Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

DE.DIGITAL

KI-Bedarfe in Deutschland

Regionale Analyse und Entwicklung der Anforderungsprofile in KI-Stellenanzeigen

Gutachten im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“

bmwk.de

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwk.de

Text und Redaktion
Institut der deutschen Wirtschaft:
Jan Büchel
Dr. Armin Mertens

Unter Mitarbeit von
Institut der deutschen Wirtschaft
Dr. Vera Demary
Dr. Henry Goecke
Enno Kohlisch
Dr. Oliver Koppel
Dr. Klaus-Heiner Röhl

Stand
Oktober 2022

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten. Sie ist Teil des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Projektpartner sind: das ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, das Institut der deutschen Wirtschaft (IW), die IW Consult, das Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen und das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW).

Zentraler Bestellservice für Publikationender Bundesregierung:
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Telefon: 030 182722721
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 4

1 Einleitung 5

2 Daten und Methode 7

3 Regionale Analyse der KI-Bedarfe in Deutschland 9

3.1 KI-Bedarfe nach Kreisen und kreisfreien Städten in Deutschland 10

3.2 KI-Bedarfe nach Bundesländern in Deutschland 18

3.3 KI-Bedarfe der Regionstypen in Deutschland 23

4 Entwicklung der Anforderungsprofile in KI-Stellenanzeigen 27

4.1 Konzepte 27

4.2 Programmiersprachen 29

4.3 Plattformen 30

4.4 Frameworks und Bibliotheken 31

4.5 Fachrichtungen 32

4.6 Abschlüsse 32

4.7 Berufserfahrung 33

5 Fazit und Ausblick 34

6 Anhang 35

7 Literatur 36

Abbildungsverzeichnis 40

Tabellenverzeichnis 40

Zusammenfassung

Im ersten Quartal 2021 schrieben Unternehmen und Forschungseinrichtungen deutschlandweit 11.537 KI-Stellenanzeigen aus. Das sind etwas mehr als in den Jahren 2019 (10.363) und 2020 (10.940). Allerdings sind die KI-Bedarfe in Deutschland auf einzelne Nachfrager konzentriert: Werden nur die KI-Stellenanzeigen ohne Vermittler betrachtet, entfallen auf einen Nachfrager durchschnittlich 3,9 KI-Stellenanzeigen im Jahr 2021. 291 Nachfrager, die mindestens fünf KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben haben, sind für 66 Prozent der KI-Stellenanzeigen ohne Vermittler verantwortlich. Insgesamt werden 36 Prozent der KI-Stellenanzeigen im Jahr 2021 über Vermittler ausgeschrieben.

Metropolen bilden Leuchttürme der KI-Bedarfe in Deutschland
Auch räumlich zeigt sich eine starke Konzentration der KI-Stellenanzeigen, die vor allem für Standorte in Metropolen ausgeschrieben werden. In München werden am meisten KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben, gefolgt von Frankfurt am Main, Stuttgart und Karlsruhe. In diesen Städten kommt es teilweise zu Ausstrahleffekten auf die umliegenden, eher ländlichen Kreise und kreisfreien Städte, in denen ebenfalls hohe KI-Bedarfe entstehen. Viele KI-Start-ups, eine hohe KI-Forschungsintensität der Hochschulen und der Unternehmen sowie eine gute Breitbandinfrastruktur begünstigen den Einsatz von KI in diesen Regionen und erklären somit die dortigen hohen KI-Bedarfe. Gleichzeitig ist die ansässige Branchenstruktur in hohem Maße ausschlaggebend für die KI-Bedarfe der Regionen. Viele der dortigen KI-Bedarfe gehen von größeren Unternehmensberatungen oder sonstigen IT-Dienstleistern aus. Zudem werden KI-Bedarfe durch standortspezifische Besonderheiten der jeweiligen Regionen beeinflusst, wie beispielsweise durch große Unternehmen aus dem Fahrzeugbau und Zulieferer-bereich, die besonders viele KI-Patente anmelden.

Hohe KI-Bedarfe in Stadtstaaten und im Süd-Westen Deutschlands
Auf Ebene der Bundesländer werden die meisten KI-Stellenanzeigen in den Stadtstaaten Berlin und Hamburg sowie in Bayern, Hessen und Baden-Württemberg ausgeschrieben. Im Vergleich dazu werden in den östlichen Bundesländern ohne Berlin deutlich weniger KI-Stellenanzeigen geschaltet. Gründe können die generell angespanntere Fachkräftesituation in Digitalisierungsberufen, die schwächer ausgeprägte KI-Start-up-Intensität und KI-Forschungslandschaft sowie der Branchenfokus in den östlichen Bundesländern ohne Berlin sein.

Positiver Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdichte und KI-Bedarfen
Generell sind die KI-Bedarfe in Regionen mit hoher Einwohnerdichte oder Nähe zu größeren Städten höher als in geringbesiedelten Regionen. Neben der leistungsstarken Internetversorgung in dicht besiedelten Räumen findet auch der Großteil der KI-Gründungen in solchen Räumen statt. Ursächlich kann sein, dass sich KI-Start-ups meist in unmittelbarer Nähe zu Forschungseinrichtung ansiedeln, die ebenfalls in dicht besiedelten Räumen verortet sind. Dagegen findet KI-Forschung der Unternehmen bemessen an der KI-Patentintensität in hohem Umfang auch in ländlichen Räumen statt, die eine geografische Nähe zu Clustergebieten aufweisen.

Umgang mit Cloud-Plattformen und Data Science als Studiengang immer stärker gefragt
In den Anforderungsprofilen der KI-Stellenanzeigen sind Python und SQL zwischen 2019 und 2021 die am häufigsten geforderten Programmiersprachen. Kenntnisse zu Cloud-Umgebungen und dabei insbesondere der Umgang mit Cloud-Plattformen der großen amerikanischen Anbieter (Amazon, Microsoft und Google) werden immer bedeutender und Data Science als Studiengang immer gefragter. Der Trend zu einer abnehmenden Anforderung mehrjähriger Berufserfahrung deutet eine zunehmende Flexibilität auf Arbeitgeberseite sowie Effekte des vorliegenden Fachkräftemangels an.

1 Einleitung

Künstliche Intelligenz (im Folgenden „KI“) gilt als Schlüsseltechnologie mit enormen Potenzialen für Wirtschaft und Gesellschaft. Dabei nehmen KI-Anwendungen bereits heute eine wichtige Rolle im Alltag vieler Menschen ein wie beispielsweise bei der Gesichtserkennung im Smartphone oder zur besseren Funktionalität von Internetsuchmaschinen oder von Sozialen Medien. Im Arbeitsumfeld kann der Einsatz von KI Effizienzsteigerungen oder Produktivitätszuwächse in Unternehmen auslösen (Purdy/Daugherty, 2017). Beispielsweise kann KI Unternehmen dabei unterstützen, große Datenmengen zu analysieren und daraus Maßnahmen für Prozessoptimierungen oder vorrausschauende Problemwarnungen vorschlagen sowie autonom durchführen. Die Vorteile werden bereits von vielen Unternehmen erkannt: In jüngster Vergangenheit setzen immer mehr Unternehmen in Deutschland Verfahren der KI ein, stehen KI positiv gegenüber oder forschen zu KI, indem sie beispielsweise KI-Patentanmeldungen hervorbringen (Büchel, et al., 2021).

Um die Potenziale von KI realisieren zu können, benötigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen in der Regel spezialisierte Fachkräfte, die zu KI forschen, KI-Anwendungsfälle identifizieren sowie KI-Anwendungen entwickeln und kontinuierlich verbessern. Büchel/Mertens (2021) zeigen, dass im ersten Quartal 2020 in Deutschland fast 11.000 KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben wurden. Um die deutschen KI-Bedarfe im europäischen Vergleich einordnen zu können, wird eine Studie von Roca (2019) herangezogen, die Daten der beruflichen Vernetzungsplattform LinkedIn analysiert: Etwa die Hälfte aller Fachkräfte mit KI-Kompetenzen in der EU sind auf die (damaligen) Mitgliedsstaaten Großbritannien (24 Prozent), Deutschland (14 Prozent) und Frankreich (12 Prozent) konzentriert (ebd., 6). Eine weitere Studie, die ebenfalls Daten von LinkedIn analysiert, zeigt, dass die Intensität, mit der Arbeitnehmer KI-Kompetenzen in ihren Jobs nutzen, in Deutschland durchschnittlich dem 1,7-fachen des weltweiten Durchschnitts entspricht (Zhang et al., 2022, 149, f.). Allerdings ist zu beachten, dass bei der Verwendung von LinkedIn-Daten KI-Kompetenzen betrachtet werden, die Beschäftigte im Zuge ihrer Plattformnutzung selbstständig angeben. Die Angaben sind freiwillig und es sind vorwiegend hochqualifizierte Beschäftigte auf LinkedIn aktiv, wonach die Ergebnisse auf Landesebene nicht zwangsläufig repräsentativ sein müssen.

Die Branchen, in denen Fachkräfte mit KI-Kompetenzen hauptsächlich eingesetzt werden, sind im internationalen Vergleich sehr ähnlich: In der EU sind etwa zwei Drittel der KI-Fachkräfte in der IKT-Branche sowie in der Forschung und im Hochschulwesen beschäftigt (Roca, 2019, 6). Andere Analysen zeigen, dass dies auch auf Deutschland (Eckert/Fuest, 2022) sowie die USA (Alekseeva, et al., 2021, 25) zutrifft. Besonders gut ist das Abschneiden Deutschlands im Finanzsektor und in der Industrie (Zhang et al., 2022, 149, f.). Roca (2019) zeigt, dass der Anteil der KI-Fachkräfte gerade in den jeweiligen Vorzeigebranchen der EU-Mitgliedsstaaten besonders hoch ist: Deutschland ist führend im Einsatz von KI-Fachkräften in der Industrie, wovon etwa die Hälfte auf den Fahrzeugbau entfällt.

Angesichts der in diesen Studien angedeuteten hohen KI-Bedarfe in Deutschland und der Bedeutung der Branchenstruktur werden die KI-Bedarfe in Deutschland in der folgenden Studie tiefergehend untersucht. Insbesondere wird dabei ein Datensatz zu KI-Stellenanzeigen in Deutschland analysiert, der repräsentativ ist, da er alle im jeweiligen Zeitraum in Deutschland ausgeschrieben Stellenanzeigen beinhaltet. Dazu wird zunächst untersucht, für welche Regionen Deutschlands die KI-Stellenanzeigen hauptsächlich ausgeschrieben werden. Somit kann identifiziert werden, ob es Zentren mit besonders hohen KI-Bedarfen gibt, sowie welchen Effekt die Branchenstruktur in den jeweiligen Regionen auf die Nachfrage hat. Eine Analyse mehrerer Zeiträume gibt Aufschluss darüber, ob die KI-Bedarfe im Zeitverlauf dynamisch sind und ob es zu Verschiebungen unter den besonders nachfragestarken Regionen kommt.

Neben der regionalen Verteilung wird in einem zweiten Schritt basierend auf Büchel/Mertens (2021) analysiert, wie sich die Anforderungsprofile in den KI-Stellenanzeigen im Zeitverlauf entwickeln. Insbesondere können so sich anbahnende Trends für die zukünftige Beschäftigungssituation in KI-Jobs aufgedeckt werden. Gerade angesichts der angespannten Fachkräftesituation in Digitalisierungsberufen in Deutschland (Burstedde, 2021) können derartige Hinweise wertvoll sein und den notwendigen Nachbesserungsbedarf in den Qualifikationsprofilen der Beschäftigten offenlegen.

Abschnitt 2 erläutert zunächst das methodische Vorgehen zur Erhebung der Anforderungsprofile der KI-Stellenanzeigen und deren regionaler Zuordnung. Daran knüpft Abschnitt 3 an mit der regionalen Analyse der KI-Bedarfe auf einer feingliedrigen Ebene einzelner Kreise und kreisfreier Städte in Deutschland (Abschnitt 3.1) sowie auf einer höhergelagerten Ebene der Bundesländer und einzelner Regionstypen je nach Einwohnerdichte (Abschnitt 3.2). Kapitel 4 thematisiert die Entwicklung der Anforderungsprofile in den KI-Stellenanzeigen. Einen Ausblick gibt Abschnitt 5.

2 Daten und Methode

Die folgende Analyse basiert auf einem Datensatz aus Online-Stellenanzeigen, der schon in der Vorjahresstudie zu KI-Bedarfen in Deutschland verwendet wurde (Büchel/Mertens, 2021). Die darin ursprünglich analysierten Stellenanzeigen aus dem ersten Quartal des Jahres 2020 werden nun um Daten aus den jeweils ersten Quartalen der Jahre 2019 und 2021 ergänzt. Insgesamt liegen somit Daten aus drei aufeinanderfolgenden Jahren vor, sodass die Entwicklung der KI-Bedarfe im Zeitverlauf abgebildet werden kann. Die Online-Stellenanzeigen wurden vom Datenanbieter Textkernel erworben, der die Stellenanzeigen aus über 60.000 verschiedenen Quellen sammelt, darunter die großen Jobportale wie Indeed, Stepstone und die Website der Bundesagentur für Arbeit (siehe Büchel/Mertens 2021). Um Duplikate bereinigt werden so für die ersten Quartale der Jahre 2021 insgesamt etwa 3,6 Millionen Stellenanzeigen, für 2020 etwa 3,0 Millionen Stellenanzeigen und 2019 rund 3,3 Millionen Stellenanzeigen untersucht (ebd., 25-26).[1] Die KI-Stellenanzeigen werden jährlich im Rahmen des KI-Monitors über ein iteratives und mehrfach validiertes Wörterbuch im Gesamtkorpus an allen in Deutschland ausgeschriebenen Stellenanzeigen identifiziert (Büchel et al. 2021). Passend zur Vorjahresstudie werden die durch dieses Wörterbuch identifizierten KI-Stellenanzeigen um solche Stellenanzeigen bereinigt, die sich auf Praktika oder Studentenjobs beziehen.[2]

Da die vorliegende Studie die regionale Verteilung der KI-Stellenanzeigen untersucht, erfolgt zunächst eine Geokodierung der KI-Stellenanzeigen sowie eine Zuordnung zu den Kreisen und kreisfreien Städten in Deutschland, für die sie ausgeschrieben wurden. Dafür wird eine Variable verwendet, die ebenfalls vom Datenanbieter Textkernel stammt und den Namen des Arbeitsortes angibt. Da Textkernel ein algorithmisches Verfahren für die automatisierte Erkennung des Arbeitsortes im Freitext der Stellenanzeigen nutzt, kann der Arbeitsort auch für solche Stellenanzeigen erhoben werden, die über einen Vermittler geschaltet werden.[3] Allerdings fehlen diese Werte für etwa 17 Prozent der KI-Stellenanzeigen. Über ein nachgelagertes Verfahren, bei denen diese KI-Stellenanzeigen manuell überprüft und der Arbeitsort extrahiert wurde, konnte die Zahl der fehlenden Werte auf 9 Prozent der KI-Stellenanzeigen reduziert werden. Für die übrigen KI-Stellenanzeigen gibt es aus verschiedenen Gründen keine Angabe zum Arbeitsort. So fehlt bei einigen KI-Stellenanzeigen der Volltext der Ausschreibung, es ist lediglich das Bundesland angegeben oder die Stelle wurde deutschlandweit mit verschiedenen möglichen Arbeitsorten ausgeschrieben. Zuletzt finden sich auch vermehrt KI-Stellenanzeigen, die gänzlich auf Remotearbeit reduziert werden. Die 9 Prozent der Stellenanzeigen ohne Information über den Arbeitsort werden in der Analyse nicht berücksichtigt.

Die KI-Stellenanzeigen mit vorhandenen Ortsnamen werden in einem weiteren Schritt über die Goolge Geocoding API geokodiert, indem die vorhandenen Informationen um weitere geographische Koordinaten wie Längen- und Breitengrade ergänzt werden. Für nicht eindeutige Ortsnamen werden Zusatzinformationen wie beispielsweise die Postleitzahl ergänzt, um die Ortsnamen geographisch korrekt verorten zu können.[4] Anschließend können die Geokoordinaten mit den Grenzen der Bundesrepublik abgeglichen werden, um solche KI-Stellenanzeigen zu entfernen, die fälscherweise als in

[1] Dabei werden sowohl Stellenanzeigen aussortiert, die im gleichen Jahr doppelt auftreten als auch Stellenanzeigen, die in den Vorjahresquartalen bereits veröffentlicht wurden und erneut ausgeschrieben werden, da die Stelle beispielsweise bislang nicht besetzt wurde.
[2] Für eine detaillierte Beschreibung des Datensatzes siehe Büchel/Mertens, 2021.
[3] Auch wenn bei Stellenanzeigen, die über einen Vermittler geschaltet wurden, oft keine direkten Informationen zum nachfragenden Unternehmen angegeben sind, findet sich nahezu immer eine Angabe zum Arbeitsort. Beispielhaft lautet eine solche Angabe: „Für unseren Kunden aus dem Finanzsektor suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen Machine-Learning Engineer für den Raum Frankfurt am Main“.
[4] Wird in den Daten als Arbeitsort etwa nur „Frankfurt“ genannt, wird in einem Nachbearbeitungsprozess kenntlich gemacht, ob es sich um „Frankfurt am Main“ oder „Frankfurt an der Oder“ handelt.

Deutschland ausgeschrieben verortet wurden. So finden sich einige KI-Stellenanzeigen, die in Österreich oder der Schweiz ausgeschrieben wurden, aber auch vereinzelt KI-Stellenanzeigen aus den USA oder Großbritannien. Insgesamt ergeben sich so für die ersten Quartale der Untersuchungsjahre 11.537 (2021), 10.940 (2020) und 10.363 (2019) KI-Stellenanzeigen. Zuletzt werden diese KI-Stellenanzeigen über ein Matching-Verfahren den jeweiligen Landkreisen und kreisfreien Städten zugeordnet. Dafür wird mit Hilfe räumlicher Modellierung berechnet, ob die Geokoordinaten der jeweiligen Stellenanzeige innerhalb der geografischen Grenzen der Landkreise und kreisfreien Städte liegen.

Zur Identifikation der Anforderungsprofile in den KI-Stellenanzeigen wird das Verfahren übernommen, das in der Vorjahresstudie für den Datenstand 2020 angewendet wurde (Büchel/Mertens, 2021). Wie auch in der geografischen Analyse, werden für die ersten Quartale des Vor- und Folgejahres (2019 und 2021) so ebenfalls die Kompetenzanforderungen über die Zeit erhoben. Als Verfahren wird dementsprechend das von Büchel und Mertens (2021) verwendete Named Entity Recognition (NER) Modell implementiert. NER bezeichnet die algorithmische, automatisierte Extraktion benannter Entitäten wie beispielsweise die Programmiersprachen Python, Julia oder C++ aus unstrukturiertem Text. Da ein solches Modell generalisieren kann – das bedeutet über den Kontext eines Wortes darauf schließen kann, dass es sich um eine relevante Entität handelt –, ist es möglich, das mit den Daten von 2020 trainierte Modell erneut zu nutzen, um auch die Kompetenzen aus den Jahren 2019 und 2021 zu extrahieren.[5] Wie in der Vorjahresstudie werden neben geforderten Kompetenzen im Umgang mit Konzepten, Programmiersprachen, Plattformen sowie Frameworks und Bibliotheken auch die in den KI-Stellenanzeigen geoforderten Abschlüsse, die entsprechenden Fachrichtungen und die Berufserfahrung erhoben.

[5] Für eine ausführlichere Beschreibung von NER-Modellen, dem hier verwendeten Modell und der Qualität der extrahierten Entitäten siehe Büchel und Mertens, 2021.

3 Regionale Analyse der KI-Bedarfe in Deutschland

Mit einer Anzahl von 11.537 wurden im ersten Quartal 2021 deutschlandweit etwas mehr KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben als in den ersten Quartalen der Jahre 2020 (10.940) und 2019 (10.363). Im ersten Quartal 2021 beträgt der Anteil der KI-Stellenanzeigen an allen Stellenanzeigen somit etwa 0,32 Prozent. Auch eine ähnliche Erhebung des Handelsblatts zu ausgeschriebenen Digitaljobs im KI-Bereich findet einen leichten Wachstumstrend in den ersten Quartalen der Jahre 2019 bis 2021 (Schmidt, 2020a, 2020b und 2021).[6]

64 Prozent der KI-Stellenanzeigen in Deutschland aus dem ersten Quartal 2021 wurden direkt ohne Vermittler ausgeschrieben. 2020 waren es noch 75 Prozent und 2019 sogar 78 Prozent. Demnach nehmen Vermittler im Zeitverlauf eine immer bedeutsamere Rolle für KI-Stellenanzeigen ein. Dies kann Ausdruck des in Deutschland vorliegenden Fachkräftemangels in Digitalisierungsberufen sein (Burstedde, 2021). Unternehmen können sich durch den Einsatz von Vermittlern höhere Chancen bei der Besetzung ihrer ausgeschriebenen KI-Stellen versprechen, da Vermittler beispielsweise Zugang zu tiefgreifenden Netzwerken haben. Dies können neben bestehenden Datenbanken über mögliche passende Kandidaten beispielsweise auch Kontakte zu Hochschulen oder anderen Institutionen sein, wonach ein besserer Zugang zu Hochschulabsolventen beziehungsweise Berufseinsteigern gegeben ist. Unter den 7.003 KI-Stellenanzeigen, die im ersten Quartal 2021 ohne Vermittler ausgeschrieben wurden und bei denen ein eindeutiger Name des Nachfragers angegeben ist, befinden sich 1.818 unterschiedliche Namen von Unternehmen oder Forschungseinrichtungen.[7] Pro Nachfrager wurden demnach durchschnittlich 3,9 KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben. Im ersten Quartal 2020 lag der Anteil bei 4,0, im ersten Quartal 2019 bei 4,5. Demnach lässt sich nicht nur eine zunehmende Bedeutung der Vermittler feststellen, sondern pro Nachfrager werden im Durschnitt auch weniger KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben. Dies deutet auf leichte Dekonzentrationseffekte im Zeitverlauf hin. Grund ist, dass insgesamt mehr KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben werden und diese sich auf mehr verschiedene Nachfrager verteilen. Folglich entstehen bei immer mehr Unternehmen und Forschungseinrichtungen KI-Bedarfe.

Generell ist die Konzentration mit 3,9 KI-Stellenanzeigen pro Nachfrager jedoch hoch. Dies wird auch deutlich, wenn die 291 Nachfrager betrachtet werden, die im ersten Quartal 2021 mindestens fünf KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben haben. Sie sind allein für etwa 66 Prozent der 7.003 KI-Stellenanzeigen verantwortlich. Eine händische Überprüfung ergibt, dass 242 der 291 Nachfrager (83 Prozent) entweder im Jahr 2020 oder im Jahr 2019 ebenfalls KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben hatten.[8] 61 Prozent hatten in beiden Vorjahresquartalen KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben.

Weitere Charakteristika der KI-Bedarfe in Deutschland können in einer regionalen Analyse aufgedeckt werden. Um die Anzahl der KI-Stellenanzeigen in verschiedenen Regionen unverzerrt miteinander vergleichen zu können, werden die KI-Stellenanzeigen zunächst in Relation zur Beschäftigung in der jeweiligen Region gesetzt. Somit können beispielsweise die KI-Bedarfe eines Kreises mit geringer Einwohnerdichte und daher eher niedriger Beschäftigtenzahl mit denen einer kreisfreien Stadt

[6] Die absolute Anzahl der KI-Stellenanzeigen ist bei dieser Erhebung jedoch deutlich geringer. Grund ist vermutlich eine unterschiedliche Methodik bei der Identifikation der KI-Stellenanzeigen.
[7] Bei dieser Analyse werden die KI-Stellenanzeigen, die über Vermittler abgewickelt werden, ausgeschlossen, da in diesen Fällen der Name des Nachfragers nicht immer dem des ausschreibenden Unternehmens oder der Forschungseinrichtung, sondern auch dem des Vermittlers entsprechen kann. Bei einem Einschluss der KI-Stellenanzeigen über Vermittler käme es somit zu Verzerrung bei den Häufungen.
[8] Bei nahezu identischen Unternehmensnamen, die sich beispielsweise nur in der Rechtsform unterscheiden, wenn es sich um eine Tochtergesellschaft und den Mutterkonzern handelt, wird von einer Übereinstimmung ausgegangen. Die Unternehmenseinheiten können zwar leicht unterschiedlich sein, jedoch sind sie gemeinsam in einen Mutterkonzern eingebunden, wonach zumindest von einem Wissenstransfer innerhalb des Unternehmens ausgegangen wird.

mit sehr vielen Unternehmen sowie Einwohnern und daher einer Vielzahl an Beschäftigten sinnvoll in Relation gesetzt werden. Als Bezugsgröße wird jeweils die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten zum Stichtag 31. März der Jahre 2019, 2020 und 2021 verwendet (BA, 2019, 2020 und 2021). Da für die generelle Beschäftigungsintensität in der Region kontrolliert werden soll, werden die Beschäftigten gezählt, die die jeweilige Region als Arbeitsort angeben.[9]

Auch in Relation zur Beschäftigtenanzahl steigen die KI-Bedarfe in Deutschland im Zeitverlauf: im ersten Quartal 2021 waren es durchschnittlich 3,4 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, 3,3 im ersten Quartal 2020 und 3,1 im ersten Quartal 2019. Da die Beschäftigtenstatistik genauso wie die KI-Stellenanzeigen auf Kreisebene verfügbar ist, können im Folgenden die KI-Bedarfe einzelner Kreise und kreisfreier Städte in Deutschland miteinander verglichen werden.

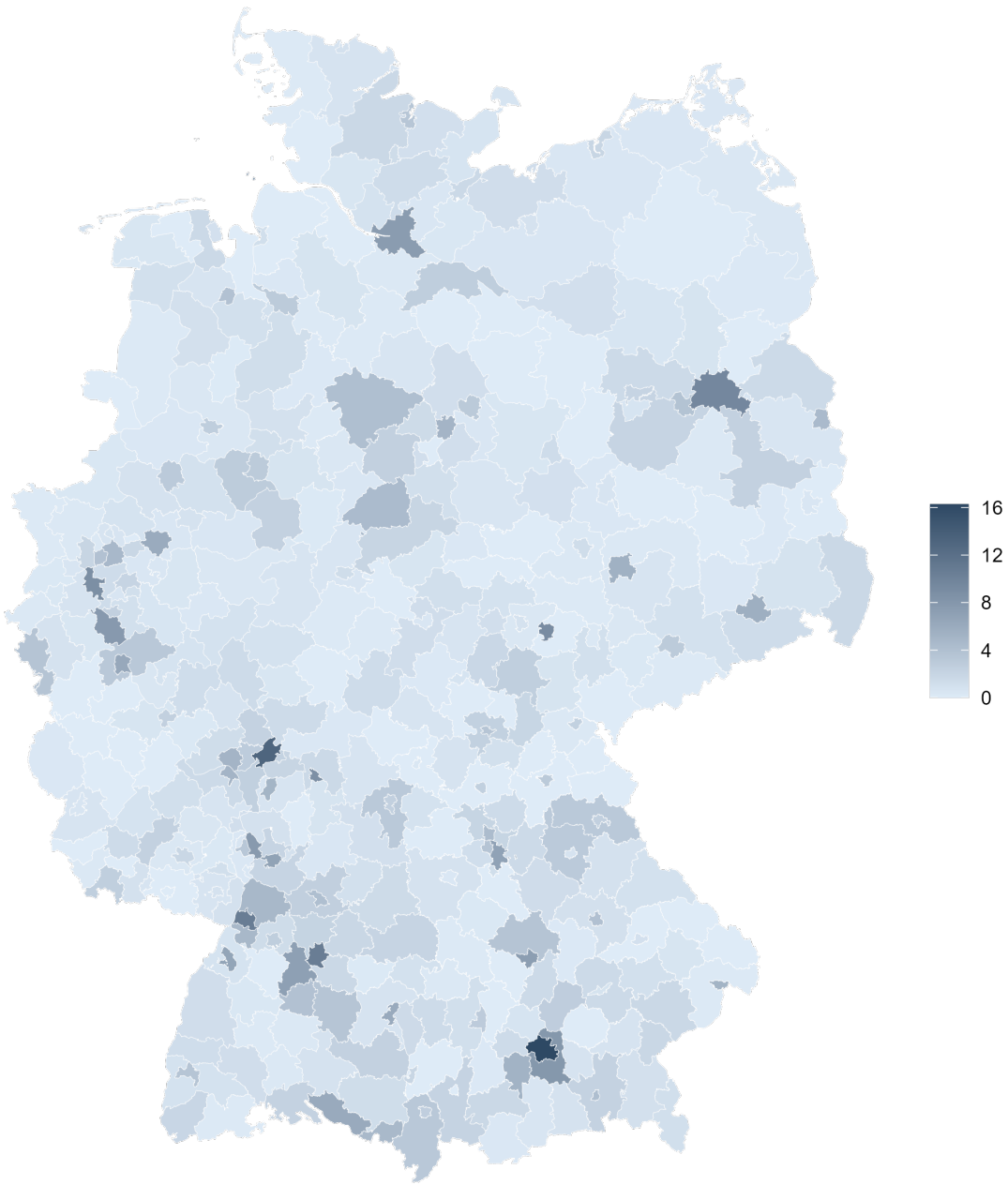
3.1 KI-Bedarfe nach Kreisen und kreisfreien Städten in Deutschland

Für die Jahre 2019, 2020 und 2021[10] werden die KI-Stellenanzeigen der Kreise und kreisfreien Städte zunächst in Relation zu den jeweiligen Beschäftigten gesetzt. Abbildung 3-1 veranschaulicht die Verteilung der KI-Bedarfe in Deutschland auf die einzelnen Kreise und kreisfreien Städte im Jahr 2021.[11]

[9] Die Anzahl der Beschäftigten auf Kreisebene wird auch in anderen arbeitsmarktrelevanten Untersuchungen als Bezugsgröße verwendet. Beispiele sind eine Analyse zur Fachkräftesicherung durch Zuwanderung (Geis-Thöne, 2022) oder eine Erhebung zum Stand der Digitalisierung, in der insbesondere bei Indikatoren zum FuE-Personal, zu Unternehmensgründungen mit digitalen Geschäftsmodellen oder zur Innovationskraft in Form von Patentanmeldungen die Beschäftigung in der jeweiligen Region als Bezugsgröße dient (Büchel/Engels, 2022a).
[10] Der Einfachheit halber werden im folgenden Textfluss die Jahreszahlen 2019, 2020 und 2021 genannt, obwohl dabei jeweils die KI-Stellenanzeigen in den ersten Quartalen der jeweiligen Jahre gemeint sind.
[11] Zur geografischen Zuordnung einzelner Kreise und kreisfreier Städte siehe beispielsweise BKG, 2019.

Abbildung 3-1: KI-Bedarfe 2021 in Deutschland nach Kreisen und kreisfreien Städten

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte; 1. Quartal 2021; insgesamt 11.537 KI-Stellenanzeigen.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

Die KI-Bedarfe in Deutschland verteilen sich sehr heterogen auf die einzelnen Kreise und kreisfreien Städte. Metropolen wie Berlin, München, Stuttgart, Frankfurt oder Hamburg weisen besonders hohe KI-Bedarfe auf. Demzufolge gibt es nicht nur ein Zentrum, auf das der Großteil der KI-Bedarfe konzentriert ist, sondern mehrere Ballungsgebiete, in denen es meist zu Clustereffekten kommt. In den umliegenden Landkreisen der nachfragestarken Metropolen liegen ebenfalls hohe KI-Bedarfe vor. Davon sind besonders die Regionen um Stuttgart und Karlsruhe, Köln und Düsseldorf, Frankfurt und

Wiesbaden, München sowie Berlin betroffen. Die Verteilung der KI-Bedarfe in Deutschland ist stark konzentriert auf diese Ballungsgebiete: Etwa 70 Prozent aller KI-Stellenanzeigen im Jahr 2021 entfallen auf 24 der insgesamt 401 Kreise und kreisfreien Städte[12], 55 weisen gar keine KI-Stellenanzeige auf. In den Vorjahren war die Konzentration noch gravierender: 2020 entfielen 70 Prozent auf 22 Kreise und kreisfreie Städte (2019: 19) und 80 waren ohne KI-Stellenanzeige (2019: 87). Die Entwicklung ist stimmig dazu, dass immer mehr verschiedene Unternehmen KI-Stellenanzeigen ausschreiben.

Die hohen KI-Bedarfe in den genannten Clusterregionen können mehrere Gründe haben.

KI-Start-ups

In Clusterregionen liegt meist eine besonders hohe KI-Start-up-Intensität vor, wie eine Studie von Rammer (2022) zeigt.[13] Eine statistische Überprüfung bestätigt den positiven Zusammenhang zwischen der KI-Start-up-Intensität und den KI-Bedarfen in den jeweiligen Regionen: Wird die Anzahl an KI-Start-ups pro 10.000 Beschäftigte in Relation zur Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte aus 2021 gesetzt, berechnet sich über die 401 Kreisbeobachtungen ein Korrelationskoeffizient von 0,67. In Kreisen und kreisfreien Städten mit besonders vielen KI-Start-ups sind demzufolge vermehrt KI-Kompetenzen gefragt. Die Wirkungsrichtung ist allerdings nicht trivial. KI-Start-ups können einerseits selbst KI-Stellenanzeigen ausschreiben. Andererseits können sich KI-Start-ups im Umfeld von Unternehmen mit vielen KI-Bedarfen ansiedeln, um beispielsweise Partnerschaften anzustreben. Generell sind KI-Start-ups wichtige Partner für Unternehmen, die in die umfassende Nutzung von KI einsteigen möchten (Engels/Röhl, 2020). Zusätzlich können sich beide Effekte gegenseitig verstärken.

Um zu überprüfen, ob die KI-Start-ups tatsächlich einen Großteil der KI-Stellenanzeigen selbst ausgeschrieben haben, wurden die Namen der KI-Start-ups händisch mit denen der Nachfrager aus den KI-Stellenanzeigen abgeglichen.[14] Der Abgleich zeigt: Lediglich 13 Prozent der insgesamt 7.003 KI-Stellenanzeigen, die 2021 ohne Vermittler ausgeschrieben wurden und zu denen ein eindeutiger Name des Nachfragers vorliegt, stammen von KI-Start-ups. Demnach schreiben KI-Start-ups nur einen kleinen Teil aller KI-Stellenanzeigen in Deutschland aus. Aufgrund des vorliegenden positiven Zusammenhangs ist daher anzunehmen, dass sich KI-Start-ups stattdessen eher im Umfeld der Unternehmen ansiedeln, die KI nutzen und Fachkräfte mit entsprechenden Kompetenzen benötigen. Volumenmäßig entfallen viele der KI-Stellenanzeigen in den Jahren 2019 bis 2021 auf große Unternehmen aus verschiedenen Branchen, die von Partnerschaften mit KI-Start-ups profitieren können. Bei großen Unternehmen können die Skalierungsmöglichkeiten von KI-Anwendungen sehr hoch sein, wenn beispielweise durch KI unterstützte Produktionsschritte an anderer Stelle oder für weitere Produktionsstandorte übernommen werden können. KI-Stellenanzeigen werden ebenfalls von anderen Start-ups oder mittleren und kleinen Unternehmen ausgeschrieben. Auf sie entfallen zwar – auch aufgrund ihrer im Vergleich zu den großen Unternehmen geringeren Kapazitäten – pro Unternehmen weniger

[12] Ab 2021 ist die Anzahl an Kreisen und kreisfreien Städten in Deutschland auf 400 reduziert worden, da seitdem Eisenach vollständig dem Wartburgkreis zugerechnet wird. Der Ansatz der Geokodierung (Abschnitt 2), der die KI-Stellenanzeigen auf Basis des Arbeitsortes den jeweiligen Kreisen und kreisfreien Städten zuordnet, erlaubt es, auch weiterhin für Eisenach ausgeschriebene Stellen dem ehemaligen Kreisgebiet zuzuordnen. Somit sind 2021 unverzerrte Vergleiche auf Basis der 401 Kreise und kreisfreien Städte zu den Jahren 2020 und 2019 möglich.
[13] In dieser Studie werden etwa 6.000 KI-Start-ups betrachtet, die seit 1995 gegründet wurden. Sie lassen sich sinnvoll mit den KI-Bedarfen im Jahr 2021 in Relation setzen, da nur 8 Prozent der KI-Start-ups im Zeitverlauf nicht mehr wirtschaftsaktiv wurden und ab 2014 ein regelrechter Gründungsboom einsetzte. Zudem behielten etwa 85 Prozent der gegründeten Unternehmen den Status kleiner Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten bei (ebd., 18-20).
[14] Dabei wurden KI-Stellenanzeigen über Vermittler sowie jene ohne Namen nicht berücksichtigt. Grund ist, dass Vermittler in der Regel zwar den Standort des nachfragenden Unternehmens im Volltext der Stellenausschreibung angeben, den Namen des Nachfragers jedoch meist nicht.

KI-Stellenanzeigen, jedoch sind sie in Summe für einen beträchtlichen Anteil aller KI-Bedarfe in Deutschland verantwortlich.

KI-Forschungslandschaft

Neben vielen KI-Start-ups kann auch eine stark ausgeprägte KI-Forschungslandschaft in den jeweiligen Regionen hohe KI-Bedarfe erklären. Wird die lokale Konzentration der KI-Forschung betrachtet, zeigen gerade die Regionen um Frankfurt, Stuttgart, München, Berlin sowie Köln und Düsseldorf starke Überschneidungen zu der Konzentration der KI-Stellenanzeigen (acatech, 2022; Seifert et al., 2018, 42 f.). Neben Berlin und München liegen ebenfalls in Dortmund, Tübingen sowie Dresden und Leipzig hohe KI-Bedarfe vor, wo die insgesamt sechs staatlich geförderten KI-Kompetenzzentren in Deutschland angesiedelt sind (Ronzheimer, 2022).[15] Nachfrage nach KI-Kompetenzen können ebenfalls die mittlerweile erfolgreich besetzten 100 zusätzlichen KI-Professuren aus der KI-Strategie der Bundesregierung (2020, 10 f.) auslösen. Die meisten KI-Professuren wurden an Universitäten in München, Stuttgart und Tübingen geschaffen (Voß, 2022). Die Forschungseinrichtungen wie Universitäten oder Forschungs- und Bildungszentren können – analog zu den KI-Start-ups – einerseits selbst KI-Stellenanzeigen ausschreiben. Andererseits bedarf der Technologietransfer zwischen Forschung und Wirtschaft meist einer gewissen Nähe der Transferpartner (Seifert et al., 2018, 42 f.), sodass gerade Unternehmen in den umliegenden Regionen der Forschungseinrichtungen hohe KI-Bedarfe vorweisen können.

Einer händischen Überprüfung der Namen der Nachfrager in den KI-Stellenanzeigen zufolge entfallen etwa 11 Prozent der insgesamt 7.003 KI-Stellenanzeigen, die 2021 ohne Vermittler ausgeschrieben wurden und zu denen ein eindeutiger Name des Nachfragers vorliegt, auf Forschungseinrichtungen. Besonders relevant ist dies zum Beispiel im Rhein-Sieg-Kreis in Nordrhein-Westfalen, in dem 74 Prozent der insgesamt 54 KI-Stellenanzeigen auf Forschungseinrichtungen entfallen. Absolut betrachtet werden in München mit 173 am meisten KI-Stellenanzeigen von Forschungseinrichtungen ausgeschrieben, wovon ein Großteil auf ansässige Universitäten sowie sonstige Forschungseinrichtungen entfällt.

KI-Patentanmeldungen

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu KI können neben Forschungseinrichtungen auch in Unternehmen erfolgen und dort KI-Bedarfe auslösen. Beispielsweise können Unternehmen gezielt KI-Fachkräfte suchen, die KI-Anwendungen für eigene Unternehmensprozesse oder für die von den Unternehmen angebotenen Produkte und Dienstleistungen entwickeln. Zudem können sie unternehmensspezifische Anwendungsfelder für KI erst identifizieren. Die Innovationsaktivitäten der Unternehmen im KI-Bereich können anhand ihrer KI-Patentanmeldungen gemessen werden. Dazu werden die insgesamt 823 KI-Patente verwendet, die im Jahr 2019 in Deutschland angemeldet und im KI-Monitor 2022 (Demary et al., 2022) identifiziert werden. Die KI-Patentanmeldungen werden je nach Erfindersitz regional den einzelnen Kreisen zugeordnet und analog zu den KI-Stellenanzeigen und KI-Start-ups in Relation zu den Beschäftigten des Kreises gesetzt.[16] Somit kann die KI-Patentaktivität einzelner Kreise unverzerrt miteinander verglichen werden. Insbesondere kann so untersucht werden, ob in Kreisen mit hoher KI-Patentaktivität der Unternehmen auch viele KI-Bedarfe entstehen.

[15] Das sechste KI-Kompetenzzentrum – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz – verteilt sich dezentral auf die Standorte Kaiserslautern, Saarbrücken, Bremen, Berlin, Osnabrück und Lübeck (DFKI, 2022).
[16] Neben dem Erfindersitz können die KI-Patentanmeldungen auch dem Anmeldersitz zugeordnet werden. Hierbei kann es jedoch gerade bei Großunternehmen mit mehreren Standorten zu sogenannten „Headquarter"-Effekten kommen. Dabei werden Patentanmeldungen vom Hauptsitz aus angemeldet, auch wenn sie an anderen Standorten entwickelt wurden, die woanders in Deutschland verortet sind. Um die regionale KI-Patentaktivität in Deutschland möglichst zielgenau zuordnen zu können, wird stattdessen der Erfindersitz verwendet.

Die KI-Patentanmeldungen im Jahr 2019 sind deutschlandweit noch stärker konzentriert als die KI-Stellenanzeigen (Büchel et al., 2022). KI-Patente werden vor allem in Clusterregionen um Standorte großer deutscher Unternehmen aus den Bereichen Fahrzeugbau, Automobilzulieferer, Elektrotechnik und sonstigen Technologiebereichen angemeldet. Dazu zählen die Kreise um Karlsruhe und Stuttgart, Wolfsburg, München, Ingolstadt, den Bodensee, Erlangen und Kronach. Eine tiefergehende Überprüfung zeigt, dass es in diesen Clusterregionen jeweils die Unternehmen mit hohen KI-Bedarfen sind, aus denen besonders viele KI-Patentanmeldungen hervorgehen.

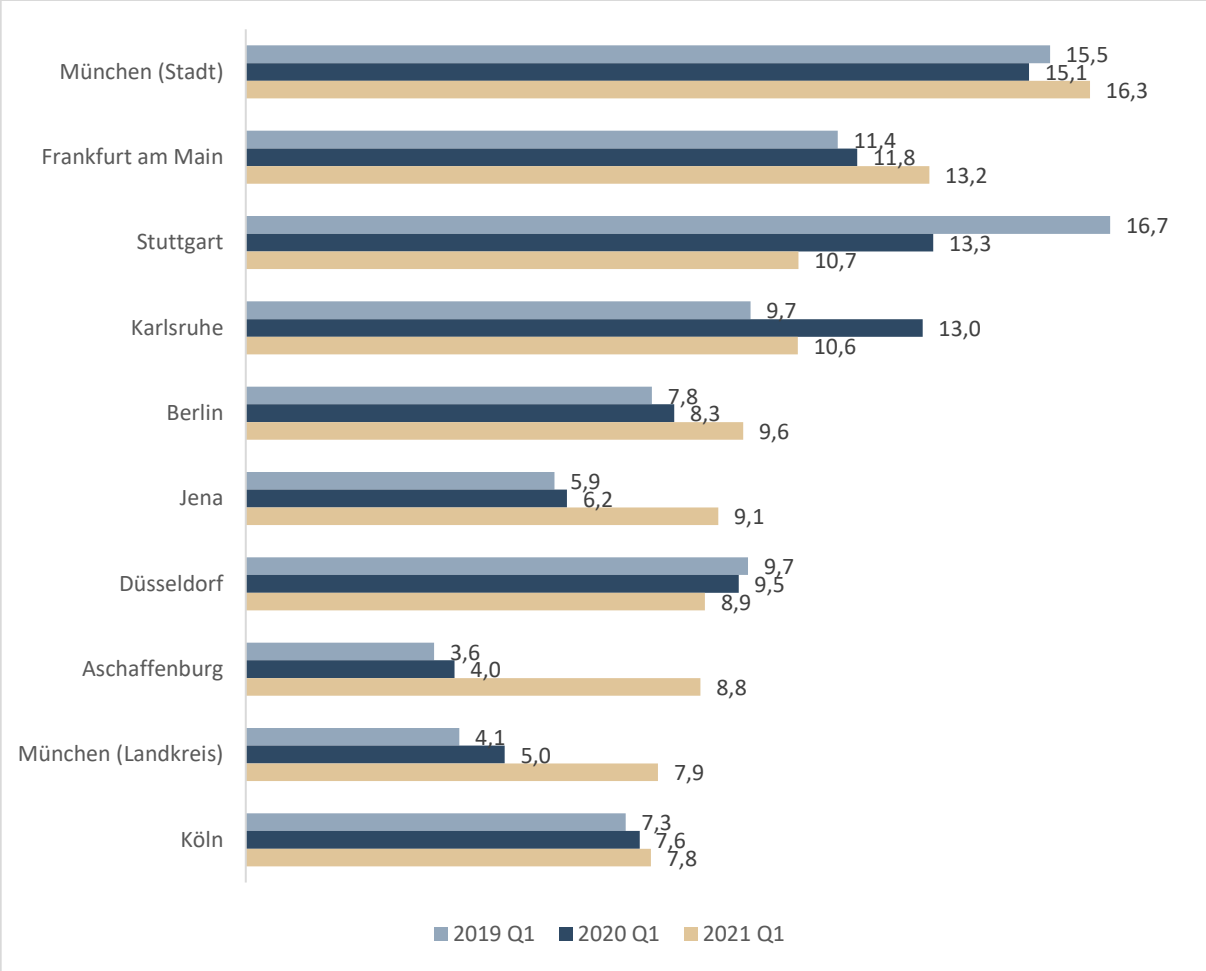
Breitbandinfrastruktur

Schlussendlich ist eine leistungsstarke Internetversorgung Grundvoraussetzung für einen effektiven Einsatz von KI. Sind Unternehmen nicht in der Lage, Daten reibungslos und bestenfalls in Echtzeit innerhalb des Unternehmens zu übermitteln oder von anderen Unternehmen zu empfangen, können KI-Anwendungen nicht ihre volle Profitabilität ausschöpfen. Demnach können gerade Regionen mit gut ausgebauter Breitbandinfrastruktur günstige Standorte für KI-Anwendungen sein und die KI-Bedarfe der dort ansässigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen erklären. In Deutschland zeigt sich im Jahr 2021 weiterhin ein signifikanter Unterschied in der Breitbandverfügbarkeit zwischen städtischen und ländlichen Räumen: Gerade bei höheren Geschwindigkeiten, die für einen reibungslosen Einsatz von KI wichtig sind, weisen städtische Gebiete eine weitaus bessere Versorgung mit leistungsstarkem Internet auf als ländliche (BMVI, 2022, 10 f.). In der Geschwindigkeitsklasse über 1.000 Mbit/s verfügen etwa 60 Prozent der Gewerbestandorte in städtischen Gebieten über eine entsprechende Breitbandinfrastruktur, in halbstädtischen sind es 38 Prozent und in ländlichen nur 27 Prozent (ebd.). Der Großteil der Clustergebiete der KI-Bedarfe gehört zu den städtischen Räumen und profitiert somit von einer guten Breitbandinfrastruktur.

Entlang der genannten Erklärungsmuster, die sich zudem jeweils gegenseitig verstärken können, werden die KI-Bedarfe in Deutschland im Folgenden detaillierter analysiert. Dazu zeigt Abbildung 3-2 zunächst die konkreten Kreise und kreisfreien Städte Deutschlands mit den höchsten KI-Bedarfen im Jahr 2021 auf.

Abbildung 3-2: Kreise und kreisfreie Städte mit den höchsten KI-Bedarfen in Deutschland

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte; insgesamt 11.537 KI-Stellenanzeigen (2021), 10.940 (2020) und 10.363 (2019).



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

KI-Bedarfe in München

In der kreisfreien Stadt München bestehen mit durchschnittlich 16,3 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigten im Jahr 2021 die höchsten KI-Bedarfe in Deutschland. Die KI-Stellenanzeigen werden hauptsächlich von größeren Unternehmen aus dem Ingenieur-, Technologie- und Gesundheitsbereich, von global agierenden Unternehmensberatungen mit Standort in München sowie in großem Umfang auch von Universitäten und Forschungseinrichtungen ausgeschrieben. Der zuvor bereits erwähnte Cluster- bzw. Ausstrahlungseffekt auf umliegende Kreise lässt sich in München eindrucksvoll beobachten: Neben der kreisfreien Stadt München ist auch der umliegende Landkreis München auf Platz 9 der Kreise mit den höchsten KI-Bedarfen vertreten. Dort schreiben vor allem größere Unternehmen KI-Stellenanzeigen aus, die sich abseits des Stadtkerns angesiedelt haben. Sie sind ebenfalls für den Großteil der dort entstehenden KI-Patentanmeldungen verantwortlich. Begünstigend für die KI-Bedarfe kommt hinzu, dass in München eine besonders hohe KI-Start-up-Intensität vorliegt: Die kreisfreie Stadt München belegt mit 77 KI-Start-ups pro 100.000 Erwerbstätigen deutschlandweit Platz 2, der Landkreis München mit 62 Platz 7 (Rammer, 2022, 16 f.). Ein Grund der Ansiedlung vieler KI-Start-ups könnte in der besonders ausgeprägten Forschungslandschaft im KI-Bereich am Standort München liegen (Seifert et al., 2018, 42 f.). Auch der Zugang zu leistungsstarkem Internet ist

in München gegeben: 96 Prozent der Gewerbestandorte im Stadtkern weisen eine Breitbandverfügbarkeit über leitungsgebundene Technologien der Geschwindigkeit von mindestens 1.000 MBit/s auf, im Landkreis München sind es 79 Prozent (MIG, 2022). Zum Vergleich: Der bundesweite Durchschnitt liegt derzeit bei etwa 50 Prozent (BMVI, 2021, 9).

KI-Bedarfe in Frankfurt am Main

Auf Platz 2 der höchsten KI-Bedarfe im Jahr 2021 folgt Frankfurt am Main mit 13,2 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte. In Frankfurt schreiben primär Dienstleister aus den Bereichen IT, Beratung und Finanzen sowie ein Unternehmen aus dem Mobilitätsbereich KI-Stellenanzeigen aus. Forschungseinrichtungen spielen nahezu keine Rolle für die KI-Bedarfe der Region. Auch werden fast keine KI-Patente in der Region um Frankfurt angemeldet. Der Grund dafür könnte der Branchenmix Frankfurts sein, der sich vorwiegend auf den Dienstleistungs- und Finanzbereich stützt. Für reine Software ohne technische Komponenten kann in Deutschland keine Patentwirkung angestrebt werden (DPMA, 2019), was die geringe Anzahl an KI-Patenten in Frankfurt erklären könnte. Dagegen kann die gut ausgebaute Breitbandinfrastruktur in Frankfurt die hohen KI-Bedarfe der Region begünstigen: In Frankfurt ist der Anteil der Gewerbestandorte mit einer Breitbandverfügbarkeit von mindestens 1.000 MBit/s mit 94 Prozent ähnlich zu München sehr hoch (MIG, 2022).

KI-Bedarfe in Stuttgart und Karlsruhe

Anders sieht es bei den dahinter platzierten Städten Stuttgart und Karlsruhe aus, in denen zusätzlich zu Unternehmen Forschungseinrichtungen viele KI-Stellenanzeigen ausschreiben. Es ist zu vermuten, dass Synergien zwischen staatlichen Forschungseinrichtungen und den Innovationsaktivitäten der Unternehmen entstehen, da auch die KI-Patentaktivität der Unternehmen in diesen Clusterregionen sehr hoch ist: In Stuttgart und den umliegenden Kreisen Böblingen, Ludwigsburg, Calw sowie Karlsruhe und dem umliegenden Kreis Heilbronn entstehen 29 Prozent aller KI-Patente in Deutschland. Forschungseinrichtungen und Unternehmen können beispielsweise FuE-Kooperationen eingehen oder KI-Patente gemeinsam entwickeln. Zudem kann es zu Spillover-Effekten der innovativen Forschungslandschaft im KI-Bereich auf umliegende Unternehmen kommen, sodass in den Unternehmen vermehrt KI-Bedarfe entstehen. Im Vergleich zu München und Frankfurt sind die Anteile der Gewerbestandorte mit hoher Breitbandverfügbarkeit in Karlsruhe (69 Prozent) und Stuttgart (68 Prozent) jedoch geringer (MIG, 2022).

2019 war Stuttgart noch der Kreis mit den höchsten KI-Bedarfen Deutschlands. Seither sind die KI-Stellenanzeigen am gesamten Cluster um Stuttgart rückläufig. Die dortigen KI-Bedarfe werden im Wesentlichen von den ansässigen großen Unternehmen aus dem Fahrzeugbau und Zuliefererbereich getrieben. Auch der Großteil der KI-Patente wird von diesen Unternehmen angemeldet. Angesichts der derzeit großen Herausforderungen der Automobilindustrie wie beispielsweise dem Umstieg auf Elektromobilität oder dem Halbleitermangel kann der Rückgang der KI-Bedarfe auch dadurch bedingt sein, dass die Unternehmen weniger Kapazitäten zur Verfügung haben als noch in den Vorjahren. Ein Abflachen der KI-Stellenanzeigen von einem sehr hohen Niveau bedeutet allerdings nicht zwangsläufig, dass in den Unternehmen weniger KI genutzt wird. Einerseits schreiben die Unternehmen weiterhin KI-Stellenanzeigen aus – nur eben auf einem leicht geringeren Niveau, das im Vergleich zu anderen Regionen weiterhin hoch ist. Andererseits können viele der KI-Stellen der Vorjahre mittlerweile erfolgreich besetzt sein, sodass innerhalb der Unternehmen bereits ein hohes KI-Kompetenzniveau erreicht ist. Ein Rückgang der jährlichen KI-Stellenanzeigen kann somit auch erste Sättigungseffekte andeuten. Ein ähnliches Abflachen der KI-Bedarfe lässt sich ebenfalls seit 2019 in der Region um Wolfsburg und Braunschweig beobachten, die ein weiterer wichtiger Automobilstandort Deutschlands ist und in der ebenfalls nach wie vor viele KI-Patente entstehen. Aufgrund des Rückgangs der KI-Stellenanzeigen ist die Region um Wolfsburg im Gegensatz zu den Vorjahren in der Auflistung der zehn Kreise mit den höchsten KI-Bedarfen im Jahr 2021 nicht mehr enthalten.

KI-Bedarfe in Aschaffenburg

Im Gegensatz zu den genannten Rückgängen steigen die KI-Bedarfe in anderen Kreisen im Zeitverlauf an. In Aschaffenburg beispielsweise verdoppeln sich die KI-Bedarfe von 4,0 im Jahr 2020 auf 8,8 im Jahr 2021. Auch hier liegt der Grund in einem Zusammenspiel aus einer leistungsstarken Breitbandinfrastruktur und der Branchenstruktur der Region Aschaffenburg. Sie ist stark durch Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus dem Automobilzuliefererbereich mit Schwerpunkt Fahrzeugsicherheit geprägt (IHK, 2021). In den KI-Stellenanzeigen für 2021 werden besonders viele Systemingenieure für autonomes Fahren gesucht. Insgesamt wird an den bisherigen Beispielen deutlich, dass KI-Bedarfe im sehr forschungsintensiven Fahrzeugbau – als eine der Aushängebranchen Deutschlands – eine besondere Rolle einnehmen. Das betrifft aber nicht zwangsläufig nur die Automobilhersteller auf der letzten Stufe der Wertschöpfungskette. In hohem Umfang melden auch Unternehmen aus dem breit gefächerten Netz an Automobilzulieferern in Deutschland KI-Bedarfe.

KI-Bedarfe in Berlin, Düsseldorf und Köln

In Berlin sind neben vielen Unternehmen aus der IT-Branche auch ehemalige deutsche Start-ups für die hohen KI-Bedarfe (9,6) verantwortlich, die mittlerweile zu erfolgreichen Unternehmen angewachsen sind. Berlin scheint außerdem in seiner Rolle als Hauptstadt günstige Standortbedingungen für international tätige Konzerne oder deutsche Großunternehmen zu bieten, die in hohem Umfang KI-Stelleanzeigen für ihre dortigen Standorte ausschreiben. In Düsseldorf (8,9) und Köln (7,8) sind die KI-Stellenanzeigen auf viele verschiedene Unternehmen vor allem aus dem Dienstleistungs- und IT-Bereich aufgeteilt – in Düsseldorf entfallen sehr viele auf Unternehmensberatungen. Die gut ausgebaute Breitbandinfrastruktur in den Regionen kann die dortigen KI-Bedarfe begünstigen: In allen drei Großstädten weisen mehr als 90 Prozent der Gewerbestandorte eine Breitbandverfügbarkeit von mindestens 1.000 MBit/s auf (MIG, 2022).

KI-Bedarfe in Jena

Im Vergleich zu den Großstädten befinden sich unter den zehn Kreisen und kreisfreien Städten mit den höchsten KI-Bedarfen im Jahr 2021 auch vergleichsweise geringer besiedelte Regionen. Dazu zählen neben dem bereits erwähnten Landkreis München und der kreisfreien Stadt Aschaffenburg auf Platz 6 auch Jena mit durchschnittlich 9,1 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte. Gerade in den drei genannten Kreisen werden 2021 im Vergleich zu 2019 und 2020 deutlich mehr KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben. In Jena sind für die hohen KI-Bedarfe primär ansässige Unternehmen aus den Bereichen der unternehmensnahen Dienstleister und der Optik, Medizin- und Messtechnik verantwortlich. Im Jahr 2021 schreiben diese Unternehmen mehr KI-Stellenanzeigen aus als in den Vorjahren. Zudem entstehen mehr KI-Bedarfe bei ansässigen Forschungseinrichtungen. Auffällig ist, dass in Jena nur 24 Prozent der Gewerbestandorte über einen Zugang zu leistungsstarkem Internet verfügen (MIG, 2022). Eine bessere Breitbandinfrastruktur könnte daher die Potenziale von KI-Anwendungen für Unternehmen noch weiter anheben. Beispielsweise könnte der Einsatz von KI für manche Unternehmen erst bei besserer Internetversorgung sinnvoll sein, da die KI-Anwendungen auf Datenübertragungen in Echtzeit angewiesen sind. Somit könnte eine bessere Breitbandinfrastruktur für zusätzliche KI-Bedarfe in der Region sorgen.

Insgesamt haben die genannten Kreise gemeinsam, dass viele der dortigen KI-Bedarfe von größeren Unternehmensberatungen oder sonstigen IT-Dienstleistern ausgehen. Gerade in diesen Branchen ist der Anteil der Unternehmen, die Daten effektiv bewirtschaften, vielfältig nutzen sowie mit anderen Unternehmen gemeinsam bewirtschaften, besonders hoch (Büchel/Engels, 2022b). Folglich ist nicht verwunderlich, dass die KI-Nutzung und demnach der Bedarf der Unternehmen an Fachkräften mit KI-Kompetenzen in diesen Branchen besonders ausgeprägt ist (Rammer, 2020, 3). Zudem kann die Dienstleistung der Unternehmensberatungen gerade darin bestehen, andere Unternehmen beim

erstmaligen Einsatz von KI zu unterstützen oder neue KI-Einsatzfelder zu erschließen oder bestehende KI-Anwendungen weiterzuentwickeln. Der Anteil der Gewerbestandorte mit Zugang zu leistungsstarkem Internet liegt mit Ausnahme von Jena in allen zehn Kreisen deutlich oberhalb des bundesweiten Durchschnitts (MIG, 2022). In den meisten der Großstadtregionen liegt der Anteil oberhalb von 90 Prozent (ebd.). Dies steigert die Möglichkeiten der Unternehmen, KI-Anwendungen effektiv nutzen zu können. Die restlichen KI-Bedarfe werden meist durch standortspezifische Besonderheiten der jeweiligen Städte beeinflusst. Beispielsweise können sie durch eine besonders ausgeprägte Forschungslandschaft im KI-Bereich oder größere, forschungsintensive Unternehmen aus verschiedenen Branchen mit Hauptsitz im jeweiligen Stadtgebiet getrieben sein.

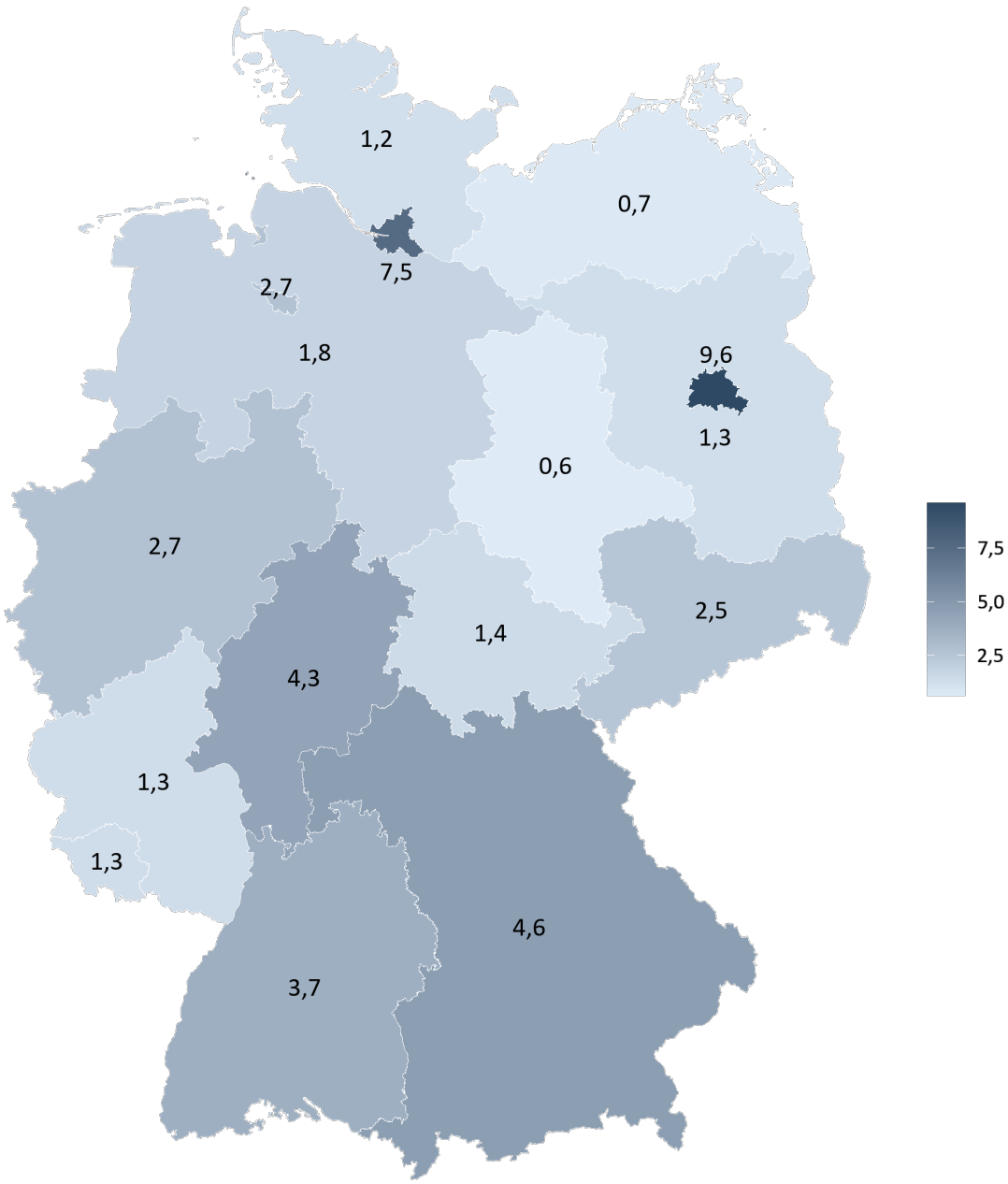
Generell zeigt der im Zeitverlauf hohe Anteil der KI-Bedarfe der Unternehmen und Forschungseinrichtungen in deutschen Großstädten die insgesamt große Bedeutung dieser Regionen für die gesamten KI-Bedarfe in Deutschland. Da es bei der Beschäftigtenanzahl im Zeitverlauf nur zu geringfügigen Änderungen kommt, liegen die KI-Stellenanzeigen in diesen Städten folgerichtig auf einem konstant hohen Niveau. Somit treiben einzelne Ballungsgebiete die KI-Bedarfe in Deutschland: Allein auf die zehn aufgelisteten Kreise und kreisfreien Städte (Abbildung 3-2) entfallen etwa 48 Prozent aller 2021 in Deutschland ausgeschriebenen KI-Stellenanzeigen bei nur 15 Prozent aller Beschäftigten. Was dies für die einzelnen Bundesländer und Regionstypen in Deutschland bedeutet, wird in der folgenden Analyse untersucht. Im Zuge dessen kann auch beantwortet werden, auf welche Regionen die restlichen 52 Prozent der KI-Stellenanzeigen aufgeteilt sind und welche weiteren regionalen Charakteristika dabei auftreten.

3.2 KI-Bedarfe nach Bundesländern in Deutschland

Die Analyse der KI-Bedarfe in den einzelnen Bundesländern offenbart starke regionale Unterschiede zugunsten der Stadtstaaten und südwestlichen Bundesländer Deutschlands (Abbildung 3-3 und Tabelle A-1 im Anhang).

Abbildung 3-3: KI-Bedarfe in Deutschland nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte; 1. Quartal 2021; insgesamt 11.537 KI-Stellenanzeigen.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

KI-Bedarfe in Berlin und Hamburg

In den Stadtstaaten Berlin und Hamburg bestehen im Jahr 2021 die meisten KI-Bedarfe: In Berlin sind es durchschnittlich 9,6 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte, in Hamburg 7,5. In beiden Bundesländern überwiegen Unternehmen aus dem IKT- und Dienstleistungsbereich, die besonders viele KI-Stellenanzeigen ausschreiben. Bedingt durch diesen Branchenmix finden sich nahezu keine

KI-Patente in Berlin und Hamburg. Grund ist vermutlich, dass die angebotenen Produkte und Dienstleistungen eher softwaregetrieben sind und somit den für eine Patentierbarkeit notwendigen Grad an Technizität nicht aufweisen. Auch die KI-Bedarfe der Forschungseinrichtungen nehmen in beiden Bundesländern nur eine untergeordnete Rolle ein. Anders sieht es bei der KI-Start-up-Intensität aus, die in Berlin und Hamburg unter allen Bundesländern am höchsten ist (Rammer, 2022, 17). Auch bei der Versorgung mit leistungsstarkem Internet sind die Gewerbestandorte in Hamburg mit einer Abdeckung von 95 Prozent und in Berlin mit 76 Prozent führend (BMVI, 2022, 18 f.). Im Vergleich zu 2020 und 2021 gewinnt Berlin an KI-Stellenanzeigen hinzu, in Hamburg sinken die KI-Bedarfe leicht.

KI-Bedarfe in Bayern, Hessen und Baden-Württemberg

Auf Platz drei bis fünf folgen die südwestlichen Flächenländer Bayern (4,6), Hessen (4,3) und Baden-Württemberg (3,7), deren KI-Bedarfe ebenfalls oberhalb des deutschlandweiten Durchschnitts von 3,4 liegen. In Bayern schreiben insbesondere Universitäten und staatliche Forschungseinrichtungen viele KI-Stellenanzeigen aus. Neben Unternehmen aus dem Dienstleistungs- und IT-Bereich entstehen auch in der Industrie viele KI-Bedarfe. Dies wird auch bei Betrachtung der KI-Patentaktivität deutlich: Im Vergleich der Bundesländer liegt Bayern mit 0,4 KI-Patenten pro 10.000 Beschäftigte auf Rang 2 und oberhalb des deutschlandweiten Durchschnitts von 0,2. Im flächenmäßig größten Bundesland Deutschlands ist die absolute Anzahl an KI-Stellenanzeigen – inklusive derer über Vermittler – mit 2.657 am höchsten. Das klare Zentrum ist dabei München, worauf allein 63 Prozent aller KI-Stellenanzeigen in Bayern entfallen. Die übrigen KI-Bedarfe Bayerns sind zerstreut auf viele Kreise und kreisfreie Städte. In weiteren Großstädten Bayerns wie Nürnberg (8 Prozent), Ingolstadt (3 Prozent) sowie Regensburg und Augsburg (jeweils 2 Prozent) sind die KI-Bedarfe deutlich geringer als in München. Außer München als Leuchtturm lassen sich keine weiteren, klaren Zentren der KI-Bedarfe in Bayern feststellen.

Ähnlich konzentriert ist die Struktur der KI-Bedarfe in Hessen: 70 Prozent der dortigen KI-Stellenanzeigen werden in Frankfurt ausgeschrieben bei gerade einmal 23 Prozent aller Beschäftigten Hessens. Im Gegensatz dazu sind die insgesamt 1.774 KI-Stellenanzeigen in Baden-Württemberg auf mehrere Standorte aufgeteilt. Stuttgart liegt mit etwa 26 Prozent der KI-Stellenanzeigen in Baden-Württemberg vor Karlsruhe mit 15 Prozent, Mannheim mit 8 Prozent und Böblingen mit 7 Prozent. Allerdings sind diese Städte und Kreise geografisch nicht weit voneinander entfernt. Gemeinsam mit Heilbronn und Heidelberg (jeweils 4 Prozent) bilden sie ein KI-Cluster im Rhein-Necker-Gebiet. In Baden-Württemberg ist die KI-Patentintensität mit 0,8 am höchsten unter den Bundesländern. Auch in weiteren Städten wie Ulm oder Freiburg sowie am Bodensee werden viele KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben. Sie werden meist durch dort ansässige größere Unternehmen oder die dortige Forschungslandschaft getrieben. Der Bodenseekreis zeigt mit 6,3 KI-Patentanmeldungen pro 10.000 Beschäftigte die höchste KI-Patentaktivität unter den Kreisen Deutschlands. Ausschlaggebend sind ansässige Unternehmen aus dem Automobilzulieferbereich.

Das gute Abschneiden der südlichen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg kann damit zusammenhängen, dass die dort ansässigen Unternehmen auch bei der Digitalisierung Vorreiter in Deutschland sind: Die eher industriell geprägten Unternehmen weisen hohe Forschungs- und Innovationsaktivitäten sowie überdurchschnittlich digitale Produkte und Geschäftsmodelle auf (Büchel/Engels, 2022a, 17 f.). Grundlage dafür ist eine gut ausgeprägte technische Infrastruktur sowie Fachkräftesituation in Digitalisierungsberufen (ebd.). Sowohl gute regionale Standortbedingungen als auch eine hohe Forschungsintensität können Unternehmen dazu veranlassen, besonders viele Fachkräfte mit KI-Kompetenzen zu suchen.

KI-Bedarfe in Bremen und Niedersachsen

Im Vergleich zu den Stadtstaaten Berlin und Hamburg hängt Bremen mit durchschnittlich 2,7 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte, die auf insgesamt nur 91 KI-Stellenanzeigen zurückzuführen sind, zurück. Im Vergleich zu ähnlich großen Städten in Deutschland sind die KI-Bedarfe in Bremen eher gering und liegen unterhalb des deutschlandweiten Durchschnitts (3,4). Die Fachkräftelücke in Digitalisierungsberufen ist in Bremen geringer als im deutschlandweiten Durchschnitt, wie eine Auswertung basierend auf Büchel/Engels (2022a) ergibt. Demzufolge ist die Fachkräftesituation nicht der ausschlaggebende limitierende Faktor der vergleichsweise geringen KI-Bedarfe in Bremen. Stattdessen scheint es eher an der spezifischen Branchenzusammensetzung in Bremen zu liegen, in denen KI bislang nur in geringem Umfang genutzt wird. Zum Beispiel ist der Beschäftigungsanteil in Bremen in wissensintensiven Wirtschaftszweigen gering: Nur etwa jeder vierte Beschäftigte ist in einem wissensintensiven Wirtschaftszweig tätig, während es beispielsweise in Stuttgart oder München, die bei den KI-Bedarfen führend sind (Abbildung 3-2), jeder zweite Beschäftigte ist (HHWI/Berenberg, 2019, 36). In dem zugrundliegenden Städteranking der 30 größten Städte Deutschlands wurden auch Düsseldorf, Frankfurt am Main, Köln, Karlsruhe und Berlin untersucht, die ebenfalls in der Auflistung der zehn Kreise mit den höchsten KI-Bedarfen enthalten sind (Abbildung 3-2). Auch in diesen Städten ist der Beschäftigungsanteil in wissensintensiven Wirtschaftszweigen jeweils höher als in Bremen. Innovation entsteht meist in wissensintensiven Wirtschaftszeigen, zu denen beispielsweise auch FuE-Beschäftigte zugeordnet sind (ebd., 33). FuE-Beschäftigte können gerade beim erstmaligen Einsatz und der Nutzung von KI in Unternehmen eine bedeutende Rolle einnehmen. Ein höherer Beschäftigungsanteil in wissensintensiven Wirtschaftszweigen könnte sich demnach zukünftig positiv auf den Einsatz von KI der ansässigen Unternehmen und somit die KI-Bedarfe Bremens auswirken.

In Niedersachen werden die insgesamt 555 KI-Stellenanzeigen im Jahr 2021 im Wesentlichen in den Kreisen Hannover (39 Prozent), Braunschweig (12 Prozent) und Wolfsburg (7 Prozent) ausgeschrieben. Neben dem Automobilcluster um Wolfsburg, das eine hohe KI-Patentaktivität aufweist, entstehen die KI-Bedarfe in Hannover vorwiegend bei Unternehmen aus dem Dienstleistungs- und IT-Bereich. Insgesamt sind die KI-Bedarfe Niedersachsens im Jahr 2021 mit 1,8 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte unterdurchschnittlich.

KI-Bedarfe in Nordrhein-Westfalen

In Nordrhein-Westfalen werden absolut betrachtet nach Bayern am zweitmeisten KI-Stellenanzeigen (1.905) im Jahr 2021 ausgeschrieben. Allerdings ist Nordrhein-Westfalen auch das bevölkerungsreichste und beschäftigungsstärkste Bundesland Deutschlands, wonach die KI-Stellenanzeigen in Relation zu den Beschäftigten 2,7 betragen. Damit liegt Nordrhein-Westfalen gleichauf mit Bremen und unterhalb des deutschlandweiten Durchschnitts (3,4). Die meisten KI-Stellenanzeigen werden in den Städten Köln (24 Prozent der KI-Stellenanzeigen in Nordrhein-Westfalen), Düsseldorf (20 Prozent), Dortmund (8 Prozent), Essen (7 Prozent) und Bonn (6 Prozent) ausgeschrieben. Treiber der KI-Bedarfe sind in der Regel die größeren dort ansässigen Unternehmen aus städtespezifisch unterschiedlichen Branchen. Dabei wird der Transfer von KI in die Unternehmen vielseitig unterstützt: Beispielsweise sind in Nordrhein-Westfalen insgesamt 24 Transferzentren im Bereich KI angesiedelt, die als Bindeglied zwischen Unternehmen mit KI-Angeboten, möglichen Kooperationspartnern, KI-Nutzern sowie Hochschulen fungieren (Kompetenzplattform KI.NRW, 2022). Zudem werden in Nordrhein-Westfalen viele KI-Studiengänge angeboten (acatech, 2022).

Auf die Städteregion Aachen entfallen zwar nur 4 Prozent der nordrhein-westfälischen KI-Stellenanzeigen, allerdings liegt in dieser Region eine stark ausgeprägte Forschungslandschaft im Bereich KI vor (Seifert et al., 2018, 42 f.). Die dortigen KI-Stellenanzeigen werden zu großen Teilen durch For-

schungseinrichtungen ausgeschrieben. Das Beispiel Aachen verdeutlicht, dass hohe nicht-kommerzielle Forschungsaktivitäten allein nicht ausreichen, um die KI-Bedarfe der Region vollumfänglich zu beflügeln. Stattdessen ist zudem in hohem Maße der Transfer von Wissenschaft in die Wirtschaft sowie eigene KI-Forschungsaktivitäten der Unternehmen vonnöten, damit ganzheitlich hohe KI-Bedarfe entstehen können. Unternehmen müssen vor Ort sein, KI-Anwendungen entwickeln wollen und dafür passende Fachkräfte suchen. Größere, ansässige Unternehmen in der Region sind dabei von Vorteil.

KI-Bedarfe in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern

Gravierender ist die Situation in den nördlich gelegenen Bundesländern Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern, in denen auf 10.000 Beschäftigte nur 1,2 beziehungsweise 0,7 KI-Stellenanzeigen kommen. In Schleswig-Holstein ist Kiel ein Leuchtturm mit relativ vielen KI-Bedarfen: 35 Prozent der insgesamt 126 KI-Stellenanzeigen Schleswig-Holsteins im Jahr 2021 werden dort ausgeschrieben. Hauptsächlich Unternehmen aus dem Dienstleistungsbereich fragen KI-Kompetenzen nach. In Mecklenburg-Vorpommern entfällt etwa die Hälfte der insgesamt nur 40 KI-Stellenanzeigen im Jahr 2021 auf Rostock. Ansässige Unternehmen und teilweise Forschungseinrichtungen schreiben dort KI-Stellenanzeigen aus. Die technische Infrastruktur ist dabei zumindest in Schleswig-Holstein besonders gut: Die Breitbandverfügbarkeit der Gewerbe- sowie Haushaltsstandorte liegt in Schleswig-Holstein oberhalb des deutschlandweiten Durchschnitts, in Mecklenburg-Vorpommern ist sie jedoch unterdurchschnittlich, wie eine Auswertung basierend auf Büchel/Engels (2022a) ergibt. Das Potenzial für einen effizienten Einsatz von KI wäre demnach gerade in Schleswig-Holstein gegeben, allerdings fehlen in hohem Umfang nachfragende Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die KI einsetzen wollen und entsprechende Fachkräfte benötigen.

KI-Bedarfe in Sachsen, Thüringen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt

Ähnlich gering sind die KI-Bedarfe 2021 in den östlichen Bundesländern mit Ausnahme von Berlin: Befinden sich Sachsen (2,5), Thüringen (1,4) und Brandenburg (1,3) eher im unteren Mittelfeld, bildet Sachsen-Anhalt (0,6) das Schlusslicht unter den Bundesländern. In Sachsen stechen vor allem die IT- und Dienstleistungsstandorte Leipzig mit 39 Prozent und Dresden mit 38 Prozent der insgesamt 403 KI-Stellenanzeigen in Sachsen heraus. Ebenfalls ist die Forschungslandschaft im Bereich KI in diesen Regionen gut ausgeprägt. Auch in Chemnitz (9 Prozent) schreiben Forschungseinrichtungen einen Großteil der KI-Stellenanzeigen aus. In Thüringen ist die bereits in Abschnitt 20370990263.1 angesprochene Stadt Jena für etwa die Hälfte der KI-Bedarfe verantwortlich. Sonstige Kreise in Thüringen nehmen keine bedeutende Rolle ein. Die restlichen KI-Bedarfe sind auf sie aufgeteilt.

In Brandenburg profitieren vor allem die an Berlin grenzenden Kreise und kreisfreien Städte wie Potsdam vom Ausstrahleffekt Berlins, da sich Unternehmen teilweise im Umfeld von Berlin ansiedeln und KI-Stellenanzeigen ausschreiben. Weiter entfernte Kreise spielen für die KI-Bedarfe Brandenburgs fast keine Rolle. In Sachsen-Anhalt stechen Magdeburg und Halle mit einzelnen KI-Stellenanzeigen von Dienstleistungs- und IT-Unternehmen heraus. Allerdings ist die Anzahl der KI-Stellenanzeigen im Jahr 2021 in diesen Städten mit insgesamt nur 15 und 13 im Vergleich zu anderen Städten sehr gering.

Insgesamt werden in den östlichen Bundesländern ohne Berlin deutlich weniger KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben als in den sonstigen Bundesländern. Unter Umständen können ansässige Unternehmen dadurch an Wettbewerbsfähigkeit verlieren, wenn sie beispielsweise keine Fachkräfte mit KI-Kompetenzen nachfragen und daher die Zukunftstechnologie KI nicht nutzen können. Allerdings ist auch der Fachkräftemangel in Digitalisierungsberufen in den östlichen Bundesländern am höchsten

(Büchel/Engels, 2022a, 72 f.), der Unternehmen von vornerein davon abhalten kann, KI-Anwendungen in Erwägung zu ziehen und entsprechende Fachkräfte zu suchen. Zudem ist die KI-Start-up-Intensität in den östlichen Bundesländern ohne Berlin schwach ausgeprägt (Rammer, 2022, 17). Viele KI-Start-ups können jedoch hilfreich sein, um KI-Innovationen in der Region voranzutreiben oder um KI-Anwendungen wirksam in die ansässigen Unternehmen zu transportieren, beispielsweise im Rahmen von Partnerschaften.

Auch im Bereich der Forschungslandschaft für KI hängt der Nord-Osten (ohne Berlin) im Vergleich zum Süd-Westen zurück (acatech, 2022; Seifert et al., 2018, 42 f.). Noch gravierender ist der Unterschied bei Betrachtung der KI-Patentintensität: Auf die östlichen Bundesländer (Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt) sowie die nördlichen Bundesländer (Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bremen und Hamburg) entfallen nur etwa 13 Prozent aller KI-Patentanmeldungen aus 2019 in Deutschland, ohne Niedersachsen sind es nur 5 Prozent. Im Bereich der Breitbandinfrastruktur ist die Lage ausgeglichener: Westen und Osten liegen knapp unterhalb des deutschlandweiten Durchschnitts, während der Süden knapp oberhalb liegt und der Norden die Spitze bildet (Büchel/Engels, 2022a, 60 f.). Insgesamt ist es wohl ein Zusammenspiel aus verfügbarem Humankapital, Breitbandinfrastruktur, KI-Start-up-Intensität, Forschungsaktivitäten und dem Branchenfokus der ansässigen Unternehmen, der die KI-Bedarfe in Zukunft beflügeln könnte. Zudem kann die Präsenz größerer Unternehmen in der Region hilfreich sein, die viele KI-Fachkräfte einstellen möchten, da sie beispielsweise in hohem Umfang Forschung zu KI betreiben.

Die Analyse der KI-Bedarfe in den einzelnen Bundesländern zeigt teils große Unterschiede. Ein Grund dafür könnte die unterschiedliche Verteilung der Großstädte in Deutschland auf die einzelnen Bundesländer oder allgemein die unterschiedliche Einwohnerdichte der Bundesländer sein, da die Metropolen insgesamt führend sind.

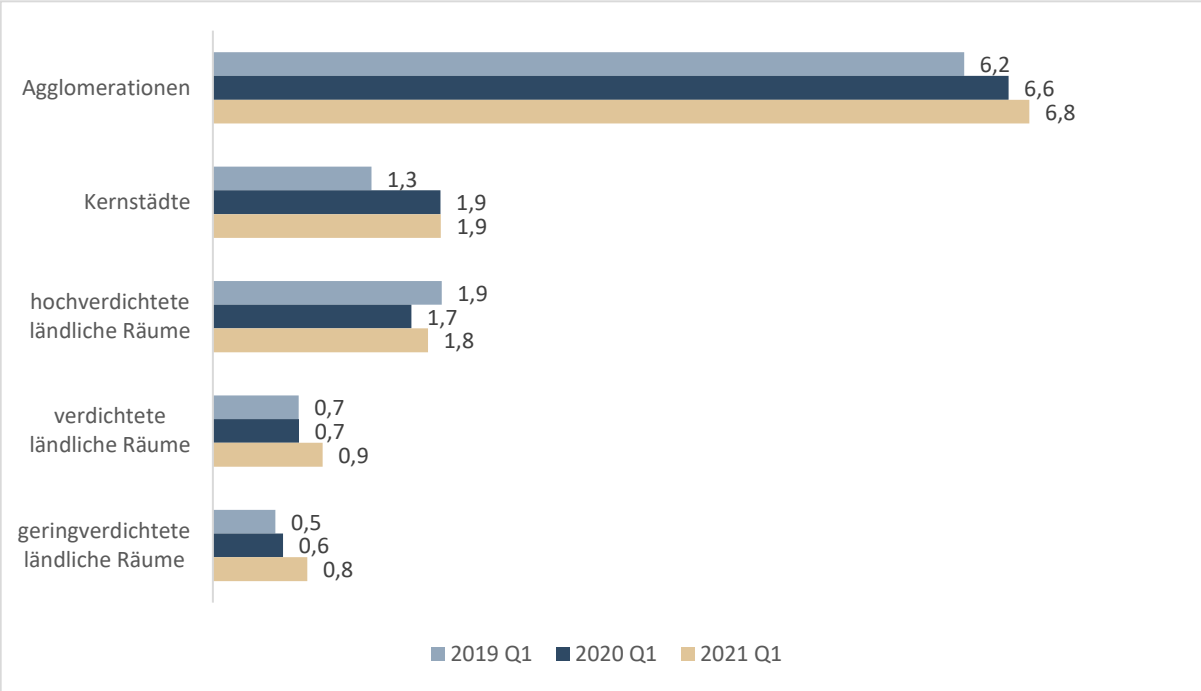
3.3 KI-Bedarfe der Regionstypen in Deutschland

Die bisherige Analyse der Kreise und Bundesländer deutet einen möglichen Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdichte und KI-Bedarfen der jeweiligen Regionen an. Um dies zu überprüfen, werden die Kreise Deutschlands im Folgenden je nach Bevölkerungsdichte in die Rubriken Agglomerationen, Kernstädte sowie hochverdichtete, verdichtete und geringverdichtete ländliche Räume eingeteilt.[17] Dabei werden zunächst die KI-Stellenanzeigen aller Kreise aufaddiert, die zum jeweiligen Regionstyp gehören und anschließend zur Summe aller Beschäftigten des Regionstyps in Relation gesetzt. Eine Analyse der KI-Bedarfe nach den einzelnen Regionstypen zeigt Abbildung 3-4.

[17] Die Abgrenzung der Regionstypen erfolgt nach Einwohnerdichte (Hünnemeyer/Kempermann, 2020): Als Agglomeration werden dabei kreisfreie Städte verstanden, die entweder mehr als 500.000 Einwohner haben oder mindestens 100.000 Einwohner und eine Einwohnerdichte von mindestens 775 Einwohner pro km² aufweisen. Kernstädte umfassen jene kreisfreien Städte, die nicht die Kriterien einer Agglomeration erfüllen. Hochverdichtete ländliche Räume sind Landkreise mit einer Einwohnerdichte von mehr als 223 Einwohner pro km², verdichtete ländliche Räume haben zwischen 139 und 223 Einwohner pro km²; geringverdichtete ländliche Räume weniger als 139 Einwohner pro km². Die Verteilung der einzelnen Regionstypen in Deutschland illustriert beispielsweise Büchel/Engels (2022a, 23).

Abbildung 3-4: KI-Bedarfe in Deutschland nach Regionstypen

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte; 2019 bis 2021 (jeweils 1. Quartal); insgesamt 10.363 KI-Stellenanzeigen (2019), 10.940 (2020), 11.537 (2021).



Als Agglomeration werden kreisfreie Städte verstanden, die entweder mehr als 500.000 Einwohner haben oder mindestens 100.000 Einwohner und eine Einwohnerdichte von mindestens 775 Einwohner pro km² aufweisen. Kernstädte umfassen jene kreisfreien Städte, die nicht die Kriterien einer Agglomeration erfüllen. Hochverdichtete ländliche Räume sind Landkreise mit einer Einwohnerdichte von mehr als 223 Einwohner pro km², verdichtete ländliche Räume haben zwischen 139 und 223 Einwohner pro km²; geringverdichtete ländliche Räume weniger als 139 Einwohner pro km².

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

KI-Bedarfe in Agglomerationen

Besonders viele KI-Stellenanzeigen werden in Agglomerationen ausgeschrieben: 2021 waren es durchschnittlich 6,8 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, 6,6 im Jahr 2020 und 6,2 im Jahr 2019. Etwa 76 Prozent aller KI-Stellenanzeigen aus 2021 sind für Standorte in Agglomerationen ausgeschrieben bei gerade einmal 39 Prozent aller Beschäftigten. Primär werden die KI-Stellenanzeigen für die in Abbildung 3-2 genannten Großstädte in Deutschland ausgeschrieben. Nachfrager sind dabei vor allem international tätige Unternehmen aus dem Dienstleistungs- und IT-Bereich sowie in kleinerem Umfang universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen. Auch Forschungsaktivitäten der Unternehmen können die hohen KI-Bedarfe erklären: 37 Prozent der KI-Patente aus 2019 in Deutschland werden in Agglomerationen angemeldet.

KI-Bedarfe in Kernstädten

Auf Platz zwei folgen Kernstädte mit durchschnittlich 1,9 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte im Jahr 2021. Absolut betrachtet werden in Kernstädten mit drei Prozent am wenigsten KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben, jedoch sind dort auch nur fünf Prozent der Beschäftigten tätig. Etwa die Hälfte der insgesamt 341 KI-Stellenanzeigen der Kernstädte im Jahr 2021 werden in Bayern ausgeschrieben, wobei auch generell 17 der insgesamt 45 Kernstädte in Deutschland (38 Prozent) in Bayern verortet sind. Dabei stechen neben Aschaffenburg mit 8,8 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte vor allem Passau (5,2) und Rosenheim (4,2) hervor. Unter den Kernstädten mit den höchsten

KI-Bedarfen sind außerdem Baden-Baden (6,7) in Baden-Württemberg, Frankfurt (Oder, 4,6) in Brandenburg sowie Wolfsburg in Niedersachen (3,1) enthalten.

KI-Bedarfe in hochverdichteten ländlichen Räumen

Das Ergebnis der hochverdichteten ländlichen Räume (1,8) unterscheidet sich nur unwesentlich von dem der Kernstädte. In hochverdichteten ländlichen Räumen werden 2021 12 Prozent aller KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben – bei 23 Prozent der Gesamtbeschäftigung. 2019 waren die KI-Bedarfe in hochverdichteten ländlichen Räumen noch um durchschnittlich 0,6 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte höher als in Kernstädten. Seitdem stagniert der Anteil der hochverdichteten ländlichen Räume, während der Anteil der Kernstädte im Zeitverlauf wuchs. Unter den hochverdichteten ländlichen Räumen zeigen vor allem die Kreise besonders hohe KI-Bedarfe, die im Südwesten Deutschlands an dortige Großstädte angrenzen. Beispielsweise grenzen der Landkreis München (7,9) und Starnberg (5,3) an München an, Böblingen (7,1) an Stuttgart und der Landkreis Karlsruhe (4,8) an die kreisfreie Stadt Karlsruhe. Außerdem sind mit Tübingen (3,9) und Reutlingen (3,5) zwei weitere hochverdichtete ländliche Räume aus dem Cluster in Baden-Württemberg vertreten. An der Grenze zwischen Baden-Württemberg und Bayern werden in den beiden Landkreisen am Bodensee – Bodenseekreis (6,1) und Lindau (4,7) – ebenfalls viele KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben. Hochverdichtete ländliche Räume zeigen mit durchschnittlich 0,4 KI-Patentanmeldungen pro 10.000 Beschäftigte die höchste KI-Patentintensität unter den Regionstypen. Insgesamt werden dort 38 Prozent aller KI-Patente aus 2019 in Deutschland angemeldet. KI-Forschung der Unternehmen findet daher in hohem Umfang auch in ländlicheren Räumen statt, die eine geografische Nähe zu Clustergebieten aufweisen.

KI-Bedarfe in verdichteten ländlichen Räumen

Auf Platz vier folgen verdichtete ländliche Räume mit durchschnittlich 0,9 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigten im Jahr 2021. Die Branchenstruktur der Unternehmen mit KI-Bedarfen unterscheidet sich von der dichter besiedelter Regionen. Statt Dienstleistern und IT-Unternehmen schreiben in verdichteten ländlichen Räumen viele Unternehmen aus dem industriellen Bereich KI-Stellenanzeigen aus. Generell können geringbesiedelte Regionen eher unattraktive Standorte für Dienstleistungs- und IT-Unternehmen darstellen, während sie für industrielle Unternehmen aufgrund deren Größe und der daraus resultierenden Kostenersparnissen attraktive Standorte darstellen können (BBSR, 2022). Allerdings sind industrielle Unternehmen in verdichteten ländlichen Räumen im Hinblick auf KI nicht derart forschungsaktiv wie in hochverdichteten ländlichen Räumen: Nur 8 Prozent der KI-Patente entstehen in verdichteten ländlichen Räumen. Das Fehlen der Unternehmen aus dem IT- und Dienstleistungsbereich kann das insgesamt unterdurchschnittliche Abschneiden bei den KI-Bedarfen erklären. Die KI-Bedarfe der verdichteten ländlichen Räume sind 2021 etwa dreimal kleiner wie die KI-Bedarfe im bundesweiten Durchschnitt. Zudem übersteigt kein einzelner Kreis den deutschlandweiten Durchschnitt von 3,4 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte. Einzig die Landkreise Würzburg (3,2) und Freising (2,8) nähern sich dem gesamtdeutschen Ergebnis an.

KI-Bedarfe in geringverdichteten ländlichen Räumen

Das Schlusslicht unter den Regionstypen bilden geringverdichtete ländliche Räume mit 0,8 KI-Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte im Jahr 2021. Einzig die Kreise Northeim (4,5) in Niedersachsen sowie Eichstätt (3,6) in Bayern liegen über dem gesamtdeutschen Durchschnitt. Allerdings sind die hohen KI-Bedarfe in diesen Kreisen jeweils nur auf einzelne Unternehmen aus dem Technologiedienstleistungs- und Landwirtschaftsbereich zurückzuführen, die sich dort niedergelassen haben und besonders viele KI-Stellenanzeigen ausschreiben. In Eichstätt spielt auch die Nähe zum Automobilstandort Ingolstadt eine Rolle, die sich in einer vergleichsweise hohen KI-Patentaktivität wider-

spiegelt. Sowohl in geringverdichteten als auch verdichteten ländlichen Räumen zeigt sich ein leichter Aufwärtstrend bei den KI-Bedarfen seit 2019, der höhere KI-Bedarfe in den kommenden Jahren vermuten lässt.

Generell sind die KI-Bedarfe in Regionen mit hoher Einwohnerdichte oder Nähe zu größeren Städten höher als in geringbesiedelten Regionen. Ein Grund kann die besonders leistungsstarke Internetversorgung in dicht besiedelten Räumen sein (Büchel/Engels, 2022a, 60 f.). Deshalb sollte die technische Infrastruktur in geringbesiedelten Räumen in den kommenden Jahren kontinuierlich verbessert werden, um in Zukunft auch dort zumindest die Voraussetzungen für eine verstärkte KI-Nutzung zu schaffen. Passend zur Analyse der Kreise und kreisfreien Städte kommt es auch bei den Regionstypen zu starken Überschneidungen zwischen KI-Bedarfen und der KI-Start-up-Intensität: Der Großteil der KI-Gründungen findet in dicht besiedelten Räumen statt (Rammer, 2022, 19). Ursächlich kann sein, dass sich KI-Start-ups meist in unmittelbarer Nähe zu Forschungseinrichtung ansiedeln, die ebenfalls in dicht besiedelten Räumen verortet sind. Gemeinsam können KI-Start-ups mit Forschungseinrichtungen FuE-Kooperationen eingehen, aus ihnen als Ausgründungen hervorgehen oder den Zugang zu gut ausgebildeten Fachkräften wie Werkstudenten suchen (ebd.).

Insgesamt verdeutlicht die Analyse, dass die KI-Bedarfe in Deutschland derzeit hauptsächlich auf einige wenige, dichtbesiedelte Kreise konzentriert sind. Dabei nimmt neben den Metropolen und Stadtstaaten gerade der Südwesten Deutschlands eine bedeutende Rolle für die KI-Bedarfe in Deutschland ein. Nicht nur die regionale Verteilung der KI-Stellenanzeigen, sondern ebenfalls die Entwicklung der Anforderungsprofile in den KI-Stellenanzeigen kann wertvolle Hinweise auf die Charakteristika der KI-Bedarfe in Deutschland liefern.

4 Entwicklung der Anforderungsprofile in KI-Stellenanzeigen

Im Folgenden werden die Anforderungsprofile in den regional ausgewerteten KI-Stellenanzeigen im Zeitverlauf analysiert. Darüber können Rückschlüsse gezogen werden, welche Kompetenzen bei den gesuchten KI-Fachkräften wichtiger werden und welche an Bedeutung verlieren. Analog zur Vorjahresstudie (Büchel/Mertens 2021) werden neben den in den KI-Stellenanzeigen geforderten Kompetenzen im Umgang mit Konzepten, Programmiersprachen, Plattformen und Frameworks beziehungsweise Bibliotheken, auch die geforderten Fachrichtungen, Abschlüsse sowie die gewünschte Berufserfahrung untersucht. Als Datenbasis für die Analyse werden die in Kapitel 3 beschriebenen geokodierten Daten genutzt.[18]

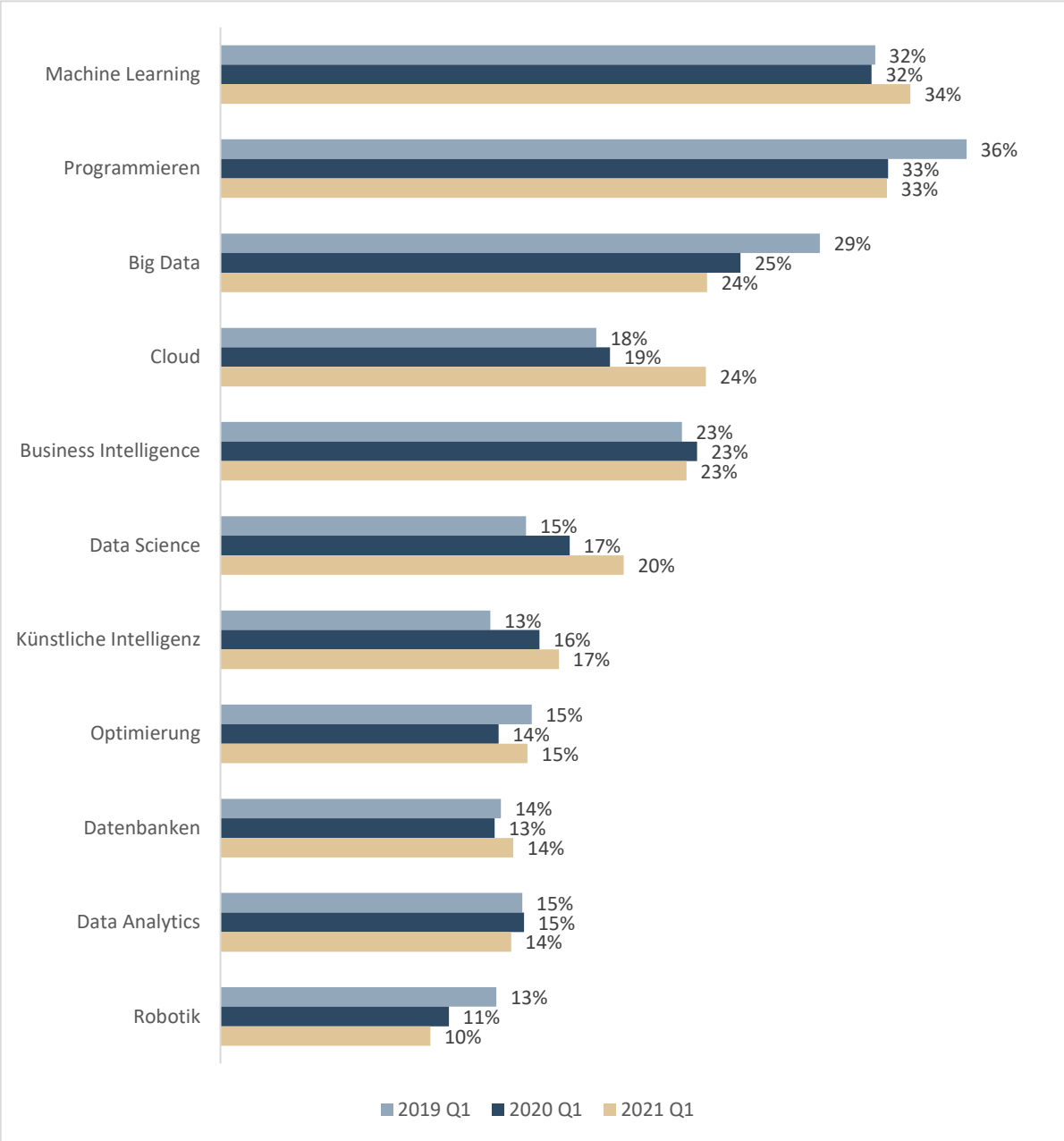
4.1 Konzepte

Zunächst wird untersucht, wie sich die in KI-Stellenanzeigen geforderten Kompetenzen im Umgang mit Konzepten, Programmiersprachen, Plattformen und Frameworks beziehungsweise Bibliotheken über den Untersuchungszeitraum hinweg entwickeln. Zwar erlaubt eine Spanne von drei Jahren üblicherweise keine Analyse möglicher mittel- und langfristiger Entwicklungen auf dem Stellenmarkt. KI-Stellenanzeigen stellen hier jedoch eine Besonderheit dar, da sich die geforderten Technologien und Kompetenzen vergleichsweise schnell verändern können (Meléndez, 2021). Daher lohnt sich auch die Analyse eines solch kurzen Zeitraums. Abbildung 4-1 zeigt die Entwicklung der Konzepte, mit denen Bewerberinnen und Bewerber auf KI-Stellenanzeigen umgehen können sollten.

[18] Gegenüber der Datenbasis des Vorjahrespapiers (Büchel/Mertens 2021) sinkt die Anzahl der untersuchten KI-Stellenanzeigen leicht, weil aus Gründen der inhaltlichen und methodischen Kohärenz in der vorliegenden Studie nur solche KI-Stellenanzeigen untersucht werden, die geografisch eindeutig zuordenbar sind.

Abbildung 4-1: In KI-Stellenanzeigen gefragte Kompetenzen im Umgang mit Konzepten

Anteil der KI-Stellenanzeigen, die die Fähigkeit voraussetzen, an den 10.715 KI-Stellenanzeigen, in denen mindestens eine Fähigkeit erkannt wird (2019: 9.300, 2020: 8.989), in Prozent, Mehrfachnennungen.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

Ein tiefgehendes Verständnis von Machine Learning wird im Jahr 2021 nach wie vor am häufigsten gefordert (34 Prozent der KI-Stellenanzeigen), gefolgt von Programmiererfahrung (33 Prozent), Big Data (24 Prozent) und Kenntnissen in Cloud-Umgebungen (24 Prozent). Bei der Entwicklung über die Zeit fallen besonders die gegenläufigen Trends von Big Data mit einem Rückgang um 5 Prozentpunkte im Jahr 2021 gegenüber 2019 und dem deutlichen Anstieg bei Cloud-Umgebungen (+6 Prozentpunkte) auf. Letztere Entwicklung ist insofern plausibel, als dass sich die Cloud als ideale Umgebung anbietet, in welcher Unternehmen große Datenmengen verarbeiten und abrufen können, ohne die dahinterliegende Infrastruktur erstellen oder warten zu müssen. Auch die einfache Skalierbarkeit

und die effiziente Kostenstruktur (pay-per-use) in Cloud-Umgebungen bieten große Vorteile gegenüber herkömmlichen On-Premise Clustern (Tung 2021). Dementsprechend wird die Arbeit mit größeren Datenmengen in Public-Cloud-Umgebungen immer einfacher.[19] Das wachsende Interesse der Unternehmen an Beschäftigten, die effektiv mit Cloud-Umgebungen umgehen können, ist stimmig zu dem generell wachsenden Cloudnutzungsanteil der Unternehmen in Deutschland: Einer Umfrage im Rahmen des Forschungsprojekts Incentives and Economics of Data Sharing (IEDS)[20] zufolge, nutzen Unternehmen aus den Bereichen Industrie und industrienahe Dienstleistungen im Herbst 2021 etwa 40 Prozent Clouddienste und weitere 6 Prozent planen, Clouddienste in Zukunft zu nutzen (Azkan et al., 2022, 23 f.). Der Anteil reiht sich in den Wachstumstrend ein, der in früheren Befragungen festgestellt wurde. Für 2020 ermittelte eine Umfrage von Destatis beispielsweise einen Cloud-Nutzungsanteil von 33 Prozent der Unternehmen ab 10 Beschäftigten, 2018 waren es noch 22 Prozent (Destatis, 2021).

Auch wenn Big Data als gefordertes Konzept in den KI-Stellenanzeigen seltener explizit genannt wird, bleibt es dennoch auch innerhalb der Cloud relevant. Weitere angedeutete Trends in Abbildung 4-1 sind die erhöhte Nachfrage nach Kenntnissen in Data Science (+5 Prozentpunkte im Jahr 2021 gegenüber 2019) und KI im Allgemeinen (+3 Prozentpunkte). Demgegenüber geht die Nachfrage bei Robotik etwas zurück (-3 Prozentpunkte).

4.2 Programmiersprachen

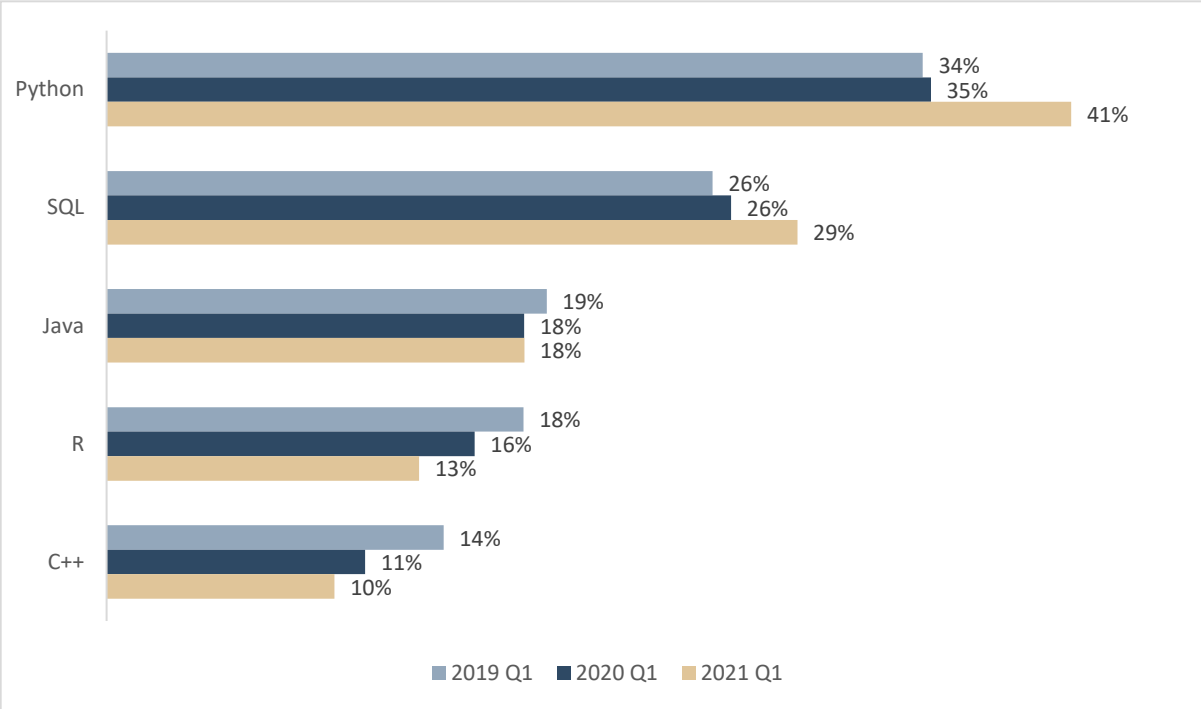
Abbildung 4-1 zeigt, dass Programmieren als zweithäufigstes Konzept in den KI-Stellenanzeigen gefordert wird. Aufgrund dessen wird im Folgenden im Detail untersucht, welche Programmiersprachen in den KI-Stellenanzeigen genau gefordert werden und welche Entwicklung sich dabei andeutet (Abbildung 4-2).

[19] Unter „Public Cloud“ versteht man eine öffentliche Cloud Umgebung, die jeder nutzen kann. Die drei größten Anbieter sind AWS, Microsoft Azure und die Google Cloud Platform. Im Gegensatz dazu versteht man unter „Private Cloud“ eine Cloud Umgebung, die exklusiv nur für eine bestimmte Organisation nutzbar ist und der Allgemeinheit nicht zur Verfügung steht.

[20] Das Forschungsprojekt wird vom BMBF gefördert. Weitere Informationen finden sich unter https://ieds-projekt.de/.

Abbildung 4-2: In KI-Stellenanzeigen gefragte Kompetenzen im Umgang mit Programmiersprachen

Anteil der KI-Stellenanzeigen, die die Fähigkeit voraussetzen, an den 10.715 KI-Stellenanzeigen, in denen mindestens eine Fähigkeit erkannt wird (2019: 9.300, 2020: 8.989), in Prozent, Mehrfachnennungen.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

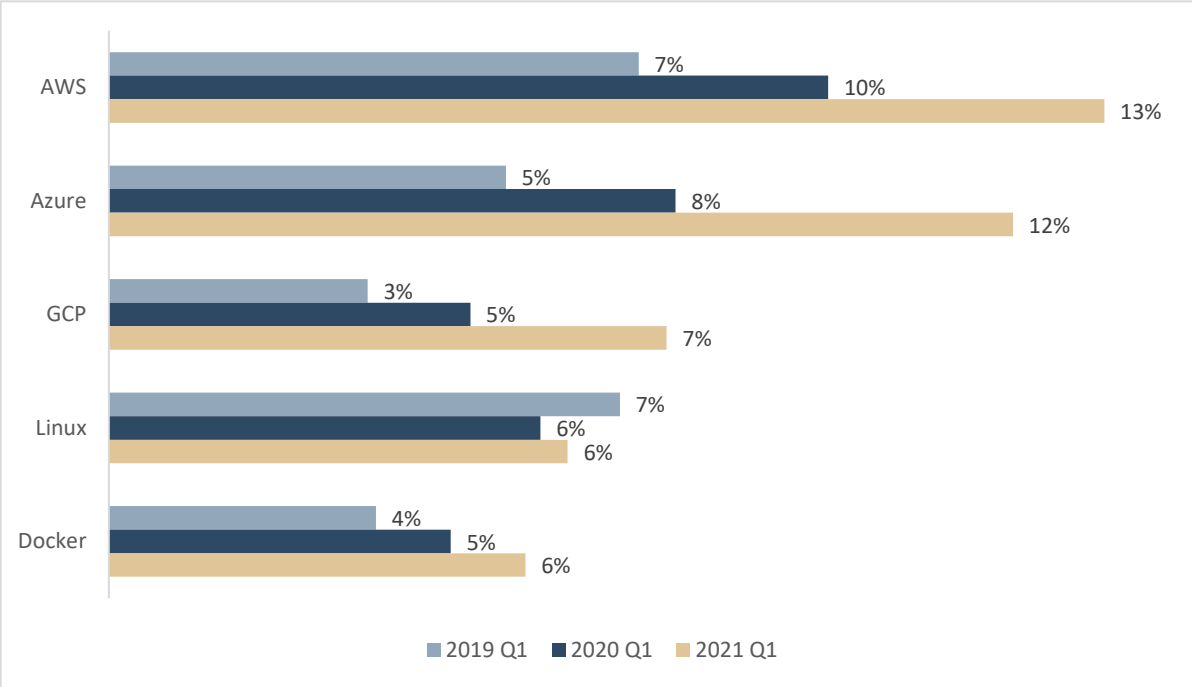
Die fünf am häufigsten geforderten Programmiersprachen haben sich im Jahr 2021 gegenüber den Vorjahren nicht verändert. So sind Python (41 Prozent), SQL (29 Prozent), Java (18 Prozent), R (13 Prozent) und C++ (10 Prozent) im Jahr 2021 unverändert die verbreitetsten Programmiersprachen bei der Entwicklung von KI-Anwendungen. Dennoch lassen sich einige Trends aus Abbildung 4-2 ableiten. So kann sich Python mit einer wachsenden Nachfrage von 6 Prozentpunkten (im Jahr 2021 gegenüber 2019) als wichtigste Programmiersprache im KI-Umfeld behaupten und auch SQL bleibt weiterhin essenziell (+4 Prozentpunkte), während die Nachfrage nach R (-4 Prozentpunkte) und C++ (5 Prozentpunkte) etwas zurückgeht.

4.3 Plattformen

Die in der Analyse der Konzepte angedeutete wachsende Bedeutung von Kompetenzen und Kenntnissen in Cloud-Infrastrukturen wird nachfolgend tiefergehend untersucht. Dazu werden in Abbildung 4-3 die in den KI-Stellenanzeigen geforderten Kompetenzen dargestellt, die sich auf den Umgang mit Plattformen beziehen.

Abbildung 4-3: In KI-Stellenanzeigen gefragte Kompetenzen im Umgang mit Plattformen

Anteil der KI-Stellenanzeigen, die die Fähigkeit voraussetzen, an den 10.715 KI-Stellenanzeigen, in denen mindestens eine Fähigkeit erkannt wird (2019: 9.300, 2020: 8.989), in Prozent, Mehrfachnennungen.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

Die Analyse bekräftigt den Trend hin zu mehr Cloud-Nutzung. Bewerberinnen und Bewerber sollten gerade mit Public-Cloud-Plattformen der großen Tech-Anbieter Amazon (Amazon Web Services - AWS), Microsoft (Microsoft Azure) und Google (Google Cloud Platform - GCP) umgehen können. Die Anforderungen nehmen innerhalb der drei untersuchten Jahre rasant zu. Diese Beobachtung ist zudem Ausdruck dafür, welche große Marktbedeutung Amazon, Microsoft und Google (Alphabet) im Cloudmarkt mittlerweile erlangt haben (Bolwin et al., 2022). Der Anteil von AWS verdoppelt sich: Werden Kompetenzen im Umgang mit der AWS-Cloud im Jahr 2019 in etwa 7 Prozent der KI-Stellenanzeigen mit mindestens einer geforderten Fähigkeit genannt, sind es im Jahr 2021 über 13 Prozent. Dasselbe gilt auch für Microsoft Azure (+7 Prozentpunkte) und für die Google Cloud Plattform (+4 Prozentpunkte).

4.4 Frameworks und Bibliotheken

Schlussendlich wird untersucht, inwieweit die geforderten Kompetenzen im Umgang mit Frameworks beziehungsweise Bibliotheken im Zeitverlauf variieren. 2021 sind die fünf wichtigsten Frameworks und Bibliotheken in KI-Stellenanzeigen weiterhin Apache Spark (in 13 Prozent der KI-Stellenanzeigen mit mindestens einer geforderten Fähigkeit genannt), Hadoop (11 Prozent), Tensorflow (7 Prozent), NoSQL (6 Prozent) und Apache Kafka (6 Prozent). Ein recht deutlicher Trend ist hier lediglich beim Rückgang im Big Data-Framework Hadoop zu erkennen (-6 Prozentpunkte zwischen 2019 und 2021). Auch wenn der Umgang mit Hadoop nach wie vor häufig gefordert wird, zeichnet sich hier ein möglicher Technologiewechsel ab. Neben vergleichbaren Frameworks wie Apache Spark können auch die steigende Beliebtheit von Cloud-Tools und Serverless Computing die sinkende

Nachfrage erklären. Mit Serverless Computing übernimmt die Cloud-Plattform automatisch die Skalierung und Wartung der nötigen Hardware, um Anwendungen störungsfrei laufen zu lassen (Kidd/Wickramsinghe, 2021).

4.5 Fachrichtungen

Im Anschluss an die Analyse der geforderten Kompetenzen wird nun untersucht, aus welchen Fachrichtungen Bewerberinnen und Bewerber in den KI-Stellenanzeigen optimalerweise stammen sollten. Die Entwicklung ist zwischen 2019 und 2021 wenig dynamisch. Informatik (enthalten in rund 57 bis 58 Prozent der Stellenanzeigen, die mindestens eine Fachrichtung suchen), Wirtschaftsinformatik (32 bis 33 Prozent) und Mathematik (29 bis 31 Prozent) bleiben als theoretische und methodische Grundlage die wichtigsten in KI-Stellenanzeigen genannten Studienfächer. Auch die meisten anderen in Büchel und Mertens (2021) untersuchten Studienfächer werden von 2019 bis 2021 in relativ konstantem Ausmaß gefordert. Lediglich der Anteil in Elektrotechnik sinkt von 16 Prozent im Jahr 2019 auf 12 Prozent im Jahr 2021 (-3,7 Prozentpunkte). Demgegenüber ist ein Studium im Fachbereich Data Science 2021 (8 Prozent) wesentlich nachgefragter als noch im Jahr 2019 (4 Prozent). Hier ist ein Zuwachs von 4 Prozentpunkten zu beobachten. Data Science als Studienfach wird zwar immer häufiger als Grundvoraussetzung in KI-Stellenanzeigen genannt, taucht insgesamt aber immer noch vergleichsweise selten als geforderte Fachrichtung auf. Das lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass Data Science als dezidierter Bachelor- und Masterstudiengang erst seit wenigen Jahren an deutschen Universitäten angeboten wird. Das Angebot wächst allerdings schnell und jedes Jahr nehmen weitere Universitäten den Studiengang in ihren Leistungskatalog auf (Zeroual, 2022).

4.6 Abschlüsse

Neben geforderten Fachrichtungen variiert in KI-Stellenanzeigen ebenfalls die Art des Abschlusses. Um dies zu analysieren, werden zunächst die in den KI-Stellenanzeigen explizit geforderten Abschlüsse extrahiert und den Oberkategorien Studium, Berufsausbildung und Weiterbildung zugeordnet.[21] Dabei wird deutlich, dass die geforderten Abschlüsse sich im Untersuchungszeitraum (2019 bis 2021) nicht wesentlich verändern. Da über alle Jahre hinweg in gut 96 Prozent der Stellenanzeigen Bewerberinnen und Bewerber mit Studienabschlüssen gesucht werden, bleibt das Studium eine Grundvoraussetzung. Auch eine Berufsausbildung wird weiterhin in rund einem Fünftel der KI-Stellenanzeigen, die mindestens einen Abschluss fordern, nachgefragt und bleibt damit relevant. Weiterbildungen spielen nach wie vor eine untergeordnete Rolle und werden in knapp 2 Prozent der KI-Stellenanzeigen gefordert. Neben der Art des Abschlusses kann auch die geforderte Berufserfahrung in den KI-Stellenanzeigen ein relevantes Kriterium sein.

[21] Für eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens siehe Büchel/Mertens (2021).

4.7 Berufserfahrung

Die Auswertung der geforderten Berufserfahrung deutet eine leichte Veränderung zwischen 2019 und 2021 an. Dabei wird unterschieden in KI-Stellenanzeigen, die erste Berufserfahrung (etwa durch Praktika oder Tätigkeiten als studentische Hilfskraft), fundierte Berufserfahrung (ein bis zwei Jahre Erfahrung im relevanten Berufsfeld) oder mehrjährige Berufserfahrung (ab drei Jahren Erfahrung) fordern. Während KI-Stellenanzeigen, die lediglich erste Berufserfahrung fordern, über die Zeit auf einem konstant niedrigen Niveau sind (6 Prozent der KI- Stellenanzeigen mit mindestens einer Angabe zur Berufserfahrung im Jahr 2019 und 5 Prozent im Jahr 2021), steigt der Anteil mit fundierter Berufserfahrung von 2019 (26 Prozent) auf 2021 (29 Prozent) um 3 Prozentpunkte leicht an. Auffällig ist aber vor allem der deutliche Rückgang von KI-Stellenanzeigen, die mehrjährige Berufserfahrung fordern. So wurden 2021 mindestens drei Jahre Berufserfahrung in 70 Prozent der KI-Stellenanzeigen mit mindestens einer Angabe zur Berufserfahrung gefordert, 2019 und 2020 jeweils aber noch in 78 Prozent. Dieser deutliche Rückgang um 8 Prozentpunkte könnte dadurch erklärt werden, dass Unternehmen auf Grund des Fachkräftemangels (Burstedde, 2021) ihre Ansprüche senken, um die ausgeschriebene Stelle einem größeren Bewerberkreis zugänglich zu machen.

5 Fazit und Ausblick

Die Analyse zeigt auf, dass in den vergangenen Jahren die Anzahl an KI-Stellenanzeigen steigt. Der Trend zu einem größeren Anteil über Vermittler ausgeschriebenen KI-Stellenanzeigen und die abnehmende Anforderung mehrjähriger Berufserfahrung deuten eine zunehmende Flexibilität auf Arbeitgeberseite sowie Effekte des vorliegenden Fachkräftemangels an. Nicht nur die Konzentration auf einzelne Unternehmen, die in den untersuchten Jahren wiederholt KI-Stellenanzeigen ausschreiben, sondern auch die regionale Häufung der KI-Stellenanzeigen in Metropolen und dicht besiedelte Regionen in Deutschland verdeutlichen starke Konzentrationseffekte. Metropolen wie Berlin, München, Stuttgart, Frankfurt oder Hamburg bilden Leuchttürme der KI-Bedarfe in Deutschland und strahlen auf umliegende, teils ländliche Regionen aus, in denen KI-Bedarfe ebenfalls hoch sind.

Die Analyse identifiziert dabei auch begünstigende Faktoren, die hohe KI-Bedarfe einzelner Regionen erklären können: Eine hohe Start-up-Intensität, eine ausgeprägte KI-Forschungslandschaft, vielfältige KI-Forschungsaktivitäten der ansässigen Unternehmen beispielsweise in Form von KI-Patenten und eine leistungsstarke Breitbandversorgung fördern KI-Bedarfe. Gleichzeitig ist die ansässige Branchenstruktur in hohem Maße ausschlaggebend für die KI-Bedarfe der Regionen. Größere Unternehmensberatungen und sonstige IT-Dienstleister schreiben einen Großteil der KI-Stellenanzeigen in städtischen Regionen aus. Zudem werden KI-Bedarfe durch standortspezifische Besonderheiten der jeweiligen Regionen beeinflusst, wie beispielsweise durch große Unternehmen aus dem Fahrzeugbau und Zuliefererbereich, die besonders viele KI-Patente anmelden.

Insgesamt hängen die nordöstlichen Flächenländer den südwestlichen Bundesländern und Stadtstaaten teils deutlich hinterher. Neben den KI-Bedarfen einzelner Regionen verändern sich auch die Anforderungsprofile der KI-Stellenanzeigen im Zeitverlauf. Kenntnisse in Cloud-Umgebungen und dabei insbesondere der Umgang mit Cloud-Plattformen der großen amerikanischen Anbieter (Amazon, Microsoft und Google) werden immer bedeutender und Data Science als Studiengang immer gefragter. Die deutlichen Zuwächse sind ein Indiz dafür, dass sich die Bedeutung von Cloud und Data Science in den kommenden Jahren verstetigen könnte. Angesichts des vorliegenden Fachkräftemangels im KI-Bereich könnten dies wertvolle Implikationen für Universitäten und generell die Ausbildungssituation in Deutschland sein.

Insgesamt lässt die Analyse allerdings offen, wie viele KI-Stellenanzeigen auch tatsächlich erfolgreich besetzt werden konnten und wie generell die Resonanz der Nachfrager aussieht. Eine weiterführende Analyse könnte aufzeigen, wie das Angebot an KI-Fachkräften in Deutschland ist und ob sie der steigenden Entwicklung der KI-Bedarfe mithalten. Zudem könnte eine Analyse der tatsächlich besetzten Stellen Aufschluss darüber geben, ob die derzeitigen KI-Stellenanzeigen auch attraktive Angebote darstellen. Ist dies nicht der Fall, könnte ein KI-Fachkräfteabfluss ins Ausland drohen, den es gerade aufgrund der aufgezeigten Bedeutung von KI für Wirtschaft und Gesellschaft abzuwenden gilt.

6 Anhang

Tabelle A-1: KI-Bedarfe in Deutschland nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte; 1. Quartal 2021; insgesamt 11.537 KI-Stellenanzeigen.

Bundesland	**KI-Bedarfe 2021**
Berlin	9,6
Hamburg	7,5
Bayern	4,6
Hessen	4,3
Baden-Württemberg	3,7
Bremen	2,7
Nordrhein-Westfalen	2,7
Sachsen	2,5
Niedersachsen	1,8
Thüringen	1,4
Rheinland-Pfalz	1,3
Saarland	1,3
Brandenburg	1,3
Schleswig-Holstein	1,2
Mecklenburg-Vorpommern	0,7
Sachsen-Anhalt	0,6
Deutschland insgesamt	3,4

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2021

7 Literatur

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V., 2022, Plattform Lernende Systeme. KI-Landkarte, https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-in-deutschland.html [23.2.2022]

Alekseeva, Liudmila / Azar, José / Gine, Mireia / Samila, Sampsa, / Taska, Bledi, 2021, The demand for AI skills in the labor market, in: Labour Economics, 71 Jg.

Azkan et al., 2022, Anreizsysteme und Ökonomie des Data Sharings. Handlungsfelder des unternehmensübergreifenden Datenaustausches und Status quo der deutschen Wirtschaft, Whitepaper aus dem Projekt IEDS – Incentives and Economics of Data Sharing gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Dortmund

BA – Bundesagentur für Arbeit, 2019, Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach ausgewählten Merkmalen. Deutschland nach Ländern, Kreisen und kreisfreien Städten (Arbeitsort). Stichtag: 31. März 2019, Nürnberg

BA, 2020, Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach ausgewählten Merkmalen. Deutschland nach Ländern, Kreisen und kreisfreien Städten (Arbeitsort). Stichtag: 31. März 2020, Nürnberg

BA, 2021, Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach ausgewählten Merkmalen. Deutschland nach Ländern, Kreisen und kreisfreien Städten (Arbeitsort). Stichtag: 31. März 2021, Nürnberg

BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2019, Verwaltungskarte Deutschland. Länder, Regierungsbezirke, Kreise, https://www.bundeswahlleiter.de/dam/jcr/c65e1a56-8a6a-4ca0-b06f-ab794829755c/vk2500-lrk.png [17.2.2022]

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2022, Bericht zum Breitbandatlas Teil 1: Ergebnisse (Stand Mitte 2021), Berlin

BMVI, 2021, Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2021). Erhebung der atene KOM im Auftrag des BMVI, Berlin

Bolwin, Lennart / Ewald, Johannes / Kempermann, Hanno / Klink, Hilmar / van Baal, Sebastian / Zink, Benita, 2022, AWS Impact Studie Deutschland. Die Bedeutung von AWS für die deutsche Wirtschaft, Köln

Büchel, Jan / Mertens, Armin, 2021, MINT-Studium und mehrjährige Berufserfahrung als prägende KI-Kompetenzen der deutschen Wirtschaft, Gutachten im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Köln

Büchel, Jan / Demary, Vera / Goecke, Henry / Kohlisch, Enno / Koppel, Oliver / Mertens, Armin/ Rusche, Christian / Scheufen, Marc, / Wendt, Jan, 2021, KI-Monitor: Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverbandes Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., Köln

Büchel, Jan / Engels, Barbara, 2022a, Digitalisierungsindex 2021. Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland, Gutachten im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der

Wirtschaft am Standort Deutschland" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Köln

Büchel, Jan / Engels, Barbara, 2022b, Branchentrends beim Data Sharing. Status quo und Use Cases in Deutschland, Köln, forthcoming

Büchel, Jan / Kohlisch, Enno / Mertens, Armin, 2022, Süddeutsche Cluster und Automobilstandorte prägen KI-Patentintensität, Köln, forthcoming

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2022, Wirtschaftsstrukturen in Kleinstädten. Eine bundesweite Analyse, Bonn, forthcoming

Bundesregierung, 2020, Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Fortschreibung 2020, https://www.ki-strategie-deutschland.de/files/downloads/201201_Fortschreibung_KI-Strategie.pdf [9.5.2022]

Burstedde, Alexander, 2021, Kompetenzbarometer: Fachkräftesituation in Digitalisierungsberufen – Beschäftigungsaufbau und Fachkräftemangel, Gutachten im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Köln

Demary, Vera et al., 2022, KI-Monitor 2022, Status quo der Künstlichen Intelligenz in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW), Berlin

DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 2022, Standort & Kontakt, https://www.dfki.de/web/ueber-uns/standorte-kontakt [21.4.2022]

Eckert, Daniel / Fuest, Benedikt, 2022, Computerversteher, in: Welt am Sonntag, Nr. 10, 6.3.2022, S. 24

Destatis, 2021, Jedes dritte deutsche Unternehmen nutzte 2020 Cloud Computing, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/05/PD21_241_52911.html [29.6.2022]

DPMA – Deutsches Patent- und Markenamt, 2019, Schutzvoraussetzungen, https://www.dpma.de/patente/patentschutz/schutzvoraussetzungen/index.html [30.5.2022]

Engels, Barbara / Röhl, Klaus-Heiner, 2020, Start-ups und Mittelstand. Potenziale und Herausforderungen von Kooperationen, IW-Analysen, Nr. 134, Köln

Geis-Thöne, Wido, 2022, Zuwanderung aus Indien: Ein großer Erfolg für Deutschland. Entwicklung und Bedeutung für die Fachkräftesicherung, IW-Report, Nr. 1, Köln

Goecke, Henry / Thiele, Christopher, 2018, KI-Forschung und Start-ups in Deutschland: Zahlreiche Zentren, IW-Kurzbericht, Nr. 75, Köln

HHWI – Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut / Berenberg, 2019, Städteranking 2019. Die 30 größten Städte Deutschlands im Vergleich, Hamburg

Hünnemeyer, Vanessa / Kempermann, Hanno, 2020, Ländliche Regionen in Deutschland - Ergebnisse des IW-Regionalrankings 2020, in: IW-Trends, 47. Jg., Nr. 2, S. 65-88, Köln

IHK – Industrie- und Handelskammer Aschaffenburg, 2021, Automotive-Atlas. Bayrischer Untermain, Aschaffenburg

Kidd, Chrissy / Wickramsinghe, Shanika, 2021, Hadoop vs Kubernetes: Will K8s & Cloud Native End Hadoop?, https://www.bmc.com/blogs/hadoop-cloud-native-kubernetes/ [11.7.2022]

Kompetenzplattform KI.NRW, 2022, KI.NRW Landkarte. Wirtschaft. Transferzentren, https://www.ki.nrw/ki-landkarte/#/wirtschaft/transferzentren/ [8.3.2022]

Meléndez, Carlos M., 2021, Just When A Data Scientist Has It All Figured Out, The Rules Change, Just When A Data Scientist Has It All Figured Out, The Rules Change (forbes.com) [11.7.2022]

MIG – Mobilfunkinfrastrukturgesellschaft mbH, 2022, Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Mitte 2021). Erhebung von MIG im Auftrag des BMVI, Sonderauswertung, Naumburg (Saale)

Purdy, Mark / Daugherty, Paul, 2017, How AI Boosts Industry Profits and Innovation, https://www.accenture.com/fr-fr/_acnmedia/36dc7f76eab444cab6a7f44017cc3997.pdf [23.2.2022]

Rammer, Christian, 2020, Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft. Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019, Gutachten im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin

Rammer, Christian, 2022, KI-Startups in Deutschland. Eine Untersuchung zu Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz, Gutachten im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Berlin

Roca, Thomas, 2019, AI Talent in the European Labour Market, https://economicgraph.linkedin.com/content/dam/me/economicgraph/en-us/PDF/AI-TAlent-in-the-European-Labour-Market.pdf [22.2.2022]

Ronzheimer, Manfred, 2022, Künstliche Intelligenz. Wie es mit den KI-Kompetenzzentren weitergeht, https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/wie-es-mit-den-ki-kompetenzzentren-weitergeht [21.4.2022]

Schmidt, Holger, 2020a, Digitaler Job-Monitor. Digital-Spezialisten weniger gefragt, in: Handelsblatt, Nr. 46, 5.3.2020, S. 27

Schmidt, Holger, 2020b, Digitaler Job-Monitor. Nachfrage nach Digitalexperten bricht ein, in: Handelsblatt, Nr. 173, 8.9.2020, S. 21

Schmidt, Holger, 2021, Digitaler Job-Monitor. Digitalexperten dringend gesucht, in: Handelsblatt, Nr. 118, 23.6.2021, S. 19

Seifert, Inessa et al., 2018, Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin

Tung, Teresa, 2021, Cloud big data: What you need to in 2021 and beyond, https://www.accenture.com/us-en/blogs/cloud-computing/cloud-and-big-data-what-you-need-to-know-in-2021-and-beyond [11.7.2022]

Voß, Oliver, 2022, KI: 100 zusätzliche Professuren erreicht, https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/ki-100-zusaetzliche-professuren-erreicht [9.5.2022]

Zeroual, Omar, 2022, „Schnell jenseits der 100.000 Euro“: Dieser junge Job verspricht gerade die besten Gehaltsaussichten, https://www.handelsblatt.com/karriere/karriere-schnell-jenseits-der-100-000-euro-dieser-junge-job-verspricht-gerade-beste-gehaltsaussichten/28462270.html?tm=login [11.7.2022]

Zhang, Daniel / Maslej, Nestor / Brynjolfsson, Erik / Etchemendy, John / Lyons, Terah / Manyika, James / Ngo, Helen / Niebles, Juan Carlos / Sellitto, Michael / Sakhaee, Ellie / Shoham, Yoav
Clark, Jack / Perrault, Raymond, 2022, The AI Index 2022 Annual Report, AI Index Steering Committee, Stanford Institute for Human-Centered AI, Stanford University

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: KI-Bedarfe 2021 in Deutschland nach Kreisen und kreisfreien Städten *11*
Abbildung 3-2: Kreise und kreisfreie Städte mit den höchsten KI-Bedarfen 2021 in Deutschland *15*
Abbildung 3-3: KI-Bedarfe in Deutschland nach Bundesländern *19*
Abbildung 3-4: KI-Bedarfe in Deutschland nach Regionstypen *24*
Abbildung 4-1: In KI-Stellenanzeigen gefragte Kompetenzen im Umgang mit Konzepten *28*
Abbildung 4-2: In KI-Stellenanzeigen gefragte Kompetenzen im Umgang mit Programmiersprachen *30*
Abbildung 4-3: In KI-Stellenanzeigen gefragte Kompetenzen im Umgang mit Plattformen *31*

Tabellenverzeichnis

Tabelle A-1: KI-Bedarfe in Deutschland nach Bundesländern *35*