

Dezember 2022 · Pegah Maham, Stefan Heumann,

Wiebke Denkena, Laurenz Hemmen,
Anna Semenova

Deutschland als KI-Standort: Destination oder Drehscheibe?

Empirische Untersuchung
der Karrierepfade von
KI-Doktorand:innen an
deutschen Universitäten



Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel



Danksagung

Dem SNV-Team gebührt für die Unterstützung während des gesamten Recherche- und Veröffentlichungsprozesses ein großer Dank. Innerhalb der Stiftung Neue Verantwortung gilt unser Dank insbesondere Lisa Koeritz, Shannon Reitmeir, Luisa Seeling, Alina Siebert, Anna-Katharina Meßmer und Martin Degeling.

Unser Dank gilt außerdem Oluwabimpe Abiodun Lawal für die Unterstützung bei der Recherche für die Erstellung des Datensatzes, Remco Zwetsloot, der seine wertvollen Erfahrungen zu Talentanalysen mit uns geteilt hat, und Bijan Soltani für seine Beratung zur Dateninfrastruktur.

Das Papier ist Teil des SNV-Themenbereichs „Data Science“, der von der Stiftung Mercator gefördert wird.



Executive Summary

Die Bundesregierung betrachtet Künstliche Intelligenz (KI) als Schlüsseltechnologie für die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit Deutschlands. Der Anspruch, mit KI „made in Germany“ dem internationalen Wettbewerb einen Stempel aufzudrücken, wird mit einer ambitionierten Strategie und mehreren Milliarden an Fördergeldern untermauert. Um seine ehrgeizigen Ziele zu erreichen, muss Deutschland um die besten Köpfe konkurrieren. Aber wie attraktiv ist Deutschland für KI-Forschende? Gelingt es Universitäten und Forschungsinstituten, vielversprechende Nachwuchswissenschaftler:innen aus aller Welt anzuziehen? Und wo gehen diese Talente nach Abschluss ihres Studiums beziehungsweise ihrer Promotion hin? Diese Fragen werden zwar diskutiert, doch es fehlt an belastbaren Daten und Analysen. Einzelfälle und Einschätzungen Einzelner prägen auch vier Jahre nach Verabschiedung der KI-Strategie die Debatte.

Diese Pilotstudie liefert erste Erkenntnisse zur Zu- und Abwanderung von Nachwuchstalente im Bereich KI an deutschen Forschungsinstituten. Herzstück unserer Analyse ist ein eigens entwickelter Datensatz zu Doktorand:innen bei führenden KI-Forscher:innen in Deutschland. Die Daten wurden in einem dreistufigen Verfahren erhoben: Zuerst haben wir mit Hilfe etablierter Rankings und der Auswertung von Publikationsoutput KI-Spitzenforscher:innen in Deutschland identifiziert. Als nächstes wurden Doktorand:innen dieser Spitzenforschenden recherchiert. Im finalen Schritt haben wir Daten zu den Bildungswegen dieser Doktorand:innen und ihren Tätigkeiten nach Abschluss der Promotion erhoben.

Unsere Auswertung zeigt, wie stark die deutsche KI-Forschung auch international vernetzt ist. Über die Hälfte der Doktorand:innen an deutschen KI-Lehrstühlen in unserer Stichprobe hat ihren Bachelorabschluss im Ausland gemacht. Neben den EU-Mitgliedstaaten (9 Prozent) kommen die meisten Bachelorabschlüsse in unserem Datensatz aus Indien (9 Prozent), China (7 Prozent), Iran (5 Prozent) und Russland (3 Prozent). Während deutsche KI-Professor:innen kaum Doktorand:innen aus den USA, Schweiz und Großbritannien betreuen (jeweils nur 1 Prozent oder weniger in unserer Stichprobe), sind diese drei Länder wichtige Anziehungspunkte für KI-Talent aus Deutschland nach Abschluss der Promotion. Zwar bleiben über 60 Prozent aller KI-Nachwuchswissenschaftler:innen in den ersten Jahren nach Abschluss der Promotion in Deutschland, doch immerhin 13 Prozent zieht es in die USA, 7 Prozent in die Schweiz und 5 Prozent nach Großbritannien. Unsere Daten zeigen, dass es in diesen Zielländern insbesondere die großen, globalen Tech-Firmen sind, die mit ihren hohen Gehältern und Forschungsbudgets KI-Talent aus Deutschland anziehen.



Die von uns ausgewerteten Daten belegen also, dass es deutschen Universitäten und Forschungsinstituten gelingt, Nachwuchstalente aus Osteuropa und Asien anzuziehen und auszubilden. Einen gewichtigen Anteil dieser Talente verliert Deutschland dann aber an international führende KI-Standorte wie die USA. Unserer Analyse zufolge ist Deutschland eine Art Mittelmacht, die vom Zufluss profitiert, aber viele ihrer besten Talente nicht halten kann. Diese Hypothese sollte anhand weiterer Studien noch tiefergehend untersucht werden. Wenn die Bundesregierung im Bereich der KI den Forschungs- und Innovationsstandort Deutschland stärken will, braucht es Analysen, warum KI-Talente aus dem Ausland für ein Studium oder für eine Promotion nach Deutschland kommen und was wiederum viele nach ihrer Ausbildung ins Ausland zieht.

Unsere Pilotstudie zeigt, welches Potenzial in datenbasierten Untersuchungen zur Mobilität von KI-Talent in Deutschland steckt. Wir begrüßen weitere Analysen zum Talentfluss und anderen zentralen Erfolgsfaktoren für den KI-Standort. Sie ermöglichen es, zielgerichtet und evidenzbasiert Maßnahmen für die KI-Strategie zu entwickeln. Ebenso wird es möglich, über Zeiträume hinweg nachzuvollziehen, ob politische Ziele, wie zum Beispiel Spitzenforscher:innen aus dem Ausland anzuziehen oder den Austausch innerhalb der EU zu stärken, erreicht werden. Nur so kann die Bundesregierung ihre Vision eines international führenden KI-Standorts Deutschland auch wirklich umsetzen.



Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	3
Einleitung	6
Methodisches Vorgehen	9
Wer betreibt in Deutschland Spitzenforschung im KI-Bereich?	10
Wer sind die Top-Nachwuchstalente im KI-Bereich?	10
Wie verlaufen die Bildungswege und Karriereschritte der Top-Nachwuchstalente?	11
Ergebnisse	12
Herkunftsländer von Top-Doktorand:innen im KI-Bereich an deutschen Universitäten	12
Zielländer nach Abschluss der Promotion	14
Aktuelle Arbeitgeber ehemaliger KI-Doktorand:innen	18
Fazit und Ausblick	22
Anhang 1: Ergänzende Erklärungen zum methodischen Vorgehen	24
A Identifikation der Spitzenforscher:innen	24
B Identifikation aktueller und ehemaliger Doktorand:innen	27
C Abschlüsse, Länderzuordnungen und Arbeitgeberklassifizierung	27
Anhang 2: Beschreibung der Datengrundlage	29
A Vollständigkeit der Angaben	29
B Verteilung von Promotionsstart und -ende unter den Doktorand:innen in unserer Stichprobe	30
C Top-Promotionsstandorte der identifizierten Doktorand:innen	31
Anhang 3: Ergänzungen zu Abbildungen des Hauptteils	32
A Ergänzung zu Ländern des ersten Hochschulabschlusses (Abbildung 2)	32
B Tabellarische Übersicht zur Mobilität (Abbildung 5)	33
Anhang 4: Selbstselektionseffekte und Kontrollschätzungen	34



Einleitung

Vor vier Jahren formulierte die Bundesregierung in ihrer KI-Strategie ein ambitioniertes Ziel: Künstliche Intelligenz „made in Germany“ solle zu einem anerkannten Gütesiegel, Deutschland zum globalen Vorreiter und vor allem zu einem attraktiven Standort für die „weltweit klügsten Köpfe im Bereich KI“ werden. Dass die Bundesregierung für dieses Vorhaben zunächst drei Milliarden und später im Rahmen des Zukunftspakets weitere zwei Milliarden Euro veranschlagte, unterstreicht, welches Potenzial sie in dieser Schlüsseltechnologie sieht. Und damit ist sie nicht allein: Viele Länder haben spezielle Programme aufgelegt, um die Entwicklung und Nutzung von KI voranzutreiben. Um die Technologie ist ein internationaler Wettbewerb entbrannt, der insbesondere von der Rivalität zwischen den USA und China befeuert wird.

Künstliche Intelligenz ermöglicht es uns, Erkenntnisse aus gigantischen Datenbergen zu gewinnen und nutzbar zu machen – um beispielsweise Verkehrsströme zu lenken, neue Medikamente zu entwickeln oder das Wetter präziser vorherzusagen. Besonders viel öffentliche Aufmerksamkeit haben in den vergangenen Jahren die Fortschritte bei der Bild- und Spracherkennung erhalten. Die Einsatzgebiete von KI sind so vielfältig, dass zahlreiche Wirtschaftszweige auf sie setzen. Dabei geht es nicht um eine spezielle Erfindung, sondern eine Basistechnologie, die der international bekannte KI-Forscher Andrew Ng gerne mit der Bedeutung der Elektrizität vergleicht.

Es liegt auf der Hand, dass die Entwicklung und Implementierung einer so grundlegenden Technologie mit so gewaltigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Potenzialen, aber auch Risiken, die besten Talente erfordert. Mit der KI-Strategie möchte die Bundesregierung Deutschland deshalb zu einem „attraktive[n] Forschungs-, Innovations- und Wirtschaftsstandort für KI-Expertinnen und -Experten aus dem In- und Ausland“ machen, um „die weltweit klügsten Köpfe“ anzuziehen und zu halten.¹ Genau hier allerdings findet sich eine der zentralen Schwachstellen der Strategie. Wie gut gelingt es Deutschland, KI-Nachwuchstalente aus aller Welt anzuziehen und langfristig zu halten? Diese Frage wird zwar diskutiert, doch es fehlt an belastbaren Daten und Analysen. Einzelfälle und Einschätzungen Einzelner prägen die Debatte.² Für eine Strategie, die Milliarden an Steuergeldern in den deutschen KI-Standort investieren will, ist das keine gute Basis.

Die KI-Strategie der Bundesregierung ist seither fortgeschrieben worden.³ Erkennbar ist das Bemühen, einige der blinden Flecken auszuleuchten: So wurde beim Update der Strategie vor zwei Jahren auf bestehende Analysen und Rankings hingewiesen,

1 *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung (Stand November 2018)*, S. 8.

2 Mrkaja, D. (o. D.). *Wenn es um die KI geht, kann Deutschland wirklich gut mithalten. Interview mit Reinhard Karger*. Kompetenzzentrum Kultur- und Kreativwirtschaft des Bundes.

3 *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Fortschreibung 2020*.



um den sich verschärfenden Wettbewerb um KI-Talente und Forschungsoutput zu belegen.⁴ Doch bei der Frage, wie Deutschland im Wettstreit um die klügsten KI-Köpfe im internationalen Vergleich aufgestellt ist, tappt die Politik weitgehend im Dunkeln. Eigene, tiefergehende und vor allem datenbasierte Analysen sucht man immer noch vergeblich.⁵ Dabei ist es dringender denn je, diese Daten zu erheben. Nicht nur können sie dabei helfen, zielgenauere Maßnahmen zur Förderung des deutschen KI-Standorts zu entwickeln. Über einen längeren Zeitraum erheben, erlauben sie auch Rückschlüsse darauf, ob die bisher ergriffenen Maßnahmen überhaupt die gewünschte Wirkung zeigen.⁶

Dieses Data Brief soll dazu beitragen, bestehende Wissenslücken zu füllen, und zugleich die Vorzüge datenbasierter Analysen aufzeigen. Wir konzentrieren uns auf die Frage, ob und wie gut es Deutschland gelingt, KI-Talent aus dem Ausland anzuziehen und langfristig zu halten. Diese Fähigkeit ist aus unserer Sicht zentral, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können. Aufschlussreich ist ein Blick über den Atlantik: Die Vormachtstellung der USA bei der Entwicklung von KI wird vor allem auf die hohe internationale Sichtbarkeit und Reputation ihrer Top-Universitäten zurückgeführt; diese ziehen weltweit die besten Nachwuchswissenschaftler:innen an. Den USA gelingt es darüber hinaus, Nachwuchskräfte auch nach Abschluss des Studiums oder der Promotion im Land zu halten. Laut einer Studie des *Center for Security and Emerging Technology* (CSET) kommen in den USA zwei Drittel aller Doktorand:innen in mit KI verknüpften Forschungsfeldern aus dem Ausland.⁷ Noch beeindruckender ist, dass ca. 90 Prozent dieser ausländischen Doktorand:innen nach dem Promotionsstudium einen Job in den USA annehmen und auch fünf Jahre später noch 82 Prozent in den USA arbeiten.

Wie sehen diese Zahlen für Deutschland aus? Woher kommen KI-Nachwuchswissenschaftler:innen? Wohin gehen sie nach Abschluss ihrer Promotion? Und was können wir von einer solchen Erhebung über den KI-Standort Deutschland lernen? Herzstück unserer Analyse ist ein von uns selbst entwickelter und erschlossener Datensatz zu Doktorand:innen bei führenden deutschen KI-Forscher:innen. Die Auswertung der

4 Die Fortschreibung der KI-Strategie erwähnt beispielsweise das Landerranking zu KI-Publikationen im „AI Index“ der Stanford Universität oder den „Global AI Talent Report“, der zwischen 2018 und 2020 jährlich von einem Team des kanadischen KI-Unternehmens Element AI veröffentlicht wurde.

5 Zwei Jahre nach Veröffentlichung der KI-Strategie hat sich die FDP-Fraktion in einer Kleinen Anfrage ([Drucksache 19/23380](#)) zum Stand der Umsetzung erkundigt. Die Abgeordneten erwähnen u. a. Analysen zum „Netto-Abfluss bei KI-Forschern“ und erkundigen sich nach existierenden oder geplanten Statistiken zu diesem Thema. In ihrer Antwort ([Drucksache 19/24243](#)) schreibt die Bundesregierung: „Da es keine von allen Akteuren konsistent genutzte Definition von KI gibt, liegen zur Anzahl von Forschenden in Deutschland, die sich dem Bereich der KI zuordnen lassen, keine genauen Statistiken vor.“ (S.7)

6 Heumann, S. (2018). *Erfolgsmessung von KI-Strategien. Mit Indikatoren und Benchmarks die Umsetzung der Strategie erfolgreich steuern.*

7 Zwetsloot, R., Dunham, J., Arnold, Z., & Huang, T. (2019). *Keeping Top AI Talent in the United States*. Center for Security and Emerging Technology.



Daten erlaubt uns spannende Einblicke und – in aller Vorsicht – erste Antworten auf die oben formulierten Fragen. Wie wir dabei vorgegangen sind, erläutern wir in Kapitel 1.

Unsere Analyse liefert uns Erkenntnisse über den viel diskutierten „Brain-Drain“ – das Abwandern von KI-Talent ins Ausland. Sie zeigt auch, dass die deutsche Forschungslandschaft international durchaus stark vernetzt ist. Die EU spielt allerdings eine viel geringere Rolle, als aufgrund der geographischen Nähe angenommen werden könnte. China, Indien und Iran sind hingegen wichtiger als erwartet. Deutschland ist nach Abschluss der Promotion als Arbeitsland attraktiv. Unsere Daten belegen aber auch, dass viele KI-Nachwuchswissenschaftler:innen Deutschland verlassen. Die Abwanderung findet insbesondere in Richtung von Ländern statt, die als besonders attraktive KI-Standorte gelten, wie zum Beispiel die USA, Großbritannien und die Schweiz. Starker Anziehungspunkt in diesen Ländern sind die globalen Tech-Unternehmen mit ihren hohen Gehältern und Forschungsbudgets.



Methodisches Vorgehen

Unsere Analyse konzentriert sich auf Top-Nachwuchswissenschaftler:innen in den verschiedenen Subdisziplinen der Künstlichen Intelligenz, wie zum Beispiel Natural Language Processing, Computer Vision oder Machine Learning, in Deutschland. Dabei fokussieren wir uns auf die Gruppe der Doktorand:innen, die von international anerkannten Spitzenforschenden betreut werden, da um diese Personen besonders intensiv konkurriert wird. Um Informationen über Bildungs- und Karrierepfade dieser Gruppe zu gewinnen, haben wir in drei Schritten Daten erhoben (siehe Abbildung 1). Erstens haben wir auf Grundlage von Publikationsdaten eine Liste von Spitzenforschenden auf dem Gebiet der KI in Deutschland erstellt. Zweitens haben wir ausgehend von dieser Liste aktuelle und ehemalige Doktorand:innen dieser Spitzenforschenden identifiziert (Top-Nachwuchstalente). Über diese Doktorand:innen wurden drittens Daten zu Bildungs- und Karrierepfaden erhoben.⁸

Abbildung 1



Die Abbildung beschreibt die wesentlichen Schritte zur Datenerhebung und -verarbeitung, die unserer Analyse zugrunde liegen. Zunächst wurden führende KI-Forscher:innen anhand von Publikationsdaten identifiziert. Anschließend wurden die Namen ihrer Doktorand:innen recherchiert und Lebenslaufdaten über LinkedIn erhoben.

Im Folgenden erläutern wir die einzelnen Schritte. Eine detailliertere Beschreibung unserer Datenquellen und der Methodik befindet sich in Anhang 1.

⁸ Für diese Analyse wurden personenbezogene Daten zu wissenschaftlichen Forschungszwecken verarbeitet. Falls Sie vermuten, dass unserer Analyse Daten zu Ihrer Person zugrunde liegen und Sie von Ihrem Widerspruchsrecht Gebrauch machen möchten, befolgen Sie bitte die Hinweise in unserer [Datenschutzerklärung](#) auf unserer Webseite.



Wer betreibt in Deutschland Spitzenforschung im KI-Bereich?

Um Spitzenforschende im KI-Bereich in Deutschland zu identifizieren, haben wir auf Publikationsdaten von 13 renommierten internationalen KI-Konferenzen zurückgegriffen, die verschiedene Subdisziplinen des Feldes widerspiegeln (siehe Anhang 1A). Für unsere Analyse wurden Personen als Spitzenforschende berücksichtigt, die aktuell in Deutschland arbeiten und von 2012 bis 2022 mindestens zwölfmal auf diesen Konferenzen publiziert haben. Insgesamt konnten wir 111 Spitzenforschende in Deutschland identifizieren.⁹ 90 von ihnen betreuen Doktorand:innen an deutschen Universitäten.

Wer sind die Top-Nachwuchstalente im KI-Bereich?

Ausgehend von unserer Liste mit Spitzenforschenden auf dem Gebiet der KI in Deutschland haben wir zwei Datensätze mit Top-Nachwuchstalente erstellt, die wir im Folgenden kurz erläutern; weitere Details zur Erstellung dieser Datensätze finden Sie in Anhang 1B.

Datensatz 1: Aktuelle Doktorand:innen (2022)

Mittels manueller Recherche haben wir eine Liste von Doktorand:innen erstellt, die aktuell promovieren und dabei von mindestens einem:r Spitzenforscher:in betreut werden. Die Namen der Doktorand:innen fast aller Spitzenforschender konnten über die Webseiten der entsprechenden Lehrstühle oder persönliche Homepages der Spitzenforschenden erhoben werden. Insgesamt haben wir auf diese Weise 893 Doktorand:innen von Spitzenforschenden im KI-Bereich ausfindig gemacht.

Datensatz 2: Ehemalige Doktorand:innen (2015 & 2018)

Um eine Stichprobe von Personen zu erhalten, die in der Vergangenheit im KI-Bereich promoviert haben und dabei von einem:r Spitzenforschenden betreut wurden, haben wir auf archivierte Webseiten zurückgegriffen, die wir über die Internet Archive Wayback Machine abgerufen haben. Ausgehend von archivierten Webseiten der Jahre 2015 und 2018 konnten insgesamt 806 Namen von ehemaligen Doktorand:innen ausgemacht werden, die in der Vergangenheit von einem:r Spitzenforscher:in betreut wurden. 142 dieser Namen sind bereits in Datensatz 1 enthalten.¹⁰ Beide Datensätze zusammen enthalten die Namen von 1557 aktuellen und ehemaligen Top-Doktorand:innen im Bereich KI in Deutschland.

9 Eine nähere Beschreibung dieser 111 Spitzenforscher:innen findet sich in Anhang 1A.

10 In den meisten Fällen entsteht die Überschneidung, weil sich die Promotion der jeweiligen Personen über einen längeren Zeitraum erstreckt. Die genaue Verteilung der Start- und Endjahre der Promotionen der Doktorand:innen in unserer Stichprobe ist in Abbildung 9 in Anhang 2B dargestellt.



Wie verlaufen die Bildungswege und Karriereschritte der Top-Nachwuchstalente?

Um Daten über die Bildungswege und ersten Karriereschritte der von uns identifizierten Top-Nachwuchstalente zu sammeln, haben wir auf Informationen zurückgegriffen, die diese Personen selbst in ihren LinkedIn-Profilen veröffentlicht haben. LinkedIn ist ein soziales Netzwerk, das insbesondere zur Pflege beruflicher Kontakte genutzt wird und in Deutschland auch unter Akademiker:innen verbreitet ist. Für 58 Prozent der Namen aktueller und ehemaliger Doktorand:innen in unseren Datensätzen konnten wir mittels manueller Recherche ein LinkedIn-Profil identifizieren, das der jeweiligen Person über Angaben zur Promotion eindeutig zugeordnet werden konnte. Einschätzungen und Kontrollansätze zu möglichen Verzerrungen unserer Ergebnisse durch Selbstselektionseffekte (Selection Bias) sind in Anhang 4 erläutert.

Den insgesamt 898 LinkedIn-Profilen wurden Informationen wie universitäre Stationen, bisherige Jobs und Arbeitgeber entnommen. In über 80 Prozent der Profile finden sich Angaben zum Bachelorabschluss. Für ca. 95 Prozent gibt es Angaben zur aktuellen Station (laufende Promotion oder aktueller Beruf). Für 710, also 79 Prozent der Profile, sind beide Angaben vorhanden. Von den Doktorand:innen in unserer Stichprobe hat ca. die Hälfte ihre Promotion laut eigenen Angaben bereits abgeschlossen.¹¹ Anhang 2A enthält eine tabellarische Übersicht der Datengrundlage unserer Analyse. Eine detaillierte Beschreibung, wie wir die aus den Profilen gewonnenen Informationen ausgewertet haben, befindet sich in Anhang 1C.

¹¹ Wir haben stichprobenartig mit Hilfe des Online-Katalogs der Deutschen Nationalbibliothek überprüft, ob ehemalige Doktorand:innen ihre Promotion erfolgreich abgeschlossen haben. Da für die überwiegende Mehrheit eine veröffentlichte Dissertation gefunden wurde, nehmen wir an, dass die Anzahl der abgebrochenen Promotionen vernachlässigbar ist, und sprechen im Folgenden bei allen ehemaligen Doktorand:innen über „Graduierte“.



Ergebnisse

Herkunftsländer von Top-Doktorand:innen im KI-Bereich an deutschen Universitäten

Die von uns erhobenen Daten zeigen: Deutschland ist als Promotionsstandort im Bereich KI international attraktiv. Mehr als die Hälfte (53 Prozent) der von uns identifizierten Doktorand:innen hat ihren ersten universitären Abschluss nicht in Deutschland, sondern im Ausland gemacht (siehe Abbildung 2). Obwohl uns keine Informationen über die Staatsbürgerschaft oder den gesamten Bildungshintergrund vorliegen, ist davon auszugehen, dass die Personen in unserer Stichprobe, die ihren ersten universitären Abschluss nicht in Deutschland gemacht haben, zum großen Teil internationale Studierende (sog. Bildungsausländer:innen) sind. Das schließen wir unter anderem daraus, dass die meisten von ihnen in Ländern studiert haben, die nicht typischerweise Länder sind, in die deutsche Staatsbürger:innen für ihr Erststudium gehen.¹²

Zum Vergleich: Über alle Fächer und Disziplinen hinweg lag der Anteil internationaler Doktorand:innen an deutschen Universitäten im Wintersemester 2020/21 bei etwa 12 Prozent.¹³ Im KI-Bereich gibt es also relativ gesehen deutlich mehr internationale Doktorand:innen als an deutschen Universitäten insgesamt.¹⁴ Verglichen mit den USA ziehen deutsche Top-Promotionsstandorte im Bereich KI allerdings weniger Talente aus dem Ausland an. In den USA liegt der Anteil internationaler Doktorand:innen in KI-nahen Disziplinen bei durchschnittlich 64 Prozent.¹⁵

12 46 Prozent der nicht-deutschen Bachelorabschlüsse in unserer Stichprobe wurden in China, Indien, Iran oder Russland gemacht. Unter den Personen mit deutscher Staatsbürgerschaft, die Deutschland für ihr Erststudium verlassen, studieren die meisten jedoch in den Niederlanden und in Österreich. Siehe: Statistisches Bundesamt (2021). *Deutsche Studierende im Ausland - Ergebnisse des Berichtsjahres 2019*.

13 DAAD & DZHW (Hrsg.). (2022). *Wissenschaft weltoffen kompakt: Facts and Figures on the International Nature of Studies and Research in Germany and Worldwide*.

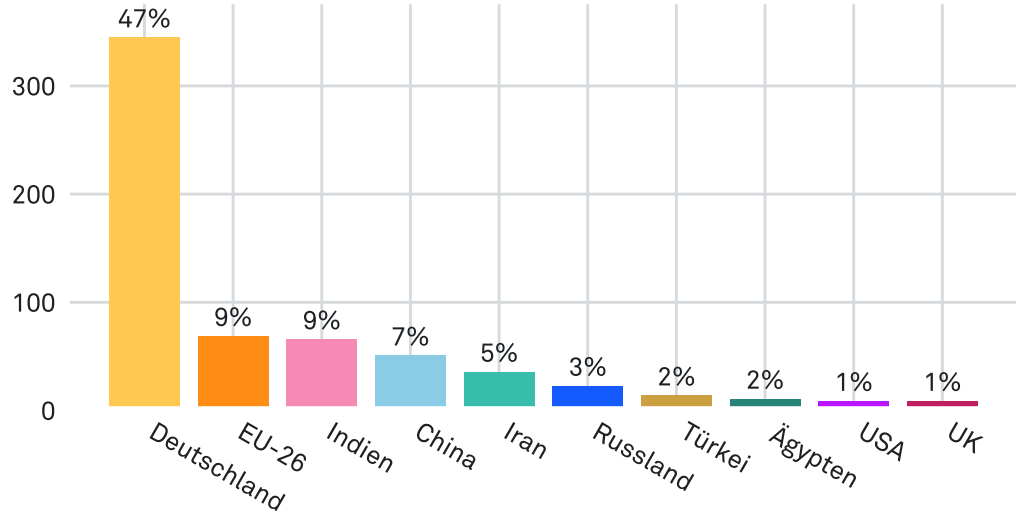
14 Dabei unterscheidet sich der Anteil internationaler Doktorand:innen je nach Standort in Deutschland (siehe Abbildung 10 in Anhang 2C).

15 Zwetsloot, R., Dunham, J., Arnold, Z., & Huang, T. (2019). *Keeping Top AI Talent in the United States*. Center for Security and Emerging Technology.



Abbildung 2

Wo haben KI-Doktorand:innen in Deutschland ihren ersten Hochschulabschluss gemacht?



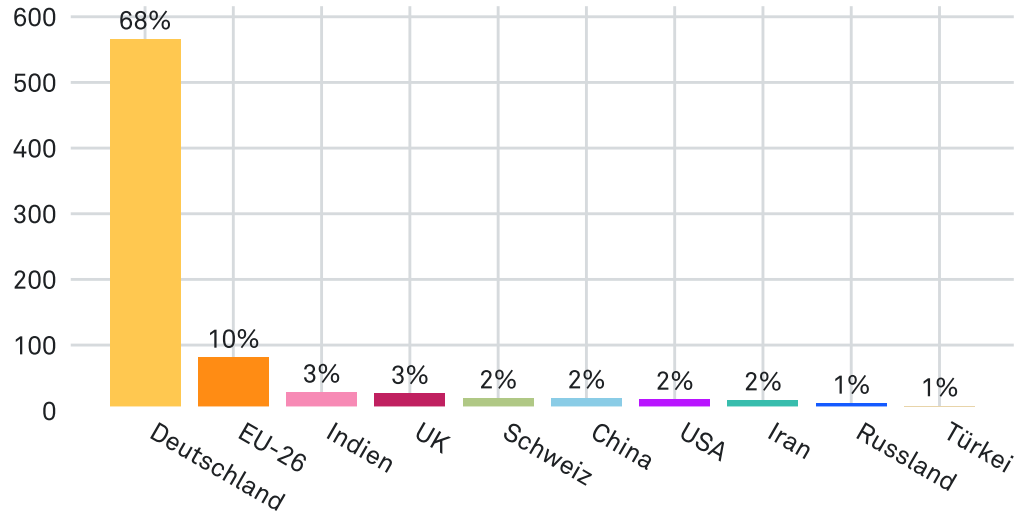
Die Abbildung zeigt die häufigsten Länder des ersten Hochschulabschlusses unter den aktuellen und ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe, für die eine Angabe zum Bachelorabschluss vorliegt (n=727). Die y-Achse gibt die absolute Zahl der Personen an. Insgesamt 87 Prozent der Top-Doktorand:innen im Bereich KI an deutschen Universitäten haben ihren ersten Hochschulabschluss in einem der hier aufgeführten Länder gemacht. Über die Hälfte hat ihren Bachelorabschluss nicht in Deutschland gemacht. Die am häufigsten vorkommenden Länder jenseits von Deutschland sind Indien, China und Iran mit bis zu 9 Prozent. Die Kategorie EU-26 umfasst alle aktuellen Mitgliedstaaten der europäischen Union außer Deutschland und macht zusammengenommen 9 Prozent aus.

Viele der internationalen Top-Doktorand:innen im Bereich KI in Deutschland sind nicht erst für die Promotion, sondern bereits für das Masterstudium nach Deutschland gekommen (siehe Abbildung 3). 68 Prozent der von uns in den Blick genommenen Doktorand:innen haben ihren Masterabschluss an einer deutschen Universität gemacht (im Vergleich zu 47 Prozent deutscher Bachelorabschlüsse). 9 Prozent haben zuvor an einer Universität im EU-Ausland studiert. In unserer Stichprobe haben vergleichsweise wenige Doktorand:innen ihren Master im nicht-europäischen Ausland absolviert (22 Prozent).



Abbildung 3

Wo haben KI-Doktorand:innen in Deutschland ihren Masterabschluss gemacht?



Die Abbildung zeigt die häufigsten Länder des Masterabschlusses unter den aktuellen und ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe, für die eine Angabe zum Masterabschluss vorliegt (n=833). Die y-Achse gibt die absolute Zahl der Personen an. Insgesamt 95 Prozent der Top-Doktorand:innen im Bereich KI an deutschen Universitäten haben ihren Masterabschluss in einem der hier aufgeführten Länder absolviert. Fast 80 Prozent der Masterabschlüsse konzentrieren sich auf Deutschland und die übrigen EU-Staaten (EU-26). Andere Länder tauchen mit maximal 3 Prozent auf – deutlich weniger als bei den Bachelorabschlüssen.

Zielländer nach Abschluss der Promotion

Von den 396 Doktorand:innen unserer Stichprobe, die ihre Promotion bereits abgeschlossen und ihren aktuellen Arbeitgeber auf LinkedIn dokumentiert haben, sind durchschnittlich noch 63 Prozent in Deutschland beschäftigt (siehe Abbildung 4). Dabei liegt der Abschluss der Promotion unter den Personen in unserer Stichprobe durchschnittlich drei Jahre zurück (siehe Anhang 2A).

Von den Personen in unserer Stichprobe, die ihren ersten Hochschulabschluss außerhalb Deutschlands gemacht haben (größtenteils internationale Doktorand:innen), bleiben weniger Personen nach Abschluss ihrer Promotion in Deutschland als im Durchschnitt. Lediglich 54 Prozent sind aktuell in Deutschland beschäftigt. Im Vergleich zu den USA, wo selbst fünf Jahre nach Abschluss der Promotion noch 82 Prozent der internationalen Top-Graduierten im KI-Bereich im Land beschäftigt sind,¹⁶ ist in Deutschland der Anteil der internationalen Doktorand:innen, die nach ihrem Abschluss bleiben, deutlich geringer.

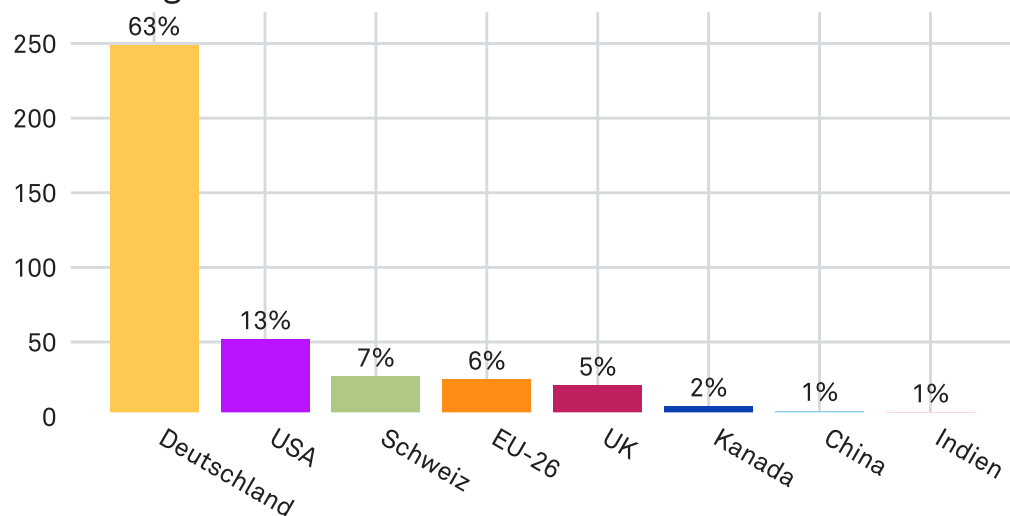
¹⁶ Zwetsloot, R., Dunham, J., Arnold, Z., & Huang, T. (2019). *Keeping Top AI Talent in the United States*. Center for Security and Emerging Technology. .



Hauptzielländer der Personen, die Deutschland verlassen, sind die USA, die Schweiz und das Vereinigte Königreich. Gemeinsam mit Deutschland zieht diese kleine Gruppe an Ländern den Großteil (88 Prozent) der in Deutschland promovierten Personen an, die aus vielen verschiedenen Weltregionen nach Deutschland gekommen sind. Allein die Schweiz zieht so viele Graduierte aus Deutschland an wie alle übrigen 26 EU-Mitgliedsstaaten zusammen. Obwohl viele der ehemaligen Doktorand:innen ihren Bachelorabschluss in Indien, China oder im Iran absolviert haben, kehren nur wenige in den ersten Jahren nach ihrem Abschluss in diese Länder zurück (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4

Wo sind ehemalige KI-Doktorand:innen in Deutschland heute beschäftigt?



Die Abbildung zeigt die häufigsten Länder, in denen ehemalige Doktorand:innen unserer Stichprobe, die ihren Job auf LinkedIn angegeben haben, heute beschäftigt sind (n=396). Die y-Achse gibt die absolute Zahl der Personen an. Über 98 Prozent der ehemaligen Top-Doktorand:innen im Bereich KI an deutschen Universitäten sind heute in einem der hier aufgeführten Länder beschäftigt. Ca. 63 Prozent arbeiten in Deutschland. Ca. 13 Prozent arbeiten aktuell in den USA, gefolgt von ca. 7 Prozent in der Schweiz und ca. 6 Prozent in der EU (exkl. Deutschland). China, Indien und Iran spielen hier kaum eine Rolle, obwohl viele Personen ihren Bachelor in diesen Ländern absolviert haben.

Unsere Daten zeigen, dass es unter den Top-Nachwuchswissenschaftler:innen, die ihre Promotion in Deutschland absolviert haben, viel Mobilität von Ost nach West gibt. Zahlreiche Personen, die ihren Bachelorabschluss in Indien, China oder Iran gemacht haben und für ihre Dissertation nach Deutschland gekommen sind, bleiben in Deutschland oder ziehen weiter in ein anderes europäisches Land, nach Großbritannien, in die Schweiz oder in die USA (siehe Abbildung 5). Die wenigen Personen, die aus diesen beliebten Zielländern zur Promotion nach Deutschland

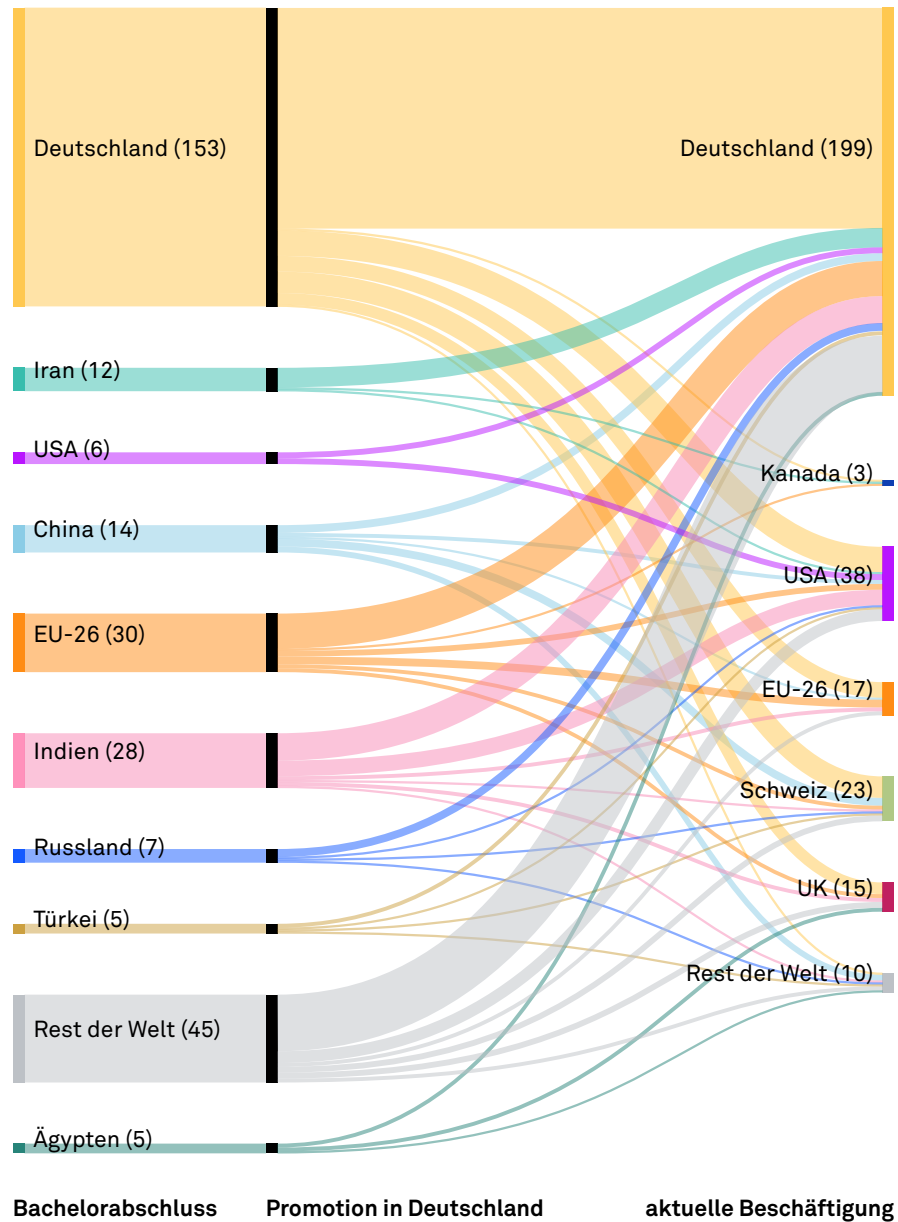


gekommen sind, kehren nach ihrer Promotion in eben diese Länder zurück, wenn sie nicht in Deutschland bleiben.

Die Abwanderung nach der Promotion ist stark abhängig vom Herkunftsland (siehe Abbildung 5 und Anhang 3C). Etwa ein Drittel der Personen, die ihren ersten Hochschulabschluss in Deutschland gemacht haben, verlässt Deutschland nach Abschluss der Promotion. Von denjenigen, die ihren Bachelorabschluss in Indien gemacht haben und zur Promotion nach Deutschland gekommen sind, verlassen Deutschland etwa 50 Prozent. Besonders viele Personen mit chinesischem Bachelorabschluss verlassen Deutschland nach der Promotion wieder (ca. 70 Prozent). Dagegen bleiben sehr viele Personen, die zuvor in Iran studiert haben: Ca. 80 Prozent arbeiten aktuell für einen in Deutschland ansässigen Arbeitgeber.

Die USA – das Land mit dem höchsten Zufluss in unserer Stichprobe – scheinen insbesondere für Graduierte, die ihren ersten Hochschulabschluss in Indien gemacht haben, ein attraktives Zielland zu sein. Während etwa die Hälfte aktuell einen Job in Deutschland ausübt, arbeitet mittlerweile rund ein Viertel von ihnen in den USA. Gleichermäßen kehrt ein hoher Anteil der Graduierten, die ihren ersten Hochschulabschluss in den USA gemacht hatten, bevor sie zur Promotion nach Deutschland gekommen sind, in die USA zurück.

Abbildung 5 Mobilität von in Deutschland promovierten KI-Talenten



Die Abbildung bietet eine Übersicht über die Mobilität von ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe, für die Angaben zum Bachelorabschluss, zum Promotionsabschluss und zur aktuellen Beschäftigung vorliegen (n=305). Die Breite der Balken entspricht jeweils dem Anteil von Personen, die im jeweiligen Land ihren Bachelorabschluss gemacht haben (links) und nach der Promotion in Deutschland im jeweiligen Land arbeiten (rechts). Hinter den Ländernamen ist in Klammern die Anzahl der jeweiligen Personen notiert. Die Kategorie „Rest der Welt“ umfasst links und rechts jeweils alle Länder, die nicht bereits in der jeweiligen Auflistung auftauchen. Die zugrundeliegenden Daten befinden sich in tabellarischer Form in Anhang 3C.

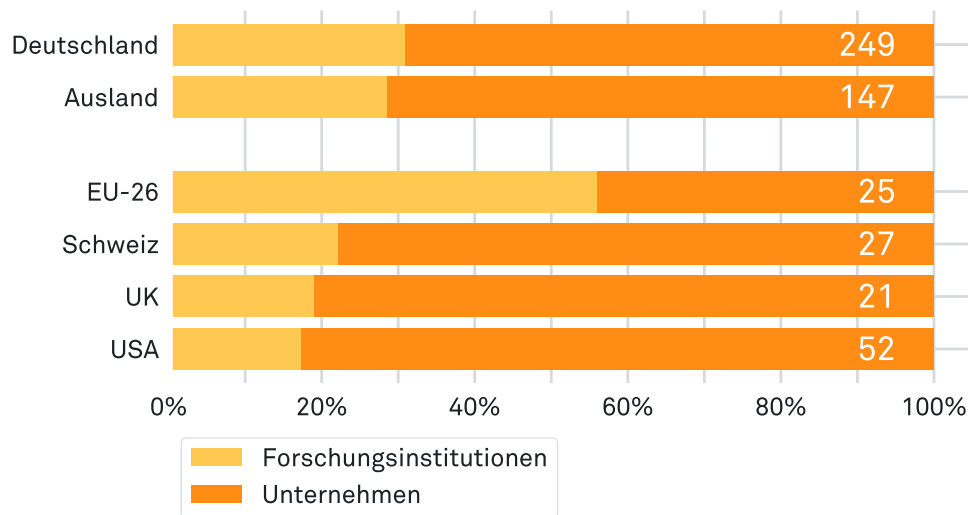


Aktuelle Arbeitgeber ehemaliger KI-Doktorand:innen

Von den Graduierten, die nach Abschluss ihrer Promotion in Deutschland geblieben sind, arbeiten etwa 70 Prozent in der Privatwirtschaft (siehe Abbildung 6). Unter den Graduierten, die Deutschland nach Abschluss ihrer Promotion verlassen haben, ist der Anteil der privatwirtschaftlich Beschäftigten ähnlich hoch. Von den Personen, die nach Abschluss ihrer Dissertation eine Stelle in den USA, im Vereinigten Königreich oder in der Schweiz angenommen haben, sind besonders viele bei einem Unternehmen beschäftigt (jeweils um die 80 Prozent). Die 25 Graduierten in unserer Stichprobe, die ins EU-Ausland gegangen sind, arbeiten mehrheitlich in Forschungseinrichtungen (56 Prozent).

Abbildung 6

Arbeiten die ehemaligen Doktorand:innen heute in der Forschung oder in der Privatwirtschaft?



Die Abbildung zeigt die Anteile ehemaliger Doktorand:innen in unserer Stichprobe, die ihren Job auf LinkedIn angegeben haben und heute in einer Forschungseinrichtung oder in einem Unternehmen beschäftigt sind (n=396). Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl an Personen in unserer Stichprobe wieder, die aktuell in dem jeweiligen Land arbeiten. Der Anteil von Beschäftigten in Forschungseinrichtungen und Unternehmen fällt je nach Land unterschiedlich aus. Von den Top-Nachwuchstalenten, die an einer deutschen Universität promoviert haben und heute im EU-Ausland beschäftigt sind, arbeiten 56 Prozent an einer Forschungseinrichtung und 44 Prozent in der Privatwirtschaft. Von denjenigen, die heute in den USA, Großbritannien oder der Schweiz beschäftigt sind, arbeiten deutlich mehr Personen in der Privatwirtschaft (etwa 80 Prozent).

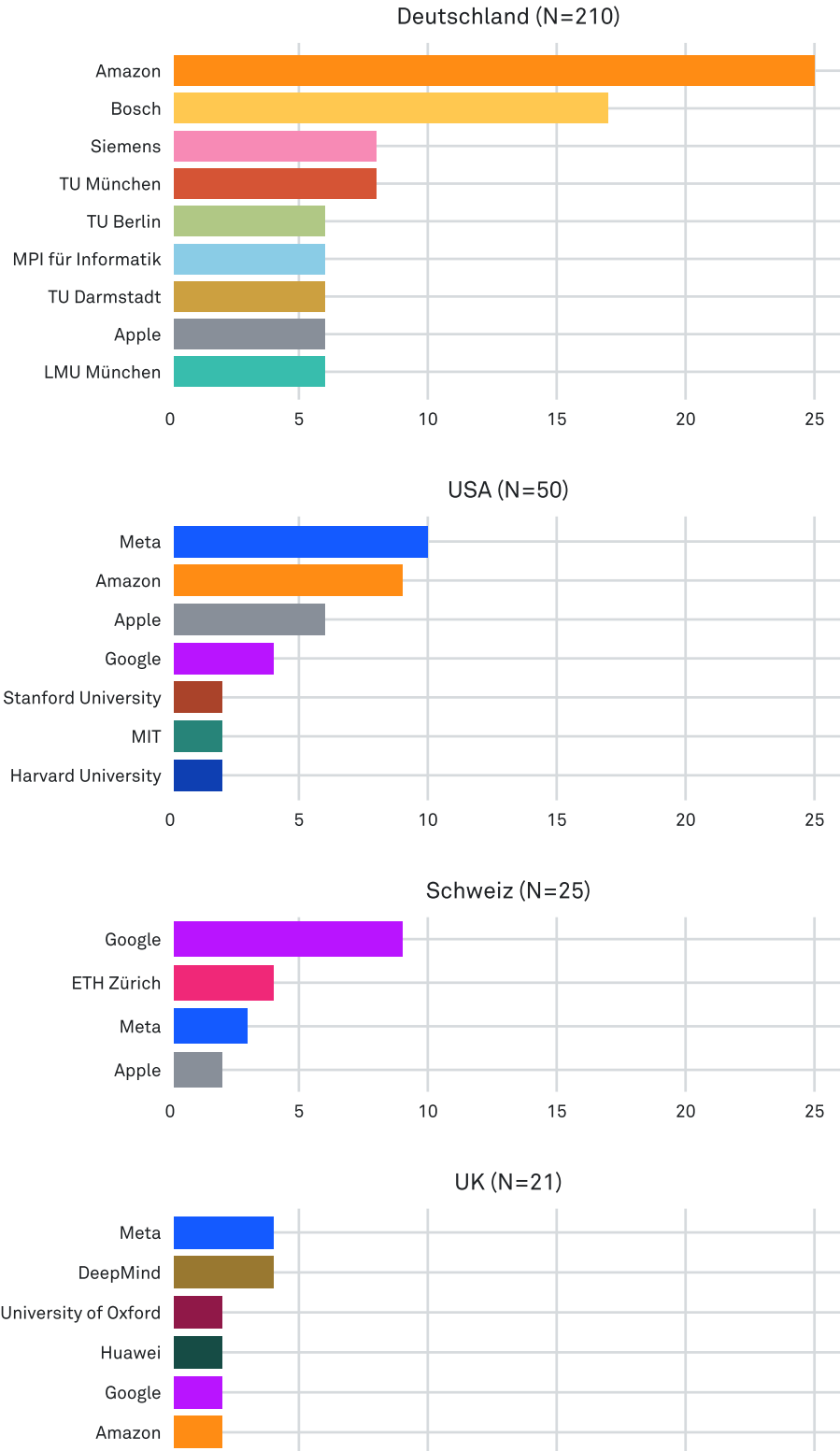


Viele der Personen, die Deutschland nach Abschluss ihrer Dissertation verlassen haben, arbeiten heute für ein US-amerikanisches Big-Tech-Unternehmen wie Alphabet (Google & DeepMind), Meta oder Amazon (siehe Abbildung 7). Auch renommierte Universitäten wie Oxford, Stanford oder die ETH Zürich ziehen Graduierte aus Deutschland an. In Deutschland ist Amazon ein beliebter Arbeitgeber, dicht gefolgt von Bosch und der TU München.

Je nach Zielland konzentrieren sich die Promovierten auf unterschiedlich viele Arbeitgeber. In den USA, der Schweiz und Großbritannien sind die ehemaligen Doktorand:innen mehrheitlich bei den jeweils vier beliebtesten Arbeitgebern beschäftigt (jeweils zu 58 Prozent, 72 Prozent und 57 Prozent). In Deutschland arbeiten hingegen insgesamt lediglich 28 Prozent der ehemaligen Doktorand:innen bei den vier beliebtesten Arbeitgebern.

Abbildung 7

Wer sind die Top-Arbeitgeber unter in Deutschland promovierten KI-Talenten in den beliebtesten Zielländern?





Die Abbildung zeigt die häufigsten Arbeitgeber in den beliebtesten Zielländern unter den ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe, deren LinkedIn-Profil eine Angabe zum aktuellen Beruf enthält. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl an Personen in unserer Stichprobe wieder, die aktuell beim jeweiligen Arbeitgeber arbeiten. Die Stichprobe je Zielland ist hier größer als in Abbildung 5, da wir auch Personen berücksichtigen, für die keine Angabe zum ersten Hochschulabschluss vorliegt. Die Daten zeigen: Viele der in Deutschland promovierten Personen arbeiten heute bei Niederlassungen der großen US-amerikanischen Tech-Unternehmen in Deutschland und im Ausland.



Fazit und Ausblick

Unsere Pilotstudie liefert auf Basis der von uns erhobenen Daten zu KI-Nachwuchsforscher:innen spannende Einblicke in die Zu- und Abflüsse von KI-Talent in Deutschland. Einige Erkenntnisse möchten wir hier hervorheben. Deutsche Universitäten profitieren stark von internationalem Zuzug. Über die Hälfte der Doktorand:innen an deutschen KI-Lehrstühlen in unserer Stichprobe hat ihren Bachelorabschluss im Ausland gemacht. Und 60 Prozent der ehemaligen Doktorand:innen bleiben erstmal im Land. Allerdings bleiben von den KI-Talenten, die mit einem Bachelor aus dem Ausland zur Promotion nach Deutschland gekommen sind, nur 54 Prozent nach Abschluss der Promotion im Land, während bei einem in Deutschland erworbenen Bachelor der Anteil bei 69 Prozent liegt. Zudem möchten wir unterstreichen, dass unsere Stichprobe viele Personen enthält, die ihre Promotion erst kürzlich abgeschlossen haben: Unter den ehemaligen Doktorand:innen liegt der Promotionszeitraum im Durchschnitt drei Jahre zurück. Es ist davon auszugehen, dass der Talent-Abfluss mit der Zeit weiter zunimmt.

Die EU hat eine eigene KI-Strategie aufgesetzt und unterstützt mit zahlreichen Förderprogrammen die Vernetzung und Zusammenarbeit von KI-Forscher:innen zwischen den Mitgliedsstaaten. Vor diesem Hintergrund ist es für uns überraschend, wie klein der Anteil an KI-Nachwuchsforscher:innen aus europäischen Nachbarländern im Vergleich zu anderen Regionen ist und wie wichtig hingegen der Zustrom von Talenten aus Indien, China und Iran. Das deutsche Universitätssystem zieht außerdem kaum Nachwuchswissenschaftler:innen aus den USA, Großbritannien oder der Schweiz an. Rund ein Viertel der Doktorand:innen aus unserem Datensatz geht allerdings nach Abschluss der Promotion in diese Länder. Das wirft die Frage auf, ob es sich hierbei um die besten und innovativsten Talente innerhalb unserer ohnehin schon hochqualifizierten Auswahl handeln könnte. Schließlich sind es vor allem die globalen Tech-Firmen mit ihren großen KI-Budgets, die die Liste der Arbeitgeber in diesen Ländern dominieren. Unsere Daten untermauern, was schon länger in Deutschland unter dem Schlagwort „Brain-Drain“ diskutiert wird: Deutsche Universitäten und Forschungsinstitutionen sind ein wichtiger Teil des KI-Talentpools, in dem die großen Tech-Firmen fischen.

Da es sich bei den USA, Großbritannien und der Schweiz um international führende KI-Standorte handelt, liegt eine weitere Interpretation auf der Hand. Demzufolge wäre Deutschland im Wettbewerb um KI-Talente eine Mittelmacht, die Nachwuchswissenschaftler:innen aus Asien und Osteuropa anzieht und ausbildet, dann aber viele ihrer besten Talente an die global führenden KI-Standorte verliert. Weitere Analysen sind allerdings notwendig, um diese Hypothese noch weiter zu untersuchen und zu validieren. Eine andere Frage, die man sich anschauen sollte, ist, wie viele KI-Nachwuchswissenschaftler:innen aus Deutschland sich für ein Masterstudium oder eine



Promotion im Ausland entscheiden und wohin sie gehen. Unsere Daten zeigen, dass aus den USA, Großbritannien und der Schweiz kaum Talente zur Promotion nach Deutschland kommen. Wir vermuten aber, dass viele Deutsche zur Promotion in diese Länder gehen.

Vergleiche mit anderen Ländern wären ein sinnvoller nächster Schritt. Eingangs hatten wir eine Studie zitiert, die zeigt, wie erfolgreich die USA globales KI-Talent anziehen und langfristig im Land halten. Dass Deutschland weniger attraktiv und erfolgreich ist im Halten eigener Nachwuchsforscher:innen als das Land, das weit hin als stärkster KI-Standort gilt, ist wenig überraschend. Aufschlussreicher wäre es zu untersuchen, wie Deutschland gegenüber Frankreich oder Großbritannien abschneidet. Zudem liefern unsere Daten keine Erklärungen für die Trends, die wir identifiziert haben. Wenn wir bei KI den Forschungs- und Innovationsstandort Deutschland stärken wollen, müssen wir analysieren, warum KI-Talente aus dem Ausland für ein Studium nach Deutschland kommen und was wiederum andere aus Deutschland ins Ausland zieht. Hierzu könnten zum Beispiel Umfragen durchgeführt werden.

Antworten auf diese Fragen würden die Debatte über die Förderung des deutschen KI-Standorts auf eine solidere empirische Grundlage stellen. Auf Basis solcher Analysen könnten zielgerichtete Maßnahmen für die KI-Strategie entwickelt werden. Ebenso wird es möglich, über Zeiträume hinweg nachzuvollziehen, ob politische Ziele, wie zum Beispiel Spitzenforscher:innen aus dem Ausland anzuziehen oder Austausch und Kooperation innerhalb der EU zu stärken, auch wirklich erreicht werden. Nur so kann die Bundesregierung ihre Vision eines international führenden KI-Standorts auch wirklich umsetzen.



Anhang 1: Ergänzende Erklärungen zum methodischen Vorgehen

A Identifikation der Spitzenforscher:innen

Um KI-Spitzenforscher:innen in Deutschland zu identifizieren, haben wir auf Publikationsdaten von 13 internationalen KI-Konferenzen (siehe Tabelle 1) zurückgegriffen, die über das Tool AI Author Rankings (airankings.professor-x.de) abrufbar sind. Bei der Auswahl der Konferenzen haben wir uns an der KI-Kategorie in CSRankings¹⁷ orientiert, einem weitverbreiteten internationalen Ranking von Institutionen im Bereich der Informatik. In diesen Konferenzen sind beispielsweise die Subdisziplinen Natural Language Processing und Computer Vision, die in den letzten zehn Jahren allesamt sehr durch Deep-Learning-Methoden geprägt wurden, stark vertreten.

Tabelle 1

AAAI	AAAI Conference on Artificial Intelligence
IJCAI	International Joint Conference on Artificial Intelligence
NeurIPS	Conference on Neural Information Processing Systems
ICML	International Conference on Machine Learning
KDD	The International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining
WWW	World Wide Web Conference
SIGIR	ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval
ACL	Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics
EMNLP	Empirical Methods in Natural Language Processing
NAACL	Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics

17 CSRankings hat sich im Gegensatz zu AI Author Rankings für unsere Analyse als ungeeignet herausgestellt, da die Datenbasis auf manueller Eingabe beruht und nicht alle relevanten Personen und Institutionen im Ranking enthalten sind.



CVPR	Conference on Computer Vision and Pattern Recognition
ICCV	International Conference on Computer Vision
ECCV	European Conference on Computer Vision

Tabelle: Internationale KI- Konferenzen, die in unserer Analyse zur Identifikation von Spitzenforschenden anhand von Publikationsdaten herangezogen wurden.

Über AI Author Rankings haben wir 3796 Personen weltweit identifiziert, die auf den in Tabelle 1 aufgeführten Konferenzen von Januar 2012 bis August 2022 mehr als 12 Beiträge veröffentlicht haben. Diese Personen wurden in unserer Analyse als globale Spitzenforscher:innen berücksichtigt. Um innerhalb dieser Gruppe Spitzenforschende in Deutschland zu identifizieren, haben wir bewusst nicht den Filter „Germany“ genutzt, der über AI Author Rankings bereitgestellt wird, da die zugrundeliegenden Daten über die Institutionszugehörigkeit der Forschenden aus der DBLP-Datenbank oft veraltet sind oder gar keine Informationen hierzu vorhanden sind. Stattdessen haben wir für alle 3796 Spitzenforschenden weltweit manuell die aktuelle Affiliation recherchiert.

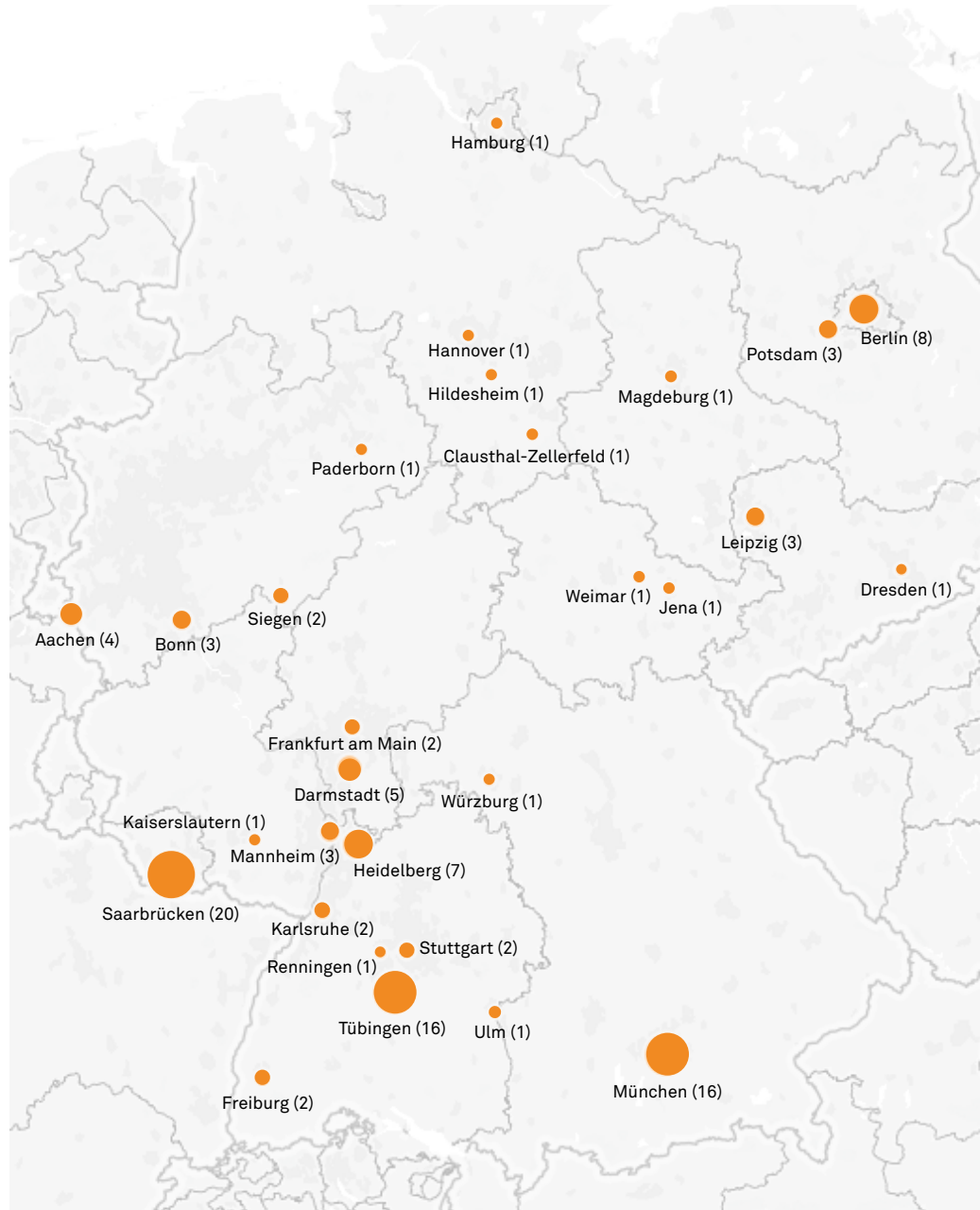
Auf diese Weise – manuelle Recherche der Institutionszugehörigkeiten der Spitzenforschenden weltweit – haben wir 111 Personen identifiziert, die aktuell (Stand August 2022) in Deutschland beschäftigt sind und von 2012 bis August 2022 mindestens 12 Beiträge auf einer von 13 internationalen KI-Konferenzen publiziert haben. Für 90 dieser 111 Spitzenforschenden konnten wir Doktorand:innen identifizieren. Die meisten der 21 übrigen Personen betreuen keine Doktorand:innen, weil sie selbst erst kürzlich promoviert haben oder in der Privatwirtschaft beschäftigt sind.

Saarbrücken ist die Stadt mit den meisten Spitzenforschenden in Deutschland (20), gefolgt von München und Tübingen (jeweils 16), Berlin (8) und Heidelberg (7) (siehe Abbildung 8). In diesen Städten verteilen sich die Spitzenforschenden jeweils auf mehrere Institutionen, wobei viele doppelte oder sogar dreifache Zugehörigkeiten haben.

Die große Mehrheit der Spitzenforschenden (86) führt den Titel Full Professor, Honorarprofessor:in, Junior-Professor:in oder Associate Professor und arbeitet zumindest teilweise an einer akademischen Institution oder an einem Forschungsinstitut. Lediglich acht Personen sind offenbar ausschließlich in der Industrie beschäftigt, davon vier an einem der Standorte von Amazon in Deutschland.



Abbildung 8 Wo arbeiten KI-Spitzenforscher:innen in Deutschland?



Die Karte zeigt die Beschäftigungsorte der 111 in Deutschland beschäftigten KI-Spitzenforscher:innen, die von Januar 2012 bis August 2022 mehr als zwölfmal auf den in Anhang 1 genannten 13 internationalen KI-Konferenzen veröffentlicht haben. Hinter den Namen der Städte ist in Klammern die Anzahl der in der jeweiligen Stadt beschäftigten Personen notiert. Saarbrücken, München und Tübingen sind die Städte mit den meisten Spitzenforschenden.



B Identifikation aktueller und ehemaliger Doktorand:innen

Die Listen mit Namen aktueller und ehemaliger Doktorand:innen der Spitzenforschenden (Top-Nachwuchstalente) basieren auf manueller Recherche über Online-Suchmaschinen und die Internet Archive Wayback Machine. In den meisten Fällen können die Doktorand:innen der Spitzenforscher:innen in den Jahren 2015, 2018 und 2022 eindeutig identifiziert werden. In wenigen Fällen lag keine archivierte Version der entsprechenden Seite für 2015 oder 2018 vor. Sofern vorhanden, haben wir in diesem Fall archivierte Seiten aus 2014, 2016 oder 2017 verwendet.

Durch unser Vorgehen, die Doktorand:innen von publikationsträchtigen Forschenden im KI-Bereich zu identifizieren, könnten theoretisch auch Personen in unseren Datensatz gelangt sein, die nicht zu KI arbeiten, sondern zu einem anderen Thema von einer:m der KI-Spitzenforschenden betreut werden. Um solchen Fällen vorzubeugen, haben wir die Forschungsschwerpunkte der Doktorand:innen stichprobenartig geprüft. Bis auf wenige Ausnahmen lässt sich der thematische KI-Bezug eindeutig feststellen.

Einige wenige Spitzenforscher:innen sind Teil größerer Forschungsgruppen mit mehreren Professor:innen, die jeweils Doktorand:innen betreuen. In diesen Fällen war es zum Teil nicht möglich, herauszufinden, welche Doktorand:innen von welchen Professor:innen betreut werden. In solchen Fällen wurden alle Doktorand:innen der Forschungsgruppe in unseren Datensatz aufgenommen, sofern sich ihre Forschungsschwerpunkte im Bereich KI bewegen, was wir über eine manuelle Online-Recherche sichergestellt haben.

In unserer Analyse konzentrieren wir uns explizit auf Doktorand:innen, die ihren Abschluss an deutschen Universitäten erlangen werden oder bereits erlangt haben. PhD-Studierende, die über Kooperationen wie zum Beispiel „Cambridge-Tübingen AI Fellowships“ an einer deutschen Institution forschen und dort von einer:m der von uns identifizierten Spitzenforschenden betreut werden, ihren Abschluss aber an einer Universität im Ausland machen (z. B. an der Universität Cambridge in Großbritannien), sind nicht Teil unserer Studie.

C Abschlüsse, Länderzuordnungen und Arbeitgeberklassifizierung

Als Bachelorabschlüsse werden im Rahmen dieser Analyse alle ersten Hochschulabschlüsse gezählt, die in den LinkedIn-Profilen der aktuellen und ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe aufgeführt sind. Diplomabschlüsse gehen sowohl als Bachelor- als auch als Masterabschlüsse in unsere Analyse ein. Ausländische Abschlüsse wurden, soweit möglich, dem Bachelor- und Mastersystem zugeordnet.

In einigen Profilen gibt es mehrere Angaben zu Bachelor- oder Masterabschlüssen. In diesen Fällen berücksichtigen wir jeweils den ersten Bachelorabschluss und den letzten Masterabschluss. Enthält ein LinkedIn-Profil mehrere Angaben zu Promotionen, wird lediglich die zuletzt abgeschlossene bzw. aktuelle Promotion berücksichtigt. Praktika, Austauschprogramme oder Auslandsaufenthalte werden in unsere Analyse nicht einbezogen. Die aktuelle Beschäftigung von Personen haben wir nur ausgewertet, sofern die Promotion bereits abgeschlossen ist.

Bildungsstationen haben auf LinkedIn keine Ortsangabe. Für unsere Analyse haben wir daher alle in den Profilen enthaltenen Angaben zu Hochschulabschlüssen über den Namen der Bildungseinrichtung einem Land zugeordnet. Etwa 80 Prozent der Institutionen konnten mit Hilfe der Datenbank Research Organization Registry (ROR) einem Land zugeordnet werden. Weitere 14 Prozent der Bildungseinrichtungen wurden über eine Suche mit einer API der Firma OpenCage zugeordnet, die auf verschiedenen offenen Quellen und Tools zur Georeferenzierung basiert. Alle Bildungseinrichtungen, die nicht über die ROR-Datenbank oder die OpenCage-API georeferenziert werden konnten, wurden manuell einem Land zugeordnet. Die automatische Zuordnung von Ländern zu Bildungsinstitutionen über die ROR-Datenbank und die OpenCage-API wurde stichprobenartig für 200 Bildungsstationen manuell überprüft. Diese Überprüfung ergab eine Genauigkeit von 99 Prozent.

Im Gegensatz zu den Angaben zu Bildungsstationen, bei denen LinkedIn keine Möglichkeit zur Ortsangabe bereithält, können LinkedIn-Nutzer:innen in einem Freitextfeld Angaben zu ihrem Berufsort machen. In den LinkedIn-Profilen, die unserer Analyse zugrunde liegen, liegt für 93 Prozent eine Ortsangabe in einem Freitextfeld vor, die für die Länderzuordnung verwendet wurde. Die Angaben zu Berufen oder Arbeitgebern, für die keine solche Ortsangabe vorliegt, wurden über die OpenCage-API, oder im Falle von Forschungseinrichtungen über die ROR-Datenbank einem Land zugeordnet. Die übrigen Berufe und Arbeitgeber, die auf diesem Weg nicht georeferenziert werden konnten, wurden manuell einem Land zugeordnet.

Die Klassifizierung der Arbeitgeber in privatwirtschaftliche und universitäre Institutionen erfolgte mittels manueller Onlinerecherche.



Anhang 2: Beschreibung der Datengrundlage

A Vollständigkeit der Angaben

Da die Angaben in den zugrunde liegenden LinkedIn-Profilen nicht immer vollständig waren, stützen sich unsere Ergebnisse auf unterschiedliche Grundgesamtheiten. Insgesamt haben wir die Namen von 1557 aktuellen und ehemaligen Doktorand:innen recherchiert und für 898 das zugehörige LinkedIn-Profil identifizieren und daraus Informationen gewinnen können. Für insgesamt 727 Personen liegt eine Angabe zum Bachelorabschluss vor (siehe Tabelle 2). 459 Personen haben ihre Promotion laut eigenen Angaben noch nicht abgeschlossen. Von den 439 Personen, die ihre Promotion laut eigenen Angaben abgeschlossen haben, haben die meisten (396 Personen) ihren aktuellen Arbeitgeber in ihrem LinkedIn-Profil angegeben. Für 305 dieser 396 Personen liegt ebenfalls eine Angabe zum Bachelorabschluss vor. Diese 305 Personen bilden die Grundlage für unsere Analyse zur Mobilität von ehemaligen Top-Doktorand:innen (siehe Abbildung 5).

Tabelle 2

		Angabe zum Bachelor		
		Information zum Bachelor vorhanden	keine Information zum Bachelor	Gesamt
Angaben zur aktuellen Beschäftigung	noch promovierend	405	54	459
	Promotion abgeschlossen & Information zu aktuellem Arbeitgeber vorhanden	305	91	396
	Promotion abgeschlossen & keine Information zu aktuellem Arbeitgeber	17	26	43
	Gesamt	727	171	898

Die Tabelle gibt einen Überblick über die Vollständigkeit der LinkedIn-Profile, die die Grundlage unserer Analyse bilden. Für über 80 Prozent der insgesamt 898 Profile finden sich Angaben zum Bachelorabschluss. Für 95 Prozent gibt es Angaben zur aktuellen Station (laufende Promotion oder aktueller Arbeitgeber). Für 710 Personen, also 79 Prozent der Profile, sind beide Angaben vorhanden. Von den Doktorand:innen in unserem Sample hat ca. die Hälfte ihre Promotion abgeschlossen.

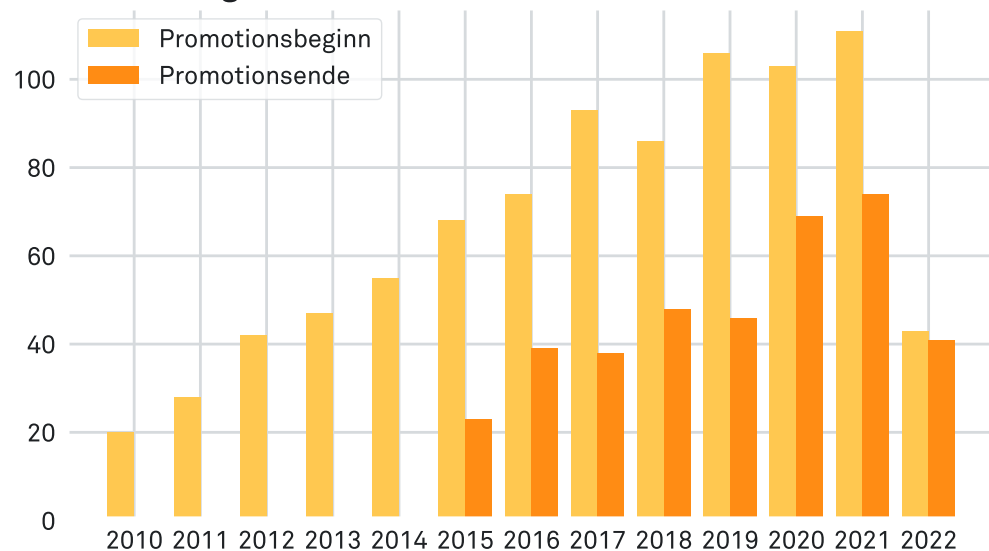


B Verteilung von Promotionsstart und -ende unter den Doktorand:innen in unserer Stichprobe

Für unseren Datensatz wurden Namen von Doktorand:innen gesammelt, wie sie zum jeweiligen Zeitpunkt (2022/2018/2015) auf den (archivierten) Webseiten der Arbeitsgruppen zu finden waren. Diese Webseiten geben jedoch in der Regel keine Auskunft über den Start- oder Endzeitpunkt der Promotionen. 98 Prozent der 898 LinkedIn-Profile von Doktorand:innen enthalten eine Angabe zum Beginn der Promotion, 86 Prozent eine Angabe zum (voraussichtlichen) Ende. Die Verteilung der Start- und Endjahre ist in Abbildung 9 dargestellt: Im Mittel haben die Doktorand:innen in unserer Stichprobe ihren PhD zwischen 2017 und 2018 begonnen. Die Personen, bei denen der Promotionszeitraum in der Vergangenheit liegt, haben im Mittel 2019 ihren PhD beendet.

Abbildung 9

Wann haben KI-Doktorand:innen in unserem Datensatz ihre Promotion begonnen und beendet?



Das Histogramm zeigt die Anzahl von der Doktorand:innen in unserer Stichprobe pro Jahr, die ihre Promotion aufgenommen (hell/links, $n=876$) und abgeschlossen (dunkel/rechts, $n=378$) haben. Dabei werden alle Doktorand:innen in unserer Stichprobe berücksichtigt, für die die entsprechenden Angaben zum Promotionszeitraum vorliegen. Die y-Achse gibt die absolute Zahl der Personen an. Unter den Personen, die ihre Promotion bereits abgeschlossen haben, liegt das Ende der Promotion durchschnittlich drei Jahre zurück (Standardabweichung \pm zwei Jahre). Da unsere Daten Mitte 2022 erhoben wurden, sind die absoluten Zahlen für dieses Jahr geringer.

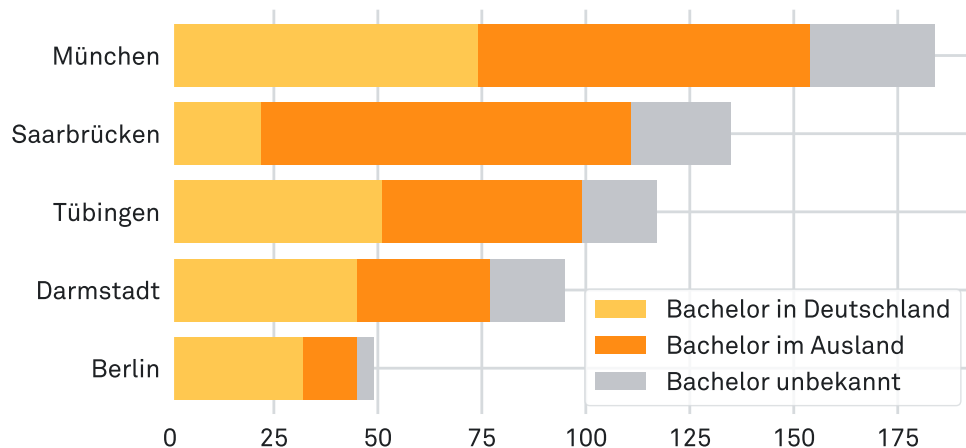


C Top-Promotionsstandorte der identifizierten Doktorand:innen

In unserer Stichprobe führt München die Liste mit Top-KI-Doktorand:innen an, gefolgt von Saarbrücken und Tübingen (Abbildung 10). Innerhalb Deutschlands unterscheiden sich Standorte hinsichtlich ihrer Internationalität und der Anzahl von Doktorand:innen, die in Forschungsgruppen von Spitzenforscher:innen promovieren (Top-Doktorand:innen). München bildet an seinen zwei Universitäten besonders viele Top-Nachwuchstalente aus, die von Spitzenforschenden betreut werden. Hier liegt der Anteil der Doktorand:innen, die ihren ersten Hochschulabschluss in Deutschland absolviert haben, bei etwa 50 Prozent. Saarbrücken ist deutschlandweit besonders attraktiv für internationale Doktorand:innen: Fast 80 Prozent der Top-Nachwuchstalente in Saarbrücken haben ihren Bachelorabschluss nicht in Deutschland gemacht. Berlin hat in unserer Stichprobe im Vergleich zu anderen Standorten in Deutschland verhältnismäßig wenige Doktorand:innen, die ihren Bachelorabschluss außerhalb Deutschlands gemacht haben.

Abbildung 10

An welchen Standorten promovieren Top-KI-Talente in Deutschland?



Die Abbildung zeigt die fünf Städte mit den meisten aktuellen und ehemaligen Top-Doktorand:innen, die zusammen 66 Prozent unserer Stichprobe abdecken. Die Farben innerhalb der Balken zeigen den Anteil von Personen mit deutschem, ausländischem oder unbekanntem Bachelorabschluss an den jeweiligen Standorten an. Die x-Achse gibt die absolute Zahl der Personen an. München führt die Liste mit Top-KI-Doktorand:innen an, gefolgt von Saarbrücken und Tübingen. In diesen Städten gibt es deutschlandweit auch die meisten Spitzenforschenden. Der Anteil an internationalen Doktorand:innen fällt je nach Standort unterschiedlich aus: In Saarbrücken promovieren viele Personen, die ihren ersten Hochschulabschluss außerhalb Deutschlands gemacht haben. Dagegen ist der Anteil in Berlin deutlich geringer.



Anhang 3: Ergänzungen zu Abbildungen des Hauptteils

A Ergänzung zu Ländern des ersten Hochschulabschlusses (Abbildung 2)

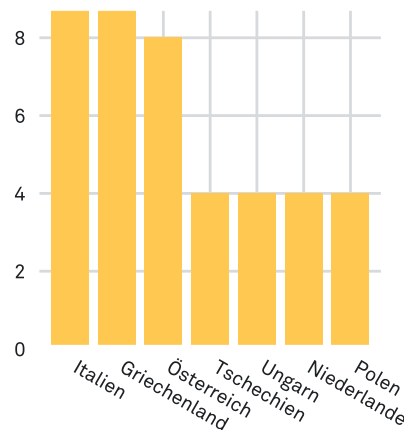
In Abbildung 2 werden die häufigsten Herkunftsländer (Länder des ersten Hochschulabschlusses) dargestellt, die zusammengenommen 87 Prozent der Stichprobe ausmachen. Länder der Europäischen Union sind als EU-26 zusammengefasst (exklusive Deutschland). Abbildung 11 links zeigt die Aufteilung innerhalb der EU-Staaten, in denen mehr als vier Personen ihren ersten Hochschulabschluss gemacht haben, bevor sie zur Promotion nach Deutschland gekommen sind. Die EU-Staaten exklusive Deutschland machen insgesamt 9 Prozent unserer Stichprobe aus.

Die rechte Abbildung zeigt die nachfolgenden Länder, die in Abbildung 2 nicht mit aufgelistet sind und in denen mehr als fünf Personen ihren ersten Hochschulabschluss gemacht haben, bevor sie zur Promotion nach Deutschland gekommen sind.

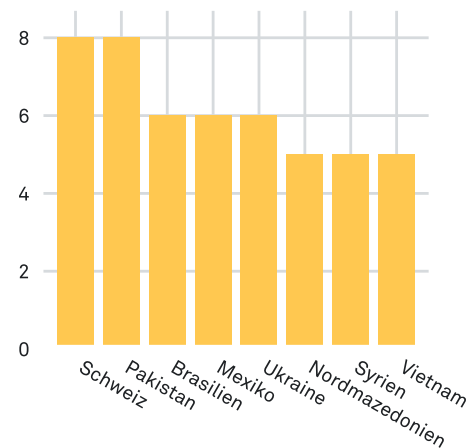
Abbildung 11

Aufschlüsselung des ersten Hochschulabschlusses unter KI-Doktorand:innen...

...innerhalb der EU-26



...weiterer Länder



Die Abbildungen zeigen die Länder des ersten Hochschulabschlusses der aktuellen und ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe, die in Abbildung 2 entweder in der Kategorie EU-26 zusammengefasst sind (links) oder nicht zu den in Abbildung 2 aufgeführten Ländern gehören (rechts). Die Abbildungen sind somit eine Ergänzung zu Abbildung 2. Die y-Achse gibt jeweils die absolute Zahl der Personen an. Innerhalb der Kategorie EU-26 haben die meisten Personen in unserer Stichprobe ihren ersten Hochschulabschluss in Italien oder Griechenland gemacht.



B Tabellarische Übersicht zur Mobilität (Abbildung 5)

In Tabelle 3 sind die Kombinationen der Herkunfts- und Zielländer in unserer Stichprobe zu erkennen. Für das Mobilitätsdiagramm (Abbildung 5) wurden alle Personen berücksichtigt, für die sowohl eine Angabe zum Bachelorabschluss als auch zur Beschäftigung nach der Promotion in Deutschland vorliegt. Die in dieser Tabelle enthaltenen Spalten, die mit „keine Angabe zum Bachelorabschluss“ bzw. „keine Angabe zum aktuellen Arbeitgeber“ betitelt sind, sind dementsprechend nicht in das Mobilitätsdiagramm eingeflossen. Dadurch unterscheiden sich die Summenangaben in der Tabelle von den Zahlen in Abbildung 5.

Table 3

		Zielland								
		Deutschland	EU-26	Kanada	Schweiz	UK	USA	Weitere Zielländer	keine Angabe zum aktuellen Arbeitgeber	Summe
Herkunftsland	China	4	1	0	4	0	2	3	3	17
	Deutschland	113	8	1	11	6	13	1	11	164
	EU-26	18	4	1	2	2	3	0	1	31
	Indien	14	2	0	1	2	8	1	1	29
	Iran	10	0	1	0	0	1	0	1	13
	Russland	4	0	0	1	0	1	1	0	7
	Türkei	2	0	0	1	0	1	1	0	5
	USA	3	0	0	0	0	3	0	0	6
	Ägypten	2	0	0	0	2	0	1	0	5
	Weitere Herkunftsländer	29	2	0	3	3	6	2	0	45
	keine Angabe zum Bachelorabschluss	50	8	4	4	6	14	5	26	117
	Summe	249	25	7	27	21	52	15	43	439

Kombinationen von Herkunftsländern (Zeilen) und Zielländern (Spalten) unter den ehemaligen Doktorand:innen in unserer Stichprobe. Beispielsweise lässt sich ablesen, dass von den insgesamt 29 Graduierten mit indischem Bachelorabschluss 14 in Deutschland arbeiten und 8 in den USA.



Anhang 4: Selbstselektionseffekte und Kontrollschätzungen

Unsere hier vorliegenden Analysen beruhen auf öffentlich zugänglichen, freiwillig bereitgestellten Lebenslaufdaten auf LinkedIn. Ähnlich wie bei Umfragen kann es zu Selbstselektionseffekten kommen. Das ist der Fall, wenn die Verfügbarkeit der Information mit der Antwort auf die Fragestellung korreliert. In unserer Analyse könnte es zum Beispiel Verzerrungen geben, wenn die Wahrscheinlichkeit, ein LinkedIn-Profil zu haben und dort die für uns relevanten Angaben zu machen, mit dem Herkunftsland, Zielland oder Arbeitgeber zusammenhängt. Von den insgesamt 1557 identifizierten Top-Doktorand:innen haben wir für ca. 58 Prozent ein LinkedIn-Profil gefunden; von diesen Profilen enthalten wiederum 80 Prozent Angaben zum Bachelorabschluss (vgl. Tabelle 2).

Es ist denkbar, dass Personen aus gewissen Ländern häufiger unvollständige oder gar keine LinkedIn-Profile haben. Um den Einfluss der Stichprobenziehung auf unsere Ergebnisse besser einschätzen zu können, haben wir uns eines Proxys für eine Kontrollschätzung bedient. Für die Kohorte, für die keine Angaben zum Land des Bachelorabschlusses vorliegt, haben wir die Namensherkunft geschätzt und als Proxy für die Bachelorländer herangezogen. Dazu haben wir eine proprietäre API des französischen Softwareunternehmens Namsor genutzt, die Schätzungen basierend auf Vor- und Zunamen erlaubt.

Die Daten zu den 830 Personen, für die keine Angabe zum Bachelorabschluss vorlag (wegen nicht vorhandener LinkedIn-Profile oder unvollständiger Angaben in den LinkedIn-Profilen), haben wir mit den Schätzungen von Namsor ergänzt und gemeinsam mit den 727 vollständigen LinkedIn-Profilen analysiert (n=1557). Die daraus resultierenden Ergebnisse unterscheiden sich nicht wesentlich von den Ergebnissen, die lediglich auf den 727 LinkedIn-Profilen basieren, die eine Angabe zum Bachelorabschluss enthalten. Die Kernaussagen bleiben unverändert: China, Indien, Iran und Russland sind nach Deutschland die häufigsten Länder des Bachelorabschlusses, auch die Größenordnungen bleiben gleich. Damit ist es unwahrscheinlich, dass Ergebnisse zu den ersten Hochschulabschlüssen in unseren Daten durch die ungleichmäßige Verteilung von LinkedIn-Profilen in unserer Stichprobe stark verzerrt sind.

Bei den Ergebnissen zu Zielländern und Arbeitgebern gibt es diese Kontrollmöglichkeit nicht, weshalb Selbstselektionseffekte nicht ausgeschlossen werden können. Denkbar ist beispielsweise, dass LinkedIn unter privatwirtschaftlich Beschäftigten und akademisch Beschäftigten unterschiedlich stark verbreitet ist.



Über die Stiftung Neue Verantwortung (SNV)

Die SNV ist ein gemeinnütziger Think Tank, der an der Schnittstelle von Technologie und Gesellschaft arbeitet. Die Kernmethode der SNV ist die kollaborative Entwicklung von Politikvorschlägen und -analysen. Die Expert:innen der SNV arbeiten nicht allein, sondern entwickeln und testen Ideen gemeinsam mit Vertreter:innen aus Politik und Verwaltung, Technologieunternehmen, Zivilgesellschaft und Wissenschaft. Unsere Expert:innen arbeiten unabhängig von Interessengruppen und Parteien. Unsere Unabhängigkeit gewährleisten wir durch eine Mischfinanzierung, zu der viele verschiedene Stiftungen, öffentliche Mittel und Unternehmensspenden beitragen.

Über die Autor:innen

Pegah Maham ist Lead Data Scientist bei der SNV, wo sie seit 2020 das Data-Science-Team aufgebaut und Data Science in die Arbeit des Think Tanks integriert hat. Insbesondere beschäftigt sie sich mit der Frage, wie mit den Methoden der Data Science Trends in der Entwicklung Künstlicher Intelligenz und ihre gesellschaftlichen Folgen erfasst werden können. Sie ist außerdem Mitgründerin der Plattform „Policy Data Science Network“, die Datenwissenschaftler:innen in NGOs, Think Tanks, Politik und Verwaltung vernetzt. Zuvor hat Pegah Maham als Data Scientist in einem Start-Up im Bereich der erneuerbaren Energien gearbeitet. Sie hat Masterabschlüsse in Statistik (Humboldt Universität zu Berlin) und Data Science (London School of Economics).

Dr. Stefan Heumann ist Politikwissenschaftler. Vor seiner Berufung in den Vorstand hat er das Programm „Europäische Digitale Agenda“ aufgebaut und bis März 2016 geleitet und so die Grundlage für die Weiterentwicklung der SNV zum Think Tank für die Gesellschaft im technologischen Wandel geschaffen. Stefan Heumann arbeitet, spricht und schreibt zu Themen der nationalen und internationalen Digitalpolitik. Er engagiert sich als ehrenamtliches Mitglied des Vorstands der Open Knowledge Foundation Deutschland e.V. Als Sachverständiger war er Mitglied der Enquete Kommission „Künstliche Intelligenz“ des Deutschen Bundestags (September 2018 bis Oktober 2020).

Wiebke Denkena ist Projektmanagerin für Technologie und Geopolitik bei der SNV. Ihre Arbeit widmet sich den sozialen, (geo)politischen und ökonomischen Auswirkungen von Künstlicher Intelligenz. Sie hat einen Bachelorabschluss in Geodäsie & Geoinformatik und ist Absolventin des interdisziplinären „Studium Individuale“ an der Leuphana Universität in Lüneburg. Ihren Masterabschluss hat sie im forschungsorientierten Studienprogramm „Media Studies (Research)“ mit dem Schwerpunkt neue Medien und digitale Kulturen an der Universität Amsterdam erlangt.



Laurenz Hemmen ist Data Scientist bei der SNV, wo er vor allem für technische Aspekte der Datensammlung, -aufbereitung, -analyse und -visualisierung zuständig ist. Zuvor hat er am Max-Delbrück-Centrum für molekulare Medizin Anwendungen von maschinellem Lernen in der Krebstherapie erforscht. Laurenz Hemmen hat Physik (M.Sc.) an der Georg-August-Universität Göttingen studiert. Sein Fokus lag auf maschinellem Lernen und künstlichen neuronalen Netzwerken, mit Forschungsaufenthalten zu Computer Vision und Natural Language Processing in Indien und Taiwan. Er interessiert sich besonders für die Sicherheit und Interpretierbarkeit von Künstlicher Intelligenz und hat sich damit auch in seiner Masterarbeit auseinandergesetzt.

Anna Semenova arbeitet als Data Scientist bei der SNV. Zur Expertise gehören Datenerhebung und -analyse sowie moderne praktische Methoden der statistischen Inferenz und Ökonometrie. Ausbildungsstationen waren ein wirtschaftswissenschaftlicher B.A. an der Higher School of Economics und der New Economic School in Moskau sowie ein M.Sc. in Statistik an der Humboldt-Universität zu Berlin. Im Fokus der Masterarbeit standen die Beschäftigung mit multivariaten biomedizinischen Daten, um Muster für die Imputation fehlender Daten zu identifizieren, und die Umsetzung eines theoretischen statistischen Modells in reproduzierbaren Pipeline-Code. Zuvor hat Anna Semenova für mehrere Unternehmen gearbeitet und praktische Erfahrungen in verschiedenen Bereichen der Data Science gesammelt.

So erreichen Sie die Autor:innen:

Pegah Maham
pmaham@stiftung-nv.de

Dr. Stefan Heumann
Mitglied des Vorstands
sheumann@stiftung-nv.de

Wiebke Denkena
wdenkena@stiftung-nv.de

Laurenz Hemmen
lhemmen@stiftung-nv.de

Anna Semenova
asemenova@stiftung-nv.de

Impressum

Stiftung Neue Verantwortung e.V.
Beisheim Center
Berliner Freiheit 2
10785 Berlin

T: +49 (0) 30 81 45 03 78 80

F: +49 (0) 30 81 45 03 78 97

www.stiftung-nv.de

info@stiftung-nv.de

Design:

Make Studio

www.make-studio.net

Layout:

Alina Siebert



Dieser Beitrag unterliegt einer CreativeCommons-Lizenz (CC BY-SA). Die Vervielfältigung, Verbreitung und Veröffentlichung, Veränderung oder Übersetzung von Inhalten der Stiftung Neue Verantwortung, die mit der Lizenz „CC BY-SA“ gekennzeichnet sind, sowie die Erstellung daraus abgeleiteter Produkte sind unter den Bedingungen. „Namensnennung“ und „Weiterverwendung unter gleicher Lizenz“ gestattet. Ausführliche Informationen zu den Lizenzbedingungen finden Sie hier: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>