



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



KI-Einsatzbereiche in Deutschland

Eine Analyse von KI-Stellenanzeigen

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

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Öffentlichkeitsarbeit

11019 Berlin

www.bmwk.de

Text und Redaktion

Institut der deutschen Wirtschaft:

Jan Büchel

Jan Engler

Dr. Armin Mertens

Unter Mitarbeit von

Institut der deutschen Wirtschaft

Dr. Vera Demary

Stand

September 2023

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) und die IW Consult.

Zentraler Bestellservice für Publikationen der 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.....	6
3 Einsatzbereiche in KI-Stellenanzeigen	9
3.1 Business Intelligence und Big Data.....	10
3.2 Beratung.....	12
3.3 Forschung und Wissenschaft.....	14
3.4 Robotik.....	15
3.5 Fahrassistenz.....	17
3.6 Bildverarbeitung	18
3.7 Sprachverarbeitung	20
3.8 Exkurs: ChatGPT in KI-Stellenanzeigen.....	21
4 Fazit.....	24
5 Technischer Anhang	25
Technischer Anhang 1: Evaluation der Modellergebnisse	25
Technischer Anhang 2: Überschneidung der KI-Einsatzbereiche	27
6 Literatur	29
Abbildungsverzeichnis.....	31
Tabellenverzeichnis	31

Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlüsseltechnologie mit enormen Potenzialen für Wirtschaft und Gesellschaft. Damit KI-Anwendungen entwickelt und KI wirksam in den Unternehmen eingesetzt werden kann, sind Beschäftigte mit KI-Kompetenzen notwendig. Die Höhe der KI-Bedarfe in Deutschland zeigt eine Analyse von Stellenanzeigen: Im ersten Quartal des Jahres 2023 schrieben Unternehmen und Forschungseinrichtung in Deutschland insgesamt 16.387 KI-Stellenanzeigen aus. Die KI-Einsatzbereiche sind dabei vielfältig und nicht immer überschneidungsfrei.

Über eine Kombination eines regelbasierten Ansatzes und eines Machine-Learning-Modells können Einsatzbereiche in allen KI-Stellenanzeigen automatisiert identifiziert werden. Insgesamt geben Unternehmen in 72 Prozent der KI-Stellenanzeigen an, KI einzusetzen, um große Mengen an Unternehmensdaten automatisiert und autonom zu analysieren und aus den gewonnenen Erkenntnissen geschäftsrelevante Entscheidungen ableiten zu können (Business Intelligence und Big Data). In 29 Prozent der KI-Stellenanzeigen suchen Dienstleister Beschäftigte mit KI-Kompetenzen, um entweder die eigene Dienstleistung oder interne Prozesse KI-basiert zu verbessern oder um Kunden zu KI zu beraten. Beispielsweise können KI-Potenziale im Unternehmen bedarfsgerecht identifiziert oder KI-Anwendungen für Kunden entwickelt werden. In 13 Prozent der KI-Stellenanzeigen sollen neue Beschäftigte zu KI forschen, 12 Prozent betreffen den Einsatzbereich Robotik und 11 Prozent das Themengebiet Fahrassistenz. Seltener suchen Unternehmen Beschäftigte, um KI zur Bildverarbeitung (7 Prozent) und zur Sprachverarbeitung (6 Prozent) einzusetzen.

Regional betrachtet entfällt ein Großteil der KI-Bedarfe auf den Südwesten Deutschlands und die Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen. Je nach KI-Einsatzbereich sind die Bedarfe regional unterschiedlich verteilt. So suchen besonders viele Unternehmen in Bayern und Baden-Württemberg Beschäftigte für den Einsatz von KI im Bereich Fahrassistenz. In Bremen liegt ein besonderer Fokus auf KI-Robotik; in Hamburg und Berlin wird ein Großteil der KI-Stellenanzeigen in den Bereichen Business Intelligence und Big Data sowie Beratung ausgeschrieben. Besonders viele Unternehmen in Berlin benötigen zudem Beschäftigte, um KI zur Sprach- und Bildverarbeitung zu nutzen.

Schnelle Rechtssicherheit im Thema Künstliche Intelligenz sowie ein Ausbau der Rechen- und Breitbandinfrastruktur in Deutschland können unterstützend wirken, damit der KI-Einsatz der Unternehmen weiter zunimmt und die Potenziale von KI in Zukunft von der deutschen Wirtschaft noch stärker genutzt werden.

1 Einleitung

Künstliche Intelligenz (KI) besitzt enorme Potenziale für Wirtschaft und Gesellschaft. Beispielsweise können KI-Anwendungen bestimmte Aufgaben in Unternehmen übernehmen, sodass Effizienzpotenziale gehoben, Kosten eingespart und unter Umständen perspektivisch auch dem steigenden Fachkräftemangel entgegengewirkt werden kann. KI ist in der Lage, Text, Sprache, Bilder und Daten automatisiert erkennen, analysieren sowie autonom generieren zu können. Beispielsweise können KI-Anwendungen per Bildverarbeitung Kontrollschritte in der Produktion übernehmen oder große Datenmengen analysieren, was manuell nur mit hohem Aufwand und daher hohen Kosten durchführbar wäre. Nicht nur immer mehr Unternehmen nutzen KI (Rusche et al., 2022), auch in der Gesellschaft sind KI-Anwendungen zunehmend angekommen und vereinfachen das Leben vieler Menschen. Sie unterstützen meist bei manuellen und repetitiven Aufgaben. Beispielsweise ermöglicht KI, dass Staubsauger autonom funktionieren oder Smartphones Gesichter aus verschiedenen Blickwinkeln erkennen können. Ein anderes Beispiel sind Chatbots wie ChatGPT, die auf jegliche Suchanfragen individuelle Texte oder Programmiercodes generieren können. Auch in sozialen Medien oder beim Streaming kommt KI zum Einsatz und bewirkt, dass genau die Inhalte empfohlen werden, die zu den Präferenzen der Konsumenten passen. Teilweise ist der Einsatz von KI aus Konsumentensicht jedoch nicht direkt ersichtlich und läuft im Hintergrund ab. Dies kann auch dazu beitragen, dass in Teilen der Gesellschaft in Deutschland die Vorteilhaftigkeit von KI nur begrenzt wahrgenommen wird und eine generelle Skepsis gegenüber der Technologie vorliegt (Köcher, 2023). Dies ist deshalb paradox, weil KI maßgeblich dazu beiträgt, dass die Anwendungen für Konsumenten überhaupt attraktiv sind.

Damit Unternehmen KI einsetzen können, benötigen sie spezialisierte Fachkräfte, die KI entwickeln, auf den Unternehmenskontext anwendbar machen sowie KI selbst anwenden und kontinuierlich verbessern. Dabei können Unternehmen KI-Kompetenzen jeweils unterschiedlich einsetzen. Beispielsweise können Beschäftigte eigene KI-Anwendungen entwickeln, um Unternehmensprozesse zu optimieren. Außerdem können eigene Produkte oder Dienstleistungen mithilfe von KI weiterentwickelt werden. Dazu zählen beispielsweise KI-basierte Chatbots im Kundenservice oder individuelle Produktempfehlungen, die auf dem vergangenen Suchverhalten der Kunden basieren. Unternehmen müssen aber nicht zwingend neue Beschäftigte mit KI-Kompetenzen einstellen oder bestehende Beschäftigte entsprechend weiterbilden. Sie können stattdessen auch Dienstleister beauftragen, die KI-Potenziale im beauftragenden Unternehmen identifizieren und entsprechende Anwendungen entwickeln oder verkaufen. Genauso kann KI in den Beratungsunternehmen eingesetzt werden, um die eigene Dienstleistung zu verbessern. Zudem können Forschungseinrichtungen Fachkräfte mit KI-Kompetenzen benötigen, um KI-Verfahren weiterzuentwickeln oder grundlegend zu erforschen. Angesichts der Potenziale von KI ist es für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands daher wichtig, dass ausreichend spezialisierte KI-Fachkräfte verfügbar sind. Nur so können die Bedarfe der Unternehmen und Forschungseinrichtungen hinreichend gedeckt werden.

Zwei Studien untersuchten bereits anhand von KI-Stellenanzeigen, wie die KI-Bedarfe in Deutschland einerseits regional verteilt sind (Büchel/Mertens, 2022) und andererseits welche Anforderungsprofile neue Beschäftigte mit KI-Kompetenzen erfüllen sollten (ebenda, 2021). Unklar bleibt bislang jedoch, für welche Zwecke ausschreibende Unternehmen KI-Kompetenzen primär benötigen und einsetzen möchten. Erkenntnisse darüber schaffen eine größere Transparenz darüber, wofür Unternehmen KI-Talente überhaupt einsetzen und an welchen Stellen im Unternehmen KI relevant ist. Damit ergänzt die vorliegende Analyse Studien zum Einsatz von KI in Unternehmen (Rammer, 2020) und zu KI-Gründungen in Deutschland (Rammer, 2022). Im Folgenden wird untersucht, welche Einsatzbereiche in aktuellen KI-Stellenanzeigen relevant sind, wie häufig sie jeweils auftreten und wie sich die Bedarfe in den einzelnen Einsatzbereichen im Zeitverlauf entwickeln. Dafür erläutert Abschnitt 2 zu-

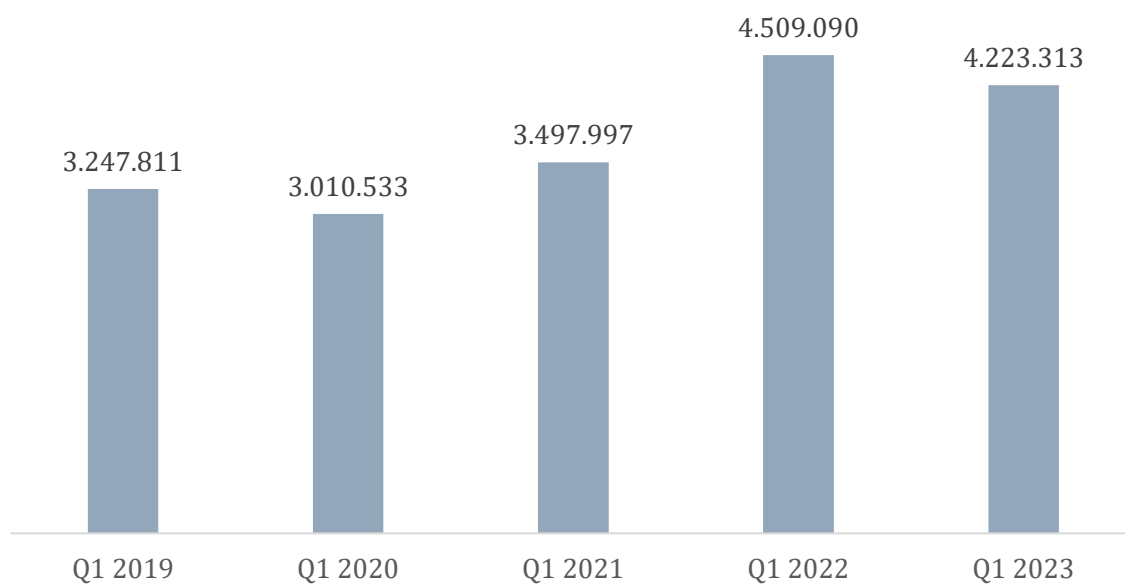
nächst das methodische Vorgehen, mit dem die Autoren selbst mithilfe von KI, beziehungsweise einer Kombination aus einem Machine-Learning-Modell und einem regelbasierten Ansatz, automatisiert KI-Einsatzbereiche in jeder der etwa 73.000 KI-Stellenanzeigen aus den ersten Quartalen der Jahre 2019 bis 2023 identifizieren konnten. Die KI-Einsatzbereiche, die für die ausschreibenden Unternehmen relevant sind, werden in Kapitel 3 analysiert. Es wird zudem untersucht, wie hoch die KI-Bedarfe pro Einsatzbereich sind sowie welche typischen Überschneidungen und regionalen Besonderheiten auftreten. Kapitel 4 gibt ein Fazit.

2 Daten und Methode

Für die Analyse verwendeten die Autoren einen Datensatz mit Online-Stellenanzeigen in Deutschland des Anbieters Textkernel. Darin werden Stellenanzeigen aus über 60.000 verschiedenen Quellen, wie den Jobportalen Stepstone und Xing oder der Website der Bundesagentur für Arbeit, gesammelt und um Duplikate bereinigt.¹ Der Datensatz beinhaltet Stellenanzeigen aus den jeweils ersten Quartalen der Jahre 2019 bis 2023. Im ersten Quartal des Jahres 2023 schrieben Unternehmen insgesamt über 4,2 Millionen Stellenanzeigen in Deutschland aus (Abbildung 2-1). Im gesamten Zeitraum von 2019 bis 2023 umfasst der Datensatz über 18 Millionen eindeutige Stellenanzeigen.

Abbildung 2-1: Online-Stellenanzeigen in Deutschland

Anzahl an Stellenanzeigen in Deutschland in den jeweiligen ersten Quartalen der Jahre 2019 bis 2023



Quelle: Textkernel-Daten, 2023

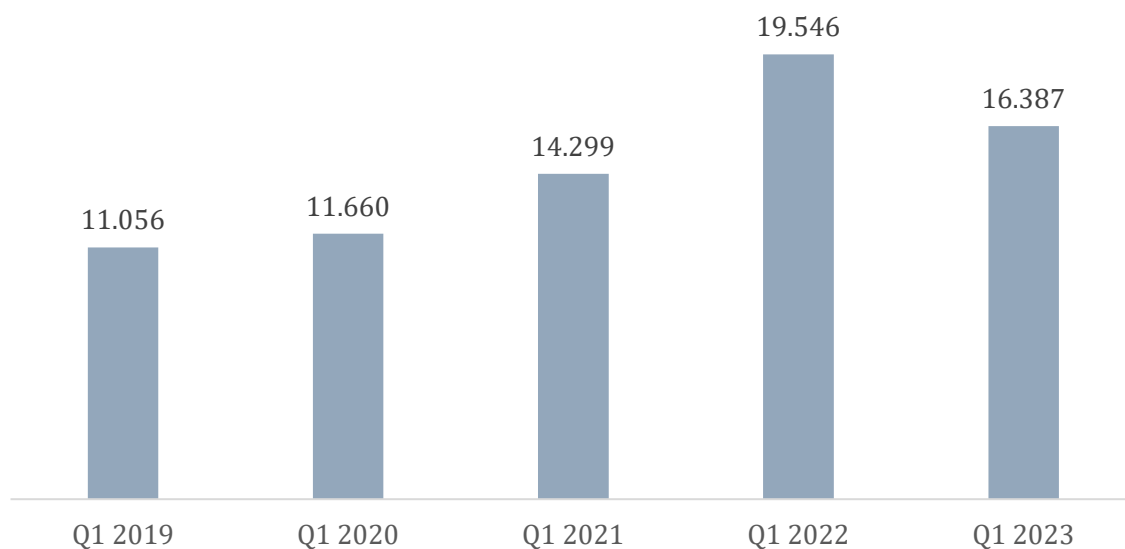
KI-Stellenanzeigen werden über ein iteratives und mehrfach validiertes Wörterbuch identifiziert (siehe Büchel et al. 2021). Enthalten die Jobtitel der Stellenanzeigen bestimmte Suchbegriffe wie „Artificial Intelligence“ oder „Machine Learning Engineer“, werden sie als KI-Stellenanzeigen klassifiziert.

¹ Das betrifft sowohl Stellenanzeigen, 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 werden konnte.

ziert. Sie werden daraufhin um solche Stellenanzeigen bereinigt, die sich auf Praktika oder Studentenjobs beziehen.² Auffällig ist, dass viele KI-Stellenanzeigen in englischer Sprache verfasst sind, vermutlich, um die eher spezifischen Stellenanzeigen auch englischsprachigen Bewerbern zugänglich zu machen. Dies kann auch Ausdruck dessen sein, dass KI-Stellenanzeigen schwer zu besetzen sind und ausschreibende Unternehmen auch ausländische Fachkräfte rekrutieren möchten. Außerdem können große international tätige Unternehmen aus dem Technologiebereich neue Beschäftigte mit KI-Kompetenzen für ihre Standorte in Deutschland suchen. Vorstellbar ist außerdem, dass neue Beschäftigte beispielsweise konzernweite KI-Lösungen auch für Standorte im Ausland entwickeln sollen oder es in den Unternehmen gar keine deutschsprachige Verwaltung gibt, weshalb die englische Sprache im Arbeitsalltag bevorzugt wird. Insgesamt schrieben Unternehmen im ersten Quartal des Jahres 2023 16.387 KI-Stellenanzeigen aus (Abbildung 2-2). Das sind leicht weniger KI-Stellenanzeigen als im Vorjahresquartal, jedoch mehr als jeweils in den Jahren 2019 bis 2021.

Abbildung 2-2: KI-Stellenanzeigen in Deutschland

Anzahl an KI-Stellenanzeigen in Deutschland in den jeweiligen ersten Quartalen der Jahre 2019 bis 2023



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

Im nächsten Schritt identifizierten die Autoren Einsatzbereiche in den KI-Stellenanzeigen. Andere Studien von Rammer (2020) und Bitkom (2021) analysierten bereits KI-Einsatzbereiche und basieren methodisch auf Unternehmensbefragungen, bei denen KI-Einsatzbereiche vorgegeben werden. Dadurch können Zustimmungsanteile der befragten Unternehmen zu den vorgegebenen Einsatzbereichen gemessen werden. Dabei kann das Risiko entstehen, dass nicht vorgegebene Einsatzbereiche keine Beachtung finden, auch wenn sie für manche Unternehmen relevant sind. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie ein explorativer Ansatz gewählt, um KI-Einsatzbereiche aus den tatsächlich genannten Bedarfen der ausschreibenden Unternehmen abzuleiten. Konkret analysierten die Autoren zunächst explorativ 100 zufällig ausgewählte KI-Stellenanzeigen. Daraus konnte eine erste Gruppe von Einsatzbereichen erstellt werden, die im Zuge der weiteren Analyse von zusätzlichen Stellenanzeigen iterativ ergänzt wurde. Die Vorgehensweise orientiert sich an den Informationen, die in den KI-Stellenanzeigen enthalten sind. Die Volltexte bestehen typischerweise aus einer Beschreibung des Arbeitgebers, der auszuführenden Tätigkeiten und des Anforderungsprofils, das erfolgreiche Bewerberinnen und Bewerber vorweisen sollten. Aus den Aufgabenbereichen der neuen

² Für eine detaillierte Beschreibung des Datensatzes siehe Büchel/Mertens, 2021.

Beschäftigten lassen sich oftmals auch die KI-Einsatzbereiche der Unternehmen ableiten. Teilweise werden in den Anforderungsprofilen auch Erfahrungen zu gewissen KI-Bereichen gefordert, die neue Beschäftigte in der Vergangenheit gesammelt haben und nun bei der neuen Aufgabe einbringen sollen. Anschließend an die Analyse der 100 KI-Stellenanzeigen war das Ziel, alle KI-Stellenanzeigen jeweils den ermittelten Einsatzbereichen zuzuordnen. Da der Datensatz insgesamt knapp 73.000 KI-Stellenanzeigen umfasst, wäre ein manuelles Zuordnen der Anzeigen zu den Einsatzbereichen mit sehr hohem Aufwand verbunden gewesen. Stattdessen trainierten die Autoren ein Machine-Learning-Modell (ML-Modell), um den gesamten Datensatz mit vertretbarem Aufwand präzise analysieren zu können.

Die Logik des ML-Modells ist, dass der dahinterliegende Algorithmus von bekannten Trainingsdaten lernt, Muster erkennt und diese auf neue, bisher unbekannte Daten überträgt. Dafür ordneten (annotierten) die Autoren zunächst manuell 1.000 KI-Stellenanzeigen den jeweiligen Einsatzbereichen zu. Dabei kam die Annotationssoftware doccano zum Einsatz (Nakayama et al., 2018). Um die Trainingsdaten möglichst objektiv zu annotieren, gingen die Autoren zunächst jeweils einzeln vor, besprachen in regelmäßigen Abständen die Konfliktfälle und kamen so zu übereinstimmenden Annotationen. Im Zuge dessen entwickelten sie iterativ ein Regelwerk, nach dem die KI-Stellenanzeigen den jeweiligen Einsatzbereichen zugeordnet werden. Dieses Regelwerk wird vom ML-Modell erkannt und auf weitere, zusätzliche KI-Stellenanzeigen angewendet. Die 1.000 manuell annotierten KI-Stellenanzeigen dienten somit als Trainingsdaten für das ML-Modell, das darauf basierend die übrigen etwa 72.000 KI-Stellenanzeigen automatisiert zuordnete.

Ähnliche ML-Modelle verwendeten die Autoren bereits in der Vergangenheit, um beispielsweise einerseits deutsche Stellenanzeigen dahingehend zu klassifizieren, ob sie Datenkompetenzen fordern oder nicht, und um andererseits Stellenanzeigen mit geforderten Datenkompetenzen ihren Einsatzbereichen zuzuordnen (Büchel et al., 2023). Letztere Analyse ist dabei methodisch sehr ähnlich zur vorliegenden Analyse der Einsatzbereiche aus den KI-Stellenanzeigen. Dabei basieren die verwendeten ML-Modelle auf einem Sprachmodell, das bereits auf deutschsprachige Stellenanzeigen und die deutsche Sprache vortrainiert wurde (Gnehm et al., 2022). Somit lernt das ML-Modell neben den bereits vortrainierten Eigenschaften zur Sprache und zu den Besonderheiten deutscher Stellenanzeigen zusätzlich aus den 1.000 Trainingsdaten, KI-Stellenanzeigen korrekt ihren Einsatzbereichen zuzuordnen (Devlin et al., 2018).

Die Evaluation des ML-Modells zeigt jedoch, dass die Zuordnung bei manchen Einsatzbereichen nicht immer treffsicher gelingt (siehe Tabelle A-1 im Anhang). Daher wurde zusätzlich zum ML-Ansatz ein regelbasiertes Verfahren verwendet, um die KI-Stellenanzeigen zu klassifizieren. Das ML-Modell hat vor allem bei solchen Einsatzbereichen Probleme, die nur wenige Beobachtungen in den Trainingsdaten haben. Hierunter fallen besonders die Einsatzbereiche Sprachverarbeitung, Bildverarbeitung und Forschung und Wissenschaft. Ein regelbasiertes Verfahren hat mit solchen Kategorien weniger Probleme, da die Anzahl an Trainingsdaten hier weitaus weniger relevant ist. Bei diesem Verfahren handelt es sich grundsätzlich um eine Stichwort- bzw. Wörterbuchsuche. Diese kann jedoch mit computerlinguistischen Methoden erweitert werden. Dadurch können etwa grammatikalische Abhängigkeiten zwischen Wörtern erkannt und in konkrete Regeln umgewandelt werden. Die Evaluation dieses Verfahrens (siehe Tabelle A-2 im Anhang) zeigt, dass viele Einsatzbereiche durch feststehende Regeln besser vorhergesagt werden können als durch den ML-Ansatz. Da das ML-Modell aber bei den Einsatzbereichen, die in den Trainingsdaten häufig auftreten, bessere Ergebnisse liefert als das regelbasierte Verfahren, wurden beide Verfahren in einem letzten Schritt kombiniert und so die bestmöglichen Ergebnisse erzielt (siehe Tabelle A-3 im Anhang). Inwieweit die Einsatzbereiche treffsicher zugeordnet werden können, kann über den sogenannten F1-Wert gemessen werden (siehe Anhang 1 für ausführlichere Erläuterungen). Der gewichtete F1-Wert von 0,92 (gegenüber 0,71 beim reinen

ML-Modell und 0,80 beim regelbasierten Verfahren) spricht für eine sehr hohe Qualität der Klassifikation der KI-Stellenanzeigen insgesamt.³

Nachfolgend werden die KI-Bedarfe in den einzelnen Einsatzbereichen, die über die Analyse der KI-Stellenanzeigen ermittelt werden konnten, detailliert untersucht.

3 Einsatzbereiche in KI-Stellenanzeigen

Verschiedene Studien analysierten bereits, welche KI-Verfahren Unternehmen in Deutschland einsetzen und in welchem Kontext die KI-Verfahren Anwendung finden (Rammer, 2020; Bitkom, 2021). Die Studien kommen zu dem Ergebnis, dass KI-Verfahren häufig aus den Bereichen des maschinellen Lernens, der wissensbasierten Systeme sowie der Bild- und Sprachverarbeitung stammen und vorwiegend in Produkten und Dienstleistungen zum Beispiel für personalisierte Werbung und zur Automatisierung von Prozessen eingesetzt werden (ebenda). In der vorliegenden Analyse der KI-Stellenanzeigen zeigt sich, dass die ausschreibenden Unternehmen primär KI-Einsatzbereiche nennen, die sich zu sieben Gruppen zusammenfassen lassen:

- Business Intelligence und Big Data
- Beratung
- Forschung und Wissenschaft
- Robotik
- Fahrassistenz
- Bildverarbeitung
- Sprachverarbeitung

Die sieben Einsatzbereiche decken die KI-Bedarfe der Unternehmen in Deutschland treffsicher ab. Nur vier Prozent der KI-Stellenanzeigen können keinem der sieben Einsatzbereiche zugeordnet werden. Vor dem Hintergrund, dass manche Volltexte der KI-Stellenanzeigen nur aus wenigen Textzeilen bestehen, bedeutet dieser Befund eine hohe Trefferquote. Allerdings werden die einzelnen Einsatzbereiche von den Unternehmen unterschiedlich häufig genannt. Abbildung 3-1 zeigt, welchen Stellenwert sie im ersten Quartal des Jahres 2023 für Unternehmen in Deutschland eingenommen haben.

Mit 72 Prozent der KI-Stellenanzeigen suchen Unternehmen am häufigsten Beschäftigte, die KI für Business Intelligence und Big Data einsetzen. Jede dritte KI-Stellenanzeige stammt aus dem Bereich Beratung, knapp über zehn Prozent jeweils aus den Bereichen Forschung und Wissenschaft, Robotik und Fahrassistenz. Seltener wollen Unternehmen neue Beschäftigte einstellen, die KI zur Bildverarbeitung (7 Prozent) und zur Sprachverarbeitung (6 Prozent) einsetzen. Für jeden der sieben Einsatzbereiche wurden im ersten Quartal 2023 jeweils mehr als 1.000 KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben. Die einzelnen Bereiche sind dabei allerdings nicht überschneidungsfrei: In 44 Prozent der KI-Stellenanzeigen werden mindestens zwei verschiedene Einsatzbereiche identifiziert. Die einzelnen Überschneidungen werden in den Abschnitten 3.1 bis 3.7 im Detail analysiert und in Tabelle A-4 im Anhang veranschaulicht.

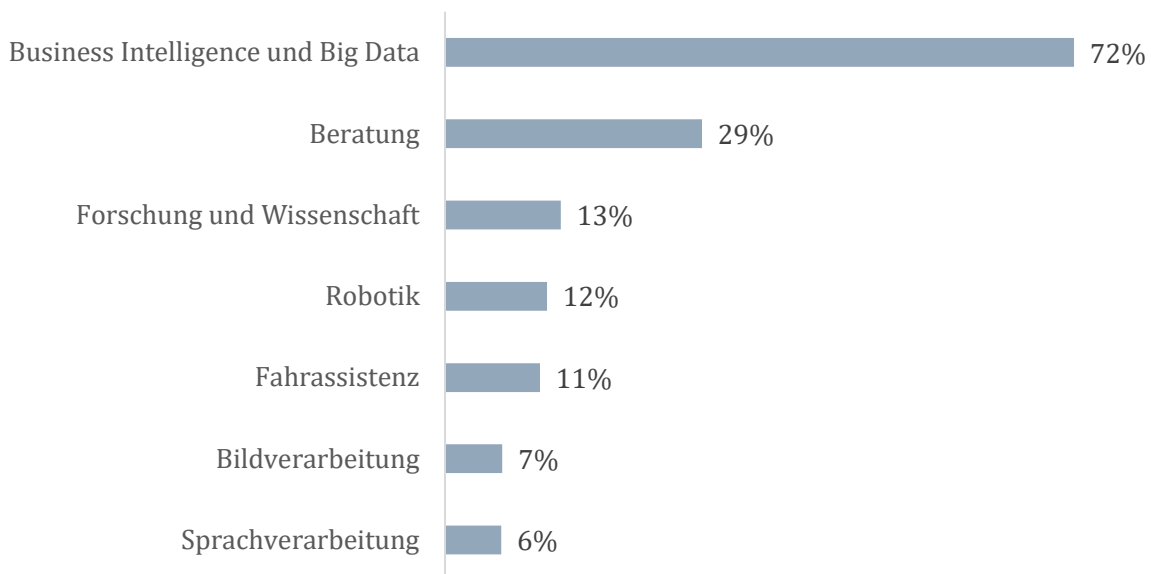
Im Zeitverlauf verändern sich die prozentualen Anteile der KI-Einsatzbereiche seit 2019 nur minimal. Einzig im ersten Quartal des Jahres 2021 war der Anteil der KI-Stellenanzeigen aus den Bereichen Bild- und Sprachverarbeitung um zwei Prozentpunkte höher als im Jahr 2023, während er in

³ Der gewichtete durchschnittliche F1-Wert wird berechnet, indem der Mittelwert aller F1-Werte pro Einsatzbereich unter Berücksichtigung der Anzahl an Beobachtungen der einzelnen Klassen im gesamten Datensatz gebildet wird. Der Wert kann auf einer Skala von 0 (keine richtigen Zuordnungen) bis 1 (alle Zuordnungen sind korrekt) variieren.

den Bereichen Fahrassistenz um vier und Robotik um drei Prozentpunkte geringer war. Dieser Zeitraum steht allerdings im Besonderen unter dem Eindruck der Corona-Pandemie. Da gerade Unternehmen aus dem Automobil- und Industriebereich besonders von Lieferengpässen und Kurzarbeit betroffen waren, könnten sie infolgedessen weniger neue Beschäftigte in diesem Zeitraum gesucht haben. Ab dem ersten Quartal des Jahres 2022 kehren die Anteile zur gewohnten Struktur aus Abbildung 3-1 zurück.

Abbildung 3-1: Stellenwert der Einsatzbereiche in KI-Stellenanzeigen

Anteil der KI-Stellenanzeigen, die dem jeweiligen Einsatzbereich zugeordnet sind, an allen KI-Stellenanzeigen in Deutschland im ersten Quartal 2023; Mehrfachzuordnungen möglich; insgesamt 16.387 KI-Stellenanzeigen



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

Nachfolgend werden die sieben Einsatzbereiche im Detail beschrieben und die Einzelergebnisse ausführlich eingeordnet. Insbesondere wird untersucht, ob jeweils typische Überschneidungen mit anderen Einsatzbereichen vorliegen, welche Unternehmen aus welchen Branchen hauptsächlich KI-Stellen ausschreiben und wie sich die KI-Bedarfe pro Einsatzbereich regional konzentrieren. Um regional unverzerrt vergleichen zu können, werden die KI-Stellenanzeigen pro Bundesland in Relation zur jeweiligen Anzahl an sozialversicherungspflichtig Beschäftigten gesetzt (siehe Büchel/Mertens, 2022, 9 f.). Nur so können Bundesländer mit geringer Einwohnerdichte und daher eher niedriger Beschäftigtenzahl mit Bundesländern mit sehr vielen Unternehmen sowie Einwohnern und daher einer Vielzahl an Beschäftigten sinnvoll verglichen werden.

3.1 Business Intelligence und Big Data

Unternehmen können KI einsetzen, um große Mengen an Daten automatisiert zu analysieren. Generell nehmen Daten bei allen KI-Anwendungen eine zentrale Rolle ein. Hinreichend viele Daten sind zum Beispiel die Voraussetzung dafür, dass KI auf den jeweiligen Anwendungsfall trainiert werden und so Aufgaben effektiv übernehmen kann. Im Bereich Business Intelligence und Big Data liegt allerdings ein besonderer Fokus darauf, Unternehmensdaten wie beispielsweise Produktions- oder Prozessdaten KI-basiert zu analysieren und daraus geschäftsrelevante Entscheidungen abzuleiten. Dazu

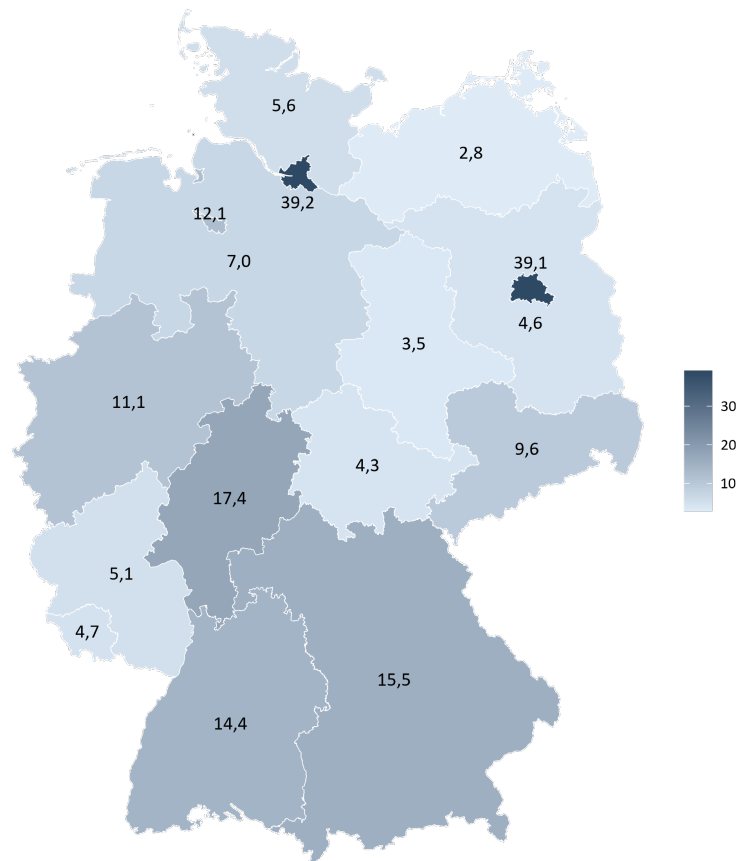
zählen beispielsweise auch Algorithmen, die autonom das Kaufverhalten von Kunden analysieren und daraus individuelle Empfehlungen oder zukünftige Trends ableiten. In den KI-Stellenanzeigen, die dem Bereich Business Intelligence und Big Data zugeordnet werden, treten oft Begriffe wie „KPI (Key Performance Indicator)“ oder „RPA (Robotic Process Automation)“ auf. Letzteres enthält zwar den Term Robotik, gemeint sind aber Softwareroboter, die im Prinzip das digitale Pendant zu Robotik-Anwendungen in physischen Produktionsprozessen darstellen. Sie übernehmen meist repetitive, manuelle, zeitintensive oder fehleranfällige Tätigkeiten im digitalen Umfeld und automatisieren so Prozesse (Czarnecki/Auth, 2018). Beispiele sind das automatisierte Ausstellen von Bestellbestätigungen oder Rechnungen an Kunden oder sogenanntes Web Scraping, bei dem Daten aus verschiedenen Webseiten regelmäßig automatisiert extrahiert werden.

Der Einsatzbereich Business Intelligence und Big Data kommt mit 72 Prozent aller KI-Stellenanzeigen nicht nur mit Abstand am häufigsten vor (Abbildung 3-1). Er überschneidet sich auch stark mit dem zweitmeist genannten Einsatzbereich Beratung: In mehr als jeder dritten KI-Stellenanzeige aus dem Bereich Business Intelligence und Big Data geben Unternehmen ebenfalls an, KI im Beratungskontext einzusetzen (Tabelle A-4). Daher ist auch nicht verwunderlich, dass sich unter den ausschreibungsaktivsten Unternehmen im Bereich Business Intelligence und Big Data viele große Unternehmensberatungen befinden. Regional betrachtet entstehen die meisten KI-Bedarfe in den Stadtstaaten Hamburg und Berlin mit jeweils über 39 KI-Stellenanzeigen aus dem Bereich Business Intelligence und Big Data pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (Abbildung 3-2). Große Einzelhändler aus dem Modebereich, die mittlerweile als digitale Plattformen agieren, schreiben besonders viele KI-Stellenanzeigen aus. Auch andere E-Commerce- oder Vergleichsplattformen ohne speziellen Branchenfokus zeigen hohe Bedarfe. Gerade bei digitalen Plattformen scheinen – gemessen an den Stellenausschreibungen – demnach hohe Automatisierungspotenziale durch KI in den Bereichen Business Intelligence und Big Data zu liegen. Die Verfügbarkeit einer großen Menge an Daten ist für digitale Plattformen besonders wichtig, da beispielsweise basierend auf den Transaktionsdaten besonders lohnende Produkte identifiziert oder generell das Produktportfolio angepasst werden kann (Demary/Rusche, 2018, 48 f.). KI kann insbesondere bei der eher kleinteiligen Datenanalyse automatisiert unterstützen.

In den Flächenländern Hessen (17,4 KI-Stellenanzeigen in Business Intelligence und Big Data pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten), Bayern (15,5), Baden-Württemberg (14,4) und Nordrhein-Westfalen (11,1) schreiben große Unternehmen sowohl aus der Industrie als auch aus dem Dienstleistungsbereich besonders viele KI-Stellenanzeigen aus. Dieser Befund verdeutlicht, dass KI-basiertes Business Intelligence und Big-Data-Lösungen branchenübergreifend in den Unternehmen eingesetzt werden können.

Abbildung 3-2: KI-Bedarfe im Bereich Business Intelligence und Big Data nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland; 1. Quartal 2023; insgesamt 11.761 KI-Stellenanzeigen im Bereich Business Intelligence und Big Data.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

3.2 Beratung

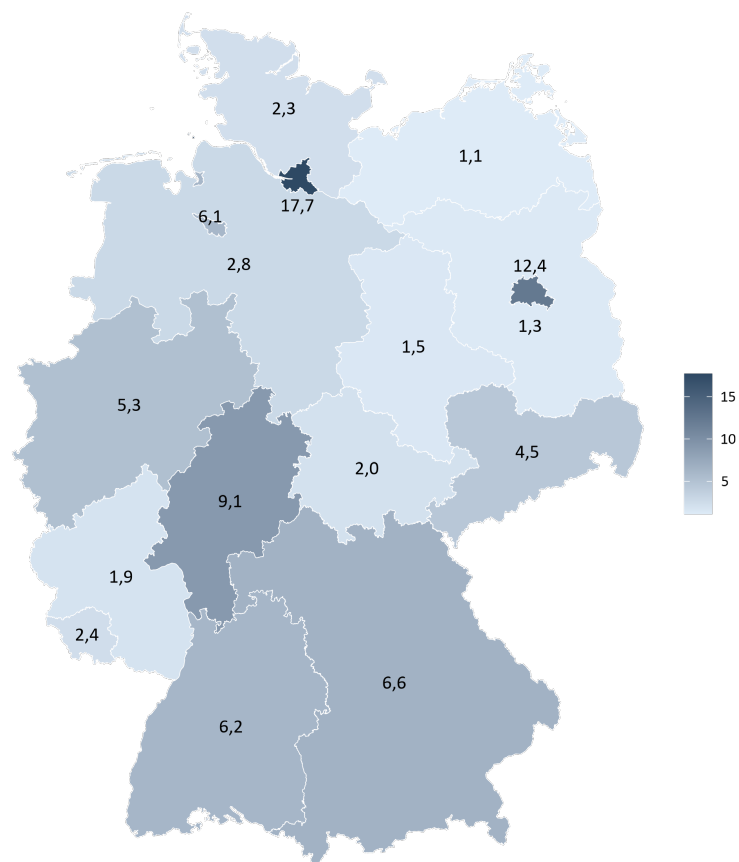
Ähnlich zu Business Intelligence und Big Data kommt es auch im Bereich Beratung häufig zu Überschneidungen mit anderen Einsatzbereichen. Beschäftigte mit KI-Kompetenzen können andere Unternehmen theoretisch in allen KI-Einsatzbereichen beraten. Oftmals ist in den Stellenanzeigen jedoch nur von der KI-beratenden Tätigkeit die Rede und der genaue Einsatzbereich wird nicht weiter spezifiziert. Gerade wenn Unternehmen für Kunden jeweils individuelle KI-Lösungen entwickeln sollen, werden oftmals umfassende KI-Kompetenzen benötigt. Falls Unternehmen doch konkrete Einsatzbereiche angeben, wurden die Stellenanzeigen neben dem Bereich Beratung auch den jeweils anderen KI-Einsatzbereichen zugeordnet. Ein Beispiel ist ein Beratungsunternehmen, das für Kunden aus dem Bauwesen KI-Methoden einsetzen möchte, um Baufotos intelligent zu interpretieren sowie den Baufortschritt automatisiert zu überwachen. Aber auch in Beratungsunternehmen selbst entsteht Bedarf an KI-Kompetenzen. Nicht nur für das eigene Produkt oder die angebotene Dienstleistung werden KI-Kompetenzen benötigt, sondern auch interne Prozesse sollen mithilfe von KI verbessert und gesteuert werden.

Abschnitt 3.1 zeigte bereits, dass Unternehmen in einem Drittel der KI-Stellenanzeigen aus dem Bereich Business Intelligence und Big Data KI auch im Beratungskontext einsetzen möchten. Andererseits ist der Anteil noch deutlich höher: 91 Prozent der Stellen in der Beratung sind gleichzeitig dem Bereich Business Intelligence und Big Data zugeordnet (Tabelle A-4). Das bedeutet, dass fast jedes Beratungsunternehmen, das neue KI-Beschäftigte einsetzen möchte, gleichzeitig mit diesen Stellen die Bereiche Business Intelligence und Big Data bedienen möchte. Somit scheinen Beratungsunternehmen eine wichtige Stütze für andere Unternehmen in Deutschland zu sein, um ihrerseits die Potenziale von KI zur Unternehmenssteuerung im Business-Intelligence-Kontext zu heben und Big-Data-Lösungen zu realisieren.

Erwartungsgemäß werden die meisten KI-Stellenanzeigen aus dem Bereich Beratung in den Stadtstaaten Hamburg (17,7 KI-Beratungs-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten) und Berlin (12,4) ausgeschrieben (Abbildung 3-3), wo viele Standorte großer Unternehmensberatungen zu finden sind. Dies erklärt zu Teilen auch die hohen KI-Bedarfe in Hessen (9,1), Bayern (6,6), Baden-Württemberg (6,2) und Nordrhein-Westfalen (5,3), in deren Großstädten viele große IT-Dienstleister, Wirtschaftsprüfer und weitere Beratungsunternehmen angesiedelt sind.

Abbildung 3-3: KI-Bedarfe im Bereich Beratung nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland; 1. Quartal 2023; insgesamt 4.803 KI-Stellenanzeigen im Bereich Beratung.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

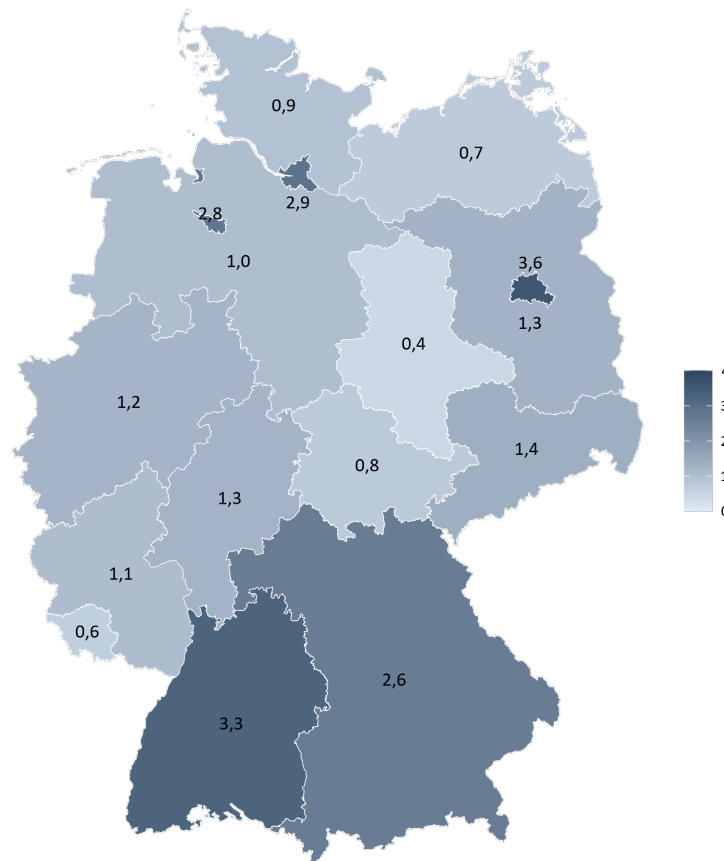
3.3 Forschung und Wissenschaft

KI-Stellenanzeigen werden nicht nur von Unternehmen, sondern auch von Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Universitäten ausgeschrieben. Hier steht meist kein kommerzieller KI-Einsatz im Fokus. Stattdessen werden KI-Verfahren erforscht oder KI zu Forschungszwecken eingesetzt. Die jeweiligen Stellenanzeigen können entweder generell KI oder explizit verschiedene Felder der KI betreffen. Somit kann es ebenfalls zu Überschneidungen mit anderen Einsatzbereichen kommen. Dabei überschneiden sich Forschungsstellen relativ häufig mit allen anderen KI-Einsatzbereichen: 41 Prozent der Forschungsstellen werden gleichzeitig dem Bereich Business Intelligence und Big Data zugeordnet, 16 Prozent dem Bereich Bildverarbeitung (Tabelle A-4). Beispiele sind zwei inhaltlich ähnliche KI-Stellenanzeigen aus dem Bereich der Krebsforschung. Bei einer Stellenanzeige sollen KI-gestützt große Mengen an Patientendaten, beispielsweise zur Medikamenteneinnahme, analysiert werden. In einer zweiten Stellenanzeige unterstützt KI die Krebsforschung, indem Röntgenaufnahmen oder andere medizinische Bilder automatisiert erkannt und analysiert werden. Außerdem gibt es Unternehmen, die reine Forschungsstellen zu KI ausschreiben. Im Hinblick auf den jeweiligen Anwendungskontext der Unternehmen soll KI weiterentwickelt und erforscht werden.

Bei der regionalen Analyse der KI-Bedarfe stechen vor allem die Stadtstaaten Berlin (3,6 KI-Forschungs-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten), Hamburg (2,9) und Bremen (2,8) sowie die Flächenländer Baden-Württemberg (3,3) und Bayern (2,6) mit vergleichsweise hohen Bedarfen heraus (Abbildung 3-4). An diesen Standorten ist es jeweils ein Mix aus universitärer und außeruniversitärer Forschung sowie umliegenden innovativen Unternehmen, bei denen die Bedarfe an KI-Kompetenzen entstehen. In Bayern sind es beispielsweise Unternehmen aus dem Automobilbereich sowie Hersteller von Messgeräten mit besonderem Fokus auf die KI-basierte Bildverarbeitung. In Baden-Württemberg sind es Unternehmen aus dem Automobilzulieferbereich und dem bio-pharmazeutischen Bereich im regionalen Cluster um Stuttgart und Karlsruhe, wo auch die KI-Patentintensität besonders hoch ist (Büchel et al., 2022). Insgesamt deutet der Mix aus aus-schreibenden Forschungseinrichtungen und Unternehmen darauf hin, dass es in diesen Regionen zu Spillover-Effekten der Forschung in die Wirtschaft und umgekehrt kommen kann. Die ansässigen Unternehmen können demnach von der KI-Forschungsstärke der Region profitieren. Genauso können viele Unternehmen, die KI einsetzen, entwickeln oder erforschen möchten, einen positiven Effekt auf umliegende Forschungseinrichtungen ausüben, da beispielsweise gemeinsam Forschungsprojekte durchgeführt werden können. Teilweise bieten größere Unternehmen auch duale Studiengänge oder Promotionsstellen an, bei denen das erlernte Wissen zu KI direkt im unternehmerischen Kontext angewendet werden soll.

Abbildung 3-4: KI-Bedarfe im Bereich Forschung und Wissenschaft nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland; 1. Quartal 2023; insgesamt 2.166 KI-Stellenanzeigen im Bereich Forschung und Wissenschaft.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

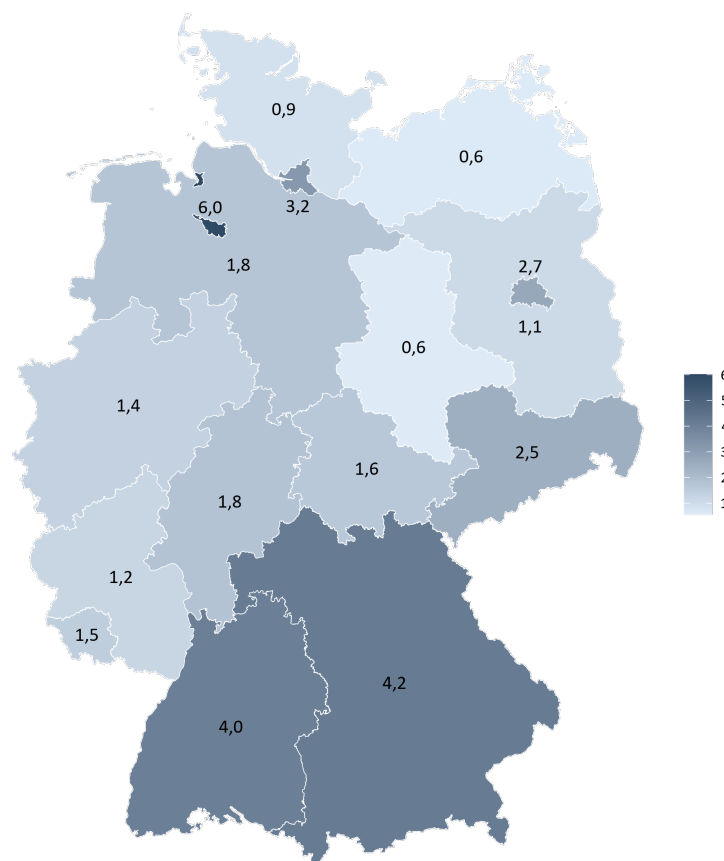
3.4 Robotik

Nicht nur im Bereich Business Intelligence und Big Data (Abschnitt 3.1), sondern auch im industriellen Umfeld können Unternehmen KI-Anwendungen im Bereich Robotik einsetzen. Das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn Produktionsschritte nicht immer exakt einheitlich ablaufen oder wenn zu bearbeitende Produktionsteile leicht unterschiedlich sein können. Ein Beispiel sind Produktionsteile, die automatisiert weiterverarbeitet werden sollen, jedoch auf der vorherigen Produktionsstufe manuell bearbeitet wurden, sodass beispielsweise Schweißnähte jeweils nicht identisch platziert sind. Herkömmliche Robotik-Anwendungen ohne KI könnten diese manuellen, jeweils minimal unterschiedlichen Produktionseinheiten nicht automatisiert weiterverarbeiten, wenn sie auf einheitliche Bewegungsabläufe eingestellt sind. Robotik-Anwendungen mit KI werden hingegen auf verschiedene, ähnliche Aufgaben trainiert und können so unvorhersehbare, leicht abgewandelte Aufgaben ebenfalls problemlos durchführen. Dazu können entsprechende Robotik-Anwendungen auch KI-basierte Bildverarbeitung nutzen, um Produktionsteile zunächst individuell zu erkennen und anschließend korrekt weiterzuverarbeiten.

17 Prozent der Robotik-Stellen werden auch dem Bereich Beratung zugeordnet (Tabelle A-4). Es scheint daher einige Dienstleister zu geben, die Kunden im Bereich der KI-basierten Robotik beraten und die neue Beschäftigte dafür suchen. Die Dienstleistung kann als wirksame Brücke fungieren, damit Unternehmen KI-Robotik effektiv in ihre Produktionsprozesse integrieren können. Auch die Überschneidung mit Forschungsstellen ist hoch (14 Prozent). Das wird insbesondere in den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg deutlich, die mit 4,2 und 4,0 KI-Robotik-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten hinter Bremen mit 6,0 auf Platz zwei und drei rangieren (Abbildung 3-5). Neben großen Unternehmen aus dem Maschinenbau sowie Automobil- und Zuliefererbereich forschen dort auch Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen zu KI-Robotik. In Bremen entstehen KI-Bedarfe durch Unternehmen aus den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik sowie im dort ansässigen Robotics Innovation Center des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI, 2023). Unter anderem werden dort KI-Robotersysteme entwickelt, die an Land, zu Wasser, in der Luft und im Weltraum für komplexe Aufgaben eingesetzt werden sollen (ebenda).

Abbildung 3-5: KI-Bedarfe im Bereich Robotik nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland; 1. Quartal 2023; insgesamt 1.907 KI-Stellenanzeigen im Bereich Robotik.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

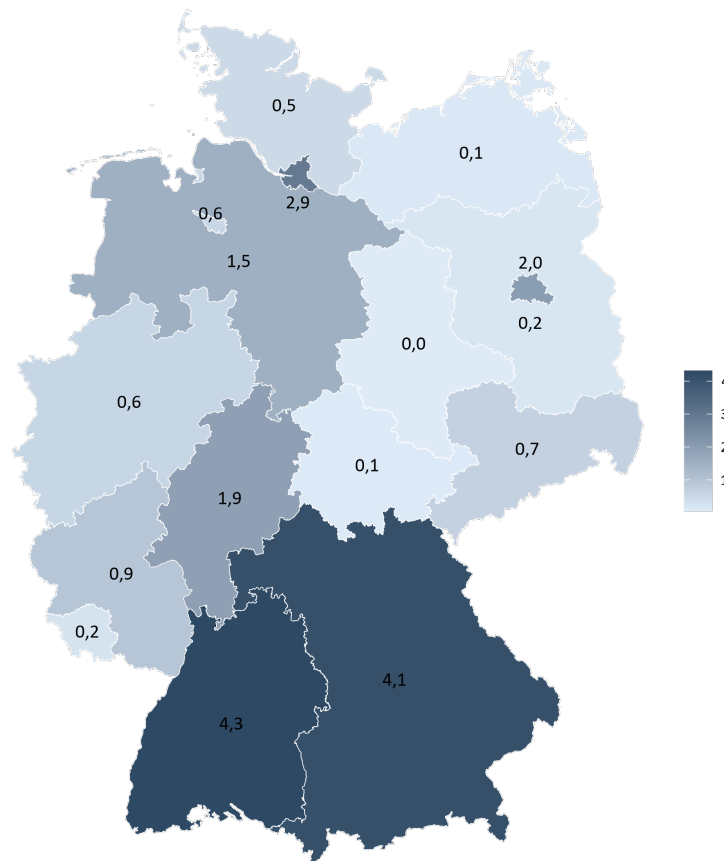
3.5 Fahrassistenz

Fahrassistenz ist neben Beratung ein weiterer eher branchenspezifischer KI-Einsatzbereich. Grundsätzlich kann es bei der Fahrassistenz auch zu Überschneidungen mit anderen KI-Einsatzbereichen kommen. Beispielsweise kann KI-Bildverarbeitung im Automobilbereich eingesetzt werden, um autonomes Fahren zu ermöglichen. Oftmals ist in den KI-Stellenanzeigen allerdings nicht klar ersichtlich, welcher Einsatzbereich genau betroffen ist. Stattdessen ist nur der thematische Bezug zur Fahrassistenz erkennbar. Deshalb wird es als gesonderter KI-Einsatzbereich aufgelistet. Gerade bei der Fahrassistenz wird deutlich, wie eng Bild- und Sprachverarbeitung, Business Intelligence und Big Data sowie Robotik miteinander verknüpft sein können. Um beispielsweise autonomes Fahren zu ermöglichen, sollten Fahrzeuge bestenfalls die dreidimensionale Umgebung wahrnehmen können, um auf Gefahrensituationen reagieren zu können. Damit dies gelingt, benötigen sie optische Sensoren wie beispielsweise LiDAR-Sensoren („Light Detection and Ranging“), die laserbasiert die Entfernungsmessung zwischen Objekten und Fahrzeug ermöglichen (Fraunhofer IPMS, 2023). Der Begriff „LiDAR“ kommt in einigen KI-Stellenanzeigen vor. Fahrsituationen sind allerdings meist nicht vorhersehbar und jeweils individuell unterschiedlich. KI aus dem Bereich der Bildverarbeitung kann daher aus vergangenen Fahrsituationen lernen, um in neuen Fahrsituationen korrekte Entscheidungen treffen zu können. Damit dies gelingt, müssen im Hintergrund große Mengen an Daten verarbeitet und analysiert werden. Demzufolge werden hohe Überschneidungen der Fahrassistenz-Stellen mit den Bereichen Business Intelligence und Big Data (28 Prozent der KI-Fahrassistenz-Stellen) und Bildverarbeitung festgestellt (14 Prozent; Tabelle A-4). Zudem besteht eine weitere Aufgabe der Fahrassistenzsysteme darin, den Fahrkomfort zu steigern. Beispielsweise kann KI ermöglichen, dass Fahrzeuge sprachliche Befehle erkennen und umsetzen können, wofür KI-basierte Sprachverarbeitung eingesetzt werden kann.

Allerdings zeigt eine genauere Betrachtung der ausschreibenden Unternehmen, dass nicht nur die großen Automobilhersteller Beschäftigte mit KI-Kompetenzen im Bereich KI-Fahrassistenz suchen. Auch im breit gefächerten Netz an Automobilzulieferern in Deutschland entstehen viele Bedarfe in diesem Bereich (siehe ebenfalls Büchel/Mertens, 2022, 16 f.). Zudem sind die Bedarfe nicht nur auf den Automobilbereich beschränkt. Stattdessen gibt es ebenfalls Stellen, in denen neue Beschäftigte KI-Fahrassistenz im Bereich der Nutzfahrzeuge, Drohnen oder insgesamt der Luftfahrt einsetzen sollen. So entstehen neben Baden-Württemberg (4,3 KI-Fahrassistenz-Stellen pro 10.000 Beschäftigte), Bayern (4,1) und Niedersachsen (1,5), wo die drei großen Automobilhersteller angesiedelt sind, ebenfalls hohe Bedarfe in Hamburg (2,9), Berlin (2) und Hessen (1,9), wo sich bedeutende Zulieferer im Bereich der KI-Fahrassistenz beispielsweise mit Fokus auf LiDAR oder Automotive-Software befinden (Abbildung 3-6).

Abbildung 3-6: KI-Bedarfe im Bereich Fahrassistenz nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland; 1. Quartal 2023; insgesamt 1.776 KI-Stellenanzeigen im Bereich Fahrassistenz.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

3.6 Bildverarbeitung

Bilder erkennen, analysieren oder autonom generieren ist ein weiteres typisches Anwendungsfeld von KI. Im Bereich Bildverarbeitung können Unternehmen beispielsweise KI einsetzen, um fehlerhafte Produktionsteile zu erkennen und automatisiert auszusortieren. Dafür werden entsprechende KI-Anwendungen mit vielen Bildern von jeweils intakten und beschädigten Produktionsteilen trainiert und lernen daraus, korrekte Entscheidungen eigenständig treffen zu können. Der Begriff „Computer Vision“ tritt in diesen KI-Stellenanzeigen besonders häufig auf. Er beschreibt die Fähigkeit der KI, aussagekräftige Informationen aus digitalen Bildern, Videos, oder anderen visuellen Eingaben zu gewinnen (IBM, 2023). Teilweise wird „Computer Vision“ in Kombination mit „Augmented Reality“ (AR) genannt – also einer Technologie, die bei smarten Brillen oder in Smartphone-Kameras zum Einsatz kommt. Mithilfe von AR wird das reale Umfeld, das Konsumenten wahrnehmen, um digitale Zusatzinformationen ergänzt (Büchel/Klôs, 2022, 5 f.). Damit dies gelingt, müssen reale Objekte oder Personen erst erkannt werden, wobei KI-Bildverarbeitung behilflich sein kann. Generell nimmt die KI-basierte Bildverarbeitung gerade im Bereich Sensorik eine wichtige Rolle ein. Die Anwendungsfälle sind dabei vielfältig und es kann zu Überschneidungen mit anderen KI-Einsatzbereichen wie beispielsweise Robotik oder Forschung und Wissenschaft kommen (Tabelle A-4). Ein Beispiel ist eine

3.7 Sprachverarbeitung

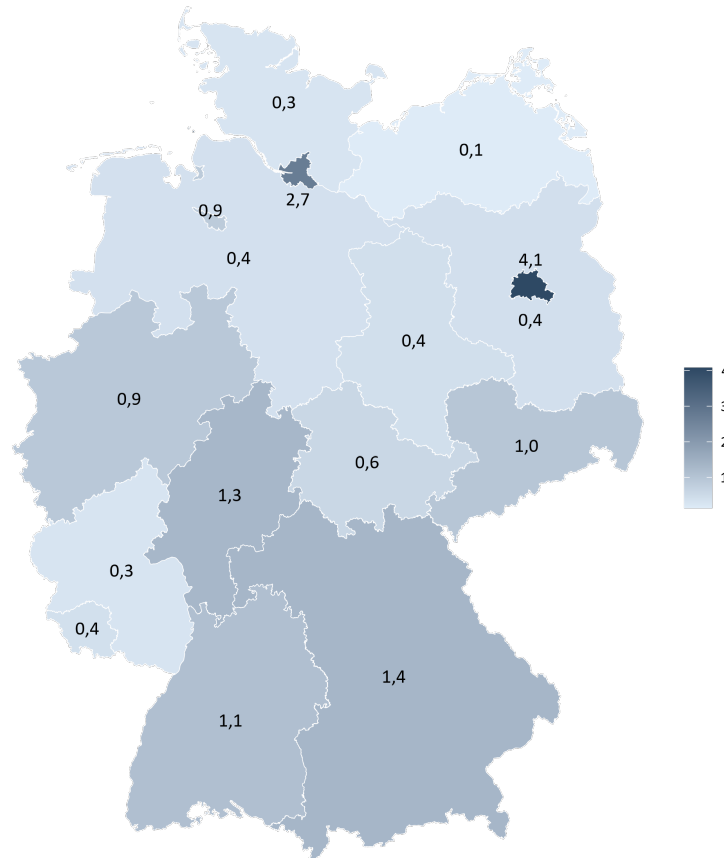
Im Bereich Sprachverarbeitung sollen neue Beschäftigte häufig KI-basierte Chatbots oder Übersetzungssoftware entwickeln. In diesen KI-Stellenanzeigen nennen ausschreibende Unternehmen oft Begriffe wie „Speech Recognition“ oder „Text Mining“. Demnach sollen neue Beschäftigte KI-Anwendungen entwickeln, die Sprache oder Text automatisiert verarbeiten und analysieren können. Beispielsweise taucht in einer Stellenanzeige der Begriff „Entity Extraction“ auf. Dies beschreibt die Fähigkeit einer KI, gewisse Informationen aus unstrukturiertem und unbekanntem Text zu extrahieren und in vordefinierte Klassen einzuordnen. Dies kann beispielsweise auch dazu verwendet werden, um Anforderungsprofile aus Stellenanzeigen automatisiert zu extrahieren (Büchel/Mertens, 2021, 7 f.). Dabei kann die KI aus dem Zusammenhang des Textes auch neue Programmiersprachen erkennen, ohne dass die jeweilige Programmiersprache Teil der Trainingsdaten gewesen ist.

Insgesamt entstehen deutschlandweit im Bereich Sprachverarbeitung am wenigsten Bedarfe unter den KI-Einsatzbereichen. Einzig Berlin mit 4,1 KI-Sprachverarbeitungs-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und Hamburg mit 2,7 stechen heraus (Abbildung 3-8). Hier sind es abermals digitale E-Commerce- und Vergleichsplattformen, die planen, KI-Sprachverarbeitung beispielsweise im Kundenservice bei der Kommunikation über Chatbots einzusetzen. Dies wird auch daran deutlich, dass ausschreibende Unternehmen KI oftmals gleichzeitig zur Sprachverarbeitung und für Business Intelligence und Big Data nutzen möchten (Tabelle A-4). Chatbots und die KI-basierte Kundenkommunikation bilden dabei eine Schnittmenge aus beiden Bereichen. Einerseits kann durch die KI-Sprachverarbeitung der Kundenservice erst autonom erfolgen. Andererseits kann KI aus dem Bereich Business Intelligence und Big Data die in den Kundeninteraktionen gesammelten Daten aggregieren, in Informationen umwandeln und daraus beispielsweise Bedarfe für Produktverbesserungen oder neue Produkte aufzeigen.

In der Analyse lässt sich allerdings kein deutsches oder in Deutschland ansässiges Unternehmen identifizieren, das allein besonders viele KI-Stellen im Bereich Sprachverarbeitung ausschreibt. Diese Erkenntnis reiht sich in die aktuell geführte Debatte um große KI-Sprachmodelle (Large Language Models) ein. Insbesondere knüpft sie an die darin oftmals aufgeführte Kritik an, dass große Sprachmodelle nicht in Deutschland, sondern meist im Ausland entwickelt würden (siehe beispielsweise Tagesschau, 2023). Ein KI-basierter Chatbot, der auf einem solchen KI-Sprachmodell basiert, ist ChatGPT. Er wurde in den USA gegen Ende des Jahres 2022 entwickelt und ist seither sehr populär. Welche Auswirkungen ChatGPT auf deutsche Stellenanzeigen im ersten Quartal 2023 hat, wird im Folgenden genauer untersucht.

Abbildung 3-8: KI-Bedarfe im Bereich Sprachverarbeitung nach Bundesländern

Anzahl an KI-Stellenanzeigen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland; 1. Quartal 2023; insgesamt 1.054 KI-Stellenanzeigen im Bereich Sprachverarbeitung.



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

3.8 Exkurs: ChatGPT in KI-Stellenanzeigen

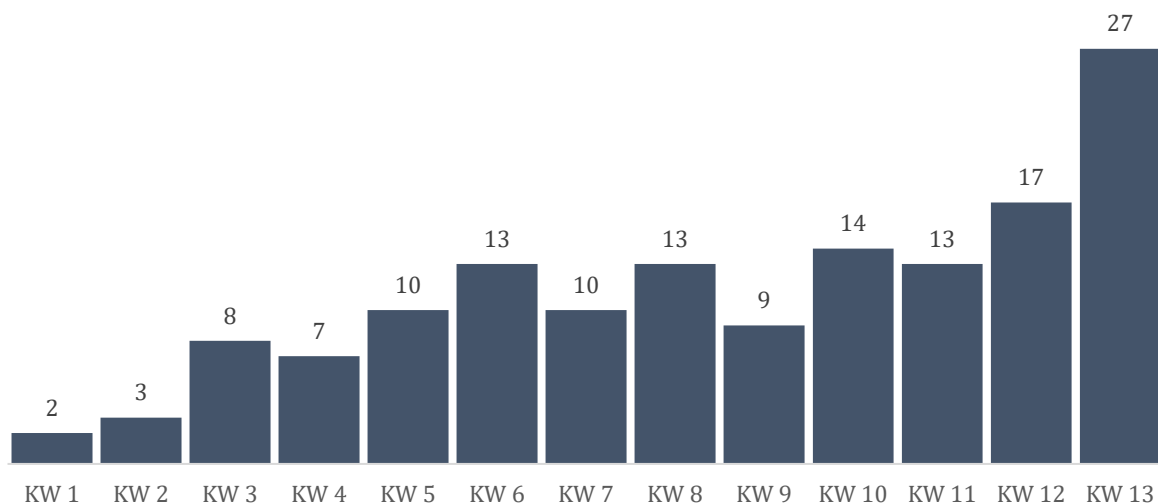
ChatGPT ist ein Chatbot aus dem Bereich der generativen KI und KI-basierten Textverarbeitung. ChatGPT wurde durch das Unternehmen OpenAI, an dem Microsoft beteiligt ist, entwickelt und hat seitdem eine kontroverse Debatte über Vorteile, Risiken und Regulierungsbedarf von generativer KI entfacht. Mithilfe von generativer KI werden neue Inhalte wie Text oder Bilder erzeugt. ChatGPT findet als Chatbot auf jegliche Fragen präzise Antworten, kann Texte zusammenfassen, erstellen oder Programmiercodes schreiben. Dabei nutzt der Algorithmus riesige Datenmengen aus jeglichen im Internet verfügbaren Texten bis einschließlich September 2021⁴. Er berechnet jeweils Wahrscheinlichkeiten, mit denen Wörter im Internet hintereinander auftreten und wählt, basierend auf der jeweiligen Fragestellung, die Wortreihenfolge mit der höchsten Wahrscheinlichkeit aus. ChatGPT „weiß“ somit nicht die Antwort, sondern generiert die Antwort, die am wahrscheinlichsten ist.

⁴ Dies betrifft die Version ChatGPT-4 des dahinterliegenden Sprachmodells.

Da ChatGPT einfach und kostenfrei oder kostengünstig zugänglich ist und unzählige Anwendungsmöglichkeiten hat, können Unternehmen in Deutschland den Chatbot theoretisch schnell in ihre tägliche Arbeit einbinden. Die Stellenanzeigen aus dem ersten Quartal 2023 wurden daher nach „ChatGPT“ und den dahinterliegenden Sprachmodellen wie „GPT-4“ durchsucht (für die Analyse siehe Büchel/Mertens, 2023). Nach der Stichwortsuche wurden die Ergebnisse manuell überprüft. Es ergeben sich für das erste Quartal 2023 insgesamt 146 Treffer (Abbildung 3-9).⁵

Abbildung 3-9: ChatGPT in deutschen Stellenanzeigen

Anzahl an Stellenanzeigen mit ChatGPT-Bezug in Deutschland im ersten Quartal 2023 nach Kalenderwochen; insgesamt 146 ChatGPT-Stellenanzeigen



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

Im Vergleich zur Gesamtzahl an etwa 4,2 Millionen Stellenanzeigen im ersten Quartal des Jahres 2023 erwähnen Unternehmen ChatGPT bisher nur selten. Allerdings steigt die Nachfrage nach Beschäftigten, die mit oder an dem Chatbot arbeiten, in den einzelnen Kalenderwochen kontinuierlich an. Zu beachten ist jedoch, dass ChatGPT ein sehr spezifischer Begriff ist. Unternehmen könnten ChatGPT-Tätigkeiten zwar von neuen Beschäftigten fordern, dies aber nicht zwingend in Stellenanzeigen schreiben, genauso wenig wie sie einen Umgang mit Suchmaschinen wie Google nennen würden. Daher bilden die 146 Stellenanzeigen mit ChatGPT-Bezug eine untere Grenze der tatsächlichen Nachfrage. In diesen Stellenanzeigen liegt ein besonders starker Fokus auf ChatGPT vor. Aus einer Analyse der Volltexte der Stellenanzeigen können erste Trends für den Einsatz von ChatGPT in Unternehmen abgeleitet werden.

33 ChatGPT-Stellenanzeigen wurden von Unternehmen aus dem IKT-Bereich ausgeschrieben. Neue Beschäftigte sollen beispielsweise mithilfe von ChatGPT Programmiercodes generieren. Zudem löst ChatGPT auch weitere Innovationsimpulse in den Unternehmen aus: Zum Beispiel sollen Chatbots entwickelt werden, die vergleichbar zu ChatGPT sind oder darauf basieren. Ein anderes IKT-Unternehmen möchte eine ähnliche Anwendung wie ChatGPT entwickeln, um Rechtstexte automatisiert zu

⁵ Die 146 ChatGPT-Stellenanzeigen müssen sich nicht zwangsläufig mit den KI-Stellenanzeigen überschneiden. Beispielsweise können Unternehmen von neuen Beschäftigten lediglich fordern, dass ChatGPT zu Recherchezwecken oder zum Erstellen von kurzen Texten bedient werden kann. Dies würde nicht zwangsläufig zu KI-Kompetenzen zählen.

generieren. 31 ChatGPT-Stellenanzeigen stammen von Universitäten oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die zu generativer KI im Kontext von ChatGPT grundlegend forschen sowie Anwendungskontexte identifizieren möchten. Zudem ist eine Stelle für die Entwicklung von Open GPT-X ausgeschrieben, einer europäischen Antwort auf ChatGPT. 17 weitere ChatGPT-Stellenanzeigen stammen von unternehmensnahen Dienstleistern, 13 aus dem Bereich Industrie und Technik und 11 aus dem Handel. Beispielsweise soll das Potenzial von ChatGPT in der Produktion eines Industrieunternehmens evaluiert werden.

Zu beachten ist, dass hierbei jeweils die Branchen der ausschreibenden Unternehmen betrachtet werden. Werden hingegen die konkreten in den ChatGPT-Stellenanzeigen gefragten Berufe untersucht, stechen vor allem die Einsatzbereiche Marketing und Medienkommunikation heraus. Gerade zum Erstellen von Textbeiträgen in sozialen Medien oder auf Unternehmenswebseiten sollen Beschäftigte ChatGPT einsetzen. Dies können repetitive und manuell durchzuführende Tätigkeiten sein. Auffällig ist zudem, dass in manchen Stellenanzeigen eine neue Kompetenz – sogenanntes „Prompting“ – verlangt wird. Es beschreibt die Fähigkeit, effektiv mit ChatGPT zu kommunizieren und die jeweils passenden Suchanfragen stellen zu können. Vereinzelt wurden Stellenanzeigen sogar mit ChatGPT verfasst und enthalten beispielsweise das Kürzel „written by ChatGPT“. Diese Unternehmen suchen zwar keine Fachkräfte mit entsprechenden Kompetenzen, verwenden aber offenbar ChatGPT in der Personalrekrutierung.

Im Gegensatz zu älteren großen Sprachmodellen, die nur mit hoher technischer Expertise sowie hohen Rechenkapazitäten oder Cloud-Computing-Kosten verwendet werden konnten, ist ChatGPT kostenlos, sofort einsatzbereit und einfach zu bedienen. Dadurch verwundert es nicht, dass Kenntnisse rund um ChatGPT von kleineren und mittleren Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten sogar leicht häufiger nachgefragt werden (53 Prozent der ChatGPT-Stellenanzeigen) als von großen Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten (47 Prozent). Auch Start-ups sind unter den Unternehmen, die ChatGPT bereits einsetzen wollen, häufig vertreten (27 Prozent aller ChatGPT-Stellenanzeigen). Denn gerade kleineren Teams mit weniger spezialisiertem Personal verspricht ChatGPT enorme Effizienzgewinne bei der Umsetzung von Projekten. Beispielsweise können mit Hilfe von ChatGPT auf Knopfdruck neue Produktfeatures identifiziert, Preismodelle erstellt, oder ganze Marketingstrategien entwickelt werden.

Trotz aller Vorteile von ChatGPT und dessen wachsender Nutzung tasten sich Unternehmen eher vorsichtig an die neue Technologie heran. Denn konkret werden Kompetenzen rund um ChatGPT in Stellenanzeigen bislang nur selten gesucht, auch wenn die Nachfrage steigt. Ein weiteres Indiz für den verhaltenen Umgang mit ChatGPT in deutschen Unternehmen wird deutlich beim Blick auf die Art der Arbeitsverhältnisse: Über ein Viertel der ChatGPT-Stellen sind Praktika, während der Anteil bei allen Stellenanzeigen nur bei etwa vier Prozent liegt.⁶ Es entsteht der Eindruck, dass vielen Unternehmen noch nicht klar ist, ob und wie die Technologie eingesetzt werden soll. Praktikumsstellen eignen sich aus Sicht der Unternehmen daher offenbar besonders gut als Test, inwiefern ChatGPT für das eigene Geschäftsmodell vorteilhaft sein kann, da sie nicht kostenintensiv und zeitlich begrenzt sind.

⁶ Bei der Analyse der KI-Stellenanzeigen werden Praktikumsstellen und Studentenjobs herausgefiltert und nicht betrachtet.

4 Fazit

Viele Unternehmen in Deutschland suchten im ersten Quartal 2023 Beschäftigte mit KI-Kompetenzen. Dies deutet darauf hin, dass Unternehmen KI zunehmend als Zukunftstechnologie begreifen und KI-Anwendungen in ihre Prozesse und Produkte integrieren. Auch Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen schreiben zahlreiche KI-Stellenanzeigen aus. Die regionale Analyse der KI-Bedarfe deutet auf Spillover-Effekte der KI-Forschungslandschaft in umliegende Unternehmen der Clusterregionen und umgekehrt hin. Dies ist ein positives Signal für die Entwicklung von KI in Deutschland, da somit der KI-Einsatz der Unternehmen und Forschungseinrichtungen zusätzlich beflügelt werden kann. Die Analyse der Einsatzbereiche in den KI-Stellenanzeigen zeigt, dass Dienstleister eine besondere Rolle für den KI-Einsatz der Unternehmen einnehmen. Sie haben eine wertvolle Brückenfunktion, indem sie KI-Anwendungen für nutzungswillige Unternehmen entwickeln, Kunden entsprechend beraten oder bei ihnen neue KI-Anwendungsfelder identifizieren. Fast ein Drittel der KI-Stellenanzeigen im ersten Quartal des Jahres 2023 beinhalten einen solchen Einsatzzweck. Insgesamt nutzt allerdings der Großteil der Unternehmen in Deutschland KI, um große Unternehmensdatenmengen automatisiert und autonom zu verarbeiten und daraus geschäftsrelevante Entscheidungen abzuleiten. Der Datenanalysekontext ist demnach bezogen auf neu ausgeschriebene Stellen ein viel häufigeres Einsatzgebiet als etwa KI-Anwendungen aus den Bereichen Sprach- oder Bildverarbeitung, Robotik und Fahrassistenz sowie generell Forschungsaktivitäten zu KI.

Mehrere Faktoren könnten dazu beitragen, dass der KI-Einsatz der Unternehmen in Deutschland weiter zunimmt. Beispielsweise nehmen Unternehmen derzeit möglicherweise noch Rechtsunsicherheit im Bereich KI wahr. Zukünftig soll KI im Rahmen des AI-Act auf europäischer Ebene reguliert werden (Europäische Kommission, 2023). Darin sollen verschiedene KI-Anwendungen je nach Risiko für Wirtschaft und Gesellschaft in verschiedene Klassen eingeteilt und unterschiedlich stark reguliert werden. Wie die Einstufung genau erfolgt, welche KI-Anwendungen in welcher Intensität betroffen sind und welche Konsequenzen dies für KI-nutzende Unternehmen hat, ist noch nicht abschließend geklärt. Dabei wäre schnelle Rechtssicherheit wichtig, damit Unternehmen wissen, wie sie KI-Anwendungen mittel- bis langfristig nutzen und somit entsprechend investieren können. Grundsätzlich sollte der Rechtsrahmen so ausgestaltet sein, dass die Potenziale von KI für Wirtschaft und Gesellschaft weiterhin nutzbar bleiben. Ein effektiver KI-Einsatz setzt zudem eine gut ausgestattete Rechen- und Breitbandinfrastruktur voraus. Mit zunehmender KI-Nutzung steigen die Anforderungen der Unternehmen an zusätzliche Rechenleistung. Außerdem sind latenzfreie und schnelle Internetverbindungen Grundvoraussetzung. In beiden Bereichen investiert Wirtschaft und Politik bereits umfassend. Damit den steigenden Anforderungen, die durch KI entstehen, in Zukunft gerecht wird und weitere positive Impulse für den KI-Einsatz in Deutschland ausgelöst werden, sollte dieser Investitionspfad vorgeschritten werden. Gelingt dies und werden in Zukunft regulatorische Hürden abgebaut, könnten sich die KI-Bedarfe in Deutschland und damit auch der KI-Einsatz in Zukunft noch positiver entwickeln. Aus Unternehmenssicht kann dies ein Schlüssel für Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit sein.

5 Technischer Anhang

Technischer Anhang 1: Evaluation der Modellergebnisse

Für die Evaluation der Zuordnungen zu den KI-Einsatzbereichen wurden verschiedene Evaluationsmetriken berechnet, die die Qualität des Modells insgesamt und für jeden der sieben KI-Einsatzbereiche (Klassen) darstellen. Diese Metriken umfassen „Precision“, „Recall“ und den „F1-Wert“, die üblicherweise für die Bewertung von Klassifikationsalgorithmen verwendet werden und sich auf die Konfusionsmatrix (siehe Abbildung A-10) beziehen.

Abbildung A-10: Konfusionsmatrix

		Ermittelte Klasse	
		positiv	negativ
Tatsächliche Klasse	positiv	TP (richtig positiv)	FN (falsch negativ)
	negativ	FP (falsch positiv)	TN (richtig negativ)

Quelle: Eigene Darstellung

Alle KI-Einsatzbereiche, die vom ML-Modell oder dem regelbasierten Verfahren korrekt klassifiziert wurden, werden als „richtig positiv“ deklariert (TP).⁷ Einsatzbereiche, die vom Modell erkannt wurden, aber eigentlich kein KI-Einsatzbereich sind, werden als „falsch positiv“ (FP) bezeichnet. Demgegenüber werden tatsächliche KI-Einsatzbereiche, die von den jeweiligen Modellen nicht erkannt wurden, aber tatsächliche Einsatzbereiche darstellen als „falsch negativ“ (FN) angesehen. Stellenanzeigen, denen korrekterweise kein KI-Einsatzbereich zugewiesen wurde, bezeichnet man als „richtig negativ“ (TN).

Die Evaluationsmetrik der Precision (Spezifizität) bezeichnet alle korrekt vorhergesagten KI-Einsatzbereiche gemittelt über alle vorhergesagten Einsatzbereiche. Somit wird die Precision basierend auf der Konfusionsmatrix berechnet durch:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Die Precision drückt also aus, wie präzise das Modell in den Vorhersagen ist. Demgegenüber wird die Evaluationsmetrik Recall (Sensitivität) berechnet durch:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Recall gibt den Anteil aller korrekt klassifizierten Einsatzbereiche an der Gesamtheit aller zu klassifizierenden Einsatzbereiche an.

Zuletzt beschreibt der F1-Wert das harmonische Mittel der beiden Werte von Precision und Recall:

⁷ „Positiv“ bedeutet an dieser Stelle, dass ein Einsatzbereich vom Modell erkannt wurde. Dieser Einsatzbereich kann sowohl korrekt erkannt worden sein („richtig positiv“) als auch fälschlicherweise vom Modell als Einsatzbereich deklariert worden sein („falsch positiv“).

$$F1 = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

Auf einer Skala von 0 (wenn entweder Precision oder Recall einen Wert von 0 haben) bis +1 (wenn Precision und Recall beide einen Wert von 1 haben) gibt der Wert also den Genauigkeitsgrad des Modells insgesamt an.

Da das Klassifikationsproblem sieben verschiedene KI-Einsatzbereiche umfasst, wurden die Werte für Precision, Recall und F1 zunächst für jeden Einsatzbereich separat berechnet. Der gewichtete durchschnittliche F1-Wert konnte dann aus den F1-Werten dieser Klassen berechnet werden, indem man den Mittelwert aller F1-Werte der KI-Einsatzbereiche unter Berücksichtigung der Anzahl an Beobachtungen im gesamten Datensatz ermittelt. Folglich spiegelt dieser F1-Wert die Qualität der Klassifikationsverfahren als Ganzes wider.

Tabelle A-1 zeigt die Metriken Precision, Recall und den F1-Wert für das ML-Modell (jobBERT). Auch wenn das Modell insgesamt solide Ergebnisse zeigt (gewichteter F1-Wert von 0,71), ist die Qualität der Ergebnisse sehr heterogen über die verschiedenen KI-Einsatzbereiche verteilt. Während etwa die Einsatzbereiche Business Intelligence und Big Data und Robotik sehr gut vorhergesagt werden können, sind die Vorhersagen für die Klassen mit weniger Beobachtungen in Trainings- und Testdaten wie Sprachverarbeitung oder Bildverarbeitung sehr schlecht.

Tabelle A-1: Evaluationsmetriken des Machine-Learning-Modells

	Precision	Recall	F1
<i>Business Intelligence und Big Data</i>	0,93	0,89	0,91
<i>Beratung</i>	0,61	0,97	0,75
<i>Forschung und Wissenschaft</i>	0,67	0,17	0,27
<i>Robotik</i>	0,80	1,00	0,89
<i>Fahrassistenz</i>	0,71	0,71	0,71
<i>Bildverarbeitung</i>	0,07	0,09	0,08
<i>Sprachverarbeitung</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Gesamtes Modell</i>	0,71	0,76	0,71

Quelle: Eigene Berechnung

Deshalb wurde zusätzlich zum ML-Modell ein regelbasiertes Verfahren entwickelt, das die KI-Stellenanzeigen klassifizieren soll. Über ein iteratives Verfahren wurden hier typische Suchwörter für jede Klasse gesammelt, die möglichst ausschließlich charakteristisch für die jeweilige Klasse sind. Betrachtet man die Ergebnisse des regelbasierten Verfahrens (siehe Tabelle A-2), wird deutlich, dass sich das Verfahren für die Vorhersage der meisten Klassen wesentlich besser eignet als das ML-Modell. Abseits des Einsatzbereiches Business Intelligence und Big Data können die KI-Einsatzbereiche über das regelbasierte Verfahren in allen Klassen wesentlich besser zugeordnet werden als über das ML-Modell.

Tabelle A-2: Evaluationsmetriken des regelbasierten Modells

	Precision	Recall	F1
<i>Business Intelligence und Big Data</i>	0,95	0,53	0,68
<i>Beratung</i>	0,94	0,89	0,92
<i>Forschung und Wissenschaft</i>	1,00	0,83	0,91
<i>Robotik</i>	0,86	1,00	0,92
<i>Fahrassistenz</i>	0,83	0,71	0,77
<i>Bildverarbeitung</i>	1,00	0,82	0,90
<i>Sprachverarbeitung</i>	1,00	0,88	0,93
<i>Gesamtes Modell</i>	0,95	0,72	0,80

Quelle: Eigene Berechnung

Um insgesamt das bestmögliche Ergebnis bei der Vorhersage der KI-Einsatzbereiche in allen rund 73.000 Stellenanzeigen zu erzielen, kombinierten die Autoren die Verfahren in einem letzten Schritt. Hierfür wurden beide Modelle zunächst parallel angewendet und die positiven Vorhersagen der jeweiligen Modelle danach zusammengeführt. Tabelle A-3 zeigt die Ergebnisse dieses kombinierten finalen Modells, welches für die Analyse verwendet wurde. Mit Ausnahme des Einsatzbereiches Fahrassistenz sind alle F1-Werte und auch der gewichtete F1-Wert des gesamten Modells größer als 0,9. Da die Vorhersagen für den Einsatzbereich Fahrassistenz in den Trainingsdaten einen F1-Wert von 0,94 haben, könnte der etwas niedrigere Wert auch an den wenigen Beobachtungen im Testdatensatz liegen, die sich nur schwer generalisieren lassen.

Tabelle A-3: Evaluationsmetriken der kombinierten Modellergebnisse

	Precision	Recall	F1
<i>Business Intelligence und Big Data</i>	0,91	0,96	0,93
<i>Beratung</i>	0,94	0,89	0,92
<i>Forschung und Wissenschaft</i>	1,00	0,83	0,91
<i>Robotik</i>	0,86	1,00	0,92
<i>Fahrassistenz</i>	0,83	0,71	0,77
<i>Bildverarbeitung</i>	1,00	0,82	0,90
<i>Sprachverarbeitung</i>	1,00	0,88	0,93
<i>Gesamtes Modell</i>	0,93	0,91	0,92

Quelle: Eigene Berechnung

Technischer Anhang 2: Überschneidung der KI-Einsatzbereiche

In welchem Umfang sich einzelne KI-Einsatzbereiche überschneiden, kann über eine Kookkurrenz-Matrix dargestellt werden (Tabelle A-4). Die Zelleneintragungen geben dabei an, in wie vielen Stellenanzeigen die KI-Einsatzbereiche der jeweiligen Zeile und Spalte gemeinsam auftreten. In Klammern ist dargestellt, wie viel Prozent die Schnittmenge in Bezug auf alle Stellenanzeigen des KI-Einsatzbereiches aus der jeweiligen Zeile ausmacht.

Tabelle A-4: Kookkurrenz-Matrix der KI-Einsatzbereiche

Anzahl an KI-Stellenanzeigen in Deutschland im ersten Quartal 2023; Anteil an allen KI-Stellenanzeigen des KI-Einsatzbereichs aus der jeweiligen Zeile in Klammern; insgesamt 16.387 KI-Stellenanzeigen

	Business Intelligence und Big Data	Beratung	Forschung und Wissenschaft	Robotik	Fahrassistenz	Bildverarbeitung	Sprachverarbeitung
Business Intelligence und Big Data	11.761 (100 %)	4.390 (37 %)	888 (8 %)	298 (3 %)	490 (4 %)	499 (4 %)	843 (7 %)
Beratung	4.390 (91 %)	4.803 (100 %)	286 (6 %)	316 (7 %)	196 (4 %)	115 (2 %)	316 (7 %)
Forschung und Wissenschaft	888 (41 %)	286 (13 %)	2.166 (100 %)	271 (13 %)	215 (10 %)	349 (16 %)	224 (10 %)
Robotik	298 (16 %)	316 (17 %)	271 (14 %)	1.907 (100 %)	174 (9 %)	223 (12 %)	31 (2 %)
Fahrassistenz	490 (28 %)	196 (11 %)	215 (12 %)	174 (10 %)	1.776 (100 %)	240 (14 %)	101 (6 %)
Bildverarbeitung	499 (47 %)	115 (11 %)	349 (33 %)	223 (21 %)	240 (22 %)	1.071 (100 %)	181 (17 %)
Sprachverarbeitung	843 (80 %)	316 (30 %)	224 (21 %)	31 (3 %)	101 (10 %)	181 (17 %)	1.054 (100 %)

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten, 2023

6 Literatur

Bitkom, 2021, Künstliche Intelligenz kommt in Unternehmen allmählich voran, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Kuenstliche-Intelligenz-kommt-in-Unternehmen-allmaehlich-voran> [2.6.2023]

Büchel, Jan / Engler, Jan Felix / Mertens, Armin, 2023, Gesuchte Datenkompetenzen in Deutschland, in: IW-Trends, 50. Jg., Nr. 2, S. 3-17

Büchel, Jan / Klös, Hans-Peter, 2022, Metaverse. Hype oder “next big thing”?, IW-Report, Nr. 42, Köln

Büchel, Jan / Kohlisch, Enno / Mertens, Armin, 2022, Süddeutsche Cluster und Automobilstandorte prägen KI-Patentintensität, IW-Kurzbericht, Nr. 90, Köln

Büchel, Jan / Mertens, Armin, 2023, Wofür Unternehmen ChatGPT einsetzen, IW-Kurzbericht, Nr. 32, Köln

Büchel, Jan / Mertens, Armin, 2022, KI-Bedarfe in Deutschland. Regionale Analyse und Entwicklung der Anforderungsprofile in KI-Stellenanzeigen, 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 / 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

Czarnecki, Christian / Auth, Gunnar, 2018, Prozessdigitalisierung durch robotic process automation, in: Seel, Christian (Hrsg.), Digitalisierung in Unternehmen. Von den theoretischen Ansätzen zur praktischen Umsetzung, Wiesbaden, S. 113–131

Demary, Vera / Rusche, Christian, 2018, The Economics of Platforms, IW-Analysen, Nr. 123, Köln

Devlin, Jacob / Chang, Ming-Wei / Lee, Kenton / Toutanova, Kristina, 2019, BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, in: Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers), Minneapolis, Minnesota, S. 4171–4186

DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 2023, Robotics Innovation Center, <https://robotik.dfki-bremen.de/de/startseite> [11.8.2023]

Europäische Kommission, 2023, Vorschlag für einen Rechtsrahmen für künstliche Intelligenz, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/regulatory-framework-ai> [11.8.2023]

Fraunhofer IESE – Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering, 2019, Drei Fragen an Prof. Schmidtke zu chemiefreier Beikrautregulierung, <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/chemiefreie-beikrautregulierung/> [11.8.2023]

Fraunhofer IPMS – Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme, 2023, Automotive LiDAR Technologie, <https://www.ipms.fraunhofer.de/de/Components-and-Systems/Components-and-Systems-Sensors/Optical-Sensors/MEMS-mirror-scanning-LiDAR.html#:~:text=LiDAR%20bedeutet%20Light%20Detection%20and,und%20deren%20Reflexion%20analysiert%20wird.> [3.5.2023]

Gnehm, Ann-Sophie / Bühlmann, Eva / Clematide, Simon, 2022, Evaluation of transfer learning and domain adaptation for analyzing german-speaking job advertisements, in: Proceedings of the Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2022), S. 3892-3901

IBM, 2023, Was ist Computer Vision?, <https://www.ibm.com/de-de/topics/computer-vision#:~:text=Computer%20Vision%20ist%20ein%20Feld,zu%20ergreifen%20oder%20Empfehlungen%20abzugeben.> [3.5.2023]

Köcher, Renate, 2023, Die Deutschen fürchten die Künstliche Intelligenz, <https://www.faz.net/aktuell/politik/inland/allensbach-warum-deutsche-die-ki-fuerchten-19060081.html> [21.8.2023]

Nakayama, Hiroki / Kubo, Takahiro / Kamura, Junya / Taniguchi, Yasufumi / Liang, Xu, 2018, doccano: Text Annotation Tool for Human, <https://github.com/doccano/doccano> [28.3.2023]

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

Rusche, Christian / Demary, Vera / Goecke, Henry / Kohlisch, Enno / Mertens, Armin / Scheufen, Marc / Wendt, Jan Marten, 2022, KI-Monitor 2022. Künstliche Intelligenz in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverbandes Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., Köln

Tagesschau, 2023, Verschläft Deutschland die KI-Entwicklung?, <https://www.tagesschau.de/inland/innenpolitik/ki-strategie-bundesregierung-101.html> [11.8.2023]

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 2-1: Online-Stellenanzeigen in Deutschland</i>	6
<i>Abbildung 2-2: KI-Stellenanzeigen in Deutschland</i>	7
<i>Abbildung 3-1: Stellenwert der Einsatzbereiche in KI-Stellenanzeigen</i>	10
<i>Abbildung 3-2: KI-Bedarfe im Bereich Business Intelligence und Big Data nach Bundesländern</i>	12
<i>Abbildung 3-3: KI-Bedarfe im Bereich Beratung nach Bundesländern</i>	13
<i>Abbildung 3-4: KI-Bedarfe im Bereich Forschung und Wissenschaft nach Bundesländern</i>	15
<i>Abbildung 3-5: KI-Bedarfe im Bereich Robotik nach Bundesländern</i>	16
<i>Abbildung 3-6: KI-Bedarfe im Bereich Fahrassistenz nach Bundesländern</i>	18
<i>Abbildung 3-7: KI-Bedarfe im Bereich Bildverarbeitung nach Bundesländern</i>	19
<i>Abbildung 3-8: KI-Bedarfe im Bereich Sprachverarbeitung nach Bundesländern</i>	21
<i>Abbildung 3-9: ChatGPT in deutschen Stellenanzeigen</i>	22
<i>Abbildung A-10: Konfusionsmatrix</i>	25

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle A-1: Evaluationsmetriken des Machine-Learning-Modells</i>	26
<i>Tabelle A-2: Evaluationsmetriken des regelbasierten Modells</i>	27
<i>Tabelle A-3: Evaluationsmetriken der kombinierten Modellergebnisse</i>	27
<i>Tabelle A-4: Kookkurrenz-Matrix der KI-Einsatzbereiche</i>	28