

Generative KI in Deutschland

Künstliche Intelligenz in Gesellschaft und Unternehmen

Jan Büchel / Jan Felix Engler

Köln, 08.05.2024

IW-Report 23/2024

Wirtschaftliche Untersuchungen,
Berichte und Sachverhalte

Herausgeber

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.

Postfach 10 19 42

50459 Köln

Das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) ist ein privates Wirtschaftsforschungsinstitut, das sich für eine freiheitliche Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung einsetzt. Unsere Aufgabe ist es, das Verständnis wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge zu verbessern.

Das IW in den sozialen Medien

Twitter

[@iw_koeln](#)

LinkedIn

[@Institut der deutschen Wirtschaft](#)

Instagram

[@IW_Koeln](#)

Autoren

Jan Büchel

Economist für Datenwirtschaft

buechel@iwkoeln.de

0221 – 4981-415

Jan Felix Engler

Data Scientist

engler@iwkoeln.de

0221 – 4981-311

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Alle Studien aus dem Projekt IEDS finden Sie unter

www.ieds-projekt.de

In dieser Publikation wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit regelmäßig das grammatische Geschlecht (Genus) verwendet. Damit sind hier ausdrücklich alle Geschlechteridentitäten gemeint.

Stand:

April 2024

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Zusammenfassung | 4 |
| 1 Hintergrund und Begriffsklärung | 5 |
| 2 Meilensteine der generativen KI | 6 |
| 2.1 Grundlegende Methoden und Large Language Models..... | 6 |
| 2.2 Generative KI-Anwendungen | 7 |
| 3 Interesse an generativer KI in Deutschland | 9 |
| 3.1 Internetsuchanfragen | 9 |
| 3.2 Mediale Berichterstattung | 11 |
| 4 Einsatz von generativer KI in deutschen Unternehmen..... | 12 |
| 4.1 Risiken und Kosten | 12 |
| 4.2 Kompetenzbedarfe in Stellenanzeigen und die Rolle von ChatGPT | 13 |
| 4.3 Einsatzbereiche..... | 16 |
| 4.4 Regionale Analyse..... | 18 |
| 5 Fazit und Ausblick | 20 |
| 6 Abstract..... | 22 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 23 |
| 7 Literaturverzeichnis | 23 |

JEL-Klassifikation

C45 – Neuronale Netze und verwandte Themen

C55 – Große Datensätze: Modellierung und Analyse

J24 – Humankapital; Qualifikation; Berufswahl; Arbeitsproduktivität

O33 – Technischer Wandel: Entscheidungen und Tragweite; Diffusionsprozesse

Zusammenfassung

Generative KI sorgte in jüngster Vergangenheit für großes Aufsehen. Grund ist, dass generative KI-Anwendungen selbstständig Inhalte wie Texte, Bilder, Programmiercodes oder Videos generieren können, die oft nur schwer von menschlich erstellten Inhalten zu unterscheiden sind. Sinnbildlich für generative KI steht dabei in der öffentlichen Wahrnehmung oft noch die spezifische Anwendung ChatGPT, wie eine Analyse der Internetsuchanfragen und Zeitungsartikel in Deutschland zeigt. Davon profitiert allerdings auch das generelle Interesse an KI nachhaltig. Eine Auswertung von Online-Stellenanzeigen zeigt dagegen, dass Unternehmen nicht nur Interesse an generativer KI zeigen, sondern immer häufiger konkrete Anwendungsfälle in ihren Unternehmen identifizieren und dafür entsprechende Kompetenzen suchen. Dabei nimmt ChatGPT in der ersten Jahreshälfte 2023 ebenfalls eine entscheidende Rolle ein und prägte das Kompetenzprofil vieler Stellenanzeigen. Allerdings lösen sich die Unternehmensbedarfe im zweiten Halbjahr zunehmend von diesem Fokus. Stattdessen nehmen Unternehmen weitere Anwendungen oder Einsatzbereiche sowie die zugrundeliegenden Modelle der generativen KI stärker in den Blick. Sie möchten eigene Anwendungen entwickeln, die auf die jeweiligen Bedarfe und Geschäftsmodelle der Unternehmen abgestimmt sind. Nichtsdestotrotz kommt ChatGPT eine innovationsreibende Wirkung zu, die diese Entwicklung begünstigt hat. Es zeigt sich etwa die Tendenz, dass gerade große Unternehmen personalisierte geschlossene Lösungen entwickeln möchten, in denen Daten das Unternehmensnetzwerk nicht verlassen.

Es könnte ein Indiz dafür sein, dass sich Unternehmen in Deutschland verstärkt mit den Chancen und insbesondere auch den Kosten und Risiken beschäftigt haben, die mit generativer KI einhergehen. Denn der Einsatz von generativer KI wirft urheberrechtliche, haftungsrechtliche und datenschutzrechtliche Fragen auf, die teilweise noch nicht abschließend geklärt sind. Ebenso sind die Auswirkungen des kürzlich verabschiedeten AI Acts noch weitestgehend ungeklärt. Regional betrachtet, sind die Unternehmensbedarfe in den südwestlichen Städten Deutschlands sowie in Berlin und dem angrenzenden Umland besonders hoch. Ähnliche Clusterwirkungen sind in den Regionen um München, Stuttgart, Karlsruhe und Heidelberg sowie um Köln und Bonn erkennbar. Gerade Unternehmen aus dem Technologiebereich und Fahrzeugbau sowie Forschungseinrichtungen schreiben dort viele Stellenanzeigen zu generativer KI aus. In Berlin und München treiben ebenfalls viele KI-Start-ups die Bedarfe zu generativer KI.

1 Hintergrund und Begriffsklärung

Seit Ende 2022, als das Unternehmen OpenAI den KI-Chatbot „ChatGPT“ vorstellte, entstand ein regelrechter Hype um generative Künstliche Intelligenz (KI). In den Medien wurde von enormen Produktivitätspotenzialen in Unternehmen (ZDF, 2023) und über Risiken gerade im Bildungswesen (WDR, 2023) bis hin zu notwendiger Regulierung berichtet, die generative KI letztlich auch im europäischen KI-Gesetz, dem AI Act, fand (Europäische Kommission, 2023). Der Grund des enormen Aufsehens ist, dass ChatGPT in Sekundenschnelle Fragen präzise beantworten kann und dabei menschenähnlich kommuniziert. Dabei ist ChatGPT nur eine von mehreren Anwendungen der sogenannten generativen KI. Mittlerweile existieren in diesem Bereich zahlreiche weitere KI-Chatbots oder andere KI-Anwendungen, die nicht zwingend nur Text, sondern auch beispielsweise Bilder, Programmiercode oder Videos generieren können. Um die Wirkungsweise besser zu verstehen, wird zunächst präzisiert, was generative KI ist und wie sie sich von anderen KI-Formen unterscheidet.

Generell wird KI bereits seit einiger Zeit in zahlreichen Anwendungen des alltäglichen Lebens eingesetzt – aus Konsumentensicht teilweise sichtbar und teilweise unsichtbar. Beispiele für solche *traditionellen KI-Anwendungen* sind die Gesichtserkennung des Smartphones oder Algorithmen, die in sozialen Medien oder bei Streaming-Anbietern exakt die Beiträge oder Titel empfehlen, die zu den Präferenzen der Nutzer passen. KI-Anwendungen analysieren dabei automatisiert große Datenmengen und lernen daraus Muster der Nutzerpräferenzen. Auch Unternehmen in Deutschland setzen KI zunehmend ein: 2019 verwendeten etwa 10 Prozent der Industrieunternehmen und industrienahen Dienstleister KI-Anwendungen, 2022 waren es bereits 19 Prozent (Rusche et al., 2022). Ein Beispiel für derartige Anwendungen ist die KI-basierte Bildverarbeitung, die in industriellen Produktionsprozessen zum Einsatz kommen kann. Dabei werden KI-Anwendungen mit großen Mengen an Bilddaten trainiert, wodurch Muster erkannt und intakte von beschädigten Produktionsteilen unterschieden werden können. Dies ermöglicht in der Folge, dass die KI auch bislang unbekannte Produktionsteile als intakt oder beschädigt einordnen kann. Insgesamt ist die Wirkungsweise der KI-Anwendungen aus dem Industrie- und aus dem Konsumentenumfeld ähnlich: Existierende Daten werden mithilfe von maschinellem Lernen analysiert. Dadurch können meist *binäre Entscheidungen* getroffen werden, etwa ob ein Video zu den Präferenzen eines Nutzers passt oder ob ein Produktionsteil intakt ist.

Generative KI-Anwendungen analysieren ebenfalls große Datenmengen mithilfe von maschinellem Lernen, allerdings *generieren sie Inhalte* wie Texte, Bilder, Programmiercodes oder Videos (Brynjolfsson et al., 2023, 5). Im Gegensatz zu den meist binären Entscheidungen der traditionellen KI können die erstellten Inhalte der generativen KI bewusst viele verschiedene Ausprägungen annehmen, damit kreative Impulse ausgelöst werden können. Unternehmen in Deutschland verwenden zum Beispiel ChatGPT einer Umfrage zufolge zur Recherche, zum Brainstorming sowie um Texte oder Programmiercode zu generieren oder zusammenzufassen (Gedankenfabrik/Appino, 2023, 8). Der innovative Charakter von generativer KI besteht daher darin, dass KI bei kreativen Tätigkeiten unterstützen kann, die vormals nur Menschen erbringen konnten. Für Unternehmen ergeben sich daraus zahlreiche Anwendungsfälle, etwa aus dem Bereich des internen Wissensmanagements: Dabei durchsucht generative KI automatisiert Unternehmensdaten nach Informationen und liefert auf Anfrage passende Antworten für interne Recherchen oder im Kundenservice. Dies kann auch zur Folge haben, dass einzelne Tätigkeiten in bestimmten Berufen durch generative KI substituierbar werden können, wie etwa beim Programmieren oder in der Kreativwirtschaft (Grienberger et al., 2024).

KI-Anwendungen, die Text verarbeiten und generieren, basieren auf sogenannten „Large Language Models“ (LLMs). Diese Modelle bilden die technische Grundlage dafür, dass generative KI-Anwendungen einerseits evaluieren können, welche Textabschnitte aus ihren Trainingsdaten für gewisse Anfragen relevant sind, und andererseits, um Text menschenähnlich generieren zu können. LLMs sind darauf trainiert, jeweils das nächste Wort eines Satzes präzise vorherzusagen (Brynjolfsson et al., 2023, 5). Damit dies gelingt, werden LLMs mit einer großen Menge an Textdaten trainiert. So können konkrete Inhalte generiert und Fragen gezielt beantwortet werden. Um die Präzision der Antworten zu erhöhen, wird das Sprachmodell auf möglichst viele Parameter und Daten trainiert: Beispielsweise besitzt das Sprachmodell GPT-3 – Vorgänger des aktuellen Sprachmodells GPT-4 von ChatGPT – 175 Milliarden Parameter und wurde auf 570 Gigabyte Textdaten aus dem Internet trainiert (Tamkin/Ganguli, 2021). Die Grundidee von ChatGPT ist daher, basierend auf der Anfrage des Nutzers das statistisch wahrscheinlichste nächste Wort als Antwort vorherzusagen. Demnach „weiß“ ChatGPT die Antwort nicht, sondern generiert die Antwort, die basierend auf der Frage und den zur Verfügung stehenden Trainingsdaten aus dem Internet am wahrscheinlichsten ist.

Es hat zur Folge, dass gewisse Limitationen mit dem Einsatz von generativen KI-Chatbots verbunden sind. Beispielsweise können in einer generierten Antwort auf eine Frage Fakten frei erfunden sein, die zwar eine sehr wahrscheinliche Antwort darstellen, de facto aber nicht der Wahrheit entsprechen. Bei gänzlich falschen Antworten wird auch von „Halluzinieren“ gesprochen. Dies bedeutet im Umkehrschluss für Unternehmen, dass der Einsatz von generativer KI gut bedacht sein sollte. Das gilt im Besonderen für Tätigkeiten, die faktische Korrektheit erfordern. Bevor im Folgenden das Interesse an generativer KI in Wirtschaft und Gesellschaft sowie im Besonderen deren Einsatz in deutschen Unternehmen untersucht wird, stellt der folgende Abschnitt zunächst wesentliche Meilensteine der Entwicklung von generativer KI in der jüngsten Vergangenheit dar.

2 Meilensteine der generativen KI

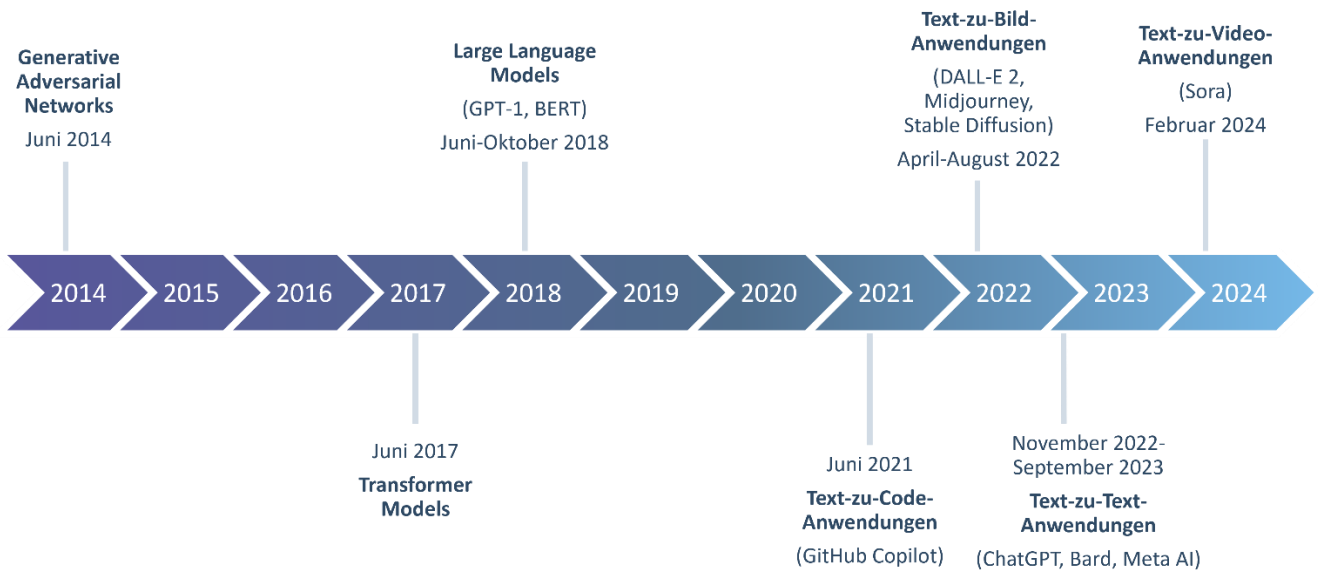
Die Entwicklung der generativen KI erfolgte in jüngster Vergangenheit rasant. Dabei sind insgesamt seit 2014 mehrere Meilensteine relevant (vgl. zum Beispiel Zhang et al., 2023, van Vaerenbergh, 2024 und Lawlor/Chang, 2024). Diese beziehen sich auf spezifische, innovative KI-Anwendungen sowie zugrundeliegende Modelle oder Methoden, auf Basis derer generative KI entwickelt werden konnte und durch die sich der Entwicklungsprozess insgesamt beschleunigte. Im Folgenden werden die bedeutendsten Meilensteine dargestellt (Abbildung 2-1).

2.1 Grundlegende Methoden und Large Language Models

Den Grundstein für KI-Anwendungen, die hochauflösende Bilder generieren können, legten sogenannte „Generative Adversarial Networks“ (GANs), wozu im Jahr 2014 ein wegweisendes Forschungspapier veröffentlicht wurde (Goodfellow et al., 2014). Bei dieser Methode werden zwei konkurrierende neuronale Netze eingesetzt: Ein Modell generiert Bilder und das andere ist ein Unterscheidungsmodell, das versucht, die Echtheit der Inhalte zu bestimmen (Grienberger et al., 2024, 5). Nach mehrfacher Iteration werden schließlich hochauflösende Bilder generiert, die nicht mehr von echten Bildern zu unterscheiden sind. Andere ähnliche Methoden, die zu dieser Zeit entwickelt wurden, sind sogenannte „Diffusion Models“ (Sohl-Dickstein et al., 2015; Song/Ermon, 2019; Ho et al., 2020).

Abbildung 2-1: Meilensteine der generativen KI

Innovative Modelle, Methoden und generative KI-Anwendungen im Zeitraum von 2014 bis 2024



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zhang et al., 2023; van Vaerenbergh, 2024 und Lawlor/Chang, 2024

Die Grundlage für KI-Chatbots bilden sogenannte „Transformer Models“, zu denen Google im Juni 2017 ein fundamentales Forschungspapier mit dem Titel „Attention Is All You Need“ veröffentlichte (Vaswani et al., 2017). Vereinfacht gesagt, analysieren Transformer Models einen Satz oder Absatz ähnlich wie ein menschlicher Leser, sodass unmittelbar differenziert werden kann, welcher Teil für den Kontext wichtig ist. Das Zusammenspiel der Wörter kann auf dieser Basis somit besser verstanden werden. Die Transformer-Architektur führte zu enormen Effizienz- und Leistungssteigerungen des Textverständnisses der Modelle, auf Basis derer später LLMs entwickelt werden konnten.

Im Jahr 2018 entwickelten OpenAI mit GPT-1 („Generative Pre-trained Transformer“) (Radford et al., 2018) und Google mit BERT (Devlin et al., 2019) erste LLMs. OpenAI verbesserte sein LLM im Jahr 2019 auf GPT-2 (Radford et al., 2019). Die LLMs wurden mit einer Vielzahl an Textdaten trainiert, sodass die Basis für KI-Chatbots gelegt wurde. Im März 2023 veröffentlichte OpenAI die aktuelle Version seines LLMs (GPT-4), das leistungsstärker ist und neben Text auch Bilder als Input verarbeiten und dazu Text wie Beschreibungen oder Hintergrundinformationen generieren kann (OpenAI, 2023). Mittlerweile sind LLMs derart leistungsstark, dass sie nicht nur für einzelne Aufgaben, wie Textgenerierung, trainiert werden, sondern flexibel einsetzbar sind und beispielsweise ebenfalls Bilder generieren können. Deshalb wird mittlerweile auch von sogenannten „Foundation models“ oder „GPAI models“ (General Purpose AI) gesprochen (Kafsack, 2023).

2.2 Generative KI-Anwendungen

Die Basis für generative KI-Anwendungen, die auf den zuvor erwähnten LLMs basieren, legte gewissermaßen OpenAI im Juni 2020, als es eine kommerziell nutzbare Schnittstelle (OpenAI API) ankündigte, über die Entwickler ihre Anwendungen mit den KI-Modellen von OpenAI verknüpfen konnten (Brockman et al., 2020). Die KI-Modelle von OpenAI basierten dabei auf dem Sprachmodell GPT-3 und konnten Text oder Zahlen als Eingabe nutzen sowie als Output generieren (Text-zu-Text-Anwendungen). Als beispielhafte Anwendungen, die mit diesen KI-Modellen verknüpft werden könnten, nannte OpenAI Tabellenkalkulationen, in denen

fehlende Informationen mithilfe des KI-Modells nachgetragen oder Internetbrowser, in denen automatisiert Kerninformationen aus langen Texten zusammengefasst werden (Brockman et al., 2020). In gewisser Weise deuten diese Überlegungen Kontexte an, in denen KI-Modellen, die auf LLMs basieren, eingesetzt werden können und zu denen später erfolgreiche generative KI-Anwendungen entwickelt wurden.

Als erste generative KI-Anwendung wurde im Juni 2021 „GitHub Copilot“ veröffentlicht. In Kooperation mit OpenAI entstand dabei eine Anwendung, die Programmierer KI-basiert unterstützt, indem beispielsweise Codezeilen ergänzt werden (Friedman, 2021). Dieser Assistent sollte das sonst übliche Prozedere erleichtern, dass Nutzer bei Fehlern oder Fragen manuell im Internet nach Lösungen suchen.

Im Jahr 2022 folgten mit „DALL-E 2“ von OpenAI und „Stable Diffusion“ von stability.ai zwei KI-Anwendungen, die hochauflösende Bilder generieren können, die oftmals von echten Bildern kaum zu unterscheiden sind. Herausfordernd bei der Entwicklung war unter anderem, dass die generierten Bilder rechtliche und ethische Anforderungen erfüllen müssen. Dabei steht im Vordergrund, dass mithilfe dieser Anwendungen keine Bilder generiert werden sollen, die Gewalt, Hass oder Inhalte darstellen, die ausschließlich für Erwachsene geeignet sind (OpenAI, 2024a). Dafür entfernte OpenAI beispielsweise derartige Inhalte manuell aus den Trainingsdaten und konfigurierte DALL-E 2 so, dass Bilder erst gar nicht generiert werden können, wenn die Texteingaben nicht den Anforderungen entsprechen. Zudem kommen verstärkt Techniken zum Einsatz, die verhindern, dass fotorealistische Bilder von Gesichtern realer Personen generiert werden können. Mit „Midjourney“ und „Imagen“ (Google) folgten kurze Zeit später weitere, ähnliche KI-basierte Text-zu-Bild-Anwendungen.

Im November 2022 veröffentlichte OpenAI die Text-zu-Text-Anwendung ChatGPT. Neu war, dass ganze Konversationen möglich wurden, sodass Nutzer auch Anschlussfragen zu ihrer Ausgangsfrage stellen konnten. ChatGPT basierte zum Zeitpunkt der Veröffentlichung auf GPT-3.5. Um die Präzision der Antworten zu erhöhen, wurde ChatGPT in der Entwicklung so trainiert, dass jeweils mehrere Modellantworten verglichen und je nach Güte manuell eingestuft wurden (OpenAI, 2022). So lernte ChatGPT kontinuierlich, gute von schlechten Antworten zu unterscheiden. Insgesamt existierten demnach zuerst KI-Anwendungen, die Programmiercode und Bilder generieren konnten, bevor KI-Chatbots auf den Markt kamen. 2023 folgten mit „Bard“ von Google (mittlerweile „Gemini“) und „Meta AI“ ähnliche KI-Chatbots, die jeweils auf eigenen Sprachmodellen basieren.

Im Jahr 2023 erhielten LLMs zudem Einzug in Internetsuchmaschinen. Microsoft, das zu großen Teilen OpenAI finanziert, veröffentlichte beispielsweise im Februar 2023 eine neue Version seiner Internetsuchmaschine „Bing Search“, die fortan auf einem KI-Modell von OpenAI basierte (Microsoft, 2023b). In ähnlicher Weise wurde die Suchmaschine von Google (2023) weiterentwickelt. Innovativ ist generell bei der Integration in Suchmaschinen, dass die Internetsuche zunehmend einer Konversation mit einem Chatbot ähnelt und vollständige Sätze sowie präzisere Antworten ausgibt. Zudem wird stets die Quelle angegeben, aus der die KI die Information bezieht. Außerdem integriert Microsoft zunehmend generative KI-Modelle in ihre Office-Anwendungen (Microsoft, 2023a).

Mit Sora präsentierte OpenAI im Februar 2024 erstmals eine KI-Anwendung, die basierend auf Texteingaben hochauflösende Videos generieren kann. Dazu wurde Sora mit einer Vielzahl an visuellen Daten trainiert, sodass es in der Lage ist, Videos zu produzieren, die täuschend echt wirken und nur schwer von realen Filmaufnahmen zu unterscheiden sind (OpenAI, 2024c). Darauf basierend könnten in Zukunft zum Beispiel real wirkende Simulationen der physischen Welt entwickelt werden.

Viele der generativen KI-Anwendungen sind zumindest in einer limitierten Version kostenfrei nutzbar. Somit können sowohl Unternehmen als auch Privatpersonen die Anwendungen direkt einsetzen, sodass sie bei gewissen Tätigkeiten unterstützt werden. Angesichts dieser Möglichkeiten wird im folgenden Abschnitt zunächst das generelle Interesse an generativer KI in Wirtschaft und Gesellschaft in Deutschland untersucht.

3 Interesse an generativer KI in Deutschland

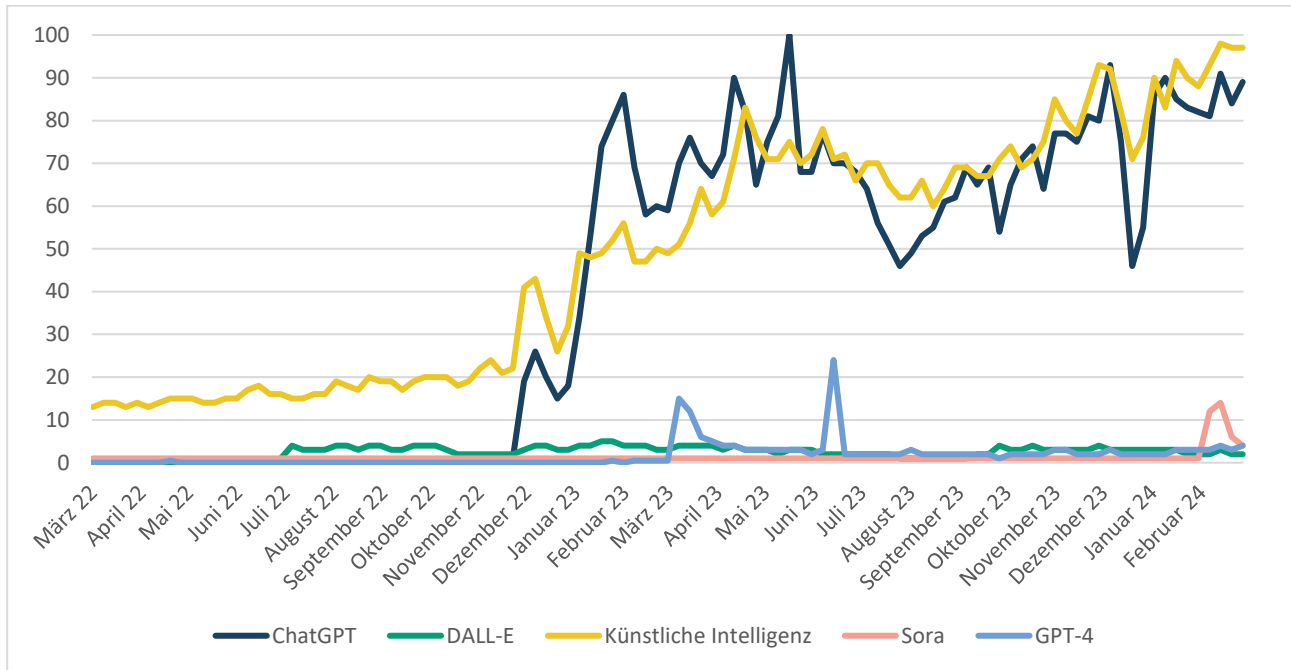
Das Interesse an generativer KI in Deutschland kann über das Ausmaß an Internetsuchanfragen zu diesem Thema approximiert werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass sowohl Akteure aus der Wirtschaft als auch aus der Gesellschaft Internetsuchmaschinen als gängiges Medium nutzen, um sich zu bestimmten Themen zu informieren. Abseits des Internets nutzen breite Teile der Gesellschaft auch andere Medien als Quelle für Information und Meinungsbildung. Dazu zählen zum Beispiel Printmedien, in denen generative KI ebenfalls thematisiert wird. Wird dieses Thema häufig erwähnt, deutet dies daraufhin, dass generative KI in der breiten Bevölkerung vermehrt ankommt.

3.1 Internetsuchanfragen

In Deutschland ist Google Quasi-Monopolist auf dem Suchmaschinenmarkt mit einem Marktanteil von über 90 Prozent (StatCounter, 2023). Daher wird das Suchinteresse an KI-Begriffen mithilfe von Daten von Google Trends gemessen, welche die Suchanfragen über die Google-Suchmaschine analysieren (Abbildung 3-1). Die relevanten Suchbegriffe sind dabei „ChatGPT“, „DALL-E“, „Sora“ und „GPT-4“. Zudem wird der Einfluss auf das generelle Interesse an KI in Deutschland anhand des allgemeinen Suchbegriffs „Künstliche Intelligenz“ untersucht. Weitere Begriffe, die in den Meilensteinen der generativen KI (Abschnitt 2) relevant sind, zeigen nur geringes Suchinteresse und sind daher nicht abgebildet. Insgesamt wird der Zeitraum von März 2022 bis März 2024 analysiert, in dem die untersuchten generativen KI-Anwendungen auf den Markt kamen. Dabei standardisiert Google Trends das Maximum an Suchanfragen im Gesamtzeitraum, das auf einen der jeweiligen Suchbegriffe entfällt, auf 100. Untersucht wird der Zeitraum jeweils in Zeitintervallen von einer Woche, sodass insgesamt für 105 Zeiträume (Wochen) standardisierte Datenpunkte zu jedem der fünf KI-Suchbegriffe erhoben werden.

Abbildung 3-1: Internetsuchanfragen zu generativer KI

Indizierte Google-Suchanfragen für KI-Begriffe in Deutschland von März 2022 bis März 2024; jeweils in Wochenintervallen; Maximum an Suchanfragen auf 100 standardisiert; Abfrage am 12.03.2024



Quelle: Google Trends

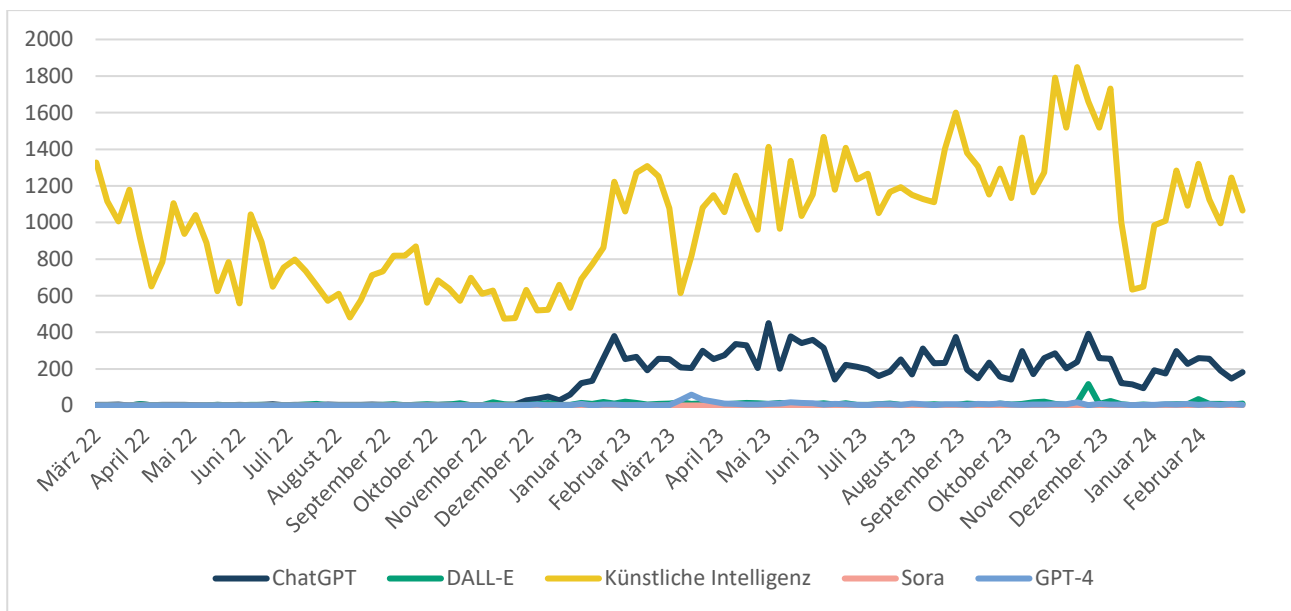
Es zeigt sich, dass die Einführung von ChatGPT im November 2022 damit einhergeht, dass das generelle Interesse an KI in Deutschland bis ins Jahr 2024 nachhaltig gestärkt hat. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass viele Menschen in Deutschland mit generativer KI im Wesentlichen die spezifische Anwendung ChatGPT verbinden. Denn eine derart große Menge an Suchanfragen wie nach ChatGPT haben andere KI-Chatbots, die später erschienen sind, wie Google Bard, bei weitem nicht ausgelöst. Auch für DALL-E, GPT-4 und Sora lässt sich im Vergleich zu ChatGPT ein geringes Suchinteresse feststellen, allerdings zeigen sich spezifische Besonderheiten: GPT-4 erweckt zum Zeitpunkt seiner Einführung im März 2023 und zu einem wesentlichen Update im Juni 2023 (OpenAI, 2024b) vereinzelt Interesse, ähnlich wie Sora, als es im Februar 2024 vorgestellt wurde. DALL-E verzeichnet dagegen seit seiner Einführung konstantes Interesse, das sich im Vergleich zu ChatGPT jedoch auf sehr niedrigem Niveau befindet. Ähnliches gilt für weitere Text-zu-Bild-Anwendungen wie Midjourney und Stable Diffusion. Dies könnte darin begründet sein, dass Text-zu-Bild- oder -Video-Anwendungen eher spezifisch eingesetzt werden, etwa als Freizeitbeschäftigung oder nur von bestimmten Unternehmen wie Werbeagenturen. Dagegen kann ChatGPT mehr Menschen ansprechen und diese bei Aufgaben im beruflichen und privaten Umfeld unterstützen. Dass sich viele Menschen in Deutschland im Internet zu ChatGPT informiert haben, kann aber grundsätzlich auch damit zusammenhängen, dass sie über andere Medien auf das Thema aufmerksam geworden sind.

3.2 Mediale Berichterstattung

Mithilfe der Datenbank Genios wird nachfolgend untersucht, in wie vielen Zeitungsartikeln in Deutschland die in Abschnitt 3.1 verwendeten Suchbegriffe der generativen KI erwähnt wurden (Abbildung 3-2). Die Genios-Datenbank bündelt dafür Zeitungsartikel aus über 90 Publikumszeitschriften und über 1.200 Fachzeitschriften, die in Deutschland erschienen sind (Genios, 2024). Dabei wird wie beim Internetsuchinteresse in Abschnitt 3.1 der Zeitraum von März 2022 bis März 2024 in Wochenintervallen analysiert.

Abbildung 3-2: Relevanz von generativer KI in Zeitungsartikeln

Anzahl an Zeitungsartikeln in Deutschland, in denen ausgewählte KI-Begriffe erwähnt wurden; März 2022 bis März 2024; jeweils in Wochenintervallen; Abfrage am 04.04.2024



Quelle: Genios

Die Relevanz von ChatGPT in der medialen Berichterstattung entwickelt sich im Zeitverlauf sehr ähnlich zum ChatGPT-Internetsuchinteresse: Nach der Einführung der Anwendung im November 2022 erschienen im Durchschnitt zwischen 200 und 400 Zeitungsartikel zu ChatGPT pro Woche. Vorstellbar ist, dass viele Menschen in Deutschland über Zeitungsartikel auf ChatGPT und die damit verbundenen Möglichkeiten aufmerksam geworden sind, woraufhin sie sich weiter im Internet informiert oder ChatGPT selbst ausprobiert haben. Zudem kann das wachsende Interesse an dem Thema dafür gesorgt haben, dass mehr Zeitungsartikel zu ChatGPT erschienen sind. Beide Effekte können sich demnach gegenseitig verstärkt haben. Das übergeordnete Thema KI wird im Verlauf des Jahres 2022 zwar immer seltener in Zeitungsartikeln erwähnt, jedoch ist die Relevanz mit durchschnittlich 800 Zeitungsartikeln pro Woche bereits auf einem hohen Niveau. Ursache können Themen wie das europäische KI-Gesetz sein, die in der medialen Berichterstattung im Jahr 2022 relevant waren. Auch nach der Einführung von ChatGPT wird KI in Zeitungsartikeln deutlich häufiger erwähnt als ChatGPT, während Menschen in Deutschland in ungefähr gleichem Umfang nach KI und ChatGPT im Internet suchen. Dennoch wird KI auch bei der medialen Berichterstattung nach der ChatGPT-Einführung deutlich häufiger in Zeitungsartikeln erwähnt, sodass der vormals rückläufige Trend umgekehrt wird. Vorstellbar ist, dass ChatGPT auch beim medialen KI-Interesse einen nachhaltig positiven Schub ausgelöst haben könnte. Andere Begriffe der generativen KI, wie DALL-E, bleiben in der medialen Berichterstattung dagegen weitgehend unberücksichtigt.

Insgesamt deutet die Analyse darauf hin, dass der Hype um generative KI in Deutschland primär durch ChatGPT ausgelöst und stetig weitergetragen wurde. Passend dazu ist, dass einer Befragung zufolge mit 57 Prozent bereits mehr als die Hälfte der Personen in Deutschland ab 14 Jahren schon einmal von KI-Chatbots wie ChatGPT gehört haben und 15 Prozent diese bereits genutzt haben (Beisch/Koch, 2023). Festzuhalten bleibt, dass das Interesse an KI in Deutschland insgesamt wächst und ChatGPT dazu wesentlich beigetragen haben dürfte. Offen bleibt an dieser Stelle jedoch, ob es bei Interesse und punktueller Nutzung bleibt, oder ob zum Beispiel Unternehmen bereits planen, generative KI flächendeckend einzusetzen und in ihre Prozesse zu integrieren. Dazu wird im Folgenden zunächst auf Risiken und Kosten eines unternehmerischen Einsatzes von generativer KI eingegangen und die Bedarfe mithilfe von Stellenanzeigen untersucht.

4 Einsatz von generativer KI in deutschen Unternehmen

Unternehmen können generative KI zu verschiedenen Zwecken einsetzen. Auch die Art und Weise, wie generative KI eingesetzt wird, kann unterschiedlich sein. Beispielsweise können lediglich einzelne Beschäftigte KI-Chatbots nutzen, um sich zu gewissen Themen zu informieren oder um ihre Arbeit zu vereinfachen, indem beispielsweise Texte automatisiert zusammengefasst oder erstellt werden. Denkbar ist aber auch ein flächendeckender Einsatz generativer KI unter einheitlichen Regeln für den Einsatz, an denen sich Beschäftigte orientieren müssen.

4.1 Risiken und Kosten

Ein Beweggrund für die angesprochenen einheitlichen Regeln kann sein, dass bestimmte rechtliche Fragen mit dem Einsatz von generativer KI verknüpft sind, die Unternehmen vor Herausforderungen stellen können (Bitkom, 2024a):

- Im Hinblick auf das **Urheberrecht** entsteht einerseits die Frage, ob generative KI urheberrechtlich geschützte Inhalte wie bestimmte Texte aus dem Internet ohne Weiteres als Trainingsdaten verwenden darf. Andererseits ist fraglich, wer schlussendlich Urheber neuer Inhalte ist, die mithilfe von generativer KI erstellt werden. Zur Output-Perspektive gilt, dass weder Software noch eine KI Urheber eigener Texte sein kann (Deutscher Ethikrat, 2023), die Input-Perspektive ist jedoch noch nicht abschließend geklärt (Scheufen, 2023).
- Zudem entsteht die Frage, wer im Fall verbreiteter Fehlinformationen haftet, wenn diese von generativer KI erzeugt wurden. Beim **Haftungsrecht** ist die Antwort relativ klar: Es haften die Personen oder Unternehmen, die die Fehlinformationen verbreiten (DHZ, 2023). Für Unternehmen bedeutet dies im Umkehrschluss, dass Beschäftigte stets in der Pflicht sind, den Wahrheitsgehalt der Inhalte, die generative KI erstellt, zu überprüfen.
- Letztlich entstehen auch **datenschutzrechtliche Fragen**. Dabei gilt zu unterscheiden, ob personenbezogene Daten verwendet werden, die der europäischen Datenschutzgrundverordnung unterliegen und daher besonders schützenswert sind, oder ob nicht-personenbezogene Daten wie Maschinen- oder Entwicklungsdaten betroffen sind. Nicht-personenbezogene Daten können allerdings ebenfalls sehr sensibel sein, sodass eine unbedachte Eingabe dieser Daten in generative KI-Anwendungen weitreichende Folgen haben kann. Ein Beispiel ist ein Vorfall in einem Technologiekonzern, bei dem Beschäftigte im April 2023

vertrauliche Informationen bei ChatGPT eingaben, um Besprechungsnotizen in Präsentationen umzuwandeln und um Quellcodes eines bis dahin geheimen Programms zu optimieren (golem.de, 2023). Zu diesem Zeitpunkt wurden bei ChatGPT eingegebene Daten noch als zusätzliche Trainingsdaten verwendet, sodass die Daten theoretisch als Output bei anderen Nutzern mit sehr ähnlichen Anfragen hätten auftauchen können. Mittlerweile bietet OpenAI einen Widerspruch einer derartigen Weiterverwendung als Trainingsdaten an. Jedoch zeigt dieses Beispiel, dass generativen KI-Anwendungen nur unter Wahrung hoher Sicherheitsstandards Zugriff auf besonders schützenswerte Unternehmensdaten gewährt werden sollte. Sonst könnte die Gefahr entstehen, dass sensible Daten unbeabsichtigt das Unternehmensnetzwerk verlassen.

Eine interessante Konsequenz derartiger Vorfälle war, dass immer mehr Großunternehmen in Deutschland ankündigten, in Zukunft eigene generative KI-Anwendungen zu entwickeln, die auf bestehenden Marktlösungen aufbauen und auf eigene Bedarfe abgestimmt sind (Handelsblatt, 2023). Dabei werden geschlossene Lösungen anvisiert, bei denen eingegebene Daten im Unternehmensnetzwerk verbleiben. Diese Option könnte aber eher größeren Unternehmen vorbehalten sein, insbesondere da die Entwicklung individueller generativer KI-Anwendungen mit größerem finanziellen und personellen Aufwand verbunden ist und derartige KI-Lösungen ihre volle Profitabilität meist erst bei hinreichend hoher Skalierung ausschöpfen. Zum Beispiel sind in großen Unternehmen im Vergleich zu kleinen und mittleren typischerweise mehr Daten vorhanden, weshalb etwa generative KI-Anwendungen zum internen Wissensmanagement besonders effizient sein können.

Neben rechtlichen Risiken ist der Einsatz von generativer KI auch mit Kosten verbunden. Dazu zählen nicht nur Entwicklungskosten für entsprechende Anwendungen. Anbieter von generativen KI-Anwendungen müssen ihre LLMs zunächst mit sehr großen Datenmengen trainieren. Dies erfordert eine enorme Rechenleistung, wofür meist mehrere Tausend sogenannter „Graphics Processing Units“ (GPUs) benötigt werden (Smith, 2023). Allein die Fixkosten der Entwicklung liegen daher in Millionenhöhe, da erfolgreich trainierte LLMs viele Trainingsiterationen durchlaufen. Zudem verursacht jede Nutzung der KI-Chatbots variable Kosten für den Anbieter, die entstehen, um Anfragen in Rechenzentren verarbeiten zu können. Um beispielsweise die mehr als hundert Millionen täglichen ChatGPT-Nutzeranfragen zu bewältigen, betragen die Rechenkosten einer Schätzung zu Folge etwa eine GWh pro Tag, das in etwa dem täglichen Energiekonsum von 33.000 US-Haushalten entspricht (McQuate, 2023). Dazu kommen noch weitere Umweltkosten für die Wasser- oder Luftkühlung der Rechenzentren. Mit steigender Komplexität der Modelle nehmen demnach auch die Kosten zu, die auf die Nutzer der generativen KI-Anwendungen umgelegt werden müssen, wenn Anbieter langfristig profitable Geschäftsmodelle anstreben. Die genannten Limitationen und Risiken einer unbedachten Nutzung machen die Nutzung generativer KI derzeit zu einer Herausforderung für Unternehmen. Aus diesem Grund wird im folgenden Abschnitt untersucht, wie viele Unternehmen derzeit überhaupt generative KI einsetzen möchten und entsprechende Kompetenzen suchen.

4.2 Kompetenzbedarfe in Stellenanzeigen und die Rolle von ChatGPT

Die Kompetenzbedarfe für generative KI werden mithilfe eines Datensatzes des Anbieters Textkernel zu Online-Stellenanzeigen in Deutschland aus dem Jahr 2023 untersucht. 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. Wenn Unternehmen planen, generative KI einzusetzen, ist meist spezialisiertes Personal mit entsprechenden Kompetenzen notwendig, um derartige

Anwendungen bedienen oder (weiter-)entwickeln zu können. Dafür können Unternehmen Beschäftigte entsprechend weiterbilden oder spezialisierte externe Dienstleister beauftragen, um etwa individuelle generative KI-Anwendungen zu entwickeln. Eine weitere Option des Kompetenzaufbaus ist es, neue Beschäftigte mit entsprechenden Kompetenzen einzustellen. Diesen Mix von Möglichkeiten zur Abdeckung neuer Kompetenzen belegt beispielsweise eine Analyse von den im Jahr 2023 in Stellenanzeigen nachgefragten Datenkompetenzen in Deutschland (Büchel, 2024). Ziel der folgenden Analyse ist es, ein Lagebild der Bedarfe der Unternehmen in Deutschland an generativer KI zu zeichnen. Dazu wird jede einzelne Stellenanzeige danach klassifiziert, ob Unternehmen Kompetenzen zu generativer KI bei Bewerberinnen und Bewerbern fordern oder nicht.

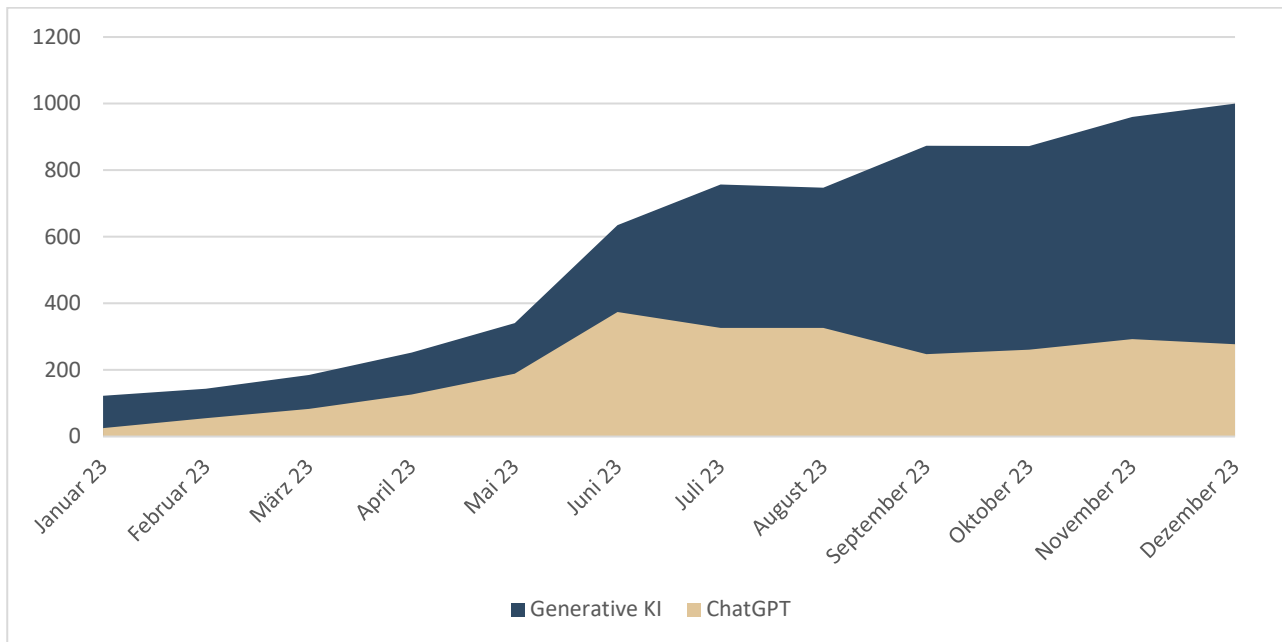
Da deutsche Unternehmen im Jahr 2023 insgesamt etwa 16 Millionen Stellenanzeigen ausgeschrieben haben, wäre der für die Analyse verwendete Datensatz manuell nur mit sehr hohem Aufwand zu verarbeiten. Stattdessen wird ein regelbasiertes Verfahren verwendet, um die Stellenanzeigen zu klassifizieren. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Stichwort- beziehungsweise Wörterbuchsuche. Diese wird mit computerlinguistischen Methoden erweitert. Dadurch können etwa grammatikalische Abhängigkeiten zwischen Wörtern erkannt und in konkrete Regeln umgewandelt werden. Dieses Verfahren wurde von den Autoren in der Vergangenheit zum Beispiel eingesetzt, um Stellenanzeigen mit KI-Bezug zu identifizieren und darin konkrete KI-Einsatzbereiche zu analysieren (Büchel et al., 2023). Ein Ergebnis dieser Analyse war es, dass Unternehmen im ersten Quartal des Jahres 2023 insgesamt mehr als 16.000 KI-Stellenanzeigen ausgeschrieben haben. Die KI-Stellenanzeigen beziehen sich aber nicht ausschließlich auf generative KI. Deshalb wird im Folgenden ein detaillierteres Wörterbuch entwickelt, um explizit Stellenanzeigen zu generativer KI identifizieren zu können.

Das Wörterbuch basiert auf einem kollaborativen GitHub-Repository (van Vaerenbergh, 2024), das relevante Anwendungen, Modelle und Technologien aus verschiedenen Bereichen der generativen KI auflistet. Diese Stichworte werden anschließend mit den Kompetenzanforderungen abgeglichen, die in den Stellenanzeigen enthalten sind. Die Volltexte der Stellenanzeigen 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 Beschäftigten lässt sich beispielsweise ableiten, ob und zu welchem Zweck Unternehmen generative KI einsetzen möchten. Teilweise werden in den Anforderungsprofilen auch Erfahrungen zu gewissen Bereichen der generativen KI gefordert, die neue Beschäftigte in der Vergangenheit gesammelt haben und nun bei der neuen Aufgabe einbringen sollen. Dabei werden häufig explizite Anwendungen, Modelle oder Technologien genannt, die sich in der Stichwortliste wiederfinden.

Zunächst wird untersucht, wie viele Stellen zu generativer KI von Unternehmen in Deutschland in den einzelnen Monaten des Jahres 2023 ausgeschrieben werden (Abbildung 4-1). Angesichts der enormen Bedeutung von ChatGPT für das KI-Suchinteresse in Deutschland (vgl. Abschnitt 3) sind zudem die Stellenanzeigen abgebildet, die explizit Kompetenzen zu ChatGPT fordern. Somit kann überprüft werden, ob ChatGPT auch bei den Bedarfen der Unternehmen eine ähnlich hohe Bedeutung einnimmt wie beim Suchinteresse.

Abbildung 4-1: Generative KI in Stellenanzeigen

Anzahl an monatlichen Online-Stellenanzeigen mit Bezug zu generativer KI und ChatGPT in Deutschland im Jahr 2023; insgesamt 6.888 verschiedene Stellenanzeigen zu generativer KI



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten

Im Jahresverlauf zeigen sich zwei unterschiedliche Entwicklungen: In der ersten Hälfte des Jahres 2023 nehmen sowohl die Stellenanzeigen zu ChatGPT als auch zu generativer KI deutlich zu und beide Entwicklungen korrelieren stark. In der zweiten Jahreshälfte stagnieren die ChatGPT-Stellen und nehmen in manchen Monaten teilweise ab, während die Bedarfe zu generativer KI weiter zunehmen. Sie lösen sich somit zunehmend von der spezifischen Anwendung ChatGPT. Vorstellbar ist, dass Unternehmen in der ersten Jahreshälfte vor allem über ChatGPT auf generative KI aufmerksam geworden sind und testen wollten, inwieweit ChatGPT bei ihnen eingesetzt werden kann. Dafür spricht, dass der Verlauf des Suchinteresses und der Stellenanzeigen zu ChatGPT im ersten Halbjahr sehr ähnlich sind: Beides erreicht etwa seinen Höchststand im Juni 2023.

Ein Indiz für die Hypothese, dass Unternehmen generative KI ausprobieren wollten, ist ein besonders großer Anteil an Praktikumsstellen in diesem Bereich. In etwa zehn Prozent der Stellen zu generativer KI aus dem Jahr 2023 lautet die Berufsbezeichnung „Praktikant“ – in allen Stellenanzeigen des Jahres 2023 ist der Anteil mit unter zwei Prozent deutlich geringer. Praktikumsstellen eignen sich aus Sicht der Unternehmen offenbar besonders gut als Test, inwiefern generative KI-Anwendungen für das eigene Geschäftsmodell vorteilhaft eingesetzt werden können, da sie nicht kostenintensiv und zeitlich begrenzt sind. Viele Praktikumsstellen könnten zudem ein Indiz dafür sein, dass sich Unternehmen insgesamt eher vorsichtig an generative KI herantasten. Berufsbezeichnungen wie „Data Scientist“ und „Machine Learning Engineer“ (jeweils vier Prozent der Stellenanzeigen zu generativer KI) sowie „Softwareentwickler“ (drei Prozent) tauchen dagegen besonders häufig in der zweiten Jahreshälfte auf. Bei diesen Stellen ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass Unternehmen bestehende generative KI-Anwendungen bereits implementieren oder selbst eigene Anwendungen entwickeln möchten. Es sind besonders viele IKT-Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die KI-Chatbots entwickeln möchten, die vergleichbar zu ChatGPT sind, oder grundlegend zu generativer KI forschen sowie Anwendungsfälle für spezifische Unternehmenskontexte identifizieren möchten. Es entsteht insgesamt der

Eindruck, dass ChatGPT in der zweiten Jahreshälfte zunehmend weitere Innovationsimpulse in den Unternehmen ausgelöst hat, die sich nicht nur spezifisch auf die Anwendung von ChatGPT beschränken, sondern eher auf die Entwicklung eigener generativer KI-Anwendungen. Eine Auswertung nach Unternehmensgröße bestätigt zudem die bereits festgestellte Tendenz, dass vor allem große bis sehr große Unternehmen in Deutschland generative KI einsetzen oder weiterentwickeln möchten: Unternehmen mit 5.000 oder mehr Beschäftigten schreiben 53 Prozent der Stellen zu generativer KI aus, Unternehmen mit 500 bis 4.999 Beschäftigten 20 Prozent der Stellen. Kleine und mittlere Unternehmen kommen dagegen jeweils nur auf etwa 14 Prozent der Ausschreibungen, bei denen die Unternehmensgröße zugeordnet werden konnte.

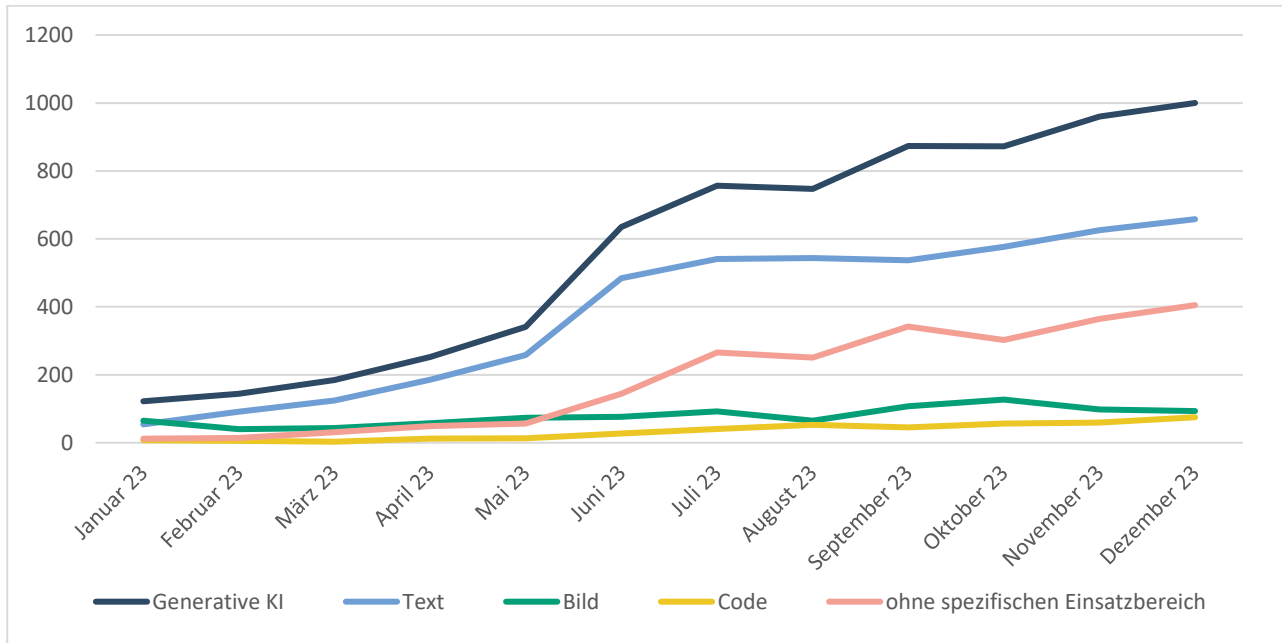
Eine weitere Erklärung für stagnierende ChatGPT-Bedarfe in der zweiten Jahreshälfte 2023 könnte sein, dass einige Unternehmen bereits Beschäftigte mit entsprechenden Kompetenzen eingestellt haben, die die Unternehmensbedarfe abdecken oder ihre Fähigkeiten an Kollegen weitergeben. Zudem könnten Unternehmen auch vermehrt Weiterbildungen zu ChatGPT oder weiteren KI-Chatbots anbieten und somit weniger auf Neueinstellungen setzen, worauf etwa Smet et al. (2024) hindeuten. Generell soll ChatGPT Beschäftigte häufig bei Tätigkeiten aus den Bereichen Marketing und Medienkommunikation unterstützen (Büchel/Mertens, 2023). Beispiele sind Texte für soziale Medien oder Unternehmenswebseiten. Dabei entsteht mit dem sogenannten „Prompten“ eine neue Kompetenz, die die Fähigkeit beschreibt, möglichst passgenau Text in Form einer Aufgabe für den Chatbot einzugeben, sodass ChatGPT die besten Resultate generiert. Gerade ab dem zweiten Quartal 2023 wird Prompten als Kompetenz in den Stellenanzeigen relevanter. Insgesamt stehen ChatGPT-Kenntnisse aber nur selten im Zentrum der Anforderungsprofile, sondern ergänzen sie eher. Welche weiteren Gründe dafür ausschlaggebend sind, dass die Bedarfe an generativer KI in der zweiten Jahreshälfte zunehmen, während die ChatGPT-Bedarfe stagnieren, wird im Folgenden untersucht. Dazu werden die Einsatzbereiche der generativen KI, die in den Stellenanzeigen angegeben werden, stärker in den Blick genommen.

4.3 Einsatzbereiche

Insgesamt werden drei Einsatzbereiche unterschieden, für die im Jahr 2023 bereits marktreife Anwendungen verfügbar waren. Dabei handelt es sich um KI-Anwendungen, die Text, Bild oder Code generieren können. Im Folgenden wird analysiert, wie viele Stellen zu den einzelnen Einsatzbereichen im Jahr 2023 ausgeschrieben wurden (Abbildung 4-2). Zudem werden als Vergleich alle Stellen zu generativer KI abgebildet sowie die Stellen, die keinem spezifischen Einsatzbereich zugeordnet werden können. Dabei kann es vorkommen, dass einzelne Stellen mehreren Einsatzbereichen zugeordnet werden, wenn beispielsweise ausschreibende Unternehmen gleichzeitig Anwenderkenntnisse zu Text- und Bild-Anwendungen fordern. Die Einteilung der Einsatzbereiche folgt den Auflistungen in Huang et al. (2022) und van Vaerenbergh (2024), die als weitere Anwendungsfelder von generativer KI noch Audio und Video nennen. Zu den dort genannten Audio-Anwendungen, die beispielsweise Sprache oder Musik generieren können, werden insgesamt nur vier passende Stellenanzeigen gefunden, sodass die Rubrik Audio in der folgenden Analyse vernachlässigt wird. Da mit Sora erst im Februar 2024 eine marktreife Text-zu-Video-Anwendungen eingeführt wurde und generell Text-zu-Bild- und Text-zu-Video-Anwendungen in der zugrundeliegenden Technologie eine enge Verbindung aufweisen (OpenAI, 2024c), werden beide Einsatzbereiche zusammengefasst.

Abbildung 4-2: Einsatzbereiche der generativen KI

Anzahl an monatlichen Online-Stellenanzeigen mit Bezug zu generativer KI in Deutschland im Jahr 2023 nach Einsatzbereichen, Mehrfachzuordnungen möglich



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Textkernel-Daten

Zwei Drittel der Stellenanzeigen zu generativer KI aus dem Jahr 2023 stammen aus der Rubrik Text. Dabei suchen Unternehmen einerseits neue Beschäftigte, die Erfahrung im Umgang mit den gängigen Text-zu-Text-Anwendungen haben und diese im ausschreibenden Unternehmen einsetzen können. Andererseits werden auch tiefere Kompetenzen zu den zugrundeliegenden LLMs gefordert. Dies ist insbesondere im zweiten Halbjahr ausschlaggebend dafür, dass die Stellenanzeigen aus dem Bereich Text weiter zunehmen, während ChatGPT-Stellen stagnieren (Abbildung 4-1). Dies könnte auf der einen Seite ein Indiz dafür sein, dass die Konkurrenz von OpenAI ab der zweiten Jahreshälfte zunehmend aufgeholt hat und auf dem Markt mittlerweile viele ähnliche Anwendungen und Modelle verfügbar sind, die für deutsche Unternehmen relevant sind. Auf der anderen Seite könnte dies erneut dafür sprechen, dass Unternehmen in Deutschland vermehrt eigene generative KI-Anwendungen entwickeln möchten und dafür eher Beschäftigte mit Kompetenzen zu den zugrundeliegenden Modellen und Technologien benötigen. Dafür spricht auch, dass etwa ein Drittel der Stellenanzeigen keinem Einsatzbereich zugeordnet werden kann und derartige Stellen gerade im zweiten Halbjahr deutlich zulegen. In diesen Stellenanzeigen wird eher übergeordnet nach Kompetenzen zu generativer KI gesucht. Beispielsweise suchen Unternehmen „Prompt Engineers“ oder Unterstützung, um generative KI-Softwarekomponenten und zugehörige Werkzeuge zu entwickeln.

Im Vergleich dazu möchten weitaus weniger Unternehmen KI einsetzen, um Bilder und Programmiercode zu generieren. Perspektivisch ist ein Anstieg derartiger Stellenanzeigen aber nicht ausgeschlossen. Möglich ist zum Beispiel, dass Unternehmen zuerst identifizieren möchten, welche Art der generativen KI für ihr Geschäftsmodell am sinnvollsten ist. Dem folgend würden zunächst Beschäftigte mit grundlegenden Kompetenzen zu generativer KI gesucht, die in der Folge bedarfsgerechte Anwendungen entwickeln könnten. Insgesamt zeigt die Analyse jedoch, dass KI-Anwendungen, die Text generieren, für Unternehmen in Deutschland mit Abstand am relevantesten sind. Ausschlaggebend kann sein, dass Text im Vergleich zu Bildern oder

Programmiercode häufiger in den Unternehmensprozessen relevant ist. Aus Unternehmenssicht könnte es deshalb besonders lukrativ sein, gerade dort mithilfe von generativen KI-Anwendungen Effizienzvorteile zu erzielen.

Generell gilt jedoch, dass die Analyse der Stellenanzeigen nur eine untere Grenze der Unternehmensbedarfe bildet. Fraglich ist etwa, ob Unternehmen explizit Kompetenzen zu generativer KI in Stellenanzeigen fordern, gerade wenn gewisse Anwenderkenntnisse meist nicht im Zentrum der Anforderungsprofile stehen, wie die Analyse der ChatGPT-Stellen bereits zeigte (Abschnitt 4.2). Deutlich wird dies, wenn der vergleichsweise geringe Anteil der Stellen zu generativer KI (6.888) an allen 16 Millionen Stellen im Jahr 2023 ins Verhältnis zu Umfrageergebnissen über die berufliche Nutzung von generativer KI in Deutschland gesetzt wird: Einer Befragung zufolge schätzen Unternehmen aus der Informationswirtschaft im September 2023, dass durchschnittlich neun Prozent ihrer Beschäftigten generative KI im Arbeitsalltag nutzen, im Verarbeitenden Gewerbe sind es drei Prozent (Erdsiek/Rost, 2023, 3). Eine weitere Befragung von Bitkom (2024b) zeigt, dass zu Beginn des Jahres 2024 etwa drei Prozent der Unternehmen in Deutschland generative KI zentral einsetzen und weitere sechs Prozent dies für das Jahr 2024 planen. Demnach nutzen Beschäftigte generative KI offenbar noch stärker, als die Analyse der Stellenanzeigen vermuten lässt. Vorstellbar ist, dass sich viele Beschäftigte selbstständig oder über Weiterbildungen Kenntnisse zu generativer KI aneignen, gerade wenn generative KI-Anwendungen einfach zu bedienen sind. Abschließend werden die Bedarfe an generativer KI in Deutschland hinsichtlich regionaler Besonderheiten analysiert.

4.4 Regionale Analyse

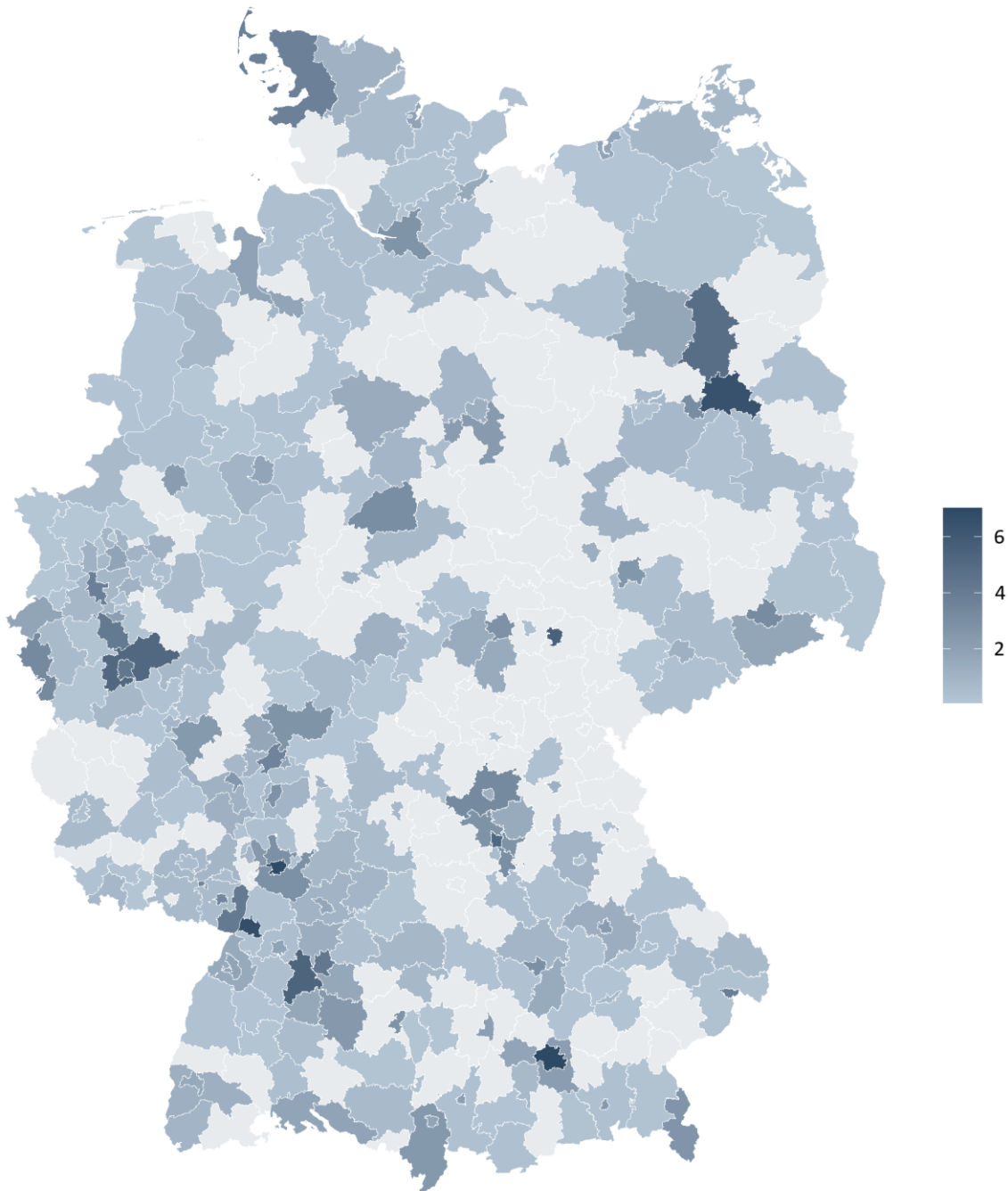
Im Folgenden wird untersucht, wie sich die Stellenanzeigen zu generativer KI aus dem Jahr 2023 auf die einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte in Deutschland verteilen (Abbildung 4-3). Um die Bedarfe in einzelnen Regionen Deutschlands verzerrungsfrei vergleichen zu können, werden die ausgeschriebenen Stellen zunächst in Relation zur Größe des Arbeitsmarktes der Regionen gesetzt. Denn in Kreisen, in denen generell viele Unternehmen mit vielen Beschäftigten ansässig sind, schreiben Unternehmen typischerweise auch mehr Stellen aus als in Regionen mit weniger Unternehmen und Beschäftigten. Aus diesem Grund werden die Stellenanzeigen der Regionen pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte ausgewiesen, die im Jahr 2023 im jeweiligen Kreis arbeiten (BA, 2024).

Absolut betrachtet schreiben im Jahr 2023 am meisten Unternehmen aus Bayern (1.170), Berlin (1.092), Nordrhein-Westfalen (1.056) und Baden-Württemberg (932) Stellen zu generativer KI aus. Dabei sind die Bedarfe stark auf die Großstädte Deutschlands sowie die umliegenden Kreise konzentriert. In Relation zur Arbeitsmarktgröße der Regionen sind die Bedarfe mit 7,0 Stellenanzeigen pro 10.000 Beschäftigte in München am höchsten. Dort schreiben vor allem große Unternehmen aus dem Technologie- und Automobilbereich viele Stellen zu generativer KI aus. Am zweithöchsten ist die Intensität mit 6,9 in Heidelberg. Mehr als die Hälfte der Stellenanzeigen stammt dabei von Aleph Alpha, einem deutschen KI-Start-up, das im Wettbewerb zu OpenAI und Google steht und in ähnlicher Weise LLMs entwickelt und darauf basierend generative KI-Anwendungen für Unternehmen und die öffentliche Verwaltung in Deutschland (Staatsministerium Baden-Württemberg, 2023) anbietet. Die Hälfte der Stellen bei Aleph Alpha entstand dabei im vierten Quartal 2023, zu einer Zeit, in der Aleph Alpha eine große Finanzierungsrunde in Höhe von 500 Millionen Euro verkündete, an der sich mehrere Großunternehmen in Deutschland beteiligten (Holzki, 2023). Auf dem dritten Platz im regionalen Vergleich folgt Karlsruhe mit 6,7 Stellen zu generativer KI pro 10.000 Beschäftigte. In Karlsruhe

suchen neben ansässigen Forschungseinrichtungen auch große Unternehmen Kompetenzen zu generativer KI, um eigene Anwendungen zu entwickeln.

Abbildung 4-3: Regionale Verteilung der Bedarfe zu generativer KI

Anzahl an Online-Stellenanzeigen zu generativer KI pro 10.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Jahr 2023 nach Landkreisen und kreisfreien Städten in Deutschland



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von BA- und Textkernel-Daten

Mit Berlin (6,5) und Jena (5,6) befinden sich auch zwei ostdeutsche Städte unter den Kreisen mit den höchsten Bedarfen an generativer KI. In Berlin sind es besonders viele kleine Unternehmen und Start-ups aus dem KI- und Technologiebereich, die viele entsprechende Stellenanzeigen ausschreiben. Dies ist plausibel angesichts einer besonders hohen KI-Start-up-Intensität in Berlin (Rammer, 2022, 17 ff.). In Jena schreiben neben einzelnen Forschungsstellen vor allem Dienstleister aus dem Technologiebereich Stellen aus, in denen beispielsweise Programmierer mit Erfahrungen zu GitHub Copilot gesucht werden. In Stuttgart (4,2) und dem angrenzenden Landkreis Böblingen (5,4) entstehen die KI-Bedarfe vor allem bei großen Unternehmen aus dem Automobil- und Zulieferbereich sowie bei Technologieunternehmen und Forschungseinrichtungen, die dort ansässig sind. Hohe Forschungsaktivitäten zu generativer KI finden ebenfalls im Rhein-Sieg-Kreis (5,2) in Nordrhein-Westfalen statt, wo eine staatliche Forschungseinrichtung in besonders hohem Umfang zu KI-basierter Textgenerierung forscht. Die besondere Rolle des Rhein-Sieg-Kreises für die KI-Forschungslandschaft in Deutschland wurde auch bereits bei der Analyse aller KI-Stellenanzeigen deutlich (Büchel/Mertens, 2022, 13). Zudem grenzen in unmittelbarer Nähe des Rhein-Sieg-Kreises mit Bonn (4,3) und Köln (4,2) zwei Städte an, in denen viele Unternehmen Bedarfe an generativer KI haben.

5 Fazit und Ausblick

Die Analyse zeigt, dass die rasante technologische Entwicklung der generativen KI in Deutschland nicht nur großes Interesse geweckt hat, sondern Unternehmen bereits erste Anwendungsfälle identifizieren und dafür vermehrt Kompetenzen zu generativer KI suchen. Sinnbildlich für generative KI steht dabei in der öffentlichen Wahrnehmung oft noch die spezifische Anwendung ChatGPT, wie die Analyse des Internetsuchinteresses und der medialen Berichterstattung zeigt. Allerdings lösten sich Unternehmen gerade in der zweiten Jahreshälfte 2023 zunehmend von diesem Fokus. Stattdessen nahmen Unternehmen weitere Anwendungen oder Einsatzbereiche der generativen KI in den Blick und zielten auf die Entwicklung eigener Anwendungen, die auf ihre Bedarfe und Geschäftsmodelle abgestimmt sind. Der Fokus auf eigene Anwendungen könnte auch darin begründet sein, dass sich Unternehmen verstärkt mit den Chancen und insbesondere auch den Kosten und Risiken beschäftigen haben, die mit generativer KI einhergehen. Neben Produktivitätssteigerungen bei Tätigkeiten, die zunächst keine hundertprozentige Genauigkeit verlangen, bieten generative KI-Anwendungen vor allem den Vorteil, dass sie sehr einfach anwendbar sind – ein Vorteil gerade auch für kleine Unternehmen mit eingeschränkten finanziellen und personellen Ressourcen. Effizienzvorteile, die durch generative KI ausgelöst werden, können somit auch die Wettbewerbsfähigkeit stärken. Unternehmen sollten jedoch stets rechtliche Risiken berücksichtigen sowie vorsichtig mit sensiblen Daten umgehen. Zudem sind generative KI-Anwendungen bisher eher ungeeignet bei Tätigkeiten, die unbedingt faktische Genauigkeit verlangen. Da sie bei unachtsamer Nutzung eine Quelle für Fehlinformationen darstellen, sollte der Output stets kritisch überprüft werden.

Insgesamt bleibt abzuwarten, ob sich die Tendenzen größerer Unternehmen, eigene geschlossene generative KI-Lösungen zu entwickeln, in Zukunft verstetigen werden. Analysen der Unternehmensbedarfe in den kommenden Jahren können darüber Aufschluss geben. Unklar ist ebenfalls, welche konkreten Auswirkungen das geplante europäische KI-Gesetz auf die KI-Nutzung in der Wirtschaft und Gesellschaft haben wird. Generell sieht das KI-Gesetz vor, KI-Anwendungen in verschiedene Risikogruppen einzuteilen, wobei Anwendungen der risikoreichsten Stufe in der EU verboten werden sollen (Europäische Kommission, 2023). Als dieser Vorschlag im April 2021 unterbreitet wurde, spielten generative KI-Anwendungen noch keine wesentliche Rolle in der öffentlichen Wahrnehmung. Letztlich wurde generative KI aber noch in das KI-Gesetz aufgenommen:

Anstelle von einzelnen Anwendungen werden dabei vor allem die zugrundeliegenden Sprachmodelle in den Blick genommen (Kafsack, 2023). Es wird allerdings je nach Rechenleistung und weiterer Kriterien zwischen einfachen und besonders wirkmächtigen Modellen unterschieden, von denen systemische Risiken ausgehen können und die daher besonders strikte Auflagen erfüllen müssen. Dies betrifft vor allem die großen Sprachmodelle von OpenAI und Google, jedoch etwa das Sprachmodell des deutschen Wettbewerbers Aleph Alpha derzeit noch nicht, das eine deutlich geringere Kapazität aufweist. Die EU strebt so auch danach, dass europäische Anbieter aufholen und Innovationen im Bereich der generativen KI zukünftig auch in Europa entstehen könnten. Inwieweit dies realistisch und im KI-Gesetz angemessen umgesetzt ist, wird sich zeigen müssen und auch davon abhängen, ob und mit welcher Geschwindigkeit die Nachfrage nach generativen KI-Anwendungen in Wirtschaft und Gesellschaft zunehmen wird. Wichtig für Unternehmen in Deutschland und der EU ist, dass mit dem KI-Gesetz nach dessen Inkrafttreten Rechtssicherheit besteht und sie mittel- bis langfristig planen können, unter welchen Bedingungen sie generative KI oder im besonderen LLMs einsetzen können. Herausfordernd wird jedoch zunächst die Compliance mit dem Gesetz, weil zunächst zu klären ist, wie die allgemeinen Regelungen zu generativer KI konkret in der Praxis umzusetzen sind. Sollte das KI-Gesetz dazu führen, den Zugang zu marktführenden LLMs regulatorisch zu erschweren, könnten Potenziale der generativen KI für deutsche Unternehmen ungenutzt bleiben. Wichtig ist daher, die Regulierung stetig zu evaluieren und bei Bedarf anzupassen. Gerade im Bereich der generativen KI mit ihren schnellen Innovationszyklen ist dies besonders relevant.

6 Abstract

Generative AI has recently caused quite a stir. The reason is that generative AI applications can independently generate content such as texts, images, programming codes or videos that are often difficult to distinguish from human-generated content. In the public perception, the specific application ChatGPT often symbolises generative AI, as an analysis of internet search queries and newspaper articles in Germany shows. However, the general interest in AI also benefits from this in the long term. An analysis of online job advertisements, on the other hand, shows that companies are not only showing interest in generative AI, but are increasingly identifying specific use cases in their companies and looking for the relevant skills. ChatGPT also played a decisive role in the first half of 2023 and characterised the skills profile of many job advertisements. However, in the second half of the year, companies are increasingly moving away from this focus. Instead, companies are taking a closer look at other applications or fields of application and the underlying models of generative AI. They want to develop their own applications that are customised to the respective needs and business models of the companies. Nevertheless, ChatGPT has had an innovation-driving effect that has favoured this development. For example, there is a tendency for large companies in particular to want to develop personalised closed solutions in which data does not leave the company network.

This could be an indication that companies in Germany have increasingly focussed on the opportunities and, in particular, the costs and risks associated with generative AI. The reason is that the use of generative AI raises copyright, liability and data protection issues, some of which have not yet been conclusively clarified. The effects of the recently passed AI Act are also still largely unclear. From a regional perspective, company requirements are particularly high in the south-western cities of Germany as well as in Berlin and the neighbouring areas. Similar cluster effects are recognisable in the regions around Munich, Stuttgart, Karlsruhe and Heidelberg as well as Cologne and Bonn. Companies from the technology and vehicle construction sectors in particular, as well as research institutions, advertise many job vacancies relating to generative AI. In Berlin and Munich, many AI start-ups are also driving demand for generative AI.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 2-1: Meilensteine der generativen KI..... | 7 |
| Abbildung 3-1: Internetsuchanfragen zu generativer KI | 10 |
| Abbildung 3-2: Relevanz von generativer KI in Zeitungsartikeln..... | 11 |
| Abbildung 4-1: Generative KI in Stellenanzeigen | 15 |
| Abbildung 4-2: Einsatzbereiche der generativen KI | 17 |
| Abbildung 4-3: Regionale Verteilung der Bedarfe zu generativer KI..... | 19 |

7 Literaturverzeichnis

BA – Bundesagentur für Arbeit, 2024, Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach ausgewählten Merkmalen. Deutschland nach Ländern und Kreisen (Arbeitsort, Gebietsstand des Stichtags). Stichtag 30. Juni 2023, https://statistik.arbeitsagentur.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Einzelheftsuche_Formular.html?submit=Suchen&topic_f=beschaeftigung-sozbe-svb-kreise-merkmale [25.3.2024]

Beisch, Natalie / Koch, Wolfgang, 2023, ARD/ZDF-Onlinestudie: Weitergehende ARD/ZDF-Onlinestudie: Weitergehende Normalisierung der Internetnutzung nach Wegfall aller Corona-Schutzmaßnahmen, https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2023/MP_23_2023_Onlinestudie_2023_Fortschreibung.pdf [15.3.2024]

Bitkom – Branchenverband der deutschen Informations- und Telekommunikationsbranche e.V., 2024a, Generative KI im Unternehmen. Rechtliche Fragen zum Einsatz generativer Künstlicher Intelligenz im Unternehmen, Berlin

Bitkom, 2024b, Deutsche Unternehmen zögern bei ChatGPT & Co., <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Unternehmen-zoegern-bei-ChatGPT-Co#> [4.4.2024]

Brockman, Greg / Murati, Mira / Welinder, Peter / OpenAI, 2020, OpenAI API, <https://openai.com/blog/openai-api> [13.3.2024]

Brynjolfsson, Erik / Li, Danielle / Raymond, Lindsey, 2023, Generative AI at work, National Bureau of Economic Research, working paper Nr. w31161, Cambridge

Büchel, Jan, 2024, Aufbau von Datenkompetenz in Unternehmen, IW-Kurzbericht, Nr. 4, Köln

Büchel, Jan / Engler, Jan Felix / Mertens, Armin, 2023, KI-Einsatzbereiche in Deutschland. Eine Analyse von KI-Stellenanzeigen, Gutachten im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, 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), Köln

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

Deutscher Ethikrat, 2023, Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz. Stellungnahme, Berlin

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, 1. Jg., S. 4171–4186

DHZ – Deutsche Handwerks Zeitung, 2023, Einsatz von ChatGPT: Das müssen Betriebe rechtlich beachten, <https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/einsatz-von-chatgpt-das-muessen-betriebe-rechtlich-beachten-284252/> [4.4.2024]

Erdsiek, Daniel / Rost, Vincent, 2023, ZEW Branchenreport Informationswirtschaft, Mannheim

Europäische Kommission, 2023, Neue Vorschriften für künstliche Intelligenz – Fragen und Antworten, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/QANDA_21_1683 [12.3.2024]

Friedman, Nat, 2021, Introducing GitHub Copilot: your AI pair programmer, <https://github.blog/2021-06-29-introducing-github-copilot-ai-pair-programmer/> [13.3.2024]

Gedankenfabrik / Appino, 2023, ChatGPT Nutzung in Deutschland, <https://www.gedankenfabrik.de/wp-content/uploads/2023/06/ChatGPT-Report-2023-Gedankenfabrik.pdf> [12.3.2024]

Genios, 2024, GENIOS Zeitschriften, <https://www.gbi-genios.de/de/document/infoblattzeitschriftenpdf> [3.4.2024]

golem.de, 2023, Samsung-Ingenieure geben ChatGPT vertrauliche Daten preis, <https://www.golem.de/news/kuenstliche-intelligenz-samsung-ingenieure-leaken-interne-daten-an-chatgpt-2304-173220.html> [15.3.2024]

Goodfellow, Ian J. et al., 2014, Generative Adversarial Nets, in: Advances in neural information processing systems, 27. Jg.

Google, 2023, An important next step on our AI journey, <https://blog.google/technology/ai/bard-google-ai-search-updates/> [14.3.2024]

Grienberger, Katharina / Matthes, Britta / Paulus, Wiebke, 2024, Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt. Vor allem Hochqualifizierte bekommen die Digitalisierung verstärkt zu spüren, <https://doku.iab.de/kurzber/2024/kb2024-05.pdf> [25.3.2024]

Handelsblatt, 2023, Drogeriemarkt dm führt firmeneigenes ChatGPT ein, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/ki-chatbot-drogeriemarkt-dm-fuehrt-firmeneigenes-chatgpt-ein/29340604.html> [22.3.2024]

Ho, Jonathan / Jain, Ajay / Abbeel, Pieter, 2020, Denoising diffusion probabilistic models, in: Advances in neural information processing systems, 33. Jg., S. 6840–6851

Holzki, Larissa, 2023, 500-Millionen-Dollar-Deal für Aleph Alpha, <https://www.handelsblatt.com/technik/ki/kuenstliche-intelligenz-500-millionen-dollar-deal-fuer-aleph-alpha-/29482284.html> [25.3.2025]

Huang, Sonya / Grady, Pat / GPT-3, 2022, Generative AI: A Creative New World, <https://www.sequoia-cap.com/article/generative-ai-a-creative-new-world/> [12.3.2024]

- Kafsack, Hendrik, 2023, EU beschließt strikte KI-Regeln, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/ai-act-eu-vereinbart-strikte-regeln-fuer-kuenstliche-intelligenz-19375036.html> [26.3.2024]
- Lawlor, Pat / Chang, Jerry, 2024, The rise of generative AI: A timeline of breakthrough innovations. Explore the most pivotal advancements that shaped the landscape of generative AI, <https://www.qualcomm.com/news/onq/2024/02/the-rise-of-generative-ai-timeline-of-breakthrough-innovations> [14.3.2024]
- McQuate, Sarah, 2023, Q&A: UW researcher discusses just how much energy ChatGPT uses, <https://www.washington.edu/news/2023/07/27/how-much-energy-does-chatgpt-use/> [3.4.2024]
- Microsoft, 2023a, Introducing Microsoft 365 Copilot – your copilot for work, <https://blogs.microsoft.com/blog/2023/03/16/introducing-microsoft-365-copilot-your-copilot-for-work/> [14.3.2024]
- Microsoft, 2023b, Reinventing search with a new AI-powered Microsoft Bing and Edge, your copilot for the web, <https://blogs.microsoft.com/blog/2023/02/07/reinventing-search-with-a-new-ai-powered-microsoft-bing-and-edge-your-copilot-for-the-web/> [13.3.2024]
- OpenAI, 2022, Introducing ChatGPT, <https://openai.com/blog/chatgpt> [13.3.2024]
- OpenAI, 2023, GPT-4, <https://openai.com/research/gpt-4> [19.4.2024]
- OpenAI, 2024a, DALL·E 2, <https://openai.com/dall-e-2> [12.4.2024]
- OpenAI, 2024b, Models. Overview. GPT-4, <https://platform.openai.com/docs/models/gpt-4-and-gpt-4-turbo> [12.3.2024]
- OpenAI, 2024c, Video generation models as world simulators, <https://openai.com/research/video-generation-models-as-world-simulators> [13.3.2024]
- Radford, Alec et al., 2019, Language Models are Unsupervised Multitask Learners, in: OpenAI blog, 1. Jg., Nr. 8
- Radford, Alec / Narasimhan, Karthik / Salimans, Tim / Sutskever, Ilya, 2018, Improving Language Understanding by Generative Pre-Training
- Rammer, Christian, 2022, KI-Startups in Deutschland. Eine Untersuchung zu Unternehmensgründungen im Bereich Künstliche Intelligenz. Gutachten im Projekt „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“, Mannheim
- Rusche, Christian et al., 2022, KI-Monitor 2022. Künstliche Intelligenz in Deutschland, Gutachten im Auftrag des Bundesverbands Digitale Wirtschaft (BVDW) e.V., Köln
- Scheufen, Marc, 2023, Generative KI und Autorenrechte, IW-Kurzbericht, Nr. 79, Köln
- Smet, Aaron de et al., 2024, The human side of generative AI: Creating a path to productivity, <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-human-side-of-generative-ai-creating-a-path-to-productivity#/> [2.4.2024]
- Smith, Craig S., 2023, What Large Models Cost You – There Is No Free AI Lunch, <https://www.forbes.com/sites/craigsmith/2023/09/08/what-large-models-cost-you--there-is-no-free-ai-lunch/> [3.4.2024]
- Sohl-Dickstein, Jascha / Weiss, Eric A. / Maheswaranathan, Niru / Ganguli, Surya, 2015, Deep Unsupervised Learning using Nonequilibrium Thermodynamics, in: International conference on machine learning. PMLR, S. 2256–2265

Song, Yang / Ermon, Stefano, 2019, Generative modeling by estimating gradients of the data distribution, in: Advances in neural information processing systems, 32. Jg.

Staatsministerium Baden-Württemberg, 2023, Künstliche Intelligenz in der Verwaltung, <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/meldung/pid/kuenstliche-intelligenz-in-der-verwaltung> [28.3.2024]

StatCounter, 2023, Search Engine Market Share Germany. Nov 2023, <https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share/all/germany#monthly-202311-202311-bar> [12.3.2024]

Tamkin, Alex / Ganguli, Deep, 2021, How Large Language Models Will Transform Science, Society, and AI, <https://hai.stanford.edu/news/how-large-language-models-will-transform-science-society-and-ai> [12.3.2024]

van Vaerenbergh, Steven, 2024, Awesome Generative AI. A curated list of modern Generative Artificial Intelligence projects and services, <https://github.com/steven2358/awesome-generative-ai> [12.3.2024]

Vaswani, Ashish et al., 2017, Attention Is All You Need, in: Advances in neural information processing systems, 30. Jg.

WDR, 2023, ChatGPT an Schulen: So will NRW mit Künstlicher Intelligenz umgehen, <https://www1.wdr.de/nachrichten/landespolitik/chatgpt-schulen-nrw-100.html> [12.3.2024]

ZDF, 2023, Studie sieht riesiges Potenzial für ChatGPT, <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/kuenstliche-intelligenz-potenzial-wirtschaftsleistung-100.html> [12.3.2024]

Zhang, Emma Yann et al., 2023, From Turing to Transformers: A Comprehensive Review and Tutorial on the Evolution and Applications of Generative Transformer Models, in: Sci, 5. Jg., Nr. 4, S. 46