gleichwohl empfinden aufgrund der geringen Skalierungsmöglichkeiten viele Unternehmen die Auseinandersetzung mit KI als zu aufwendig oder kostenintensiv, zumal das Einsparpotential durch KI oder die potenziellen Gewinne nur schwer und lückenhaft im Vorfeld abgeschätzt werden können. Viele KI-Entwicklungen dienen etwa dazu, bestehende Geschäftsanwendungen auszubauen oder zu verbessern. Folglich wäre es wichtig, die positiven Effekte auf die gesamte Wertschöpfungskette und die Wettbewerbssituation einzubeziehen. Doch Unternehmen fehlen häufig geeignete Methoden und Kenntnisse, um diese Komplexität abzubilden.

Die Zurückhaltung gegenüber KI beruht folglich zu einem erheblichen Teil auf mangelndem Wissen über die Potentiale, Einsatzgebiete und Funktionsweisen von KI-Technologien. Zudem brauchen Unternehmen die Fähigkeit, sich differenziert mit Daten, Datennutzung und -analyse auseinanderzusetzen. Dies ist die Voraussetzung, um KI-Systeme zu designen, zu „füttern“, zu trainieren und somit für einen späteren Einsatz im Markt.

Mangelnde Absorptionsfähigkeit

Wissenstransfer von der Wissenschaft oder von spezialisierten forschenden Unternehmen in Richtung Wirtschaft kann durch eine unzureichende Aufnahmefähigkeit für dieses neue Wissen blockiert oder behindert werden. Die Unternehmen sind nicht in der Lage, das neue Wissen und die neuen Anwendungspotentiale nutzbringend in die eigene Organisation, in eigene Produktionsprozesse und in konkrete Produkte und Anwendungen zu integrieren. Es gelingt ihnen bereits nicht, das wirtschaftliche oder innovatorische Potential dieses neuen Wissens zu erkennen. Die Interviewten haben dies immer wieder betont.

In der Innovationsforschung spricht man auch vom klassischen Phänomen der mangelnden Absorptionsfähigkeit (vgl. Cohen und Levinthal 1990). Die Erhöhung der Absorptionskapazität muss daher eines der vordringlichen Ziele eines im Innovationswettbewerb stehenden Unternehmens sein. Damit dies gelingt, sind insbesondere Investitionen in das Humankapital und in die eigene Forschung und Entwicklung wesentlich. Der bloße Erwerb externen Wissens, etwa durch die Vergabe von FuE-Aufträgen oder den Erwerb von Lizenzen führt nicht zu einer Erhöhung der Absorptionsfähigkeit und ist folglich durch eigene FuE-Aktivitäten zu flankieren.

In späteren Arbeiten zur Absorptionsfähigkeit wurde stärker herausgearbeitet, welche Aspekte und Prozesse die Ausprägung der Absorptionsfähigkeit bestimmen (vgl. Zahra und George 2002):

1. Die Fähigkeit, den Wert externen Wissens für die eigene Organisation zu erkennen,
2. Das externe Wissen in geeigneter und potenziell verwertbarer Form aufzunehmen,
3. Routinen und Prozesse, die eine Verarbeitung, Interpretation und Nutzung des neuen Wissens ermöglichen,
4. Die Fähigkeit, diese eigenen Routinen und Prozesse zu hinterfragen und zu verändern, so dass es möglich wird, das neue Wissen mit dem bereits in der Organisation vorhandenem Wissen zu kombinieren,
5. Die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Nutzung des neuen Wissens.

Neben eigener FuE wird die Absorption und Nutzung neuen Wissens zusätzlich sehr stark durch die Fähigkeit zur Transformation und Verwertung bestimmt. Wird also nach der Aufnahme des externen Wissens klar, dass dieses nicht ohne Veränderungen in die eigene Organisation nutzbringend integriert werden kann, ist die Fähigkeit zur Transformation wesentlich für das Entstehen positiver Outcomes. Qualifikatorische Vielfalt innerhalb des eigenen Unternehmens, wie auch ein diverses Innovationsnetzwerk beeinflussen diese Faktoren positiv. In jüngerer Vergangenheit wurde das Konzept der Absorptionskapazität empirisch untersucht (Zou, Ertug und George 2018). Dabei wurde bestätigt, dass Absorptionskapazität auf erfolgreichen Wissenstransfer einen erheblichen Einfluss ausübt.

Insbesondere bei KI-Anwendungen geht es jedoch häufig konkret um deren Integration in bestehende IT-Systeme und vor allem in bestehende Datenerfassungs- und -verarbeitungsstrukturen. Dazu entschließen sich Unternehmen, wenn die Erträge der KI-Anwendung klar dokumentierbar sind und die Umstiegskosten übersteigen. Wenn das nicht der Fall ist, dann ist es rational, die Technologie nicht zu adaptieren. Insofern kann die geringe Durchdringung von KI auch mit dem Ergebnis von Kosten-Nutzen-Überlegungen in den betroffenen Unternehmen zusammenhängen.

Psychische Barrieren bei Entscheidungsträgern

Mangelnde Absorptionsfähigkeit kann langfristig zu schwerwiegenden Wissensdefiziten im Unternehmen führen. Aus diesen resultieren als weitere zentrale Hemmnisse für den Wissenstransfer Vorbehalte und Unwissenheit, die als psychische Blockade wirken. Auch eine geringe Risikobereitschaft kann eine Rolle spielen. Konkret können Entscheidende in Unternehmen befürchten, mit der Implementierung und Nutzung von KI-Technologien überfordert zu sein. Oder sie befürchten unternehmensinterne Vorbehalte. Die konkrete Ausprägung ist abhängig von der Größe und der Art des Unternehmens, aber auch mit der Unternehmenskultur und individuellen Eigenschaften der Personen, die in den Unternehmen jeweils Entscheidungen treffen: Großunternehmen und High-Tech-Start-ups stehen KI im Durchschnitt eher aufgeschlossen gegenüber als kleine und mittlere Unternehmen.

Unzureichende Daten:

Des Weiteren wurde die mangelnde Verfügbarkeit von qualitativ und quantitativ geeigneten Daten von den befragten Expertinnen und Experten als Hemmnis genannt. Hier können die strengen Datenschutzregularien Deutschlands oder deren unflexible Umsetzung als behindernd wirken. Mehr Open Source-Angebote und International Data Spaces (IDS) könnten einen sicheren, domänenübergreifenden Datenraum schaffen, der Unternehmen verschiedener Branchen und aller Größen die souveräne Bewirtschaftung ihrer Datengüter ermöglicht. Voraussetzung in den Unternehmen für die konkrete Datennutzung wäre, Kompetenzen im Bereich Data Science aufzubauen.

Qualifikatorische Defizite:

Ein zentraler Grund für die mangelnde Absorptionsfähigkeit und psychische Barrieren sind qualifikatorische Defizite. Unternehmensmitarbeitenden, die wenig mit den Herangehensweisen an Fragestellungen in der Informatik vertraut sind, können dieser Art der Problemlösung skeptisch gegenüberstehen.

Was ist zu tun?

Langfristig gesehen ist eine international wettbewerbsfähige Grundlagenforschung die zentrale Basis für den Wissenstransfer in die Wirtschaft, gerade auch was grundsätzlich neue Produkte und die Entwicklung neuer Marktfelder anlangt. Daher sollte auch in Hinblick auf den Wissenstransfer die Grundlagenforschung im Bereich der KI gestärkt werden.

Für eine stärkere Verbreitung und Nutzung von KI-Technologien sollte darüber hinaus stärker in entsprechende Weiterbildung in den Unternehmen und Bildung an Hochschulen investiert werden. Denn die Fähigkeit, KI-Technologien (z.B. Machine Learning, Natural Language Processing, Computer Vision) weiterzuentwickeln oder für eigene Produktentwicklung anzuwenden lässt sich erlernen. Klassischerweise durch ein Studium der Informatik und seiner Teildisziplinen wie Data Sci-

ence oder Software Engineering. Eher grundlegende Basisqualifikationen könnten in einer Reihe von Curricula verankert werden. Zudem gilt es, bereits in der Schule ein Grundverständnis für Data Literacy aufzubauen.

Eine Hilfestellung für bereits etablierte kleine und mittlere Unternehmen, um Wissenstransfer zu beschleunigen bietet das Fraunhofer IAIS an. In einem Enterprise Innovation Campus setzen Unternehmen gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vielversprechende Innovationen im Bereich Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen, Data Science und Big Data um. Derartige Projekte könnten nach Evaluierung ausgebaut werden. Im weiteren Verlauf kann geprüft werden, ob der Enterprise Innovation Campus nicht zu einer dauerhaft etablierten Institution weiterentwickelt werden sollte. So wird die Qualifikation in der Anwendungskompetenz erhöht.

6.3.3 Ausbau interregionaler Kooperationen und Netzwerke

Schließlich gilt es, interregionale Kooperationen und Netzwerke auszubauen. Denn Technologische Veränderungsprozesse lassen Teile des unternehmerischen Wissens obsolet werden und erfordern den Erwerb neuer Kompetenzen. Dies gilt umso mehr, je umfassender und radikaler die Veränderungsprozesse und je anspruchsvoller und differenzierter die Technologien sind. In Netzwerken wird Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen sowie Erfahrungen aus verschiedenen Quellen gebündelt und in kollektiven Lernprozessen zugänglich gemacht und weiterentwickelt. Die Bedeutung der Organisation von Innovationsprozessen in netzwerkartigen Strukturen und Organisationsformen wird heutzutage nicht mehr in Frage gestellt. Allgegenwärtig sind Formen von offener Innovation, die bereits häufig über digitale Plattformen abgewickelt wird.

Die Arten von Netzwerkbeziehungen sind vielfältig, auch in Innovationsprozessen. Die räumliche Dimension ist in diesem Kontext lediglich eine von vielen Gestaltungsparametern. Erwiesen ist, dass die Begrenzung eines Innovationsnetzwerkes auf nur eine räumliche Dimension zumindest langfristig Nachteile birgt. So droht rein regional ausgeprägten Innovationsnetzwerken aufgrund mangelnden Wissenszuflusses von außen die Verkrustung - ein sogenannter Lock-in. Das Ausschleichen aus gewohnten Entwicklungspfaden wird im Lauf der Zeit immer schwerer. Rein regionale Innovationsnetzwerke verlieren damit ihre Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit.

6.3.4 Ausbau von Bildung, Forschung und Infrastruktur

Um erfolgreich KI-Anwendungen zu entwickeln und anzuwenden bedarf es sowohl eines technischen als auch eines fachlichen Fundaments. In seiner Basis wird dem Standort NRW von den Expertinnen und Experten prinzipiell eine gute Position bescheinigt, wobei sich auch Schwächen ausmachen lassen, an denen die Landespolitik ansetzen sollte.

Gerade für die Vermittlung einer komplexen Technologie ist zudem die Identifikation und Aufbereitung von Best Practices zentral, um eine adäquate Verbreitung zu erreichen.

Zudem können KI-Trainer als KI-Experten in mittelständischen Unternehmen Potenziale der KI-Nutzung aufzeigen und versuchen, diese zu heben. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat etwa im Rahmen des Förderschwerpunkts Mittelstand-Digital ein KI-Trainer-Programm gestartet.

Darüber hinaus sollte die bestehende Unterstützungsstruktur für die Entwicklung von IKT- und KI-Lösungen (Intermediäre, Transferunterstützung) in Hinblick auf ihre Effizienz evaluiert und ggf. zielgerichtet verbessert werden. Hierauf wurde in den Expertengesprächen hingewiesen.

Unabhängig vom Thema Künstliche Intelligenz ist damit ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Realisierung von Innovationen die Einbindung von Unternehmen in interregionale Kooperationen und Netzwerke. Auch wenn NRW im Bereich der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit für die Entwicklung von KI ein national bedeutsamer Akteur ist, ist das Themenfeld zu vielschichtig und Deutschland insgesamt nicht stark genug aufgestellt, um auf eine Einbindung in nationale und internationale Forschungsnetzwerke verzichten zu können. Eine strategische Auswahl und Positionierung entsprechender Netzwerke ist sowohl auf Ebene einzelner Unternehmen wie auch auf Ebene des gesamten regionalen Innovationsökosystems anzuraten.

Für die Identifikation relevanter Netzwerke ist der jeweilige Einzelfall zu betrachten: Worin besteht das Ziel bzw. das Interesse, das mit einer Netzwerkbeteiligung verfolgt wird? Geht es um Forschungs- oder Anwenderkompetenz? In welchen genauen Bereichen von KI?

Insofern ist ein Prüfkatalog für die Suche nach geeigneten Netzwerken zu erstellen, auf dessen Basis zumindest eine Vorauswahl möglich ist. Internetrecherchen, Messebesuche, Weiterbildungsveranstaltungen, Verbände, Transferorganisationen oder auch persönliche Kontakte zu einzelnen Netzwerkmitgliedern können es erleichtern, Informationen über Netzwerke und Kooperationspartner zu erlangen.

KI wird in Zukunft voraussichtlich eine Basistechnologie darstellen, welche in allen wirtschaftlichen Bereichen in irgendeiner Form zur Anwendung kommt. Dementsprechend ist auch das Wissen über KI in dieser Breite notwendig. Die Vermittlung der KI-Fähigkeiten muss deshalb in seiner fundamentalen Form der gesamten Breite der Gesellschaft zugänglich gemacht werden. In Schulen sollte nach übereinstimmender Mei-

nung der Expertinnen und Experten bereits der Grundstein gelegt werden und mit einer intensivierten Ausbildung im Bereich Mathematik, Informatik und digitale Medien die notwendigen Kompetenzen den Schülerinnen und Schülern mitgegeben werden. Damit dies gelingen kann, müssen die Schulen sowohl fachlich als auch technisch mit der notwendigen Infrastruktur ausgestattet werden. So benötigen Schulen u.a. hierfür eine IT-Infrastruktur, die dem Stand der Zeit entspricht, und das dazugehörige Personal.

NRW zeichnet sich auf universitärer Ebene und an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen durch viele und international relevante Professuren⁴⁶ und Spitzenforschung aus. Darüber hinaus sind in NRW auch erfolgreiche Netzwerke, z.B. „it’s owl“ (s. Kap. 5.3.5), sowie Start-Ups (s. Kap. 5.3.7) zu finden und die großen Unternehmen, z.B. die Telekom (<https://dih.telekom.net/>) und Henkel⁴⁷, haben bereits Abteilungen mit KI-Know-How etabliert. Der Wissenschaftsstandort NRW kann im internationalen KI-Wettbewerb mitspielen, auch wenn global gesehen die Hot-Spots in diesem Feld im Ausland (den USA und in immer stärkerem Maße in China) zu finden sind.

Gleichzeitig ist die Forschung im Land im Bereich KI im Vergleich mit anderen Bundesländern eher anwendungsorientiert, während die Kapazitäten in der Grundlagenforschung im Vergleich zu anderen Bundesländern geringer ausgeprägt sind. Diese Kapazitäten in der Grundlagenforschung sind allerdings gerade im Bereich der KI von hoher Bedeutung, da sich zahlreiche auftretende Probleme nicht mit bereits entwickelten Tools der KI lösen lassen und der Wissenstransfer bzw. besser Wissensaustausch zwischen der Grundlagenforschung der Anwendung gerade im Bereich der KI sehr intensiv ist.

Forschung und Lehre im Bereich KI findet in der Breite an zahlreichen Fachbereichen der Universitäten, Fachhochschulen

und außeruniversitären Forschungseinrichtungen statt. KI ist in der Regel ein Spezialisierungszweig von Studiengängen der Informatik, welchen Studierenden freiwillig wählen können. KI wird zukünftig aller Voraussicht nach von vielen verschiedenen Fachrichtungen genutzt werden, vergleichbar mit der Statistik. Dementsprechend sollte in vielen verschiedenen Studiengängen KI in seinen Grundlagen unterrichtet werden. Wie die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, ist NRW in dieser Hinsicht in Deutschland in einer guten Position.

Hierfür bedarf es auch der notwendigen Infrastruktur an den Universitäten. Zwar gibt es in NRW viele Professorinnen und Professoren, allerdings ist die akademische Mittelschicht kaum ausgebaut. Dies liegt nach Meinung der Expertinnen und Experten vor allem an dem Mangel an attraktiven Stellen unterhalb der Professur. Um KI für möglichst viele Studierende als Bildungsangebot zugänglich machen zu können, bedarf es einer ausgebauten und kompetenten akademischen Mittelschicht.

Neben diesem Problem wird auch die technische Infrastruktur in Universitäten als potenzielle Sollbruchstelle hervorgehoben. Zwar wird die technische Infrastruktur an den Hochschulen und Forschungseinrichtungen insgesamt von den Hochschulprofessorinnen und -professoren als gut bewertet, allerdings gibt es u.a. einen Mangel an leistungsfähigen Rechenzentren, welche für KI-Anwendungen benötigt werden. Dabei ist auch bei vorhandenen finanziellen Mitteln die Hochschulbürokratie häufig ein Problem, die die Anschaffung der technischen Ausstattung verzögert.

Nur eine Kombination einer breiten Ausbildung und Vermittlung von KI-Kompetenzen mit Spitzenforschung im Grundlagenbereich wird dazu führen, dass der Standort NRW in Zukunft seine gute Ausgangsposition halten kann. Schon heute wird von einem signifikanten Mangel an Fachkräften berichtet.

6.3.5 Förderinstrumente und politische Schlussfolgerungen

Aufgrund der Besonderheiten der KI-Technologie sollten die etablierten Förderkonzepte, welche derzeit Anwendung finden, weiterentwickelt werden, um effektiv Impulse für die Entwicklung und Verbreitung von künstlicher Intelligenz zu setzen. Die beiden grundsätzlichen Probleme, die in den Expertengesprächen hervorgehoben wurden, sind der hohe bürokratische Aufwand bei der Durchführung von Förderprojekten und die fehlende Flexibilität der Förderung. Weitere Ansatzpunkte für die Unterstützung der KI ergeben sich bei der Forschungsförderung, der Förderung des Humankapitaleinsatzes und den datenschutzrechtlichen und ethischen Rahmenbedingungen.

In den Gesprächen wurde von Start-Ups berichtet, die für eine Förderung im Rahmen eines KI-Wettbewerbes ausgewählt

wurden, die aber auf die Inanspruchnahme der Förderung verzichtet haben. Als Grund hierfür wurde der hohe bürokratische Aufwand für unerfahrene und kleine Unternehmen genannt, wie es Start-Ups häufig sind. Daher empfehlen wir, die Fördermodalitäten zu prüfen und ggf. zu vereinfachen. Eine solche Prüfung sollte gemeinsam mit potenziell betroffenen Unternehmen erfolgen, die für eine Förderung in Betracht kommen oder diese bereits in Anspruch genommen haben. In gemeinsamen Workshops kann herausgearbeitet werden, an welchen Stellen bürokratische oder operative Hürden in der Gestaltung der Förderprogramme dazu führen, dass diese Programme eher gemieden werden und damit die Zielgruppe nicht umfänglich erreicht wird. Zugleich gilt es zu prüfen, an welchen Stellen eine einfachere Vergabe von Fördermitteln durch rechtliche Vorgaben eingeschränkt wird. Anschließend muss entschieden werden, ob eine Änderung der gesetzlichen

⁴⁶ Es muss allerdings erwähnt werden, dass im Vergleich die Anzahl der Professuren für KI/ML niedrig ist. Dort sind einzelne universitäre Standorte zu finden, die ähnlich viele Professuren aufweisen, wie NRW im Gesamten.

⁴⁷ <https://www.henkel.de/spotlight/themenwelten/themenwelt-industrie-4-0/interview-thomas-zeuschler-767880> (letzter Zugriff 26.03.2021)

Vorgaben möglich und sinnvoll erscheint. Es sollte geprüft werden, ob andere europäische Länder als Best-Practice-Beispiel dienen können.

Generell ist jedoch eine weitestgehende **Reduktion der bürokratischen Hürden** bei der Förderung von KI-Projekten und eine Erhöhung der Flexibilität innerhalb der Projekte eine zentrale Erfolgsbedingung. Hierfür ergeben sich folgende Ansatzpunkte:

- Für die Vergabe der Förderprogramme werden **Risiko-manager** in den Ministerien und in den öffentlichen Institutionen benötigt, welche unter der gegebenen Unsicherheit, die KI-Entwicklungen zwangsläufig mit sich bringen, vielversprechende Projekte identifizieren und fördern können. Bei KI-Forschung gibt es nicht die „sichere Bank“. Risikoaffinität ist deshalb ein wesentlicher Baustein für eine erfolgsversprechende KI-Förderung. Insbesondere sollten hierbei Start-Ups unterstützt werden.
- Der Ausbau und die **Förderung von KI-Ökosystemen** (s. auch Lis et al. 2019: 12) wird ebenfalls als ein vielversprechender Ansatz von den Expertinnen und Experten bewertet. Hierzu sollte die Vernetzung der einzelnen Akteure – Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Start-ups, etablierte Unternehmen und unterschiedliche Anwender- und Nutzergruppen – aktiv unterstützt werden. Hierfür eignen sich u.a. Verbundforschungsprojekte, Reallabore, Clusterorganisationen und Showcases. NRW hat bereits eine Reihe hierfür geeigneter Maßnahmen umgesetzt. Das Land sollte jedoch nicht nachlassen, das Portfolio stetig zu prüfen und zu erweitern. Denn gerade für KI-Technologien gilt, dass der Transfer von der Forschung in die diversen Anwendungsmöglichkeiten nur gelingt, wenn es zur Entstehung von offenen, sektorübergreifenden Innovations- und Implementierungsprozessen kommt. Aus diesem Grund kommt einer umfassenden Unterstützung offener Innovationsprozesse eine hohe Bedeutung zu.

Aufgrund der konstatierten Diffusionsschwäche ist bereits im Wissenschaftssystem nicht nur auf **Open Access**-Aktivitäten zu setzen, sondern unterstützend eine entsprechende **Anreiz- und Anerkennungskultur** zu verankern. Dadurch kann Wissen geteilt und übliche Kooperationen geschlossen werden. Beispielhaft sei an dieser Stelle auf umfassende Strategien und Maßnahmen in den Niederlanden verwiesen, die im Rahmen des National Plan Open Science oder der Strategie Room for everyone's talent genau in diese Richtung gehen. Dazu gehören auch der Aufbau eines weitreichenden Datenökosystems und die Einführung neuer Bewertungskriterien für qualitativ hochwertige wissenschaftliche Forschung.

Ein weiterer wichtiger Baustein ist die Governance der

öffentlichen Verwaltung und staatlichen Handelns generell. Offene Innovationsysteme haben im staatlichen Bereich enormes Potenzial und sind essenzielle Bausteine eines funktionsfähigen KI-Ökosystems. So können auch Open-Innovation Teams in der öffentlichen Verwaltung dazu beitragen, dass nutzerorientierte und zielgenaue Förderprogramme entwickelt und effizient administriert werden. So gelangt auch der Staat auf den Pfad agiler Innovations- und Managementmethoden. Kombiniert werden kann dies durch Zielvorgaben, etwa in Innovationschallenges und Missionen.

- Kleinen und mittelständigen Unternehmen fehlt häufig **Wagniskapital** für die Umsetzung von KI-Projekten. Damit KI auch in der Nische erfolgreich werden kann, sollten sich **Unternehmen zusammenschließen** und im Hinblick auf KI-Innovation und KI-Standards kollaborieren. Der KI-Marktplatz, der bereits in Abschnitt 3.6 beschrieben wurde, wirkt bereits in diese Richtung. Darüber hinaus sollte weiter an der Verbesserung der Verfügbarkeit von Risikokapital gearbeitet werden.
- Häufig fehlt es Unternehmen nicht an finanziellen Mitteln, sondern an einer konkreten Vorstellung, wie KI in das eigene Geschäftsmodell integriert werden kann. In solchen Fällen sind **KI-Trainer** ein effektives Werkzeug, um die Unternehmen zu informieren und zu schulen. Durch allgemeine und individuelle Aufklärung wird den Unternehmen geholfen, ihren eigenen Weg zu einer erfolgreichen KI-Strategie zu finden. Solche Trainer und Trainerinnen werden bereits vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Programms „Mittelstand 4.0“⁴⁸ eingesetzt. Das Programm wird von den Expertinnen und Experten als positives Beispiel hervorgehoben. Die Trainer stehen den Unternehmen temporär als Berater und Coach zur Seite. Als externe Experten haben sie einen neutralen und zugleich offenen Blick auf das Unternehmen und kennen die technologischen Anwendungsmöglichkeiten. Entsprechende Coaches können aus der wissenschaftlichen Forschung, wie auch aus dem Wirtschaftssektor stammen und sollten sich insbesondere auch als Brückenbauer für unübliche Kooperationen und Anwendungsmöglichkeiten verstehen.

NRW hat bereits im Rahmen der vom BMWi initiierten Maßnahme „Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren“ drei Zentren mit KI-Trainern – in Siegen, Dortmund und Köln – aufgebaut. Dies ist im Bundesländervergleich überdurchschnittlich und sollte als Wettbewerbsvorteil weiter unterstützt und ausgebaut werden.

Die Bildung ist ein zentraler Ansatzpunkt bei der Förderung von KI. Die Entwicklung und Etablierung von KI-Lösungen erfordert ein grundsätzliches Verständnis für die Übersetzung

⁴⁸ <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/KI-Trainer/mittelstand-4-0-kompetenzzentrum-augsburg.html>

von unternehmensspezifischen Fragestellungen in IT-technische Lösungen, was auch moderner Bildungskonzepte bedarf:

- **Informatik** sollte in den weiterbildenden Schulen den Rang eines Pflichtfachs erhalten, um die entsprechenden Kenntnisse breit in der Schulausbildung zu verankern. Für besonders interessierte Schülerinnen und Schüler sollte es intensive Vertiefungsmöglichkeiten geben. Hier bestand in der Vergangenheit in NRW ein Rückstand, wobei im Rahmen des Digitalpakts NRW Aktivitäten gestartet wurden, um die Situation zu verbessern. In Zukunft sollte überlegt werden, auch in der Sekundarstufe ein verpflichtendes Angebot für Schulen im Bereich der Informatik einzuführen. Darüber hinaus sollte überlegt werden, in Zukunft die Informatik (am besten bundesländerübergreifend) in die Lernstandserhebungen einzubeziehen.
- Wichtig bei der Implementierung von Informatik an Schulen ist es auch, bei den Schülerinnen und Schülern **Begeisterung für die Möglichkeiten der Informatik** wie auch der KI zu wecken. Wichtig ist daher, bei der Umsetzung bestehender (wie MINT Schule NRW, CyberMentor oder dem Pakt für Informatik) und Entwicklung neuer Projekte und Programme immer auch diesen Aspekt im Blick zu haben und aktiv das Interesse für die Möglichkeiten und Perspektiven dieses Lernfeldes zu adressieren.
- Sollten Engpässe bei qualifiziertem Lehrpersonal bestehen, können durch public-private Partnerships mit Unternehmen Überbrückungslösungen gefunden werden: Fachkräfte aus Unternehmen könnten Wissen für wenige Stunden in der Woche an Schulen vermitteln und somit zugleich in den potenziellen Nachwuchs für das eigene Unternehmen investieren. Der Staat zahlt den privaten Lehrkräften eine finanzielle Entschädigung.
- **Die IT-Infrastruktur** in den Schulen inklusive des zugehörigen Service sollte auf einen angemessenen Standard gehoben werden. Dafür ist es erforderlich, zunächst eine Bestandsaufnahme durchzuführen, inwieweit sich hier die bislang trostlose Situation während der Coronapandemie verbessert hat.
- **Data-Literacy-Kompetenzen** sind verstärkt in den Lehrplänen der Schulen und Hochschulen zu verankern. Damit ist die Fähigkeit zum planvollen und kompetenten Umgang mit Daten gemeint. Dazu gehört, Daten zu erfassen, zu erkunden, zu managen, zu analysieren, zu visualisieren, zu interpretieren, und zu kontextualisieren. Anschließend können die Daten zielgerichtet verwendet werden. Data Literacy gestaltet die Digitalisierung und die globale Wissensgesellschaft in allen Sektoren und Disziplinen. Lehrkräften müssen die entsprechenden Qualifikationen vermittelt werden, aber auch die Schülerinnen und Schüler selbst können als Digital Scouts hier Verantwortung übernehmen. Die technische Infrastruktur an den Einrichtungen muss bedarfsgerecht aufgerüstet werden und es bedarf spezieller, interdisziplinärer Lehrkonzepte.

- Die **Verbreitung und Nutzung** von KI-Technologien sollte insgesamt stärkeres Augenmerk genießen. Dies kann auf der eine Seite durch die Förderung von Weiter- und Fortbildungen gelingen und auf der anderen Seite auch durch eine Stärkung der Digitalisierung öffentlicher Institutionen.

Der zentrale Ansatzpunkt für die Förderung der KI ist die Unterstützung der Forschung. Technologietransfer nimmt ihren Ansatzpunkt in exzellenter Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Dieser Aspekt ist gerade in der KI von besonderer Bedeutung auch für die Anwendung, da der Weg von der Weiterentwicklung der Grundlagen hin zu neuen Anwendungen und Problemlösungen sehr kurz ist. In diesem Bereich ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Die Förderung **exzellenter grundlagenorientierter Forschung** an Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW sollte gezielt weiter ausgebaut werden, um im nationalen und internationalen Wettbewerb nicht zurückzufallen.
- Es wird empfohlen, gezielt einzelne, international **ausgewiesene KI-Experten** für den Standort NRW zu gewinnen. Dies gilt für die Forschung, wie auch für Entrepreneur, die in KI-Anwendungen investieren, bzw. Testfelder oder Fördermöglichkeiten für ihre Anwendungs-idee suchen. Hier kann eine innovative Challenge mit hoher Sichtbarkeit entwickelt werden.

Neben der Forschung in der Wissenschaft sollten auch die Forschung und die Anwendung von KI-Lösungen in Unternehmen gezielt gefördert werden:

- Anhand von **Use Cases, Best Practices oder Reallaboren** gilt es, KI für Unternehmen besser verständlich zu machen. Nur so können Potenziale erkannt und Kosten-Nutzen-Berechnungen auf einer belastbaren und realitätsnahen Basis erfolgen. Dies erhöht sowohl die Verbreitung wie auch die wirtschaftliche Erfolgswahrscheinlichkeit. NRW weist dabei für einige KI-Anwendungsfälle hervorragende Voraussetzung auf, die aktiv genutzt werden sollten. Dies gilt u.a. für Anwendungen zu SmartCity, in der Logistik, im Gesundheitswesen, im Einzelhandel oder im städtischen Verkehr.
- Um FuE für KI in Unternehmen stärker zu forcieren, kann das Land NRW nur für diese Technologie unbürokratische **Sonderförderungen** gewähren. Diese können zwar mit einem inhaltlichen Fokus auf KI belegt, technologisch jedoch offen gestaltet sein. So kann etwa ein Unternehmen auch bei organisationalen Innovationen unterstützt werden, die für die Realisierung eines KI-FuE-Projektes erforderlich sind. Auch die **technologieübergreifende Förderung** sollte problemlos möglich sein. Zudem sollte die Auszahlung entsprechender Mittel schnell und unbürokratisch erfolgen. Das Land kann durch die Etablierung eines **Kommerzialisierungs- oder Anwendungsfonds** für KI-Technologien die Nutzung von KI-Forschungsergebnissen unterstützen. Zudem können im Zuge von wettbewerblichen Verfahren

Mittel vergeben werden, die den Transfer von der Forschung in die Anwendung voranbringen.

- Ein Problem der Fördermittelvergabe im wissenschaftlichen wie auch im wirtschaftlichen Anwendungsbereich ist die **Pfadabhängigkeit**. Etablierte Gutachterzirkel und Bewertungsmodi schränken den Neuheitsgrad und die Vielfalt bei positiv bewerteten Anträgen ein. Dies ist gerade für eine sich im jungen Entwicklungsstadium befindliche neue Basistechnologie wie KI kritisch zu sehen. Hier können etwa **Lotteriemodelle** eine deutliche Öffnung bewirken. Förderungen werden, sofern sie einem definierten Mindeststandard erfüllen, nach einem Zufallsprinzip vergeben, was zu hoher Neuartigkeit und Diversität beiträgt. Ein „Bewertungsbias“ wird vermieden. In Neuseeland finden derartige Vergabeformen bereits Anwendung.
- Eine Grundvoraussetzung für KI-basierte Geschäftsmodelle ist eine leistungsfähige, flächendeckende **digitale Infrastruktur**, die großvolumigen Datenaustausch über digitale Kommunikationsformen in Echtzeit ermöglicht. Dementsprechend sollte der schnelle und flächendeckende Ausbau von 5G sowie von Breitbandnetzen vorangetrieben werden.
- Um als Vorreiter wahrgenommen zu werden, sollte das **Land NRW selbst Anwendungskompetenz** zeigen und KI in zentralen öffentlichen Dienstleistungen (digitale Verwaltung) nutzen. In diesem Zusammenhang tritt das Land als Nachfrager von innovativen Lösungen auf (*public procurement*) auf. Dieses Instrument kann gerade im Bereich Digitalisierung/KI eine wichtige Rolle spielen (vgl. auch die Empfehlung zur nachfragebezogenen Innovationspolitik oben unter Handlungsfeld 4).

In Hinblick auf Datenschutz, Datensicherheit und ethische Standards ergeben sich folgende Empfehlungen:

- **Daten** gilt es, im Rahmen der DSGVO, intensiv für die Entwicklung und Erprobung von KI-Anwendungen **nutzbar zu machen**. In einem ersten Schritt sind hier öffentlich-finanzierte Daten, etwa aus Forschungsprojekten und amtlichen Erhebungen, zu erschließen. Hier können institutionelle Vorgaben oder Richtlinien zu **Open Access** und auch Anstrengungen für den Aufbau einer **Kultur des Ermöglichens** wichtige Bausteine sein. In einem zweiten Schritt können Kooperationen mit Unternehmen oder Partnern im Ausland aufgebaut werden. Hierfür bedarf es mit hoher Wahrscheinlichkeit eines erweiterten Anreizsystems, möglicherweise in Kombination mit

rechtlichen Anpassungen. Auch die Förderung von konsortial betriebenen Open-Source-Plattformen und Datenbanken ist gezielt voranzutreiben.

- Für Unternehmen, die Unsicherheiten im Umgang mit **datenschutzrechtlichen Fragen beim Einsatz von KI** haben, sollten **rechtliche Beratungsangebote** sowie Fortbildungsangebote für betriebliche Datenschutzbeauftragte eingerichtet werden, die datenschutzrechtskonforme Einsatzmöglichkeiten von KI aufzeigen. Ein besonderes Augenmerk sollte auch auf die Nutzbarmachung von Wirtschaftsdaten für KI-Forschungs- und Trainingszwecke gelegt werden. Hier kann etwa durch die Nutzung von Datentreuhandstellen oder zertifizierten Plattformen das Vertrauen bei der Datennutzung und -weitergabe gestärkt werden.
- Die Themen **Datensicherheit** sowie **Rechtssicherheit** beim Einsatz von KI-basierten Geschäftsmodellen (Stichwort: Verantwortlichkeit bei KI-basierten Entscheidungen) sind zentral, um die breitere Nutzung von KI zu befördern. Hier sollte die Landesregierung auf bundes- und europaweite Regelungen drängen. Diese können von einer eigenständigen europäischen Cloud-Lösung (Gaia X) bis zu Anpassungen im Bereich Haftungsrecht reichen.
- Anerkannte **ethische Standards** und Richtlinien sollten als Maßgabe für die Entwicklung von Algorithmen dienen. NRW kann hier unter den Bundesländern eine Vorreiterrolle einnehmen.

Für die Unternehmen in NRW ergeben sich folgende Empfehlungen:

- Auch für Unternehmen gilt, nicht zu risikoavers zu agieren und möglichst agil Projekte mit KI-Bezug zu steuern. **Visionsgetrieben statt plangetrieben** arbeiten kann helfen, insbesondere da die IT- und infrastrukturellen Gegebenheiten in der Industrie derartig heterogen, größen- und domänenabhängig sind, dass es nicht einen von vornherein planbaren, festgeschriebenen Weg gibt.

In Unternehmen sollten **Technologie- und Geschäftsmodellentwicklung parallel und abgestimmt laufen**, denn die Interdependenzen wurden in den Gesprächen immer wieder betont. Zentrale Rollen in Projekten zur Entwicklung von KI-Lösungen in der Industrie sind daher Business Architekt, der die Nutzeranforderungen entgegennimmt und der System Architekt, der diese technologisch umsetzt.

7. Literaturverzeichnis

- Abdelkafi, N., I. Döbel, J.D. Drzewiecki, A. Meironke, A. Niekler, S. Ries (2019) Künstliche Intelligenz (KI) im Unternehmenskontext: Literaturanalyse und Thesenpapier, Leipzig: Fraunhofer-Zentrum für internationales Management und Wissensökonomie. Internet: https://www.imw.fraunhofer.de/content/dam/moez/de/documents/Working_Paper/190830_214_KI_in_Unternehmen_final_FM_%C3%B6ffentlich.pdf (Abgerufen am 26.03.2021).
- acatech (2020) Corona-Krise: Volkswirtschaft am Laufen halten, Grundversorgung sichern, Innovationsfähigkeit erhalten. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.), acatech IMPULS vom 27.03.2020.
- acatech (2016) Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion (acatech IMPULS), München: Herbert Utz Verlag. Internet: <https://www.acatech.de/publikation/innovationspotenziale-der-mensch-maschine-interaktion/> (Abgerufen am 30.03.2021).
- Akerberg, D.A., K. Caves, G. Frazer (2015) Identification properties of recent production function estimators. *Econometrica* 83 (6): 2411–2451.
- ADAC (2021) Autonomes Fahren: Digital entspannt in die Zukunft. Internet: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/technik-ernetzung/aktuelle-technik/> (Abgerufen am 30.03.2021).
- Adner, R., R. Kapoor (2010) Value Creation in Innovation Ecosystems: How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in Technology Generations. *Strategic Management Journal* 31: 306-333.
- Agasiti, T., C. Barra, R. Zotti (2019) Research, knowledge transfer, and innovation: the effect of Italian universities' efficiency on local economic development 2006–2012. *Journal of Regional Science* 59 (5): 819-849.
- Autio, E. (1998) Evaluation of RTD in regional systems of innovation. *Journal European Planning Studies* 6 (2): 131-140.
- Autor, D. (2015) Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives* 29 (3): 3-30.
- Autor, D., F. Levy, R. Murnane (2003) The skill content of recent technological change. An empirical exploration. *Quarterly Journal of Economics* 118 (4): 1279-1333.
- Ballod, M., S. Klein (2020) KI in der Bildung. Erste Befunde zur Online-Befragung. In: *Zeitschrift für Information: Wissenschaft & Praxis* 71 (1): 3-4.
- Barra, C., R. Zotti (2015) Regional innovation system (in)efficiency and its determinants: an empirical evidence from Italian regions. *MPRA Paper* 67067. München: Munich Personal RePEc Archive. Internet: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/67067/> (Abruf vom 04.02.2020).
- Bassanini, A., A. Booth, G. Brunello, M. De Paola, E. Leuven (2005) Workplace training in Europe. *IZA DP* 1640. Bonn: IZA.
- BBSR – Bau-, Stadt- und Raumordnung (2019) Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung. INKAR. Ausgabe 2019. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Internet: www.inkar.de (Abgerufen am 21.02.2020).
- Belitz, H., A. Leipras, M. Priem (2019) Forschung und Entwicklung im Ausland: deutsche Unternehmen haben ähnliche Schwerpunkte wie in der Heimat. *DIW Wochenbericht* 36: 631-639.
- Bersch, J., J. Egel, D. Faustmann, D. Höwer, B. Müller, M. Murmann (2014a) Potenziale und Hemmnisse von Unternehmensgründungen im Vollzug der Energiewende. Studie im Auftrag des BMWi. Mannheim: ZEW.
- Bersch, J., M. Berger, J. Egel (2020) Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2018, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern. Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. *Studien zum deutschen Innovationssystem* 3-2020. Berlin: EFI.
- Bersch, J., S. Gottschalk, B. Müller, M. Niefert (2014b) The Mannheim Enterprise Panel (MUP) and Firm Statistics for Germany. *ZEW Discussion Paper* 14-104. Mannheim: ZEW.
- BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2021) „Datensystem Auszubildende“ des Bundesinstituts für Berufsbildung auf Basis der Daten der Berufsbildungsstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Erhebung zum 31.12.). Bonn: BIBB. Internet: <https://www.bibb.de/de/2243.php> (Abgerufen am 05.01.2021).
- Blohm, M. (2019) Geht doch: Künstliche Intelligenz in Zeiten der DSGVO. Verfügbar unter: <https://blog.iao.fraunhofer.de/geht-doch-kuenstliche-intelligenz-in-zeiten-der-dsgvo/> (Abgerufen am 26.03.2021).
- Bloom, N., C.J. Jones, J. Van Reenen, M. Webb (2017) Are Ideas Getting Harder to Find. *NBER Working Paper* 23782. Cambridge, MA.
- Blume, L., O. Fromm (2000) Regionalökonomische Bedeutung von Hochschulen. Eine empirische Untersuchung am

Beispiel der Universität Gesamthochschule Kassel. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. (Kasseler Wirtschafts- und Verwaltungswissenschaften 11).

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019a) Datenportal. Tab 2.7.8. Teilnehmer/-innen an Maßnahmen zur beruflichen Weiterbildung nach Alter, Bildungsabschluss und Ländern 2018. Bonn: BIBB. Internet: datenportal.bmbf.de/portal/de/K27.html (Abgerufen am 26.03.2020).

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2019b) Weiterbildungsverhalten in Deutschland 2018. Ergebnisse des Adult Education Survey. AES-Trendbericht. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018) Forschung und Innovation für die Menschen. Die Hightech-Strategie 2025. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2008) Stand der Anerkennung non-formalen und informellen Lernens in Deutschland im Rahmen der OECD Aktivität „Recognition of non-formal and informal Learning“. Bonn und Berlin: BMBF.

BMJV - Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (2019) CDR-Erklärungen auf einen Blick. Berlin. Internet: https://www.bmju.de/DE/Themen/FokusThemen/CDR_Initiative/downloads/cdr_auf_einen_blick.pdf?blob=publicationFile&v=1. (Abgerufen am 17.03.2021).

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2020) Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2020) – Erhebung der atene KOM im Auftrag des BMVI. Berlin: BMVI.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010) Bericht zum Breitbandatlas 2010 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Teil 1: Ergebnisse (Stand Ende 2010). Berlin: BMWi.

Bontempi, M.E., J. Mairesse (2015) Intangible capital and productivity at the firm level: a panel data assessment. *Economics of Innovation and New Technology* 24 (1-2): 22-51.

Bruhn, M., K. Hadwich (2020) Automatisierung und Personalisierung von Dienstleistungen. Methoden – Potenziale – Einsatzfelder. Springer Gabler.

Brynjolfsson, E., A. McAfee (2014) *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton & Company.

Brynjolfsson, E., K. McElheran (2016) The Rapid Adoption of Data-Driven Decision-Making. *American Economic Review* 106 (5): 133-39.

Brynjolfsson, E., T. Mitchell, D. Rock (2018) What can machines learn and what does it mean for occupations and the economy? *AEA Papers and Proceedings* 108: 43-47.

Bundesagentur für Arbeit (2020) Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach ausgewählten Merkmalen (Quartalszahlen) – Deutschland, Länder und Kreise. Internet: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Statistikdaten/Detail/202006/iii6/beschaeftigung-sozbe-svb-kreise-merkmale/svb-kreise-merkmale-d-0-202006-xlsx.xlsx?blob=publicationFile&v=1> (Abgerufen am 11.01.2021).

Bundesagentur für Arbeit (2020a) Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) (Zeitreihe Quartalszahlen). Internet: https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?submit=Suchen&topic_f=beschaeftigung-sozbe-wz2008-zeitreihe (Abgerufen am 01.02.2021).

Bundesagentur für Arbeit (2019) Berufe auf einen Blick: MINT. Nürnberg. Internet: statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Statistische-Analysen/Interaktive-Visualisierung/Berufe-auf-einen-Blick-MINT/Berufe-auf-einen-Blick-MINT-Nav.html (Abgerufen am 05.03.2020).

Bundesagentur für Arbeit (2018) Länderreport über Beschäftigte (Quartalszahlen). Nürnberg. Internet: https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?nn=1459326&topic_f=beschaeftigung-sozbe-qheft&dateOfRevision=201312-201401 (Abgerufen am 02.02.2021).

Bundesnetzagentur (2020) Jahresbericht 2019. Netze für die digitale Welt. Bonn: Bundesnetzagentur.

Bürmann, M., F. Frick (2016) *Deutscher Weiterbildungsatlas. Teilnahme und Angebot in Kreisen und kreisfreien Städten*. Gütersloh: Bertelsmann-Stiftung.

Buxmann, P., H. Schmidt (2019) *Ökonomische Effekte der Künstlichen Intelligenz*. In: *Künstliche Intelligenz*. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg: 21-37.

Carboni, O.A., G. Medda (2019) Innovative activities and investment decision: evidence from European firms. *The Journal of Technology Transfer*. DOI: 10.1007/s10961-019-09765-6.

CHE – gemeinn. Centrum für Hochschulentwicklung (2020) *Teilzeitstudium in Deutschland 2020*, Internet: <https://www.che.de/download/check-teilzeitstudium-2020/?wpdmdl=15892&ind=1603378124992> (Abgerufen am 05.01.2021).

Chesbrough, H. W. (2003) *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.

Cohen, W.M., D.A. Levinthal (1990) Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 35 (1): 128-152.

Colson, E. (2019) *What AI-Driven Decision Making Looks Like*. Veröffentlicht in *Harvard Business Review*. Internet:

- <https://hbr.org/2019/07/what-ai-driven-decision-making-looks-like#> (Abgerufen am 30.03.2021).
- Contreras, I., J. Vehi (2018) Artificial Intelligence for Diabetes Management and Decision Support: Literature Review, in: *J Med Internet Res* 20 (5).
- Cooke, P. (2001) Regional Innovation Systems, Clusters and the Knowledge Economy. *Industrial and Corporate Change* 10 (4): 945-947.
- Cooper, T., J. Siu, K. Wie (2015) Corporate digital responsibility - Doing well by doing good. Accenture outlook.
- Corrado, C., C. Hulten, D. Sichel (2005) Measuring capital and technology: an expanded framework. In: C. Corrado, J. Haltiwanger, D. Sichel (Eds.), *Measuring Capital in the New Economy*. Chicago: University of Chicago Press: 11-46.
- Corrado, C., C. Hulten, D. Sichel (2006) Intangible Capital and Economic Growth. *NBER Working Paper* 11948.
- Corves, A.; Schön, E.-M. (2020): Digital Trust für KI-basierte Mensch-Maschine-Schnittstellen. In: Boßow-Thies, S., Hofmann-Stölting, C., Jochims, H. (Eds.) *Data-driven Marketing*. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Crass, D., B. Peters (2014), Intangible Assets and Firm-Level Productivity. *ZEW Discussion Paper* 14-120. Mannheim: ZEW.
- Davoli, M., H. Entorf (2018) The PISA shock, socioeconomic inequality, and school reforms in Germany. *IZA Policy Paper* 140. Bonn: IZA.
- Delgado, M.S., D.J. Henderson, C.F. Parmeter (2012) Does Education Matter for Economic Growth? *IZA Discussion Paper* 7089. Bonn: IZA.
- Deloitte (2020) State of AI in the Enterprise – 3rd Edition. Ergebnisse der Befragung von 200 AI-Experten zu Künstlicher Intelligenz in deutschen Unternehmen.
- Dengler, K., B. Matthes, W. Paulus (2014) Berufliche Tasks auf dem deutschen Arbeitsmarkt - eine alternative Messung auf Basis einer Expertendatenbank. *FDZ-Methodenreport* 12/2014. Nürnberg: IAB.
- Destatis (2021a) Auszubildende: Bundesländer, Stichtag, Geschlecht, Altersjahre. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 11.01.2021).
- Destatis (2021b) Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 04.01.2021).
- Destatis (2021c) Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort: Bundesländer, Stichtag, Geschlecht. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 11.01.2021).
- Destatis (2021d) Studierende: Bundesländer, Semester, Nationalität, Geschlecht. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&levelindex=0&step=0&titel=Tabellenaufbau&levelid=1610378110941&acceptscookies=false#abreadcrumb> (Abgerufen am 11.01.2021).
- Destatis (2021e) Studierende: Bundesländer, Semester, Nationalität, Geschlecht, Studienfach. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=21311-0006&bypass=true&levelindex=0&levelid=1611565095892#abreadcrumb> (Abgerufen am 25.01.2021).
- Destatis (2020) Hochschulstatistik – Bestandene Prüfungen von Bachelorabsolventen nach Land, Fächergruppe und Fachstudiendauer in den Prüfungsjahren 2002, 2007, 2012 und 2018 (Sonderauswertung). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <http://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/sonderauswertung-bachelorabschluss.xlsx?blob=publicationFile> (Abgerufen am 04.03.2020).
- Destatis (2020b) Anteil BBiG am Aufstiegs-BAfoG: Deutschland und Bundesländer. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 25.03.2020).
- Destatis (2020d) Bevölkerung: Deutschland und Bundesländer. Stichtag (12411-0010). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 25.03.2020).
- Destatis (2020e) Finanzieller Aufwand für BAfoG: Deutschland und Bundesländer. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 25.03.2020).
- Destatis (2020f) Personen mit Aufstiegs-BAfoG: Deutschland und Bundesländer. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 25.03.2020).
- Destatis (2020g) Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort. Bundesländer. Genesis Online. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data> (Abgerufen am 03.04.2020).
- Destatis (2020h) Allgemeinbildende Schulen – Schuljahr 2019/2020. Fachserie 11 „Bildung und Kultur“, Reihe 1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Schulen/Publikationen/Downloads-Schulen/allgemeinbildende-schulen-2110100207005.html> (Abgerufen am 04.01.2021).
- Destatis (2020i) Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen. Fachserie 11 „Bildung und Kultur“, Reihe 4.3. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung->

[Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/kennzahlen-nichtmonetaer-2110431197004.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsfinanzen-Ausbildungsfoerderung/Publikationen/publikationen-innen-bildungsfinanzbericht.html) (Abgerufen am 11.01.2021).

Destatis (2020j) Bildungsfinanzbericht 2020. Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsfinanzen-Ausbildungsfoerderung/Publikationen/publikationen-innen-bildungsfinanzbericht.html> (Abgerufen am 04.01.2021).

Destatis (2020k) Personal an Hochschulen. Fachserie 11 „Bildung und Kultur“, Reihe 4.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/personal-hochschulen-2110440197004.html> (Abgerufen am 05.01.2021).

Destatis (2019a) Beschäftigte, Umsatz und Investitionen der Unternehmen und Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Fachserie "Produzierendes Gewerbe", Reihe 4.2.1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/Publikationen/Downloads-Struktur/beschaeftigte-umsatz-investitionen-2040421187004.html> (Abgerufen am 23.01.2021).

Destatis (2019d) Private Überschuldung: Starke Unterschiede zwischen Jung und Alt. Pressemitteilung Nr. 199 vom 28. Mai 2019. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen. (Abgerufen am 03.02.2020.)

Destatis (2011) Personal an Hochschulen 2010. Fachserie 11 „Bildung und Kultur“, Reihe 4.4. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: https://www.destatis.de/GPStatistik/receive/DEHeft_heft_00029147 (Abgerufen am 05.03.2020).

Destatis (2012) Allgemeinbildende Schulen – Schuljahr 2011/2012. Fachserie 11 „Bildung und Kultur“, Reihe 1. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00010180/2110100127004.pdf (Abgerufen am 13.03.2020).

Destatis (2012a) Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen. Fachserie 11 „Bildung und Kultur“, Reihe 4.3. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DEHeft_mods_00018533 (Abgerufen am 04.01.2021).

Deutsche Telekom Stiftung (2017) Schule digital - Der Länderindikator 2017: Digitale Medien in den MINT-Fächern. Bonn. Internet: telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Schule_Digital_2017_Web.pdf (Abgerufen am 13.03.2020).

Deutsche Telekom Stiftung (2017) Schule digital. Der Länderindikator 2017. Digitale Medien in den MINT-Fächern. Bonn: Deutsche Telekom Stiftung.

Deutscher Bundestag (2019) Teilhabe für alle Kinder sicherstellen, Bürokratie abbauen. Antrag der Abgeordneten Sven Lehmann, Annalena Baerbock, Katja Dörner, Anja Hajduk, Dr. Wolfgang Strengmann-Kuhn, Markus Kurth, Corinna Rüffer, Beate Müller-Gemmeke, Margit Stumpp, Ekin Deligöz, Kai Gehring, Kerstin Andreae, Katharina Dröge, Stefan Schmidt, Dr. Anna Christmann, Britta Haßelmann, Dr. Kirsten Kappert-Gonther, Beate Walter-Rosenheimer und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. DS 19/7451 vom 30.1.2019. Köln: Bundesanzeiger Verlag.

DPMA (2018) CSV-Statistiken 2018. Internet: <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/statistiken/csv-statistiken/index.html> (Abgerufen am 25.03.2020).

Dumitrescu, R., J. Gausemeier, P. Slusallek, S. Cieslik, G. Demme, T. Falkowski, H. Hoffmann, S. Kadner, F. Reinhart, T. Westermann, J. Winter (2018) Studie Autonome Systeme (No. 13-2018). Studien zum deutschen Innovationssystem. Internet: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/175555/1/1015315232.pdf> (Abgerufen am 30.03.2021).

Durieux, V., P.A. Gevenois (2010) Bibliometric Indicators: Quality Measurements of Scientific Publication. *Radiology* 255 (2).

Dustmann, C. (2004) Parental background, secondary school track choice, and wages. *Oxford Economic Papers* 56 (2): 209-230.

EFI (2016) Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands der Expertenkommission Forschung und Innovation. Internet: https://www.bmbf.de/files/EFI_Gutachten_2016.pdf (Abgerufen am 30.03.2021).

Faggian, A., P. McCann (2009) Universities, agglomerations and graduate human capital mobility. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 100 (2): 210-223.

FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Mikrozensus, 2011 und 2016.

Fraunhofer IAIS (2019) Vertrauenswürdiger Einsatz von künstlicher Intelligenz. Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin.

Freeman, C. (1987) *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*. London.

Frei, M., S. Kriwolutzky, M. Putzing, S. Prick (2018) IAB-Betriebspanel: Ergebnisse der Arbeitgeberbefragung für Nordrhein-Westfalen. Befragungswelle 2017. Düsseldorf: Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (MAGS).

Frey, C.B., M.A. Osborne (2013) The future of employment. How susceptible are jobs to computerisation? *Oxford Martin School Working Paper*. September 2013. Oxford.

- Fritsch, M., T. Henning, V. Slavtchev, N. Steigenberger (2008), Hochschulen als regionaler Innovationsmotor? Arbeitspapier. *Demokratische und Soziale Hochschule* 158. Internet: http://www.boeckler.de/pdf/p_arbp_158.pdf (Abgerufen am 17.04.2020).
- Fritsch, M., T. Henning, V. Slavtchev, N. Steigenberger (2007) Hochschulen, Innovation, Region. Wissenstransfer im räumlichen Kontext. Berlin: Edition Sigma.
- Fürst, D., J. Knieling (2002) Regional governance: New modes of self-government in the European Community. Hannover: ARL.
- Geels, F.W. (2004) From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* 33: 897-920.
- Gehlke, A., C.-D. Hachmeister, L. Hüning (2017) CHE-Teilzeitstudium-Check 2017/18 – Teilzeit-Studiengänge und Teilzeit-Studierende in den einzelnen Bundesländern. Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung (CHE). Internet: che.de/wp-content/uploads/upload/CHE_AP_201_Teilzeitstudium_Check_2017_18.pdf (Abgerufen am 11.03.2020).
- Gehrke, B., R. Frietsch, P. Neuhäusler, C. Rammer (2013) Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter. NIW/ISI/ZEW-Listen 2012. *Studien zum deutschen Innovationssystem* 8-2013. Hannover, Karlsruhe und Mannheim.
- Gehrke, B., U. Schasse, H. Belitz, V. Eckl, G. Stenke (2020) Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. *Studien zum deutschen Innovationssystem*. Berlin: EFI.
- Gibbons, S., A. Vignoles (2012) Geography, choice and participation in higher education in England. *Regional Science and Urban Economics* 42 (1-2): 98-113.
- Gordon, R. J. (2012) Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds. *NBER Working Paper* 18315. Cambridge, MA.
- Görlitz, K., M. Tamm (2016) Revisiting the Complementarity between Education and Training – The Role of Job Tasks and Firm Effects. *Education Economics* 24 (3): 261-279.
- Griliches, Z. (1979) Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The bell journal of economics*: 92-116.
- Guellec, D., B. Van Pottelsberghe de la Potterie (2004) From R&D to productivity growth: Do the institutional settings and the source of funds of R&D matter? *Oxford bulletin of economics and statistics* 66 (3): 353-378.
- Hagendorff, T. (2020) The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines. SpringerLink.
- Hall, B.H., J. Mairesse, P. Mohnen (2010) Measuring the Returns to R&D. *Handbook of the Economics of Innovation 2*: 1033-1082. North-Holland.
- Hecker, D., I. Döbel, U. Petersen, A. Rauschert, V. Schmitz, A. Voss (2018) Zukunftsmarkt Künstliche Intelligenz–Potenziale und Anwendungen. Herausgegeben von Fraunhofer-Allianz Big Data. Internet: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-497661.html> (Abgerufen am 30.03.2021).
- Heineck G., R. Riphahn (2009) Intergenerational Transmission of Educational Attainment in Germany – The Last Five Decades. *Journal of Economics and Statistics* 229 (1): 36-60.
- Henderson, D.J. (2010) A test for multimodality of regression derivatives with an application to nonparametric growth regressions. *Journal of Applied Econometrics* 25: 458-480.
- Herbst, M., J. Rok (2013) Mobility of human capital and its effect on regional economic development. Review of theory and empirical literature. *MPRA Paper* 45755. München.
- Holtel, S., A. Hufenstuh, A. Klug (2017) Künstliche Intelligenz verstehen als Automation des Entscheidens. Herausgegeben von Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V, Berlin. Internet: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Bitkom-Leitfaden-KI-verstehen-als-Automation-des-Entscheidens-2-Mai-2017.pdf> (Abgerufen am 30.03.2021).
- Hosny, A., C. Parmar, J. Quackenbush, L.H. Schwartz, H.J.W.L. Aerts (2018) Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer* 18: 500–510.
- Hottenrott, H., B. Peters (2012) Innovative Capability and Financing Constraints for Innovation: More Money, More Innovation? *Review of Economics and Statistics* 94 (4): 1126-1142.
- Huber, M., A. Schmucker (2012) Panel „WeLL“. Arbeitnehmerbefragung für das Projekt „Berufliche Weiterbildung als Bestandteil Lebenslangen Lernens“. Dokumentation für die Originaldaten Wellen 1-4. *FDZ Datenreport* 03/2012. Nürnberg: IAB.
- Hubert, T., C. Wolf (2007) Determinanten und Einkommenseffekte beruflicher Weiterbildung. Eine Analyse mit Daten des Mikrozensus 1993, 1998 und 2003. *RatSWD Research Note* 5. Berlin: RatSWD.
- Huchler, N.; et al. (2020) Kriterien für die menschengerechte Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion bei Lernenden Systemen. Whitepaper aus der Plattform: Lernende Systeme, München. Internet: https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_Whitepaper2_220620.pdf (Abgerufen am 30.03.2021).
- IAB – Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2019) Aktuelle Daten und Indikatoren. Substituierbarkeitspotenziale. 13. November 2019. Nürnberg: IAB. Internet: <https://www.iab-forum.de/warum-die-digitalisierung-manche-bundeslaender-staerker-betrifft-als-andere> (Abgerufen am 03.04.2020).

IQB – Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (2019) IQB Bildungstrend 2018 – Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: IQB. Internet: iqb.hu-berlin.de/bt/bt/BT2018/Bericht/IQB_BT2018_Beric.pdf (Abgerufen am 25.03.2020).

IQB – Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (2013) Ländervergleich 2012 – Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe 1. Münster: IQB. Internet: iqb.hu-berlin.de/bt/lv2012/Bericht/Bericht.pdf (Abgerufen am 25.03.2020).

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2020) Verarbeitendes Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden 2018. Unternehmens- und Betriebsergebnisse, Investitionen. Statistische Berichte. Düsseldorf: Informationen und Technik Nordrhein-Westfalen Statistisches Landesamt (Abgerufen am 23.01.2021).

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2019) Übergänge von den Grundschulen auf weiterführende Schulen für das Schuljahr 2018/19 in Nordrhein-Westfalen (Stichtag: 15.10.2018). Sonderauswertung der Schulstatistik NRW. Düsseldorf: IT.NRW.

Joenssen, D., T. Müllerleile (2020) KI Basierte Geschäftsmodelle. Aalener Beiträge zu komplexen Systemen. Internet: <https://opus-htw-aalen.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/1011/file/AaBkS-KI-Basierte-Gesch%a4ftsmodelle.pdf> (Abgerufen am 26.03.2021).

Kinne, J., D. Lenz (2019) Predicting Innovative Firms Using Web Mining and Deep Learning. *ZEW Discussion Paper* 19-001. Mannheim: ZEW.

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2020) Allgemeinbildende Schulen in Ganztagsform in den Ländern in der Bundesrepublik Deutschland – Statistik 2014 bis 2018. Internet: kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/GTS_2018.pdf (Abgerufen am 13.03.2020).

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2019) Die Mobilität der Studienanfänger/-innen und Studierenden in Präsenzstudiengängen an Hochschulen in Trägerschaft der Länder in Deutschland 2017. *Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz. Dokumentation Nr. 220.* August 2019.

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2016) Allgemeinbildende Schulen in Ganztagsform in den Ländern in der Bundesrepublik Deutschland – Statistik 2010 bis 2014. Internet: kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/GTS_2014_Bericht_Text.pdf (Abgerufen am 13.03.2020).

Kompetenzzentrum öffentliche IT (2019) Deutschland-Index der Digitalisierung 2019. Berlin. Internet: <https://www.oeffentliche-it.de/publikationen?doc=95167&title=Deutschland-Index>

[%20der%20Digitalisierung%202019](#) (Abgerufen am 12.02.2020).

Koschatzky, K. (2002) Hochschulen im regionalen Gründungskontext. In: K. Koschatzky, M. Kulicke (Hrsg.), *Wissenschaft und Wirtschaft im regionalen Gründungskontext*: 21-36. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag.

Kriegesmann, B., M. Böttcher, T. Lippmann (2015) Wissenschaftsregion Ruhr. Wirtschaftliche Bedeutung, Fachkräfteeffekte und Innovationsimpulse der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in der Metropole Ruhr. Gutachten im Auftrag des Regionalverbands Ruhr (RVR). Essen: RVR.

Kussel, G., T. Larysch (2017) Sozial-Ökologisches Panel: Datenbeschreibung der Haushaltsbefragung. *RWI Materialien* 110. Essen: RWI.

Lach, S., M. Schankerman (1989) Dynamics of R&D and Investment in the Scientific Sector. *Journal of Political Economy* 97 (4): 880-904.

Lageman, B., C.M. Schmidt, D. Engel, M. Rothgang (2008) Der Lissabon-Prozess: Anspruch und Realität – Forschung und Entwicklung in Nordrhein-Westfalen. *RWI Schriften* 82. Berlin: Duncker & Humblot.

Leukert, B., J. Müller, M. Noga (2019) Das intelligente Unternehmen: Maschinelles Lernen mit SAP zielgerichtet einsetzen. In: *Künstliche Intelligenz*. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg: 41-62.

Levinsohn, J., A. Petrin (2003) Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables. *Review of Economic Studies* 70 (2): 317-341.

Lis, D., N. Tagalidou, K. Lingelbach, M. Spiekermann (2019) Ökosysteme für Daten und Künstliche Intelligenz. Positionspapier, München: Fraunhofer-Gesellschaft. Internet: https://www.iais.fraunhofer.de/content/dam/iais/all/doc/Positionspapier_%C3%96kosysteme_f%C3%BCr_Daten_und_K%C3%BCnstliche_Intelligenz.pdf (Abgerufen am 26.03.2021).

Lorenzo, R., N. Voigt, K. Schetelig, A. Zawadzki, I. Welp, P. Brosi (2017) *The Mix That Matters – Innovation through diversity*. Boston Consulting Group & TU München.

Lundvall, B.-Å. (1992) *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.

Magid, E., A. Pashkin, N. Simakov, B. Abbyasov, J. Suthakor, M. Svinin, F. Matsuno (2020) Artificial Intelligence Based Framework for Robotic Search and Rescue Operations Conducted Jointly by International Teams. In: Ronzhin, A.; Shishlakov, V. (eds) *Proceedings of 14th International Conference on Electromechanics and Robotics Zavalishin's Readings. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 154. Springer, Singapore

- Mairesse, J., A.K. Siu (1984) An Extended Accelerator Model of R&D and Physical Investment. *NBER Working Paper* 968.
- Mann, A., V. Dennis, A. Schleicher, H. Ekhtiari, T. Forsyth, E. Liu, N. Chambers (2020) Dream jobs? Teenagers' career aspirations and the future of work. Paris: OECD.
- Marrano, M.G., J. Haskel, G. Wallis (2009) What Happened to the Knowledge Economy? ICT, Intangible Investment, and Britain's Productivity Record Revisited. *Review of Income and Wealth* 55 (3): 686-716.
- Marshall, A. (1890) Principles of economics. London: Macmillan.
- McKinsey Global Institute (2019) Notes from the AI Frontier Tackling Europe's Gap in Digital and AI. Discussion Paper, February 2019.
- McKinsey Global Institute (2018) Notes from the frontier: Modeling the impact of AI on the World Economy. Discussion Paper, September 2018.
- McKinsey (2017) Smartening up with Artificial Intelligence - How AI will transform Germany's industrial sector. Digital/McKinsey.
- Middendorff, E., B. Apolinarski, K. Becker, P. Bornkessel, T. Brandt, S. Heißenberg, J. Poskowsky (2017) Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in Deutschland 2016. 21. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks. Durchgeführt vom Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung. Randauszählung auf Bundesländerebene. Berlin: BMBF. Internet: http://www.sozialerhebung.de/archiv/soz_21_auszaehlung (Abgerufen am 13.03.2020).
- MSB NRW – Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2020) Bildungsportal des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: MSB NRW. Internet: <https://www.schulministerium.nrw.de> (Abgerufen am 13.02.2020).
- MSB NRW – Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2019) Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht 2018/19. *Statistische Übersicht* 404. 1. Auflage. 3. Mai 2019. Düsseldorf: MSB NRW.
- Münchener Kreis (2020) Zukunftsstudie Leben, Arbeit, Bildung. Internet: https://www.muenchner-kreis.de/fileadmin/dokumente/_pdf/Zukunftsstudien/2020_Zukunftsstudie_MK_Band_VIII_Publikation.pdf (Abgerufen am 30.03.2021).
- MWIDE NRW (2021), Regionale Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- Nelson, R.R. (1993) National Innovation Systems. A Comparative Analysis. Oxford: Oxford University Press.
- Nickel, S., A.-L. Thiele, I. Leonowitsch (2020) Update 2020: Studieren ohne Abitur in Deutschland. Überblick über aktuelle Entwicklungen. *CHE gemeinnütziges Zentrum für Hochschulentwicklung Arbeitspapier* Nr. 228, Gütersloh: CHE.
- Niebel, T., M. O'Mahony, M. Saam (2017) The Contribution of Intangible Assets to Sectoral Productivity Growth in the EU. *Review of Income and Wealth* 63 (1): 49-67.
- OECD (2020) Were schools equipped to teach – and were students ready to learn – remotely? *Pisa in Focus* Nr. 108. Paris.
- OECD (2019) Germany – country note. PISA 2018 results. Paris: OECD.
- OECD (2010) Recognising non-formal and informal learning: outcomes, policies and practices. *OECD Publication* 9/4/2010. Paris: OECD.
- Olley, G.S., A. Pakes (1996) The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica* 64 (6): 1263-1297.
- Orwat, C., A. Folberth, J. Bareis, J. Jahnel, C. Wadephul (2020) Risikoregulierung der KI: normative Herausforderungen und politische Entscheidungen. KIT; ITAS.
- Peters, B., G. Licht, D. Crass, A. Kladraba (2009) Soziale Erträge der FuE-Tätigkeit in Deutschland. *Studien zum deutschen Innovationssystem* 15-2009. Berlin: EFI.
- Peters, B., P. Mohnen, M. Saam, F. Blandinières, M. Hud, B. Krieger, T. Niebel (2018) Innovationsaktivitäten als Ursache des Productivity Slowdowns? Eine Literaturstudie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.
- Plattform Industrie 4.0 (2019) KI und Robotik im Dienste der Menschen: Eine Herausgeberschrift der AG 5 – Arbeit, Aus- und Weiterbildung Plattform Industrie 4.0". Herausgegeben von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Internet: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-ki-und-robotik.pdf?__blob=publication-File&v=4 (Abgerufen am 30.03.2021).
- Psacharopoulos, G. und H.A. Patrinos (2018) Returns to investment in education: a decennial review of the global literature. *Education Economics* 26 (5): 445-458.
- PWC (2018) Auswirkungen der Nutzung von künstlicher Intelligenz in Deutschland. Report McKinsey & Company
- Rammer, C., T. Schubert (2021) Dokumentation zur Innovationserhebung 2020. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C. (2020) Auf Künstliche Intelligenz kommt es an. Beitrag von KI zur Innovationsleistung und Performance der deutschen Wirtschaft. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Rammer, C. (2019) Dokumentation zur Innovationserhebung 2018: Zusammenarbeit mit der Wissenschaft und Fachkräftebedarf. *ZEW-Dokumentation* 19-01. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C., G.P. Fernández-Barros, D. Czarnitzki (2021) Artificial Intelligence and Industrial Innovation - Evidence from

- Firm-Level Data. *ZEW Discussion Paper* (in press). Mannheim.
- Rammer, C., I. Bertschek, B. Schuck, V. Denmayr, H. Goecke (2020) Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Rammer, C., V. Behrens, T. Doherr, B. Krieger, B. Peters, T. Schubert, M. Trunschke, J. von der Burg (2020a) Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2019. Innovationsaktivitäten der Unternehmen in Deutschland im Jahr 2018, mit einem Ausblick für 2019 und 2020. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C., F. Roth, M. Trunschke (2020b) Measuring Organisation Capital at the Firm Level: A Production Function Approach. *ZEW Discussion Paper* 20-022. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C., C. Köhler (2012) Innovationen, Anlageinvestitionen und immaterielle Investitionen. *Wirtschaftspolitische Blätter* 3: 425-448.
- Rammer, C., C. Köhler, M. Murmann, A. Pesau, F. Schwiebacher, S. Kinkel, E. Kirner, T. Schubert, O. Som (2011) Innovationen ohne Forschung und Entwicklung: Eine Untersuchung zu Unternehmen, die ohne eigene FuE-Tätigkeit neue Produkte und Prozesse einführen. *Studien zum Deutschen Innovationssystem* 15-2011. Berlin: EFI.
- Ranga, M., H. Etzkowitz (2013) Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the knowledge Society. *Industry and Higher Education* 27 (3): 237-262.
- Rao, A. (2017) A Strategist's Guide to Artificial Intelligence, in: *strategy+business*, 87: 46-50.
- Rothgang, M., J. Dehio, B. Lageman (2018a) Analysing the Effects of Cluster Policy. What Can We Learn from the German "Spitzencluster-Wettbewerb"? *The Journal of Technology Transfer*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9616-6>.
- Rothgang, M., J. Dehio, R. Janßen-Timmen, J. Stiebale (2018b) Sektorfallstudien zu Determinanten der Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie, im Maschinenbau und bei den Telekommunikationsdienstleistungen. *Studien zum deutschen Innovationssystem* 9-2018. Berlin: EFI.
- RWI (2019) Bedeutung finanzieller Grundkompetenzen aus regionaler Perspektive. Gefördert durch die Dr. Josef und Brigitte-Pauli-Stiftung. RWI Projektberichte. Essen: RWI.
- RWI (2016) Ländervergleich Nordrhein-Westfalen – Indikatoren der industriellen Entwicklung. Forschungsprojekt im Auftrag der FDP-Landtagsfraktion Nordrhein-Westfalen. RWI Projektberichte. Essen: RWI.
- RWI, Difu, NEA Transport Research and Training, PRAC (2010) Second State of European Cities Report. Research Project for the European Commission, DG Regional Policy. RWI Projektberichte. Essen: RWI.
- RWI, FH Stralsund, SVW (2009) Innovationsbericht 2008 – Zur Leistungsfähigkeit des Landes Nordrhein-Westfalen in Wissenschaft, Forschung und Technologie. RWI Projektbericht. Essen RWI.
- RWI, FH Stralsund, ISG, SVW (2008) Innovationsbericht 2008 – Zur Leistungsfähigkeit des Landes Nordrhein-Westfalen in Wissenschaft, Forschung und Technologie. RWI Projektbericht. Essen RWI.
- RWI, RUFIS, SVW (2007) Innovationsbericht 2007. Zur Leistungsfähigkeit des Landes Nordrhein-Westfalen in Wissenschaft, Forschung und Technologie. RWI Projektbericht. Essen: RWI.
- RWI, SVW (2006) Innovationsbericht 2006. Zur Leistungsfähigkeit des Landes Nordrhein-Westfalen in Wissenschaft, Forschung und Technologie. RWI Projektbericht. Essen: RWI.
- RWI-GEO-GRID-POP-FORECAST (2017) Bevölkerungsprognose kleinräumig. DOI: [10.7807/pop:forecast:suf:v1](https://doi.org/10.7807/pop:forecast:suf:v1).
- RWI-GREEN-SÖP (2016) Sozial-Ökologisches Panel. DOI: [10.7807/greensoep:de:v3](https://doi.org/10.7807/greensoep:de:v3).
- Saam, M., T. Niebel (2016) Vergleich der Ausgaben für Digitalisierungsprojekte im Mittelstand mit den gesamtwirtschaftlichen IKT-Investitionen. *Dokumentation* 16-02. Mannheim: ZEW.
- Sala-i-Martin, X., G. Doppelhofer, R.I. Miller (2004) Determinants of long-term growth: a Bayesian averaging of classical estimates (BACE) approach. *American Economic Review* 94: 813-835.
- Schamp, E.W. (2000) Vernetzte Produktion. *Industriegeographie aus institutioneller Perspektive*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Schuh, S., T. Greff, F. Winter, D. Werth, A. Gebert (2020) KI-basierte Mensch-Roboter-Interaktion durch die Weiterentwicklung multifunktionaler Serviceroboter zur Unterstützung in der klinischen Pflege. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 57: 1271–1285. Springer Link.
- Schwippert, K., D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky, H. Wendt (2020) TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Seifert, I., M. Bürger, L. Wangler, S. Christmann-Budian, M. Rohde, P. Gabriel, G. Zinke (2018) Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PaiCE — Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering. Berlin: iit - Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation und Technik GmbH.

- Spitz-Oener, A. (2006) Technical change, job tasks and rising education demands. *Journal of Labour Economics* 24 (2): 235-270.
- Statistik Berlin-Brandenburg (2019) Wanderungen im Land Brandenburg 2018. Statistischer Bericht A III 2 – j / 18. Potsdam: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg.
- Statistikportal des Bundes und der Länder (2020) Bevölkerung. Räumliche Bevölkerungsbewegung. Internet: [statistikportal.de/de/bevoelkerung/flaechen-und-bevoelkerung](https://www.statistikportal.de/de/bevoelkerung/flaechen-und-bevoelkerung); [statistikportal.de/de/bevoelkerung/raeumliche-bevoelkerungsbewegung/wanderungen-ueber-die-grenzen-der-bundeslaender](https://www.statistikportal.de/de/bevoelkerung/raeumliche-bevoelkerungsbewegung/wanderungen-ueber-die-grenzen-der-bundeslaender) (Abgerufen am 25.03.2020).
- Statistikportal des Bundes und der Länder (2020a) Wanderungen über die Grenzen der Bundesländer, Internet: <https://www.statistikportal.de/en/node/130> (Abgerufen am 05.01.2021).
- Steier, A., A. Duisberg (2018) Datenschutz und rechtlicher Rahmen. *Digitale Welt* 2: 45–48.
- Stubbe, J., J. Mock, S. Wischmann (2019) Akzeptanz von Servicerobotern: Tools und Strategien für den erfolgreichen betrieblichen Einsatz. Kurzstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm PaiCE. Herausgegeben vom Institut für Innovation und Technik in der VDI / VDE Innovation + Technik GmbH. Internet: https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/PaiCE_Servicerobotik_Studie.pdf?__blob=publication-file&v=6 (Abgerufen am 30.03.2021).
- Suchanek, A. (2020) CDR: primum non nocere. In: Bertelsmann-Stiftung, Wittenberg-Zentrum für Globale Ethik: Unternehmensverantwortung im Globalen Wandel. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.
- SV Wissenschaftsstatistik (2017) A:REN'DI Analysen. Essen: SVW.
- SV Wissenschaftsstatistik (2019) A:REN'DI Zahlenwerk. Essen: SVW.
- Tabarelli, W. (2019) Transformation des Geschäftsmodells Versicherung: Von der Tradition in neue Welten, in: *Handbuch Versicherungsmarketing*. Springer, Berlin, Heidelberg: 279-290.
- Tagesspiegel (2020) Erst 20 Millionen Euro bewilligt. Der Digitalpakt für Schulen kommt kaum voran. *Tagesspiegel* vom 23.01.2020. Berlin: Verlag Der Tagesspiegel.
- Tamm, M. (2018) Training and changes in job tasks. *Economics of Education Review* 67: 137-147.
- TechnikRadar – Acatech; Körber-Stiftung (2019) TechnikRadar 2019. Was die Deutschen über Technik denken. Verfügbar unter: <https://www.acatech.de/publikation/technikradar-2019/>, (Abgerufen am 11.03.2019).
- Trippel, M., F. Tödting (2011) Regionale Innovationssysteme und Wissenstransfer im Spannungsfeld unterschiedlicher Näheformen. In: O. Ibert, K.-J. Kujath (Hrsg.), *Räume der Wissensarbeit. Zur Funktion von Nähe und Distanz in der Wissensökonomie*. Wiesbaden: 155-169.
- Uyarra, E. (2008) The impact of universities on regional innovation: a critique and policy implications. *Manchester Business School Working Paper* 564. University of Manchester.
- Van den Berghe, H., J.A. Houben, R.E. de Bruin, H.F. Moed, A. Kint, M. Luwel, E.H. Spruyt (1998) Bibliometric indicators of university research performance in Flanders. *Journal of the American Society for Information Science* 49 (1): 59-67.
- VGR der Länder (2020a) Bruttoanlageinvestitionen in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2018. Berechnungsstand: August 2020. Reihe 1, Länderergebnisse Band 3. Stuttgart: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. Internet: <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl/publikationen> (Abgerufen am 23.01.2021).
- VGR der Länder (2020b) Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2019. Berechnungsstand: August 2019/Februar 2020. Reihe 1, Länderergebnisse Band 1. Stuttgart: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. Internet: <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl/publikationen> (Abgerufen am 23.01.2021).
- VGR der Länder (2019) Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2018. Reihe 1, Länderergebnisse Band 1. Stuttgart: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.
- Vick, T. E., M. Robertson (2018) A systematic literature review of UK university-industry collaboration for knowledge transfer: A future research agenda. *Science and Public Policy* 45 (4), 579-590.
- von Lucke, J., J. Etscheid (2020) Künstliche Intelligenz im öffentlichen Sektor, in: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 57: 60–76.
- Wahlster, W. (2017) Künstliche Intelligenz als Grundlage autonomer Systeme. *Informatik Spektrum* 40 (5): 409-418. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Warnecke, C. (2018) New Survey Data on the Role of Universities in the German Regional Innovation System. *Journal of Economics and Statistics* 238 (6): 601-608.
- Warnecke, C. (2016) Universitäten und Fachhochschulen im regionalen Innovationssystem. Bochum: Universitätsverlag Brockmeyer.
- Warnke, P. et al. (2016) Opening up the Innovation System Framework towards new Actors and Institutions. *Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis*. Karlsruhe: ISI.

- Wennker, P. (2020) Künstliche Intelligenz in der Industrie. In: Künstliche Intelligenz in der Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Werning, E., V. Wittberg, C. Sandoval, L. Mascheck (2018) Digitalisierungsindex von KMU in NRW. Digitalisierungsstand in den Branchen Industrie, industrienaher Dienstleistungen und Handwerk. Münster: Sparkassenverband Westfalen-Lippe.
- Willrich, S. (2018) Von der Theorie in die Praxis. In: Corporate Digital Responsibility. Smart-Data Begleitforschung. FZI Forschungszentrum Informatik, Außenstelle Berlin.
- Wolf, T., U. Cantner, H. Graf, M. Rothgang (2019) Cluster ambidexterity towards exploration and exploitation: strategies and cluster management. *The Journal of Technology Transfer* 44 (6): 1840-1866.
- Zahra, S. A., G. George (2002) Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization, and Extension. *Academy of Management Review* 27 (2): 185-203.
- Zhang, L. (2009) A value-added estimate of higher education quality of US states. *Education Economics* 17 (4): 469-489.
- Zou, T., G. Ertug, G. George (2018) The capacity to innovate: a meta-analysis of absorptive capacity. *Innovation* 1-35.

8. Anhang: Inhaltliche und Methodische Erläuterungen

8.1 Sonderauswertung des Mannheimer Innovationspanels

Das Mannheimer Innovationspanel (MIP) des ZEW ist die offizielle deutsche Innovationserhebung und der deutsche Beitrag zu der von Eurostat koordinierten Gemeinsamen Europäischen Innovationserhebung (Community Innovation Survey - CIS) und wird im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und in Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) und dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) durchgeführt. Die jährliche Erhebung zielt auf alle Unternehmen in Deutschland mit mindestens fünf Beschäftigten, die ihren wirtschaftlichen Schwerpunkt in der Industrie (Wirtschaftszweige 5 bis 39 der WZ 2008) oder in den überwiegend unternehmensorientierten Dienstleistungsbranchen (Wirtschaftszweige 46, 49-53, 58-66, 69, 70.2, 71-74, 78-82) haben.

Das MIP ist als eine Panelerhebung konzipiert, d.h. es wird jedes Jahr die gleiche Stichprobe von Unternehmen befragt. Den Ziehungsrahmen (Grundgesamtheitszahlen) bildet das Unternehmensregister des Statistischen Bundesamts. Ziehungspool des MIP ist das Mannheimer Unternehmenspanel (MUP). Um für das Ausscheiden von Unternehmen aus der Panelstichprobe aufgrund von Schließungen, Unterschreiten der Beschäftigungsschwelle oder Branchenwechsel zu kompensieren, wird die Stichprobe alle zwei Jahre aufgefrischt. Dabei werden neu gegründete Unternehmen entsprechend ihres Gewichts in der Grundgesamtheit berücksichtigt.

Die Innovationserhebung wird abwechselnd als „Langerhebung“ (in Jahren eines CIS, mit zusätzlichen Fragen zu innovationsrelevanten Rahmenbedingungen) und als „Kurzerhebung“ (nur Fragen zu den Kernindikatoren des Innovationsverhaltens) durchgeführt. Die Erhebung 2018 war eine Kurzerhebung. Die der Innovationserhebung zugrundeliegenden Definitionen und Messkonzepte entsprechen den Empfehlungen, die von OECD und Eurostat für die Erhebung und Interpretation von Innovationsdaten im "Oslo-Manual" niedergelegt sind. Der Fragebogen orientiert sich eng an dem harmonisierten CIS Fragebogen. Die Erhebung wird als eine schriftliche Befragung mit Online-Antwortmöglichkeit durchgeführt.

Der Stichprobenumfang des MIP beträgt für Langerhebungen derzeit ca. 35.000 Unternehmen und für Kurzerhebungen ca. 24.000 Unternehmen. Angaben zu den Innovationsaktivitäten von ca. 13.000 bis 14.000 Unternehmen fließen jedes Jahr in die Branchen, Größenklassen und Regionen (West- und Ostdeutschland) hochgerechneten Ergebnisse ein.

Ergebnisse für einzelne Bundesländer können aus dem MIP nicht direkt gewonnen werden, da die Stichprobe nicht nach

Bundesländern geschichtet ist. Für einzelne Bundesländer (aktuell: Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg, Sachsen) wird in deren Auftrag eine Zusatzstichprobe gezogen, sodass die Gesamtstichprobe der Unternehmen aus dem jeweiligen Bundesland repräsentativ für die Wirtschaftsstruktur des jeweiligen Landes ist.

Für die Ermittlung von Innovationsindikatoren zu nordrhein-westfälischen Unternehmen für den Innovationsbericht Nordrhein-Westfalen wird aus Zeit- und Kostengründen auf den Einsatz einer Zusatzstichprobe verzichtet. Stattdessen werden auf Basis der Beobachtungen zu nordrhein-westfälischen Unternehmen in der Hauptstichprobe des MIP landesspezifische Hochrechnungsfaktoren für die nordrhein-westfälischen Unternehmen in der MIP-Stichprobe ermittelt.

Hierzu wird eine Sonderauswertung des Unternehmensregisters Nordrhein-Westfalen zur Anzahl der Unternehmen und Beschäftigten sowie zur Höhe des Umsatzes im Berichtskreis der Innovationserhebung durch das Statistische Landesamt in Auftrag gegeben. Diese Vorgehensweise ist methodisch deshalb zulässig, da die nordrhein-westfälischen Unternehmen in der Hauptstichprobe des MIP geschichtet nach Branchen und Größenklassen zufällig gezogen wurden. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Beobachtungen zu nordrhein-westfälischen Unternehmen liegt je Erhebungswelle zwischen 2.100 und 2.300 und ist ausreichend groß, um hinreichend genaue Ergebnisse für den Unternehmenssektor Nordrhein-Westfalens insgesamt zu ermitteln. Eine Differenzierung nach Branchengruppe oder Größenklassen ist aufgrund des Stichprobenumfangs allerdings nicht möglich.

Für den vorliegenden Indikatorenbericht werden die Ergebnisse der Innovationserhebung für die ungeraden Erhebungsjahre 2011 bis 2019 genutzt. Dadurch stehen für fünf Berichtsjahre (2010, 2012, 2014, 2016, 2018) Werte für Innovationsindikatoren zur Verfügung. Diese werden den Werten für Deutschland insgesamt sowie für folgende Vergleichsregionen gegenübergestellt: Bayern, Baden-Württemberg, sonstige westdeutsche Länder, ostdeutsche Länder (inkl. Berlin). Die Werte für Bayern und Baden-Württemberg werden auf Basis desselben Vorgehens wie für Nordrhein-Westfalen ermittelt, d.h. es werden auf Basis einer Sonderauswertung des Unternehmensregisters landesspezifische Hochrechnungsfaktoren für die Unternehmen dieser beiden Länder.

Werte für die ostdeutschen Länder liegen bereits aus der Haupterhebung des MIP vor. Werte für die sonstigen westdeutschen Länder ergeben sich aus der Differenz zwischen dem gesamtdeutschen Wert und den Werten für Nordrhein-Westfalen, Bayern, Baden-Württemberg und den ostdeutschen Ländern. Eine weitere Differenzierung der sonstigen westdeutschen Länder ist aufgrund der geringen Beobachtungszahlen je Land nicht sinnvoll.

8.2 Mannheimer Unternehmenspanel

Das **Mannheimer Unternehmenspanel** (MUP) ist deutschlandweit die umfangreichste Mikrodatenbasis von Unternehmen (Bersch et al., 2014b). Zweimal jährlich übermittelt Creditreform einen Komplettabzug seiner umfangreichen Datenbank zur Nutzung für wissenschaftliche Zwecke an das ZEW. Die Speicherung der einzelnen Querschnitte als Panel ermöglicht auch Längsschnittanalysen. Das MUP bildet die Grundgesamtheit der Unternehmen in Deutschland ab – inklusive Kleinstunternehmen und selbstständiger Freiberufler.

Die statistische Einheit des MUP ist das rechtlich selbstständige Unternehmen. Creditreform erfasst alle Unternehmen in Deutschland, die in einem „ausreichenden Maße“ wirtschaftsaktiv sind. Um die Unternehmensdaten für die Nutzung als analysefähiges Panel und insbesondere für die Bestimmung der jährlichen Gründungs- und Schließungszahlen nutzbar zu machen, durchlaufen die Daten am ZEW verschiedene Aufbereitungsprozesse: Bereinigung um Fehleinträge, Identifizierung von Mehrfacherfassungen, Ermittlung des Existenzstatus, Zuordnung zur Hochtechnologiesystematik und der Wissensintensitätssystematik (Gehrke et al. 2013).

Die Datenbank enthält nach Entfernen der Fehleinträge derzeit Informationen zu knapp 8,4 Millionen Unternehmen. Aktuell sind davon ca. 3 Millionen deutschlandweit im Markt aktiv, also „lebend“ - rund 700.000 von ihnen mit Standort in Nordrhein-Westfalen.

8.3 RWI/CEIT-Hochschul- und -Institutsbefragung 2019/20

Im Rahmen des Innovationsberichts NRW sind zwei Online-Befragungen durchgeführt worden:

- Befragung 1: Deutschlandweite Befragung von Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern
- Befragung 2: Deutschlandweite Befragung von Angehörigen der außeruniversitären Forschungseinrichtungen

Die technische Durchführung der Befragung erfolgte über das Forschungsdatenzentrum Ruhr (FDZ-Ruhr) des RWI. Als Onlineumfragen-Tool ist Onlineumfragen.com genutzt worden.

Das Ziel der Befragungen war, das Transfergeschehen an Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vergleichend zu beschreiben, wobei der Fokus auf den Transferaktivitäten mit der Wirtschaft lag (im Vergleich zu Transferaktivitäten zwischen Hochschulen untereinander oder mit Forschungseinrichtungen). Zudem war die Nutzung der Möglichkeiten von Informations- und Kommunikationstechnologien an den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen Gegenstand der Befragungen. Neben institutionellen Unterschieden wurden insbesondere solche auf der Ebene der Bundesländer identifiziert.

Im MUP werden Gründungen zu wissens- und technologieintensiven Branchen zugeordnet. Zum einen wird der Hightech-Sektor abgegrenzt. Er umfasst Wirtschaftszweige mit einer hohen Innovationsneigung und wird unterteilt in die Hightech-Industrie und die Hightech-Dienstleistungen:

- Die **Hightech-Industrie** umfasst alle Branchen des verarbeitenden Gewerbes, bei denen der Anteil der FuE-Ausgaben am Umsatz im Branchendurchschnitt mindestens 2,5 Prozent beträgt.
- **Hightech-Dienstleistungen** umfassen Dienstleistungen mit einem stark technologischen Fokus wie Telekommunikationsdienstleistungen, Datenverarbeitung, Software, FuE-Dienstleistungen sowie Architektur- und Ingenieurbüros.

Zum anderen wird die Gruppe der **wissensintensiven Dienstleistungen** abgegrenzt. Sie bezeichnet Dienstleistungsbranchen, die hohe Anteile von Akademikern bei den Beschäftigten aufweisen, aber nicht Teil der Hightech-Dienstleistungen sind. Dazu zählen Unternehmensberatungen, nicht natur- oder technik-wissenschaftliche FuE sowie Werbungs- und Marketingdienstleister.

Befragung 1 wurde als deutschlandweite Online-Befragung im Herbst 2019 durchgeführt. Methodisch angelehnt war diese Befragung an die bereits im Jahr 2013 von Christian Warnecke im Rahmen seiner Dissertation durchgeführte deutschlandweite Befragung von Hochschullehrerinnen und Hochschullehrern (Warnecke 2016), die insgesamt einen Rücklauf von exakt 7.500 erzielte. Ziel der damaligen Befragung war es die Positionierung von Universitäten und Fachhochschulen im regionalen Innovationssystem zu untersuchen, dies beinhaltete insbesondere die Intensität der Nutzung der einzelnen Transferkanäle sowie die räumliche Distanz, die bei den jeweiligen Transferkanälen zu überbrücken ist. Tiefergehende Informationen zur Befragung aus dem Jahr 2013 finden sich in Warnecke (2016) bzw. Warnecke (2018).

Insgesamt wurde bei der aktuellen Befragung 54.861 Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren aus ganz Deutschland kontaktiert. Bezogen auf diejenigen, welche die Befragung zumindest begonnen haben, liegt der Rücklauf bei 7.653 Personen (knapp 13,9%). Die Kontaktdaten für die Befragung der Professorinnen und Professoren an den Universitäten stammt aus der Online-Datenbank Kürschners Deutscher Gelehrten-Kalender. Im Gelehrten-Kalender sind über

75.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit Lehrbefugnis, die an einer Hochschule im deutschsprachigen Raum tätig sind, weitestgehend mit E-Mail-Adresse verzeichnet. Beim überwiegenden Teil handelt es sich um Professorinnen und Professoren.

Die Kontaktdaten für die Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen stammt, da diese im Gelehrten-Kalender nicht verzeichnet sind, aus dem Hochschullehrerverzeichnis 2013 (Band 2), Fachhochschulen in Deutschland. Während das Hochschullehrerverzeichnis für die Universitäten fortgeführt wird und ab Juni bereits die Auflage für 2020 erscheint, wird das Hochschullehrerverzeichnis 2013 (Band 2), nicht mehr aktualisiert. Aus diesem Grund sind weitere Kontaktdaten betreffend der Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen auf Basis der Internetseiten der jeweiligen Hochschulen zusammengetragen und dem Kontaktdatenatz der Fachhochschulen hinzugefügt worden.

Die Ergebnisse der Befragung im vorliegenden Bericht basieren aber nicht auf dem vollständigen Rücklauf, sondern auf ein Subset des Gesamtrücklaufs. In dieses Subset sind die Professorinnen und Professoren mit Honorarprofessur, emeritierte Hochschullehrer sowie Hochschullehrer ohne Professorentitel nicht einbezogen worden. Außerdem exkludiert worden sind die Vertreter der kirchlichen und pädagogischen Hochschulen. Der Tabelle 8.1 kann entnommen werden welcher Hochschultyp in der Analyse zu den Universitäten und welcher zu den Fachhochschulen gezählt worden ist. Insgesamt sind 5.224 Fälle in die Analyse für diesen Bericht einbezogen worden, wovon 3.420 auf die Universitäten und 1804 auf die Fachhochschulen entfallen.

Hinweis: Der Gesamtrücklauf beinhaltet deswegen auch Hochschullehrerinnen und -lehrer ohne Professorentitel, siehe Ausführungen oben zum Gelehrten-Kalender, da diese im Vorfeld nicht aus den Kontaktdaten herausgefiltert worden sind, um diesen Rücklauf für spätere Analysen verwenden zu können. Für die vorliegende Betrachtung ist die Einbeziehung aber als nicht sinnvoll erachtet worden, da sich diese Gruppe deutlich von den Professorinnen und Professoren unterscheidet. Ebenso ist auch bei der Befragung im Jahr 2013 verfahren worden.

Befragung 2, die Befragung der Institutsangehörigen, fand im Frühjahr 2020 statt. Durch die Befragung der Institutsangehörigen konnte gegenüber der Befragung im Jahr 2013 ein vollständigeres Bild des öffentlichen Forschungssystems gewonnen werden, da die damalige Befragung sich lediglich auf die Universitäten und Fachhochschulen konzentrierte. Kontaktiert worden sind Vertreter der außeruniversitären Forschungseinrichtungen (Fraunhofer, Helmholtz, Landesinstitute, Leibniz, Max-Planck, ZUSE). Die kontaktierte Personengruppe an den Instituten waren vorwiegend die Leiterinnen und Leiter der Institute und Abteilungen.

Für Befragung 2 ist der Fragebogen, der an die Hochschulprofessorinnen und Hochschulprofessoren gesandt worden ist, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten, verwendet worden, allerdings leicht angepasst, um die Spezifika der außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu berücksichtigen. Bei den außeruniversitären Forschungseinrichtungen konnte insgesamt ein Rücklauf von 588 bei insgesamt 3.342 kontaktierten Personen und einer Erinnerungsemail erzielt werden (Rücklaufquote: 17,6%). Die Kontaktdaten sind auf Basis der Internetseiten der Institute zusammengetragen worden.

Auch bei den Instituten ist nicht der vollständige Rücklauf verwendet worden, sondern für die Auswertungen ebenfalls ein Subset des Gesamtrücklaufs. Nicht berücksichtigt worden sind für die vorliegende Analyse die Befragungsteilnehmer, die bei Institutsgruppe „sonstiges“ angegeben haben, sowie diejenigen die emeritiert bzw. im Ruhestand sind. Dieses Subset umfasst 477 Personen.

Die Befragungsteilnehmer hatten die Möglichkeit anzugeben, ob sich ihre Antworten auf die Forschungseinrichtung insgesamt bzw. auf die Abteilung beziehen. In Abhängigkeit von der jeweiligen Frage sind bei der Auswertung entweder die Antworten verwendet worden, die sich auf die Forschungseinrichtung insgesamt bzw. auf die Abteilung beziehen. Bei der Auswertung sind auch bei einigen Fragen beide Bezugsgrößen zusammengefasst worden, wo dies sinnvoll war.

Tab. 8.1: Zusammensetzung des Subsets

Hochschultyp	Uni	FH	Sonstige	Gesamt
Universität (Privat)	72	0	0	72
Medizinische Universität	46	0	0	46
Universität (Land)	3.258	0	0	3.258
Universität (Bund)	44	0	0	44
Pädagogische Hochschule	0	0	57	57
Kirchliche Hochschule	0	0	22	22
Fachhochschule (Privat)	0	142	0	142
Fachhochschule (Land)	0	1.661	0	1.661
Verwaltungsfachhochschule (Land)	0	1	0	1
	3.420	1.804	79	5.303

Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

8.4 Regressionsergebnisse: Einflussfaktoren des Gründungsgeschehens in Hochschulen

Tab. 8.2: Regressionsergebnisse: Einflussfaktoren von (forschungintensiven) Hochschulgründungen

Variablen	alle Spinoffs	forschungsintensive Spinoffs
	Deutschland dydx	Deutschland dydx
gender	-0,056*** (0,014)	-0,036*** (0,009)
berufserfahrung	0,053*** (0,139)	-0,003 (0,008)
anwbforsch	0,032 (0,014)	0,011 (0,009)
publikationen	0,0004 (0,0002)	0,0002 (0,0001)
hochschule_uni_fh	0,009 (0,015)	0,029** (0,009)
mitarbeiteranzahl	0,004*** (0,0002)	0,001** (0,0004)
patent	0,155*** (0,020)	0,108*** (0,016)
NRW	-0,015 (0,014)	0,004 (0,009)
<i>Altersgruppen (Referenzgruppe: < 35 Jahre)</i>		
35-44 Jahre	0,014 (0,083)	-0,004 (0,056)
45-54 Jahre	0,034 (0,083)	0,024 (0,063)
55-64 Jahre	0,037 (0,082)	0,016 (0,061)
Ab 65 Jahre	0,066 (0,091)	0,052 (0,079)
<i>Forschungsschwerpunkt (Referenzgruppe: Geisteswissenschaften. und Kunst, Kunstwissenschaften.)</i>		
Rechts-, Wirtschafts-, Sozialwissenschaften	0,094*** (0,028)	0,029 (0,021)
Mathematik, Naturwissenschaften	-0,025 (0,026)	0,012 (0,019)
Humanmedizin, Gesundheitswissenschaften	0,007 (0,029)	0,011 (0,021)
Agrar-, Forst-, Ernährungswissenschaften	0,036 (0,048)	0,006 (0,029)
Ingenieurwissenschaften	0,097*** (0,028)	0,066** (0,021)
Pseudo-R ²	0,0876	0,1301
Zahl der Beobachtungen	3951	3939

Eigene Berechnungen. Robuste Probit,-Schätzungen (Programm: Stata). Koeffizienten geben marginale Effekte wieder. Standardabweichungen in Klammern. ***/**/* = Irrtumswahrscheinlichkeit < 10/5/1 %.

Tab. 8.3 Variablendefinitionen

Variablenname	Definition	
Alle Gründungen	Lehrstuhl-Spin-Offs des Lehrstuhls in den vergangenen fünf Jahren	Dummy
Forschungsintensive Gründungen	Forschungsintensive Lehrstuhl-Spin-Offs des Lehrstuhls in den vergangenen fünf Jahren	Dummy
gender	Geschlecht weiblich	Dummy
alter1	Altersgruppe bis 34 Jahre	Dummy
alter2	Altersgruppe 35 Jahre bis 44 Jahre	Dummy
alter3	Altersgruppe 45 Jahre bis 54 Jahre	Dummy
alter4	Altersgruppe 55 Jahre bis 64 Jahre	Dummy
alter5	Altersgruppe ab 65 Jahre	Dummy
berufserfahrung	Berufserfahrung außerhalb der Hochschule > 10 Jahre	Dummy
patent	Patent in den letzten 5 Jahren	Dummy
anwbforsch	Anwendungsbezug der eigenen Forschung eher anwendungsorientiert bzw. stark anwendungsorientiert	Dummy
mitarbeiteranzahl	Anzahl wissenschaftlicher Mitarbeiter im Durchschnitt der letzten 5 Jahre	kontinuierlich
publikationen	Anzahl wissenschaftlicher Publikationen in den letzten 5 Jahren	kontinuierlich
NRW	Bundesland Nordrhein-Westfalen	Dummy
hochschule_uni_fh	Hochschule der gegenwärtigen primären Tätigkeit ist eine Universität	Dummy
forschschwerp1	Forschungsschwerpunkt Geisteswissenschaften	Dummy
forschschwerp2	Forschungsschwerpunkt Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	Dummy
forschschwerp3	Forschungsschwerpunkt Mathematik, Naturwissenschaften	Dummy
forschschwerp4	Forschungsschwerpunkt Humanmedizin, Gesundheitswissenschaften	Dummy
forschschwerp5	Forschungsschwerpunkt Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften	Dummy
forschschwerp6	Forschungsschwerpunkt Ingenieurwissenschaften	Dummy
forschschwerp7	Forschungsschwerpunkt Kunst, Kunstwissenschaften	Dummy

Eigene Darstellung

8.5 KI-Einrichtungen in NRW an Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen

Tab. 8.4

KI-Einrichtungen und -Institute an den Universitäten in NRW

Einrichtung	Universität	Ort	Schwerpunkt	Link
Fachgruppe Informatik	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH)	Aachen	Grundlagenforschung, Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Sprach- und Textverstehen, Bilderkennung und -verstehen, Spiele und vermischte Realität	https://www.informatik.rwth-aachen.de/cms/~mxz/Informatik/
Fachgruppe 7.4	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH)	Aachen	Rechtliche und gesellschaftliche Aspekte der KI	https://www.philosophische-fakultaet.rwth-aachen.de/cms/~hqc/Philosophie/
IMA & IfU Cybernetics Lab	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH)	Aachen	Intelligente Maschinen und Sensoren, Robotik und autonome Systeme	https://www.maschinenbau.rwth-aachen.de/cms/~gxo/Maschinenbau/
Institut für Unternehmenskybernetik e.V.	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH)	Aachen	Robotik, Datenerfassung und -verarbeitung, autonome Systeme, maschinelles Lernen	https://ifu.rwth-aachen.de/research/
Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH)	Aachen	Industrie 4.0, automatisierte Datenanalyse	https://www.ikv-aachen.de/
Technische Fakultät	Universität Bielefeld	Bielefeld	Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Spiele und vermischte Realität, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme	https://www.uni-bielefeld.de/(de)/technische-fakultaet/
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften	Universität Bielefeld	Bielefeld	Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.uni-bielefeld.de/fakultaeten/wirtschaftswissenschaften/
Lehrstuhl für Mathematik & Informatik	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Grundlagenforschung	https://www.ruhr-uni-bochum.de/lmi/
Institut für Kommunikationsakustik	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.ruhr-uni-bochum.de/ika/
Institut für Werkstoffe	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Intelligente Maschinen und Sensoren, Grundlagenforschung	http://www.iw.rub.de/
Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS)	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Intelligente Maschinen und Sensoren, Grundlagenforschung	http://www.icams.de/content/

Institut für Neuroinformatik (INI)	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Wissen und Inferenz, Bilderkennung und -verstehen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Robotik und autonome Systeme	https://www.ini.rub.de/
Horst-Görtz-Institut für IT-Sicherheit (mit Exzellenzcluster CASA)	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Kryptographie und IT-Sicherheit: Kryptographie, eingebettete Sicherheit, sichere Systeme, Benutzerfreundlichkeit	https://hgi.rub.de/
Center for Advanced Internet Studies (CAIS) GmbH	Ruhr-Universität Bochum (RUB)	Bochum	Digitale Transformation	https://www.cais.nrw/
Institut für Informatik	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn	Bonn	Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Spiele und vermischte Realität, Grundlagenforschung Sprach- und Textverstehen, Bilderkennung und -verstehen	https://www.informatik.uni-bonn.de/en
Institut für Geodäsie	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn	Bonn	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Sprach- und Textverstehen	https://www.igg.uni-bonn.de/de/institut
Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz (8)	Technische Universität Dortmund (TU Dortmund)	Dortmund	Grundlagenforschung, Sprach- und Textverstehen, Intelligente Maschinen und Sensoren, Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Semantic Web, Data Mining, NLP, Smart Cities	https://www-ai.cs.tu-dortmund.de/index.html.de
Lehrstuhl für Data Science & Data Engineering (9)	Technische Universität Dortmund (TU Dortmund)	Dortmund	Knowledge Discovery	http://ls9-www.cs.tu-dortmund.de/
Lehrstuhl Informatik für Computergraphik (7)	Technische Universität Dortmund (TU Dortmund)	Dortmund	Intelligente Maschinen und Sensoren, Bilderkennung und -verstehen	https://graphics.cs.tu-dortmund.de/
Lehrstuhl für Algorithm Engineering (11)	Technische Universität Dortmund (TU Dortmund)	Dortmund	Spiele und vermischte Realität, Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://ls11-www.cs.tu-dortmund.de/mutzel/start
Abteilung Informatik und angewandte Kognitionswissenschaften	Universität Duisburg-Essen	Duisburg	Bilderkennung und -verstehen, Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Wissen und Inferenz, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme	https://www.uni-due.de/iw/inko/de/lehstuhl.php

Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik (ICB)	Universität Duisburg-Essen	Duisburg	Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Spiele und vermischte Realität, Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.icb.wiwi.uni-due.de/
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (HHU)	Düsseldorf	Rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Sprach- und Textverstehen, Bilderkennung und -verstehen, Intelligente Maschinen und Sensoren, Wissen und Inferenz	https://www.math-nat-fak.hhu.de/
Fakultät für Mathematik und Informatik	FernUniversität Hagen	Hagen	Grundlagenforschung, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Bilderkennung und -verstehen, Wissen und Inferenz	https://www.fernuni-hagen.de/mi/
Institut für Wirtschaftsinformatik	Universität zu Köln	Köln	Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://wirtschaftsinformatik.uni-koeln.de/en
Institut für Informatik	Westfälische Wilhelms-Universität Münster (WWU)	Münster	Bilderkennung und -verstehen, Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.uni-muenster.de/Informatik/
Institut für Informatik	Universität Paderborn	Paderborn	Grundlagenforschung, Sprach- und Textverstehen, Bilderkennung und -verstehen	https://cs.uni-paderborn.de/institut/institut-informatik/
Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik	Universität Paderborn	Paderborn	Bilderkennung und -verstehen, Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren	http://getwww.uni-paderborn.de/
Fakultät 3 - Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsrecht	Universität Siegen	Siegen	Robotik, Datenerfassung und -verarbeitung, autonome Systeme, maschinelles Lernen, Cyber-physische Systeme (CPS), Einsatz künstlicher Intelligenz, Neuro-Adaptive Systeme (Emotion und Kognition)	https://www.wiwi.uni-siegen.de/dekanat/forschung/kp-winfo.html?lang=de
Departments Elektrotechnik und Informatik	Universität Siegen	Siegen	computer vision, machine learning	https://www.vsa.informatik.uni-siegen.de/
Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik	Bergische Universität Wuppertal	Wuppertal	Deep Learning, Machine Learning, Data Analytics, Information Retrieval, Knowledge Management, Information Visualization, Visual Analytics, Media Engineering, Machine Data Mining, AI	https://fk6.uni-wuppertal.de/de/artificial-intelligence-data-and-media-engineering.html

Tab. 8.5

KI-Einrichtungen und -Institute an den Fachhochschulen in NRW

Einrichtung	Fachhochschule	Ort	Schwerpunkt	Link
Labor für elektrische Messtechnik und Prozessdatenverarbeitung	Fachhochschule Aachen (FH Aachen)	Aachen	Intelligente Maschinen und Sensoren, Robotik und autonome Systeme	https://www.fh-aachen.de/menschen/muehl
Competence Center Optimized Systems	Fachhochschule der Wirtschaft	Bergisch Gladbach	Evolutionäre Algorithmen, Selbstorganisierende Systeme, Künstliche Intelligenz	https://www.fhdw.de/de/Forschung/Kompetenzzentren/CompetenceCenter-Optimized-Systems.html
Institut für Systemdynamik und Mechatronik	Fachhochschule Bielefeld (FH Bielefeld)	Bielefeld	Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.fh-bielefeld.de/isym
AKISRuhr - Institut für Angewandte Künstliche Intelligenz und Data Science Ruhr	Hochschule Bochum	Bochum	Robotik und Industrie 4.0, Autonomes Fahren und intelligente Mobilität, Nachhaltigkeit, Wasser und Umwelt	https://www.hn-nrw.de/neues-institut-fuer-ki/
Institut für Automatisierung und Industrie 4.0	Hochschule Bochum (BO)	Bochum	Intelligente Maschinen und Sensoren, Robotik und autonome Systeme	https://www.hochschule-bochum.de/fbe/fachgebiete/institut-fuer-automatisierung-und-industrie-40/
Institut für Informatik	Hochschule Bochum (BO)	Bochum	Intelligente Maschinen und Sensoren, Robotik und autonome Systeme	https://www.hochschule-bochum.de/fbe/fachgebiete/institut-fuer-informatik/
Institut für Informatik	Hochschule Ruhr West (HRW)	Bottrop	Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme	https://www.hochschule-ruhr-west.de/forschung/forschung-in-den-instituten/institut-informatik/
Forschungsschwerpunkt „intelligent Business Information Services“ (iBIS)	Fachhochschule Dortmund (FH Dortmund)	Dortmund	Rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.fh-dortmund.de/projekte/intelligent-business-information-services.php
Labor für Informationstechnik	Fachhochschule Dortmund (FH Dortmund)	Dortmund	Intelligente Maschinen und Sensoren, Bilderkennung und -verstehen, Robotik und autonome Systeme	https://www.fh-dortmund.de/labore/labore-fuer-informationstechnik.php
Institut für Kommunikationstechnik	Fachhochschule Dortmund (FH Dortmund)	Dortmund	Intelligente Maschinen und Sensoren, Bilderkennung und -verstehen, Robotik und autonome Systeme	https://www.fh-dortmund.de/labore/das-institut-fuer-kommunikationstechnik-fh-dortmund.php
Fachbereich Elektro- & Informationstechnik	Hochschule Düsseldorf (HSD)	Düsseldorf	Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://ei.hs-duesseldorf.de/

Einrichtung	Fachhochschule	Ort	Schwerpunkt	Link
Fachbereich Elektrotechnik und Angewandte Naturwissenschaften	Westfälische Hochschule (WH)	Gelsenkirchen	Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.w-hs.de/elektrotechnik-naturwissenschaften/elektrotechnik-und-angewandte-naturwissenschaften/
Fachbereich Informatik und Kommunikation	Westfälische Hochschule (WH)	Gelsenkirchen	Wissen und Inferenz, Spiele und vermischte Realität	https://www.w-hs.de/informatik-und-kommunikation/der-fachbereich/
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik	Fachhochschule Südwestfalen	Hagen	Bilderkennung und -verstehen, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.fh-swf.de/de/ueber_uns/standorte_4/hagen_4/fb_ei_3/index.php
Department 1 Hamm	Hochschule Hamm-Lippstadt (HSHL)	Hamm	Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Spiele und vermischte Realität, Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.hshl.de/hochschule-hamm-lippstadt/zentrale-einrichtungen/departments/department-hamm-1/
Institut für Computer Science, Vision and Computational Intelligence (CV & CI)	Fachhochschule Südwestfalen	Iserlohn	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Intelligente Maschinen und Sensoren, Bilderkennung und -verstehen	https://www.fh-swf.de/de/forschung__transfer_4/institute_2/institute_1/_cv_ci_institut_fuer_computer_science_vision_and_computational_intelligence/index.php
Fakultät Technologie und Bionik	Hochschule Rhein-Waal	Kleve	Brain-Computer-Interface (BCI)-Systeme, Robotik	https://www.hochschule-rhein-waal.de/de/fakultaeten/technologie-und-bionik/forschungsprojekte
Institut für Data Science, Engineering and Analytics (IDE+A)	Technische Hochschule Köln (TH Köln)	Köln	Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.th-koeln.de/informatik-und-ingenieurwissenschaften/institut-fuer-data-science-engineering-and-analytics_54523.php
metabolon Institut (:MET)	Technische Hochschule Köln (TH Köln)	Köln	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Bilderkennung und -verstehen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Digitale autonome Agenten, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.th-koeln.de/informatik-und-ingenieurwissenschaften/metabolon-institut_69657.php
Institut für Automatisierungstechnik (IA)	Technische Hochschule Köln (TH Köln)	Köln	Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.th-koeln.de/informationsmedien-und-elektrotechnik/labore-ia_14829.php

Einrichtung	Fachhochschule	Ort	Schwerpunkt	Link
Labor für Mechatronik	Rheinische Fachhochschule Köln	Köln	Robotik, Künstliche Intelligenz	https://www.rfh-koeln.de/forschung-projekte/labore_und_projekte/labor_fuer_mechatronik/index_ger.html
MigrAVE	Rheinische Fachhochschule Köln	Köln	Robotik	https://www.rfh-koeln.de/forschung-projekte/labore_und_projekte/migrave/index_ger.html
iPattern - Institut für Mustererkennung	Hochschule Niederrhein (HSNR)	Krefeld	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Bilderkennung und -verstehen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Sprach- und Textverstehen	https://www.hs-niederrhein.de/ipattern/
Kompetenzzentrum FAST - Forschung für intelligente Assistenzsysteme und -technologien	Hochschule Niederrhein (HSNR)	Krefeld	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Bilderkennung und -verstehen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Sprach- und Textverstehen, Spiele und vermischte Realität	https://www.hs-niederrhein.de/fast/
Institut für Modellbildung und Hochleistungsrechnen (IMH)	Hochschule Niederrhein (HSNR)	Krefeld	Grundlagenforschung, Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Bilderkennung und -verstehen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.hs-niederrhein.de/imh/
Institut für industrielle Informationstechnik (inIT)	Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe (TH OWL)	Lemgo	Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Bilderkennung und -verstehen, Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Wissen und Inferenz, Digitale autonome Agenten, Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Sprach- und Textverstehen	https://www.init-owl.de/
Labor für Künstliche Intelligenz	Fachhochschule Münster	Steinfurt	Keine Spezifikation	https://www.fh-muenster.de/eti/labore_forschung/ki/index.php
Labor für Regelungstechnik und Robotik	Fachhochschule Münster	Steinfurt	"Mustererkennung, Maschinelles Lernen, Computergrafik	https://www.fh-muenster.de/eti/labore_forschung/rrr/index.php

Einrichtung	Fachhochschule	Ort	Schwerpunkt	Link
Competence Center KI in der Arbeitswelt	Fachhochschule der Wirtschaft	Paderborn	Einsatz von KI	https://www.fhdw.de/de/Forschung/Forschungsprojekte/arbeitswelt-plus.html
MAS-Group	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (H-BRS)	Sankt Augustin	Robotik und autonome Systeme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Bilderkennung und -verstehen	https://mas-group.inf.h-brs.de/
Institut für Visual Computing	Hochschule Bonn-Rhein-Sieg (H-BRS)	Sankt Augustin	Bilderkennung und -verstehen, Spiele und vermischte Realität	https://vc.inf.h-bonn-rhein-sieg.de/

Tab. 8.6

Außeruniversitäre KI- Institute in NRW

Institut	Forschungsgesellschaft	Ort	Schwerpunkt	Link
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Aachen	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.ipt.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Aachen	Industrie 4.0, intelligente Regelungssysteme und Sensorik, Smart Services	https://www.ipt.fraunhofer.de/de/trendthemen/industrie40.html
Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Aachen	Robotik	https://www.ime.fraunhofer.de/de/Forschungsbereiche/MB/funktionelle_und_angewandte_genomik.html
Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie (FKIE)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Bonn	Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.fkie.fraunhofer.de/
Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE)	Helmholtz-Gemeinschaft	Bonn	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Grundlagenforschung, Bilderkennung und -verstehen	https://www.dzne.de/
Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Dortmund	Datenanalyse und Maschinelles Lernen	https://www.isst.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Dortmund	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Intelligente Maschinen und Sensoren, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme	https://www.iml.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Duisburg	Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.ims.fraunhofer.de/
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE)	Max-Planck-Gesellschaft	Düsseldorf	Automatisierung, Materialsimulation, Datenanalyse	https://www.mpie.de/4274458/key-topics
Forschungszentrum Jülich	Helmholtz-Gemeinschaft	Jülich	Supercomputing, Simulation	https://www.fz-juelich.de/portal/DE/Forschung/it-gehirn/_node.html
Institut für Softwaretechnologie	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Helmholtz-Gemeinschaft	Köln	Grundlagenforschung, Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Wissen und Inferenz, Bilderkennung und -verstehen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Robotik und autonome Systeme,	https://www.dlr.de/sc

Institut	Forschungsgesellschaft	Ort	Schwerpunkt	Link
			Sprach- und Textverstehen, Spiele und vermischte Realität, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte	
Institut für Solarforschung	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Helmholtz-Gemeinschaft	Köln	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Bilderkennung und -verstehen	https://www.dlr.de/sf/
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung Institutsteil für industrielle Automation (IOSB-INA)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Lemgo	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme, Intelligente Maschinen und Sensoren, Grundlagenforschung, Wissen und Inferenz, Bilderkennung und -verstehen, Robotik und autonome Systeme	https://www.iosb.fraunhofer.de/de/ueberuns/standorte/anfahrtsort-standort-lemgo.html
Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik und Mechatronik (IEM)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Paderborn	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Intelligente Maschinen und Sensoren	https://www.iem.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen (SCAI)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Sankt Augustin	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Grundlagenforschung	https://www.scai.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Sankt Augustin	Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Bilderkennung und -verstehen, Spiele und vermischte Realität	https://www.fit.fraunhofer.de/

Institut	Forschungsgesellschaft	Ort	Schwerpunkt	Link
Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse und Informationssysteme (IAIS)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Sankt Augustin	Bilderkennung und -verstehen, Datenanalyse und Maschinelles Lernen, Intelligente Maschinen und Sensoren, Sprach- und Textverstehen	https://www.iais.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie (SIT)	Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)	Sankt Augustin	Sprach- und Textverstehen	https://www.sit.fraunhofer.de/de/

8.6. Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance von Unternehmen

Tab. 8.7. Beitrag von KI zur Innovationsleistung und wirtschaftlichen Performance von Unternehmen im Jahr 2018

A. Einführung von Produkt- und Prozessinnovationen (Ergebnisse von Probit-Schätzungen)

	Produktinnovationen					Prozessinnovationen		
	insgesamt	Nachahmerinnovationen	Marktneuheiten			insgesamt	ohne Kostensenkung	mit Kostensenkung
			insgesamt	nur regional	für Weltmarkt			
NRW	0,170***	-0,034	0,082***	-0,008	0,063***	0,078	-0,048	0,019
Bayern	0,098	-0,001	0,017	0,000	-0,003	0,072	-0,003	0,008
Baden-Württemberg	0,078	0,026	-0,003	-0,035	0,024	0,045	-0,100*	0,061*
Berlin + Brandenburg	0,013	-0,096*	0,057*	-0,014	0,050***	0,080	-0,005	0,034
Sachsen	0,113**	0,047	0,042	0,004	0,023	0,075	-0,020	0,058
restliche West-Länder	0,077*	-0,033	0,063***	0,011	0,024	0,091*	-0,060	0,085***
restliche Ost-Länder	0,134*	0,052	0,052	0,059*	-0,013	0,237**	0,089	0,049
KI-Beitrag NRW ^{a)}								
Indikatorwert KI-Nutzer ^{b)}	20%		17%		21%			
Anzahl Unternehmen ^{c)}	550		110		80			
Indikatorwert NRW ges. ^{d)}	2,2%		1,8%		3,2%			

B. Direkte wirtschaftliche Erträge von Produkt- und Prozessinnovationen (Ergebnisse von OLS-Schätzungen)

	Umsatzanteil von Produktinnovationen					Kostensenkungsanteil
	insgesamt	Nachahmerinnovationen	Marktneuheiten			
			insgesamt	nur regional	für Weltmarkt	
NRW	0,080***	0,031	0,046**	0,003	0,046**	0,022**
Bayern	0,092***	0,010	0,077**	0,032	0,019	0,005
Baden-Württemberg	0,083***	0,037	0,030*	0,003	0,019	0,017*
Berlin + Brandenburg	0,047	-0,018	0,067**	0,022	0,029	-0,004
Sachsen	0,029	0,015	0,013	0,016	-0,007*	0,014
restliche West-Länder	0,002	0,009	0,000	0,001	-0,004	0,011
restliche Ost-Länder	0,021	0,041	-0,023*	0,002	-0,018**	-0,006
KI-Beitrag NRW ^{a)}						
Indikatorwert KI-Nutzer ^{b)}	33%		55%		79%	50%
Betrag in Mrd. € ^{c)}	13,0		5,6		3,7	6,0
Indikatorwert NRW ges. ^{d)}	9,4%		15,8%		23,3%	16,9%

C. Wirtschaftliche Performance der Unternehmen (Ergebnisse von OLS-Schätzungen)

	Umsatzrendite	Umsatzwachstum 2016-2018	Beschäftigungs- wachstum 2016- 2018	Produktivität
NRW	1,791**	0,007	0,111	0,000
Bayern	0,343	0,269*	0,056	0,032
Baden-Württemberg	1,449*	-0,088**	-0,051	0,016
Berlin + Brandenburg	-0,317	-0,159***	-0,089**	0,006
Sachsen	0,517	0,218	0,168*	0,008
restliche West-Länder	1,288*	0,101	0,094	-0,013
restliche Ost-Länder	-2,373*	0,003	0,213	0,007
KI-Beitrag NRW ^{a)}				
Indikatorwert KI-Nutzer ^{b)}	21%			
Betrag (Mrd. €) ^{c)}	3,0			
Indikatorwert NRW ges. ^{d)}	5,3%			

***, **, *: Beitrag ist statistisch signifikant bei <1%, <5%, <10% Fehlerwahrscheinlichkeit.

a) Nur für Beiträge, die statistisch bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von <10% signifikant sind.

b) Höhe des geschätzten Effekts (marginaler Effekt am Mittelwert im Fall von Probit-Schätzung, Koeffizient im Fall von OLS-Schätzungen) in % des Mittelwerts des Indikators für KI-einsetzende Unternehmen in Nordrhein-Westfalen.

c) Multiplikation des geschätzten Effekts mit der Anzahl der KI-einsetzenden Unternehmen in NRW (Teil A.) bzw. dem Umsatz der KI-einsetzenden Unternehmen in NRW (Teile B. und C.) unter Berücksichtigung von Abweichungen der Indikatormittelwerte der Stichprobe und der hochgerechneten Indikatormittelwerte für die Zielgrundgesamtheit der Unternehmen in NRW.

d) Anteil des KI-Beitrags (Anzahl Unternehmen bzw. Betrag in Mrd. €) an dem absoluten Gesamtwert des Indikators für NRW.

Mannheimer Innovationspanel, Berechnungen des ZEW.

8.7 NRW-Hochschulen und -Forschungseinrichtungen: Anzahl der Scopus-Publikationen

Tab. 8.8: Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Reihenfolge nach Häufigkeit der Publikationen in Scopus (Zeitraum 2010 bis 2019)

Logistik/Mobilität	Quantentechnologie	Data Science	Neue Materialien und Werkstoffe
<p>1. Delft University of Technology (NLD) Deutsches Zentrum für Luft- Und Raumfahrt</p> <p>2. TU München IFSTTAR (FRA) CNRS (FRA)</p> <p>3. The Royal Institute of Technology (SWE)</p> <p>4. University of Leeds (GBR)</p> <p>5. Chalmers University of Technology (SWE) ...</p> <p>7. (2.) RWTH Aachen</p> <p>8. TU Braunschweig</p> <p>9. TU Dresden ...</p> <p>15. Karlsruher Institut für Technologie ...</p> <p>27. (6.) Uni Duisburg-Essen ...</p> <p>30. (8.) TU Dortmund ...</p> <p>50. (11.) Ruhr-Universität Bochum ...</p> <p>>50. (17.) Uni Paderborn</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. University of Oxford (GBR)</p> <p>2. University of Bristol (GBR)</p> <p>3. Imperial College London (GBR)</p> <p>3. University of Cambridge (GBR)</p> <p>4. Sorbonne Université (FRA)</p> <p>5. Max-Planck-Institut für Quantenoptik ...</p> <p>8. Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts ...</p> <p>10. FAU Erlangen-Nürnberg ...</p> <p>14. Uni Ulm</p> <p>15. LMU München ...</p> <p>>50. (20.) Uni Paderborn</p> <p>>50. (21.) Ruhr-Universität Bochum</p> <p>>50. (21.) Forschungszentrum Jülich ...</p> <p>>50. (24.) RWTH Aachen ...</p> <p>>50. (37.) Uni Köln</p> <p>>50. (38.) TU Dortmund</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. University College London (GBR)</p> <p>2. Katholieke Universiteit Leuven (BEL)</p> <p>3. Imperial College London (GBR)</p> <p>4. University of Oxford (GBR)</p> <p>5. University of Cambridge (GBR)</p> <p>6. TU München ...</p> <p>11. (2.) RWTH Aachen ...</p> <p>14. TU Berlin</p> <p>15. LMU München ...</p> <p>17. (5.) Uni Bonn ...</p> <p>31. (7.) TU Dortmund ...</p> <p>43. (14.) Uni Bielefeld ...</p> <p>>50. (22.) Uni Duisburg-Essen</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. Imperial College London (GBR)</p> <p>2. University of Cambridge (GBR)</p> <p>3. (1.) RWTH Aachen</p> <p>4. University College London (GBR)</p> <p>5. University of Manchester (GBR) ...</p> <p>7. TU Dresden</p> <p>8. FAU Erlangen-Nürnberg ...</p> <p>13. Karlsruher Institut für Technologie ...</p> <p>17. TU München ...</p> <p>36. (8.) Forschungszentrum Jülich ...</p> <p>41. (11.) Ruhr-Universität Bochum ...</p> <p>43. (13.) WWU Münster ...</p> <p>>50. (25.) Uni Duisburg-Essen</p>
Medizinische Biotechnologie	Energie	Bioökonomie	Nanotechnologie
<p>Inserm (FRA)</p> <p>CNRS (FRA)</p> <p>1. University of Cambridge (GBR)</p> <p>INRA (FRA)</p> <p>2. University of Oxford (GBR)</p> <p>3. Karolinska Institutet (SWE)</p> <p>4. Imperial College London (GBR)</p> <p>5. University College London (GBR)</p> <p>6. LMU München ...</p> <p>8. Universität Heidelberg ...</p> <p>11. Deutsches Krebsforschungszentrum ...</p> <p>14. TU München</p> <p>15. Charité Berlin ...</p> <p>42. (10.) Uni Bonn</p> <p>47. (12.) Uni Köln ...</p> <p>>50. (13.) HHU Düsseldorf ...</p> <p>>50. (18.) WWU Münster ...</p> <p>>50. (23.) RWTH Aachen</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. Imperial College London (GBR)</p> <p>2. Delft University of Technology (NLD)</p> <p>3. The Royal Institute of Technology (SWE)</p> <p>4. University of Cambridge (GBR)</p> <p>5. Karlsruher Institut für Technologie 6. (2.) RWTH Aachen</p> <p>7. TU München ...</p> <p>11. (4.) Forschungszentrum Jülich ...</p> <p>18. TU Dresden ...</p> <p>>50. (20.) Ruhr-Universität Bochum ...</p> <p>>50. (21.) Uni Duisburg-Essen ...</p> <p>>50. (22.) WWU Münster</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>INRA (FRA)</p> <p>Inserm (FRA)</p> <p>1. Imperial College London (GBR)</p> <p>2. Wageningen University and Research Center (NLD)</p> <p>3. University of Oxford (GBR)</p> <p>4. University of Cambridge (GBR)</p> <p>5. Universiteit Gent (BEL)</p> <p>6. TU München ...</p> <p>15. LMU München</p> <p>16. Uni Göttingen</p> <p>17. ALU Freiburg ...</p> <p>21. Uni Heidelberg ...</p> <p>25. (6.) RWTH Aachen ...</p> <p>28. (7.) Uni Bonn ...</p> <p>>50. (18.) WWU Münster ...</p> <p>>50. (23.) Uni Bielefeld ...</p> <p>>50. (25.) Forschungszentrum Jülich</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. University of Cambridge (GBR)</p> <p>2. Imperial College London (GBR)</p> <p>3. University College London (GBR)</p> <p>4. University of Oxford (GBR)</p> <p>5. Université Grenoble Alpes (Frau) ...</p> <p>7. TU Dresden ...</p> <p>9. FAU Erlangen-Nürnberg ...</p> <p>12. Karlsruher Institut für Technologie ...</p> <p>14. TU München ...</p> <p>22. (5.) RWTH Aachen ...</p> <p>25. (6.) Uni Duisburg-Essen ...</p> <p>30. (7.) Forschungszentrum Jülich ...</p> <p>>50. (20.) Ruhr-Universität Bochum</p> <p>>50. (21.) WWU Münster</p>
Künstliche Intelligenz	Intelligente Produktionstechnologien	IKT/Digitalisierung	Pharma
<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. University of Oxford (GBR)</p> <p>2. Imperial College London (GBR)</p> <p>3. Katholieke Universiteit Leuven (BEL)</p> <p>4. TU München</p> <p>5. University College London (GBR) ...</p> <p>17. TU Berlin</p> <p>Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz</p> <p>18. TU Darmstadt ...</p> <p>22. Karlsruher Institut für Technologie ...</p> <p>24. (5.) RWTH Aachen ...</p> <p>28. (6.) TU Dortmund ...</p> <p>36. (9.) Uni Bielefeld ...</p> <p>47. (11.) Uni Bonn ...</p> <p>>50. (17.) Ruhr-Universität Bochum ...</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. TU München</p> <p>2. Imperial College London (GBR)</p> <p>3. Delft University of Technology (NLD)</p> <p>4. University of Oxford (GBR)</p> <p>5. Wageningen University and Research Center (NLD) ...</p> <p>8. (2.) RWTH Aachen ...</p> <p>11. Karlsruher Institut für Technologie ...</p> <p>Deutsches Zentrum für Luft- Und Raumfahrt ...</p> <p>25. FAU Erlangen-Nürnberg ...</p> <p>31. TU Dresden ...</p> <p>>50. (14.) Uni Bonn ...</p> <p>>50. (25.) Uni Duisburg-Essen</p> <p>>50. (26.) TU Dortmund ...</p> <p>>50. (28.) Ruhr-Universität Bochum</p>	<p>CNRS (FRA)</p> <p>1. Imperial College London (GBR)</p> <p>2. University College London (GBR)</p> <p>3. University of Oxford (GBR)</p> <p>Inserm (FRA)</p> <p>4. TU München</p> <p>5. Katholieke Universiteit Leuven (BEL) ...</p> <p>13. (2.) RWTH Aachen ...</p> <p>20. Karlsruher Institut für Technologie ...</p> <p>24. LMU München ...</p> <p>26. TU Darmstadt ...</p> <p>>50. (11.) Ruhr-Universität Bochum ...</p> <p>>50. (13.) Uni Bonn ...</p> <p>>50. (16.) TU Dortmund ...</p> <p>>50. (18.) Uni Duisburg-Essen ...</p>	<p>Inserm (FRA)</p> <p>CNRS (FRA)</p> <p>1. University College London (GBR)</p> <p>2. University of Oxford (GBR)</p> <p>3. Assistance publique – Hôpitaux de Paris (FRA)</p> <p>4. Imperial College London (GBR)</p> <p>5. Karolinska Institutet (SWE) ...</p> <p>12. LMU München ...</p> <p>15. Charité Berlin ...</p> <p>25. TU München ...</p> <p>26. Uni Heidelberg</p> <p>31. Medizinische Hochschule Hannover ...</p> <p>46. (7.) Uni Bonn ...</p> <p>>50. (12.) Uni Köln ...</p> <p>>50. (22.) WWU Münster ...</p> <p>>50. (23.) HHU Düsseldorf ...</p> <p>>50. (26.) RWTH Aachen</p>

Noch Tab. 8.8

Photonik

CNRS (FRA)

1. University of Southampton (GBR)
2. Technische Universiteit Eindhoven (NLD)
3. Universiteit Gent (BEL)
4. University College London (GBR)
5. University of Cambridge (GBR) ...
10. TU Berlin
11. Karlsruher Institut für Technologie
12. FAU Erlangen-Nürnberg
13. FSU Jena ...
19. TU München ...
- >50. (12.) RWTH Aachen ...
- >50. (15.) WWU Münster ...
- >50. (20.) Uni Paderborn ...
- >50. (32.) Uni Duisburg-Essen ...
- >50. (36.) Forschungszentrum Jülich

**Umwelttechnik und
Kreislaufwirtschaft**

CNRS (FRA)

1. Wageningen University and Research Center (NLD)
2. Delft University of Technology (NLD)
- INRA (FRAU)
3. Universiteit Gent (BEL)
4. Imperial College London (GBR)
- Helmholtz Zentrum für Umweltforschung
5. University College London (GBR) ...
19. TU Berlin
20. TU München ...
24. Karlsruher Institut für Technologie ...
28. (4.) RWTH Aachen ...
43. TU Dresden ...
- >50. (7.) Uni Bonn ...
- >50. (14.) Forschungszentrum Jülich ...
- >50. (25.) Ruhr-Universität Bochum ...
- >50. (29.) Uni Duisburg-Essen

Medizintechnik

Inserm (FRA)

1. University College London (GBR)
2. Imperial College London (GBR)
3. Assistance publique – Hôpitaux de Paris (FRA)
4. **Charité Berlin**
- CNRS (FRA)
5. University of Oxford (GBR) ...
14. LMU München
15. Uni Heidelberg ...
21. Medizinische Hochschule Hannover ...
- 5./24. TU München ...
- >50. (14.) Ruhr-Universität Bochum ...
- >50. (15.) Uni Köln ...
- >50. (16.) RWTH Aachen ...
- >50. (18.) Uni Bonn ...
- >50. (19.) HHU Düsseldorf

Erläuterung:

erste Nummerierung: Position in EU-6; zweite Nummerierung: Position in Deutschland; nicht nummerierte Organisationen lassen sich nicht einem räumlichen Standort zuordnen.

Quelle: eigene Erhebungen von Scopus-Daten (Stand: Oktober 2020).

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen

Berger Allee 25
40213 Düsseldorf

Tel.: +49 (0) 211/61772-0

Fax: +49 (0) 211/61772-777

Internet: www.wirtschaft.nrw

Diese Studie wurde vom RWI – Leibniz-Institut für
Wirtschaftsforschung, dem CEIT – Centrum für Ent-
repreneurship, Innovation und Transformation, der
SV Wissenschaftsstatistik und dem ZEW – Leibniz-
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
GmbH Mannheim erstellt. Auftraggeber war das
Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisie-
rung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.

Referat III.1 Neue Wirtschaftstrends
und neue Wirtschaftsinstrumente

Bildnachweis:

© Agentur Rispler & Rispler

Mediengestaltung:

Sarah Rühl

Die Broschüre ist auf der Homepage des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen unter www.wirtschaft.nrw/broschuerenservice als PDF-Dokument abrufbar.

Hinweis

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerberinnen und -bewerbern oder Wahlhelferinnen und -helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt auch für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen sowie für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Eine Verwendung dieser Druckschrift durch Parteien oder sie unterstützende Organisationen ausschließlich zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder bleibt hiervon unberührt. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin oder dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen**
Berger Allee 25, 40213 Düsseldorf
www.wirtschaft.nrw

