

5. Potenziale von Künstlicher Intelligenz/Maschinenlernen für Nordrhein-Westfalen

5.1 Kontext

5.1.1 Fragestellungen und Zielsetzung des Schwerpunktberichts

Im Themen- und Technologiefeld der Künstlichen Intelligenz und des Maschinenlernens 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 Maschinellem 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

- (i) Wie bereitet unser Bildungs- und Ausbildungssystem auf Erwerbsbiografien im Zeitalter datenbasierter Wertschöpfung vor?
- (ii) Welche Anwendungsfelder sollten bei KI/ML in NRW im Fokus stehen?

- (iii) Welche wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen braucht eine datenbasierte Wertschöpfung?

Ökonomische Dimension

- (i) Welche Potenziale hat KI/Maschinenlernen für die wirtschaftliche Entwicklung Nordrhein-Westfalens? Welche wirtschaftsstrukturellen Besonderheiten müssen dabei berücksichtigt werden?
- (ii) Welche Effizienzgewinne sind zu erwarten? Welche neuen Geschäftsmodelle sind denkbar?
- (iii) Welche Akteure, Netzwerke, Ökosysteme existieren mit Blick auf KI/ML bereits?
- (iv) Welche Reallabore und Use-Cases gibt es? Wie können sie gestärkt werden?
- (v) Was sind ihre Alleinstellungsmerkmale? Wie können diese übertragbar gemacht werden?
- (vi) Wie kann der Mittelstand für KI/ML gewonnen werden?
- (vii) 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):

- (i) die Digitalisierung, durch die große Datenmengen für eine maschinelle Verarbeitung zur Verfügung stehen,
- (ii) die bisher exponentiell wachsende Rechenleistung, die es ermöglicht, diese großen Datenmengen effizient zu verarbeiten,
- (iii) die Vernetzung und Kommunikationstechnologie, durch die globale Daten (oft verzögerungsfrei) in Prozesse einfließen und große Datenpools schaffen können,
- (iv) die massive Entwicklung leistungsfähiger Hardwarekomponenten und Systemplattformen wie Sensoren, Aktoren und Energiesysteme,
- (v) 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.¹⁰

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

- (i) aktuelle technologische Entwicklungen,
- (ii) die Beurteilung der KI-bezogenen, technologischen Situation und Wettbewerbsfähigkeit von NRW,

¹⁰ *We need to talk, AI - A Comic Essay on Artificial Intelligence - Julia Schneider, Lena Kadriye Ziyal, Berlin, 2019*

- (iii) relevante Innovations-Netzwerke,
- (iv) generelle Herausforderungen im Wissenstransfer im KI-Bereich von der Forschung in die Anwendung,
- (i) 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:

- (1) Worin liegen die Potenziale von KI/Maschinenlernen für die wirtschaftliche Entwicklung?
- (2) Wie können KI-Technologien und das Wissen für Entwicklung und Anwendung übertragbar gemacht werden? Wie ist eine Skalierung zu erreichen?

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 Wuttk	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).

- (3) Wo steht NRW in Sachen KI im nationalen und im internationalen Vergleich in wissenschaftlicher, wie in wirtschaftlicher Hinsicht?
- (4) Worin liegen die Potenziale von KI/Maschinenlernen für die wirtschaftliche Entwicklung in Nordrhein-Westfalen? Welche Voraussetzungen hat NRW in Hinblick auf KI-basierte Wertschöpfung?
- (5) Welche Anwendungsfelder sollten bei KI/ML in NRW im Fokus stehen?
- (6) Wie bereitet das Bildungs- und Ausbildungssystem in NRW auf Erwerbsbiografien im Zeitalter datenbasierter Wertschöpfung vor?
- (7) Welche Schritte sind notwendig und möglich, um NRW als führenden KI-Innovationsstandort, auch in wirtschaftlicher Hinsicht, zu etablieren?

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.

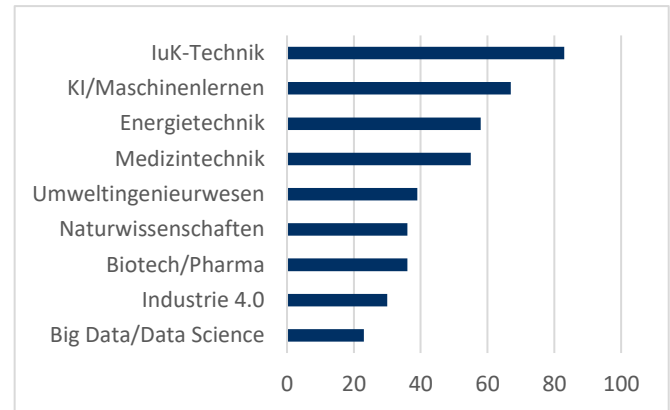
5.2 Einsatzgebiete und Potenziale von KI und Maschinellem Lernen

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.¹¹

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-

¹¹ 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 Verkaufsseiten.

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.¹²

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:

- (i) **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“.
- (ii) **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.¹³
- (iii) **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).

¹² 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).

¹³ 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 verwiesen¹⁴.

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 kann¹⁵. Abseits dieser allgemein relevanten Fragen können zahlreiche Beispiele für vielversprechende Einsatzmöglichkeiten von KI bei der Entscheidungsunterstützung identifiziert werden¹⁶:

- (i) **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).
- (ii) **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.¹⁷ 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).
- (iv) **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 maschinellem Lernen gelöst zu werden (Leukert et al. 2019: 46-47). Dank der

¹⁴ 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).

¹⁵ s. Konrad-Adenauer-Stiftung "Künstliche Intelligenz: Häufig gestellte Fragen" verfügbar unter: <https://www.kas.de/de/einzeltitel/-/content/kunstliche-intelligenz-haufig-gestellte-fragen> (letzter Zugriff 31.03.2021).

¹⁶ Die Beispiele dienen nur der Illustration möglicher Einsatzgebiete. Sie sind weder vollständig noch abschließend.

¹⁷ 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.¹⁸

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 Autos¹⁹: 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),

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.

um allerdings die Möglichkeiten beispielhaft zu skizzieren dient die folgende Aufzählung:

- (i) **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).²⁰ Neben dem Einsatz in Produktionsanlagen ist auch ein Einsatz von autonomen KI-Systemen für Servicedienstleistungen möglich. Beispiele sind hier u.a. der Pflegebereich, der Einzelhandel, die Logistik, Verwaltungen und die Gebäudereinigung (Stubbe et al. 2019: 35-46).
 - (ii) **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).
1. **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).

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.

¹⁸ 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).

¹⁹ 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).

[behoer/autonomes-fahren/recht/ethische-fragen/#:~:text=Die%20Kernaussagen%20der%20Ethik%2DKommission,m%C3%BCssen%20eine%20positive%20Risikobilanz%20aufweisen](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).

²⁰ 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.:

- (i) **Kundenbeziehung:** KI-Anwendungen können genutzt werden, um potenziell unzufriedene Kunden zu identifizieren und proaktiv zu handeln, um einer evtl. Beendigung der Geschäftsbeziehung zuvorzukommen.
- (ii) **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).
- (iii) **Schlüsselressourcen:** Die zur Verfügung stehenden oder beim Kunden erzeugten Daten werden zum Fundament des KI-basierten Angebots und damit zu einer Schlüssel-Ressource.
- (iv) **Vertriebs- und Kommunikations-Kanäle:** Die Anwendung von individualisierter Werbung und Ansprachen ist durch KI möglich.
- (v) **Einnahmequellen:** Die eigens entwickelte KI kann potenziell wiederum an andere Unternehmen als KI-as-a-service vermietet werden und damit neue Einnahmen generieren.
- (vi) **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

- (1) 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>).
- (2) 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 Lenkungsfunction 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).²¹ 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).²² 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 wird²³, 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

²¹ 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.

²² Ergebnisse dieser Studie wurden bereits in den Abschnitten 2.1 und 2.7 des Innovationsberichts thematisiert.

²³ 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.²⁴

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).

²⁴ <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).²⁵ 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.²⁶

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).²⁷

Betriebliche Ausbildung als Voraussetzung für die datenbasierte Wertschöpfung

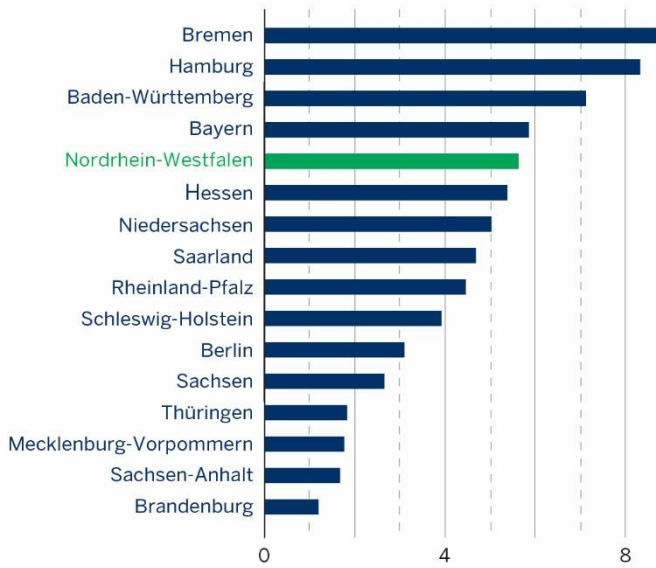
Neben der schulischen Ausbildung bildet die betriebsinterne Aus- und Weiterbildung eine zweite zentrale Säule für die datenbasierte Wertschöpfung. Bei diesem Indikator verfügt NRW im Bundesländervergleich über gute Voraussetzungen. Mit 5,6 IKT-Auszubildenden pro 10.000 Einwohner liegt NRW hier im oberen 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.

²⁵ <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/4bcd7938-en.pdf?expires=1616569058&id=id&accname=guest&checksum=0A14123996FF78B62784028375CC7C95>, Abruf am 11.03.2021.

²⁶ <https://bass.schul-welt.de/18679.htm>, Abruf vom 17.05.2021.

²⁷ 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.

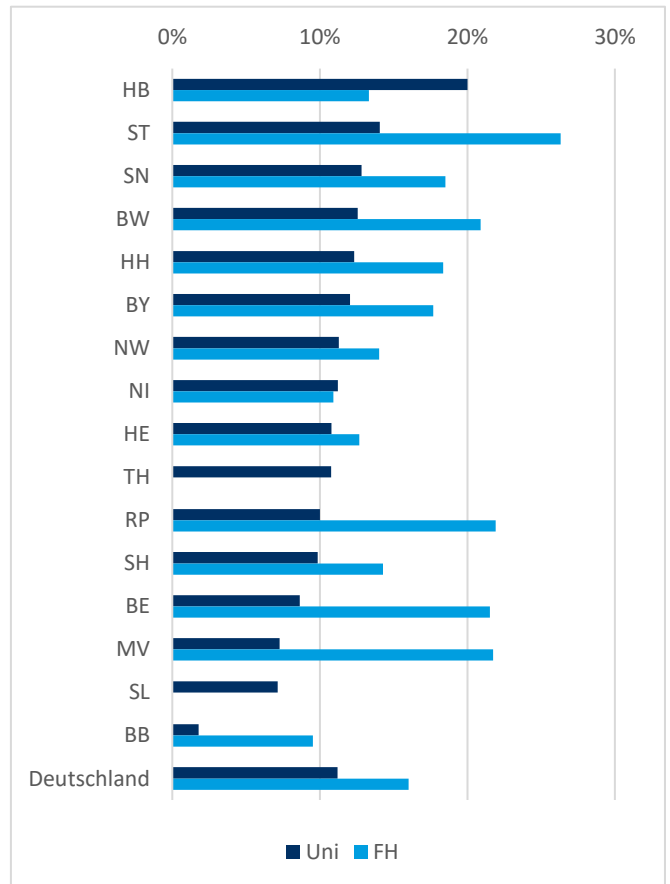
Bedeutung von KI und Nutzung digitaler Medien in der Lehre

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.

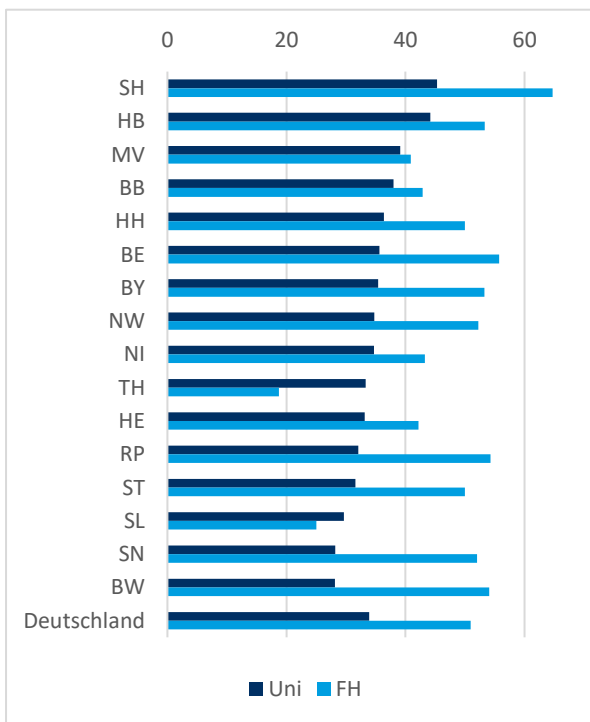
Bei den Fachhochschulen wiederum sind große Differenzen zwischen den Bundesländern zu beobachten, die vermutlich mit unterschiedlichen Schwerpunkten der Fachhochschulstudiengänge zusammenhängen. Hier liegt NRW mit einem Anteil von 14% der Professorinnen und Professoren, bei denen KI in der Lehre eine (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:

- Sie betreiben selbst Grundlagenforschung und erweitern den aktuellen Stand des Wissens.
- 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.
- Sie sind Ansprechpartner für Probleme der Wirtschaft, die mit Hilfe von KI-Lösungen angegangen werden.
- 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:

- **Universitätseinrichtungen und Institute** in der Informatik und anderen Fachbereichen, die sich schwerpunktmäßig mit KI beschäftigen,
- **Institute und Professuren an Fachhochschulen**, die vorwiegend anwendungsorientierte Forschung zu KI-Themen betreiben,
- **Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen**, die ihren Fokus auf KI haben oder KI-Anwendungen in ihrem Tätigkeitsprofil besitzen und
- 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.²⁸

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-Schwerpunkt²⁹, 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).³⁰ In den Tabellen 8.4 bis 8.6 im Anhang sind die einzelnen Einrichtungen aufgeführt.³¹

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.³²

Darüber hinaus zeigt die Befragung, dass Informatikschwerpunkte sehr breit über unterschiedliche Fachbereiche streuen. Etwa ¾ aller Antwortenden, die im Rahmen der RWI-CEIT-

²⁸ <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/karliczek-mit-der-verstetigung-ssen-schritt-hin-zur-ki-nation.html>,

²⁹ 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.

³⁰ Im Schaubild ist der zweite Standort des KI-Kompetenzzentrums dem Standort Bonn zugeordnet

³¹ Die Anzahl der genannten Einrichtungen lässt jedoch keine Aussagen über Umfang und Qualität der KI-Forschung an den einzelnen

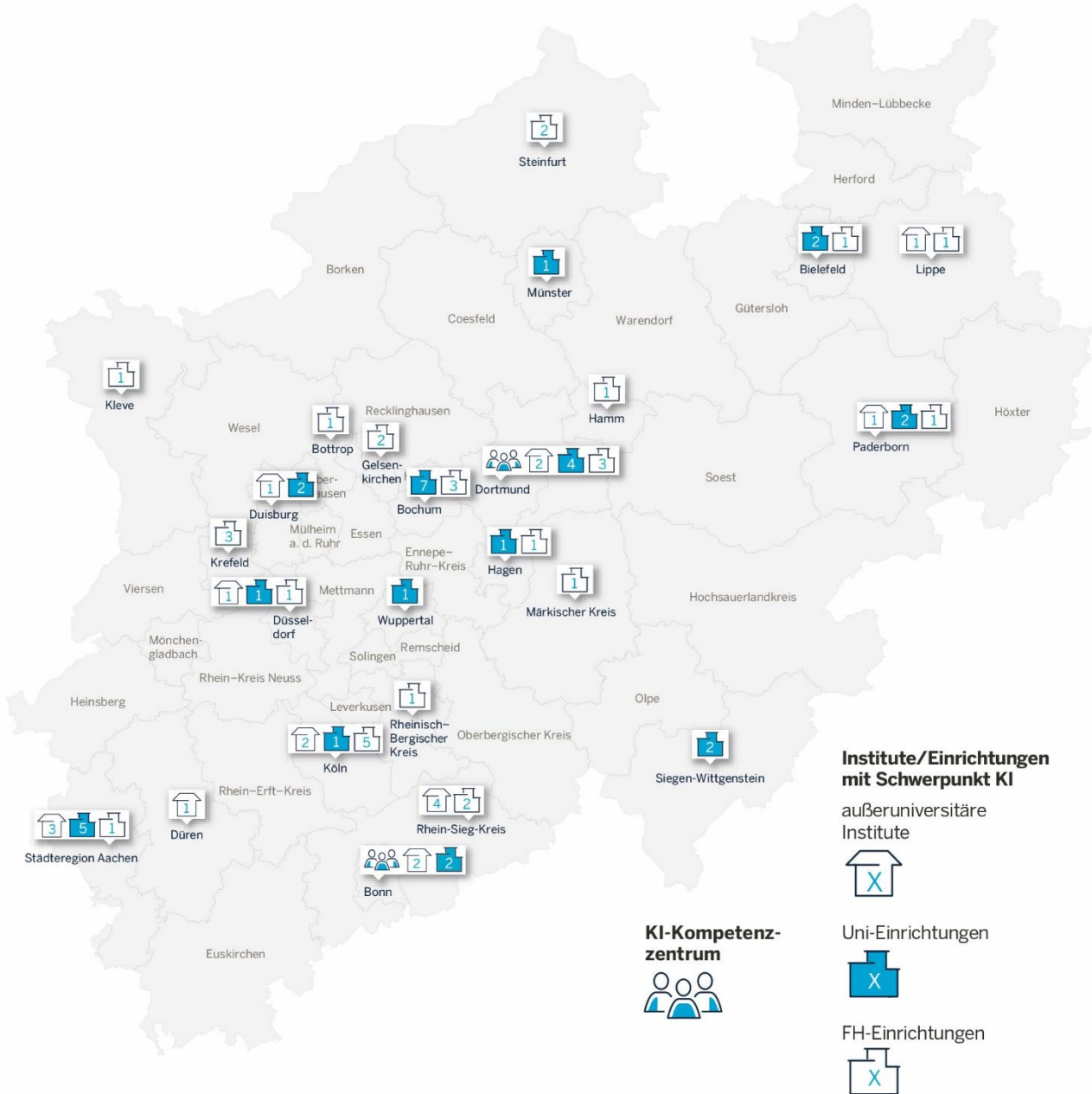
Standorten zu, da in einigen Fällen wenige große Forschungseinrichtungen nach außen sichtbar sind, während es sich in anderen Fällen um eine größere Zahl kleinerer Einheiten handelt und andere Forschungsaktivitäten im Bereich KI evtl. gar nicht nach außen zu identifizierten sind.

³² 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.

Hochschulbefragung angaben, 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

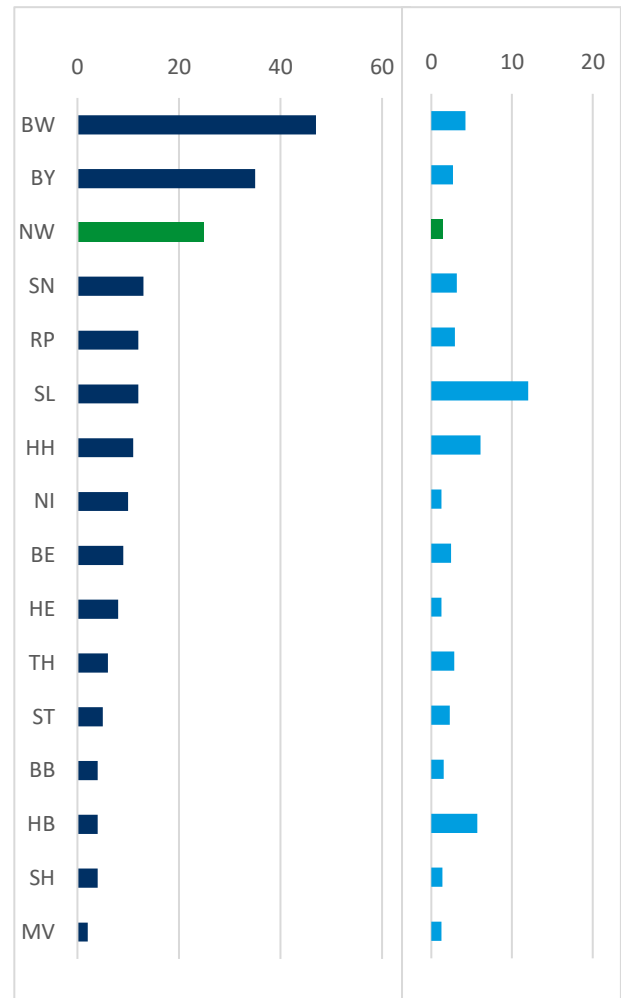
Die Forschung im Bereich KI wird in der Wissenschaft an unterschiedlichen Stellen des Innovationssystems durchgeführt. Grundlagenorientierte Forschung findet hauptsächlich an speziell auf die KI ausgerichteten Universitätslehrstühlen und an grundlagenorientierten Forschungseinrichtungen statt. Demgegenüber 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)

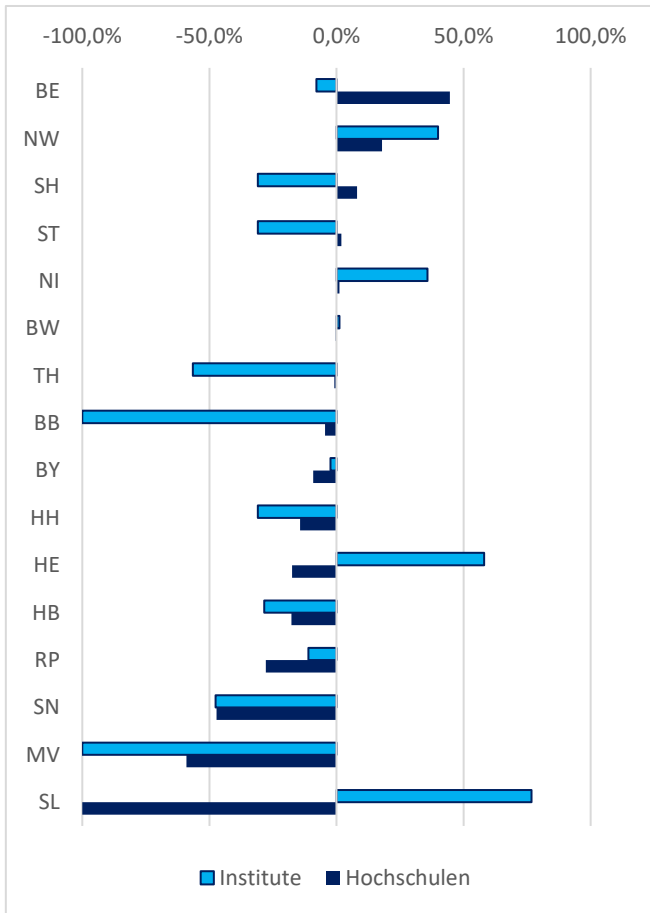


Eigene Darstellung auf Basis von BITKOM-Daten. <https://www.bitkom.org/ki/forschung> (Zugriff: 16.03.2021). Stand: Mai 2021.

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.

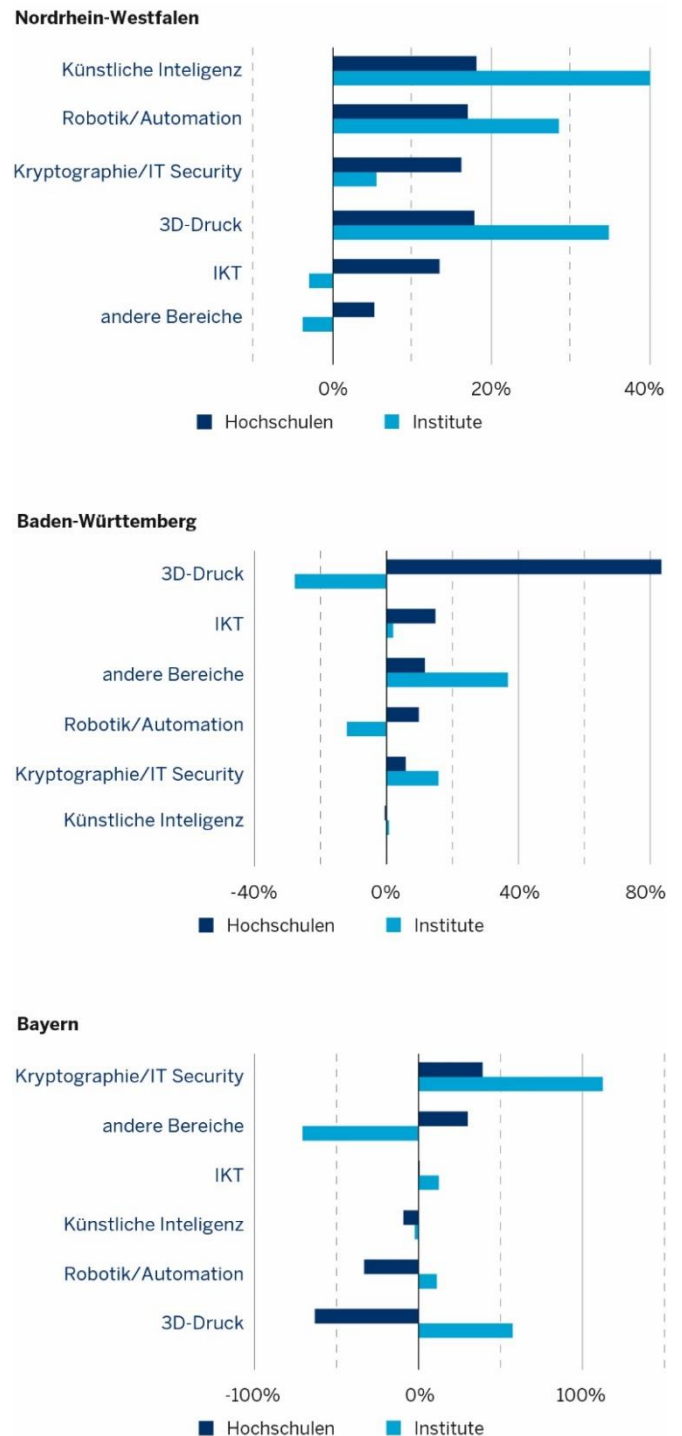
Abb. 5.3.8: Anteil der Forschenden an Künstlicher Intelligenz an Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Abweichungen vom Bundesdurchschnitt in %, 2019.



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.

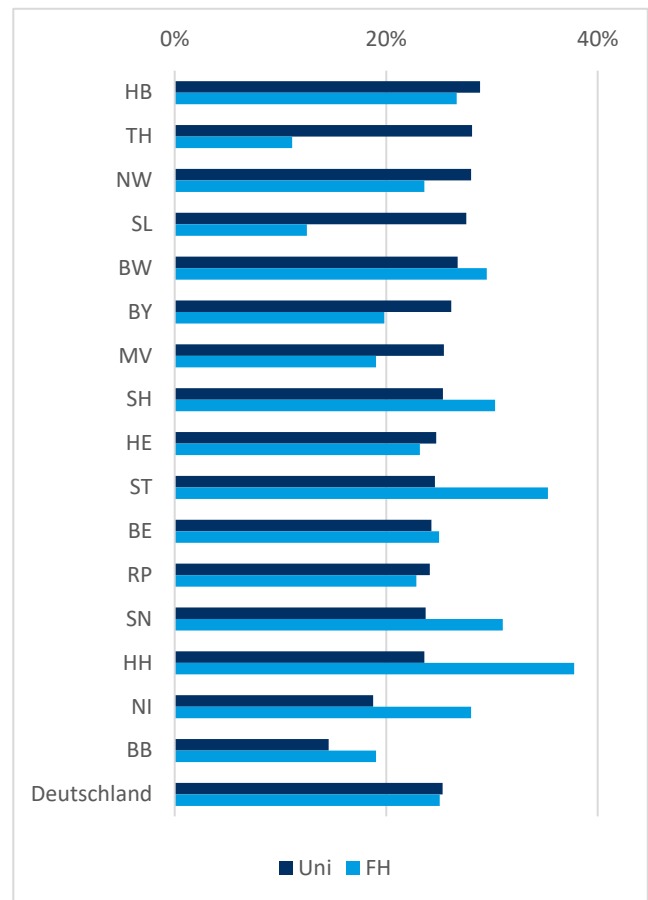
Die Frage nach der Bedeutung des Themas KI in der Forschung zeigt, wie breit in Deutschland insgesamt und in NRW KI zum Gegenstand von Forschung an Universitäten und Fachhochschulen gemacht wird.

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



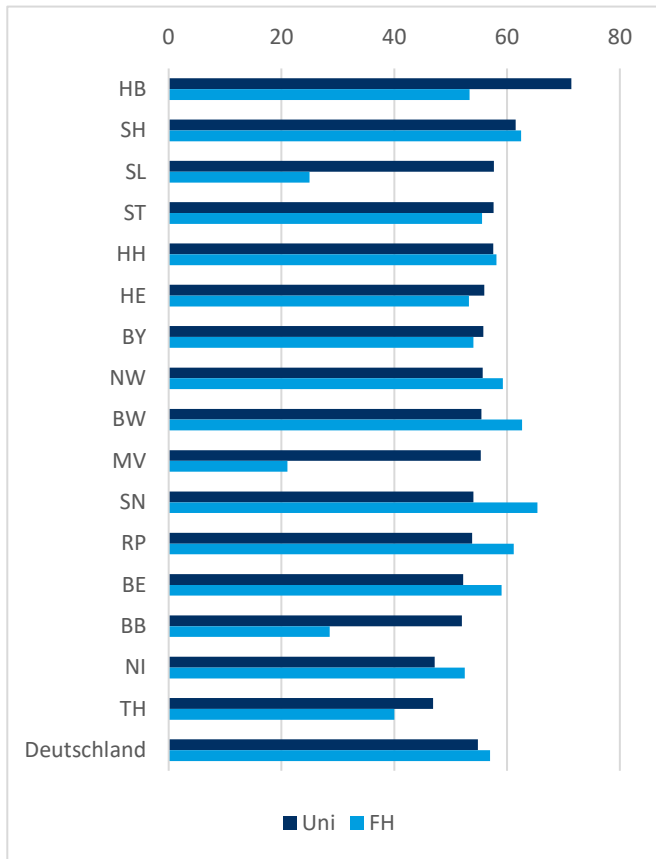
N = 2538 (Universitäten), 1321 (Fachhochschulen).

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).

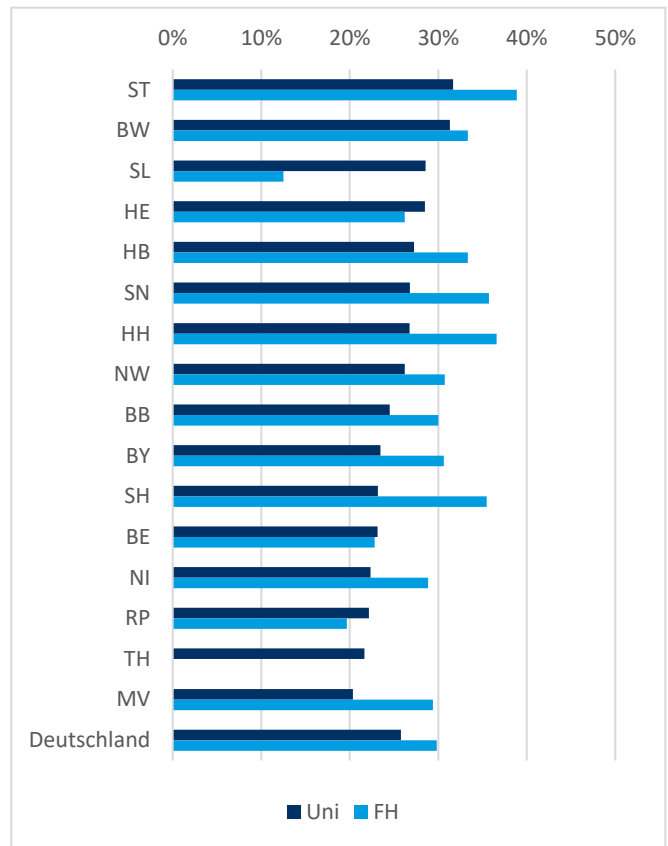
Eigene Darstellung der RWI/CEIT-Hochschulbefragung 2019.

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

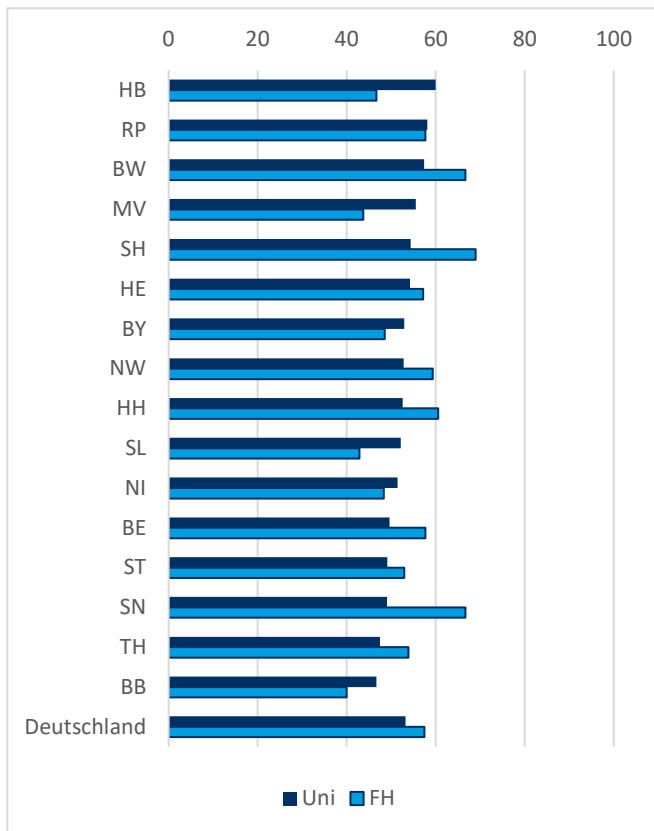


N = 2382 (Universitäten), 1210 (Fachhochschulen).

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.³³ Die Seite führte zum Zeitpunkt der Untersuchung 19 Journals und eine Veröffentlichung von Conference-Proceedings als wichtigste Publikationen auf.³⁴ 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.³⁵ 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.

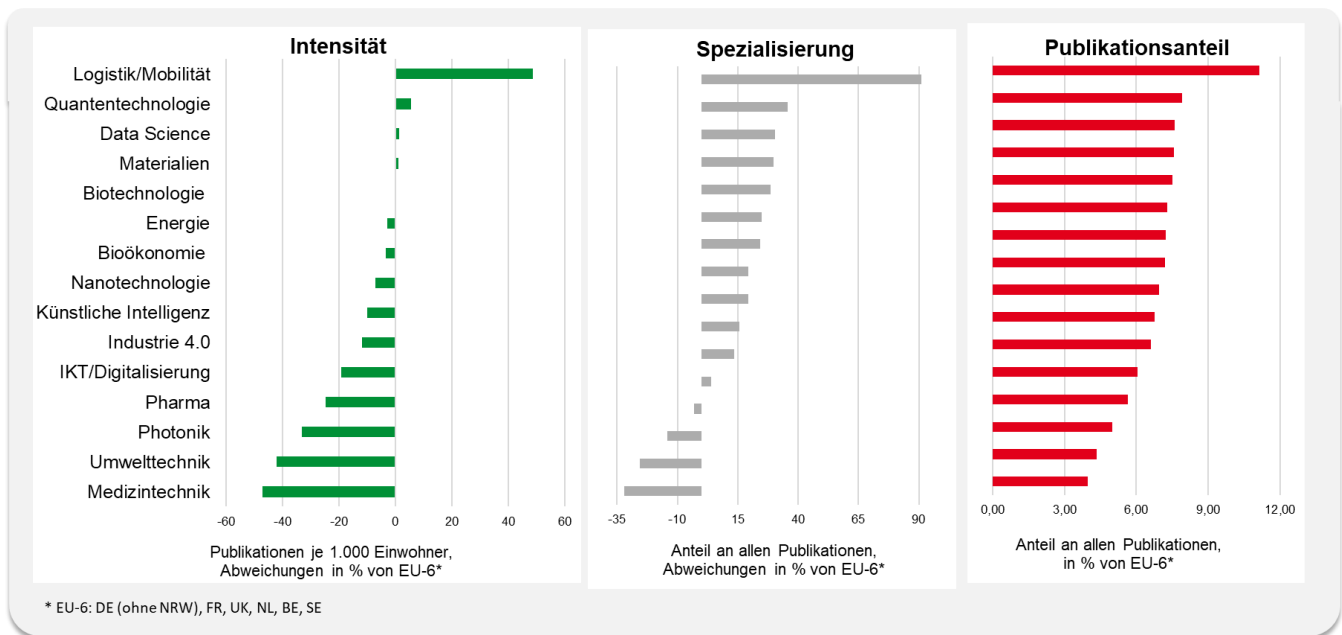
Insgesamt erschienen in den Journals 27.523 Publikationen. Ko-Autoren aus NRW waren insgesamt in 232 Publikationen vertreten, Ko-Autoren aus Deutschland in 1.479 Publikationen (Tab. 5.3.2). Bezogen auf die Bevölkerung ergibt sich für NRW ein Wert von 13 Publikationen je Million Einwohner und für Deutschland von 17,8. Somit ist die Publikationszahl von Autoren in den wichtigsten Journals bezogen auf die Bevölkerungszahl unterdurchschnittlich.

³³ <https://www.scimagojr.com/index.php>, Abruf vom 16.03.2021.

³⁴ 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.

³⁵ 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

FE: Forschungseinrichtungen. HS: Hochschulen.

Eigene Scopus-Auswertung (Stand: 16.03.2021).

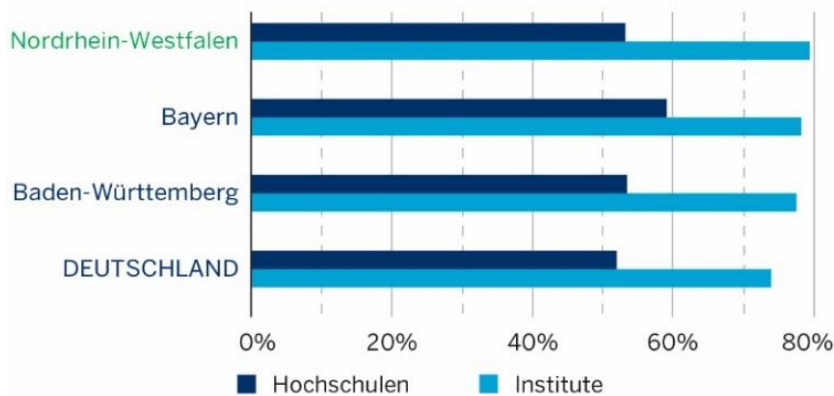
Digitale Ausstattung der NRW-Hochschulen

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).³⁶

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).

³⁶ 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

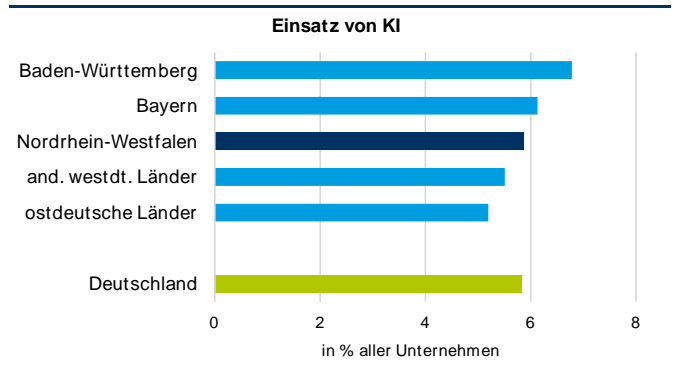
besseren Infrastruktur gerade für die spezifischen Erfordernisse von KI-Anwendungen hingewiesen wurde.

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.

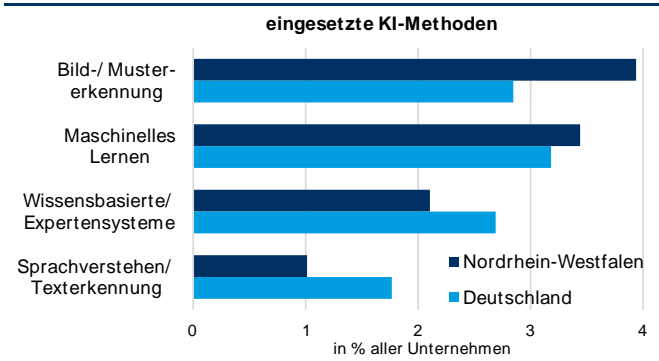
Abb. 5.3.16: Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in Unternehmen im Jahr 2019



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.

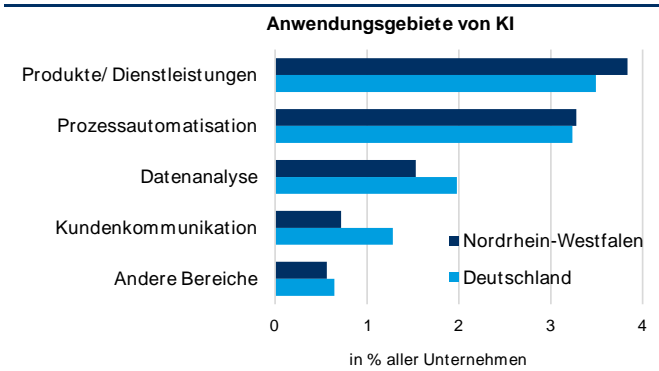
Abb. 5.3.17: Eingesetzte KI-Methoden in Unternehmen im Jahr 2019



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.

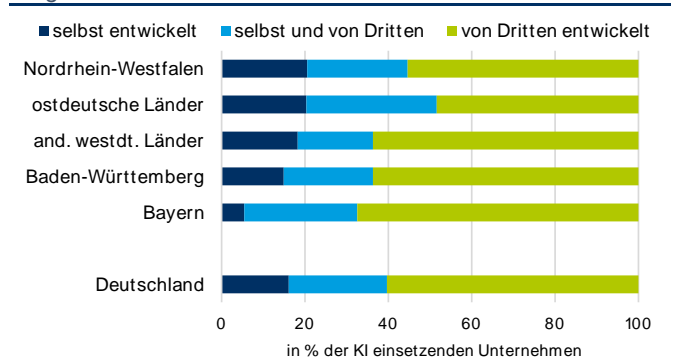
Abb. 5.3.18: Anwendungsbereiche von KI in Unternehmen im Jahr 2019



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.

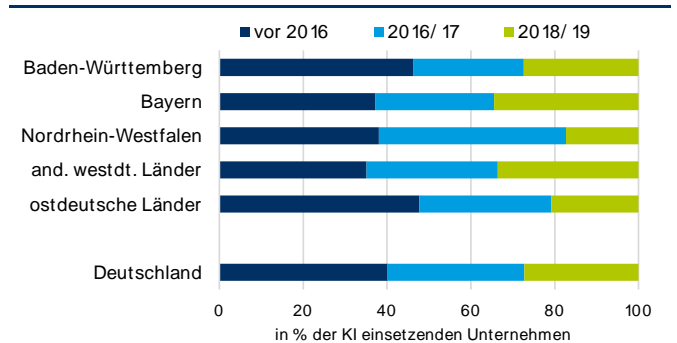
Abb. 5.3.19: Entwicklung der von Unternehmen im Jahr 2019 eingesetzten KI



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.

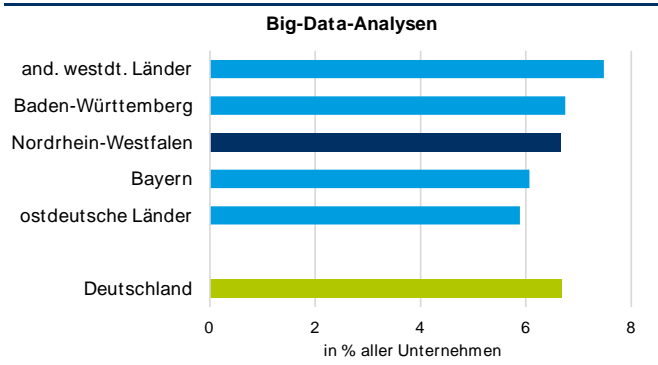
Abb. 5.3.20: Jahr des erstmaligen KI-Einsatzes in Unternehmen



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 Berichtskreis 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 Ruhgebiet. 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 verteilter 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 Therapieempfehlungen 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 substanziell 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 substanzielle 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 Versorgungsentpässe 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 Entscheidungsunterstützungssystem 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 Datenquellen³⁷ 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

³⁷ Für diesen Bericht wurden folgende Datenquellen und Verzeichnisse genutzt: Mannheimer Unternehmenspanel (Textanalyse von Geschäftstätigkeitsbeschreibungen), Webseiten von Unterneh-

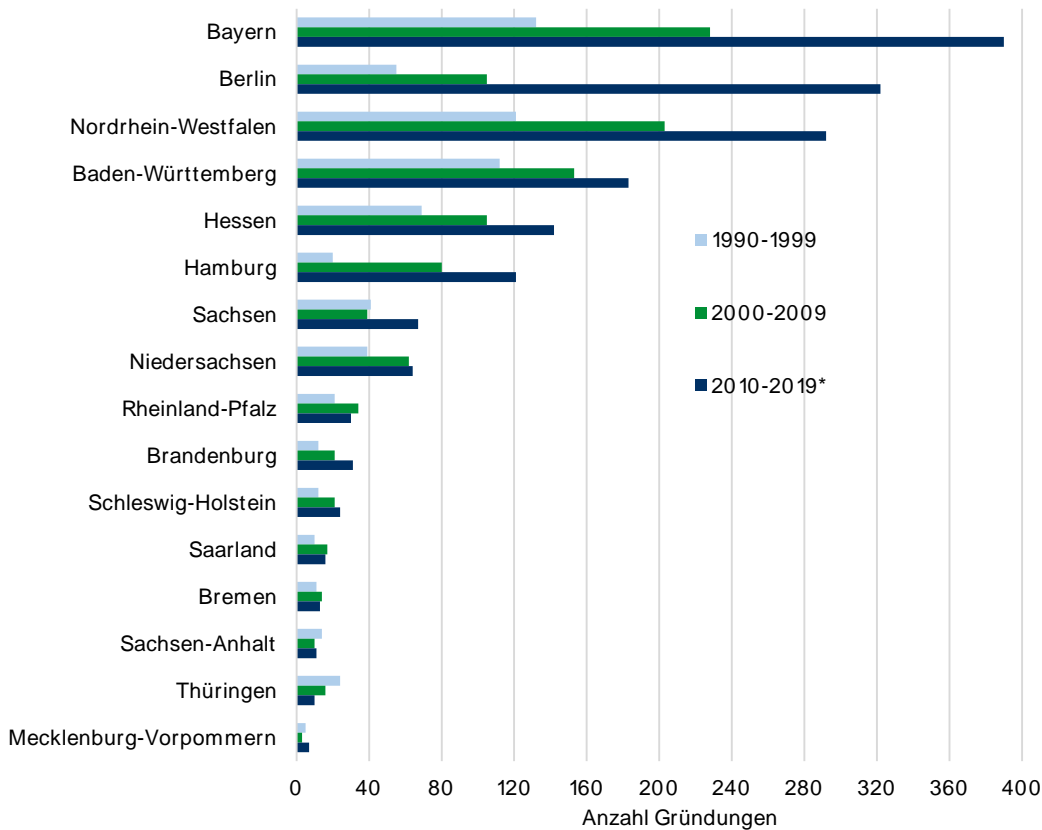
men (Textanalyse von Geschäftstätigkeitsbeschreibungen), Verzeichnisse von Unternehmen auf einschlägigen Webseiten (lernendesysteme.de, appliedai.de, aiso-lab.com), Profi-Datenbank (Unternehmen mit FuE-Förderungen zum Thema KI).

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.

Abb. 5.3.22: Anzahl von Unternehmensgründungen mit KI-Bezug 1990 bis 2019 nach Bundesländern



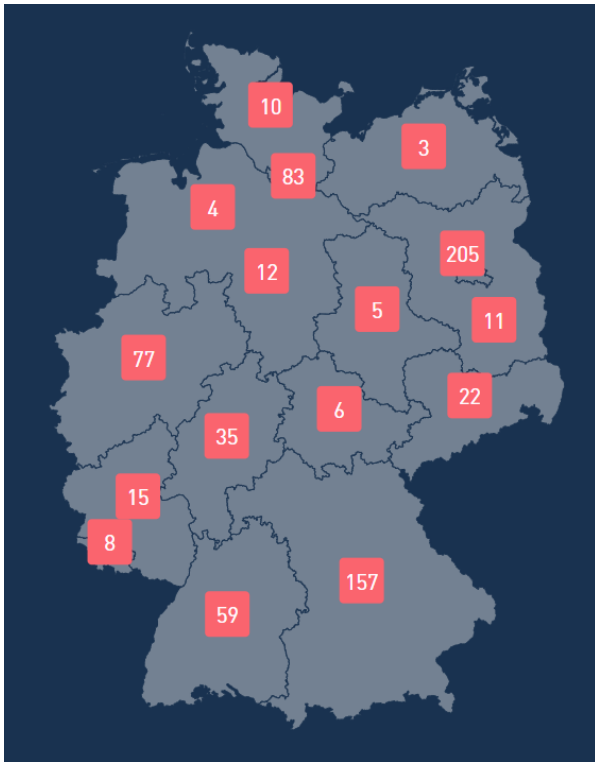
*Gründungen im Jahr 2019 noch untererfasst.

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):

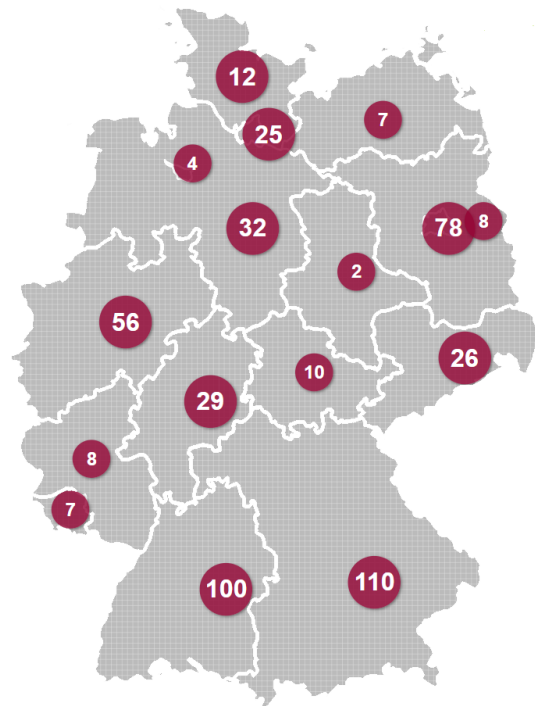
- Aifora GmbH (Düsseldorf): Aifora bietet Lösungen zur Automatisierung des Preis- und Bestandsmanagements für Einzelhändler an. Mithilfe von selbstlernenden Algorithmen werden präzise Prognosen erstellt, die das Kaufverhalten der Konsumenten in Echtzeit vorhersagen. Dazu werden die bestehenden Daten mit zusätzlichen Datenquellen, zum Beispiel Wetter und Wettbewerber, kombiniert und ausgewertet.
Nähere Informationen: <http://aifora.com>
- 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/>
- 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/>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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/>
- 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/>
- 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/>
- 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>
 - 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>
 - 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>
 - 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/>
 - 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>
 - 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/>
 - 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>
 - 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>
 - Tapdo Technologies GmbH (Münster):
Die Expertise von Tapdo liegt in der maßgeschneiderten Entwicklung von Hard- und Software-Lösungen.
Nähere Informationen: <https://tapdo.io>
 - 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/>
 - Zolotron (Bochum):
Bei Zolotron handelt es sich um ein führendes Unternehmen im Bereich kognitiver Sensortechnologie. Die Technologie von Zolotron 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://zolotron.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

5.4 Schlussfolgerungen: Positionierung 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 aufgestellt³⁸.

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 vertreten³⁹.

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.

³⁸ <https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22.06.2021

³⁹ <https://www.plattform-lernende-systeme.de/>, Stand 22.06.2021

5.5. 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 Handlungsfeld, der Ausbau interregionaler Kooperationen und Netzwerke, ist genauso wie für NRW auch für Deutschland insgesamt relevant, da zahlreiche wichtige Entwicklungen im Be-

reich 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.

5.5.1 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 Autorenteam ist dem zu entgegen, 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 DWNRW-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.

5.5.2 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.

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-Technologie sind automatisch eine Reihe von KI-Anwendungen obsolet.

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):

- Die Fähigkeit, den Wert externen Wissens für die eigene Organisation zu erkennen,
- Das externe Wissen in geeigneter und potenziell verwertbarer Form aufzunehmen,
- Routinen und Prozesse, die eine Verarbeitung, Interpretation und Nutzung des neuen Wissens ermöglichen,
- 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,
- 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 Science 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.

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.

5.5.3 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 Ausschließen aus gewohnten Entwicklungspfaden wird im Lauf der Zeit

immer schwerer. Rein regionale Innovationsnetzwerke verlieren damit ihre Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit.

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.

5.5.4 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.

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 Meinung 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 Professuren⁴⁰ 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 Henkel⁴¹, 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 Mittel 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.

⁴⁰ 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.

⁴¹ <https://www.henkel.de/spotlight/themenwelten/themenwelt-industrie-4-0/interview-thomas-zeuschler-767880> (letzter Zugriff (26.03.2021))

5.5.5 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 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 unübliche 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 Innovationssysteme 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“⁴² 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 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 Corona-Pandemie 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 Digitalscouts 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.

⁴² <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Artikel/KI-Trainer/mittelstand-4-0-kompetenzzentrum-augsburg.html>

nen. Dies gilt für die Forschung, wie auch für Entrepreneur, die in KI-Anwendungen investieren, bzw. Testfelder oder Fördermöglichkeiten für ihre Anwendungsidee 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.