

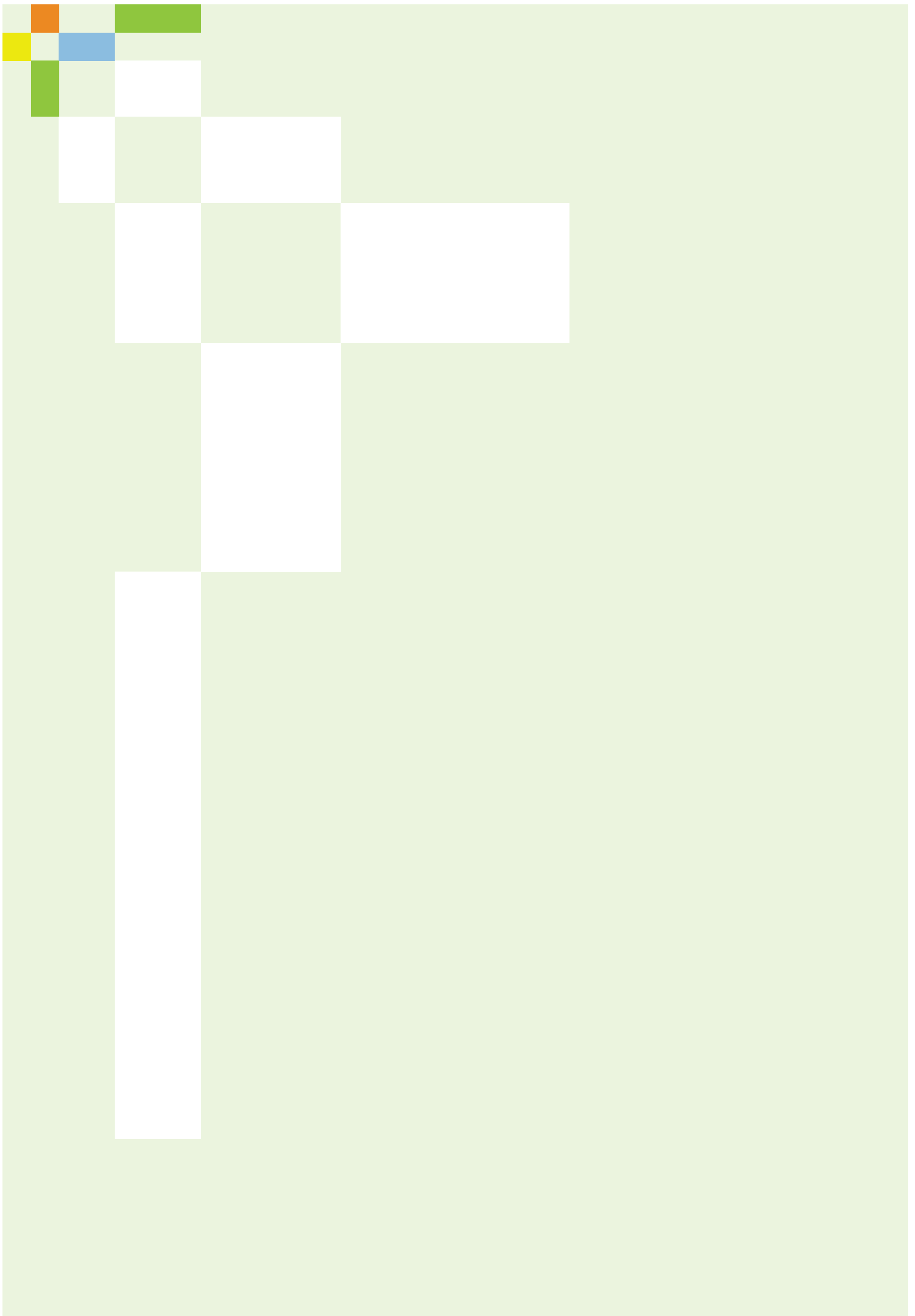
acatech **STUDIE**

KI-Standortanalyse Baden-Württemberg

Thomas Weber, Armin Grunwald (Hrsg.)

 **acatech**

DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



acatech STUDIE

KI-Standortanalyse Baden-Württemberg

Thomas Weber, Armin Grunwald (Hrsg.)



Die Reihe acatech STUDIE

In dieser Reihe erscheinen Ergebnisberichte von Projekten der Akademie. STUDIEN vertiefen die Politik- und Gesellschaftsberatung zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Sie liegen in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Herausgebenden sowie Autorinnen und Autoren.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

1 Zusammenfassung	5
2 Projekt	9
3 Einleitung – Relevanz, Ziele und Methodik	11
4 Überblick: Das KI-Ökosystem in Baden-Württemberg	13
4.1 KI-Hotspots	13
4.2 KI-Netzwerke und Digital Hubs	14
5 Analyse der Standortfaktoren: Status quo, Herausforderungen und Chancen	16
5.1 Infrastruktur	16
5.2 Bildungs- und Fachkräftesituation	21
5.3 Forschung und Innovation	29
5.4 Gründung und Skalierung	37
5.5 KI in der öffentlichen Verwaltung	45
5.6 Gesellschaftliche Wahrnehmung	50
5.7 Regulatorische Rahmenbedingungen	54
5.8 Marktchancen für Unternehmen aus Baden-Württemberg	56
6 Gesamtbewertung und Handlungsoptionen	63
Literatur	67



1 Zusammenfassung

Baden-Württemberg hat das Potenzial Künstlicher Intelligenz (KI) und deren Relevanz als strategisches Handlungsfeld frühzeitig erkannt und bereits wichtige Schritte zur Förderung dieser zukunftsweisenden Technologie unternommen. Hierzu zählen eine umfassende Digitalstrategie und Initiativen wie das internationale Leuchtturmprojekt *Cyber Valley* oder der im Aufbau befindliche Innovation Park Artificial Intelligence (IPAI) sowie zahlreiche regionale Netzwerke und Förderprogramme. Die vielfältige, gut vernetzte Forschungs- und Wissenschaftslandschaft in Baden-Württemberg sowie die hohe Dichte erfolgreicher Konzerne und Mittelstandsunternehmen, die oftmals Weltmarktführer in ihrem Segment sind, bieten sehr gute Voraussetzungen, um KI-Technologien – auch ökonomisch – erfolgreich in die Anwendung zu überführen und somit auch den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Insbesondere in datenintensiven Sektoren wie Automotive, Produktions- und Anlagenbau, Informationstechnologie (IT), Robotik und Medizintechnik eröffnet der Einsatz von KI Chancen, um sich im internationalen Wettbewerb zu behaupten und sektorenübergreifende Kooperation zu fördern.

Ziel des hier vorgestellten Projekts war es, den KI-Standort Baden-Württemberg zu analysieren und Ideen zur strategischen Weiterentwicklung des bestehenden KI-Ökosystems zu erarbeiten. Die Untersuchung stützte sich methodisch auf die Auswertung von wissenschaftlichen Studien, Pressemitteilungen und Fachliteratur sowie auf 34 explorative Interviews mit Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlicher Verwaltung, Institutionen und Verbänden, ohne selbst quantitative Daten zu erheben. Für acht definierte Standortfaktoren wurden jeweils der Status quo dargestellt, Herausforderungen benannt und konkrete Vorschläge zur entsprechenden Stärkung des Standorts unterbreitet. Die relevantesten Erkenntnisse dieser Analyse wurden anschließend zusammengefasst und eingeordnet. Auf dieser Grundlage wurden Handlungsoptionen abgeleitet – mit dem Ziel, das KI-Ökosystem in Baden-Württemberg strategisch weiterzuentwickeln und die Wertschöpfung durch KI-Anwendungen zu steigern.

Konkret ging es dabei um die Standortfaktoren Infrastruktur, Bildungs- und Fachkräftesituation, Forschung und Innovation, Gründung und Skalierung, KI in der öffentlichen Verwaltung, gesellschaftliche Wahrnehmung, regulatorische Rahmenbedingungen und Marktchancen für Unternehmen aus Baden-Württemberg.

Zentrale Aspekte des Standortfaktors **Infrastruktur** sind der Netzausbau, der Zugang zu Rechenkapazitäten und die Datenverfügbarkeit. Der Netzausbau schreitet kontinuierlich voran, und der Zugang zu gigabitfähiger Infrastruktur – insbesondere durch Glasfaser – soll auch künftig weiter ausgebaut werden. Zugang zu notwendiger Rechenkapazität gewährleisten einerseits die Hochleistungsrechenzentren der Universitäten in Baden-Württemberg, andererseits Cloud-Strukturen. In beiden Fällen ist die überregionale Zusammenarbeit in Deutschland und Europa notwendig, um den steigenden Bedarf zu adressieren und die technologische Souveränität zu stärken. Ohne breite Zugänglichkeit zu großen Datenmengen und ohne Effizienz in der Datennutzung bleibt das Potenzial für KI-Entwicklungen begrenzt. Die hierzulande bisher noch schwach ausgeprägte Kultur des Datenteilens sollte daher durch den Aufbau vertrauenswürdiger Datenökosysteme und eine Steigerung des Bewusstseins über die Vorteile des Datenteilens weiter gestärkt werden.

Im **Bildungssektor** hat das Land Baden-Württemberg bereits vielfältige Initiativen auf den Weg gebracht, um mittels digitaler Infrastruktur (Hard- und Software) eine wichtige Voraussetzung für die KI-Anwendung zu schaffen – in Schule, Hochschule sowie in Aus- und Weiterbildung. Trotz einer derzeit guten Ausgangslage bei der Ausbildung und Rekrutierung von KI-Talenten könnte angesichts des internationalen Wettbewerbs im KI-Sektor künftig ein Fachkräftemangel herrschen. Zudem scheint die langfristige Bindung von **Fachkräften** vor allem für kleinere Unternehmen in der Region ein Problem zu sein, da diese bei der Mitarbeitergewinnung mit größeren Unternehmen konkurrieren müssen. Um zu vermeiden, dass sich Deutschland und Baden-Württemberg lediglich zu einer Drehscheibe für KI-Talente entwickeln, die nach der Ausbildung ins Ausland – beispielsweise als Postdocs – abwandern, ist auch hier ein Augenmerk auf das Binden und Rückholen von Fachkräften zu legen.

Baden-Württemberg hat eine exzellente **Forschungslandschaft** mit einer großen Anzahl an Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und forschungsstarken Unternehmen; daher nimmt das Land mit Blick auf den Faktor **Innovationsfähigkeit** national wie international eine Spitzenposition ein. Zudem weist Baden-Württemberg mit Abstand die meisten Anmeldungen für KI-Patente in Deutschland auf. Allerdings scheint die Innovationsdynamik auf immer noch sehr hohem Niveau mittlerweile etwas nachzulassen. Trotz zahlreicher und diverser Netzwerk- und Unterstützungsangebote ist der Innovationstransfer von der Grundlagenforschung in marktreife KI-Produkte und Dienstleistungen noch ausbaufähig. Als Hemmnisse erweisen sich dabei generell und vor allem für kleinere Unternehmen

die Unsicherheit bezüglich der Auslegung des rechtlichen Rahmens, Zweifel am Nutzen eines KI-Einsatzes sowie die bislang unzureichende Datenqualität und der Personalmangel. Auch ist die Zusammenarbeit zwischen Akteuren aus dem traditionellen Maschinen- und Anlagenbau und vornehmlich softwarebasierten Unternehmen aufgrund unterschiedlicher Unternehmenskulturen ebenso wie die Kooperation von Wissenschaft und Wirtschaft zu verbessern. Um Synergien zu schaffen und als Standort global noch sichtbarer zu werden, sollte das Land außerdem die nationale wie die internationale Zusammenarbeit stärken – beispielsweise mit benachbarten Bundesländern, mit Nachbarstaaten wie der Schweiz und Frankreich, aber auch mit Partnern in anderen Teilen der Welt.

Im Bundesländervergleich liegt Baden-Württemberg bei der **Gründung von KI-Start-ups** auf Platz 3 hinter Berlin und Bayern. Angesichts der hervorragenden Forschungsinfrastruktur und mit seinem vielfältigen Informations- und Förderungsangebot unter dem Dach der Landeskampagne *Start-up BW* verfügt das Land aber bereits über gute Voraussetzungen, um mehr Gründungsaktivität vor Ort zu entfachen. Aufbauend auf der bestehenden Wirtschaftsstruktur unterstützen KI-Start-ups etablierte Unternehmen, indem sie für deren Kernprozesse innovative, kundengenaue KI-Lösungen anbieten. Diesen Standortvorteil kann Baden-Württemberg noch stärker ausspielen. Während die Frühphasenfinanzierung bereits gut abgedeckt ist, stellt die Wachstumsfinanzierung wie in Deutschland insgesamt trotz bereits bestehender Angebote die größte Herausforderung dar. Um die für eine auch langfristig erfolgreiche Innovationskultur kritische Masse an KI-Start-ups im Land zu erreichen, braucht es Gründungszentren wie die bereits bestehenden *Start-up BW Acceleratoren* und Vorhaben wie die landesweit vernetzte Start-up-Plattform NXTGN.

Bereits heute setzt Baden-Württemberg **KI in der öffentlichen Verwaltung** ein, womit es bundesweit eine Vorreiterrolle einnimmt. Auf diese Weise trägt das Land zugleich auch bei Unternehmen zu wachsendem Vertrauen in den Einsatz von KI-Anwendungen bei und stärkt als verläSSLicher Ankerkunde darüber hinaus heimische KI-Start-ups. Diese Pionierleistung wird im GovTech Campus fortgesetzt und für andere Länder adaptierbar gemacht. Große Herausforderungen im Bereich der öffentlichen Verwaltung betreffen allerdings nach wie vor das Vorhaben einer durchgehenden Ende-zu-Ende-Digitalisierung und die Nutzbarmachung der Verwaltungsdaten, die oft noch in analoger oder nur unzureichend digitaler Form vorliegen; vor allem in der Kommunalverwaltung könnte daher der Einsatz von KI-Anwendungen zu mehr Effizienz bei Arbeitsabläufen und Organisation

führen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, dass die Einführung entsprechender Technologien mit einer agilen Anpassung der Verwaltungsstrukturen und einem konsequenten Training der Beschäftigten Hand in Hand geht.

Die **gesellschaftliche Wahrnehmung** von KI-Anwendungen spielt für Absatz und Erfolg entsprechender Produkte und Dienstleistungen sowohl in Baden-Württemberg als auch insgesamt in Deutschland und Europa eine wichtige Rolle; das Gleiche gilt für die Gewinnung von Fachkräften. Zwar hat die skeptische Haltung der Bevölkerung in Deutschland laut Umfragen zur Einschätzung von KI-Technologien im Zeitverlauf abgenommen – es werden heute tendenziell mehr Chancen als Risiken gesehen –, dennoch haben nach wie vor viele Befragte Bedenken geäußert. Es ist daher wichtig, diese Bedenken ernst zu nehmen, sie zu reflektieren und die Kritik als Impuls für Verbesserungen zu begreifen. Das Land Baden-Württemberg hat angesichts etablierter Kompetenzen in der Technikfolgenabschätzung und der Wissenschaftskommunikation hierfür gute Voraussetzungen. Bereits laufende Initiativen wie Diskussionsforen, der Aufbau von Besucherzentren oder Bürgerräte sollten fortgesetzt werden.

Auch eine zeitnahe, konkretisierende **Regulierung**, die Rechtssicherheit, Werteorientierung und zugleich eine pragmatische wie praxisnahe Durchführung des europäischen AI Act adressiert, kann zur Vertrauensbildung beitragen. Ebenso wichtig wäre zudem eine einheitliche Auslegung der rechtlichen Regelung in allen Bundesländern. Und schließlich kann die Einrichtung sogenannter Reallabore mit Experimentierklauseln die Transparenz in der Entwicklung von KI-Technologien oder -Anwendungen stärken und Innovationen fördern, indem rechtlich geschützte Räume mehr Austausch und Flexibilität ermöglichen.

Aus dem erfolgreichen Zusammenspiel von etablierten Branchen, KI-Technologien und anderen vielversprechenden Zukunftstechnologien ergeben sich große **Marktchancen** für Unternehmen aus Baden-Württemberg. In dieser Hinsicht hat das Land insbesondere in den Bereichen Robotik, Gesundheits- und Medizintechnik sowie Cybersicherheit sehr gute Voraussetzungen, und es verfügt zudem in der Quantentechnologie und beim Edge Computing über Kompetenzen, die durch KI-Einsatz positive Spill-over-Effekte hervorrufen könnten.

Baden-Württemberg besitzt mit der *digital.LÄND*-Initiative bereits eine Digitalstrategie, die von aktivem Monitoring und Evaluierungsmaßnahmen begleitet wird. Die nachfolgend aufgeführten Handlungsoptionen ermöglichen deren Weiterentwicklung zu einer umfassenden KI-Strategie. Die Vorschläge zielen darauf

ab, Profil und Sichtbarkeit des heimischen KI-Ökosystems nach innen, im nationalen sowie im internationalen Rahmen zu schärfen und durch Synergien einen effizienten Einsatz begrenzter finanzieller Mittel zu ermöglichen. Hierzu kann die Formulierung einer Roadmap mit Meilensteinen beitragen.

1. **In der Fläche präsent sein, überregional fokussieren:** Um Zersplitterung und Doppelungen zu vermeiden, sollte das Profil des baden-württembergischen KI-Ökosystems konzeptionell durch Konzentration und Fokussierung geschärft werden. In der Fläche könnte es weiterhin ein niedrigschwelliges, standardisiertes KI-Netzwerk- und Basisangebot für Unternehmen geben, die noch wenig Erfahrung mit KI-Technologien und -Anwendungen haben. Darüber hinaus sollten überregional, auf bestehenden Strukturen aufbauend, konzeptionell und inhaltlich Schwerpunkte gesetzt werden. Bestehende KI-Aktivitäten und Institutionen sollten zusammenarbeiten und sich arbeitsteilig durch ihre jeweiligen Stärken ergänzen (beispielsweise *Cyber Valley* und IPAI als Nukleus eines gemeinsamen KI-Ökosystems). Auch eine inhaltliche Fokussierung, die auf den Kompetenzen etablierter Branchen und Technologien basiert und im Zusammenspiel mit KI eine dynamische Entwicklung sowie einen wachsenden globalen Markt mit neuen Absatzmöglichkeiten erwarten lassen (wie beispielsweise Robotik, Gesundheits- oder Quantentechnologie), könnte zur Schärfung des Ökosystemprofils beitragen.
2. **Nationale und internationale Sichtbarkeit erhöhen:** Die exzellente Forschungslandschaft und ein starker Wirtschaftsstandort sind zwei wichtige Markenzeichen Baden-Württembergs. Diese Stärken sollten im In- wie im Ausland noch sichtbarer gemacht und beworben werden. Dazu sollten alle für das KI-Ökosystem relevanten Akteure – Wissenschaft und Wirtschaft zusammen mit der landeseigenen Fördergesellschaft Baden-Württemberg International – ein gemeinsames Standortmarketing betreiben. Eine gezielte Vermarktung unterstützt auch bei der Fachkräftegewinnung und bei der Ansiedlung von Unternehmen.
3. **Überregionale Kooperation ausbauen:** Baden-Württemberg wird angesichts des internationalen Wettbewerbs und großer Player im KI-Bereich wie der USA und China alleine nicht erfolgreich sein können und sollte daher die überregionale und internationale Zusammenarbeit weiter ausbauen; beispielsweise durch Kooperation mit benachbarten Bundesländern und – insbesondere bei großen Infrastrukturprojekten – mit dem Bund und mit der Europäischen Union. Anknüpfen lässt sich in diesem Zusammenhang an das internationale Netzwerk des *Cyber Valley* sowie an bestehenden Kooperationen des Landes mit Frankreich, der Schweiz, Kanada und dem asiatischen Raum.
4. **Datenverfügbarkeit ausbauen und Kultur des Datenteils fördern:** Um das KI-Potenzial in Baden-Württemberg künftig noch besser nutzen zu können, sollte der Zugang zu Daten deutlich verbessert werden. Hierzu sind solche Datenplattformen und Infrastrukturen gezielt zu fördern, die es allen Akteuren ermöglichen, qualitativ hochwertige Trainingsdaten zur Entwicklung von KI-Technologien und -Anwendungen sicher zu teilen. Die öffentliche Verwaltung kann hier als Vorbild fungieren, indem sie selbst relevante Datensätze – beispielsweise zur Umwelt oder zum Verkehrswesen – zugänglich macht. Dies erfordert ein verändertes Mindset, das die Vorteile von der Datenkooperationen anerkennt, und außerdem einen rechtssicheren Rahmen, der Datenschutz und -souveränität zu gewährleisten imstande ist.
5. **Innovationstransfer weiter stärken:** Um den Transfer von KI-Forschung in die wirtschaftliche Anwendung in Baden-Württemberg zu verbessern und umgekehrt wissenschaftliche Akteure für unternehmerische Anforderungen zu sensibilisieren, bedarf es landesweit einer engeren Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Hierzu beitragen könnten eine stärker geförderte Ausgründungskultur an den Hochschulen des Landes sowie Austauschprogramme beziehungsweise Jobrotationen für Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft. Insbesondere der Mittelstand könnte zudem von Unterstützungsangeboten bei (Verbund-) Forschungsprojekten – beispielsweise für die Vermittlung wissenschaftlicher Kooperationspartner – und Bürokratieabbau profitieren.
6. **KI-Start-up-Förderung strategisch ausbauen:** Aufbauend auf dem bestehenden Angebot an Gründungsanreizen könnten die Potenziale für eine bessere KI-Gründungsintensität gehoben werden, indem KI-Start-ups gezielt im Rahmen der geplanten Überarbeitung der KI-Strategie des Landes mit eigenen Maßnahmen adressiert werden. Eine Evaluation würde zudem eine gezielte Nachsteuerung erleichtern. Die Gründungsunterstützung an den Hochschulen des Landes sowie die Wachstumsfinanzierung sollten gestärkt werden. Und schließlich sollte das Vorhaben des Innovationsverbunds NXTGN, in Baden-Württemberg ein landesweit vernetztes Gründungszentrum nach dem Vorbild der Münchener Initiative *UnternehmerTUM* zu implementieren, umgesetzt werden.
7. **Attraktivität für KI-Talente steigern:** Um dem KI-Fachkräftemangel zu begegnen, der angesichts des demografischen Wandels, einer möglichen Abwanderung und eines absehbar

erhöhten Personalbedarfs droht, sollten verstärkt KI-Talente und Quereinsteiger auch im Ausland angeworben sowie deren Rückgewinnung unterstützt werden. Um die Fachkräfte auch längerfristig zu binden, braucht es entsprechende Anreize und einen attraktiven Standort – unter anderem eine hochwertige Ausstattung für Forschung und Entwicklung (FuE), eine gute auch soziale Infrastruktur, wettbewerbsfähige Gehaltsstrukturen sowie Offenheit, Experimentierfreude und Willkommenskultur.

8. **Als Ankerkunde zum Vorbild werden:** Als großer und verlässlicher Kunde für regionale KI-Anbieter kann das Land zur Wertschöpfung in Baden-Württemberg selbst aktiv beitragen. Als Vorreiter beim Einsatz von KI-Anwendungen stärkt die Landesverwaltung zugleich das Vertrauen von Wirtschaft und Gesellschaft in die entsprechenden Technologien. Die Pionierarbeit mit dem Verwaltungsprogramm F13 sollte mittels einer Roadmap mit Zielen und Monitoring für den weiteren KI-Einsatz in der öffentlichen Verwaltung strategisch weiterentwickelt werden – wobei insbesondere auch die Kommunen des Landes adressiert werden sollten. Allerdings ist die umfassende Ende-zu-Ende-Digitalisierung von Prozessen und Registern eine unabdingbare Voraussetzung für die

flächendeckende Einführung KI-basierter Anwendungen in der öffentlichen Verwaltung, die insbesondere vor dem Hintergrund des demografischen Wandels zunehmend wichtiger werden wird.

9. **Gesellschaftliches Vertrauen in KI stärken:** KI-basierte Produkte und Dienstleistungen werden nur nachgefragt, wenn Kundinnen und Kunden ihnen vertrauen. Hierfür wäre eine transparente, deutschlandweit einheitliche Regulierung hilfreich, die Missbrauch und Gefahren beim Einsatz von KI-Technologien oder -Anwendungen entgegenwirkt. Es gilt in diesem Zusammenhang Sorgen und Bedenken in der Bevölkerung ernst zu nehmen und diese auch als Ressource für Verbesserungen zu begreifen. Die Vermittlung von KI-Kompetenz im Rahmen des Bildungsangebots, Dialogforen sowie praxisnahe Anwendungen können dazu beitragen. Und schließlich sollten ethische und soziale Aspekte der KI-Technologien stärker und zudem interdisziplinär in Bildung und Forschung integriert werden. Nutzen kann das Land Baden-Württemberg in diesem Zusammenhang die etablierten Kompetenzen der Technikfolgenabschätzung und der Wissenschaftskommunikation.

2 Projekt

Interviewpartnerinnen und -partner

- Prof. Dr. Kai O. Arras, Universität Stuttgart
- Stefanie Baade, Bundesverband der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland e.V.
- Paul Becker, KI LAB Heidelberg
- Prof. Dr.-Ing. Nicolai Beisheim, Hochschule Albstadt-Sigmaringen (HSAS)
- Alfred Bergold, Ansmann AG
- Prof. Dr. Irene Bertscheck, Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung Mannheim (ZEW)
- Adrian Dexheimer, Mann & Schröder Cosmetics GmbH
- Markus Faßbinder, MS-Schramberg Holding GmbH
- Dr. Michael Fausten, Bosch GmbH
- Prof. Dr. Armin Grunwald, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Prof. Dr. Jessica Heesen, Eberhard Karls Universität Tübingen
- Dr. Rainer Hoffmann, EnBW AG
- Prof. Dr. Katharina Hölzle, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)
- Dr. Philip Hutchinson, appliedAI Initiative GmbH
- Christina Ibrom, Mercedes-Benz AG
- Dr. Michael Klimke, KI-Agentur Bayern
- Tomt Lenz, Kinemic GmbH
- Dr. Alwin Mahler, Mitglied verschiedener Advisory Boards
- Claudius Messerschmidt, TRUMPF SE + Co. KG
- Heike Niederau-Buck, Voith GmbH & Co. KGaA
- Jonas Pichler, KI-Lab Allgäu-Oberschwaben
- Veronika Prochazka, Innovation Park Artificial Intelligence (IPAI)
- David Reger, NEURA Robotics GmbH
- Rebecca C. Reisch, Cyber Valley GmbH
- Dr. Thomas Rettich, TRUMPF SE + Co. KG
- Sandra Rohner, KI-Allianz Baden-Württemberg
- Mirko Saul, Schwarz Digital GmbH & Co. KG
- Gennadi Schermann, Digitales Innovationszentrum GmbH (DIZ)
- Dr. Stefan Senitz, Industrie- und Handelskammer (IHK) Karlsruhe
- Nick Tempelhoff, Mercedes-Benz AG
- Dr. Jan S. Zipp, KI-Allianz Baden-Württemberg

Zudem wurden Hintergrundgespräche mit dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg, dem Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg, dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg sowie dem Staatsministerium Baden-Württemberg geführt.

Projektleitung

- Dr. Anna Frey, acatech Geschäftsstelle



Projektteam

- Dr. Paul Grünke, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Christine Metz-Schmid, acatech Geschäftsstelle
- Ann Kathrin Mühlbauer, acatech Geschäftsstelle
- Lennart Schultz, acatech Geschäftsstelle

Projektlaufzeit

06/2024-02/2025

Förderung

Das Projekt wird gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg in Kooperation mit dem Staatsministerium Baden-Württemberg, dem Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg sowie dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.

Gefördert durch  **Baden-Württemberg**

3 Einleitung – Relevanz, Ziele und Methodik

Die Anfänge der KI-Forschung reichen bis in die 1950er Jahre zurück, wenngleich das große Potenzial der Technologie erst in den vergangenen Jahren zunehmend in das öffentliche Bewusstsein gerückt ist. So ist es auch kaum verwunderlich, dass der Physiknobelpreis 2024 zwei Wissenschaftlern verliehen wurde, die zu künstlichen neuronalen Netzen geforscht und damit eine wichtige Grundlage für das Maschinelle Lernen und heutige Formen der Künstlichen Intelligenz (KI) gelegt haben. Spätestens seit Einführung des Dialogprogramms ChatGPT im Jahr 2022 ist das Thema KI in den Fokus der breiten Öffentlichkeit gerückt und sorgt seither für intensive Diskussionen. Das gilt auch für Deutschland, wo sich immer mehr Unternehmen mit den Potenzialen Künstlicher Intelligenz für Innovation und Wertschöpfung befassen. Denn schon jetzt ist klar: Die umfassende Nutzung von KI-Technologien wird unsere Wirtschaft und unsere Gesellschaft disruptiv verändern – und das in einem Ausmaß, das mit der Einführung des Internets vergleichbar sein dürfte. Bereits heute zeichnen sich zahlreiche Anwendungsbereiche ab, in denen KI erheblichen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Mehrwert schaffen wird, sei es im Bildungssektor, in der Verwaltung oder in Unternehmen. Einer Studie zufolge könnte allein generative KI zu einem Mehrwert des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Deutschland von 330 Milliarden Euro beitragen.¹ Die enormen wirtschaftlichen Potenziale der neuen Technologien und die Frage nach geeigneten Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Skalierung entsprechender Anwendungen prägen daher immer mehr die öffentliche Debatte.

Angesichts des zunehmenden internationalen Wettbewerbs wird eine schnelle und großflächige Einführung KI-basierter Technologien wichtiger. Vor dem Hintergrund verschiedener globaler Krisen ist eine erfolgreiche und souveräne digitale Transformation im Sinne des europäischen Wertesystems entscheidend – nur so lässt sich die digitale und technologische Souveränität wahren bzw. stärken. Entsprechende Initiativen zur Förderung der KI-Entwicklung gibt es schon länger: Bereits 2018 haben die Europäische Union (EU) und die deutsche Bundesregierung umfassende KI-Strategien verabschiedet, die mit dem *Aktionsplan Künstliche Intelligenz* des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

(BMBF) zudem weiterentwickelt wurden. Darüber hinaus haben einige Bundesländer eigene KI-Strategien aufgesetzt;² so auch Baden-Württemberg, dessen KI-Positionspapier ebenfalls aus 2018 datiert. Die Landesregierung hat zudem bereits 2017 eine Digitalisierungsstrategie erarbeitet, diese 2022 umfassend fortentwickelt und hierbei früh auch die KI-Entwicklung adressiert. Resultate der Digitalisierungsstrategie sind unter anderem das KI-Ökosystem *Cyber Valley*, das internationale Anerkennung findet, sowie der Innovation Park Artificial Intelligence (IPAI) als Wertschöpfungszentrum und Plattform für die Zusammenarbeit verschiedener Akteure.

Ziele und Methodik

Ziel dieser Studie ist es, auf Basis einer Analyse des Status Quo des KI-Standorts Baden-Württemberg Handlungsoptionen für dessen Weiterentwicklung aufzuzeigen. Die Vorschläge zielen insbesondere darauf ab, Voraussetzungen und Maßnahmen darzustellen, die mehr Innovation und Wertschöpfung im Land ermöglichen. Dabei wird auch ein Augenmerk auf mögliche Synergien, positive Spill-over-Effekte sowie sektorübergreifende Kooperationen gelegt. Das Projekt wurde von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften im Zeitraum von Juni 2024 bis Februar 2025 durchgeführt. Im Zuge dessen wurden zentrale Akteure im KI-Ökosystem Baden-Württemberg identifiziert, relevante Standortfaktoren untersucht und daraus innovationsförderliche Handlungsoptionen erarbeitet. Der Fokus der Studie richtete sich dabei bewusst nicht nur auf generative KI, sondern blieb stets einem weiten KI-Begriff verpflichtet, der beispielsweise auch Felder wie Machine Learning oder Computer Vision umfasst.

Methodisch basierte die Untersuchung zum einen auf der Auswertung wissenschaftlicher Studien; da nicht immer auf eine entsprechende Quellen- und Datenlage für Baden-Württemberg zurückgegriffen werden konnte, wurden bisweilen Angaben und Statistiken für Deutschland herangezogen. Zum anderen wurden 34 explorative Interviews mit Fachleuten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden sowie Vertreterinnen und Vertretern jener Landesministerien geführt, die Zuwendungsgeber der vorliegenden acatech STUDIE sind. Die in der Regel einstündigen Online-Interviews wurden anhand eines vorab versendeten Interview-Leitfadens geführt. Im Rahmen der Interviews wurden die zuvor definierten Standortfaktoren validiert, eine allgemeine Einschätzung zum KI-Standort Baden-Württemberg erhoben sowie einzelne Standortfaktoren detaillierter diskutiert. Darüber

1 | Vgl. IW Consult 2023.

2 | Vgl. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. 2024a.



hinaus wurden individuell verschiedene Fachthemen vertieft. Die Auswahl der befragten Fachleute erfolgte durch Hinweise der Zuwendungsgeber sowie eigener Recherchen, wobei nicht alle angefragten Interviews auch tatsächlich zustande kamen. Die von Verbänden, Unternehmen, Institutionen beziehungsweise aus der Wissenschaft vermittelten Ansprechpartnerinnen und -partner gehören unterschiedlichen Organisationsebenen

an – beispielsweise der Geschäftsführung, der Abteilungsleitung für Forschung und Entwicklung (FuE), der Institutsleitung oder sie sind IT- beziehungsweise KI-Expertin oder Experte. Bei der Auswahl der Unternehmen wurde auf ein ausgewogenes Verhältnis von großen Unternehmen, Mittelständlern, kleineren Unternehmen sowie Start-ups Wert gelegt.

4 Überblick: Das KI-Ökosystem in Baden-Württemberg

Baden-Württemberg ist einer der national wie international erfolgreichsten Wissenschafts- und Wirtschaftsstandorte. Das Land besitzt die meisten Exzellenzuniversitäten hierzulande und eine große universitäre wie außeruniversitäre Forschungslandschaft (siehe Kapitel 5.3). Zudem stammten 2023 die meisten Exporte Deutschlands gemessen am Warenwert aus dem Bundesland.³ Das Land hat große, mittlere und kleinere Unternehmen von Weltrang – darunter viele sogenannte Hidden Champions, die oft Weltmarktführer in ihrer Branche sind und sich über die gesamte Region zwischen Bodensee und Odenwald verteilen; darunter befinden sich auch viele Familienunternehmen.⁴ Darüber hinaus hat Baden-Württemberg den größten Anteil an Industriebeschäftigten in Deutschland in den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau, Automotive und Metallerzeugnisse. Das Land ist stark aufgestellt vor allem in der Produktionstechnologie (Automatisierung, Robotik und Industrie 4.0) sowie im Luft- und Raumfahrtsektor. International bedeutende Firmen finden sich außerdem im IT-, im Medizin- und im Medienbereich. Dichte, Vielfalt und Qualität der Forschungs- und Unternehmenslandschaft bilden gemeinsam einen essenziellen Standortvorteil für Baden-Württemberg, der mithilfe von KI-Technologien akteurs- und sektorenübergreifend noch weiterentwickelt werden kann. Daher hat das Land zusammen mit unterschiedlichen Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden und Institutionen frühzeitig angefangen, ein KI-Ökosystem aufzubauen. Dieses besteht aus einer Vielzahl von Akteuren: aus den KI-Hotspots *Cyber Valley* und IPAI, zahlreichen KI-Netzwerken wie der *KI-Allianz Baden-Württemberg* und verschiedenen Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Unternehmen und Start-ups. Hinzu kommen strategische Aktivitäten wie das Netzwerk der *Mittelstand-Digital-Zentren*, mehrere Gründerzentren, KI-Initiativen für den Mittelstand, der Wettbewerb *KI-Champions Baden-Württemberg* und

verschiedene IHK-Initiativen, die ebenfalls den KI-Bereich adressieren. Im folgenden wird ein Überblick über zentrale Akteure und Aktivitäten gegeben. Forschungseinrichtungen und spezifische (Unternehmens-)Initiativen finden sich thematisch bedingt erst in den entsprechenden Kapiteln der Standortfakoren.

4.1 KI-Hotspots

Das 2016 ins Leben gerufene *Cyber Valley* – entstanden im Raum Stuttgart-Tübingen und jüngst bis nach Karlsruhe ausge dehnt – ist nach eigenen Angaben „Europas größtes und führendes Zentrum für Exzellenz in KI und moderner Robotik“.⁵ Ziel der Initiative ist es, als nationaler und europäischer Impulsgeber die besten Köpfe aus Wissenschaft und Wirtschaft im KI-Bereich zusammenzubringen. Im Fokus der Aktivitäten stehen exzellente Forschung sowie der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Wirtschaft und der gesellschaftliche Austausch. Die *Cyber Valley GmbH* mit Sitz in Stuttgart und Tübingen ist der zentrale Dienstleister des Forschungskonsortiums, der den Austausch unterstützt und als Sprachrohr in den internationalen Raum hineinwirkt, um die globale Sichtbarkeit der Marke *Cyber Valley* im Wettbewerb zu stärken. Den Kern des Konsortiums bilden universitäre und außeruniversitäre Forschungspartner – unter anderem die Universitäten Stuttgart und Tübingen, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das Max-Planck-Institut Intelligente Systeme (MPI-IS), das Europäische Laboratorium für Lernen und Intelligente Systeme (ELLIS), verschiedene Fraunhofer-Institute (siehe Kapitel 5.3) sowie Partner aus insbesondere größeren Unternehmen. Darüber hinaus bestehen internationale Kooperationen mit Akteuren in der Schweiz sowie Vereinbarungen beziehungsweise Partnerschaften mit Instituten und Universitäten in Seoul⁶ und Tokio.⁷ Ein *Public Advisory Board* unterstützt die verschiedenen Projekte bei der Einschätzung ethischer Auswirkungen. Schließlich ist im Ökosystem des KI-Innovationscampus *Cyber Valley* mittlerweile eine KI-Start-up-Community mit etwa 80 Start-ups^{8, 9} entstanden, organisiert im *Cyber Valley Start-up Network*. Hier werden Gründungswillige unter anderem mit Mentoren- und Coachingprogrammen (KI-Inkubatoren) unterstützt (siehe Kapitel 5.4). Über das sogenannte *Investor Network*

3 | Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023c.

4 | Vgl. Rankings 2023.

5 | *Cyber Valley GmbH* 2024b.

6 | Vgl. *Cyber Valley GmbH* 2024c.

7 | Vgl. *Cyber Valley GmbH* 2024d.

8 | Vgl. *Cyber Valley GmbH* 2024f.

9 | Vgl. *Cyber Valley GmbH* 2025; *Cyber Valley GmbH* 2024f.



kommen Gründungswillige außerdem mit potenziellen Investorinnen und Investoren zusammen.

Der in Heilbronn ansässige **Innovation Park Artificial Intelligence** – kurz: **IPAI**¹⁰ – wurde 2021 nach einem Wettbewerb zur Standortauswahl als KI-Wertschöpfungszentrum mit Fördermitteln des Landes Baden-Württemberg gegründet. IPAI wird vom Land mit dem Ziel gefördert, wesentliche Teile der Wertschöpfungseffekte von KI in Europa zu realisieren und unterschiedliche Partner zusammenzubringen, um gemeinsam zukunftsrelevante KI-Lösungen zu erarbeiten, somit Synergien zu schaffen und Technologietransfer zu leisten. Die Kofinanzierung der Initiative erfolgt durch einen Zuschuss der Schwarz Gruppe sowie Mittel der Dieter Schwarz Stiftung. Mit dem hier entstehenden KI-Ökosystem, das bereits über 60 Mitglieder und Partner umfasst – Unternehmen, Start-ups, Forschungseinrichtungen und Fachleute aus dem öffentlichen Sektor –, soll die gesamte KI-Wertschöpfungskette in der Region abgebildet werden: von der Qualifizierung der benötigten Fachkräfte über Forschung und Entwicklung bis hin zu Anwendung und Kommerzialisierung. Zentrale Themen der Initiative sind die Entwicklung ethisch verantwortungsbewusster KI-Technologien und -Anwendungen, Nachhaltigkeitsaspekte, digitale Verantwortung und europäische Souveränität. Dazu entsteht ab 2025 der rund 23 Hektar große IPAI Campus in Heilbronn. 2024 wurde mit den IPAI SPACES¹¹ das erste eigene Gebäude des IPAI in Heilbronn eröffnet, das unter anderem ein Besucherzentrum für die interessierte Öffentlichkeit, ein Reallabor, Eventräume sowie Coworking Spaces beherbergt. Der GovTech Campus Baden-Württemberg ist ebenfalls beim IPAI angesiedelt.

4.2 KI-Netzwerke und Digital Hubs

Über Baden-Württemberg verteilt existieren zahlreiche Maßnahmen zur Transferunterstützung sowie Vernetzungsangebote, die Unternehmen unterschiedlicher Größe mit niederschweligen Angeboten und Matching Events oder bei der Entwicklung von KI-Anwendungen unterstützen.¹² Hinzu kommen sogenannte

Digital Hubs und KI-Zentren, die vom Bund teilweise mitfinanziert werden. Im Folgenden einige Beispiele:

- Die 16 regionalen **KI-Labs**¹³ in Baden-Württemberg haben zum Ziel, für Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) etwaige Einstiegshürden bei der Nutzung von KI-Technologien abzubauen und sie mit Praxiswissen zu unterstützen. Die KI-Labs sind in der Fläche verteilte Erstanlaufstellen für die Unternehmen vor Ort und bieten diesen entsprechende Informations- und Vernetzungsmöglichkeiten an.
- Sogenannte **KI-Exzellenzzentren**¹⁴ in sieben Städten und Regionen werden vom Land Baden-Württemberg mit dem Ziel gefördert, Ansprechpartner für Unternehmen, Gründerinnen und Gründer, Beratungseinrichtungen und wissenschaftliche Akteure zu sein. Dazu zählen unter anderem der *Künstliche Intelligenz Campus Ulm* (KICU), das *KI-Innovation Lab* in Karlsruhe und der *FRAI.accelerator* in Freiburg im Breisgau und Breisach am Rhein – Letzterer soll Lösungen im Bereich Energie und Gesundheit entwickeln. Umgesetzt werden diese Projekte von der **KI-Allianz Baden-Württemberg**.¹⁵ Die Initiative ist als Genossenschaft organisiert und versteht sich als verbindendes Element zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Sie wird vom Land mit dem Ziel gefördert, KI-Technologien und -Anwendungen auch für kleinere Unternehmen und auch in der Breite zu erschließen. Elf in der Fläche angesiedelte Community Manager vermitteln im Rahmen der Allianz zudem überregionale Angebote. Darüber hinaus ist die Initiative auch mit dem Aufbau einer flexiblen Datenplattform für KI-Nutzer und Anwender befasst.
- Das **KI-Fortschrittszentrum Lernende Systeme und Kognitive Robotik**¹⁶ ist Teil des *Cyber Valley*. Die Fraunhofer-Institute für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) und für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) bieten hier kostenlos Programme insbesondere für KMU an, um diese auf dem Weg zur KI-Nutzung zu unterstützen.
- Das **Tübingen AI Center**¹⁷ – eines von insgesamt sechs nationalen KI-Kompetenzzentren in Deutschland – ist eine gemeinsame Einrichtung der Eberhard Karls Universität

10 | Vgl. IPAI 2024.

11 | Vgl. Denia 2024.

12 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024a.

13 | Vgl. Fraunhofer IAO 2024.

14 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023a.

15 | Vgl. KI-Allianz Baden-Württemberg 2024.

16 | Vgl. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. 2024.

17 | Vgl. Tübingen AI Center 2024.

Tübingen und des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme (MPI-IS). Das *Tübingen AI Center* hat sich zum Ziel gesetzt, lernende Systeme zu entwickeln, die an die Robustheit der natürlichen Intelligenz heranreichen oder diese sogar übertreffen. Die intelligent gestalteten Systeme sollen zugleich dem Anspruch auf Nutzen und Akzeptanz in der Gesellschaft Rechnung tragen. Finanziert wird die Initiative zu gleichen Teilen von Bund und Land.

- Das Digital Hubs-Netzwerk Baden-Württemberg umfasst insgesamt zwölf regionale Digital Hubs, drei themenspezifische *de:hubs* sowie zwei *European Digital Innovation Hubs*

(EDIHs). Der themenbezogene *Digital Hub Karlsruhe Applied Artificial Intelligence*¹⁸ hat sich die Erarbeitung von KI- und Datenstrategien, die Findung von KI-Use-Cases sowie das Matching und die Stärkung der KI-Community zum Ziel gesetzt. Er ist einer der drei im Land ansässigen *de:hubs*, die vom Bund ausgewählt und vom Land sowie teilweise vom Bund gefördert werden.¹⁹ Auch der in Karlsruhe ansässige *European Digital Innovation Hub Artificial Intelligence and Cyber Security* (EDIH-AICS),²⁰ der von der Europäischen Kommission und vom Land gefördert wird, hat seinen Sitz in Baden-Württemberg.

18 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023b.

19 | Ziel der bundesweit verteilten *de:hubs* ist es, Start-ups und die etablierte Wirtschaft zusammenzubringen. In Baden-Württemberg befinden sich aktuell 3 der insgesamt 25 bislang eingerichteten *de:hubs*. Das sind neben dem *de:hub* in Karlsruhe die beiden *de:hubs* in Stuttgart (Future Industries) und Mannheim/Ludwigshafen (Digital Chemistry & Digital Health). Vgl. BMWK 2025.

20 | Vgl. DIZ 2024.



5 Analyse der Standortfaktoren: Status quo, Herausforderungen und Chancen

Die im Folgenden dargestellten Standortfaktoren für Baden-Württemberg wurden größtenteils im Vorfeld des acatech Projekts gemeinsam mit dem Zuwendungsgeber definiert. Nach Hinweisen aus Experteninterviews und im Rahmen der Literaturrecherche wurde noch der Standortfaktor „Gesellschaftliche Wahrnehmung“ ergänzt. Sofern vorhanden oder im Zeitrahmen des Projekts zu ermitteln war, werden für einzelne Standortfaktoren den Gegebenheiten in Baden-Württemberg zudem internationale und nationale Vergleichsdaten gegenübergestellt. Hinzu kommen sogenannte Use Cases und Best-Practice-Beispiele, die in entsprechenden Kästen farblich hervorgehoben sind und einzelne Erkenntnisse der STUDIE beispielhaft verdeutlichen.

5.1 Infrastruktur

5.1.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Im Rahmen der Experteninterviews wurde vielfach der Standortfaktor Infrastruktur als zentrale Bedingung für ein erfolgreiches KI-Ökosystem in Baden-Württemberg genannt, wobei unterschiedliche Schwerpunkte erkennbar waren: So ging es um konkrete technische Voraussetzungen für die Umsetzung von KI-Projekten wie den Zugang zu ausreichend Rechenkapazität, ein gut ausgebautes Breitband- und Glasfasernetz oder die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten. Darüber hinaus wurden in diesem Zusammenhang aber auch institutionelle und politische Bedingungen wie die Forschungslandschaft, die verschiedenen Förderinstrumente von Land und Bund für Start-ups sowie Infrastrukturmaßnahmen zur Steigerung der Standortattraktivität genannt. Diese nicht unmittelbar technologiebezogenen Aspekte werden weiter unten behandelt (siehe Kapitel 5.2, 5.3 und 5.4).

Eine zentrale Frage in diesem Kapitel lautet hingegen: Welche technischen Leistungen müssen vor Ort verfügbar sein und welche können auch über einen Remotezugang bereitgestellt werden – also braucht es beispielsweise mehr lokale Rechenzentren

oder funktioniert eine ebenso effektive wie effiziente KI-Entwicklung auch mittels Cloud Computing? Viele Herausforderungen bei der Infrastruktur lassen sich nicht oder nur schwer ausschließlich auf Landesebene lösen, sondern wären im Zusammenschluss mit anderen Bundesländern, dem Bund oder internationalen Partnern anzugehen.

5.1.2 Status quo und Herausforderungen

Baden-Württemberg hat im Digitalbereich bereits eine dichte technische Infrastruktur vorzuweisen; gleichwohl sind die Anforderungen in der KI-Entwicklung so hoch, dass entsprechende Investitionen unumgänglich sind, will das Land im internationalen Wettbewerb auch künftig gut bestehen können. Das betrifft im Einzelnen den Ausbau des Datenkommunikationsnetzes, den Aufbau von Rechenzentren und die Einrichtung einer ebenso sicheren wie verlässlichen Cloudinfrastruktur sowie eine ausreichende Datenverfügbarkeit.

Netzausbau

Eine flächendeckend verfügbare gigabitfähige Infrastruktur ist essenziell, um dem Bedarf unserer zunehmend digitalisierten Lebenswelt gerecht zu werden und die wirtschaftlichen Potenziale der entsprechenden Technologien besser nutzen zu können. Der Begriff der gigabitfähigen Infrastruktur bezeichnet dabei Kommunikationsnetze, die Datenübertragungsraten von mindestens einem Gigabit pro Sekunde (Gbit/s) ermöglichen. Eine solche gigabitfähige Infrastruktur ist Voraussetzung für die digitale Transformation der Gesellschaft und die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit von Regionen und Bundesländern, weil moderne digitale Anwendungen eine hohe Bandbreite erfordern; gut nachzuvollziehen ist das etwa für das Streaming hochauflösender Videos, für Cloud-basierte Dienste und Online-Spiele oder insbesondere eben für datenintensive Technologien wie KI und das Internet der Dinge (englisch: Internet of Things – IoT). Sie ermöglicht Nutzerinnen und Nutzern, digitale Dienste zuverlässig und mit geringer Verzögerung bei der Datenübertragung (Latenz) zu verwenden, was wiederum Innovationen in den verschiedensten Bereichen fördert – beispielsweise in der Telemedizin, im Bereich der Smart Cities und beim autonomen Fahren. Der Ausbau von Gigabitnetzen ist ein zentrales infrastrukturpolitisches Vorhaben des Landes Baden-Württemberg, weshalb dieses Ziel seit 2016 koalitionsvertraglich verankert ist.

Laut Aussage der befragten Expertinnen und Experten ist der wichtigste Baustein in diesem Zusammenhang weiterhin die Glasfasertechnologie. Auch wenn der konkrete Bedarf bislang meist noch mit anderen Technologien und in großen Teilen

durch Mobilfunknetze gedeckt werden kann, so ist Glasfaser für eine erfolgreiche Digitalisierung künftig unabdingbar, weil ihre Kapazitäten deutlich besser zu skalieren sind als die der gängigen Technologien. Glasfaser bietet gegenüber anderer gigabitfähiger Infrastruktur zudem Vorteile bei der Geschwindigkeit, mehr Zuverlässigkeit, Zukunftssicherheit und eine geringere Latenz. Daher stellt die Glasfasertechnologie nach aktuellem Stand die bevorzugte Lösung für den Ausbau von Hochgeschwindigkeitsnetzen dar, obwohl der initiale Ausbau kostenintensiver und aufwendiger ist als bei bestehenden Technologien wie VDSL oder Kabelnetzen.²¹ Glasfaser ist aber nicht nur technologisch überlegen, sondern auch aus ökologischer Sicht nachhaltiger: Der geringere Energieverbrauch, die längere Lebensdauer sowie die Reduktion der Rohstoffnutzung und weniger Wartungsbedarf tragen dazu bei, den ökologischen Fußabdruck einer Kommunikationsinfrastruktur im Fall der Glasfaser zu mindern.

Die kürzlich veröffentlichte *Gigabit-Studie*²² des baden-württembergischen Digitalministeriums betont, dass der Glasfaserausbau im Land vorrangig vorangetrieben werde, um flächendeckend schnelle Internetverbindungen zu gewährleisten. Der Studie zufolge sind bislang rund 19 Prozent der Haushalte in Baden-Württemberg mit Glasfaser versorgt, was unter dem Bundesdurchschnitt von etwa 32 Prozent liegt. Insgesamt haben zudem etwa 70 Prozent der Haushalte Zugang zu gigabitfähiger Infrastruktur. In ländlichen Regionen, wo die Topografie und in der Fläche verteilte Siedlungsstrukturen den Ausbau erschweren, zeigt sich allerdings ein besonders hoher Investitionsbedarf. Und schließlich wirken gestiegene Kapitalkosten, Materialengpässe und Fachkräftemangel bislang noch als Bremse im Netzausbau. Dennoch plant das Land, den Ausbau weiter voranzutreiben, um die Gigabit-Infrastruktur flächendeckend zu verankern und so auch die digitale Teilhabe in Baden-Württemberg zu verbessern.

Rechenzentren und Cloud-Infrastruktur

Rechenzentren und Cloud-Infrastruktur spielen eine zentrale Rolle bei Entwicklung, Training und Anwendung von Künstlicher Intelligenz. Insbesondere die Schulung von KI-Modellen – vor allem aus dem Bereich des sogenannten Deep Learning und des umfassenderen Machine Learning – erfordert enorme Rechenleistung. Herkömmliche Server und lokale IT-Systeme sind oft nicht in der Lage, diese Anforderungen effizient zu erfüllen.

Rechenzentren hingegen bieten Zugang zu leistungsstarken Grafikprozessoren (Graphics Processing Units – GPUs), Tensorprozessoren (Tensor Processing Units – TPUs) und anderen spezialisierten Hardwarekomponenten, die für das Training großer KI-Modelle erforderlich sind.

Gegenwärtig gibt es in Baden-Württemberg bereits mehrere Hochleistungsrechenzentren, die zu den leistungsstärksten in Deutschland und Europa zählen und überwiegend an Universitäten angesiedelt sind. Das Land Baden-Württemberg finanziert bereits seit den 1980er Jahren sogenannte High-Performance-Computing-Systeme (HPC) und verfügt seit 2012 zudem über eine explizite HPC-Landesstrategie. Für die aktuelle Periode 2025–2032 sieht die Strategie explizit vor, auch die spezifischen KI-Rechenbedarfe mitzudenken.

Als deutschlandweite Besonderheit umfasst die Landesstrategie alle HPC-Leistungsebenen. Insgesamt gibt es in Baden-Württemberg sechs universitäre HPC-Betreiberstandorte, die durch ihre aufeinander abgestimmten Spezialisierungen und die Bündelung gemeinsamer Anforderungen unterschiedliche Bedarfe gezielt adressieren und Skaleneffekte nutzen. Als Leuchttürme in diesem Zusammenhang sind das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) sowie der Standort Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hervorzuheben. Diese Zentren sind eng in nationale und internationale Netzwerke eingebunden und unterstützen die Forschungsgemeinschaft bei der Lösung komplexer Probleme. Darüber hinaus gibt es im Rahmen verschiedener Programme auch die Möglichkeit für Unternehmen, HPC-Rechenzeit zu nutzen, etwa bei entsprechenden Industriepartnerschaften²³ oder bei universitär-privatwirtschaftlichen Kooperationsprojekten zur Bearbeitung industrieller Forschungsfragen oder bei speziellen Förderprogrammen zur Unterstützung von KMU und Start-Ups.²⁴

Der Transfer von universitärem Wissen und wissenschaftlichen Kompetenzen in Wirtschaft und Gesellschaft hinein hat in Baden-Württemberg eine lange Tradition und ist zentraler Bestandteil auch der HPC-Landesstrategie. Im Rahmen der HPC-Landesstrategie haben sich die Höchstleistungsrechner für Wissenschaft und Wirtschaft GmbH (hww) und die SICOS BW GmbH bewährt. Die hww – eine Gründung des Landes, zweier Universitäten und

21 | Vgl. BMDV 2024; BMDV 2022.

22 | Vgl. Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2024a.

23 | Vgl. HLRS 2024b.

24 | Vergleichbare Möglichkeiten bietet KMU in Baden-Württemberg beispielsweise das Programm *Digitalisierungsprämie Plus*[®]. Vgl. KI Bundesverband e.V. 2021.



namhafter Wirtschaftsunternehmen – macht der heimischen Wirtschaft sogenannte Supercomputing-Technologien zugänglich. Mittelständische Unternehmen können bei entsprechendem Vollkostensatz so bis zu 10 Prozent der Kapazität des schnellsten Landesrechners nutzen, der am HLRS zur Verfügung steht. Die SICOS BW GmbH wiederum führt KMU gezielt an die Themen Simulation, Hochleistungsrechnen, Datenanalyse oder KI heran und unterstützt sie beim Aufbau von Know-how. Zur Behandlung branchenspezifischer Fragestellungen wurden darüber hinaus verschiedene Solution Center gegründet, um Wirtschaft und Wissenschaft im Zeichen von Forschung und Entwicklung stärker zu vernetzen.

Trotz des bestehenden Angebots an Rechenleistung, die im europäischen Vergleich herausragt und von dem vor allem Forscherinnen und Forscher in Baden-Württemberg profitieren,²⁵ ist mangelnde Rechenzeit bereits heute ein Hemmnis für die Akteure im KI-Ökosystem Baden-Württemberg, wie die befragten Fachleute bestätigen. Insbesondere Rechenzeit an Computern, die für KI-Entwicklung und -Schulung ausgelegt sind, ist wenig verfügbar, da hierfür spezielle Hardwarekomponenten – nämlich hochleistungsfähige GPUs – benötigt werden. Ein Ausbau bestehender Rechenkapazitäten oder gar ein Neubau sind kostenintensive Unterfangen; sie sollten in Kooperation mit anderen Bundesländern und europäischen Partnern verfolgt werden. Neben den hohen Kosten für den Bau der Infrastruktur und der Herausforderung, die nötigen Chips zu erwerben, stellt vor allem der immense Energie- und Wasserbedarf angesichts hoher Verbraucherpreise gerade in Deutschland ein Hemmnis für die Nutzung von Hochleistungsrechenkapazitäten dar (siehe Kapitel 5.8).

Die Initiative *Gauss Centre for Supercomputing*, in deren Rahmen das HLRS unter anderem mit dem Forschungszentrum Jülich und dessen Exascale-Supercomputer zusammenarbeitet, ist ein positives Beispiel für solche Kooperationen. Denkbar wären in diesem Zusammenhang außerdem stärker institutionalisierte Partnerschaften zwischen Wirtschaft und öffentlicher Hand, da Unternehmen perspektivisch noch mehr Bedarf an Rechenzeit haben werden und von einem Aus- oder Neubau HPC-fähiger Infrastruktur entsprechend profitieren würden.²⁶

Der steigende Bedarf wird aktuell unter anderem von dem neuen Konsortium HammerHAI adressiert: Die europäische KI-Fabrik HammerHAI am HLRS soll Wissenschaft und Wirtschaft eine skalierbare, sichere und leistungsfähige Infrastruktur für die KI-Entwicklung bieten. Durch die Verschränkung von Cloud-ähnlichen Betriebsmodellen mit dem Höchstleistungsrechnen, der Förderung des Datenaustauschs und der Bereitstellung und Vermittlung maßgeschneiderter Dienstleistungen zielt HammerHAI darauf ab, ein umfassendes Service-Ökosystem zu schaffen. Dieses Ökosystem umfasst die individuelle Beratung, den nahtlosen Zugang zu KI-Ressourcen, passgenaue Lösungen für die Entwicklung von KI-Modellen, qualifizierte Schulungsprogramme und eine Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen KI-Initiativen. HammerHAI setzt sich für ethische, sichere und vertrauenswürdige KI-Lösungen ein und will so die europäische KI-Forschung und Start-up-Szene wettbewerbsfähig positionieren. Das Projektbudget beträgt rund 85 Millionen Euro.²⁷

Für die meisten Unternehmen in Baden-Württemberg erfolgt der Zugang zu entsprechenden Rechenkapazitäten aktuell über eine Cloud-Infrastruktur. Die für diese Studie befragten Unternehmen nutzen gegenwärtig fast alle mindestens einen der drei großen Cloud-Anbieter (Amazon Web Services, Google Cloud, Microsoft Azure). Die jeweilige Cloud-Infrastruktur ermöglicht es den Unternehmen, Rechenleistung nach Bedarf flexibel zu skalieren. Gerade in der KI-Entwicklung, wo der Bedarf stark schwanken kann, bietet diese Flexibilität wirtschaftliche Vorteile, da nur für die tatsächlich in Anspruch genommene Rechenleistung bezahlt werden muss.

Der Umstand, beim Cloud Computing bislang auf US-amerikanische Anbieter zurückgreifen zu müssen, wurde von den befragten Unternehmensvertreterinnen und -vertretern unterschiedlich bewertet, ist insgesamt jedoch als Unsicherheitsfaktor einzuordnen, insbesondere beim Thema Datenschutz. Strategisch betrachtet stellen sich hier schließlich auch Fragen der technologischen Souveränität Deutschlands und Europas, weshalb es bereits einige Initiativen gibt, um lokale oder europäische Alternativen aufzubauen (siehe Kasten „STACKIT und der DataHub Europe“²⁸).

25 | Vgl. OECD 2024a.

26 | Vgl. Kagermann et al. 2024.

27 | Vgl. HLRS 2024a.

28 | Vgl. Schwarz Digits KG 2024.

STACKIT und der DataHub Europe

STACKIT – die Cloud-Plattform der Schwarz Gruppe – ist eine Cloud-Lösung aus Deutschland für Unternehmen und öffentliche Organisationen, die sich auf Datenschutz und Datenhoheit konzentriert. Die Plattform bietet flexible, in der EU gehostete Cloud-Dienste, die mit der europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) konform sind. Ziel von STACKIT ist es, eine digitale Infrastruktur zu schaffen, die europäische Unternehmen unabhängiger und widerstandsfähiger gegenüber Krisen macht.

In Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn wurde die Plattform *DataHub Europe* entwickelt, die auf dem Digital-Gipfel 2024 der Bundesregierung vorgestellt wurde. *DataHub Europe* dient als europäische Infrastruktur der sicheren Erfassung, Speicherung und Verarbeitung von Daten. Unternehmen wie die Deutsche Bahn nutzen die hier erfassten Daten, um KI-Modelle zu trainieren und für geschäftliche Belange anzupassen.

Die Plattform ermöglicht es Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Medien, für die Entwicklung von KI-Anwendungen ihre Daten einzubringen. Ein Beispiel hierfür ist die Anwendung *AuditGPT*, die darauf abzielt, Prüfungsprozesse teilautomatisiert zu unterstützen. Diese Anwendung wird derzeit bei der Deutschen Bahn und der Schwarz Gruppe getestet. STACKIT stellt die Cloud-basierte Infrastruktur für das Vorhaben bereit, die eine rechtssichere und datensouveräne Nutzung der Daten gewährleistet.

Datenverfügbarkeit

Daten sind der Rohstoff für KI-Systeme. Ohne eine effiziente Datennutzung und breit zugängliche Datenbestände bleibt das Potenzial der KI-Entwicklung begrenzt. In Baden-Württemberg gibt es sowohl in den Unternehmen (insbesondere in den Branchen Automobil und Maschinenbau) als auch in öffentlichen Einrichtungen (beispielsweise in Gesundheits-, Umwelt- oder Verkehrsbehörden) große Mengen an wertvollen Daten. Die Verfügbarkeit von Daten in Baden-Württemberg ist jedoch derzeit noch ein Schwachpunkt – insbesondere im internationalen Vergleich: Zahlreiche Unternehmen in der Region – vor allem KMU – haben

Schwierigkeiten bei der Beschaffung großer und qualitativ hochwertiger Datensätze, die für das Training von KI-Modellen unerlässlich sind. Außerdem nutzen Unternehmen vielfach das Potenzial vorliegender Daten nicht vollständig, weil Rechtssicherheit fehlt, der Nutzen unklar ist oder es an Personal mangelt. Oftmals müssen gerade bei KMU zudem Daten zunächst strukturiert und aufbereitet werden, um effizient verwendet werden zu können. Die Bedeutung von Datenverfügbarkeit und Datenaustausch wurde bereits in der 2017 formulierten und 2022 aktualisierten Digitalisierungsstrategie des Landes beschrieben und mit verschiedenen Programmen adressiert (Breitbandausbau und Ausbau der Dateninfrastruktur); dennoch besteht hier noch Verbesserungsbedarf.

Ein zentrales Hemmnis bei der Datenverfügbarkeit ist eine nach wie vor schwach ausgeprägte Kultur des Datenteilens in Baden-Württemberg, was sich vor allem auf datenschutzrechtliche Bedenken und Sorge um Wettbewerbsnachteile gründet. Unternehmen und öffentliche Einrichtungen befürchten häufig, dass ein intensiver Datenaustausch Risiken mit sich bringt – etwa den Verlust bzw. die Preisgabe sensibler Informationen oder den Zugriff Dritter auf strategische Daten. Die Zurückhaltung führt allerdings dazu, dass wertvolle Informationen vielfach in Datensilos verbleiben und somit nur sehr begrenzt für die Entwicklung von KI und digitalen Innovationen genutzt werden können.

Eine Vielzahl an Initiativen versucht daher bereits die Befürchtungen in vielen Unternehmen und Einrichtungen aufzugreifen und Räume oder Plattformen zu schaffen, in denen sowohl Daten zur Verfügung gestellt oder getauscht werden können als auch der Datenschutz gewährleistet ist (siehe Kasten „STACKIT und der DataHub Europe“). So befindet sich aktuell eine flexible Datenplattform der *KI-Allianz Baden-Württemberg* im Aufbau, die insbesondere KMU die Möglichkeit bieten soll, in einem rechtlich und ethisch sicheren Rahmen, Daten für das Training von KI-Modellen auszutauschen. Das Open-Data-Portal *daten.bw* der Landesregierung²⁹ stellt zudem auch heute schon Daten der öffentlichen Verwaltung zur freien Nutzung zur Verfügung. Des Weiteren gibt es bereits Aktivitäten, die über Baden-Württemberg hinaus reichen: In diesem Zusammenhang sind vor allem die Initiative *Gaia-X* und weitere Plattformen zu nennen, die branchenspezifisch ausgerichtet sind; hierzu zählt *Catena-X* – ein Konsortium, in dem Automobilhersteller, Zulieferer, Händlerverbände und Ausrüster Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette tauschen können. Schließlich bemühen sich viele

29 | Vgl. Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2024b.



Initiativen insbesondere für KMU auch um rechtlich orientierte Beratungsangebote zu den Themen Datenschutz, Datensicherheit und AI Act (siehe Kapitel 5.7).

5.1.3 Zwischenfazit/Vorschläge

Im Vergleich zu den USA oder China hat Baden-Württemberg – wie auch Deutschland insgesamt – bei der Skalierung der KI-Entwicklung (insbesondere bei der Verfügbarkeit von Daten und Hochleistungsrechenkapazitäten) noch Aufholbedarf. Gerade in den USA haben Techgiganten wie Alphabet (unter anderem Google), Microsoft und Amazon eine überragende Marktstellung im KI-Sektor, da sie Zugang zu sehr großen globalen Datensätzen und enorme Cloud-Kapazitäten haben.

Der Erfolg der US-amerikanischen und chinesischen Wettbewerber gefährdet mittelfristig allerdings die technologische Souveränität Deutschlands und Europas. Das strategische Ziel der technologischen und digitalen Souveränität spielt daher auch beim Aufbau von Rechenkapazitäten im und für das Ökosystem in Baden-Württemberg eine zentrale Rolle. Da der Bedarf an Rechenkapazitäten perspektivisch steigen wird, sind ein Ausbau der bestehenden Hochleistungsrechner sowie strategische Partnerschaften mit deutschen und europäischen Partnern sinnvoll. Hierfür braucht es zunächst allerdings eine strategische Entscheidung zur Ausrichtung der heimischen KI-Entwicklung. Denn wenn das Ziel des Kapazitätsausbaus die Entwicklung eigener Large Language Models (LLMs) sein sollte, wie es die *Large European AI Models Initiative* (LEAM) des Bundesverbands der Unternehmen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland anstrebt,³⁰ wäre außer den entsprechenden Rechenkapazitäten auch spezialisierte Hardware erforderlich; konkret benötigt würden dann spezielle KI-Chips, wie sie beispielsweise von NVIDIA hergestellt werden, die ein Training großer Modelle erheblich beschleunigen.

Wie oben näher erläutert, bestehen zudem zwei zentrale infrastrukturpolitische Herausforderungen im Bereich der Datenverfügbarkeit und der Datennutzung: fehlende Rechtssicherheit und Zurückhaltung beim Datenteilen. Zunächst braucht es daher eine klare rechtliche Grundlage zur Interpretation und Umsetzung der europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) für das Training von KI-Modellen. Zudem müssen die materiellen Bestimmungen der beiden einschlägigen EU-Verordnungen AI Act und Data Act präzise geklärt werden, um für Unternehmen – insbesondere für KMU – Rechtssicherheit zu gewährleisten. Niederschwellige Beratungsangebote, wie sie vielfach bereits vorhanden sind, können hier gezielt Unterstützung leisten und Unternehmen helfen, effektiv und zugleich gesetzeskonform mit Daten zu arbeiten. Was die Frage des Tauschs oder des Teilens von Daten betrifft, ist ein Kulturwandel erforderlich, der die strategischen und wirtschaftlichen Vorteile des Datenteilens verdeutlicht – von potenziellen Wettbewerbsvorteilen bis hin zur Monetarisierung hochwertiger Daten.

Zur Verbesserung der Datenverfügbarkeit für KI-Anwendungen sollten Landes- und Kommunalbehörden in Baden-Württemberg weiterhin angehalten werden, nicht sensible Daten in offenen Formaten und kostenlos bereitzustellen, und bestehende Ansätze wie *MobiData BW* oder *daten.bw* noch stärker genutzt werden. Dies käme insbesondere KMU und Start-ups im Land zugute. Außerdem könnten Datenschutzbehörden gezielt Protokolle für den Datenaustausch entwickeln, insbesondere für Sektoren mit hohem Potenzial für KI-Anwendungen wie das Gesundheitswesen.³¹ Entsprechende Maßnahmen könnten Unternehmen motivieren, ihre eigenen Daten gewinnbringend und verantwortungsvoll in einem geschützten Rahmen zu teilen und so neue Wertschöpfungspotenziale zu erschließen.³²

30 | Vgl. BMWK/LEAM:AI 2023.

31 | Vgl. Europäische Kommission 2024b.

32 | Vgl. OECD 2024a.

5.2 Bildungs- und Fachkräftesituation

5.2.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Als Querschnittstechnologie wird KI künftig eine wichtige Rolle in fast allen Berufsfeldern³³ und im gesellschaftlichen Leben spielen. Daher braucht es ein Bildungssystem, das die Vermittlung von Digital- und KI-Kompetenzen bereits zu einem frühen Zeitpunkt und über alle Bildungseinrichtungen hinweg integriert; hilfreich wären dabei erlebnisorientierte Unterrichtsformate, beispielsweise die Nutzung von KI-Experimentierräumen. Dies schafft die Grundlage für eine hochwertige Ausbildung von KI-Fachkräften, für soziale Teilhabe von Bürgerinnen und Bürgern in einer zunehmend digitalisierten Welt und für die gesellschaftliche Akzeptanz entsprechender Technologien. KI-Anwendungen können helfen, den Fachkräftemangel in Baden-Württemberg wie in Deutschland durch Effizienz- und Produktivitätssteigerungen abzufedern, aber auch Quereinsteigerinnen und -einsteigern die Einarbeitung in neue, möglicherweise komplexere Tätigkeiten zu erleichtern. Zudem können KI-Instrumente für die individuelle Aus- und Weiterbildung sowie in der Verwaltung von Bildungseinrichtungen eingesetzt werden. Voraussetzungen dafür sind eine digitale Infrastruktur (Hard- und Software), entsprechende KI-Kompetenzen sowie die Bereitschaft zu lebenslangem Lernen. Seit der Coronapandemie hat das Land Baden-Württemberg bei der Digitalisierung Fortschritte gemacht und viele digitale und KI-basierte Aktivitäten in Schule, Hochschule sowie Aus- und Weiterbildung implementiert. Diese Initiativen gilt es fortzusetzen und das Thema Verfügbarkeit von (internationalen) KI-Fachkräften in Wissenschaft und Wirtschaft weiter zu adressieren.

5.2.2 Status quo

Für die Vermittlung von KI-Kompetenzen und die Qualifizierung von KI-Fachkräften in Schule, Hochschule sowie Aus- und Weiterbildung hat Baden-Württemberg im deutschlandweiten Vergleich gute Voraussetzungen. Dies gilt insbesondere für den akademischen Bereich: Nach dem *Bitkom Länderindex 2024* hat das Land mit 3,6 Prozent nicht nur einen vergleichsweise hohen

Anteil an IT-Fachkräften (Deutschland-Durchschnitt: 2,6 Prozent), sondern es gibt mit 8,5 Prozent auch mehr Informatikabschlüsse an Hochschulen als im bundesweiten Schnitt (Deutschland-Durchschnitt: 6,5 Prozent).³⁴ Zudem ist Baden-Württemberg als Hochschulstandort etabliert und Gastgeber der LEARNTEC, einer europaweit bekannten Veranstaltung für digitale Bildung.

5.2.2.1 Digital- und KI-Initiativen für die Schule

Die für die Vermittlung von Digital- und KI-Kompetenzen wichtigen Aspekte der Hard- und Software-Infrastruktur, der Methodik und geeigneter Tools für Lehrende und Lernende werden in der Digitalstrategie für die öffentlichen Schulen des Landes³⁵ explizit adressiert. Die entsprechenden Aktivitäten werden bislang über das auslaufende Bundesprogramm *DigitalPakt Schule* und über verschiedene Landesprogramme wie die *Digitale Schule*³⁶ finanziell unterstützt.

Ende des Jahres 2024 waren in Baden-Württemberg bereits 98 Prozent der vorgesehenen Mittel im Rahmen des *DigitalPakts Schule*³⁷ in laufenden oder abgeschlossenen Maßnahmen *des Basis DigitalPakts*³⁸ für Bildungsinfrastruktur gebunden. Auch in länderübergreifenden Projekten des *DigitalPakts Schule* engagiert sich Baden-Württemberg: So entsteht unter Federführung des *Landesmedienzentrums Baden-Württemberg* (LMZ BW) beispielsweise eine KI-gestützte Mediendatenbank,³⁹ die unter anderem Lehrkräften in den beteiligten Bundesländern bei der Unterrichtsplanung hilft und Standards setzen kann.

Bis Ende 2025 sollen der flächendeckende Ausbau gigabitfähiger Netze sowie verlässliche Lösungen für Wartung und technischen Support seitens des Schulträgers auf den Weg gebracht werden. Zur KI-orientierten Fort- und Weiterbildung der Lehrkräfte wird zudem der Medienbildungsplan bei der Lehrerbildung an den Hochschulen fortentwickelt (unter anderem zum Einsatz von ChatGPT). Neben dem LMZ BW bieten auch das *Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung* (ZSL)⁴⁰ und verschiedene Drittanbieter entsprechende Fortbildungsangebote für Lehrende an. In den Bildungsplänen der allgemeinbildenden Schulen des Landes ist das digitale Lernen darüber hinaus über

33 | Vgl. Cyber Valley GmbH 2024e.

34 | Vgl. Bitkom e.V. 2024b.

35 | Vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2023a.

36 | Vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2023b.

37 | Vgl. BMBF 2024a.

38 | Zum *Basis DigitalPakt des DigitalPakts Schule* zählen unter anderem Anzeigergeräte (Smartphones), mobile Endgeräte (Laptops, Tablets), Vernetzung/Server, WLAN sowie Lehr- und Lerninfrastruktur. Vgl. BMBF 2024e.

39 | Vgl. BMBF 2024e.

40 | Vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2024.



die Medienbildung in alle Fachpläne integriert; und auch in den Lehrplänen der berufsvorbereitenden Schulen ist der Erwerb von Medien- und Datenkompetenz verankert. Geplant ist außerdem, Kompetenzen im Bereich Informatik/Künstliche Intelligenz und Medienbildung in einem eigenen Schulfach für alle Schülerinnen und Schüler zu verankern. Landesprogramme fördern Projekte zur Robotik und zum Computational Thinking an einzelnen Schulen durch Konzepte, Equipment und Fortbildung. Als außerschulische Lernorte sollen sogenannte Maker Spaces mit Virtual-Reality-Laboren den Gedanken des „Machens“ fördern sowie Neugier wecken. Auch wird der Einsatz von Programmen unterstützt, die eine adaptive Förderung mit KI-Methoden für individuelles Lernen ermöglichen. Mit der digitalen Bildungsplattform *Schule@BW*⁴¹ steht den Schulen schließlich eine rechtskonforme Software zur Verfügung, die bei der Unterrichtsgestaltung und beim Lernen hilft und eine sichere Kommunikation ermöglicht (unter anderem E-Mail-Funktion, gemeinsamer Kalender, Messenger für Lehrkräfte).

Im Herbst 2024 wurde das KI-Zentrum Schule⁴² in Heilbronn am IPAI gegründet, das vom *Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung* (ZSL) in Kooperation mit der Dieter Schwarz Stiftung getragen wird. Es unterstützt Schulen dabei, KI in schulischen Lehr-Lern-Prozessen lernförderlich nutzbar zu machen. Zudem werden aus schulischer Perspektive die gesellschaftlichen, kulturellen und ethischen Auswirkungen von KI betrachtet. Das Zentrum wird praxisorientierte Fortbildungen für Lehrkräfte anbieten und Anwendungsbeispiele, Unterrichtskonzepte und Informationsmaterialien entwickeln, die Schulen dabei helfen, KI-basierte Tools lernwirksam und datenschutzkonform einzusetzen.

5.2.2.2 KI-Angebote an Hochschulen

Baden-Württemberg verfügt über eine sehr gute Hochschullandschaft und Personalausstattung. Mit rund 70 Universitäten und Hochschulen belegt das Land den ersten Platz in Deutschland. Zudem gibt es vier Exzellenzuniversitäten, wiederum so viele wie in keinem anderen Bundesland.⁴³

Was das Angebot an KI-Professuren und KI-Studiengängen angeht, aber auch hinsichtlich der Anzahl der Studierenden in den für KI relevanten Studiengängen liegt Baden-Württemberg mit Bayern und Nordrhein-Westfalen hierzulande auf den vorderen Plätzen.

Nach Angaben des Wissenschaftsministeriums Baden-Württemberg gab es Anfang 2021 mehr als 180 Hochschulprofessuren⁴⁴ im Bereich KI und Robotik im Land, darunter auch 14 Angebote, die in den Bereichen Ethik, Philosophie, Wirtschafts- oder den Sozialwissenschaften angesiedelt sind; auch hier belegt das Bundesland den ersten Platz in Deutschland. Außerdem haben Baden-Württemberg und Bayern von den ursprünglich avisierten 100 zusätzlichen KI-Professuren, die die KI-Strategie der Bundesregierung vorgesehen hat, jeweils 23 erhalten.⁴⁵ Zusätzlich fördert das Land 10 KI-Juniorprofessuren.⁴⁶ Des Weiteren gibt es in Baden-Württemberg mittlerweile etwa 126 KI-relevante Studiengänge⁴⁷ – vor allem in den Bereichen Informatik, Wirtschaft, Engineering und Medien. Eine Landtagsanfrage⁴⁸ weist für das Jahr 2023 insgesamt noch deutlich höhere Zahlen aus: Demnach gab es in Summe 556 Hochschulprofessuren für Machine Learning und Künstliche Intelligenz im Land sowie 231 entsprechende Studiengänge (Bachelor und Master). Auch wenn die Zahlen zu Hochschulprofessuren und den Studiengängen differieren, was an Zeitpunkt beziehungsweise Art der Erhebung (Studiengangsbezeichnung, Umfragemethodik) liegen kann, zeigen sie doch die Dynamik in diesem Bereich. Um den Bildungsstandort auch für Studierende aus dem Ausland attraktiv zu machen, bedarf es vor allem auch englischsprachiger Lehrangebote gerade im KI-Bereich.⁴⁹

Für den KI-Bereich sind insbesondere Studierende aus MINT-Fächern relevant. Für Deutschland insgesamt ist über die vergangenen 15 Jahre tendenziell eine Zunahme von Studierenden insbesondere im Informatikbereich zu verzeichnen⁵⁰ – mit leichtem Rückgang während der Coronapandemie; dies gilt auch für Baden-Württemberg.⁵¹ Hier hat sich in den vergangenen 10 Jahren

41 | Vgl. IBBW 2024.

42 | Vgl. StM BW 2024g.

43 | Vgl. BMBF 2024d.

44 | Vgl. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024b.

45 | Vgl. BMBF 2024 f.

46 | Vgl. Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2022.

47 | Vgl. PLS 2023.

48 | Vgl. Landtag von Baden-Württemberg 2023.

49 | Vgl. OECD 2024a.

50 | Vgl. Bundesagentur für Arbeit 2024.

51 | Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024.

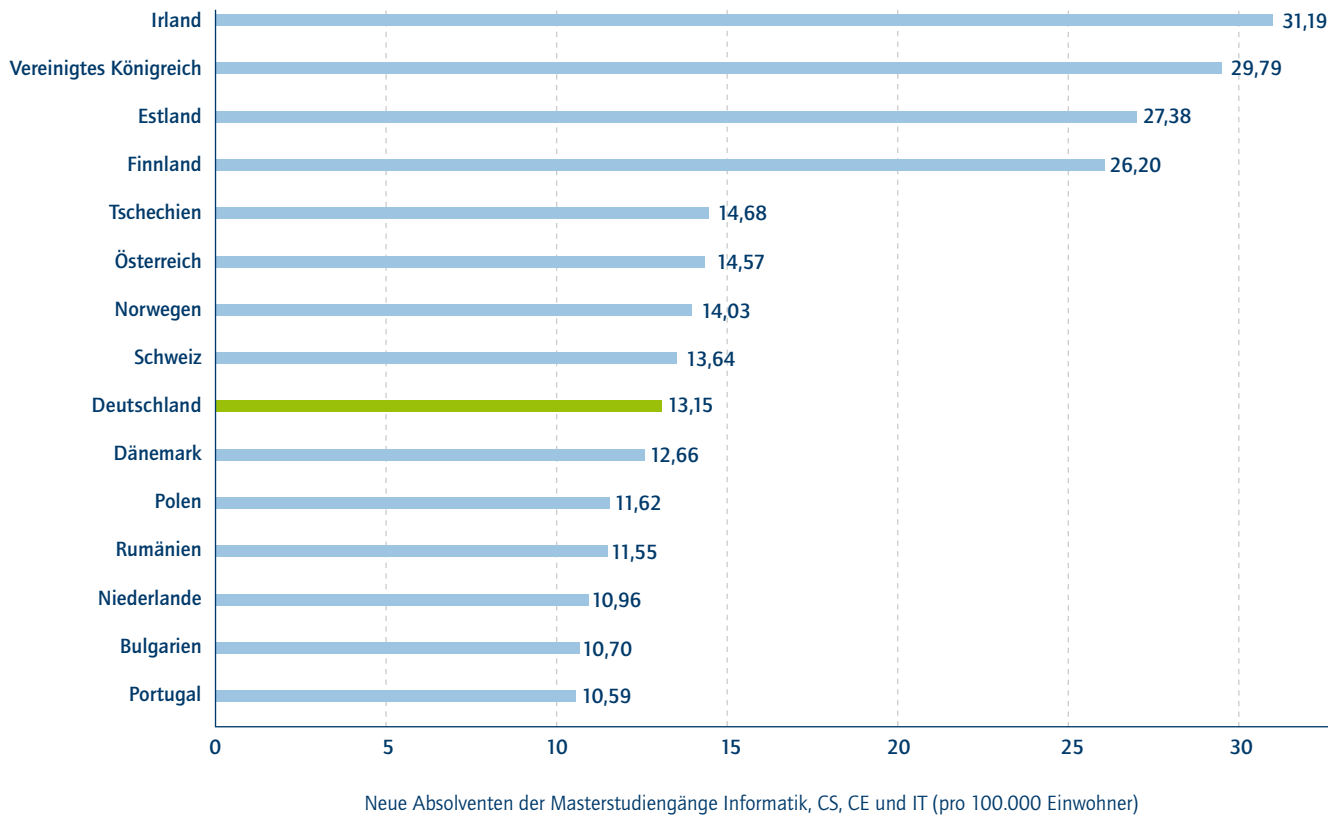


Abbildung 1: Mit Irland, Estland und Finnland liegen kleinere, mit Irland und dem Vereinigten Königreich zudem englischsprachige Länder an der Spitze, was die Anzahl an neuen Masterabsolventinnen und -absolventen pro 100.000 Einwohner für KI-relevante Studiengänge im Jahr 2022 anbelangt. Deutschland verzeichnete allerdings den prozentual höchsten Zuwachs an neuen Masterabschlüssen in Informatik, Computer Science (CS), Computer Engineering (CE) und Computing, Information Technology (IT) zwischen 2012 und 2022 (Quelle: basierend auf HAI 2024, S. 349–350).

die Anzahl der Informatikstudierenden in Summe fast verdoppelt. Im Wintersemester 2023/2024 waren Informatik und Wirtschaftsinformatik nach Betriebswirtschaftslehre und Medizin zudem die beliebtesten Studienfächer – mit 16.075 Informatikstudierenden.⁵² Der Anteil an weiblichen sowie ausländischen Studierenden lag jeweils bei 16,4 Prozent. Fasst man den Studienbereich Informatik weiter und nimmt unter anderem Bioinformatik, Wirtschaftsinformatik, Computer- und Kommunikationstechnik noch hinzu, kommt man für Baden-Württemberg im Wintersemester 2021/2022 auf 33.700 Studierende.⁵³ Damit liegt das Land in absoluten Zahlen bundesweit auf Platz drei hinter Nordrhein-Westfalen und Bayern – bezogen auf die

Einwohnerzahl liegen Nordrhein-Westfalen sowie die Stadtstaaten Berlin und Hamburg vor Baden-Württemberg.

Um diese Kennzahlen auch im internationalen Maßstab einordnen zu können, hilft der Blick auf den europäischen Zusammenhang: Hier liegt Deutschland bezogen auf eine Einwohnerzahl von 100.000 bei den Masterabschlüssen in den Bereichen Informatik, Computer Science, Computer Engineering und Informationstechnologie lediglich im Mittelfeld (siehe Abbildung 1) – was allerdings auch zeigt, dass der KI-Nachwuchs nicht ausschließlich hierzulande ausgebildet werden muss, sondern auch aus anderen europäischen Ländern rekrutiert werden kann.

52 | Vgl. CHE 2024c.

53 | Vgl. CHE 2022.



5.2.2.3 KI in Aus- und Weiterbildung

Nicht nur im Studium, auch in der Berufsausbildung werden digitale und KI-Kompetenzen zunehmend wichtiger, beispielsweise in den Ausbildungsberufen Mechatronik und Fachinformatik.⁵⁴ In Baden-Württemberg wie in ganz Deutschland⁵⁵ ist insbesondere die Nachfrage nach einer Fachinformatikausbildung hoch und die Bezahlung attraktiv: 2023 kamen die beiden Ausbildungszweige Fachinformatiker für Systemintegration und Fachinformatiker für Anwendungsentwicklung in Baden-Württemberg auf die Plätze 13 und 17 der beliebtesten Ausbildungsberufe – insbesondere bei Männern;⁵⁶ hier lag beispielsweise der Fachinformatiker für Systemintegration auf Platz 6. Einer Abfrage über die Stellenplattform Stepstone zufolge gab es im November 2024 im Bundesland 2.675 offene Stellen für den Berufszweig.⁵⁷ Fachinformatikerinnen und -informatiker liegen beim Bruttogehalt im ersten Jahr nach der Ausbildung deutschlandweit auf dem neunten Platz der Ausbildungsberufe mit dem höchsten Einstiegsgehalt.

Zudem gibt es zahlreiche Fortbildungsangebote, die Fachinformatikqualifikation in Teil- oder Vollzeit zu erwerben – auch für Abiturientinnen und Abiturienten (siehe Kasten „Beispiele für KI-Aus-, Fort- und Hochschulbildung“). Weiterbildung im KI-Sektor ist für den Erhalt der Beschäftigungsfähigkeit heutzutage wichtig; zudem kann sie für mehr Beschäftigung sorgen, indem motivierte Arbeitskräfte nach Studienabbruch oder im Quereinstieg für den IT- und KI-Arbeitsmarkt qualifiziert werden. Baden-Württemberg hat mit der bundesweit höchsten Teilnahmequote bei Weiterbildungsmaßnahmen und aufgrund der meisten betrieblichen Weiterbildungsangebote pro 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner gute Voraussetzungen.⁵⁸ Auch fördert das Land mit vielfältigen Maßnahmen die Weiterbildungslandschaft. Zu nennen ist hier unter anderem die ressortübergreifende Weiterbildungsoffensive *WEITER.mit.BILDUNG@BW*⁵⁹ von Wirtschafts-

Kultus- und Wissenschaftsministerium, in deren Rahmen die drei beteiligten Ressorts unter anderem einen KI-unterstützten Kursfinder erproben. Außerdem fördert das Wirtschaftsministerium des Landes im Rahmen der Weiterbildungsoffensive auch die Entwicklung und Erprobung von Weiterbildungsmaßnahmen mit KI-Bezug. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang auch die 2024 gestartete Initiative *FachkräfteLÄND*.⁶⁰ An beruflichen Schulen wird die Weiterbildung wiederum durch die Förderprogramme *Berufliche Weiterbildung* und *KI-Module für Lernfabriken 4.0*⁶¹ finanziell unterstützt. KI-Fortbildungsangebote gibt es außerdem auch in der öffentlichen Verwaltung des Landes (siehe Kasten „Beispiele für KI-Aus-, Fort- und Hochschulbildung“).

Beispiele für KI-Aus-, Fort- und Hochschulbildung

Für Abiturientinnen und Abiturienten bieten die Industrie- und Handelskammer (IHK) Göppingen, die Hochschule Esslingen sowie die berufliche Schule Göppingen das Modell *Digital Engineering plus* an. Vorteile sind eine verkürzte Ausbildungszeit sowie ein IHK-Abschluss als Sicherheit für den Fall, dass das Studium nicht beendet wird.⁶²

Um KI-Kompetenzen interdisziplinär in alle Studiengänge zu integrieren, wurde an der Hochschule Heilbronn die *School of Applied Artificial Intelligence*⁶³ etabliert. So werden ein gemeinsames Kursangebot für mehrere Studiengänge geschaffen und Doppelungen vermieden.

Der *KI-Campus* ist eine Lernplattform mit kostenlosen Online-Kursen für verschiedene Stakeholdergruppen.⁶⁴ In der zweiten Phase bis 2023 gefördert vom BMBF und

- 54 | Unter den etwa 330 betrieblichen Berufsausbildungen gibt es im Bereich Informatik zum Beispiel die Fachinformatik für Anwendungsentwicklung, die Fachinformatik für Systemintegration, die Fachinformatik für Daten und Prozessanalyse, die Fachinformatik für digitale Vernetzung sowie die Assistenz für Informatik und die IT-Projektleitung (Ausbildung). In vielen Bereichen ist KI ein Teilbereich der Ausbildung. Vgl. IHK Region Stuttgart 2024.
- 55 | In Deutschland stand 2023 die Fachinformatik bei abgeschlossenen Ausbildungsverträgen in den am stärksten besetzten Ausbildungsberufen auf dem fünften Platz. Bei den Männern lag dieser Ausbildungsberuf auf dem zweiten Platz hinter der Kraftfahrzeugmechatronik. Bei den Frauen war keine IT-Ausbildung unter den ersten zehn Plätzen der am stärksten besetzten Ausbildungsberufe. Vgl. Statista 2024c.
- 56 | Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023b.
- 57 | Vgl. Stepstone 2024.
- 58 | Vgl. Deutsches Institut für Erwachsenenbildung 2024.
- 59 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024b.
- 60 | Vgl. StM BW 2024c.
- 61 | Vgl. Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2022.
- 62 | Vgl. Hochschule Esslingen 2024.
- 63 | Vgl. Hochschule Heilbronn 2024.
- 64 | Vgl. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. 2024b.

von Partnern wie der Dualen Hochschule Baden-Württemberg unterstützt, läuft bis 2030 das Projekt *KI als Breitenkompetenz* gefördert vom Mercedes-Benz Fonds.

KI-Fortbildungen für die öffentliche Verwaltung werden unter anderem vom *KommunalCampus* der Metropolregion Rhein Neckar Kreis – einer interkommunalen Fortbildungsplattform für digitale Kompetenz in der gemeinsamen Trägerschaft der Länder Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz – angeboten.⁶⁵ Gefördert von der Stadt Neckarsulm entwickelt die Hochschule Ludwigsburg mit der Universität Zürich ein KI-gestütztes Training.⁶⁶

5.2.3 Herausforderungen: Verfügbarkeit von KI-Fachkräften und Standortattraktivität

Die sogenannte QuBe-Studie zu Qualifikations- und Berufsprojektionen⁶⁷ hat für Baden-Württemberg einen Anstieg der Arbeitskräfte im akademischen Bereich bis 2030 beziehungsweise 2040 prognostiziert, vor allem auch bei Erwerbstätigen in Informatik sowie Informations- und Kommunikationstechnologieberufen. Derzeit hat das Land bei der Verfügbarkeit von KI-Talenten gute Voraussetzungen. Generell ist Deutschland für internationale Studierende attraktiv (keine beziehungsweise geringere Studiengebühren etc.).^{68, 69} Dennoch wandern hierzulande ausgebildete ausländische Studierende und KI-Talente nach der Ausbildung oder Promotion im KI-Bereich oftmals wieder ab.^{70, 71} Inwiefern dies auch für Baden-Württemberg zutrifft, konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht eruiert werden; es wäre jedoch insofern relevant, als von den 1.568

Promovierenden im Fach Informatik im Jahr 2023 fast 32 Prozent aus dem Ausland stammten.⁷²

Interviewpartnerinnen und -partner haben bestätigt, dass trotz guter Ausgangslage die Gewinnung und insbesondere die langfristige Bindung von KI-Fachkräften eine der großen Herausforderungen ist. Zwar kann man bei der Rekrutierung von KI-Fachleuten beim Berufsstart oftmals noch mit regionaler Nähe punkten – unter anderem durch Zusammenarbeit regionaler Unternehmen mit potenziellen Berufseinsteigerinnen und -einsteigern bereits während des Studiums; aber auch hier im regionalen Umfeld gibt es Wettbewerb um die KI-Talente, wobei die größeren Unternehmen oftmals im Vorteil sind. Generell wird allerdings die Möglichkeit einer längerfristigen Bindung als schwieriger eingeschätzt als die der Gewinnung nach beispielsweise dem Studium. Als möglicher Grund wurde im Rahmen der Interviews vor allem die geringere Standortattraktivität im Vergleich zu anderen Regionen (beispielsweise ländliche Region versus Großstadt) gerade für junge KI-Talente genannt. Hinzu kommen bürokratische Hürden (unter anderem die herkunftabhängige Visapflicht für bestimmte ausländische KI-Talente), eine hohe Steuer- und Abgabenlast sowie das teilweise höhere Gehaltsniveau und die bessere Forschungsausstattung in anderen Ländern wie den USA oder der Schweiz. Auch wurde darauf verwiesen, dass hierzulande im Vergleich zu anderen Regionen der Welt entsprechende Datensätze und -mengen, die nötig sind, um sich im KI-Bereich beruflich weiterzuentwickeln, nicht oder nur begrenzt zur Verfügung stehen (siehe Kapitel 5.1).

Abhängig von der wirtschaftlichen Lage und Größe der befragten Unternehmen ist die KI-Fachkräftesituation jedoch differenziert zu betrachten: Als Motivationsfaktoren wurden die Möglichkeit, remote – also nicht räumlich gebunden – zu arbeiten, interessante Aufgaben und die Chance, an Zukunftsthemen wie

65 | Vgl. Metropolregion Rhein-Neckar GmbH 2020.

66 | Vgl. Hochschule für öffentliche Verwaltung und Finanzen Ludwigsburg 2023.

67 | Vgl. StM BW 2024b.

68 | Vgl. Bertelsmann Stiftung 2023.

69 | Baden-Württemberg erhebt für Studierende aus dem Ausland, die aus Nicht-EU-Ländern einreisen – 30 Prozent kommen aus China und Indien – generell Gebühren in Höhe von 1.500 Euro pro Semester. Vgl. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024c.

70 | In einer Stichprobenauswertung wurde für Deutschland gezeigt, dass über die Hälfte der Promovierenden an deutschen KI-Lehrstühlen ihren Bachelorabschluss im Ausland gemacht hat (9 Prozent in EU-Mitgliedstaaten, 9 Prozent in Indien, 7 Prozent in China, 5 Prozent in Iran, 3 Prozent in Russland), in der Forschungscommunity also eine gute internationale Vernetzung besteht. Jedoch wandert ein Teil oft nach der Promotion in Deutschland in andere Länder – vornehmlich USA, Vereinigtes Königreich und Schweiz – ab, da dort Techunternehmen mit hohen Gehältern, größeren Forschungsbudgets und besserer Ausstattung ihren Sitz haben. Vgl. interface – Tech Analysis and Policy Ideas for Europe e.V. 2022.

71 | Vgl. acatech 2024a.

72 | Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023d.



der grünen Transformation mitzuwirken, genannt. Größere Firmen können zudem oft auf Fachkräfte an internationalen Standorten oder anderen Standorten hierzulande zurückgreifen. Auch nehmen einige den demografischen Wandel und den Wettbewerb um geeignetes Personal zum Anlass, um mit KI-Anwendungen die Fachkräftelücke gezielt zu mindern. Solche Maßnahmen sind für kleinere Unternehmen allerdings aufgrund des gestiegenen Kostendrucks und einer geringeren Personaldecke – auch im Hinblick auf Weiterbildungsangebote für die Belegschaft – oftmals schwieriger umzusetzen.

5.2.4 Zwischenfazit: Gewinnung und Bindung von KI-Fachkräften

Angesichts des steigenden Fachkräftebedarfs sollte das in Baden-Württemberg vorhandene Potenzial an KI-Fachkräften ausgeschöpft und gebunden werden. Es gilt bereits heute darauf hinzuwirken, dass sich das Land künftig nicht zur Drehscheibe für KI-Fachkräfte entwickelt, die hier ausgebildet ihre Berufskarriere schließlich im Ausland oder in anderen Regionen Deutschlands bestreiten. Folgende Handlungsoptionen ließen sich den Interviews und der Studienlage entnehmen:

Vermittlung von KI-Basiskompetenz und Ausstattung: In alle Studiengänge – diesbezüglich gibt es noch Verbesserungspotenzial hierzulande^{73, 74} –, in alle Kurse sowie in Aus- und Weiterbildungsangebote sollte die Vermittlung digitaler Fertigkeiten und KI-Basiskompetenzen integriert werden. Dies kann durch kostenlose Online-Kurse wie in Finnland, durch Tutorials aus dem Informatikbereich, durch Partnerschaften mit Unternehmen oder

durch Hochschulkooperationen erfolgen. Hierbei können größere (gegebenenfalls landeseigene) Unternehmen in Schulen, Hochschulen und Weiterbildungseinrichtungen durch Partnerschaften und Praxisbeispiele unterstützen. Um begrenzte finanzielle Ressourcen effizient zu nutzen und Doppelstrukturen zu vermeiden, können sich Hochschulen mit Unternehmen oder Hochschulen untereinander – auch länderübergreifend – mit dem Ziel vernetzen, die kostenintensive Ausstattung (beispielsweise immersive KI-Labs) zu teilen, einen gemeinsamen KI-Dienstleister zu beauftragen und den eigenen Studierenden Zugang zu Angeboten auch an anderen Hochschulen zu gewähren. Gerade im sich schnell wandelnden KI-Bereich braucht es für die Ausstattung nach der initialen Förder- und Anschaffungsphase eine Mittelverstärkung, um derartige Experimentierräume mittels Wartung und Updates auch langfristig weiterbetreiben zu können.

Gewinnung und Bindung von (ausländischen) KI-Talenten: Hinsichtlich der Bindung von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern hat Baden-Württemberg bereits einiges in die Wege geleitet.^{75, 76} Um die in Deutschland insgesamt zu beobachtende Abwanderung von Postdocs im KI-Bereich zu reduzieren, könnte die Unterstützung bei Förderanträgen, aber auch ein befristetes Recht zur Rückkehr für Postdocs an die Heimatuniversität nach Auslandsaufenthalt oder nicht geglückter Ausgründung hilfreich sein. Auf diese Weise würde das persönliche Risiko minimiert und es könnte zugleich ein Anreiz für Gründungen geschaffen werden.⁷⁷ Berufs- und branchenübergreifende Maßnahmen zur Unterstützung ausländischer Fachkräfte haben Bund⁷⁸ und Land^{79, 80} bereits initiiert, wie die Einrichtung sogenannter

73 | Vgl. CHE 2024a

74 | Jüngst veröffentlichte Studien und Befragungen unter deutschen und österreichischen Studierenden haben gezeigt, dass es große Unterschiede bezüglich Nutzung und Anwendung von KI-Tools im Studium gibt. Während 61 Prozent der Informatikstudierenden angaben, dass sie KI monatlich bis täglich bei Programmieraktivitäten nutzen, nutzt nur etwa ein Viertel der Studierenden in Fächern wie Sportwissenschaft, Soziologie oder Politikwissenschaft KI regelmäßig zum Beispiel beim Schreiben von Berichten, Seminar- oder Abschlussarbeiten. Im Fach Medizin zeigt sich eine eher geringe Nutzungsintensität. Vgl. CHE 2024b.

75 | Die Baden-Württemberg Stiftung unterstützt exzellente Postdocs mit einem Eliteprogramm auf dem Weg zu einer möglichen Professur. Neben befristeten Juniorprofessuren gibt es hier auch sogenannte Tenure-Track-Professuren. Diese ermöglichen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mehr Verlässlichkeit und eine bessere Karriereplanung: Nach positiver Evaluierung führt die Tenure-Track-Professur in der Regel zu einer dauerhaften Berufung. Einige Universitäten richten solche Stellen auch mit Eigenmitteln ein. Bei Professuren in MINT-Fächern besteht nach wie vor ein Gendergap. Zwar ist der Frauenanteil bei den Professuren in Baden-Württemberg generell bis auf 24 Prozent im Jahr 2021 gestiegen, er liegt aber noch immer unter dem deutschen Durchschnitt von 27 Prozent. In den Ingenieurwissenschaften – hierzu zählt der Bereich Informatik – war 2021 der Frauenanteil bei den Erstberufungen auf Lebenszeit mit knapp 20 Prozent zudem am geringsten. Das Land unterstützt junge Nachwuchswissenschaftlerinnen beim Übergang von der Postdoc-Phase zur Lebenszeitprofessur.

76 | Vgl. Baden-Württemberg Stiftung gGmbH 2023.

77 | Vgl. acatech 2024a.

78 | Vgl. BMWK 2024a.

79 | Vgl. Baden-Württemberg International 2024a.

80 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024d.

Welcome Center in Baden-Württemberg zeigt.⁸¹ Diese sollten fortgeführt werden. Der Anteil an weiblichen Studierenden in MINT-Fächern, in KI-Studiengängen und in der Wirtschaft sollte durch Mentoren- und Coaching-Programme⁸² zudem weiter gestärkt werden. Bestehende internationale und europäische Kooperationen des Bundeslandes können nicht nur die wirtschaftliche Zusammenarbeit fördern, sondern auch genutzt werden, um KI-Fachkräfte anzuwerben. Solche Kooperationen bestehen beispielsweise bereits mit dem Vereinigten Königreich, der Schweiz, Frankreich und im Rahmen des Regionennetzwerks *4 Motoren für Europa* mit Katalonien, der norditalienischen Lombardei und der französischen Region Auvergne-Rhône-Alpes. Weitere Anknüpfungspunkte wären zudem die Wirtschaftsrepräsentanzen Baden-Württembergs beispielsweise in Südamerika oder im kalifornischen Silicon Valley. Bereits heute gibt es im *4 Motoren für Europa*-Netzwerk⁸³ außerdem eine Zusammenarbeit in der Berufs- und Hochschulbildung; so werden über 100 interuniversitäre Abkommen durch die beteiligten Regionen finanziell unterstützt. Von daher wäre die Initiative ein geeignetes Format für das Standortmarketing des Landes auch im KI-Fachkräftebereich. Um Studierende aus dem Ausland zu gewinnen, sollte das englischsprachige KI-Kurs- und Programmangebot⁸⁴ hierzulande ausgebaut und eine Verkürzung der Kurslaufzeiten geprüft werden. Des Weiteren sollten die (qualifikationsbezogenen) Erleichterungen durch das Fachkräfteeinwanderungsgesetz 2.0 für den IT-Bereich genutzt werden (unter anderem eine einschlägige Berufserfahrung von 2 Jahren ohne zwingende Voraussetzung eines entsprechenden Berufs- oder Hochschulabschlusses).⁸⁵ Und schließlich könnte eine schnellere Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung in Baden-Württemberg die Visaerteilung beschleunigen. So soll die vom Land beschlossene und bereits angelaufene Einrichtung einer Landesagentur für die Zuwanderung von Fachkräften (LZF)⁸⁶ ausländischen Fachkräften eine

rasche und unkomplizierte Einreise und Niederlassung in Baden-Württemberg ermöglichen.

Austausch und Zusammenarbeit: Gemeinsames Marketing und gemeinsame Talentakquise von Wissenschaft und Wirtschaft statt Konkurrenz bei der KI-Fachkräfteanwerbung beispielsweise auf Messen schärfen das Profil Baden-Württembergs auch im globalen Kontext. Anknüpfen lässt sich hier an das Standortmarketing der landeseigenen Standortförderungsagentur Baden-Württemberg International. Möglichkeiten zur parallelen oder sequenziellen Jobrotation, das heißt zum Wechsel zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und umgekehrt, stärken die Attraktivität beider Bereiche und erleichtern deren Durchlässigkeit genauso wie die Einrichtung von Teilzeitprofessuren. Und auch in der öffentlichen Verwaltung lassen sich Digital- und KI-Kompetenzen aufbauen und entsprechende Fachkräfte gewinnen.⁸⁷ Hierzu kann beispielsweise eine strategische Personalplanung, die berufliche Weiterentwicklung und Wechselmöglichkeiten (Jobrotation, Hospitanz) einschließt, beitragen; Gleiches gilt für die Akquise KI-kompetenter Quereinsteigerinnen und -einsteiger im öffentlichen Verwaltungsdienst. Dazu sollte in Ausschreibungen künftig weniger auf den formalen Abschluss als vielmehr auf die entsprechenden Kompetenzen abgestellt werden.⁸⁸ Analog zum Bundesprogramm *Work4Germany*⁸⁹ könnte das Land außerdem ein Fellowship-Programm starten, das Fachleuten aus Privatwirtschaft und Behörden erlaubt, gemeinsam an digitalen Lösungen im Bereich der öffentlichen Verwaltung zu arbeiten.

Allgemeine Maßnahmen: Anreize wie eine flexiblere Arbeitszeit, Homeoffice, Fortbildungsangebote und Kinderbetreuung⁹⁰ können dazu beitragen, auch ältere Menschen und Eltern in der Erziehungsphase als KI-Arbeitskräfte zu halten beziehungsweise zu gewinnen. Zudem ist bei der Einstellung künftig mehr auf die

81 | Ausländische Fachkräfte beziehungsweise Interessierte finden englischsprachige Informationen zum Beispiel unter dem Link Career Start <https://career-start-bw.com/>. Zwölf im Land verteilte *Welcome Center* sind regionale Erstanlaufstellen für Fachkräfte aus dem Ausland. Sie beraten auch Unternehmen, die ausländische Fachkräfte einstellen wollen, und unterstützen diese bei der Anwerbung. Vonseiten des Bundes unterstützen Initiativen wie *Make-it-in Germany* und *Unternehmen-Berufsanerkennung* (UBA), gefördert vom BMBF, bei der Einstellung ausländischer Fachkräfte.

82 | Vgl. OECD 2024a.

83 | Vgl. StM BW 2024a.

84 | Vgl. OECD 2024a.

85 | Vgl. BMWK 2024b.

86 | Vgl. StM BW 2024h.

87 | Deutschland hat beim E-Government Nachholbedarf. Es liegt dem *eGovernment Benchmark 2022* zufolge auf Platz 21 der „EU 27+“, d. h. der Betrachtung der 27 EU Staaten sowie 8 weiterer Staaten. Vgl. European Commission 2022.

88 | Vgl. acatech 2024b.

89 | Vgl. DigitalService GmbH des Bundes 2024.

90 | So ist die Betreuungsquote der 3- bis unter 6-jährigen in Baden-Württemberg vom Höchststand von 95,5 Prozent im Jahr 2015 auf 91 Prozent im Jahr 2023 gesunken und liegt damit nur knapp über dem Bundesschnitt von 90,9 Prozent im Jahr 2023. Vgl. Statista 2024b.



praktischen Kompetenzen als auf formale Abschlüsse abzustellen. Auch Infrastrukturangebote wie ausreichend Wohnraum, englischsprachige Informationen auf Ämtern, Dual-Career-Möglichkeiten für Partnerinnen und Partner sowie die Erreichbarkeit von KI-Zentren durch eine gute Verkehrsanbindung tragen zur

Standortattraktivität bei. Ebenso wichtig sind allerdings eine Willkommenskultur, Neugier und Offenheit sowie interkulturelle Angebote im beruflichen wie im privaten Umfeld. Auch die hierzulande im Vergleich zu anderen Staaten hohe Abgaben- und Steuerlast wurde in einigen Interviews erwähnt.

5.3 Forschung und Innovation

5.3.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Forschung ist Grundlage für Innovation, gerade in einem sich so rasch entwickelnden Feld wie der KI, die als Querschnittstechnologie und sogenannter Enabler Wertschöpfungspotenziale in fast allen Wirtschaftszweigen, aber auch im Gesundheits-, im Verwaltungs- oder im Bildungssektor erschließen kann. Der KI-Bereich entwickelt sich weltweit dynamisch, was unter anderem an der international steigenden Anzahl an Publikationen und Patentanmeldungen abzulesen ist. Ein erfolgreicher Innovations- und Technologietransfer – also die zügige Überführung von Ergebnissen aus der KI-Grundlagenforschung in skalierbare wirtschaftliche Anwendungen – ist für Baden-Württemberg daher von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Das Land hat gerade im Deep-Tech-Bereich hierfür sehr gute Voraussetzungen. Zumal belegt ist, dass durch KI-Anwendungen Effizienzgewinne und Renditen zu erzielen sind⁹¹ und Unternehmen, die KI nutzen, produktiver sind als Unternehmen, die keine KI nutzen. Einer Studie aus dem Jahr 2023 zufolge könnten allein generative KI-Anwendungen künftig wesentlich zur Wertschöpfung Baden-Württembergs beitragen – was wiederum ein noch größeres Potenzial für die Verwendung weiterer KI-Typen erwarten lässt.⁹²

5.3.2 Status quo

Forschung und Innovation zählen traditionell zu den Stärken des Landes Baden-Württemberg, das national und international zu den innovativsten Regionen zählt. Im Folgenden werden der KI-Forschungs- und Innovationsstandort skizziert und seine Wettbewerbsfähigkeit mithilfe relevanter Indikatoren beschrieben. Hierunter fallen Förderprojekte und Fachpublikationen zum Themenfeld KI, aber auch Innovationsrankings und die Anzahl von KI-Patenten, die ihrerseits Hinweise auf die Innovationsfähigkeit des KI-Ökosystems in Baden-Württemberg liefern.

5.3.2.1 Forschungslandschaft

In Baden-Württemberg gibt es neben exzellenter universitärer Forschung mehr als 100 außeruniversitäre und international renommierte Forschungseinrichtungen sowie zahlreiche forschungsintensive Unternehmen.^{93, 94} Die im Land regional verteilten, wichtigsten KI-Forschungsstandorte sind folgende:

- **Karlsruhe:** Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist eine Exzellenzuniversität mit nationaler Großforschung – eine in Deutschland einzigartige Kombination. KI-relevante Forschungsschwerpunkte des KIT sind Robotik, Sprachverstehen, Computer Vision und autonomes Fahren sowie Cybersecurity. Zusammen mit dem Forschungszentrum Informatik (FZI) und dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) bildet das KIT zudem die KASTEL Security Research Labs (SRL).⁹⁵ Dessen Fokus liegt auf Data Protection in Anwendungsfeldern wie elektrischen Netzen, autonomem Fahren und Smart Factories. Als Innovationspartner des KIT trägt das FZI außerdem zur Anwendung von KI in der Robotik bei und betreibt das *Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg*. Die Analyse und Bewertung möglicher Technikfolgen, die gerade im KI-Kontext von großem Interesse sind, ist mit dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) mit einer eigenen Einrichtung am KIT vertreten. Im Reallabor *Robotische KI*⁹⁶ schließlich arbeiten Forscherinnen und Forscher am KIT zusammen mit öffentlichen Einrichtungen mit dem Ziel, KI in Experimenten und realer Umgebung unter anderem in Kitas, Schulen oder Krankenhäusern auch mit humanoiden Robotern erfahrbar zu machen. Das KIT ist Mitglied im *Cyber Valley*.
- **Cyber Valley in der Region Stuttgart-Tübingen-Karlsruhe:** Die Universitäten Stuttgart und Tübingen sowie das KIT haben unter anderem Methoden des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz für Produktion, Gesundheit, Mobilität und Architektur (Exzellenzcluster Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur/IntCDC) im Fokus. In Stuttgart kommen noch Robotik und Regelungstechnik hinzu. Das in Stuttgart und Tübingen vertretene Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI-IS) erforscht

91 | Vgl. Czarnitzki et al. 2023.

92 | Die Studie im Auftrag von Google kommt zu dem Ergebnis, dass generative KI 330 Milliarden Euro künftig zur Wertschöpfung in Deutschland besteuern könnte – das somit ermittelte Potenzial entspricht fast 10 Prozent des deutschen BIP im Jahr 2022. Davon könnten fast 50 Milliarden Euro an Wertschöpfung auf Baden-Württemberg entfallen – ebenfalls knapp 10 Prozent des BIP von Baden-Württemberg im Jahr 2022. Vgl. IW Consult 2023.

93 | Vgl. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024d.

94 | Vgl. BMBF 2024b.

95 | Vgl. KASTEL SRL 2024.

96 | Vgl. KIT 2024b.



zudem Wahrnehmen, Lernen und Handeln autonomer Systeme, die mit komplexen Umgebungen interagieren. Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) und das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) befassen sich unter anderem mit kognitiver Robotik. In Tübingen ist neben dem *Tübingen AI Center* und dem Exzellenzcluster *Maschinelles Lernen* (siehe Kapitel 4.2) auch das erste ELLIS-Institut angesiedelt. Eingebettet in ein europäisches Netzwerk soll es für die Erforschung Künstlicher Intelligenz ein Leuchtturm sein, internationales Personal rekrutieren und Forschenden für eine befristete Zeit attraktive Rahmenbedingungen bieten. Der Forschungscampus *Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles* (ARENA2036)⁹⁷ in Stuttgart treibt Forschung und Entwicklung im Bereich Automobil und Produktion voran und ist Teil des europäischen Netzwerks für Künstliche Intelligenz in der Produktion *AI-Matters*, das vom Fraunhofer IAO koordiniert wird. Das KIT in Karlsruhe trägt wiederum im Rahmen des *Robotics Institute Germany* (RIG) zur exzellenten Forschung im Bereich der Robotik bei. Alle hier genannten Institutionen sind Teil oder Kooperationspartner des *Cyber Valley* (siehe Kapitel 4.1). Schließlich ist hier auch noch die Universität Hohenheim zu nennen, die einen Schwerpunkt auf die KI-Anwendung im Agrarbereich legt.

- **Heidelberg und Mannheim:** In beiden Städten gibt es Universitäten mit Fakultäten für Life Science und Medizin, die auch im KI-Bereich kooperieren, sowie den Innovationscampus *Health and Life Science Alliance*.⁹⁸ Beteiligt an dieser Initiative sind Fachleute aus den Bereichen Medizininformatik, Optimierung, KI in der Medizin und Machine Learning im wissenschaftlichen Rechnen. Das European Institute for Neuro-morphic Computing (EINC) in Heidelberg spielt zudem eine Schlüsselrolle im *Human Brain Project*, indem es eine Technologieplattform für neuromorphes Rechnen bereitstellt. Mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ), dem Max-Planck-Institut für medizinische Forschung (MPI-MF) und dem European Molecular Biology Laboratory (EMBL) verfügt das Land zudem über renommierte Institutionen für die

Erforschung und Entwicklung zukunftssträchtiger KI-Anwendungen im Gesundheitssektor. Hinzu kommt ein bundesweiter *de:hub* für Digital Chemistry & Digital Health mit Sitz in Mannheim/Ludwigshafen.

- **Weitere Forschungsstandorte:** Die Exzellenzuniversität **Konstanz** und das dortige Max-Planck-Institut (MPI) haben ihren KI-Schwerpunkt in den Biowissenschaften. In **Freiburg im Breisgau** wird im KI-Bereich zur Robotik, zum Maschinellen Lernen, zu Computer Vision, zu Reasoning und zu Ethik geforscht. Die Universität betreut zudem die beiden Exzellenzcluster *BrainLinks-BrainTools* und *Centre for Integrative Biological Signalling Studies* (CIBSS). Sie sollen interdisziplinäre Forschung ermöglichen und eine Plattform für die KI-Integration in biologische und neurowissenschaftliche Studien bieten. In **Ulm** liegt der Fokus auf der Erforschung kognitiver Systeme und der Mensch-Technik-Interaktion. Zudem gibt es dort eines von zwei Instituten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) für KI-Sicherheit, das sich mit sicherheitskritischen Systemen und Fragen zur Betriebs- und Angriffssicherheit sowie mit ethischen Fragen befasst. Auch in **Heilbronn** gibt es mit der Hochschule Heilbronn, dem Campus der Technischen Universität München (TUM Campus Heilbronn) und einer Außenstelle der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) drei Hochschuleinrichtungen, die am Standort im KI-Sektor aktiv sind.

5.3.2.2 Wettbewerbsfähigkeit im Forschungsbereich

Baden-Württemberg nimmt in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit im Forschungsbereich die Spitzenstellung in Deutschland ein. Es verfügt über das meiste FuE-Personal der Bundesländer und liegt bei FuE-Mitteln bezogen auf das BIP (Forschungsintensität) auf dem ersten Platz hierzulande⁹⁹ und damit auch weltweit in der Spitzengruppe.¹⁰⁰ Der größte Forschungsträger im Land ist der heimische Wirtschaftssektor, dessen FuE-Anteil im Jahr 2021 rund 82 Prozent betrug. Zudem liegen mit Mercedes-Benz und Bosch zwei baden-württembergische Unternehmen auf den Plätzen 18 beziehungsweise 23 im Top-30-Ranking der Unternehmen mit den weltweit größten FuE-Budgets.¹⁰¹

97 | Vgl. ARENA2036 2024.

98 | Vgl. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024e.

99 | Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023a.

100 | Im Jahr 2021 lag der Anteil der FuE-Mittel am BIP in Baden-Württemberg in Summe bei 5,6 Prozent, gefolgt von Bayern mit 3,4 Prozent. Der FuE-Anteil übertrifft damit nicht nur die deutsche Quote (3,1 Prozent), die der EU-27 (2,1 Prozent) und die der OECD-Länder (2,7 Prozent) für das Jahr 2022, sondern auch die Quoten Südkoreas (5,2 Prozent), der USA (3,6 Prozent) und Japans (3,4 Prozent). Israel nimmt mit 6 Prozent die Spitzenposition ein. Vgl. OECD 2024b.

101 | Vgl. BMBF 2024c.

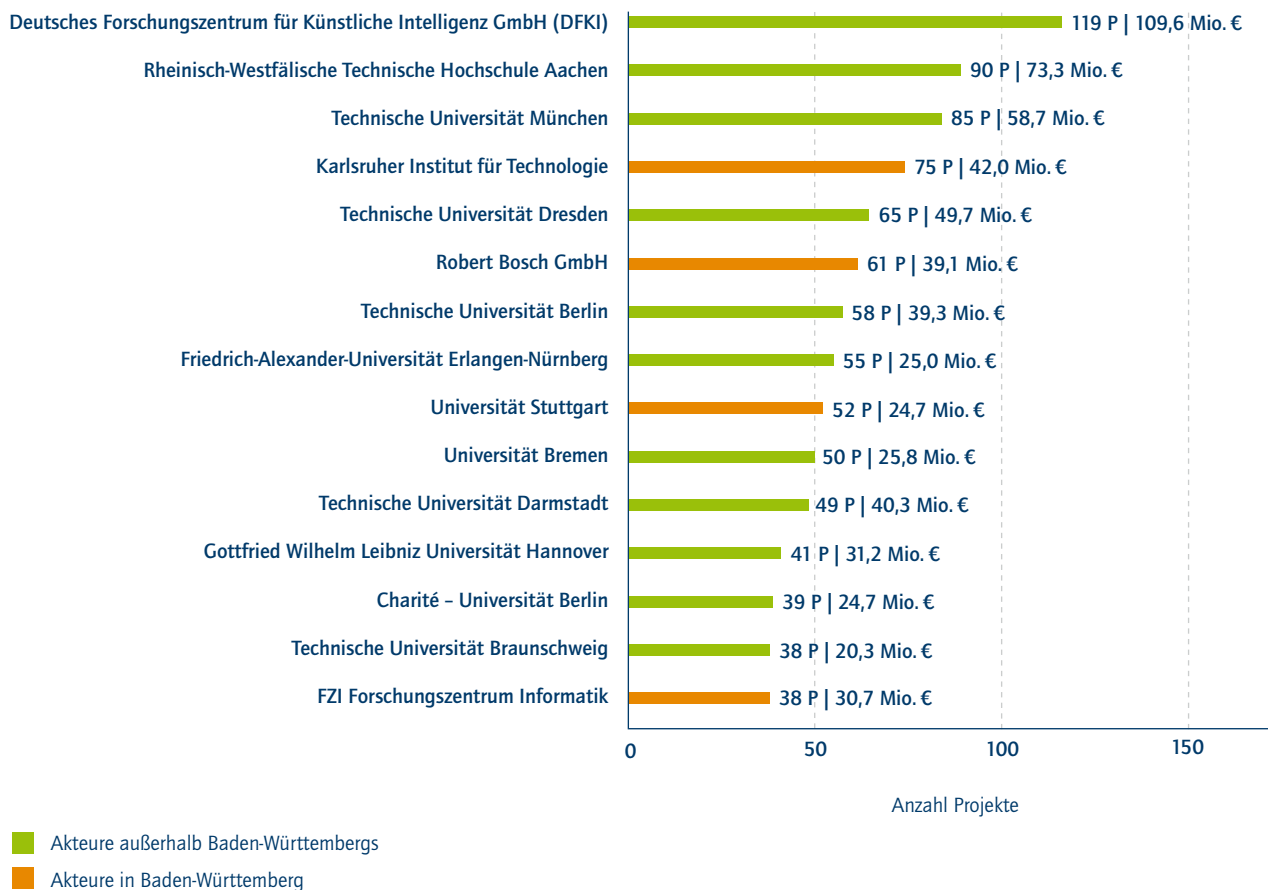


Abbildung 2: Unter den 15-Top-Akteuren gemessen an FuE-Projekten mit KI-Bezug sind vier aus Baden-Württemberg. Neben KIT, der Universität Stuttgart und dem FZI auch Bosch als einziges Unternehmen (Quelle: basierend auf Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2022).

Laut *FundedAI Reports*, für den Daten im Bereich der geförderten KI-Projekte des Förderkatalogs des Bundes (FÖKAT) zwischen 2017 und 2021 ausgewertet worden sind, wurden in Baden-Württemberg und Bayern im Bundesländervergleich die meisten FuE-Projekte mit KI-Bezug realisiert. Dabei liegt innerhalb Baden-Württembergs das KIT bei der Anzahl der geförderten KI-Projekte an der Spitze. Bezogen auf die deutschen Top-15 kommen allein 4 Akteure aus dem Bundesland im Südwesten der

Republik. Sie haben in Summe die meisten Projekte und Fördergelder erhalten (siehe Abbildung 2).

Hinsichtlich der Anzahl von KI-Publikationen ist weltweit ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen. Deutschland nimmt hier international einen der vorderen Plätze ein.^{102, 103, 104} Dies gilt auch für Baden-Württemberg: In einem Institutionen- und Autorenranking für KI-relevante Publikationen in Europa liegt die University

102 | Hinsichtlich der wissenschaftlichen KI-Publikationen liegt Deutschland – je nach Ranking und Bezug (beispielsweise absolute Zahlen oder bezogen auf 1 Million Einwohnerinnen und Einwohner) – weltweit noch auf den vorderen Plätzen. Vgl. PLS 2024.
 103 | Nach dem OECD-KI-Bericht rangiert Deutschland hinsichtlich der Qualität und Anzahl von KI-Forschungspublikationen weltweit auf Platz 5 im Bereich Computer Vision hinsichtlich der Qualität auf Platz 4 und im Bereich Robotik und Automatisierung weltweit auf Platz 3 (nach Zitierhäufigkeit). Vgl. OECD 2024a.
 104 | Nach einer anderen Studie lag der Anteil Deutschlands bei wissenschaftlichen Publikationen in den Bereichen KI und generative KI zwischen 2017 und 2022 bei je 2,7 Prozent. Dies ist weltweit Rang 7 beziehungsweise 8 hinter China, USA, Südkorea, (EU-27), dem Vereinigten Königreich, Indien und Japan. Vgl. EFI 2024.



of Oxford auf Platz 1, gefolgt von der ETH Zürich und der Technischen Universität München auf Platz 3. Die einschlägigen Max-Planck-Institute nehmen gemeinsam Platz 7 ein – mit dem Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI-IS) an der Spitze. Die Universität Tübingen ist auf Platz 10.¹⁰⁵ Im entsprechenden Ranking für Deutschland liegen hinter der Technischen Universität München auf dem ersten und den Max-Planck-Instituten auf dem zweiten Platz die Universität Tübingen auf Platz 3 und das KIT auf Platz 10.

5.3.2.3 Wirtschaftsstandort und Innovationsfähigkeit

Die wirtschaftliche Stärke Baden-Württembergs beruht auch auf der Innovationsfähigkeit des Standorts, die sich in entsprechenden Innovationsrankings widerspiegelt. Dabei werden je nach Studie verschiedene Indikatoren und Kriterien herangezogen (unter anderem Höhe der FuE-Ausgaben, Anzahl der Fachkräfte, der Patente und Gründungen, Höhe des Venture Capital sowie die internationale Ausrichtung). Auch wenn die im Folgenden beispielhaft aufgeführten Innovationsrankings für Deutschland und Baden-Württemberg nicht KI-spezifisch sind, geben sie doch Hinweise über die länderspezifische Innovationsdynamik im Allgemeinen, die sich ihrerseits auch auf den KI-Sektor auswirken dürfte. Laut dem Science and Technology (S&T) Cluster Ranking 2024 des Global Innovation Index (GII) befinden sich die Top-5 der innovativsten und größten S&T Cluster in Ostasien, mit der Metropolregion Tokio-Yokohama auf Platz 1.¹⁰⁶ Aber auch 7 deutsche Regionen befinden sich unter den Top-100: Die Region München auf Platz 22 führt diese Gruppe an, Stuttgart und Heidelberg/Mannheim liegen auf Platz 29 beziehungsweise auf dem 64. Platz. Beim weltweiten Vergleich des GI bezuglich der Innovationsfähigkeit nach Volkswirtschaften findet sich Deutschland für das Jahr 2024 zudem auf Platz 9 von 133.¹⁰⁷ Die Schweiz führt das Nationenranking in diesem Fall an.

Der *Innovationsindikator 2024*¹⁰⁸ des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V. (BDI) hat neben 35 Volkswirtschaften auch

Regionen in diesen Vergleich einbezogen, darunter Baden-Württemberg. Demzufolge liegt das Bundesland hinsichtlich des Indikators Innovationsfähigkeit auf Platz 4 hinter der Schweiz, Singapur und Dänemark und vor Deutschland auf Platz 15.¹⁰⁹ In früheren Jahren lag Baden-Württemberg noch auf Platz 3. Die Erfolgsfaktoren des Landes sind laut Studie Patente, FuE-Aufwendungen von Unternehmen und eine gute Personalausstattung. Zugleich wird der zunehmende Fachkräftemangel als eine der großen Herausforderungen für das Bundesland und seine künftige Innovationsfähigkeit benannt.

Auch im *Innovationsatlas 2023* des Instituts der deutschen Wirtschaft schneidet das Land im Vergleich der Innovationskraft deutscher Regionen sehr gut ab: Beim Bestandsranking aller untersuchten Faktoren sind 6 Regionen aus Baden-Württemberg unter den Top-10. Betrachtet man die Veränderung, also die Dynamik, dann liegen noch drei Regionen aus Baden-Württemberg unter den ersten 10 in Deutschland.¹¹⁰

Dem *Innovationsindex* des Statistischen Landesamts Baden-Württemberg zufolge war das Land im Jahr 2020 sogar die innovativste Region in Europa, gefolgt von Bayern und der Île de France. Über den Zeitverlauf seit 2010 hinweg betrachtet und im europäischen Vergleich hat Baden-Württemberg allerdings eine – auf weiter sehr hohem Niveau – lediglich durchschnittliche Steigerung der eigenen Innovationsfähigkeit vorzuweisen. Für andere europäische Staaten, Städte und Regionen zeigt sich – von einem deutlich niedrigeren Niveau kommend – eine stärkere Innovationsdynamik.¹¹¹

Im Fall der Patentanmeldungen liegt Baden-Württemberg mit in Summe 130 Patenten pro 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner für das Jahr 2023¹¹² mit Abstand auf Platz 1 in Deutschland. Die Schwerpunkte der Patentanmeldung lagen zu diesem Zeitpunkt in den Bereichen Transport, elektrische Geräte, elektrische Energie und Messtechnik.¹¹³ Von den 10 anmeldestärksten

105 | Vgl. AIRankings 2024.

106 | Vgl. WIPO 2024a.

107 | Vgl. WIPO 2024b.

108 | Vgl. BDI 2024.

109 | Vgl. ebd.

110 | Vgl. Haag et al. 2023.

111 | Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2021.

112 | Vgl. Deutsches Patent- und Markenamt 2024.

113 | Unter den fünf Wirtschaftsräumen mit den branchen- und technologieübergreifend meisten Patentanmeldungen pro 100.000 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte (nach Erfindersitz) in Deutschland lagen 2019 die Regionen Stuttgart, Konstanz und Karlsruhe auf den Plätzen 1, 3 und 5. Der *Patentatlas Baden-Württemberg* weist für 2024 die regionalen Schwerpunkte aus. Vgl. Patent- und Markenzentrum Baden-Württemberg/Patentcoach BW 2024.

Unternehmen im Jahr 2023 kommen laut Deutschem Patent- und Markenamt (DPMA) zudem allein 4 aus Baden-Württemberg, wobei Bosch und die Mercedes-Benz Group an der Spitze lagen.¹¹⁴

Bei den KI-Patenten gibt es je nach Quelle, Bezug und Jahreszahl unterschiedliche Angaben, aber eine ähnliche Tendenz: Deutschland liegt hier im weltweiten Vergleich zwischen den Plätzen 3 und 9.¹¹⁵ Laut Institut der deutschen Wirtschaft (IW)-Kurzbericht rangiert Baden-Württemberg bei KI-Patentanmeldungen für das Jahr 2019 mit durchschnittlich 0,8 Patenten pro 10.000 Beschäftigte deutlich an der Spitze, gefolgt von Bayern mit 0,4 KI-Patenten, und somit über dem deutschlandweiten Durchschnitt von 0,2 KI-Patenten.¹¹⁶ Vor allem Regionen mit großen Unternehmen in den Bereichen Fahrzeugbau, Automobilzulieferer, Elektrotechnik sind bei KI-Patenten aktiv. In Baden-Württemberg sind dies insbesondere die Regionen Karlsruhe, Stuttgart und der Bodenseekreis. Zudem schafften es zwei deutsche Unternehmen bei den transnationalen generativen KI-Patentanmeldungen für den Zeitraum von 2010 bis 2020 unter die weltweit ersten 20: Siemens und Bosch auf den Plätzen 3 und 8.¹¹⁷

5.3.3 Herausforderungen: Innovations- und Technologietransfer im KI-Bereich

In Deutschland variiert je nach Art der Befragung und Erhebungsjahr der Anteil jener Unternehmen, die KI anwenden, zwischen 20 Prozent und 27 Prozent im Jahr 2024.^{118, 119} Mit Blick auf Baden-Württemberg liegen lediglich Zahlen für Anfang

2023 vor. Die entsprechenden Zahlen dürften aufgrund der raschen Entwicklung inzwischen jedoch höher liegen: Anfang 2023 gaben laut Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL Baden-Württemberg 11 Prozent der befragten Unternehmen an, KI-Lösungen einzusetzen. Nimmt man den Anteil der Unternehmen dazu, die 2023 planten, KI in den nächsten 10 Jahren zu nutzen, steigt der Anteil auf 40 Prozent.¹²⁰ Die wichtigsten Anwendungsbereiche sind hier Datenanalyse und Automatisierung von Routineprozessen.

Generell scheint zu gelten: Je größer das Unternehmen ist, desto größer ist auch der KI-Einsatz.¹²¹ Zudem haben größere Unternehmen, die auch im Ausland tätig sind, wesentlich mehr Möglichkeiten und Ressourcen, um sich Forschungspartner und Standorte auch im internationalen Rahmen auszusuchen. Die Experteninterviews haben gezeigt, dass für die großen Unternehmen in Baden-Württemberg der Exzellenzgedanke bei beispielsweise (Forschungs-)Kooperationen, aber auch einfachere Regeln und Bedingungen entscheidend sind. Die Frage für diese Unternehmen lautet, wo sitzen national und international die Besten, um eine bestimmte Fragestellung zu lösen. Einige der Unternehmen kooperieren mit dem *Cyber Valley* und IPAI oder mit Hochschulen und Fraunhofer-Instituten in der Region, nutzen aber auch wissenschaftliche Kooperationsangebote anderswo in Deutschland und im Ausland – ob in München, Aachen oder in den USA. So forscht Bosch im Robotikbereich unter anderem zusammen mit der University of California in Berkeley. Der DRIVE PILOT von Mercedes-Benz hat in Kalifornien wiederum die Zertifizierung für Level 3 des automatisierten Fahrens

114 | Vgl. Deutsches Patent- und Markenamt 2024.

115 | Der KI-Monitor der PLS sieht das Land 2021 bei neu angemeldeten, aus der Wissenschaft heraus entwickelten KI-Patenten pro 10 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner auf Platz 3. Zieht man die zwischen 2010 und 2020 im Bereich KI angemeldeten transnationalen Patente heran, so liegt Deutschland auf Platz 5 einer internationalen Auswahl – hinter den USA, China, (EU-27), Japan und Südkorea. Laut *AI Stanford Index 2024* lag Deutschland bezogen auf erteilte KI-Patente pro 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner weltweit wiederum auf Platz 9 hinter Südkorea, Luxemburg, den USA, Japan, China, Singapur, Australien und Kanada. Vgl. EFI 2024; PLS 2023; HAI 2024.

116 | „Die regionale Analyse verdeutlicht, dass gerade die Standorte der Fahrzeugbauer und Zulieferer die treibende Kraft der KI-Patentanmeldungen sind. Allerdings erfasst die vorliegende Studie nur die KI-Forschungsaktivitäten der Unternehmen, die sich auch tatsächlich patentieren lassen. Dabei ist zu beachten, dass die Patentierbarkeit für Verfahren oder Produkte in Deutschland eine notwendige Technizität voraussetzt (DPMA, 2019). Ist diese nicht gegeben, kann kein Patentschutz erwirkt werden. Unternehmen, die beispielsweise KI-Software entwickeln, werden demnach in der Statistik der KI-Patentanmeldungen nicht aufgelistet. Das kann ein Erklärungsfaktor sein, warum Standorte wie Frankfurt Main oder Berlin, deren Branchenmix beispielsweise durch einen hohen Anteil an (Finanz-)Dienstleistern oder KI-Start-ups (Rammer, 2022) geprägt ist, unter den Standorten der KI-Patentcluster nicht auftauchen. Generell sind hohe Forschungsaktivitäten der Unternehmen zu KI wichtig, um die Potenziale von KI vollumfänglich auszunutzen und Wettbewerbsvorteile gegenüber Konkurrenten realisieren zu können.“ Büchel et al. 2022, S. 3

117 | Vgl. EFI 2024.

118 | Vgl. Bitkom e. V. 2024d.

119 | Vgl. ifo Institut 2024.

120 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023c.

121 | Vgl. EFI 2024.



Ausgewählte Maßnahmen: Unterstützung für Kommerzialisierung und Transfer von KI-Lösungen in Baden-Württemberg (Stand 11/2024)

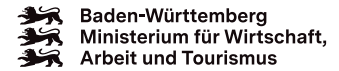


Abbildung 3: Mehrstufige, zugeschnittene Unterstützungsangebote des Landes Baden-Württemberg für die Kommerzialisierung und den Transfer von KI-Lösungen (Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus von Baden-Württemberg)

erhalten.¹²² Zudem haben unter anderem Bosch,¹²³ SAP, Mercedes-Benz und die Schwarz Gruppe eigene KI-Zentren, sind selbst forschungsstark und investieren in KI-Start-ups. SAP hat so beispielsweise in das Heidelberger KI-Unternehmen Aleph Alpha, den US-amerikanischen Entwickler von KI-Systemen Anthropic und den kanadisch-amerikanischen KI-Anbieter Cohere investiert und ist darüber hinaus eine Partnerschaft mit dem französischen Sprachmodell-Entwickler Mistral AI¹²⁴ eingegangen.

Für Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ist dagegen oft die räumliche Nähe für eine Kooperation ausschlaggebend. Zwar ist in den letzten Jahren insgesamt ein deutlicher Anstieg der KI-Nutzung auch in dieser Unternehmensgruppe zu beobachten, aber insbesondere in kleineren Unternehmen herrscht diesbezüglich noch Nachholbedarf. Dementsprechend hat das Land Baden-Württemberg verschiedene Angebote initiiert, um den Innovationstransfer zwischen Forschung und Wirtschaft vor allem für KMU zu fördern (siehe Abbildung 3). Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang auch noch Unterstützungsangebote wie

*Innovationsgutscheine*¹²⁵ des Landes und das Förderprogramm *Digitalisierungsprämie Plus*.¹²⁶

Folgende Gründe werden von den Expertinnen und Experten sowie in Studien für den noch ausbaufähigen KI-Einsatz genannt:

- Der verbesserungswürdige **Innovationstransfer** im sich rasch entwickelnden KI-Bereich wird von fast allen Interviewten adressiert. Die Erkenntnisse aus der Forschung müssen schneller in die Umsetzung gebracht werden. Zudem wird eine stärkere Zusammenarbeit von eher traditionellen Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau mit vorwiegend softwarebasierten Unternehmen genannt, die sich vielfach nicht nur in der Fachsprache, sondern auch im sogenannten Mindset unterscheiden (unter anderem Fehlerkultur, Risikobereitschaft, Experimentierfreude) – mit der Konsequenz, dass Neugier, Lern- und Veränderungsbereitschaft auf beiden Seiten förderlich sind, um Synergien zu schaffen. Auch die Wachstumsfinanzierung ist bei Deep-Tech-Unternehmen ein Thema (siehe Kapitel 5.4).

122 | Vgl. Tagesschau 2023.

123 | Vgl. Robert Bosch GmbH 2024.

124 | Vgl. SAP Deutschland SE & Co. KG 2024.

125 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023d.

126 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2025.

- In den Interviews werden die **Vielfalt der Förderprogramme und Vernetzungsangebote** sowie deren regionale Verteilung teilweise als Vor- und Nachteil zugleich gesehen. Diese sind in einem Land mit polyzentrischen Strukturen hilfreich, können aber auch unübersichtlich wirken, sodass eine Orientierung im Förderdschungel schwierig ist.
 - In Deutschland werden vor allem von **KMU-Seite** Unsicherheiten bezüglich des konkreten Nutzens von KI-Anwendungen, Kostendruck, rechtliche Bedenken, fehlende Fachkräfte¹²⁷ sowie fehlender Datenzugang angeführt. Zudem haben kleinere Unternehmen oft keinen Bezug zu FuE-Einrichtungen und -Angeboten – sei es aus Zeit- und Kostendruck oder weil diese als zu praxisfern und bürokratisch wahrgenommen werden.
 - Bei fast jeder Ausgründung dürfte die Frage der **Intellectual Property (IP)** von Bedeutung sein. Da dies für den KI-Bereich weniger relevant zu sein scheint, wurde das Thema im Rahmen dieser STUDIE nur angerissen. IP-Standardverträge von außeruniversitären und universitären Transfereinrichtungen führen oftmals zu Konflikten und Verzögerungen. Mögliche Lösungen für eine investorenfreundlichere Übertragung könnten virtuelle Unternehmensbeteiligungen, wie es unter anderem das *IP-for-Shares*-Modell der Technischen Universität Darmstadt (TU Darmstadt)¹²⁸ vorsieht, oder auch sogenannte *Spin-off Policies* sein,¹²⁹ wie beispielsweise an den Eidgenössischen Technischen Universitäten in Zürich und Lausanne, am Imperial College im Vereinigten Königreich oder an der Columbia University in den USA.
- Des Weiteren sind Fahrzeugbauer, Automotive und Zulieferer die treibende Kraft der KI-Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg und somit im KI-relevanten FuE-Bereich. Künftig werden allerdings weitere Branchen wohl hinzukommen (siehe Kapitel 5.8). Der Einsatz von KI-Technologien und -Anwendungen wird voraussichtlich für viele Sektoren – vom Handel, Vertrieb und Marketing über Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), das Baugewerbe und die Energiewirtschaft bis hin zum Verkehrs-, zum Produktions- und zum Dienstleistungssektor – unter anderem auch aus Gründen des demografischen Wandels relevant werden, weil Fachkräfte zunehmend fehlen werden, die es zu ersetzen gilt. Um im weltweiten Wettbewerb konkurrenzfähig zu bleiben und sich angesichts der geopolitischen Situation resilienter und souveräner aufzustellen, ist der KI-Einsatz vor allem aber im Bereich von Zukunftstechnologien sowie für exportstarke Produkte und Anlagen von besonderer Bedeutung. Diese können mit KI-Technologien nicht nur effizienter entwickelt, gesteuert und gewartet werden, sondern sie lassen sich im Hinblick auf Lagerhaltung, Transportlogistik sowie Ressourceneffizienz optimieren und können somit einen Beitrag zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft (R-Strategien) leisten. Hierbei können sektorenübergreifende Kooperationen, aber auch eine gewisse Fokussierung unterstützen. Dies schafft Synergien und Orientierung und kann knappe finanzielle Ressourcen schonen. Zudem zielen die folgenden Handlungsoptionen darauf ab, Sichtbarkeit und (internationales) Profil des KI-Ökosystems weiter zu stärken sowie den Transfer von Forschungsergebnissen und den Mittelstand im Blick zu haben.

5.3.4 Zwischenfazit – mögliche Handlungsoptionen

Von allen Interviewpartnerinnen und -partnern wird die hervorragende KI-Forschungslandschaft in Baden-Württemberg herausgestellt. Im Bereich des Innovationstransfers wird trotz der vielfältigen Ansätze noch Verbesserungsbedarf gesehen. Ebenso wurden die Themen Sichtbarkeit und Orientierung im KI-Ökosystem angesprochen. Baden-Württemberg ist in internationalen Innovationsrankings sehr gut positioniert. Allerdings ist – wie auch für Deutschland insgesamt – ein leichtes Nachlassen der Innovationsdynamik auf immer noch sehr hohem Niveau zu erkennen. Andere Länder, die von einem weniger guten Ausgangspunkt starten, holen hinsichtlich der relativen Dynamik auf.

Baden-Württemberg kann auf einem sehr guten KI-Ökosystem aufbauen und dieses weiterentwickeln. Um eine Zersplitterung und Doppelungen zu vermeiden, ist das **Profil** gemeinsam mit den Akteuren konzeptionell und inhaltlich zu schärfen – regional verankert bleiben und gleichzeitig eine Fokussierung und Konzentrierung in den Blick nehmen, auch um Exzellenz, die sich auch in der Ausstattung niederschlägt, zu ermöglichen und noch sichtbarer zu machen: (1) In der Fläche ist weiterhin ein niedrigschwelliges KI-Basisprogramm anzubieten, eine Art Blaupause, standardisiert ausgerollt, für alle Firmen, die bisher nur wenig mit KI in Berührung gekommen sind. (2) Überregional sollten – auf bestehenden Strukturen aufbauend – konzeptionell und inhaltlich Schwerpunkte gesetzt werden. So ist es sinnvoll,

127 | Vgl. OECD 2024a.

128 | Vgl. TU Darmstadt 2022.

129 | Vgl. Bundesagentur für Sprunginnovationen 2023.



dass *Cyber Valley* und IPAI wie bereits geplant künftig arbeitsteilig kooperieren und ihren jeweiligen Fokus auf unterschiedliche Punkte der Wertschöpfungskette beziehungsweise der Technology-Readiness-Level-Skala (TRL) richten. Eine solche Kooperation bündelt die jeweiligen Stärken und erlaubt neben Effizienzgewinnen und Forschungsexzellenz zudem eine gemeinsame Vermarktung der beiden KI-Hotspots und somit mehr Sichtbarkeit auch im internationalen Kontext. Darüber hinaus könnte die in Baden-Württemberg stark aufgestellte und für die Automatisierung im Automotive- oder Care-Sektor relevante Robotikbranche durch die fortgesetzte Zusammenarbeit der Standorte Stuttgart und Karlsruhe mit der ETH Zürich und der Technischen Universität München künftig noch stärker im KI-Bereich positioniert werden. Auch im Bund wird die Robotik als deutsche Kernkompetenz gesehen, die es voranzubringen gilt (siehe Kapitel 5.8). Eine derartige Fokussierung kann dazu beitragen, Forschungs- und Entwicklungsexzellenz sichtbarer zu machen und so das Profil des Ökosystems im In- wie im Ausland zu schärfen, was wiederum im Sinne des Standortmarketings ist und die Anwerbung von Akteuren und Fachkräften erleichtern dürfte.

Die **überregionale und internationale Zusammenarbeit** ist weiter zu forcieren, um Synergien zu heben, einen effizienten finanziellen Mitteleinsatz zu gewährleisten und im globalen Wettbewerb weiter zu bestehen. Eine Auswertung der bestehenden KI-Strategien in Deutschland hat ergeben¹³⁰, dass der Vernetzungsgedanke meist nur innerhalb eines Bundeslandes verfährt, nicht aber auch darüber hinaus – ein Thema, das auch in einigen Interviews anklang. Eine stärkere Zusammenarbeit bietet sich insbesondere an mit den benachbarten Bundesländern Rheinland-Pfalz (Zentrale des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz/DFKI, eines von zwei KI-Zentren der Initiative *MISSION KI*¹³¹), Hessen (unter anderem Technische Universität Darmstadt mit dem Center für industrielle Produktivität – CIP) sowie Bayern (unter anderem Technische Universität München mit *Robotics Institute Germany*). Zudem könnte die bereits länderübergreifend institutionalisierte Metropolregion

Rhein-Neckar¹³² als regionales Netzwerk genutzt werden, um KI-Projekte- und Kooperationen anzustoßen. Für internationale Anregungen zum Innovationstransfer sind außerdem Kooperationen von *Cyber Valley* wie zum Beispiel mit dem weltweit größten Science and Technology Cluster in der Region Tokio-Yokohama gute Anknüpfungspunkte und Blaupausen. Auch die bestehenden Initiativen des Bundeslandes zur Zusammenarbeit mit Frankreich, der Schweiz,¹³³ Kanada und dem asiatischen Raum sollten künftig stärker und gemeinsam von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik für das KI-Standortmarketing genutzt werden, wobei insbesondere die landeseigene Förderagentur Baden-Württemberg International entsprechende Ansatzpunkte bietet.¹³⁴

Technologietransfer lebt von Köpfen, vom Austausch und von räumlicher Nähe zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und bedarf einer gewissen kritischen Masse. Um die vielfach adressierte Lücke zwischen Forschung und Anwendung im KI-Bereich zu schließen, sollten Forscherinnen und Forscher den Transfer ihrer Erkenntnisse länger begleiten, also neben ihrer Forschungs- auch Transferexzellenz entwickeln und somit die konkreten Anforderungen der Unternehmen besser verstehen – umgekehrt sollten die Unternehmen den Austausch mit der Forschung frühzeitig suchen. Hierbei können Austauschprogramme oder Fellowships für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Fachleuten aus den Unternehmen ebenso unterstützen wie eine stärker institutionalisierte FuE-Kooperation zwischen Forschung und Wirtschaft oder die programmatische Verankerung einer Ausgründungsmentalität an Hochschulen und Universitäten (siehe Kapitel 5.2, 5.4). Kleineren Unternehmen und dem Mittelstand könnten zudem generische Instrumente wie die steuerliche Forschungsförderung (Forschungszulagengesetz), die organisatorische Unterstützung bei (Verbund-)Forschungsprojekten (Partnervermittlung, größere Flexibilität, weniger Bürokratie) helfen. Kleinere Unternehmen und Start-ups würden außerdem von frei verfügbaren, qualitativ hochwertigen Daten profitieren (siehe Kapitel 5.1, 5.4).

130 | Vgl. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. 2024a.

131 | Vgl. DFKI 2024.

132 | Vgl. Metropolregion Rhein-Neckar GmbH 2020.

133 | Vgl. StM BW 2020.

134 | Vgl. Baden-Württemberg International 2024b.

5.4 Gründung und Skalierung

5.4.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Der Fokus in diesem Kapitel richtet sich auf den Aspekt der Existenzgründung und auf Start-ups im KI-Bereich. Das sind Jungunternehmen mit einer innovativen und skalierbaren Geschäftsidee, die Anwendungen auf Basis von Künstlicher Intelligenz, mit KI-Instrumenten oder durch deren **signifikante Nutzung** entwickeln.^{135, 136} Für Baden-Württemberg sind KI-Startups von entscheidender Bedeutung, weil sie für das gesamte KI-Ökosystem des Landes wichtig sind. Sie fungieren als **Vorreiter innovativer Lösungen und als Treiber digitaler Geschäftsmodelle**. Zudem **stimulieren** sie eine stärkere **Innovationsdynamik** auch in etablierten Unternehmen. Wenn Baden-Württemberg auch künftig ein Spitzenstandort für die Entwicklung von KI-Anwendungen sein und international wettbewerbsfähig bleiben möchte, sollte es auf die Innovationskraft heimischer KI-Start-ups setzen. Mit Blick auf die Unternehmenslandschaft in Baden-Württemberg zeigt sich besonderes Wachstumspotenzial dabei im Bereich des Business-to-Business (B2B) – also in der Entwicklung und Skalierung von Technologieinnovationen durch Start-ups und für etablierte Unternehmen oder die öffentliche Verwaltung.

5.4.2 Status quo

Die Erfassung der gegenwärtigen Lage der KI-Start-ups in Baden-Württemberg steht vor einem dreifachen Datenproblem: Erstens dominieren in der empirischen Forschung bundesweite Untersuchungen; es gibt also nur wenige landesspezifische Erhebungen, die zudem nicht immer aktuell sind. Zweitens werden Start-ups als Gegenstand oft im Allgemeinen, also ohne spezifischen KI-Bezug untersucht. Und drittens sind die wenigen spezifischen Erhebungen zu KI-Start-ups in Baden-Württemberg zumeist nicht repräsentativ und schwer zu vergleichen. Daher werden die Quellen im Folgenden mit einer gewissen Vorsicht interpretiert und mit den Erkenntnissen der Experteninterviews abgeglichen. Auf diese Weise lassen sich zwar keine exakten Zahlen für Baden-Württemberg benennen, aber doch belastbare Anhaltspunkte für die zentralen Herausforderungen identifizieren und entsprechende Handlungsoptionen ableiten.

Das appliedAI Institute for Europe erhebt seit einigen Jahren deutschlandweit und regional aufgeschlüsselt die Entwicklung der Gründungsaktivitäten und Etablierungsprozesse von KI-Start-ups. Im Ländervergleich liegt Baden-Württemberg für das Jahr 2024 bei der Zahl der KI-Start-ups so auf dem **dritten Platz** (12 Prozent), allerdings weit hinter Berlin (30 Prozent) und Bayern (23 Prozent); Nordrhein-Westfalen sowie Hamburg (beide 10 Prozent) folgen eng dahinter.¹³⁷ Das Land im Südwesten Deutschlands verzeichnet jedoch eine **leicht positive Dynamik** bei der Zuwachsrate und überholt hier Nordrhein-Westfalen (im Vergleich zu 2023¹³⁸). Diese Befunde bestätigen sich auch beim Blick auf die 27 besonders hervorzuhebenden KI-Start-ups in Deutschland: 3 Top-Performer stammen aus Baden-Württemberg, das ist ein Anteil von 11 Prozent. Konkret handelt es sich hierbei um ConstellR (Freiburg) sowie Aleph Alpha und paretos (beide Heidelberg). Grundlage dieser Bewertung war ein Jury-Votum von Venture-Capital-Expertinnen und Experten des appliedAI-Analystenteams. Kritisch anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass das höchst erfolgreiche Freiburger KI-Start-up Black Forrest Labs in der Bewertung fehlt; Black Forrest Labs absolvierte Ende 2024 eine erfolgreiche Finanzierungsrunde und hat somit möglicherweise mittlerweile Einhorn-Status (englisch: Unicorn) erreicht, also eine Bewertung von mindestens einer Milliarde Dollar.¹³⁹

Im Verhältnis der KI-Start-up-Anzahl zur Bevölkerungsgröße hebt sich Berlin an der Spitze sogar noch ab, Hamburg auf dem zweiten Platz weist nur noch etwa die halbe **Gründungsdichte** auf, und bereits weit abgeschlagen landet Bayern auf dem dritten Platz, woran sich ein breites Mittelfeld mit weniger Diskrepanz anschließt. Hier liegt Baden-Württemberg hinter dem Saarland auf dem **fünften Platz**. In dieser Pro-Kopf-Betrachtungsweise genießen Stadtstaaten einen klaren Vorteil, der Fall Bayern zeigt jedoch auch, dass auch Flächenländern mit großer Bevölkerung eine gute Platzierung möglich ist.

Es besteht also bei den Gründungsaktivitäten im KI-Bereich ein erhebliches Gefälle zwischen den Bundesländern, wobei sich Baden-Württemberg immerhin unter den fünf Bundesländern behauptet, die zusammen etwa 85 Prozent der KI-Start-ups in Deutschland beheimaten.¹⁴⁰ Einerseits nimmt

135 | Vgl. Rammer 2023.

136 | Vgl. Hirschfeld et al. 2024.

137 | Vgl. appliedAI 2024.

138 | Vgl. appliedAI 2023.

139 | Vgl. Knees 2024.

140 | Vgl. appliedAI 2024.



Baden-Württemberg laut appliedAI also eine **Position im Mittelfeld** ein. Andererseits sichert sich das Land mit seiner hervorragenden KI-Forschungslandschaft und seinem entsprechenden Ökosystem im Wettbewerb um die Spitzenplätze der nationalen KI-Start-up-Dichte eine **gute Ausgangsposition zur Weiterentwicklung**. Äußerst erfolgreich – und mit besonderem Potenzial für künftige Gründungsaktivitäten ausgestattet – hat das *Cyber Valley* (siehe Kapitel 4) bislang agiert, das zur Jahresmitte 2024 bereits 70 Ausgründungen zählte und nach Experteneinschätzung bis Ende desselben Jahres voraussichtlich die Marke von 80 überschritten haben dürfte.¹⁴¹ Bei der Betrachtung der Städte in Deutschland lässt sich neben der Dominanz von Berlin (209 KI-Start-ups) und München (136 einschließlich der Vororte) positiv vermerken, dass andere Städte mit teils erheblichen Wachstumsraten aufholen, darunter Karlsruhe (17) und Stuttgart (16), die beide immerhin eine zweistellige Zahl an KI-Start-ups aufweisen. Im Hinblick auf die Etablierung einer Start-up-Kultur hervorzuheben ist auch der jährlich ausgetragene Wettbewerb *KI-Champions Baden-Württemberg* als Teil des Aktionsprogramms *KI für den Mittelstand* des baden-württembergischen Wirtschaftsministeriums.¹⁴² Seit 2020 wurden so bereits 45 *KI-Champions* für ihre KI-Lösungen vom Land ausgezeichnet.¹⁴³

Für Deutschland insgesamt sehr erfreulich ist der Anstieg von KI-Start-up-Gründungen. Das Wachstum bleibt nach dem Rekordjahr 2023 auch 2024 hoch. Vor allem interessant ist im Gründungszusammenhang aber auch die **strategische Ausrichtung der KI-Start-ups auf Kernprozesse von etablierten Unternehmen**, um diesen kundengenaue KI-basierte Lösungen anzubieten.¹⁴⁴ Insbesondere in den in Baden-Württemberg stark aufgestellten Bereichen Betrieb, Produktion, Forschung und Entwicklung sowie Kundenservice lässt sich für 2024 nämlich ein enormer Zuwachs von KI-Start-ups verzeichnen (zwischen Verdoppelung und Verdreifachung gegenüber 2023).

Die strategische Ausrichtung gilt insbesondere für das Heidelberger Start-up **Aleph Alpha**, das sich mit seiner Strategie bewusst von den großen Large-Language-Model-Entwicklern unterscheidet: So ist Aleph Alpha nach eigenen Aussagen zwar aus dem Rennen um das beste allgemeine, große Sprachmodell

ausgestiegen, dies aber ganz bewusst, weil diese die Entwicklungsbemühungen oft noch nicht mit funktionierenden Geschäftsmodellen unterlegt seien.¹⁴⁵ Stattdessen investiert Aleph Alpha gezielt in die Integration von **Spezialwissen in Unternehmen und Verwaltungseinheiten** sowie dessen Bündelung und korrekte Ausgabe. Hier ist das Start-up im Unterschied zu den großen Firmen für Generative KI (GenAI) bereits profitabel. Große Erwartungen richten sich auf das badische KI-Start-up aber vor allem dann, wenn es um **europäische Unabhängigkeit und Souveränität in Technologie- und Datenfragen** geht. Die Kooperation der Landesverwaltung und weiterer Behörden mit Aleph Alpha ist deshalb sowohl industriepolitisch als auch souveränitätsstrategisch von enormer Bedeutung (siehe dazu näher Kapitel 5.5).

Für disruptive Technologien wie generative KI, die das Potenzial haben, bestehende Märkte grundlegend zu verändern oder neue zu schaffen, hat sich der Begriff **Deep Tech** etabliert. Das Beispiel Aleph Alpha (Kooperation mit der Landesverwaltung als Ankerkunde, Andocken an die akademische Exzellenzplattform IPAI) zeigt, dass Baden-Württemberg **Deep-Tech-Start-ups** gezielt **stärken** kann. Über diesen Einzelfall hinaus fördert das Land zudem den **DeepTechHub** in der Region Karlsruhe als eines von sechs Start-up-Netzwerken im Rahmen seiner *INSPIRE-BW-Hub*-Initiative.¹⁴⁶ Um das Deep-Tech-Potenzial des Landes allerdings systematisch zur Entfaltung zu bringen, braucht es eine **ressortübergreifende Strategie**, die die existierenden KI-Hotspots in Baden-Württemberg (vor allem *Cyber Valley* und IPAI) adressiert, insbesondere aber die Nutzung von **Transferpotenzialen** vorantreibt und die Förderung stärker auf die Entwicklung der konkreten Ecosystem Value Proposition ausrichtet.¹⁴⁷ Für Deep-Tech-Innovationen spielen **Ökosysteme als sogenannte Spill-over-Enabler** – also als dynamische Netzwerke von Unternehmen, (Wissenschafts-)Organisationen, Forschungseinrichtungen, Start-ups und anderen Akteuren – eine entscheidende Rolle. Baden-Württemberg verfügt bereits über exzellente Forschungs- und Technologiecluster sowie eine vielfältige Unternehmenslandschaft, die sich für die gezielte Förderung von Start-up-Gründungen im KI- und Deep-Tech-Bereich anbieten. Deshalb sind auch die Ausgründungsaktivitäten

141 | Vgl. Cyber Valley GmbH 2024a.

142 | Vgl. Wirtschaft Digital BW 2024a.

143 | Vgl. Wirtschaft Digital BW 2024b.

144 | Vgl. Bomke 2024.

145 | Vgl. Heck/Muth 2024.

146 | Vgl. Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024a.

147 | Vgl. Münchner Kreis e.V. 2024.

wirtschafts- und anwendungsnahe Forschungsinstitute wie die von Fraunhofer¹⁴⁸ und DLR¹⁴⁹ sowie deren Förderung durch das Land von großer Bedeutung für das KI-Ökosystem.

Die Landesregierung hat die Relevanz der heimischen Gründungsintensität als Standortfaktor bereits erkannt und mit dem Slogan „THE Start-up LÄND“ ihre Ambitionen markiert. Mit der **Landeskampagne Start-up BW** fördert die Regierung unter Federführung des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus zudem bereits seit 2017 aktiv die Entwicklung der gesamten Start-up-Landschaft in Baden-Württemberg und **unterstützt erfolgreich wachsende Start-up-Ökosysteme**, auch speziell für technologieorientierte Start-ups. Diese landespolitische Initiative ist deshalb von so großer Bedeutung, weil Start-up-Ökosysteme meist regional begrenzt sind und sich nicht bundesweit erstrecken; aus diesem Grund sind unter anderem die Rahmenbedingungen auf Länderebene für Start-ups in Deutschland entscheidend. Das regionale Netzwerk von Talenten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen sowie Kapital und Förderbedingungen sind somit der Nährboden, auf dem erfolgreiche Start-ups wachsen.¹⁵⁰ Die landespolitischen Fördermaßnahmen für innovative und wachstumsorientierte Gründungsvorhaben wurden seither weiterentwickelt und zusammengefasst, wesentliche Informationen sowie gründungsrelevante Anlaufstellen zudem auf einer **Informationsplattform** gebündelt.¹⁵¹ Ein wichtiges landespolitisches Instrument zur Gründungsförderung sind darüber hinaus die **Start-up BW Acceleratoren**. Dabei handelt es sich um Gründungszentren mit umfassenden Unterstützungsangeboten.¹⁵² Ihre Gesamtzahl ist mittlerweile auf 18 gestiegen.

Künstliche Intelligenz spielt als Querschnittstechnologie heute in beinahe allen Branchen eine wichtige Rolle (beispielsweise in Medizin- und Biotechnik, im Energiesektor, in Luft- und Raumfahrt, in der Industrietechnik oder im Bauwesen) und spiegelt sich somit in vielen der in den *Acceleratoren* betreuten Gründungsteams wider. Drei der *Start-up BW Acceleratoren* setzen einen **Schwerpunkt auf KI**: Der vom *CyberForum* in Karlsruhe

betriebene *CyberLab High Potential IT Accelerator* ist seit 2020 ein Projekt zur Unterstützung von IT-Start-ups mit Fokus auf KI, IT-Security und Smart Production. Seit 2023 werden mit dem *AI Accelerator* der *Campus Founders* in Heilbronn außerdem Start-ups bei ihren KI-Gründungsvorhaben unterstützt. Im selben Jahr wurde auch *AI xpress* des Softwarezentrums Böblingen/Sindelfingen offizieller *Start-up BW Accelerator*. Viersprechend ist des Weiteren das **Gemeinschaftsvorhaben des Innovationsverbands NXTGN**, im Rahmen des vom Bund ausgeschriebenem *EXIST Leuchtturmwettbewerbs Startup Factories* ein exzellenzorientiertes **Gründungszentrum** nach dem Vorbild des Münchener *UnternehmerTUM*¹⁵³ aufzubauen. Adressiert ist die Initiative an stark technologisch ausgerichtete Start-ups, die eng mit Hochschulen kooperieren, von diesen aber unabhängig sind und mindestens zur Hälfte aus privaten Mitteln finanziert werden. Ziel dieses Projekts ist ein hochschulübergreifendes Ökosystem mit internationaler Strahlkraft und starker Einbindung in (regionale) Wertschöpfungsketten, das Tech-Start-ups optimale Entstehungs- und Wachstumsbedingungen bietet. Auch da sich hier bereits eine enge Zusammenarbeit von *Cyber Valley* und IPAI andeutet, ist diese Initiative eine strategisch wichtige Maßnahme.

Mit den bestehenden 18 *Start-up BW Acceleratoren* sind seit Programmstart bei knapp 4.000 Bewerbungen mehr als 1.800 Start-up-Teams mit über 17 Millionen Euro bei ihren innovativen Gründungsvorhaben unterstützt worden. Die seit 2021 geförderten Start-ups haben insgesamt zudem rund 210 Millionen Euro an Förder- und Finanzierungsmitteln akquirieren und etwa 2.900 neue Arbeitsplätze schaffen können.¹⁵⁴ Die Relevanz von Start-ups¹⁵⁵ für **positive Beschäftigungseffekte**, die hier zum Ausdruck kommt, wird oft unterschätzt und ist gerade in ökonomischen Krisenzeiten hervorzuheben.¹⁵⁶ Die baden-württembergischen Start-ups konnten sich so auch in Krisenzeiten lange gegen den negativen Trend in der Wirtschaftsentwicklung behaupten und sich durch einen im Vergleich zum Bundesschnitt geringeren Stellenabbau auch als Arbeitgeber in der Region beweisen.¹⁵⁷ Auch in einigen Experteninterviews wurde die

148 | Vgl. Fraunhofer IAO 2025.

149 | Vgl. Baden-Württemberg.de 2025a.

150 | Vgl. Bitkom e.V. 2018.

151 | Vgl. Start-up BW 2024a.

152 | Vgl. Start-up BW 2024b.

153 | Vgl. Olk/Schimroszik 2024.

154 | Vgl. Baden-Württemberg.de 2024; Anteil der Start-ups mit KI-Bezug nicht explizit ausgewiesen.

155 | Hier wegen mangelnder Daten im allgemeinen Sinne, also ohne KI-Fokus.

156 | Vgl. Bundesverband Deutsche Startups e.V. et al. 2021.

157 | Vgl. Hirschfeld et al. 2023b.



Bedeutung der Start-ups für die Zukunftsfähigkeit der baden-württembergischen Wirtschaft eindringlich betont. Bundesweit ist der **Jobmotor Start-ups** zuletzt (2024) zwar **ins Stocken geraten** (leichter Rückgang der durchschnittlich Beschäftigten von 18,9 auf 16,7 pro Unternehmen sowie der Neueinstellungen von 10,4 auf 7,5).¹⁵⁸ Trotzdem ist an dieser Stelle auf den **allgemeinen Trend** der letzten Dekade zu verweisen, der ein **massives Wachstum der Start-up-Ökosysteme** zeigt, nachvollziehbar anhand der zentralen Indikatoren Finanzierung, Neugründungen und Beschäftigte.¹⁵⁹ Es ist zu vermuten, dass dies auch auf KI-Start-ups im Speziellen zutrifft und insbesondere der auf starke Resonanz treffende Deep-Tech-Bereich von diesem Wachstum profitiert. Weicht man von der appliedAI-Methodik ab, also der Bewertung der KI-Gründungsideen und der entsprechenden Auswertung wenig versprechender Vorhaben durch KI- und Wagniskapital-Fachleute, und gibt auch den Bundeslandfokus auf, kommt man bundesweit auf ein starkes Wachstum der KI-Start-ups (bundesweit zwischenzeitlich 3.000)¹⁶⁰ und sieht Anzeichen, dass insbesondere im Zuge der generativen KI-Revolution das Interesse an Gründungen im KI-Bereich wieder stark zugenommen hat (Bezugsjahr 2023).¹⁶¹

Für Start-ups besonders relevant ist die jüngste Novellierung der Verwaltungsvorschrift der Landesregierung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (**VwV Beschaffung**). Sowohl für die Innovationskraft und die **Agilität der öffentlichen Verwaltung** als auch für die Förderung von Start-ups waren die bisherigen Vergaberegeln nämlich hinderlich.^{162, 163} Die neue VwV Beschaffung ermöglicht nun, bei der Auswahl deutlich stärker qualitative und innovative (im Übrigen auch soziale, umweltbezogene und wirtschaftliche) Aspekte zu gewichten und damit **explizit Start-ups mit ihren innovativen Angeboten mehr** als bisher zu **berücksichtigen**. So könnten ihre zukunftsweisenden Kompetenzen für den öffentlichen Sektor mobilisiert werden, was der Gesellschaft im Ganzen zugutekäme, und die öffentliche Hand könnte ihrerseits zugleich als Innovationsmotor agieren – im besten Fall Deep-Tech-Start-ups einen frühen Marktzugang ermöglichen und sie damit insbesondere im sogenannten Valley of Death,

also der kritischen Phase zwischen technischer Validierung und Markteinführung, stützen.¹⁶⁴ Die geplante Evaluation dieses auf drei Jahre befristeten Pilotprojekts ist wichtig und könnte schließlich auch für die mittelfristige KI-Start-up-Förderung im Land entsprechende Effekte zeitigen.

Weiterhin unterstützt Baden-Württemberg über *Start-up BW* regionale Anlaufstellen, um die **Gründungsförderung in der Fläche** zu etablieren.¹⁶⁵ Laut *Startup Monitor* tun sich vor allem ländliche Regionen beim Aufbau von Start-up-Ökosystemen schwer; gleichzeitig braucht es für Wachstum auch immer eine gewisse Dichte an Gründerinnen und Gründern. Untersuchungen zeigen den Potenzierungseffekt einer stark ausgeprägten Gründerkultur: Je mehr Gründerinnen und Gründer im eigenen Freundeskreis sind, desto erfolgreicher sind auch die Gründungsaktivitäten eines Menschen. Baden-Württemberg lag hier zuletzt mit 5,8 anderen Gründerinnen und Gründern im Freundeskreis eines gründungsaktiven Menschen unter dem Bundesschnitt von 7,3.^{166, 167} Ziel sollte es deshalb sein, in jedem Ökosystem im Land eine kritische Masse an Start-ups aufzubauen, die ihrerseits die Gründungsdynamik weiter vorantreibt.

Elementare Voraussetzungen für den Schritt in die Gründung sind das notwendige Startkapital und eine Finanzierung über die Wachstumsphasen hinweg. *Start-up BW* hält dazu eine **breite Palette an Finanzierungsvehikeln** bereit. Angefangen bei Krediten und Bürgschaften über die Finanzierungsbeteiligung und Zuschüsse bis hin zur Hochschulausgründung und zu *Innovationsgutscheinen* für Start-ups und Unternehmen zwecks Inanspruchnahme externer Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen – in Baden-Württemberg existiert bereits ein vielfältiges Set an finanziellen Unterstützungsangeboten. Konkrete Angebote sind unter anderem die Folgenden:

- Mit *Start-up BW Pre-Seed* steht ein Instrument zur Frühphasenfinanzierung bereit, das den ersten Schritt zur Realisierung eines Gründungsvorhabens mit besonderen Anreizen versieht.

158 | Vgl. Hirschfeld et al. 2024.

159 | Vgl. ebd.

160 | Vgl. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024c.

161 | Vgl. Rammer 2023.

162 | Vgl. acatech 2024b.

163 | Vgl. Münchner Kreis e. V. 2024.

164 | Vgl. ebd.

165 | Vgl. Start-up BW 2024c.

166 | Vgl. Hirschfeld et al. 2023a.

167 | Vgl. Hirschfeld et al. 2023b.

- Der Transfer von wissenschaftlicher Innovation zu anwendbarer Invention wird auch durch das *EXIST Gründungsstipendium* des Bundes gefördert. Mit dem Programm *Junge Innovatoren* steht zudem ein ergänzendes Landesprogramm zur Verfügung, und über beide wird gebündelt informiert.
- Schließlich verweist *Start-up BW* auch auf mögliche **kommunale Förderangebote** für Gründerinnen und Gründer, die die Initiative allerdings nicht näher beleuchtet.
- Weiterhin verfügt Baden-Württemberg mit *InnoGrowth BW* sowie der **Mittelständischen Beteiligungsgesellschaft Baden-Württemberg**, dem *Start-up BW Innovation Fonds*, dem *Start-up BW Seed Fonds* und *LEA Venturepartner* – einem Landesfonds für innovative technologiestarke Start-ups – auch über Finanzierungsmöglichkeiten für Start-ups, die bereits erfolgreich im Markt engagiert sind und wachsen wollen.

KI-Start-ups haben besondere Bedürfnisse: Der klassischen Bankfinanzierung kommt angesichts schwer zu kalkulierender Unsicherheiten bei der Entwicklung, der Skalierung und in der Marktdynamik von Technologien eine viel geringere Bedeutung zu als in anderen Wirtschaftssektoren. Deutlich wichtiger für entsprechend risikoreiche Gründungsvorhaben sind daher die finanziellen Beiträge der Eigentümer, öffentliche Fördermittel (vor allem Zuschüsse) sowie Wagniskapital.¹⁶⁸

5.4.3 Herausforderungen

In den Experteninterviews wurden die bestehenden Maßnahmen und Angebote zur finanziellen Start-up-Frühförderung in Baden-Württemberg begrüßt, als **größte Herausforderung** wurde hingegen durchweg die Sammlung von **Venture Capital (VC)** für die Wachstumsphase definiert. Im internationalen Vergleich sind die hieszulande abrufbaren VC-Summen für kostenintensive KI- und Deep-Tech-Vorhaben nicht konkurrenzfähig. Deutschland fällt hier vor allem im Wettbewerb mit den USA weit zurück, die für das Jahr 2022 eine etwa 20-fach höhere und für 2023

sogar eine 35-fach höhere private Investitionssumme vorzuweisen haben. Aber auch gegenüber China und dem Vereinigten Königreich schneidet Deutschland zu diesem Zeitpunkt deutlich schlechter ab (siehe Abbildung 4).¹⁶⁹

Auch wenn nach einer umfassenderen Erhebung die Hälfte der deutschen KI-Start-ups bewusst auf Venture Capital verzichtet, wird zumindest ein Drittel der Unternehmen teilweise durch Wagniskapital finanziert; elf Prozent der Start-ups wiederum erhalten trotz entsprechender Bewerbung kein Venture Capital. Möglicherweise schlummert genau hier ein Potenzial und wäre gerade in diesem Bereich gezielte Unterstützung wichtig.¹⁷⁰ Mehr Venture Capital könnte dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstumspotenzial von KI-Start-ups in Baden-Württemberg nachhaltig zu sichern. Die finanziellen Dimensionen des internationalen Wettbewerbs können jedoch wohl nur in einer Gemeinschaftsanstrengung von Ländern, Bund und Europäischer Union betreten werden.

In manchen Interviews wurde ersichtlich, dass es durchaus **Kooperationspotenzial für etablierte Unternehmen und Start-ups** gäbe, dass die Initiative aber in der Regel den etablierten Unternehmen überlassen bleibt; und denen ist der Aufwand oft zu hoch. Lösungen sind demnach willkommen, aber bisher fragt niemand nach dem zu lösenden Problem. Im Matching zwischen Problemen etablierter Unternehmen und Lösungen durch Start-ups besteht also ein Potenzial, das noch nicht ausgereizt wird.

Zudem erschweren das begrenzte Fachkräfteangebot (siehe Kapitel 5.2) sowie rechtliche Regelungen (etwa im Bereich Datenschutz) die Fokussierung auf Unternehmensziele. Ein weiterer limitierender Faktor ist die mangelhafte Zugänglichkeit von Daten, die für das Training und die Weiterentwicklung von KI-Modellen unerlässlich sind (siehe Kapitel 5.1). Der Zugang zu Breitbandnetzen und Hochleistungsrechnern spielt in der Gesamterhebung für Deutschland demgegenüber eine deutlich geringere Rolle.¹⁷¹

168 | Vgl. Rammer 2023.

169 | Vgl. HAI 2024.

170 | Hier zeigt sich auch der Unterschied zwischen einer simplen Erfassung sämtlicher KI-Start-ups zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem bestimmten Raum, worunter dann auch Gründungsvorhaben ohne skalierbares Geschäftsmodell und ohne massiven Finanzierungsbedarf fallen (vgl. Rammer 2023), und einer Auswahl durch KI- und VC-Fachleute, die nach Talenten, KI-Methoden, Skalierbarkeit und Gesamtqualität differenziert (vgl. appliedAI 2024). Handlungsleitend für Investoren von Wagniskapital scheint eher der zweite Ansatz zu sein.

171 | Vgl. Rammer 2023.

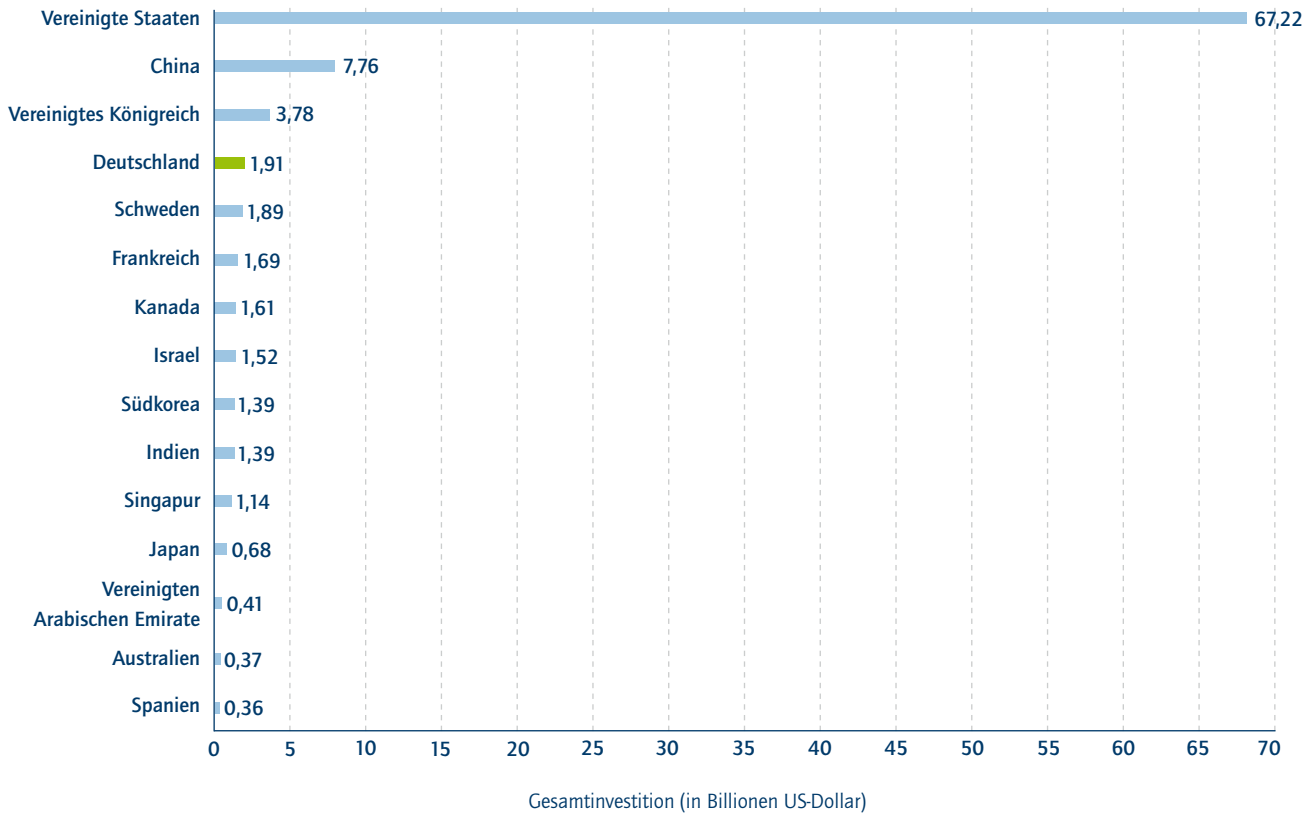


Abbildung 4: Private Investitionen im KI-Bereich im Jahr 2023 im internationalen Vergleich in US-Dollar (Quelle: HAI 2024, S. 247).

5.4.4 Zwischenfazit – Ansatzpunkte zur weiteren Start-up-Förderung

Das Land Baden-Württemberg hat bereits ein vielfältiges Programm zur Förderung von Start-ups und Gründerkultur implementiert und seine Ambitionen unter dem Schlagwort „THE Start-up LÄND“ zusammengefasst. Die strategischen Ziele des Start-up-LÄND könnten noch öffentlichkeitswirksamer kommuniziert werden. Konkrete **Zielgrößen** wie die erstrebenswerte Mindestzahl an KI-Start-ups im Land sollten klar definiert werden. Dabei ist auch zu klären, ob es hierbei um alle Startups gehen soll, die KI-Anwendungen entwickeln oder es eine Unterscheidung nach technologischer Tiefe geben soll (**Ansiedlung von Deep Tech Innovatoren**). Ein weiteres Ziel könnte sein, in der

geografischen Breite möglichst viel **Gründungstätigkeit** auszulösen. Gleichzeitig besteht in Baden-Württemberg die Ambition, bei der Anzahl an besonders erfolgreichen Unicorn-Start-ups zu Städten wie Berlin (18) und München (8) aufzuschließen.¹⁷² Die Zielerreichung sollte durch klare **Meilensteine** zu definierten Zeitpunkten evaluierbar gemacht werden. Ebenso ist eine kontinuierliche Überwachung der Maßnahmen und ihrer Effekte erforderlich, um den Erfolg des Programms sicherzustellen. Ein **wirkungsorientiertes Monitoring** würde darüber hinaus auch die derzeit spärliche und zudem inkonsistente Datenlage zur KI-Start-up-Landschaft in Baden-Württemberg verbessern und in ihrer **Kommunikation nach außen und innen als gemeinsamer Kompass** für die verschiedenen Akteure des Innovations- und Gründungsökosystems dienen.¹⁷³

172 | Es handelt sich hier um Start-ups allgemein. Baden-Württemberg hat in diesem Vergleich nur 1 Unicorn (Start-up mit einer Marktbewertung von mindestens einer Milliarde US-Dollar) – Black Forrest Labs wird in dieser Studie noch nicht mitgezählt. Vgl. Hirschfeld et al. 2024.

173 | Vgl. Achleitner/Lange 2024.

In Experteninterviews wurde die strategische Ausrichtung der KI-Startups auf Kernprozesse von etablierten Unternehmen mit dem Ziel, ihnen passgenaue, KI-basierte Lösungen anzubieten, als großes Potenzial bestätigt. Demnach **sollte das große Standort-Asset in Baden-Württemberg mit seinem breiten Industriezugang künftig noch stärker genutzt werden** – sowohl in der **Kommunikation** (beispielsweise in Form einer Roadshow) als auch durch besondere Aktivitäten, um regionale Partner aus der Industrie zu **vernetzen**. Das Land hat bereits erkannt, dass seine Stärken künftig vor allem an der Schnittstelle zwischen industriellem Knowhow und KI- beziehungsweise Deep-Tech-Entwicklung liegen werden, weshalb es sich bereits heute für eine stärkere Vernetzung und mehr Transfer zwischen den verschiedenen Akteuren engagiert. Einer der wichtigsten Ansatzpunkte in diesem Zusammenhang wird also weiterhin die Optimierung des **Matchings zwischen etablierten Unternehmen und lösungsorientierten KI-Start-ups sein**. Wie das gelingen kann, zeigt das Matchmaking-Format, das die Initiative *MISSION KI* mit Unterstützung des KI-Lab Heidelberg im Juli 2024 in Heilbronn gestartet hat und das auf die konkrete, problemlösungsorientierte Vernetzung von KI-Start-ups mit mittelständischen Unternehmen in Deutschland zielt.¹⁷⁴ Auch die KI-Labs sind in diesem Feld bereits sehr aktiv. Um durch gezieltes Matchmaking Innovationsbrücken zwischen Start-ups und Mittelstand zu schlagen, könnte dieser Ansatz systematischer verfolgt und nachhaltig gemonitort werden.

Um ein potenzielles Start-up bei der Gründung bestmöglich zu unterstützen, ist eine kundenzentrierte Versorgung essenziell, und *Start-up BW* bietet bereits viele Informationen aus einer Hand. Auch wenn das Land formal nicht zuständig ist, sollte es beim Thema Venture Capital im Sinne eines **kundenzentrierten Ansatzes** seine Bemühungen um **Kommunikation und Vermittlung von Bundesprogrammen** intensivieren, wie es bereits im Fall des vom BMWK finanzierten *EXIST-Gründungsstipendiums* praktiziert wird. Eine ähnliche Vorgehensweise wäre etwa in Bezug auf den modular aufgebauten *Zukunftsfonds* (30 Milliarden Euro bis 2030 inklusive des *Wachstumsfonds Deutschland*)^{175, 176} oder die WIN-Initiative (12 Milliarden Euro bis 2030) denkbar;¹⁷⁷ Letztere wird unter anderem von der Bayerischen

Versorgungskammer als Partner unterstützt. Baden-Württemberg hat in diesem Zusammenhang bislang keine vergleichbare Dachorganisation, die als Kapitalsammelstelle für ihre Versorgungswerke und -einrichtungen auf einen Kapitalstock zugreifen könnte, um auch in risikobehaftete Assetklassen wie Venture Capital zu investieren. Gleichwohl prüft das Land gegenwärtig ähnliche Möglichkeiten der Unterstützung durch Einbeziehung ansässiger Finanzkonzerne. So wird die WIN-Initiative von der Stuttgarter Lebensversicherung und der Wüstenrot & Württembergische Gruppe (W&W) als Partner unterstützt. Neben dem bereits starken Engagement des Landes in der Förderung von Ökosystemen und Gründungszentren ist außerdem auch die Bewerbung um eine *Startup Factory* im Rahmen des *EXIST Leuchtturmwettbewerbs des Bundes* hervorzuheben, in dem die *UnternehmerTUM* München als Vorbild steht und das Verfahren begleitet.¹⁷⁸ Das **Vorhaben des Innovationsverbunds NXTGN** spiegelt zudem die erfolgskritischen Aspekte wider, es ist mit konkreten Zielen unterlegt und insgesamt geeignet, die bisherigen Stärken Baden-Württembergs noch weiter auszubilden; denn es integriert bedeutende Akteure des baden-württembergischen KI-Ökosystems wie *Cyber Valley* oder IPAI mit ihren Start-up-Netzwerken und setzt in einer gemeinsamen Anstrengung diverser Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft mehr auf Dichte und Konzentration der verteilten Initiativen.

Um all die hier aufgeführten Anstrengungen für ein reges Gründungswachstums mittelfristig nicht zu konterkarieren, sollte das Thema **Venture Capital** auch mit Blick auf den **Erhalt wachsender Start-ups am Standort Baden-Württemberg** betrachtet werden. Die starke Venture-Capital-Branche in den USA übt eine große Anziehung auch auf erfolgreiche Start-ups aus Deutschland aus, der jedoch mit guten Finanzierungsbedingungen hierzulande erfolgreich begegnet werden kann.¹⁷⁹

Um die Anzahl an KI-Start-ups in Baden-Württemberg künftig zu steigern, bietet sich vor allem der Hochschulsektor an. Mit 41,5 Prozent erwächst ein großer Teil der KI-spezifischen Start-ups direkt aus der akademischen Forschung, während dies bei Start-ups insgesamt nur auf 2,4 Prozent zutrifft.¹⁸⁰ Angesichts der hervorragenden Forschungsqualität im KI-Bereich verweist

174 | Vgl. MISSION KI 2024.

175 | Vgl. BMF 2024a.

176 | Vgl. BMWK 2024c.

177 | Vgl. BMF 2024b.

178 | Vgl. Olk/Schimroszick 2024.

179 | Vgl. Weik et al. 2024.

180 | Vgl. OECD 2024a.



die laut appliedAI nur mittlere Positionierung Baden-Württembergs auf offenbar noch ungenutztes Potenzial in diesem Zusammenhang. Die Gründe wären genauer zu prüfen, allerdings sind die **Transferabteilungen in vielen deutschen Hochschulen** personell offenbar nicht ausreichend ausgestattet, um ihre Aufgaben effektiv wahrzunehmen. Ein Indiz dafür ist, dass im Vergleich zu anderen Bundesländern deutlich weniger Start-ups (allgemein) in Baden-Württemberg angegeben, Unterstützung durch Hochschulen erhalten zu haben.¹⁸¹ Für das Land wäre es daher ratsam, diesen Bereich systematisch zu untersuchen und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen, um den Technologietransfer und die Gründungsförderung an den Hochschulen zu stärken beziehungsweise zu verstetigen.

Ein weiterer Ansatzpunkt betrifft schließlich die **Leistungsindikatoren (Key Performance Indicators/KPIs) für Universitäten und Hochschulen**. Aktuell liegt der Schwerpunkt der Leistungsanalyse auf der Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen, während **Gründung und Transfer** von Forschungsergebnissen in die Industrie insbesondere an Universitäten deutlich weniger Gewicht haben. Würden solche Aktivitäten künftig stärker gefördert und entsprechend bewertet, könnten Hochschulen intensiver in risikoreichere Innovationspfade investieren. Dies käme nicht nur den Start-ups zugute, sondern würde auch die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie fördern.

181 | Vgl. Hirschfeld et al. 2023b.

5.5 KI in der öffentlichen Verwaltung

5.5.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Der Einsatz Künstlicher Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung ist eines der zahlreichen Anwendungsfelder für KI. Dem Staat kommt hierbei eine besondere Rolle zu, indem er KI nutzt, wie er sie nutzt, sowie durch seine Auswahl von Technologie- und Dienstleistungsanbietern. Wie die Ministerialverwaltung KI-Instrumente in ihrem Verantwortungsbereich adaptiert und einsetzt, kann eine Vorbildfunktion auch für andere Stakeholder entfalten und das heimische KI-Ökosystem somit entscheidend stärken. Aus diesem Grund wird die Rolle der öffentlichen Verwaltung in Baden-Württemberg in der vorliegenden STUDIE als **eigener Standortfaktor** thematisiert und dem Handeln der baden-württembergischen Landesregierung und ihrer Verwaltung eine hohe Relevanz beigemessen. Darüber hinaus eröffnen sich dem Land durch den Einsatz von KI in der eigenen Verwaltung **große Transformationschancen**, denn KI ist kann auch als Katalysator für die digitale Transformation des öffentlichen Sektors fungieren. Da eine ganzheitliche Betrachtung der digitalen Transformation den vorliegenden Rahmen sprengen würde, liegt der Schwerpunkt hier auf dem KI-Einsatz. Der Einsatz von KI ist jedoch kein Selbstzweck, sondern soll als Teil der Verwaltungsmodernisierung und -digitalisierung den Weg hin zu einer bürgernahen, einfach verständlichen und mehr und mehr digital zugänglichen Verwaltung unterstützen. Zudem soll der Einsatz von KI-Technologien und -Anwendungen auch das eigene Personal bei bestimmten Tätigkeiten entlasten, insbesondere vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und angesichts des hieraus resultierenden Fachkräftemangels. Nicht zuletzt verbindet sich mit einem – auch dank KI – zunehmend digitalisierten Staat auch die Hoffnung, auf eine die Unternehmen entlastende, einfachere Handhabung von regulatorischen Vorgaben. Somit haben GovTech im Allgemeinen und administrativer KI-Einsatz im Besonderen das Potenzial, den Staat effizienter, agiler und vor allem leistungsfähiger zu machen.

5.5.2 Status quo

Die Generierung und Verfügbarkeit digitaler Daten sowie digitalisierte Verwaltungsprozesse sind zentrale Voraussetzungen für den Einsatz von KI-Technologien im öffentlichen Sektor. Deshalb spielt in diesem Zusammenhang die Umsetzung des

Onlinezugangsgesetzes (OZG) eine wichtige Rolle. Bis 2022 sollten 575 Bündel von Verwaltungsleistungen für Nutzonline verfügbar sein. Baden-Württemberg kommt für das Jahr 2024 allerdings auf nur 184 verfügbare OZG-Leistungen. Nach dem fünfstufigen OZG-Reifegradmodell (Stufenskala: 0–4) sind die meisten dieser Leistungen zudem lediglich auf Stufe 2 oder 3 zu verorten – sie sind also entweder nicht vollständig Ende-zu-Ende digitalisiert oder erfordern noch redundante Nachweise, die der öffentlichen Verwaltung im Sinne des Sachstands bereits vorliegen. Vor diesem Hintergrund kommt der Registerdigitalisierung eine erfolgskritische Rolle zu, über deren Zustand jedoch bislang kein vollständiger Überblick existiert.¹⁸² Es besteht also großer Handlungsbedarf: Die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung, von Verwaltungsprozessen und Registern sowie die Überführung analoger Informationen in auch für KI-Anwendungen nutzbare, digitale Daten sind in jedem Fall grundlegende Maßnahmen für den breiten und nachhaltigen KI-Einsatz.

acatech hat jüngst eine STUDIE vorgelegt, die **drei Schlüssel** definiert, mit denen die Effizienz und die Agilität der öffentlichen Verwaltung erhöht werden können.¹⁸³ Diese betreffen (1) die Strukturen, (2) die Beschäftigten und schließlich (3) den Einsatz von Technologien. Anhand dieser drei Handlungsfelder lässt sich sehr gut der **mehrdimensionale Prozess** erläutern, in dem die baden-württembergische Landesregierung den KI-Einsatz in ihrer Verwaltung angeht. Deutlich wird in diesem Zusammenhang, wie wichtig eine mitarbeiterorientierte Implementierung von KI-Anwendungen für den Erfolg des Einsatzes ist. Die ausschließliche Konzentration auf die technologische Seite der Implementierung wird dieser ganzheitlichen Herausforderung nicht gerecht, weshalb zunächst auf Strukturen und Arbeitskultur einzugehen ist.

Um innovationsfördernde **Strukturen** und eine agilere Verwaltungskultur im öffentlichen Sektor zu etablieren, muss das starke, auf fehlerfreie Erfüllung von Aufgaben ausgerichtete Organisationsgefüge, das viele Verwaltungseinheiten hierzulande prägt, zunächst aufgebrochen werden. Nötig sind strukturell geregelte Freiräume, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ermutigen, flexibel und innovativ mit sich schnell ändernden Bedingungen umzugehen.¹⁸⁴ Eine spezielle **Innovationseinheit** kann solch einen geschützten Ort bieten: In Innovationslaboren können Sprunginnovationen frühzeitig erkannt, getestet und mithilfe interdisziplinärer Teams und agiler Methoden in passende

182 | Vgl. acatech 2024b.

183 | Vgl. ebd.

184 | Vgl. ebd.



Lösungen überführt werden.¹⁸⁵ Baden-Württemberg war mit der Einrichtung einer direkt im Staatsministerium angesiedelten interdisziplinären Plattform – dem sogenannten *InnoLab_bw* – deutschlandweit Pionier in diesem Feld.¹⁸⁶ Gemäß seinem Auftrag hat das *InnoLab_bw* frühzeitig den **Megatrend der großen Sprachmodelle** erkannt und für die Landesverwaltung in Kooperation mit Aleph Alpha, einem der bedeutendsten deutschen GenAI-Start-ups, nutzbar gemacht. Ziel der Plattforminitiative ist es, an den enormen Wertschöpfungspotenzialen generativer KI-Anwendungen zu partizipieren. Diese werden mit global circa 2,6 bis 4,4 Billionen US-Dollar jährlich auf eine Größenordnung in Höhe des Bruttoinlandsprodukts des Vereinigten Königreichs beziffert und könnten sich nach erfolgreicher Einbettung generativer KI in weitere Softwaresysteme noch verdoppeln.¹⁸⁷ Auch wenn so die Aufgabe der digitalen Transformation des öffentlichen Sektors freilich noch lange nicht erfüllt ist und die bislang eingesetzten KI-Tools noch nicht ihre volle Wirkungsreichweite über die gesamte Landesverwaltung hinweg erlangt haben, so fällt der KI-spezifische Erfolg dieses agilen Ansatzes doch unmittelbar ins Auge: Die neue **Arbeits- und Fehlerkultur** des *InnoLab_bw* mit größerem Freiraum zum Experimentieren scheint sich hier bereits ausgezahlt zu haben. Mit einer Handvoll Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter repräsentiert es jedoch nur einen Bruchteil der Landesverwaltung und verfügt zudem über wenig operative Kapazitäten. Es ist deshalb wichtig, dass alle Landesministerien mit dem *Masterplan für die Transformation der Verwaltung*¹⁸⁸ ein gemeinsames **Zielbild** im Sinne innovativer Organisation definiert haben und damit politische Rückendeckung für eine konsequente Verwaltungsmodernisierung besteht, um flexibel, dynamisch und resilient auf wechselnde Herausforderungen reagieren zu können.¹⁸⁹ Erfolgversprechend ist zudem, dass sich die politische Führungsebene verantwortlich für den angestrebten Kulturwandel im öffentlichen Sektor fühlt.¹⁹⁰ Verschiedene interministerielle Austausch- und Abstimmungsformate begleiten schließlich den Prozess.

Unabdingbar für eine erfolgreiche Umsetzung des oben genannten *Masterplans* sind die **Beschäftigten** der Landesverwaltung – der zweite Schlüssel zu einer effizienten und agilen öffentlichen Administration. Zunächst ist in diesem Zusammenhang der **demografische Wandel** zu nennen, der den öffentlichen Dienst in besonderer Weise trifft: Das Personal ist hier im Vergleich zu allen Erwerbstätigen in Deutschland überdurchschnittlich alt, weshalb in absehbarer Zeit eine große Anzahl von Beschäftigten in den Ruhestand eintreten wird.¹⁹¹ Mit dem Einsatz von KI in der öffentlichen Verwaltung verbindet sich daher die nach Studienlage **begründete Hoffnung**, den zunehmenden Personalmangel durch eine drastische **Entlastung von Routineaufgaben** mindestens teilweise kompensieren zu können.¹⁹² Das Produktivitätspotenzial liegt laut Berechnungen der Beratungsagentur McKinsey & Company im Milliardenbereich, auch weil bisher schwer zu automatisierende Aufgaben (bislang schätzungsweise nur 20 Prozent von komplexen Tätigkeiten) mit sich rasant weiterentwickelnder generativer KI künftig in viel stärkerem Ausmaß automatisiert erledigt werden könnten (bis zu 55 Prozent dieser Aufgaben). Bis zu einem Drittel des Fachkräftebedarfs ließe sich so – vor allem in der Kommunal- und Steuerverwaltung – einsparen.¹⁹³ Unter anderem könnten Chatbots die bürgerorientierte Kommunikation erleichtern: Sie sind immer erreichbar, können Informationen bereitstellen, beim Ausfüllen von Formularen helfen und so gleichermaßen Verwaltungsbeschäftigte entlasten und Bürgerinnen wie Bürgern gute Serviceerfahrungen bieten. Die Stadt Heidelberg beispielsweise hat mit der digitalen Bürgerassistenz Lumi bereits gute Erfahrungen gesammelt.¹⁹⁴ Darüber hinaus kann KI die Bewahrung und das Teilen von Fachwissen erleichtern, insbesondere dann, wenn Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit spezifischer Expertise in Ruhestand gehen. Aber digitale Transformation und KI-Einsatz **erfordern** auch **besondere Kompetenzen** für die Handhabung digitaler Werkzeuge sowie begleitende Qualifizierungsanstrengungen für den erfolgreichen Umgang mit KI-basierten Hilfsmitteln.¹⁹⁵

185 | Vgl. Stutzenberger 2021.

186 | Vgl. StM BW 2024d.

187 | Vgl. McKinsey & Company 2023.

188 | Vgl. StM BW 2024e.

189 | Vgl. acatech 2024b.

190 | Vgl. Stegmann 2024.

191 | Vgl. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung 2024.

192 | Vgl. OECD 2024a.

193 | Vgl. McKinsey & Company 2024b.

194 | Vgl. Heidelberg.de 2023.

195 | Vgl. acatech 2024b.

Dies betrifft insbesondere den dritten Schlüssel: die Einführung innovativer **Technologien**. Sie ist für ein großes Organisationsgefüge wie die öffentliche Verwaltung eines Bundeslands eine große Herausforderung. Mit dem *Masterplan für die Transformation der Verwaltung* hat das Land Baden-Württemberg seine Vision für mehr Dienstleistungsorientierung, Innovationskraft und Agilität mit konkreten Innovationsprojekten unterlegt. Diese Projekte haben nicht den Anspruch, vollständig ausgereifte Lösungen vorzulegen, sondern sie schaffen Experimentierräume, in denen Ideen praktisch erprobt werden können – und scheitern dürfen: „Pragmatische, nicht perfekte Lösungen sind das Ziel.“¹⁹⁶ So konnte, nachdem das *InnoLab_BW* Large Language Models als wichtiges Innovationsfeld detektiert hatte, mit F13 verhältnismäßig schnell eine passende Anwendung für die baden-württembergische Landesverwaltung entwickelt werden.

Funktionen des Verwaltungsprogramms F13

Die Textassistenz F13 soll den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der öffentlichen Verwaltung bei einfacher Bedienbarkeit sofortige Entlastung bei ihrer täglichen Textarbeit schaffen und enthält (zunächst) vier Funktionen.¹⁹⁷ Mithilfe der **Zusammenfassungsfunktion** können Nutzerinnen und Nutzer Texte einfügen, zwischen unterschiedlichen Kürzungsstufen wählen und die Texte schließlich zusammenfassen lassen. Mit der Funktion des **Kabinettsvorlage-Vermerks** werden Kabinettsvorlagen direkt in einen Kabinettsvorlage-Vermerk in Word überführt, der zusammengefassten Inhalt enthält, und in eine Vermerks-Vorlage übertragen mit Downloadmöglichkeit zwecks weiterer Bearbeitung. Die **Rechercheassistenz** kann Mitarbeitende wiederum bei der Aufbereitung großer Informationsmengen zu spezifischen Fragen unterstützen. Sie umfasst – mittlerweile täglich aktualisiert – neue Landtagsdrucksachen und Pressemitteilungen des Landes sowie eine **Chatfunktion**. Mit dieser Funktion lassen sich Fragen zu hochgeladenen Dokumenten oder zur Wissensdatenbank stellen, die vom Chatbot konkret beantwortet werden. Die **Quellen** sind **nachzuvollziehen**, der Dienst lässt sich somit validieren

und vertiefen – ein wichtiger Aspekt hinsichtlich der **Überprüfbarkeit und Vertrauenswürdigkeit** von KI. Die **Fließtextgenerierungsfunktion** (Vermerkomat) schließlich führt hochgeladene Texte (beispielsweise eigene Notizen, Vermerke, Studien) zusammen und erstellt einen umfassenden Text. Textlänge und thematische Fokussierung lassen sich individuell einstellen.

Bereits in der frühen Entwicklungsphase wurden ressortübergreifend Testpersonen in **Feedbackschleifen** eingebunden. Die hier gewonnenen Erkenntnisse sind in die neueste F13-Version eingeflossen. Seit August 2024 wird die Software in sämtlichen Landesministerien implementiert. Nach enger Zusammenarbeit mit der Landesoberbehörde IT Baden-Württemberg (BITBW) ermöglicht F13 erstmals eine vollständig lokale Datenverarbeitung mittels Sprachmodell innerhalb des Landesverwaltungsnetzes.

Bemerkenswert für die Langfristperspektive ist darüber hinaus die **grundlegende Architektur** von F13, die eine Plattform schafft, auf der situativ und flexibel je nach Herausforderung schnell eine spezifische Lösung entwickelt werden kann – ohne dabei von einem dominierenden Anbieter abhängig zu sein –, denn F13 besteht aus zwei Hauptkomponenten: einer Art KI-Betriebssystem auf Basis der Sprachmodelle von Aleph Alpha sowie kleineren Applikationen für spezifische Verwaltungsaufgaben (wie oben beschrieben), die wie ein Modulbaukasten erweitert werden können.¹⁹⁸ Angestrebt wird ein **offenes Ökosystem für KI-basierte Verwaltungsdienstleistungen**. Hier deutet sich an, dass Deutschland dem Begriff „Plattformökonomie“ im Anwendungsfeld GovTech eine ganz neue Bedeutung verleihen könnte, die den offenen und partizipativen Charakter eines echten, nicht von einem einzelnen Akteur dominierten Ökosystems zur Geltung bringt. Dies ist insbesondere für die Zusammenarbeit mit – bestenfalls baden-württembergischen – KI-Start-ups von großer Bedeutung.

Mit F13 ist Baden-Württemberg zum GovTech-Vorreiter in Deutschland avanciert, andere Länder wie Bayern ziehen bereits nach;¹⁹⁹ und auch das **bundesweite Interesse** nimmt zu: Sowohl der primäre Digitalisierungspartner der Bundeswehr BWI GmbH

196 | Stegmann 2024.

197 | Vgl. StM BW 2024 f.

198 | Vgl. Holzki 2024.

199 | Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Digitales 2024.



als auch die Bundesagentur für Arbeit haben mit Aleph Alpha einen Rahmenvertrag über vier Jahre geschlossen.^{200, 201} Die baden-württembergische Gründungsmitgliedschaft im **GovTech Campus** ist wichtig. Dieser soll eine übergreifende Entwicklungs- und Skalierungsumgebung für Bund, Länder und Kommunen entwickeln. Er ist der Ort für die operative Verbreitung auf Basis der gewonnenen Erfahrungswerte. Die Ansiedlung des **Regionalcampus AI/Data-for Government** am anwendungsorientierten IPAI in Heilbronn ist auch als Grundvoraussetzung der Digitalisierung der Kommunen und Landesbehörden vielversprechend.²⁰² Am IPAI beteiligt sich im Übrigen auch die Polizei Baden-Württemberg mit dem Ziel der Vernetzung mit Akteuren aus Wirtschaft und Forschung. Sie verfolgt mit mehreren Projekten aktiv die Entwicklung von Künstlicher Intelligenz. Ein Beispiel dafür ist das Projekt *Intelligente Videoauswertung für mehr Sicherheit und Datenschutz* in Mannheim.²⁰³

Wenn Deutschland im internationalen Wettbewerb um generative KI noch den Anschluss schaffen möchte, dann kommt unter anderem der **Vorreiterrolle des Staats** und seiner **strategischen Beschaffung von KI-Anwendungen** große Bedeutung zu. Baden-Württemberg beweist mit dem Strukturierungs- und Recherchewerkzeug Codefy, das für sehr umfangreiche Gerichtsakten am Landgericht Hechingen eingesetzt wird, auch bereits im Rechtswesen, wie der Staat „als **Ankerkunde** (...) heimische KI-Angebote selbst nutzen und deren Anbieter auf diesem Weg bis zum Einstieg privater Anwender finanziell unterstützen“²⁰⁴ kann. Da sich KI-Start-ups vor allem über Cashflow finanzieren, brauchen sie in erster Linie Kunden, um wettbewerbsfähige Anwendungen entwickeln zu können. In die Lücke zwischen Gründung und Wachstum zu einem konkurrenzfähigen Angebot sollte künftig der Staat durch **proaktive Nutzung seines Beschaffungswesens** stoßen. Die Kooperation mit Aleph Alpha kam für das Heidelberger Start-up somit zur rechten Zeit, als es im internationalen Wettbewerb um allgemein leistungsfähige Sprachmodelle zurückfiel.²⁰⁵ Nicht zuletzt kann der Staat somit auch eine **Vorbildfunktion** übernehmen, das **Vertrauen** in KI-basierte Lösungen **stärken** und sowohl Unternehmen als auch die öffentliche

Verwaltung in anderen Bundesländern oder im Bund zu ähnlichen Anstrengungen **ermutigen**.

5.5.3 Herausforderungen

Auch wenn die KI-Einführung in der Landesverwaltung Baden-Württemberg bislang eine Erfolgsgeschichte ist, so bleibt ihre Gesamtwirkung bislang überschaubar, und es gilt nach wie vor große Herausforderungen zu bewältigen. So ist das übergreifende Ziel einer flächendeckenden **Verwaltungsmodernisierung und -digitalisierung** mit der Einführung einer digitalen Text- und Rechercheassistenten noch lange nicht erreicht. Neben der vollständigen Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes, durch die 575 Leistungsbündel online verfügbar gemacht werden sollen, gehört dazu, die **strategische Relevanz der Beschaffung** bei der weiteren Implementierung von F13 zu reflektieren und das Beschaffungswesen – auch in den kommunalen Behörden – entsprechend zu nutzen.²⁰⁶ Die allgemeine Verfügbarmachung des F13-Tools über den **GovTech Campus** und die datensouveräne **STACKIT Cloud** ist hierfür bereits eine **gute Grundlage**. Im Fall von F13 sollten Bund und Länder allerdings auch **zentrale technische Komponenten als Ankerpunkte für die Umsetzung bereitstellen** und gemeinsam in die kontinuierliche Weiterentwicklung investieren.²⁰⁷ Das Ziel sollte sein, dass alle Bundesländer und alle Gemeinden beziehungsweise Kreise hier anknüpfen können und die starke Zersplitterung der Beschaffungslandschaft in Deutschland zumindest schon mal in diesem konkreten Fall überwunden wird. Die Verantwortung für das Gelingen eines solchen länderübergreifenden Vorhabens liegt naturgemäß nicht allein in der Macht des Landes Baden-Württemberg; es bedarf hierfür vielmehr einer gemeinsamen Anstrengung aller Beteiligten.

Aufgrund der Selbstverwaltung der Kommunen ist es schwierig, diese selbst mit dem besten Angebot von Anfang an mitzuaadressieren. Diese Hürde sollte jedoch keinen Vorwand dafür liefern, dass kompatible technische **Standards und Schnittstellen** nicht von Anfang an mitgedacht und gemeinsam mit möglichen

200 | Vgl. BWI GmbH 2024.

201 | Vgl. Fokuhl/Holzki 2024.

202 | Vgl. Start-up BW 2024d.

203 | Vgl. Baden-Württemberg.de 2025b.

204 | Kagermann et al. 2024, S.6.

205 | Vgl. Holzki 2024.

206 | Vgl. acatech 2024b.

207 | Vgl. ebd.

weiteren Anwendern in den **Kommunen** abgestimmt werden. Bis zu einer aus kommunaler Sicht nötigen Föderalismusreform u. a. im Sinne der Dresdener Forderungen, von deren baldiger Existenz nicht ausgegangen werden kann, spielt eine gute Koordination, aufgesetzt mit einem strukturierten Rahmen eine wichtige Rolle.²⁰⁸

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass in der **Belegschaft** der Landesverwaltung noch Zweifel und Vorbehalte gegenüber der neuen KI-Assistenz bestehen. Die Beschäftigten und Nutzer von F13 sollten also auch praktisch **überzeugt werden**, damit das Programm erfolgreich ausgerollt werden kann. Gleichwohl ist positiv zu vermerken, dass ein Kulturwandel praktiziert wird und öffentlich-transparent über Probleme bei der Akzeptanz bzw. dem Verständnis der Relevanz und Vorteile der eingeführten KI-Technologie kommuniziert wird.²⁰⁹ Rückschläge sind erlaubt, können thematisiert und gemeinsam gelöst werden. Dieser pragmatische Ansatz sollte fortgeführt werden.

Künftig gilt es F13 systematisch auszubauen. Dabei sind die folgenden Fragestellungen zu berücksichtigen: Was sind die weiteren Ziele bezüglich des Programms? Werden sie in erreichbare Meilensteine und messbare KPIs übersetzt? Gibt es eine Roadmap, die die pragmatischen Technologiesprints in nachhaltige Langläufe übersetzt? Gibt es ein Monitoring der Umsetzung?²¹⁰

5.5.4 Zwischenfazit

Die Landesregierung Baden-Württemberg nimmt mit ihrer frühzeitigen Kooperation mit dem Heidelberger KI-Start-up Aleph Alpha und der ambitionierten Einführung der KI-Assistenz F13 eine Vorreiterrolle in Deutschland ein. Auch in der öffentlichen Verwaltung des Landes ist bereits ein Kulturwandel in Gang gekommen. Diesen Weg sollte das Land weitergehen und dabei noch systematischer vorgehen, um das Ziel der Verwaltungsmodernisierung und -digitalisierung zu erreichen, etwa in Form einer Roadmap mit definierten Meilensteinen. Dabei sollten auch die anderen Ebenen des föderalen Systems – insbesondere die Kommunen – adressiert und in die Koordinationsanstrengungen frühzeitig eingebunden werden. Das Engagement im *GovTech Campus* ist als Best-Practice-Beispiel zu sehen. Nach der erfolgreichen Implementierung des F13-Betriebssystems könnte für die Entwicklung konkreter Anwendungen und Tools verstärkt auf die Innovationskraft von Start-ups gesetzt werden – etwa mithilfe eines digitalen Marktplatzes, auf dem Tätigkeitsfelder und Probleme beschrieben werden, für die es Lösungen braucht. Die Weiterbildung von Mitarbeitenden, die sie dort abholt, wo sie gegebenenfalls auch kritisch eingestellt stehen, ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Voraussetzung für den datengetriebenen KI-Einsatz ist weiterhin die Ende-zu-Ende-Digitalisierung der Verwaltung. Die schnelle Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes und die digitale Nutzbarmachung von oft noch analog vorliegenden Daten ist deshalb ausschlaggebend.

208 | Vgl. acatech 2024b.

209 | So etwa durch entsprechende Informationen des baden-württembergischen Staatsministers auf LinkedIn.

210 | Vgl. Achleitner/Lange 2024.



5.6 Gesellschaftliche Wahrnehmung

5.6.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Künstliche Intelligenz wird sich in vielen Bereichen des öffentlichen Lebens auswirken und diese verändern – ob Arbeitsplatz, Mobilität, Gesundheitssektor, Handel oder Unterhaltungs- und Kulturbereich. Dies trifft auch auf die ökonomischen und ökologischen Standortfaktoren zu. In welchem Ausmaß und in welchen Bereichen KI-Technologien zum Einsatz kommen werden, hängt allerdings nicht zuletzt von der gesellschaftlichen Wahrnehmung der Technologien und den Einstellungen gegenüber konkreten KI-Anwendungen ab. Das hat wiederum Auswirkungen auf den wirtschaftlichen Erfolg und die Geschäftsmodelle zahlreicher Unternehmen, beeinflusst aber auch die Wettbewerbssituation eines ganzen Standorts.

5.6.2 Status quo

Baden-Württemberg hat bereits zahlreiche Initiativen auf den Weg gebracht und Angebote erstellt, um Bürgerinnen und Bürger über die Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten von KI-Technologien zu informieren und über etwaige Ängste und Sorgen zu diskutieren. Beispielhaft sind hier das Besucherzentrum im IPAI, der KI-Pavillon im Science Center experimenta, der KI-Dialog, die KI-Woche des Landesbeauftragten für Datenschutz und Informationsfreiheit Baden-Württemberg²¹¹, das Reallabor *Robotische Künstliche Intelligenz*²¹² am KIT, das vom Institut für Technikfolgenabschätzung (ITAS) begleitet wird und Stakeholder beteiligt, oder der Bürgerrat der Universität Tübingen zu nennen.

Da für die Analyse der gesellschaftlichen Wahrnehmung von KI-Technologien und -Anwendungen in Baden-Württemberg keine spezifischen Daten bekannt waren, basieren die folgenden Ausführungen auf deutschlandweiten Umfragen. Dabei ist festzustellen, dass im Vergleich zur Erhebung bei Unternehmen repräsentative Befragungen in der Bevölkerung zum Thema KI im Schnitt etwas skeptischer ausfallen.²¹³ Dennoch wird KI in

der Bevölkerung zunehmend als Chance begriffen.²¹⁴ So sahen 2024 nach Angaben von Bitkom Research 74 Prozent der Befragten KI eher oder ausschließlich als Chance, 24 Prozent hingegen eher oder ausschließlich als Gefahr – eine Veränderung gegenüber 2018, wo 62 Prozent KI als Chance betrachtet und 34 Prozent noch die Risiken betont hatten.²¹⁵ Diese Tendenz belegt auch ein internationaler Vergleich für 2023 (siehe Abbildung 5), dem zufolge bei der Einschätzung KI-basierter Produkte und Dienstleistungen in Deutschland 42 Prozent der Befragten vor allem den Nutzen sahen und die Bundesrepublik somit vor anderen G7-Ländern wie Kanada, USA oder Frankreich lag.²¹⁶

Dennoch gibt es hierzulande auch weiterhin Sorgen und Bedenken gegenüber KI-Technologien und -Anwendungen. Nach Angaben von Bitkom Research stimmten 2024 zwar 56 Prozent beziehungsweise 55 Prozent der Befragten den beiden Aussagen zu, dass KI helfen könne, die Probleme der Menschheit zu lösen, und dass der Einsatz von KI das Leben einfacher machen könne – gleichzeitig stimmten jedoch auch 48 Prozent der Aussage zu, dass KI irgendwann die Kontrolle über die Menschheit übernehmen könnte; Für 44 Prozent war zudem die Aussage zutreffend, dass sie Angst vor KI hätten (siehe Abbildung 6).²¹⁷ Bei der Frage danach, in welchem Bereich ein KI-Einsatz wünschenswert wäre, dominierten die vorgegebenen Kategorien Cybersicherheit, Verwaltung, Verkehr und Gesundheit.

In einer anderen Erhebung²¹⁸ gaben 2021 in Deutschland 77 Prozent der Befragten (Personen ab 18 Jahren mit mindestens gelegentlicher Internetnutzung) an, dass sie nur wenig beziehungsweise nichts über KI wüssten. Demgegenüber schätzten sich 21 Prozent selbst so ein, dass sie (sehr) viel über KI wüssten. Konkret verbinden die meisten Menschen mit KI in diesem Zusammenhang offenbar humanoide Roboter, Industrieroboter, autonomes Fahren oder Großrechner. Einer anderen Studie zufolge hängt zudem die Einstellung zu KI und deren Nutzung unter anderem von demografischen Faktoren ab: vom Bildungsgrad,²¹⁹ vom Einkommen und vom Alter. Jüngere Menschen und

211 | Vgl. LfDI 2024.

212 | Vgl. KIT 2024c.

213 | Die Umfragen unterscheiden sich unter anderem nach dem Jahr der Befragung, dem Alter der Befragten, Fragestellungen wie die nach Akzeptanz, KI-Wissen oder KI-Nutzung. Für Baden-Württemberg waren keine Umfragen verfügbar.

214 | Vgl. Bitkom e.V. 2024c.

215 | Vgl. Bitkom e.V. 2023.

216 | Vgl. HAI 2024.

217 | Vgl. Bitkom e.V. 2024c.

218 | Vgl. CAIS 2024.

219 | Vgl. BSI 2024.

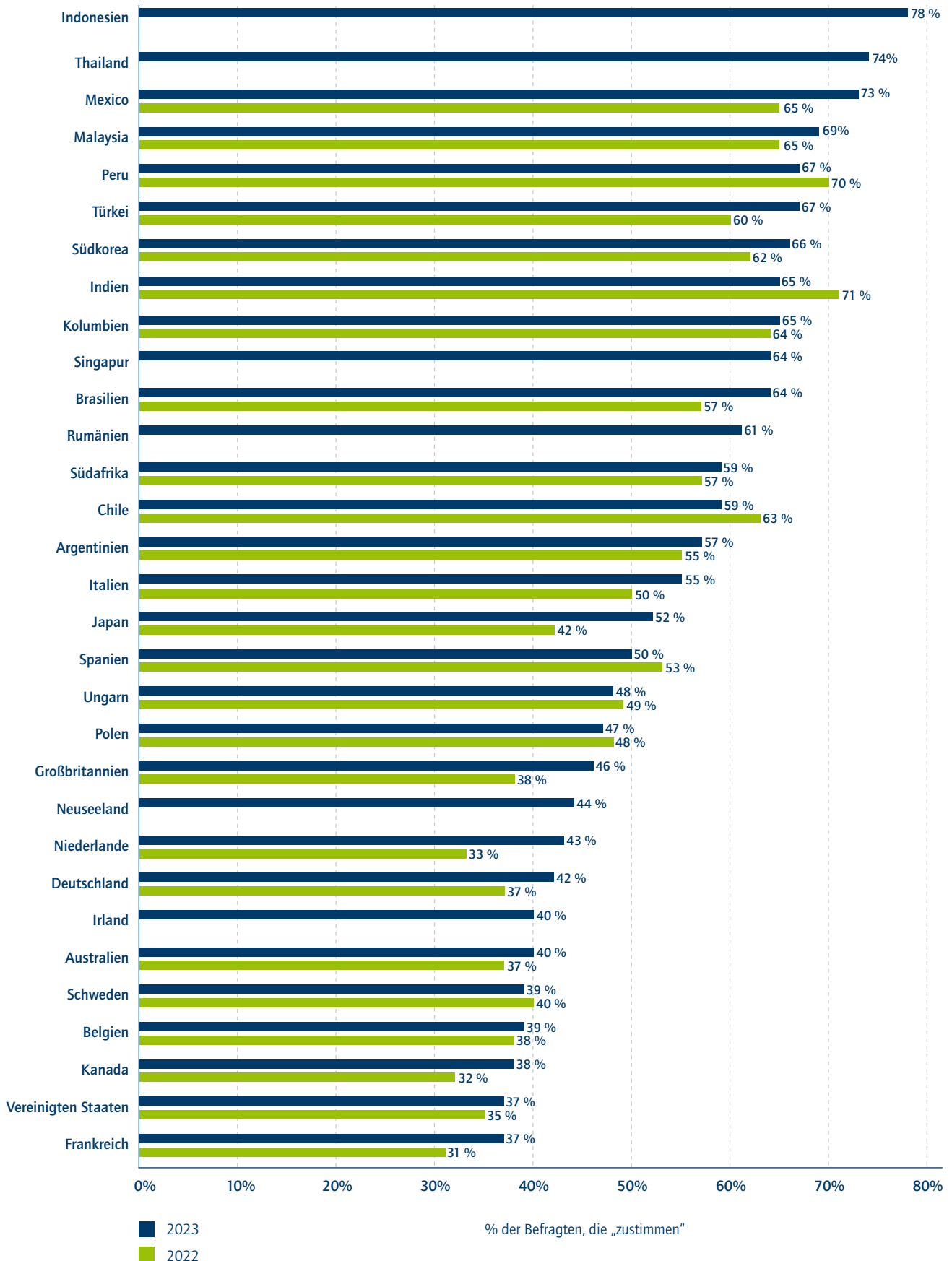


Abbildung 5: Nutzenbewertung KI-basierter Produkte und Dienstleistungen in den Jahren 2022 und 2023 nach Ländern in Prozent (Quelle: basierend auf HAI 2024)



56 %
KI wird helfen, **große Probleme der Menschheit**, wie den Klimawandel, zu lösen.



56 %
Die Politik sollte die **Entwicklung von KI in Deutschland** stärker fördern.



55 %
Der Einsatz von KI kann **das Leben einfacher machen**.



48 %
KI wird irgendwann die **Kontrolle über den Menschen** übernehmen.



44 %
Ich habe **Angst** vor KI.



37 %
Ich würde lieber in einer **Welt ohne KI** leben.

Abbildung 6: Repräsentative Umfrage in der Bevölkerung zu Hoffnungen und Ängsten bezüglich Künstlicher Intelligenz in 2024 (Quelle: basierend auf Bitkom e.V. 2024c, S. 12)

Menschen mit besserer Bildung sind demnach signifikant stärker vertraut mit KI als Ältere oder Menschen mit niedrigerer Bildung. Bei den Letztgenannten zeigt sich wiederum eine größere Skepsis gegenüber KI. Laut *Meinungsmonitor Künstliche Intelligenz* korrelieren aber auch Wertvorstellungen²²⁰ mit der Einstellung gegenüber KI. Demnach scheinen Menschen, die Wert auf Tradition, Normen und Routine legen, der Technologie gegenüber eher skeptisch beziehungsweise ablehnend zu sein als Menschen, die persönliche Leistung, Prestige und Herausforderungen als zentrale Werte sehen.

5.6.3 Herausforderungen

Die verschiedenen hier skizzierten Umfrageergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Bevölkerung in Deutschland KI-Technologien großes Veränderungspotenzial beimisst – was sowohl positiv wie negativ bewertet wird. Allerdings zeigt sich in der Tendenz, dass Skepsis dann abgebaut wird, wenn Nutzerinnen und Nutzer mit Künstlicher Intelligenz zunehmend vertrauter werden. Gleichwohl bleiben trotz des positiver werdenden Einstellungstrends Bedenken bestehen – vor allem aufgrund mangelnden Vertrauens in die Technologien. Diese Sorgen gilt es auch künftig ernst zu nehmen, sie in einem offenen Dialog zu diskutieren und eine vertrauenswürdige, werteorientierte KI zu fördern, die dem Gemeinwohl dient. So betont der Deutsche Ethikrat in einer Stellungnahme²²¹ die Bedeutung der menschlichen

Autorenschaft und die Rolle Künstlicher Intelligenz als Mittel zum vom Menschen gemachten Zweck, nicht aber als Selbstzweck.²²² Auf nationaler und auf EU-Ebene²²³ existieren bereits Leitfäden, die diese Prinzipien aufgreifen. Die *Plattform Lernende Systeme* (PLS) benennt in diesem Zusammenhang beispielsweise die Leitkategorien Schadensabwendung, Rechtskonformität und technische Robustheit der Systeme, sodass keine unannehmbaren Sicherheitsrisiken entstehen. Die Leitkategorien wiederum werden durch übergeordnete Kriterien ethischer Werte näher bestimmt: (1) Selbstbestimmung (unter anderem Transparenz, Nachvollziehbarkeit, Systemoperabilität), (2) Gerechtigkeit (unter anderem Gleichheit vor dem Gesetz, Diskriminierungsfreiheit, Chancengleichheit) und (3) Schutz der Privatheit und Persönlichkeit (unter anderem Datenminimierung, Transparenz). Neben Kontrollmechanismen und Schulungen für Beschäftigte werden auch Rückkopplungsprozesse von Seiten der Unternehmen als hilfreich genannt.²²⁴

5.6.4 Zwischenfazit

Chancen und Risiken von KI-Technologien und -Anwendungen gilt es auch künftig sorgfältig abzuwägen; Sorgen in der Bevölkerung und Bedenken aus unterschiedlichen Bereichen der Gesellschaft sind dabei nicht nur ernst zu nehmen, sie sind auch als Anreiz und Ressource für eine mögliche Verbesserung zu begreifen. Maßnahmen im Bereich der Bildung, konkrete

220 | Vgl. CAIS 2024.

221 | Vgl. Deutscher Ethikrat 2023.

222 | Vgl. KIT 2023.

223 | Vgl. Europäische Kommission 2019.

224 | Vgl. PLS 2020.

Anwendungserfahrungen und ein kritischer Diskurs können helfen, Vertrauen aufzubauen sowie Mündigkeit und Handlungsfähigkeit von Bürgerinnen und Bürgern zu gewährleisten. Baden-Württemberg hat hier bereits einiges getan. Diesbezügliche Aktivitäten gilt es fortzusetzen und auszubauen, um Akzeptanz und gesellschaftliche Teilhabe weiter zu befördern.

Bildung ist ein wesentlicher Pfeiler für die Weiterentwicklung von KI-Technologien und -Anwendungen, auch was soziale Teilhabe sowie Wissens- und Informationszugang als demokratisches Gut angeht (siehe Kapitel 5.2). Umgekehrt kann Künstliche Intelligenz ihrerseits Bildungsprozesse durch individuelle Lern- und Hilfsangebote unterstützen. Die KI-Berichterstattung der Medien in Deutschland legt nahe, dass ethische Aspekte sowie KI in Kunst und Kultur bislang weniger thematisiert werden als wirtschaftliche.²²⁵ Um dem Postulat einer werteorientierten KI Rechnung zu tragen, sollten daher soziale, kulturelle und ethische Aspekte Künstlicher Intelligenz künftig stärker angesprochen werden. Inter- und transdisziplinäre Lehr- und Forschungsprojekte sowie Begleitprogramme sollten zudem fortgesetzt und gestärkt werden.

Die **öffentliche Hand sollte als Vorbild** für Wirtschaft und Gesellschaft vorangehen und Daten zur Verfügung stellen (siehe Kapitel 5.1, 5.5). Diese können für den gesellschaftlichen Dialog, aber auch von Journalistinnen und Journalisten sowie von Unternehmen genutzt werden. Niederschwellige Angebote und konkrete Beispiele können KI-Anwendungen in einem risikoarmen Kontext veranschaulichen.

Das Land sollte seine etablierte **Kompetenz in der Technikfolgenabschätzung und in der Wissenschaftskommunikation** nutzen. Bürgerdialoge unterstützen kontroverse Diskussionen und können so auch die Entscheidungsfindung von Landesregierung, Parlament und Unternehmen befördern. Beispielhaft ist hier der im Herbst 2024 gestartete *Bürgerrat Künstliche Intelligenz und Freiheit* an der Universität Tübingen zu nennen, dessen Ergebnisse Anfang 2025 vorliegen sollen.²²⁶

Jenseits gesetzlicher Regelungen und extern aufgesetzter Leitfäden (siehe Kapitel 5.7) können Unternehmen durch freiwillige Selbstverpflichtung und Transparenz dazu beitragen, das Vertrauen ihrer Kundschaft wie das der Gesellschaft in KI-Technologien und -Anwendungen zu stärken.

225 | Vgl. CAIS 2024.

226 | Vgl. Mehr Demokratie e.V. 2024.



5.7 Regulatorische Rahmenbedingungen

5.7.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Wie bereits zuvor erwähnt (siehe Kapitel 5.1, 5.3, 5.4) sind gut durchdachte regulatorische Rahmenbedingungen für Künstliche Intelligenz ein entscheidender Faktor für den wirtschaftlichen Erfolg der KI-Entwicklung, da sie Start-ups wie etablierten Unternehmen Rechtssicherheit bieten und eine strategisch sinnvolle Ausrichtung ermöglichen, außerdem für mehr Planbarkeit sorgen und auf diese Weise auch das Vertrauen bei allen Akteuren aus Wirtschaft und Gesellschaft stärken. Die regulatorischen Rahmenbedingungen in Baden-Württemberg sind für die technologische Entwicklung im heimischen KI-Sektor dabei genauso relevant wie für die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit des Standorts und für die gesellschaftliche Akzeptanz KI-basierter Produkte und Dienstleistungen.

5.7.2 Status quo

Sowohl auf EU- als auch auf Bundes- und Landesebene gibt es bereits zahlreiche Initiativen zur rechtlichen Regulierung: Auf europäischer Ebene ist der 2024 in Kraft getretene AI Act die entscheidende Verordnung, deren Bestimmungen künftig (überwiegend ab 2026) in allen EU-Mitgliedstaaten gelten werden. Dem AI Act liegt ein risikobasierter Ansatz zugrunde, dem zufolge KI-Anwendungen nach verschiedenen Kategorien – von risikoarm bis hin zu hochrisikant – zu bewerten sind und für jede Kategorie spezifische Anforderungen erfüllt sein müssen. Besonders für Hochrisiko-KI-Anwendungen sind strenge Vorgaben zur Transparenz, Sicherheit und Überprüfbarkeit vorgesehen. Zudem hat die EU-Kommission mittlerweile den Entwurf eines *Verhaltenskodex für KI für allgemeine Zwecke* veröffentlicht.²²⁷ Auch der European Data Governance Act aus dem Jahr 2022 oder der Verordnungsentwurf der EU-Kommission zum sogenannten Europäischen Raum für Gesundheitsdaten aus demselben Jahr sind relevante Initiativen, die Regelungen für KI-Anwendungen und -Plattformen enthalten.

Auf Bundes- und auf EU-Ebene spielt in diesem Zusammenhang zweifellos die Durchführung des AI Act die zentrale Rolle. Hier wird es darauf ankommen, praxisnahe Leitfäden und Anwendungshilfen zu entwickeln, um Unternehmen und Institutionen

bei der Umsetzung der EU-Vorgaben zu unterstützen. Parallel dazu können Maßnahmen wie der vom Bundeskabinett verabschiedete Entwurf für ein Reallabore-Gesetz helfen, innovative regulatorische und technologische Ansätze unter kontrollierten Bedingungen zu testen (unter anderem One-Stop-Shop für Reallabore als zentraler Ansprechpartner; verbindlicher Experimentierklauselcheck in der Gesetzgebung). Hinzu kommen Standardisierungs- und Zertifizierungsvorschläge sowie KI-Kodices von einigen Unternehmen auch aus Baden-Württemberg.

5.7.3 Herausforderungen

Um der Unsicherheit bei der Entwicklung und Anwendung von KI-Technologien vor allem im KMU-Bereich, aber auch in der Gesellschaft entgegenzutreten, ist eine zeitnahe Umsetzung von EU-Recht in nationales Recht (beispielsweise in Form von Durchführungsgesetzen und Leitfäden) hilfreich. Viele Schritte auf nationaler Ebene in diesem Bereich sind davon abhängig, dass auf europäischer Ebene zunächst die entsprechenden Rahmenbedingungen gesetzt werden. Dort, wo es bereits möglich ist, sollten Bund und Länder gleichwohl zügig handeln.

Die Regulierung des KI-Bereichs ist möglichst so auszugestalten, dass sie gleichzeitig sowohl den Anforderungen von Datenschutz und Schutz der Privatsphäre als auch den Bedürfnissen der Unternehmen nach Praxisnähe und Bürokratieentlastung Rechnung trägt. Geeignet scheint hierfür der Ansatz einer lernenden, dynamischen Regulierung zu sein, wie er gegenwärtig im Forschungsnetzwerk *Adaptive Governance of Emerging Technologies* (AdGovEm) an der Universität Freiburg im Breisgau erforscht wird.²²⁸ Das hieße konkret: Rechtliche Rahmenbedingungen werden flexibel und adaptiv so ausgestaltet, dass neue Erkenntnisse aus der Praxis (beispielsweise aus Reallaboren) schnell integriert werden können.

5.7.4 Zwischenfazit

Baden-Württemberg hat als führende Technologieregion in Deutschland und Europa die Chance, durch eine zeitnahe Regelung und gezielte Förderung die Entwicklung von KI aktiv zu gestalten und in diesem Zusammenhang eine Vorbildfunktion einzunehmen. Das Land sollte im Dialog mit der EU, mit den anderen Bundesländern und mit dem Bund auf eine mindestens bundes-, wenn nicht gar europaweit einheitliche Umsetzung der Regulierung hinwirken. Das bereits bestehende Engagement

227 | Vgl. Europäische Kommission 2024a.

228 | Vgl. Universität Freiburg 2025.

Baden-Württembergs in diesem Handlungsfeld sollte fortgeführt werden. Dies erleichtert es Unternehmen, ihre KI-Anwendungen ohne Prüfungsredundanz auf nationalstaatlicher und europäischer Ebene in den Markt einzuführen, was insbesondere für KMU und Start-ups eine enorme Zeit- und Kostenersparnis bedeuten würde. Das Land sollte sich auch weiter in den drei zentralen Bereichen – Etablierung von Reallaboren, Unterstützung

von KMU und Start-ups (siehe Kapitel 5.1, 5.3, 5.4) durch Auslegungsleitfäden beziehungsweise Orientierungshilfen hinsichtlich regulatorischer Kriterien sowie finanzielle Anreize und Förderprogramme insbesondere für die Entwicklung vertrauenswürdiger, innovativer KI-Technologien sowie sicherheitskritischer und ethisch gebundener KI-Anwendungen – engagieren.



5.8 Marktchancen für Unternehmen aus Baden-Württemberg

5.8.1 Definition und Relevanz des Standortfaktors

Unter dem Standortfaktor Marktchancen werden verschiedene Aspekte von KI-Technologien betrachtet, die Einfluss auf die globale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Baden-Württemberg haben. Im Folgenden werden vor allem die Chancen skizziert, die sich durch die **Fokussierung auf einzelne Branchen** gerade auch für KMU ergeben können, die aktuell eine hohe Dynamik erleben und ein großes Zukunftspotenzial versprechen. Darüber hinaus werden die Optionen diskutiert, die sich auch im wertschöpfungssektorenübergreifenden **Zusammenspiel mit anderen Grundlagentechnologien** wie Quantentechnologie oder Edge Computing (Spill-over-Effekte) ergeben. Dabei lässt sich die strategische Zielsetzung mit dem Slogan „**Stärken stärken**“ beschreiben. Ziel ist es, in Baden-Württemberg vertretene Branchen zu identifizieren, für die einerseits große globale Wachstumschancen vorhergesagt werden und die andererseits bereits über sehr gute Voraussetzungen in der Region verfügen, um diese Chancen auch nutzen zu können. Zudem gilt es nachfolgend, notwendige Voraussetzungen für ein Wachstum in den entsprechenden Branchen wie den Zugang zu Material und die Verfügbarkeit von Energie näher zu betrachten.

5.8.2 Status quo

Branchen mit großen Zukunftspotenzialen

Einige KI-relevante Sektoren und Anwendungsfelder, die sich nach aktueller Studienlage hochdynamisch zeigen und denen ein großes Wertschöpfungspotenzial attestiert wird, sind in Baden-Württemberg bereits heute sehr gut aufgestellt: die Gesundheits- und Medizintechnologie, die Robotik sowie die Cybersicherheit. Angesichts der disruptiven Wirkung von KI-Technologien verändern sich diese Sektoren gegenwärtig in rasendem Tempo, was strategische Fragen aufwirft: Eine innovations- und wirtschaftspolitische Fokussierung der genannten Branchen durch das Land könnte diese stärken und die erfolgreiche, bislang aber vor allem von der Automobilbranche sowie vom Maschinen- und

Anlagenbau dominierte Unternehmenslandschaft in Baden-Württemberg um weitere Global Player ergänzen.

Gesundheits- und Medizintechnologie

Der Gesundheits- und Medizintechnologiesektor gilt hierzulande wie global gesehen als äußerst zukunftssträchtige Branche mit signifikantem Wachstumspotenzial. Studien prognostizieren für den Sektor eine voranschreitende Integration digitaler Technologien, die zu effizienteren und zunehmend personalisierten Gesundheitslösungen führen werde. So hat unter anderem das Frankfurter Zukunftsinstitut die wachsende Integration von Technologie in Gesundheitsdienstleistungen und die umfassende, systemische Betrachtung von Gesundheit als zentrale Zukunftstrends in diesem Bereich identifiziert.²²⁹ Auch laut einer Studie des Beratungsunternehmens Deloitte²³⁰ wird die Digitalisierung im Gesundheitswesen durch innovative Diagnostik, neue Therapieformen und den Einsatz Künstlicher Intelligenz vorangetrieben, was sich in hohen jährlichen Wachstumsraten niederschlägt: Marktprognosen erwarten sowohl weltweit als auch für Deutschland jährliche Wachstumsraten des Medizintechnikmarkts um etwa 5 Prozent.^{231, 232}

In Baden-Württemberg wird im Gesundheitssektor bereits heute verstärkt auf KI-Technologien gesetzt, um Diagnostik und Patientenversorgung zu verbessern. Das Land verfügt über einige herausragende Initiativen und Projekte, die Baden-Württemberg zu einem Vorreiter für KI im Gesundheitswesen machen. Bereits 2018 wurde so beispielsweise das *Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg* (FGSBW) gegründet, um die Region im Südwesten Deutschlands als führenden Gesundheitsstandort zu etablieren. Das Forum vereint über 600 Akteure – Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen, Forschungsinstitute, Universitäten sowie Biotechnologie-, Pharma- und Medizintechnikunternehmen des Landes. Die Verfügbarkeit von Gesundheitsdaten und die Möglichkeit ihrer Nutzung zu Forschungszwecken auch für die Industrie ist allerdings eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen des KI-Einsatzes im Gesundheitsbereich. Hierfür hat das FGSBW bereits 2022 die *Roadmap Gesundheitsdatennutzung Baden-Württemberg* vorgelegt.²³³

Insbesondere die Region Mannheim-Heidelberg gilt als wichtiger Standort für Biotechnologie und Medizintechnik und

229 | Vgl. Zukunftsinstitut 2024.

230 | Vgl. Deloitte 2021.

231 | Vgl. Statista 2024a.

232 | Vgl. Statista 2024d.

233 | Vgl. StM BW 2022.

profitiert hier von einer eng vernetzten Forschungs- und Unternehmenslandschaft (siehe Kapitel 5.3.2). Die Region hat sich auf zukunftsweisende Themen wie Digitalisierung im Gesundheitswesen, biomedizinische Forschung und innovative Medizintechnik spezialisiert, was sie zu einem führenden Standort innerhalb der Branche macht. Viele der für die vorliegende STUDIE befragten Expertinnen und Experten sehen hier das Potenzial für eine stärkere Profilierung der Region im nationalen und internationalen Zusammenhang. Neben der Region Mannheim-Heidelberg gibt es zudem mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg, dem *FRAI.lab Medizin* in Freiburg im Breisgau oder dem *Cyber Valley Health Cluster* in Tübingen weitere Akteure in Baden-Württemberg, die an der Schnittstelle Gesundheit und KI aktiv sind und von einer Fokussierung des Landes auf die Gesundheits- und Medizintechnologie profitieren könnten.

Seine Stellung als Innovationsstandort im Bereich Gesundheits-KI festigt das Land durch eine Vielzahl an bereits bestehenden Projekten. Beispielhaft ist hier das *PC3-AIDA*-Projekt zu nennen, das die Universitätskliniken in Freiburg im Breisgau, Tübingen, Mannheim und Ulm miteinander vernetzt, vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus gefördert wird und eine KI-gestützte Analyseplattform für komplexe Gesundheitsdaten (insbesondere hochauflösende Bilddaten) zur Verfügung stellt, um Behandlungsprozesse zu optimieren.²³⁴ Der Forschungsbereich Gesundheitstechnologien und -prozesse des Fraunhofer IPA in Mannheim unterstützt seinerseits die Entwicklung KI-basierter Diagnose- und Therapiemethoden und fördert deren Transfer in die Anwendung.²³⁵ Das KI-Labor *ROUTINE* in Karlsruhe – ein Reallabor zum Transfer digitaler und KI-basierter Gesundheitsanwendungen ins Gesundheitswesen – unterstützt wiederum Start-ups und Unternehmen bei der Entwicklung und Erprobung von KI-gestützten Methoden im Gesundheitsbereich. Es bietet einen rechtssicheren Rahmen für die Forschung mit realen Gesundheitsdaten und begleitet den Transfer digitaler Anwendungen ins Gesundheitswesen. Das Reallabor wurde vom Land Baden-Württemberg bis Ende 2024 mit rund 2,3 Millionen Euro gefördert und wird auf Bundes- und EU-Ebene als Vorbild betrachtet. Das Konsortium des *ROUTINE*-Projekts besteht aus führenden

Forschungs- und Versorgungseinrichtungen sowie Industrie- und Start-up-Akteuren in Baden-Württemberg. Durch die Bereitstellung technischer Expertise und einer rechtssicheren Evaluationsumgebung mit offenen Schnittstellen ermöglicht das Reallabor Unternehmen, innovative KI-Konzepte und -Anwendungen mit realen Gesundheitsdaten zu testen und weiterzuentwickeln.²³⁶

Das Projekt *MEDI:CUS (Medizindaten-Infrastruktur: cloudbasiert, universell, sicher)* schließlich ist eine Initiative des Landes Baden-Württemberg zur Entwicklung einer Cloud-basierten Plattform für den sicheren Austausch von Gesundheitsdaten. Ziel des Projekts ist es, die medizinische Versorgung durch verbesserten Datenaustausch und digitale Vernetzung zu optimieren. *MEDI:CUS* soll das vielfach bemängelte Silodenken im Gesundheitswesen aufbrechen und einen effizienten, sicheren Datenaustausch ermöglichen, um die medizinische Versorgung in Baden-Württemberg zukunftsfähig zu gestalten.

Cybersicherheit

Cybersicherheit ist eine Grundvoraussetzung der digitalen Transformation und unverzichtbare Säule im staatlichen Verwaltungsgefüge, in Unternehmen sowie im Leben von Bürgerinnen und Bürgern. Mit der fortschreitenden Digitalisierung aller Lebensbereiche – vom Gesundheitswesen bis zur Industrie 4.0 – wächst auch die Angriffsfläche, die geschützt werden muss. Die steigende Anzahl und Komplexität von Cyberangriffen bedrohen nicht nur die finanzielle Stabilität von Unternehmen und Menschen, sondern auch die kritische Infrastruktur oder die Privatsphäre des Individuums. Der Digitalverband Bitkom hat berichtet, dass die Ausgaben für IT-Sicherheit im Jahr 2024 deutschlandweit um 13,8 Prozent auf 11,2 Milliarden Euro gestiegen sein dürften.²³⁷ Innovationen wie Künstliche Intelligenz und Cloud-Dienste eröffnen in diesem Sektor nun enorme Potenziale für wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Fortschritt, bergen jedoch auch neue Sicherheitsrisiken wie Schatten-AI, Prompt Injection und neue, anspruchsvollere Angriffe (unter anderem Social Engineering, Phishing).²³⁸ Cybersicherheit ist damit aber nicht nur notwendiger Schutz vor wachsenden Bedrohungen, sondern auch eine Voraussetzung für Vertrauen und nachhaltiges Wachstum in der digitalen Wirtschaft. Unternehmen und Regierungen,

234 | Vgl. BIOPRO Baden-Württemberg GmbH 2024.

235 | Vgl. Fraunhofer IPA 2024.

236 | Vgl. FZI 2023.

237 | Vgl. Bitkom e.V. 2024a.

238 | Vgl. Capgemini Research Institute 2024.



die heute in Cybersicherheit investieren, sichern somit ihre Wettbewerbsfähigkeit und tragen dazu bei, eine stabile digitale Zukunft zu gestalten.²³⁹

Die Cybersicherheit im Bereich der KI ist in Baden-Württemberg ein strategisches Thema, besonders in der Region Karlsruhe, die sich als Innovationszentrum für Cybersicherheit etabliert hat. Einrichtungen wie das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das FZI Forschungszentrum Informatik und KASTEL (Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit) spielen hier eine zentrale Rolle. Weitere wichtige Akteure in Baden-Württemberg sind zudem das Institut für KI-Sicherheit des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt sowie die Cybersicherheitsagentur Baden-Württemberg. Alle diese Einrichtungen arbeiten mit dem Ziel, die digitale Sicherheit in Baden-Württemberg zu erhöhen und der zunehmenden Cyberbedrohung effektiv zu begegnen. Das KIT widmet sich zudem der Ausbildung zukünftiger Fachkräfte für die sichere Gestaltung von Technologien und die Abwehr von Cyberbedrohungen.

Parallel dazu unterstützt Baden-Württemberg aktiv den Transfer von Technologien in die Anwendung. Eine Vielzahl an Unternehmen im Land entwickelt innovative, KI-basierte Lösungen für die verschiedenen Herausforderungen einer zunehmend digitalisierten Welt und nutzt somit bereits die neuen wirtschaftlichen Potenziale. Regionale KI-Labs – darunter *HubWerk01* in Bruchsal und der Digital Hub *KI-Lab Nordschwarzwald* – engagieren sich zudem durch Beratung und den Betrieb hybrider Erprobungsräume, die KMU und Start-ups bei der Implementierung von KI und der Sicherung ihrer Systeme unterstützen.

Baden-Württemberg steht daher vor der Herausforderung, die zunehmende Bedrohung in der digitalen Welt durch gezielte Innovationen und Kooperation zu bewältigen und zugleich das Wertschöpfungspotenzial im Bereich der Cybersicherheit zu nutzen. Ein erfolgreicher Umgang mit dieser Herausforderung könnte die Region schließlich zu einem wichtigen Player in der europäischen Cybersicherheitslandschaft machen.

Robotik

Einer Studie von McKinsey & Company aus dem Jahr 2024 zufolge gehört die Robotik zu den 18 wichtigsten Sektoren, die 2040 einen wesentlichen Beitrag zur globalen Wirtschaft werden leisten können. Bundesweit hat der Umsatz im gesamten Robotikmarkt 2024 zudem bereits rund 3,8 Milliarden Euro betragen, dominiert von der Servicerobotik. Deutschland zählt im Bereich Robotik aktuell nachweislich zur internationalen Spitze.^{240, 241} Die Robotikbranche umfasst vielseitige, wachstumsstarke Einsatzbereiche, die von der Industrie über den Service bis hin zu speziellen Aufgaben reichen. Der zunehmende Einsatz von generativer KI in diesem Sektor verbessert die Trainingseffizienz und die Vielseitigkeit von Robotern erheblich. Die Entwicklung entsprechender Anwendungen könnte in Baden-Württemberg durch Initiativen wie das *Cyber Valley* weiter befördert werden, das sich schon länger mit KI-Anwendungen in Robotiksystemen und deren Verknüpfung befasst. Bereits heute sind KI-Schleifroboter oder robotische Exoskelette im Einsatz, die einerseits die Arbeitssicherheit erhöhen und andererseits dazu beitragen, dass anstrengende Tätigkeiten auch im höheren Alter noch ausgeführt werden können. Künftig könnten humanoide Roboter, die sich menschenähnlich bewegen, aber voraussichtlich auch in sensiblen Bereichen wie Laboren agieren.

Baden-Württemberg hat sich in den letzten Jahren als führender Standort für Robotik und KI in Deutschland etabliert – mit zahlreichen Forschungsinitiativen, Anwendungsprojekten und Unternehmensaktivitäten. Besonders stark sind die Verbindungen zwischen Wissenschaft und Industrie, die durch gezielte staatliche Förderungen und Netzwerke unterstützt werden. Insbesondere der gut in Baden-Württemberg aufgestellte Bereich Maschinenbau und Automatisierung bildet ein stabiles Fundament für die künftige Entwicklung im Robotikbereich. Darüber hinaus sind wichtige Akteure des Landes eingebunden in das vom BMBF initiierte bundesweite Netzwerk *Robotics Institute Germany*: unter anderem das KIT, die Universität Stuttgart, das Fraunhofer IPA und das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme – allesamt Partner im *Cyber Valley* – sowie die Universität Heidelberg. Ziel

239 | Vgl. McKinsey & Company 2023.

240 | Vgl. McKinsey & Company 2024a.

241 | So lag Deutschland hinsichtlich der Anzahl der installierten Roboter international an fünfter Stelle hinter China, Japan, den USA und Südkorea. Mit in Summe 85 Firmen und Start-ups, die Serviceroboter herstellen, lag Deutschland im Jahr 2022 zudem unter den Top-Ländern auf dem dritten Platz – hinter den USA und China und noch vor Japan. Vgl. HAI 2024.

der Initiative ist es, die KI-basierte Robotik in Deutschland weiter zu stärken, sodass sie global wettbewerbsfähig bleibt.²⁴² Mit dem KI-Fortschrittszentrum Lernende Systeme und Kognitive Robotik in Stuttgart verfügt das *Cyber Valley* zudem über eine Transfer-einheit, die insbesondere KMU dabei unterstützt, innovative KI-Lösungen in die Robotikanwendung umzusetzen. Schließlich fördert die landeseigene Baden-Württemberg Stiftung den Bereich Autonome Robotik mit einem eigenen Forschungsprogramm, wobei ethisch-soziale Aspekte ergänzend in einem Begleitprogramm thematisiert werden.

Neben der akademischen Forschung in Baden-Württemberg sind auch die großen Unternehmen des Landes wie Bosch, Festo oder Trumpf stark in die Entwicklung und Anwendung KI-basierter Robotik involviert. Sie setzen dabei vor allem auf Automatisierungslösungen, die die Effizienz ihrer Produktionsprozesse verbessern und zunehmend auch KI-gestützte Analysen und vorausschauende Wartungen umfassen. Darüber hinaus ist im Bereich der KI-gestützten Robotik eine dynamische Start-up-Szene in Baden-Württemberg entstanden: So ist beispielsweise das Unternehmen NEURA Robotics aus Metzingen mit seinen kollaborativen Robotern (Cobots) bereits in der Spitze des Weltmarkts angekommen (siehe Kasten). Auch Synapticon – ein Anbieter für Robotiksteuerungslösungen – und Rethink Robotics – ein auf kollaborative Roboter spezialisiertes Start-up – tragen zur Innovation bei und vernetzen sich dabei mit etablierten Industriepartnern in der Region. Die Schwerpunkte der Robotikforschung in Baden-Württemberg liegen in Stuttgart, Tübingen und Karlsruhe (*Cyber Valley*) sowie Freiburg im Breisgau. In Stuttgart richtet sich der Fokus insbesondere auf Mikro- und Nanorobotik sowie Medizinrobotik.

Ein künftiger Masseneinsatz von Robotern wird vor allem davon abhängen, wie gesellschaftlich akzeptiert und wirtschaftlich realisierbar Robotiklösungen in Zukunft sein werden. Hier kann Baden-Württemberg eine zentrale Rolle bei der Formulierung von Leitlinien und bei sozialen Initiativen spielen, die eine gesellschaftliche Akzeptanz der Robotik in Arbeitswelt und Wohlfahrtspflege befördern und Beschäftigungssicherheit gewährleisten (siehe Kapitel 5.6).

NEURA Robotics

NEURA Robotics, ein deutsches Hightechunternehmen mit Sitz in Metzingen bei Stuttgart, wurde 2019 gegründet und entwickelt kollaborative Roboter mit kognitiven Fähigkeiten, die eine sichere und natürliche Interaktion mit Menschen ermöglichen sollen.

Im Jahr 2024 verlegte das Unternehmen seine Produktion vollständig nach Deutschland zurück, nachdem es zunächst überwiegend in China tätig war. In Metzingen wurden die Produktionskapazitäten bis Ende 2024 ausgebaut, während der Standort in China schrittweise heruntergefahren wurde. Diese Entscheidung unterstreicht den Willen des Unternehmens, verstärkt auf den Technologiestandort Deutschland zu setzen.

Die geografische Lage zwischen den Technologieregionen Stuttgart und München soll dabei die Weiterentwicklung und Herstellung von Robotiklösungen fördern. NEURA Robotics beabsichtigt, seine Marktposition in der Entwicklung kognitiver Roboter weiter auszubauen und von den Standortvorteilen in Deutschland zu profitieren.

Technologieübergreifende Chancen

Eine Kombination von Künstlicher Intelligenz mit anderen Basistechnologien bietet Möglichkeiten für Synergien und Innovation (Spill-over-Effekte). Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang beispielsweise die Verknüpfung von KI mit Quantentechnologie und Edge Computing – Technologien, die in Baden-Württemberg bereits heute intensiv erforscht und genutzt werden. Solche technologieübergreifenden Ansätze sind entscheidend für die Entwicklung hochkomplexer Anwendungen und neuer Lösungen.

KI und Quantentechnologie

Die Quantentechnologie eröffnet neue Möglichkeiten zur Leistungssteigerung von KI-Anwendungen, insbesondere in

242 | Vgl. KIT 2024a.



Bereichen mit enormem Rechenaufwand wie Optimierung und maschinelles Lernen. Quantencomputer könnten künftig so etwa komplexe neuronale Netze deutlich effizienter trainieren und die Entwicklung neuer KI-Algorithmen revolutionieren. Darüber hinaus könnten sie die Mustererkennung verbessern und KI-Algorithmen einen effizienteren Zugriff auf große Datenmengen ermöglichen. In Baden-Württemberg ist die quantentechnologische Forschung seit Jahren gut aufgestellt, weshalb das Land ein strategisches Interesse an der Förderung dieses Technologiefelds hat.

Zu nennen sind in diesem Zusammenhang vor allem das bereits 2020 gegründete Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg (KQCBW)²⁴³ in Freiburg im Breisgau sowie der Innovationscampus *Quantum^{BW}*, der 2023 von der Landesregierung gemeinsam mit Wissenschaft und Wirtschaft initiiert worden ist. Ein besonderes Merkmal des KQCBW ist der direkte Zugang zu den Quantencomputern des US-amerikanischen IT-Konzerns IBM im schwäbischen Ehningen, die unter deutschem Datenschutzrecht betrieben und zur Entwicklung von Algorithmen für industrielle Anwendungen verwendet werden.²⁴⁴ Im Rahmen des aktuellen *Transferprojekts KQCBW24* werden die Infrastruktur und die Expertise des Kompetenzzentrums ausgebaut, wobei unter anderem weitere Industriepartner eingebunden werden, um das Quantencomputing auch für mittelständische Unternehmen leichter zugänglich zu machen. Der Innovationscampus *Quantum^{BW}* konzentriert sich wiederum auf Quantencomputing, Quantenkommunikation und verwandte Technologien, denen eine disruptive Wirkung auf zahlreiche Industrien prognostiziert wird. *Quantum^{BW}* ist als Innovationsplattform konzipiert, über die etablierte Unternehmen, Wissenschaftsakteure und Start-ups zusammenarbeiten können, um ihre Forschungsaktivitäten voranzutreiben, innovative Lösungen zu entwickeln und Baden-Württemberg als führenden Standort für quantentechnologische Forschung und -Anwendung zu etablieren.

Durch die Kombination von Quantencomputing und KI könnte das Land künftig tatsächlich eine Vorreiterrolle sowohl in der Grundlagenforschung als auch bei der Entwicklung von Quanten-KI-Anwendungen einnehmen, etwa zur Lösung von Optimierungsaufgaben in der Industrie und im Gesundheitswesen.

KI und Edge Computing

Edge Computing bezeichnet ein Verfahren, bei dem Daten direkt an der Datenquelle verarbeitet werden. Im Zusammenspiel mit KI-Technologien bietet der Ansatz erhebliche Vorteile, insbesondere für Anwendungen in Echtzeit. Die dezentrale Verarbeitung in sogenannten Edge-Umgebungen reduziert die Latenzzeiten und ermöglicht somit eine schnellere Entscheidungsfindung. Das ist besonders wichtig für autonome Systeme wie selbstfahrende Autos oder Smart Factories. In Baden-Württemberg könnten durch die Integration von KI und Edge Computing datenintensive Anwendungen in Industrie und Mobilität weiter ausgebaut werden, weil die Kombination den KI-Einsatz auch in Umgebungen mit begrenzter Bandbreite oder strikten Latenzanforderungen ermöglicht.

Baden-Württemberg bietet gute Voraussetzungen für die Verbindung von KI und Edge Computing, da das Land über eine ebenso dichte wie starke Industrie- und Forschungslandschaft verfügt, die diese Technologien vorantreiben. Darüber hinaus gibt es bereits Netzwerke wie das *CyberForum* in Karlsruhe oder den *de:hub Future Industries* in Stuttgart, der entsprechende Innovationen fördert. Durch den kontinuierlichen Ausbau der 5G-Infrastruktur, die Förderung technologieübergreifender Forschung und die Fokussierung auf praxisorientierte Anwendungen ist das Land bereits gut aufgestellt, um sich im Bereich von KI und Edge Computing weiter zu etablieren und hier zu einem führenden Standort in Europa zu werden.

5.8.3 Herausforderungen und entsprechende Maßnahmen

Viele der bereits oben im Kontext anderer Faktoren erläuterten Herausforderungen für das KI-Ökosystem in Baden-Württemberg gelten auch für den Standortfaktor Marktchancen: Hierzu zählen der zunehmende Fachkräftemangel, die bislang unzureichende Datenverfügbarkeit, Finanzierungskonzepte und die Frage der gesellschaftlichen Technologie- und Technikakzeptanz. Aus diesem Grund beschränken sich die nachfolgenden Ausführungen auf zwei spezifische Aspekte, die für die Marktchancen baden-württembergischer Unternehmen gleichwohl von großer Relevanz sind – nämlich die Abhängigkeit der KI-Forschung wie der KI-Entwicklung von leistungsstarken Chips und der Umgang mit dem sehr hohen Energieverbrauch von KI-Technologien.

243 | Vgl. Fraunhofer IAF 2025.

244 | Dies ist das erste und bisher einzige Quantenrechenzentrum, das IBM außerhalb der USA betreibt; vgl. Die Bundesregierung 2024.

Leistungsstarke Halbleiter: Abhängigkeit und Innovationsdruck

Die Verfügbarkeit leistungsstarker Halbleiter ist essenziell für die Entwicklung von KI-Technologien und -Anwendungen. Hochperformante Prozessoren – darunter GPUs und spezialisierte KI-Chips – sind die Grundlage für effiziente Algorithmen, maschinelles Lernen und die Verarbeitung großer Datenmengen. Baden-Württemberg steht hier vor mehreren Herausforderungen:

- **Internationale Abhängigkeit:** Die Produktion leistungsstarker Halbleiter wird von wenigen internationalen Akteuren dominiert, vor allem aus den USA, Taiwan und Südkorea. Die Abhängigkeit von diesen globalen Lieferketten macht Deutschland und auch die Region anfällig für geopolitische Spannungen und Versorgungsengpässe, was die Innovationskraft der Unternehmen im Land signifikant beeinträchtigen kann.
- **Fehlende Produktionskapazitäten:** Europa – und insbesondere Deutschland – verfügt derzeit nicht über ausreichende Kapazitäten zur Herstellung von High-End-Chips. Trotz verschiedener Initiativen wie des European Chips Act, der auf die Förderung der Halbleiterproduktion in Europa zielt, bleibt die Lücke zwischen Nachfrage und Angebot groß. Ansiedlungsvorhaben für die Halbleiterproduktion wie das des US-Herstellers Intel in Magdeburg konnten bislang nicht wie vorgesehen realisiert werden.
- **Kostenintensive Entwicklung:** Forschung und Entwicklung neuer Chiptechnologien sind extrem kapitalintensiv. Lokale Unternehmen – insbesondere KMU – haben oft Schwierigkeiten, die finanziellen Mittel für eigene Chipinnovationen aufzubringen.

Maßnahmen:

- **Förderung regionaler Halbleiterproduktion:** Unterstützung von Initiativen wie dem European Chips Act, um in der EU Produktionskapazitäten für High-End-Chips aufzubauen und Abhängigkeiten zu verringern
- **Investition für Transfer:** Ausbau der Kooperation zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Baden-Württemberg, um anwendungsnahe Innovationen im Bereich Chipdesign und -fertigung zu fördern
- **Förderung Technologietransfer:** Einrichtung von Plattformen, die KMU Zugang zu Hochleistungschips und den damit verbundenen Technologien bieten
- **Beteiligung an globalen Netzwerken:** Baden-Württemberg könnte gezielt strategische Partnerschaften mit

internationalen Akteuren eingehen, um Zugang zu neuesten Chiptechnologien zu sichern.

Hoher Energieverbrauch und Energiepreise

Der Einsatz von KI-Technologien ist sehr energieintensiv, insbesondere bei der Verarbeitung großer Datenmengen oder beim Training komplexer KI-Modelle. Der hohe Energiebedarf wird durch den Betrieb von Rechenzentren, Edge-Computing-Lösungen und die Entwicklung energieintensiver Anwendungen wie KI-gestützter Robotik noch verstärkt, wenngleich KI auch dazu beitragen kann, das Energiesystem zu optimieren. Hinzu kommen allerdings noch folgende Herausforderungen:

- **Hohe Energiepreise:** Die Energiepreise in Deutschland gehören zu den höchsten weltweit, was Unternehmen in Baden-Württemberg unter Wettbewerbsdruck setzt. KI-Anwendungen, die große Mengen Strom benötigen, können dadurch kostspielig und für kleinere Akteure wie KMU und Start-ups unattraktiv werden.
- **Energieineffizienz von Rechenzentren:** Viele Rechenzentren in Baden-Württemberg sind älter und nicht auf maximale Energieeffizienz ausgelegt, was zu höheren Betriebskosten führt, die gegebenenfalls auf die Rechenleistung beanspruchenden Unternehmen umgelegt werden müssen. In der Folge verschlechtert sich angesichts höherer Produktionskosten oder geringerer Innovationstätigkeit die Wettbewerbssituation für die Unternehmen.
- **Nachhaltigkeitsdruck:** Verbraucherinnen und Verbraucher sowie Regulierungsbehörden fordern zunehmend nachhaltige Lösungen. Der Betrieb energieintensiver KI-Anwendungen vergrößert hingegen den CO₂-Fußabdruck von Rechenzentren und Unternehmen in Baden-Württemberg. Unter diesen Gesichtspunkten kann der Einsatz von KI kritisch hinterfragt werden, aber umgekehrt auch zu effizienteren Lösungen beitragen.

Maßnahmen:

- **Förderung energieeffizienter Technologien:** Entwicklung und Einsatz energieeffizienter Hardware wie spezialisierter KI-Chips, die weniger Strom verbrauchen
- **Verwendung effizienter Software:** Einsparung von Ressourcen durch effiziente Programmierung und Forschung zu effizienten Algorithmen
- **Beschleunigung Energiewende:** Ausbau der erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg, um den ansässigen Unternehmen langfristige günstigere und nachhaltigere



produzierten Strom bereitzustellen; außerdem KI-Einsatz zur Effizienzoptimierung des Energiesystems (beispielsweise Netzsteuerungs- und -stabilitätsoptimierung, Planungsunterstützung, Handels- oder Ausfallprognostik, Instandhaltung²⁴⁵)

- **Ausbau grüner IT-Initiativen:** Förderung von Rechenzentren, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden und Abwärme effizient nutzen, beziehungsweise Nutzung der Abwärme anderer, benachbarter Anlagen zur Kühlung (Standortwahl)
- **Etablierung effizienzfördernder Anreizsysteme:** Setzung finanzieller Anreize für Unternehmen, die in energieeffiziente KI-relevante Technologien und Infrastrukturen investieren

5.8.4 Zwischenfazit

Neben den ohnehin in Baden-Württemberg starken Branchen Automotive sowie Maschinen- und Anlagenbau (Industrie 4.0) sollte sich der innovationspolitische Fokus im Bereich der Künstlichen Intelligenz künftig auf besonders zukunftssträchtige Sektoren der heimischen Wirtschaft richten – beispielsweise die Robotik, die Gesundheits- und Medizintechnologie oder die Cybersicherheit. In all den genannten und hier vorgestellten Branchen gibt es bereits heute gute Voraussetzungen; das betrifft unter anderem die ausgeprägte Forschungslandschaft sowie die traditionell gute Vernetzung von Forschung und Industrie im Land. Beide Bereiche gilt es angesichts des beträchtlich zunehmenden Wettbewerbsdrucks allerdings weiterzuentwickeln, wozu auch der Ausbau von technologischen, technischen und

organisatorischen Infrastrukturen gehört. Insbesondere beim Thema Datenzugänglichkeit braucht es in diesem Zusammenhang dringend Fortschritte (siehe Kapitel 5.1).

Darüber hinaus bieten sich Fortschritts- und Wachstumschancen bei der Verknüpfung von KI mit anderen Zukunftstechnologien, für die ebenfalls bereits gute Voraussetzungen im Land bestehen. Hier sind vor allem das Quantencomputing und das Edge Computing zu nennen. Beide Technologien lassen sich in der Anwendung zudem gut mit den oben genannten Branchen verbinden. Quantencomputing beispielsweise wird künftig wohl eine zentrale Rolle für Kryptografie und Cybersicherheit spielen und kann im Zuge der Auswertung großer Datenmengen außerdem auch im Gesundheitsbereich neue Möglichkeiten eröffnen. Edge Computing wiederum spielt im Robotikbereich eine wichtige Rolle und wird hier weiterhin Innovation ermöglichen.

Die Herausforderungen im Bereich der Halbleiternutzung und der Energieversorgung verdeutlichen allerdings die Dringlichkeit eines strategischen Ansatzes: Baden-Württemberg hat hier mit Initiativen wie dem *Runden Tisch Chip-Ökosystem* zwar bereits gute Vorarbeit geleistet, gleichwohl sollten EU, Bund und Land durch gezielte Initiativen und Investitionen in Technologie und Infrastruktur ihre Abhängigkeit von den internationalen Lieferketten reduzieren und zugleich energieeffiziente und nachhaltige Lösungen fördern. So kann die Region gleichermaßen ihre Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Künstlichen Intelligenz wie auch deren nachhaltige Entwicklung langfristig sichern und eine führende Rolle im technologischen Sektor einnehmen.

6 Gesamtbewertung und Handlungsoptionen

Baden-Württemberg ist nicht nur ein starker Industrie- und Wirtschaftsstandort, sondern auch einer der KI-Vorreiter in Deutschland. Mit einer exzellenten Hochschul- und Forschungslandschaft, innovationsstarken Unternehmen, einem wirtschaftlich erfolgreichen Mittelstand, einer vitalen KI-Start-up-Szene, den KI-Hotspots *Cyber Valley* und IPAI, zahlreichen regional verteilten Netzwerk- und Transferinitiativen sowie nicht zuletzt seiner Vorreiterrolle bei der Einführung von KI-Werkzeugen in der Landesverwaltung hat das Bundesland sehr gute Voraussetzungen, um das heimische KI-Ökosystem erfolgreich weiterzuentwickeln.

Für die Gesamtbewertung des Ökosystems wurden die Erkenntnisse der jeweiligen Kapitel der Standortfaktoren – also die Status-quo-Analyse, die Herausforderungen sowie die Handlungsoptionen aus dem Zwischenfazit – zusammengefasst und die Handlungsoptionen dann hinsichtlich ihres Beitrags für die systemische Weiterentwicklung des KI-Ökosystems priorisiert. Dabei werden neben jenen Aspekten, die spezifisch für das Land Baden-Württemberg sind, bisweilen auch solche Aspekte benannt, die so auch für Deutschland oder die EU zutreffen – beispielsweise die Thematik der rechtlichen Unsicherheit²⁴⁶, die Abhängigkeit von nicht-europäischen Cloud-Anbietern oder das im Vergleich zu anderen Staaten geringere Wagniskapital hierzulande. Gleichwohl sind auch diese Faktoren für das Land und das Ziel, sich als international wettbewerbsfähiges KI-Ökosystem zu positionieren, durchaus relevant.

Aus den Inhalten der Gesamtbewertung werden die wesentlichen Handlungsoptionen abgeleitet. Weitere Maßnahmen, Vorschläge und Anknüpfungspunkte finden sich in den jeweiligen Kapiteln der Standortfaktoren.

Infrastruktur und technologische Souveränität

Ein herausragender Vorteil des Bundeslands ist die leistungsfähige, international konkurrenzfähige HPC-Recheninfrastruktur, die zusammen mit dem Fortschritt beim Breitbandausbau eine solide Basis für technologische Entwicklungen bietet. Dennoch gibt es in diesem Zusammenhang Herausforderungen wie

die Abhängigkeit von nichteuropäischen Anbietern insbesondere bei der Cloud-Infrastruktur und der Chipherstellung, was die technologische Souveränität gefährden könnte. Investitionen in eigene Cloud-Infrastrukturen könnten hier eine wichtige Chance darstellen.

Bildung, Forschung und Fachkräfte

Die Region verfügt über eine exzellente Hochschullandschaft und umfassende Aus- und Weiterbildungsangebote. Zudem ist sie ein international anerkannter Forschungsstandort mit KI-Leuchtturmprojekten wie dem *Cyber Valley*. Diese starke Position wird jedoch durch den Mangel an KI-Fachkräften – insbesondere in kleinen Unternehmen – und die Schwierigkeit, Talente zu gewinnen und langfristig zu halten, beeinträchtigt. Der zunehmende internationale Wettbewerb um Fachkräfte verstärkt diese Herausforderung.

Wirtschaftsstandort und Innovationsfähigkeit

Baden-Württemberg zeichnet sich durch hohe Innovationsfähigkeit, zahlreiche Weltmarktführer und eine hohe Exportrate aus. Die wirtschaftliche Dynamik wird durch ein breites KI-Ökosystem mit Initiativen wie dem *Cyber Valley* und IPAI sowie unterstützende Netzwerke für Start-ups und Mittelstand ergänzt. Es gilt, die Innovationsdynamik weiter hochzuhalten. Zudem könnte eine Fokussierung und Konsolidierung von Förderangeboten Synergien schaffen und Doppelungen vermeiden

Transfer und Gründungsförderung

Ein positives Merkmal ist die umfassende Gründungsunterstützung durch Initiativen wie die Landeskampagne *Start-up BW*. Gleichzeitig bestehen Defizite in der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, aber auch bei der Orientierung Kleiner und mittlerer Unternehmen innerhalb des komplexen Informations-, Vernetzungs- und Förderangebots. Die Finanzierung von Start-ups in der Wachstumsphase sollte ausgebaut werden, um die Skalierung von Innovationen zu verbessern.

GovTech und Verwaltung

Die Region nimmt eine Vorreiterrolle bei der Einführung von KI-Tools in der öffentlichen Verwaltung in Deutschland ein. Der Bereich birgt großes Potenzial für eine flächendeckende Digitalisierungsstrategie und die Entwicklung einer nachhaltigen GovTech-Roadmap mit klaren Zielen und Meilensteinen. Jedoch könnten Widerstände gegenüber einer systematischen

246 | Beispiel: Zum einen gilt es rechtlich sichere und möglichst einheitliche Rahmenbedingungen in einem größeren Wirtschaftsraum zu etablieren. Dies erleichtert es KMU und Start-ups auch aus Baden-Württemberg ohne aufwendige rechtliche Prüfung und Bürokratie ihre Produkte und Dienstleistungen zu vertreiben und exportieren.



Ende-zu-Ende-Digitalisierung sowie punktuelle Einsätze von KI-Technologien den Fortschritt hemmen.

Daten und Mindset

Eine der größten Herausforderungen im Bereich der KI-Entwicklung und -Anwendung ist die Verfügbarkeit hochwertiger Daten, die für das Training von KI-Modellen essenziell sind. Grund hierfür ist unter anderem eine schwach ausgeprägte Kultur des Datenteilens, die ihrerseits in möglicher Risikoaversion und Rechtsunsicherheit begründet ist.

Energie und Nachhaltigkeit

Der steigende Energiebedarf für das Training von KI-Modellen stellt eine Herausforderung dar, insbesondere angesichts der im internationalen Vergleich hohen Energiepreise. Hier besteht die Gefahr, dass die Weiterentwicklung des KI-Standorts in Baden-Württemberg ins Stocken gerät, wenn keine nachhaltigen Lösungen gefunden werden.

Chancen durch Sichtbarkeit und gesellschaftlichen Diskurs

Die internationale Profilierung des KI-Ökosystems in Baden-Württemberg durch gemeinsames Standortmarketing der verschiedenen Akteure und eine aktive Wissenschaftskommunikation bieten große Potenziale. Gleichzeitig könnte die Etablierung eines breiten gesellschaftlichen Diskurses und die daraus gewonnenen Erkenntnisse dazu beitragen, Vertrauen in KI-Technologien aufzubauen und die Technikfolgenabschätzung weiter voranzubringen.

Im Folgenden werden Handlungsoptionen formuliert, die sich aus den jeweiligen Maßnahmen ableiten lassen und für eine mögliche Weiterentwicklung zu einer umfassenden KI-Strategie eignen. Diese zielen unter anderem darauf ab, das Profil und die Sichtbarkeit des KI-Standorts Baden-Württemberg nach innen, aber auch national und international zu schärfen und regionen-, länder- und staatenübergreifende Kooperationsaktivitäten zu stärken. Ein solches Vorgehen schafft Synergien und führt zu einem effizienten Einsatz begrenzter finanzieller Mittel. Eine großflächige Einführung von KI-Technologien und -Anwendungen im Land kann darüber hinaus dazu beitragen, KI-relevante Wertschöpfungsnetzwerke sektoren- und akteursübergreifend auszubauen und somit deren Kommerzialisierung zu beschleunigen. Hierzu kann die Formulierung einer Roadmap mit Meilensteinen beitragen.

1. **In der Fläche präsent sein, überregional fokussieren:** Erfolgreiche KI-Ökosysteme zeichnen sich durch eine hohe Dichte an Akteuren aus. Um eine Zersplitterung und

Doppelungen zu vermeiden, sollte das Profil gemeinsam mit den Akteuren konzeptionell und inhaltlich geschärft werden. Hierzu können eine Konzentration und Fokussierung beitragen, auch um Exzellenz sichtbar zu machen, was sich auch in entsprechender Ausstattung niederschlagen könnte. So sollte in der Fläche weiterhin ein niedrigschwelliges KI-Basisunterstützungsprogramm für Unternehmen angeboten werden, die noch wenig Erfahrung mit KI-Technologien und -Anwendungen haben. Dies kann mit einem standardisierten Angebot, einer Art Blaupause, regional angeboten werden. Darüber hinaus sollten überregional, auf bestehenden Strukturen aufbauend, konzeptionell und inhaltlich Schwerpunkte gesetzt werden. Bestehende KI-Aktivitäten und Institutionen sollten zusammenarbeiten und sich arbeitsteilig durch ihre jeweiligen Stärken ergänzen (beispielsweise *Cyber Valley* und IPAI als Nukleus eines gemeinsamen KI-Ökosystems). Auch eine inhaltliche Fokussierung, insbesondere aufbauend auf Branchen und Technologien, in denen das Land bereits heute eine starke Stellung hat und die durch KI eine dynamische Entwicklung sowie einen wachsenden globalen Markt erwarten lassen (beispielsweise Robotik, Gesundheits- und Quantentechnologie), könnte zur weiteren Profilschärfung des KI-Ökosystems beitragen.

2. **Nationale und internationale Sichtbarkeit erhöhen:** Die exzellente Forschungslandschaft sowie der starke Wirtschaftsstandort sind Markenzeichen des Landes. Oben genannte Fokussierung und Konzentration können weiter zur Profilbildung des Landes im KI-Bereich beitragen. Diese Stärken sollten im In- wie im Ausland noch sichtbarer gemacht und beworben werden. Dazu sollten alle für das KI-Ökosystem relevanten Akteure – Wissenschaft und Wirtschaft zusammen mit der landeseigenen Fördergesellschaft Baden-Württemberg International – ein gemeinsames Standortmarketing beispielsweise bei Messen und Veranstaltungen des Landes betreiben. Eine gezielte Vermarktung unterstützt bei der Fachkräftegewinnung und bei der Ansiedlung von auch internationalen Unternehmen.
3. **Überregionale Kooperationen ausbauen:** Baden-Württemberg wird angesichts des internationalen Wettbewerbs und der großen Player im KI-Bereich wie den USA und China alleine nicht erfolgreich sein können und sollte daher die überregionale und internationale Zusammenarbeit forcieren, auch um Synergien zu schaffen und gemeinsam eine kritische, sichtbare Masse zu entwickeln. So bieten sich beispielsweise Kooperationen mit anderen Bundesländern und – insbesondere bei großen Infrastrukturprojekten wie Hochleistungsrechenzentren – mit dem Bund und der EU sowie mit anderen Regionen der Welt an. Beispiele hierfür sind

- die Zusammenarbeit mit den Nachbarn Rheinland-Pfalz, Hessen und Bayern sowie mit den Bodenseeanrainerstaaten. Anknüpfen lässt sich hier an das internationale Netzwerk des *Cyber Valley* sowie an bestehende Partnerschaften und Kooperationen des Landes mit Frankreich, der Schweiz, Kanada und dem asiatischen Raum – Japan und Südkorea.
4. **Datenverfügbarkeit ausbauen und Kultur des Datenteils fördern:** Um das KI-Potenzial in Baden-Württemberg künftig noch besser nutzen zu können, muss der Zugang zu hochwertigen und umfangreichen Daten deutlich verbessert werden. Dies erfordert eine gezielte Förderung von Datenplattformen und Infrastrukturen, die es allen Akteuren ermöglichen, qualitativ hochwertige Trainingsdaten sicher und effizient zu teilen. Dafür muss sich einerseits das Mindset ändern, beispielsweise durch Aufklärungsinitiativen zu den Vorteilen von Datenkooperationen. Andererseits müssen hierfür rechtssichere Rahmenbedingungen geschaffen werden, die Datenschutz und Datensouveränität gewährleisten. So kann eine Kultur des verantwortungsvollen Datenteils entstehen, die die Innovationskraft im KI-Bereich stärkt. Die öffentliche Verwaltung könnte hier eine Vorbildrolle einnehmen, indem sie selbst relevante Daten (beispielsweise Umwelt- oder Verkehrsdaten) zugänglich macht.
 5. **Innovationstransfer weiter stärken:** Ein KI-Ökosystem braucht den erfolgreichen Transfer, das heißt die Übertragung von Ergebnissen der KI-Forschung in die wirtschaftliche Anwendung. Innovationstransfer lebt von Köpfen, vom Austausch und von der räumlichen Nähe von Wissenschaft und Wirtschaft. Um die derzeitige Transferlücke zu schließen, bedarf es einer intensiveren Verbindung zwischen Forschung, Start-ups, KMU und größeren Unternehmen. Beitragen können hierzu eine stärker geförderte Ausgründungsmentalität an den Universitäten und Hochschulen sowie Austauschprogramme beziehungsweise Jobrotationen für Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft. Insbesondere der Mittelstand könnte zudem von Unterstützungsleistungen bei (Verbund-)Forschungsprojekten – beispielsweise für die Vermittlung wissenschaftlicher Kooperationspartner, größerer Flexibilität, weniger Bürokratie – sowie dem Forschungszulagengesetz profitieren.
 6. **KI-Start-up-Förderung strategisch ausbauen:** Baden-Württemberg könnte auf der Basis seines umfassenden und gebündelten Unterstützungsangebots zur Gründung von Start-ups seine Ambition als *Start-up LÄND* strategisch auch für den KI-Bereich ausbuchstabieren. Die vielfältigen Potenziale für eine höhere Gründungsintensität sollte das Land nutzen, indem konkrete Ziele und Meilensteine bezüglich der Anzahl an KI-Start-ups definiert sowie gemonitort werden.
- Eine Evaluierung würde zudem eine gezielte Nachsteuerung erleichtern. Die Gründungsunterstützung an den Hochschulen, die Wachstumsfinanzierung sowie das Matching von Start-ups und etablierten Unternehmen sind entscheidende Handlungsfelder, die weiter gestärkt werden sollten. An Hochschulen und in Forschungseinrichtungen sollten für Gründerinnen und Gründer vereinfachte Verfahren angeboten werden, um Forschungsergebnisse schnell und bürokratiearm nutzbar zu machen. Schließlich sollte ein Gründungszentrums nach dem Vorbild der *UnternehmerTUM* und der *Campus Founders* etabliert werden, so wie im Vorhaben des Innovationsverbunds NXTGN im Rahmen des *EXIST Leuchtturmwettbewerbs Startup Factories* beschrieben.
7. **Attraktivität für KI-Talente steigern:** Um dem KI-Fachkräftemangel, der angesichts des demografischen Wandels droht und dem künftig erhöhten Bedarf sowie einer Abwanderung von wissenschaftlichen KI-Talenten zu begegnen, sollten verstärkt KI-Talente sowie Quereinsteigerinnen und -einsteiger auch aus dem Ausland angeworben sowie ein Rückkehrrecht, beispielsweise für Postdocs, etabliert werden. Um diese auch längerfristig zu binden, bedarf es entsprechender Anreize. Um die Standortattraktivität zu erhöhen, bedarf es vor allem einer guten sozialen Infrastruktur, weniger Bürokratie, attraktiver Gehaltsstrukturen, eine gute FuE-Ausstattung sowie Offenheit, Willkommenskultur und Experimentierfreude.
 8. **Als GovTech-Ankerkunde zum Vorbild werden:** Als großer und verlässlicher Kunde für regionale KI-Anbieter kann die Landesverwaltung zur Wertschöpfung in Baden-Württemberg selbst aktiv beitragen. Durch die Nutzung innovativer KI-Anwendungen in der Verwaltung übernimmt das Land gleichzeitig eine Vorbildrolle. Damit stärkt es regionale KI-Anbieter und das Vertrauen der Gesellschaft und der Unternehmen in die Technologie. Die Pionierarbeit mit dem Verwaltungsprogramm F13 sollte strategisch weiterentwickelt werden, etwa indem eine Roadmap den weiteren Einsatz von KI in der öffentlichen Verwaltung mit Zielen, Umsetzungsschritten und Monitoring konkretisiert. Hier sollten auch die Kommunen einbezogen werden, da in deren Verantwortungsbereich große Skaleneffekte erzielt werden können. Allerdings ist die Ende-zu-Ende-Digitalisierung von Verwaltungsprozessen eine unabdingbare Voraussetzung, um digitalisierte Verwaltungsakte mit KI zu automatisieren und die Mitarbeitenden von Routineaufgaben zu entlasten.
 9. **Gesellschaftliches Vertrauen in KI stärken:** Die gesellschaftliche Wahrnehmung von KI ist ein wichtiger Standortfaktor. Produkte und Dienstleistungen werden nur nachgefragt, wenn Kundinnen und Kunden den entsprechenden



KI-Anwendungen vertrauen. Daher gilt es mögliche Bedenken und Sorgen der Bevölkerung ernst zu nehmen und diese auch als Ressource und Anreiz für eine Verbesserung zu begreifen. Hierzu bedarf es der Vermittlung von KI-Kompetenz im Bildungsbereich, über Dialogplattformen sowie für den Lebensalltag der Menschen nützlicher und praxisnaher KI-Anwendungsbeispiele. Baden-Württemberg kann hier auf einer etablierten Kompetenz der

Technikfolgenabschätzung und der Wissenschaftskommunikation aufsetzen. Dazu sollten ethische und soziale Aspekte der KI-Technologie in Bildung und Forschung stärker und interdisziplinär integriert werden. Auch eine an europäischen Werten orientierte, transparente KI-Technologie mit einheitlichen Regelungen kann dazu beitragen, Vertrauen aufzubauen.

Literatur

acatech 2024a

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.: *Souveräne Antworten – Anwendung und Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz in Deutschland*, München 2024.

acatech 2024b

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.: *Innovationssystem Deutschland: Effizienz und Agilität der öffentlichen Verwaltung erhöhen*, München, 2024.

Achleitner/ Lange 2024

Achleitner, A.-K./Lange, T.: „Gastkommentar: Drei Dinge, die Deutschland innovativ und dynamisch machen“. In: *Handelsblatt*, 07.10.2024.

AIRankings 2024

AIRankings: *AI Institute and Author Rankings by Publications*, 2024. URL: <https://airankings.org/> [Stand: 06.11.2024].

appliedAI 2023

appliedAI: *German AI Startup Landscape 2023*, 2023. URL: <https://www.appliedai-institute.de/hub/2023-ai-german-startup-landscape> [Stand: 02.08.2023].

appliedAI 2024

appliedAI: *German AI Startup Landscape 2024*, 2024. URL: <https://www.appliedai-institute.de/hub/2024-ai-german-startup-landscape> [Stand: 21.08.2024].

ARENA 2036 2024

ARENA 2036: *Der Forschungscampus*, 2024. URL: <https://arena2036.de/de/> [Stand: 02.12.2024].

Baden-Württemberg International 2024a

Baden-Württemberg International: *career start bw*, 2024. URL: <https://career-start-bw.com/for-students/study-opportunities/studysearch> [Stand: 13.11.2024].

Baden-Württemberg International 2024b

Baden-Württemberg International: *Baden-Württemberg International | bw-i*, 2024. URL: <https://www.bw-i.de/> [Stand: 11.11.2024].

Baden-Württemberg Stiftung gGmbH 2023

Baden-Württemberg Stiftung gGmbH: *Auf dem Weg zur Professur: BW Stiftung unterstützt 13 Postdocs im Jahrgang 2023*, 2023. URL: <https://www.bwstiftung.de/de/service/presse/pressemitteilungen/default-301766a4c48607895a6b-537cb1c04a23> [Stand: 13.11.2024].

Baden-Württemberg.de 2024

Baden-Württemberg.de: *Baden-Württemberg stärkt Start-up-Förderung*, 2024. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/baden-wuerttemberg-staerkt-start-up-foerderung> [Stand: 12.11.2024].

Baden-Württemberg.de 2025a

Baden-Württemberg.de: *Land fördert Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*, 2025. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-foerdert-deutsches-zentrum-fuer-luft-und-raumfahrt> [Stand: 08.01.2025].

Baden-Württemberg.de 2025b

Baden-Württemberg.de: *Polizei will Innovationsplattform für KI unterstützen*, 2025. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/polizei-will-innovationsplattform-fuer-ki-unterstuetzen> [Stand: 07.01.2025].

Bayerisches Staatsministerium für Digitales 2024

Bayerisches Staatsministerium für Digitales: *Digitalministerium und Aleph Alpha verkünden strategische Partnerschaft zur Digitalisierung der Verwaltung / Aleph Alpha eröffnet Standort München*, 2024. URL: <https://www.stmd.bayern.de/digitalministerium-und-aleph-alpha-verkuenden-strategische-partnerschaft-zur-digitalisierung-der-verwaltung-aleph-alpha-eroeffnet-standort-muenchen/> [Stand: 01.12.2024].

BDI 2024

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.: *Innovationsindikator 2024*.

Bertelsmann Stiftung 2023

Bertelsmann Stiftung: *Deutschland im internationalen Wettbewerb um Talente: Eine durchwachsene Bilanz*, 2023. URL: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/deutschland-im-internationalen-wettbewerb-um-talente-eine-durchwachsene-bilanz> [Stand: 13.11.2024].



BIOPRO Baden-Württemberg GmbH 2024

BIOPRO Baden-Württemberg GmbH: *PC3-AIDA – Die digitale Transformation in der Gesundheitswirtschaft*, 2024. URL: <https://pc3-aida-bw.de/> [Stand: 20.11.2024].

Bitkom e.V. 2018

Bitkom e.V.: *Startup-Land*, 2018. URL: <https://www.bitkom.org/startup-land?location=de-bw> [Stand: 07.11.2024].

Bitkom e.V. 2023

Bitkom e.V.: „Drei Viertel der Deutschen sehen KI als Chance“ (Pressemitteilung vom 23.02.2023). URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Drei-Viertel-der-Deutschen-sehen-KI-als-Chance> [Stand: 11.11.2024].

Bitkom e.V. 2024a

Bitkom e.V.: „Erstmals mehr als 10 Milliarden Euro für Deutschlands Cybersicherheit“ (Pressemitteilung vom 23.10.2024). URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/10-Milliarden-Euro-Deutschlands-Cybersicherheit> [Stand: 20.11.2024].

Bitkom e.V. 2024b

Bitkom e.V.: *Bitkom Länderindex 2024*, 2024. URL: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-04/Bitkom-Laenderindex-2024-Baden-Wuerttemberg.pdf> [Stand: 13.11.2024].

Bitkom e.V. 2024c

Bitkom e.V.: *Künstliche Intelligenz in Deutschland. Perspektiven aus Bevölkerung & Unternehmen*, 2024. URL: <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-10/241016-bitkom-charts-ki.pdf> [Stand: 11.11.2024].

Bitkom e.V. 2024d

Bitkom e.V.: „Erstmals beschäftigt sich mehr als die Hälfte der Unternehmen mit KI“ (Pressemitteilung vom 16.10.2024). URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Erstmals-beschaeftigt-Haelfte-Unternehmen-KI> [Stand: 16.10.2024].

BMBF 2024a

Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Förderlandkarte – BMBF DigitalPakt Schule*, 2024. URL: <https://www.digitalpaktsschule.de/de/foerderlandkarte-1806.html> [Stand: 11.11.2024].

BMBF 2024b

Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Forschungs- und Innovationspolitik der Länder – Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://www.bundesbericht-forschung-innovation.de/>

files/BuFI-2024_Ful-Politik_Baden-Wuerttemberg.pdf [Stand: 30.10.2024].

BMBF 2024c

Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Datenportal des BMBF. (Weltmarktrelevante Patente, 2024)*. URL: <https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/K3/grafik-1.8.4.html> [Stand: 07.11.2024].

BMBF 2024d

Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Die Exzellenzstrategie*, 2024. URL: https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/das-wissenschaftssystem/die-exzellenzstrategie/die-exzellenzstrategie_node.html [Stand: 13.11.2024].

BMBF 2024e

Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Fortschrittsbericht DigitalPakt Schule 2022–2023*, 2024. URL: https://www.digitalpaktsschule.de/img/20241129_Fortschrittsbericht_2024_A4_O9_RZ_barrierefrei.pdf [Stand: 08.01.2025].

BMBF 2024f

Bundesministerium für Bildung und Forschung: „Stark-Watzinger: 100. zusätzliche KI-Professur wurde besetzt“ (Pressemitteilung vom 13.11.2024). URL: <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2022/05/030522-KI-Professoren.html> [Stand: 13.11.2024].

BMDV 2022

Bundesministerium für Digitales und Verkehr: *Gigabitstrategie der Bundesregierung*, 2022.

BMDV 2024

Bundesministerium für Digitales und Verkehr: *Digitale Zukunft geht nur mit Glasfaser*, 2024. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/glasfaser-vorteile.html> [Stand: 20.01.2025].

BMF 2024a

Bundesministerium der Finanzen: *Zukunftsfonds*, 2024. URL: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Internationales_Finanzmarkt/zukunftsfonds.html [Stand: 18.11.2024].

BMF 2024b

Bundesministerium der Finanzen: *Bundesfinanzministerium – Breites Bündnis aus Wirtschaft, Verbänden, Politik und KfW bekennt sich im Rahmen der WIN-Initiative zum*

Start-up-Standort Deutschland, 2024. URL: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2024/09/2024-09-17-start-up-standort-deutschland.html> [Stand: 18.11.2024].

BMWK / LEAM:AI 2023

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz/LEAM:AI: *Große KI-Modelle für Deutschland 2023*, 2023.

BMWK 2024a

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *Working in Germany*, 2024. URL: <https://www.make-it-in-germany.com/en/working-in-germany> [Stand: 13.11.2024].

BMWK 2024b

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *Das Fachkräfteeinwanderungsgesetz*, 2024. URL: <https://www.make-it-in-germany.com/de/visum-aufenthalt/fachkraefteeinwanderungsgesetz> [Stand: 13.11.2024].

BMWK 2024c

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *Zukunftsfonds*, 2024. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/zukunftsfonds.html> [Stand: 18.11.2024].

BMWK 2025

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *25 de:hubs. Ein digitales Ökosystem 2025*. URL: <https://www.de-hub.de/> [Stand: 08.01.2025].

Bomke 2024

Bomke, L.: „Zahl deutscher KI-Start-ups wächst Praktisch statt glamourös: Jungunternehmen überzeugen mit ihrem Fokus auf Kernprozesse von Firmen“. In: *Handelsblatt*, 01.08.2024, S. 24.

BSI 2024

Brand Science Institute GmbH & Co: *Gesellschaftliche Akzeptanz KI in Deutschland*, 2024.

Büchel et al.

Büchel/Jan/Kohlisch/Enno/Mertens/Armin: *Süddeutsche Cluster und Automobilstandorte prägen KI-Patentintensität* (No. 90/2022).

Bundesagentur für Arbeit 2024

Bundesagentur für Arbeit: *Blickpunkt Arbeitsmarkt: Akademikerinnen und Akademiker*, 2024.

Bundesagentur für Sprunginnovationen 2023

Bundesagentur für Sprunginnovationen: *Neue Wege im IP-Transfer an deutschen Wissenschaftseinrichtungen*, 2023.

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung 2024

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: *Demografieportal – Altersstruktur im öffentlichen Dienst*, 2024. URL: <https://www.demografie-portal.de/DE/Fakten/oeffentlicher-dienst-altersstruktur.html> [Stand: 25.10.2024].

Bundesverband Deutsche Startups e.V. et al. 2021

Bundesverband Deutsche Startups e.V./Economy Foundation/Roland Berger GmbH/Deutsche Börse AG: *Für ein Wirtschaftswunder 2.0. Wie Startups und Scaleups den deutschen Arbeitsmarkt beflügeln*, 2021.

BWI GmbH 2024

BWI GmbH: *BWI und Aleph Alpha besiegeln enge Zusammenarbeit*, 2024. URL: <https://www.bwi.de/magazin/artikel/bwi-und-aleph-alpha-besiegeln-enge-zusammenarbeit> [Stand: 28.10.2024].

CAIS 2024

Center for Advanced Internet Studies gGmbH: *Meinungsmonitor Künstliche Intelligenz MeMo:KI – Bevölkerungsbefragung*, 2024. URL: <https://www.cais-research.de/forschung/memoki/memoki-bevoelkerungsbefragung/> [Stand: 11.11.2024].

Capgemini Research Institute 2024

Capgemini Research Institute: *Generative KI in der Cybersicherheit*, 2024.

CHE 2022

Centrum für Hochschulentwicklung: *DatenCHECK 3/2022: Informatik: Mehr Studienabschlüsse und weibliche Studierende nötig*, 2022. URL: [Stand: 13.11.2024].

CHE 2024a

Centrum für Hochschulentwicklung: *Künstliche Intelligenz im Studium: Nicht überall auf Kurs*, 2024. URL: <https://www.che.de/2024/kuenstliche-intelligenz-im-studium-noch-nicht-in-allen-faechern-auf-kurs/> [Stand: 13.11.2024].

CHE 2024b

Centrum für Hochschulentwicklung: *Künstliche Intelligenz in Studium und Lehre – Die Sicht der Studierenden im WS 2023/24*, 2024.



CHE 2024c

Centrum für Hochschulentwicklung: *Studierende in Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://hochschuldaten.che.de/baden-wuerttemberg/studierende/> [Stand: 13.11.2024].

Cyber Valley GmbH 2024a

Cyber Valley GmbH: *Bald 70 KI-Ausgründungen: Cyber Valleys Start-up-Netzwerk wächst weiter*. (Millionen-Investitionen für KI-Gründer:innen, 2024. URL: https://cyber-valley.de/de/news/pressrelease_almost-70-AI-spin-offs [Stand: 15.11.2024].

Cyber Valley GmbH 2024b

Cyber Valley GmbH: *Europas größtes und führendes Zentrum für Exzellenz in KI und moderner Robotik*, 2024. URL: <https://cyber-valley.de/de> [Stand: 13.11.2024].

Cyber Valley GmbH 2024c

Cyber Valley GmbH: *Cyber Valley with Seoul AI Hub and AIIS in MOU* URL: <https://cyber-valley.de/en/news/cyber-valley-joins-forces-with-seoul-ai-hub-and-aiis-in-historic-mou-signing> [Stand: 07.11.2024].

Cyber Valley GmbH 2024d

Cyber Valley GmbH: *Cyber Valley feiert eine neue Partnerschaft mit UTokyo IPC*, 2024. URL: <https://cyber-valley.de/de/news/cyber-valley-celebrates-new-partnership-with-utokyo-ipc> [Stand: 07.11.2024].

Cyber Valley GmbH 2024e

Cyber Valley GmbH: *Bundesminister Hubertus Heil zu Gast beim Cyber Valley am Standort Tübingen*, 2024. URL: <https://cyber-valley.de/de/news/bundesminister-hubertus-heil-zu-gast-beim-cyber-valley> [Stand: 11.11.2024].

Cyber Valley GmbH 2024f

Cyber Valley GmbH: *The Cyber Valley Start-up Network Continues to Grow*. URL: <https://cyber-valley.de/en/news/the-cyber-valley-start-up-network-continues-to-grow> [Stand: 08.01.2025].

Cyber Valley GmbH 2025

Cyber Valley GmbH: *Start-up Network*, 2025. URL: <https://cyber-valley.de/en/start-up-network> [Stand: 08.01.2025].

Czarnitzki et al. 2023

Czarnitzki, D./Fernández, G/Rammer, C: Artificial Intelligence and Firm-level Productivity. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 211, 2023, S. 188–205.

Deloitte 2021

Deloitte: *Deloitte Life Science & Health Care Predictions 2025*, 2021.

Denia 2024

Denia, J.: „Feierliche Eröffnung der IPAI SPACES läutet nächste Entwicklungsstufe des Innovationsökosystems ein“. In: *Ipai*, 28.06.2024.

Deutscher Ethikrat 2023

Deutscher Ethikrat: *Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz*, 2023.

Deutsches Institut für Erwachsenenbildung 2024

Deutsches Institut für Erwachsenenbildung: *Deutscher Weiterbildungsatlas*, 2024. URL: <https://kreise.deutscher-weiterbildungs-atlas.de/interaktive-karten/> [Stand: 23.08.2024].

Deutsches Patent- und Markenamt 2024

Deutsches Patent- und Markenamt: *DPMA | Patente*, 2024. URL: <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/statistiken/patente/index.html> [Stand: 07.11.2024].

DFKI 2024

Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH: *MISSION KI – KI-Zentrum mit acatech*, 2024. URL: <https://www.dfki.de/web/news/mission-ki-zentrum-in-kaiserslautern> [Stand: 11.11.2024].

Die Bundesregierung 2024

Die Bundesregierung: *IBM eröffnet Quanten-Rechenzentrum in in Ehningen*, 2024. URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/quantencomputing-ibm-2312434> [Stand: 09.12.2024].

DigitalService GmbH des Bundes 2024

DigitalService GmbH des Bundes: *Fellowships für methodenstarke Macher:innen*, 2024. URL: <https://digitalservice.bund.de/fellowships> [Stand: 09.12.2024].

DIZ 2024

Digitales Innovationszentrum GmbH: *Making the Green and Digital Transformation a Reality*. URL: <https://digitalhub-ai.de/en/edih-aics/general> [Stand: 13.11.2024].

EFI 2024

Expertenkommission Forschung und Innovation: *Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2024*, 2024.

EnBW 2024

EnBW Energie Baden-Württemberg AG: *Künstliche Intelligenz in der Windkraft*. URL: <https://www.enbw.com/unternehmen/themen/windkraft/kuenstliche-intelligenz-in-der-windkraft.html> [Stand: 02.12.2024].

Europäische Kommission 2019

Europäische Kommission: *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, 2019. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai> [Stand: 11.11.2024].

Europäische Kommission 2024a

Europäische Kommission: „Erster Entwurf: Praxiskodex für Künstliche Intelligenz für allgemeine Zwecke“ (Pressemitteilung vom 14.11.2024). URL: https://germany.representation.ec.europa.eu/news/erster-entwurf-praxiskodex-fur-kunstliche-intelligenz-fur-allgemeine-zwecke-2024-11-14_de [Stand: 29.11.2024].

Europäische Kommission 2024b

Europäische Kommission: *Europäischer Raum für Gesundheitsdaten (EHDS)*, 2024. URL: https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space_de [Stand: 28.11.2024].

European Commission 2022

European Commission: *eGovernment Benchmark 2022*, 2022. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/egovernment-benchmark-2022> [Stand: 18.11.2024].

Fokuhl/ Holzki 2024

Fokuhl, J./Holzki, L.: „Aleph Alpha bringt KI in Arbeitsagentur“. In: *Handelsblatt*, 17.10.2024, S. 8.

Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. 2024

Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.: *KI-Fortschrittszentrum. Lernende Systeme und Kognitive Robotik*, 2024. URL: <https://www.ki-fortschrittszentrum.de/> [Stand: 14.11.2024].

Fraunhofer IAF 2025

Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik: *Kompetenzzentrum Quantencomputing Baden-Württemberg*, 2025.

URL: <https://www.iaf.fraunhofer.de/de/netzwerker/KQC.html> [Stand: 20.01.2025].

Fraunhofer IAO 2024

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation: *KI-Transfer BW*, 2024. URL: <https://www.iao.fraunhofer.de/de/forschung/forschungsbereiche/digital-business/ki-transfer-bw.html> [Stand: 13.11.2024].

Fraunhofer IAO 2025

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation: *KI-Transfer BW – Fraunhofer IAO*, 2025. URL: <https://www.iao.fraunhofer.de/de/forschung/forschungsbereiche/digital-business/ki-transfer-bw.html> [Stand: 08.01.2025].

Fraunhofer IPA 2024

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung: *Klinische Gesundheitstechnologien*, 2024. URL: <https://gesundheitstechnologien.ipa.fraunhofer.de/> [Stand: 20.11.2024].

FZI 2023

Forschungszentrum Informatik: *Reallabor ROUTINE– KI-Reallabor Karlsruhe. Reallabor zum Transfer digitaler Gesundheitsanwendungen und KI ins Gesundheitswesen*, 2023. URL: <https://ki-reallabor-bw.de/> [Stand: 20.01.2025].

Haag et al. 2023

Haag, M./Kempermann, H./Kohlisch, E./Koppel, O.: *Innovationsatlas 2023: Die Innovationskraft der deutschen Regionen*, Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH IW Medien 2023.

HAI 2024

Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence: *Artificial Intelligence Index Report 2024*.

Heck/ Muth 2024

Heck, N./Muth, M.: „Künstliche Intelligenz: Jonas Andrusis im Interview“. In: *Süddeutsche Zeitung*, 10.11.2024, S. 14.

Heidelberg.de 2023

Heidelberg.de: *Testphase: KI-Assistenz Lumi hat seit Oktober 4.500 Unterhaltungen geführt*, 2023. URL: https://www.heidelberg.de/hd/HD/service/27_03_2023+testphase_+ki-assistenz+lumi+hat+seit+oktober+4_500+unterhaltungen+gefuehrt.html [Stand: 02.12.2024].



Hirschfeld et al. 2023a

Hirschfeld, A./Kollmann, T./Gilde, J./Walk, V./Pröpper, A.: *Deutscher Startup Monitor 2023*, 2023.

Hirschfeld et al. 2023b

Hirschfeld, A./Gilde, J./Kollmann, T./Walk, V./Pröpper, A.: *Deutscher Startup Monitor 2023. Regionalauskopplung Baden-Württemberg*, 2023.

Hirschfeld et al. 2024

Hirschfeld, A./Kollmann, T./Gilde, J./Walk, V./Ansorge, M.: *Deutscher Startup Monitor 2024*, 2024.

HLRS 2024a

Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart: *Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart: HammerHAI wird eine AI Factory für Wissenschaft und Industrie aufbauen*, 2024. URL: <https://www.hlrs.de/de/news/detail/hammerhai-wird-eine-ai-factory-fuer-wissenschaft-und-industrie-aufbauen-1> [Stand: 20.01.2025].

HLRS 2024b

Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart: *Höchstleistungsrechnen für die Industrie*, 2024. URL: <https://www.hlrs.de/de/industrie> [Stand: 20.11.2024].

Hochschule Esslingen 2024

Hochschule Esslingen: *Studium Plus Ausbildung. Das ausbildungsbegleitende Studienmodell mit Facharbeiterbrief*, 2024. URL: <https://www.hs-esslingen.de/studium/studienangebot/studium-plus-modelle/studium-plus-ausbildung> [Stand: 18.11.2024].

Hochschule für öffentliche Verwaltung und Finanzen Ludwigsburg 2023

Hochschule für öffentliche Verwaltung und Finanzen Ludwigsburg: *KI-gestütztes CI-Training*, 2023. URL: <https://www.hs-ludwigsburg.de/forschung/projekt/ki-gestuetztes-ci-training> [Stand: 13.11.2024].

Hochschule Heilbronn 2024

Hochschule Heilbronn: *School of Applied Artificial Intelligence | HHN-SAAI*, 2024. URL: <https://www.hs-heilbronn.de/de/saaai> [Stand: 13.11.2024].

Holzki 2024

Holzki, L.: *„F13“ soll Behörden Entlastung bringen – und Aleph Alpha auch*, 2024. URL: [https://www.handelsblatt.com/technik/ki/aleph-alpha-f13-soll-behoerden-entlastung-bringen-und-](https://www.handelsblatt.com/technik/ki/aleph-alpha-f13-soll-behoerden-entlastung-bringen-und-aleph-alpha-auch/100054981.html?utm_source=sf&utm_medium=nl&utm_campaign=hb-kibriefing&utm_content=25092024&key=003bG000002xx4cQAA)

[aleph-alpha-auch/100054981.html?utm_source=sf&utm_medium=nl&utm_campaign=hb-kibriefing&utm_content=25092024&key=003bG000002xx4cQAA](https://www.handelsblatt.com/technik/ki/aleph-alpha-auch/100054981.html?utm_source=sf&utm_medium=nl&utm_campaign=hb-kibriefing&utm_content=25092024&key=003bG000002xx4cQAA) [Stand: 25.09.2024].

IBBW 2024

Institut für Bildungsanalysen Baden-Württemberg: *Digitale Bildungsplattform*, 2024. URL: <https://ibbw-bw.de/digitale-bildungsplattform> [Stand: 05.12.2024].

ifo Institut 2024

ifo Institut: *ifo-Konjunkturumfrage, Mehr Unternehmen nutzen Künstliche Intelligenz*. 2024. URL: <https://www.ifo.de/fakten/2024-07-18/mehr-unternehmen-nutzen-kuenstliche-intelligenz> [Stand: 09.12.2024].

IHK Region Stuttgart 2024

Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart: *Novellierung IT-Berufe*, 2024. URL: <https://www.ihk.de/stuttgart/fuer-unternehmen/fachkraefte-und-ausbildung/ausbildung/novellierung-it-berufe-4729008> [Stand: 18.11.2024].

interface – Tech analysis and policy ideas for Europe e.V. 2022

interface – Tech analysis and policy ideas for Europe e.V.: *Deutschland als KI-Standort: Destination oder Drehscheibe?* (Empirische Untersuchung der Karrierepfade von KI-Doktorand:innen an deutschen Universitäten, 2022. URL: <https://www.interface-eu.org/publications/deutschland-als-ki-standort-destination-oder-drehscheibe> [Stand: 13.11.2024].

IW Consult 2023

IW Consult: *Der digitale Faktor – Wie Deutschland von intelligenten Technologien profitiert*, 2023.

Kagermann et al. 2024

Kagermann, H./Süssenguth, F./Weber, T.: *Souveräne Antworten – Anwendung und Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz in Deutschland* (acatech IMPULS), München 2024.

KASTEL SRL 2024

KASTEL SRL: *Home – KASTEL SRL*, 2024. URL: <https://kastel-labs.de/> [Stand: 28.10.2024].

KI Allianz Baden-Württemberg 2024

KI Allianz Baden-Württemberg eG: *KI Allianz Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://ki-allianz.de/> [Stand: 14.11.2024].

KI Bundesverband e.V. 2021

KI Bundesverband e.V.: *Vorschlag des KI Bundesverbandes zur Einführung eines ‚KI-Vouchers‘*, 2021.

KIT 2023

Karlsruher Institut für Technologie: „Armin Grunwald: „Wir bestehen darauf, dass Menschen weiterhin das letzte Wort haben.““ (Pressemitteilung vom 11.11.2024). URL: https://www.sts.kit.edu/kit_express_7136.php [Stand: 11.11.2024].

KIT 2024a

Karlsruher Institut für Technologie: *Robotics Institute Germany (RIG) treibt KI-basierte Robotik in Deutschland voran*, 2024. URL: <https://www.kit.edu/kit/202406-robotics-institute-germany-treibt-ki-basierte-robotik-in-deutschland-voran.php> [Stand: 11.11.2024].

KIT 2024b

Karlsruher Institut für Technologie: *Künstliche Intelligenz durch Humanoide Roboter erfahrbar machen*, 2024. URL: <https://www.robotics-ai.kit.edu/> [Stand: 18.11.2024].

KIT 2024c

Karlsruher Institut für Technologie: *Reallabor Robotische Künstliche Intelligenz*, 2024. URL: https://www.itas.kit.edu/projekte_nier21_robotki.php [Stand: 09.01.2025].

Knees 2024

Knees, L.: „Start-ups: Wird Black Forest Labs zum neuen deutschen KI-Einhorn In: *Handelsblatt*, 27.11.2024.

Landtag von Baden-Württemberg 2023

Landtag von Baden-Württemberg: *Drucksache 17 / 5335*, 2023.

LfdI 2024

Der Landesbeauftragte für Datenschutz und Informationsfreiheit Baden-Württemberg: *KI-Woche 2024*, 2024. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.datenschutz.de/ki-woche-2024-save-date/> [Stand: 09.01.2025].

McKinsey & Company 2023

McKinsey & Company: *The Economic Potential of Generative AI*, 2023.

McKinsey & Company 2024a

McKinsey & Company: *The Arenas of Competition*, 2024.

McKinsey & Company 2024b

McKinsey & Company: *Mit Mut und Augenmaß, bitte! Wie GenAI die Arbeit der öffentlichen Verwaltung unterstützen und den Fachkräftemangel abfedern kann*, 2024.

Mehr Demokratie e.V. 2024

Mehr Demokratie e.V.: *Bürgerrat zur Zukunft der KI-Forschung*, 2024. URL: <https://www.buergerrat.de/aktuelles/buergerrat-zur-zukunft-der-ki-forschung/> [Stand: 11.11.2024].

Metropolregion Rhein-Neckar GmbH 2020

Metropolregion Rhein-Neckar GmbH: „Interkommunale Weiterbildungsplattform in der Metropolregion-Rhein-Neckar erhält 250.000 Euro Förderung“ (Pressemitteilung vom 2020). URL: <https://www.m-r-n.com/presse/pressemeldung-details/131706/> [Stand: 13.11.2024].

Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2022

Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg: *4. Digitalisierungsbericht der Landesregierung Baden-Württemberg*, 2022.

Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2024a

Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg: *Aktualisierung der Gigabit-Studie zur Ermittlung des Investitions- und Fördermittelbedarfs für einen flächendeckenden Gigabit-Netzausbau in Baden-Württemberg 2024*, 2024. URL: <https://cloud.landbw.de/index.php/s/yTyx-HcQnE3TJogG> [Stand: 14.11.2024].

Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg 2024b

Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg: *daten.bw | Open Data für Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://www.daten-bw.de/> [Stand: 20.11.2024].

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2023a

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg: *Digitalisierung an öffentlichen Schulen in Baden-Württemberg*, 2023.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2023b

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg: *Vier Millionen Euro pro Jahr für die digitale Schulentwicklung*,



2023. URL: <https://km.baden-wuerttemberg.de/de/service/pressemitteilung/pid/vier-millionen-euro-pro-jahr-fuer-die-digital-schulentwicklung-1> [Stand: 08.01.2025].

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2024

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg: *KI im Unterricht – Informationsangebote für Lehrkräfte*, 2024. URL: <https://km.baden-wuerttemberg.de/de/schule/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz-im-unterricht> [Stand: 05.12.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2022

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Akteure mit den meisten FuE-Projekten mit KI-Bezug nach Bundesländern und Akteurstypen*, 2022. URL: <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/fundedai> [Stand: 25.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023a

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Förderung regionale KI-Exzellenzzentren*, 2023. URL: <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oefentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/foerderung-regionale-ki-exzellenzzentren> [Stand: 14.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023b

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Wirtschaft Digital BW. de:hub – Digital Hub Karlsruhe „Applied Artificial Intelligence“*, 2023. URL: <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/digital-hubs/dehub-karlsruhe> [Stand: 13.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023c

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Monitoring 2023*, 2023.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2023d

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Innovationsgutscheine Baden-Württemberg*, 2023. URL: <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/innovationsgutscheine> [Stand: 09.01.2025].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024a

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Wirtschaft Digital BW. KI made in BW*, 2024. URL: <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/ki-made-in-bw> [Stand: 07.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024b

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *TAKE YOUR CHÄNCE | Weiterbildung Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://www.thechaence.com/> [Stand: 13.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024c

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Beschaffungsunterlagen für Landeseinrichtungen*, 2024. URL: <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/aufsicht-und-recht/oeffentliches-auftragswesen/vorschriften-fuer-landeseinrichtungen> [Stand: 18.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2024d

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Standorte der Welcome Center Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/arbeit/fachkraeftesicherung/welcome-center-baden-wuerttemberg/standorte-der-welcome-center-bw> [Stand: 13.11.2024].

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg 2025

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg: *Digitalisierungsprämie Plus*, 2025. URL: <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/service/foerderprogramme-und-aufrufe/liste-foerderprogramme/digitalisierungspraemie> [Stand: 09.01.2025].

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024a

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg: *Land fördert Start-up-Netzwerke an Hochschulen*, 2024. URL: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/gruendungen-aus-hochschulen-ministerium-foerdert-zusammenarbeit-mit-jaehrlich-bis-zu-18-millionen-euro> [Stand: 12.11.2024].

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024b

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg: „Bundesweit meiste KI-Professuren in Baden-Württemberg“ (Pressemitteilung vom 13.11.2024). URL: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/bundesweit-meiste-ki-professuren-in-baden-wuerttemberg/> [Stand: 13.11.2024].

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024c

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg: *Gebühren für Internationale Studierende und Zweitstudium*, 2024. URL: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/hochschulen-studium/studium/studienfinanzierung/gebuehren-fuer-internationale-studierende-und-zweitstudium/> [Stand: 09.01.2025].

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024d

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg: *Außeruniversitäre Forschung*, 2024. URL: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungslandschaft/ausseruniversitaere-forschung> [Stand: 28.10.2024].

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg 2024e

Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg: *Innovationscampus Health and Life Science Alliance Heidelberg Mannheim*, 2024. URL: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/innovationscampus-bw/innovationscampus-health-and-life-science-alliance> [Stand: 08.01.2025].

MISSION KI 2024

MISSION KI: *Erfolgreicher Auftakt für das Matchmaking von MISSION KI: 13 KI-Start-ups haben Mittelständler getroffen*, 2024. URL: <https://mission-ki.de/de/erfolgreicher-auftakt-fuer-das-matchmaking-von-mission-ki-13-ki-start-ups-haben-mittelstaendler-getroffen> [Stand: 18.11.2024].

Münchener Kreis e.V. 2024

Münchener Kreis e.V.: *Zukunftsstudie IX: Das Deep Tech Manifest: Weckruf für einen schlummernden Riesen*, 2024.

OECD 2024a

Organisation for Economic Cooperation and Development: *OECD-Bericht zu Künstlicher Intelligenz in Deutschland*, Paris: OECD Publishing 2024.

OECD 2024b

Organisation for Economic Co-operation and Development: *OECD Main Science and Technology Indicators. R&D and related highlights in the March 2024 Publication*, 2024.

Olk/Schimroszik 2024

Olk, J./Schimroszik, N.: „Finanzspritze für die Start-up-Szene“. In: *Handelsblatt*, 18.11.2024.

Patent- und Markenzentrum Baden-Württemberg / Patentcoach BW 2024

Patent- und Markenzentrum Baden-Württemberg / Patentcoach BW: *Patentatlas Baden-Württemberg 2024*, 2024.

PLS 2020

Plattform Lernende Systeme: *Ethik Briefing*, 2020.

PLS 2023

Plattform Lernende Systeme: *KI-Landkarte für Deutschland*, 2023. URL: <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-in-deutschland.html> [Stand: 03.08.2023].

PLS 2024

Plattform Lernende Systeme: *KI-Monitoring: Standortbeschreibung für Deutschland*, 2024. URL: <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-monitoring.html> [Stand: 18.11.2024].

Rammer 2023

Rammer, C.: *Das Ökosystem für KI-Startups in Deutschland*, 2023.

Rankings 2023

Rankings: *Die 30 größten Familienunternehmen in Baden-Württemberg*, 2023. URL: <https://die-deutsche-wirtschaft.de/die-30-groessten-familienunternehmen-in-baden-wuerttemberg/> [Stand: 28.10.2024].

Robert Bosch GmbH 2024

Robert Bosch GmbH: *Bosch Center for Artificial Intelligence*, 2024. URL: <https://www.bosch-ai.com/> [Stand: 11.11.2024].

SAP Deutschland SE & Co. KG 2024

SAP Deutschland SE & Co. KG: *SAP schließt Partnerschaft mit Mistral AI, einem der führenden Anbieter von LLMs*, 2024. URL: <https://news.sap.com/germany/2024/06/sap-partnerschaft-mistral-ai-fuehrenden-anbieter-llms/> [Stand: 09.01.2025].



Schwarz Digits KG 2024

Schwarz Digits KG: *Schwarz Digits und Deutsche Bahn verkünden Gründung des DataHub Europe mit starken Medien- und KI-Partnern*, 2024. URL: <https://schwarz-digits.de/presse/archiv/2024/schwarz-digits-und-deutsche-bahn-verkuenden-gruendung-des-datahub-europe-mit-starken-medien-und-ki-partnern> [Stand: 14.11.2024].

Start-up BW 2024a

Start-up BW: *THE Start-up LÄND: Gründen in Baden-Württemberg*, 2024. URL: <https://www.startupbw.de/> [Stand: 12.11.2024].

Start-up BW 2024b

Start-up BW: *Die Start-up BW Acceleratoren*, 2024. URL: <https://www.startupbw.de/beratung-qualifizierung/start-up-bw-acceleratoren-fuer-high-potential-start-ups> [Stand: 12.11.2024].

Start-up BW 2024c

Start-up BW: *Regionale Ökosysteme in The Start-up LÄND | Start-up BW*, 2024. URL: <https://www.startupbw.de/the-start-up-laend/regionale-oekosysteme> [Stand: 11.11.2024].

Start-up BW 2024d

Start-up BW: *GovTech zur Digitalisierung von Staat und Verwaltung | Start-up BW*, 2024. URL: <https://www.startupbw.de/fokusthemen/govtech> [Stand: 28.10.2024].

Statista 2024a

Statista: *Medizintechnik – Weltweit*, 2024. URL: <https://de.statista.com/outlook/hmo/medizintechnik/weltweit> [Stand: 20.11.2024].

Statista 2024b

Statista: *Betreuungsquote der 3- bis unter 6-Jährigen in Baden-Württemberg bis 2023*, 2024. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/254965/umfrage/betreuungsquote-der-3-bis-unter-6-jaehrigen-in-baden-wuerttemberg/> [Stand: 27.11.2024].

Statista 2024c

Statista: *Ausbildung Fachinformatiker*, 2024. URL: <https://de.statista.com/statistik/suche/?q=Ausbildung+Fachinformatiker&Suche=&p=1> [Stand: 20.11.2024].

Statista 2024d

Statista: *Medizintechnik – Deutschland*, 2024. URL: <https://de.statista.com/outlook/hmo/medizintechnik/deutschland> [Stand: 20.11.2024].

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2021

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: *„Innovationsindex 2020: Baden-Württemberg belegt in der Europäischen Union wieder den Spitzenplatz“* (Pressemitteilung vom 15.04.2021). URL: <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2021093> [Stand: 07.11.2024].

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023a

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: *„Forschungsintensität in Baden-Württemberg bei 5,6 % – Rückgang um 0,1 Prozentpunkte“* (Pressemitteilung vom 21.07.2023). URL: <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2023174> [Stand: 30.10.2024].

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023b

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: *Die beliebtesten Ausbildungsberufe*, 2023. URL: <https://www.statistik-bw.de/BildungKultur/AusWeiterb/Ausbildungsberufe.jsp> [Stand: 13.11.2024].

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023c

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: *Exportquote in Deutschland nach Bundesländern*, 2023. URL: https://www.statistik-bw.de/HandelDienstl/Aussenhandel/AH-XP_exportquote.jsp [Stand: 09.12.2024].

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2023d

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: *Promovierende an Hochschulen in Baden-Württemberg*, 2023. URL: <https://www.statistik-bw.de/BildungKultur/Hochschulen/Promovierende.jsp> [Stand: 13.11.2024].

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2024

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: *Steigender Frauenanteil in MINT-Fächern, rückläufige Studierendenzahlen; Zum Internationalen Tag der Frauen und Mädchen in der Wissenschaft am 11. Februar*, 2024. URL: <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2024024> [Stand: 23.08.2024].

Stegmann 2024

Stegmann, F.: *„So wird die Verwaltung besser“*. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ)*, 20.10.2024.

Stepstone 2024

Stepstone: *Fachinformatiker Jobs und Stellenangebote in Baden Württemberg - 2024*, 2024. URL: https://www.stepstone.de/jobs/fachinformatiker/in-baden-w%c3%bcrttemberg?radius=100&searchOrigin=Resultlist_top-search [Stand: 13.11.2024].

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. 2024a

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.: *Bundesländercheck der KI-Strategien*, 2024.

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. 2024b

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.: *KI-Campus*, 2024. URL: <https://ki-campus.org/about> [Stand: 13.11.2024].

StM BW 2020

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Enge Kooperation mit der Schweiz*, 2020. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/enge-kooperation-mit-der-schweiz/> [Stand: 07.11.2024].

StM BW 2022

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Roadmap Gesundheitsdatennutzung Baden-Württemberg*, 2022.

StM BW 2024a

Staatsministerium Baden-Württemberg: *4 Motoren für Europa*, 2024. URL: <https://www.4motors.eu/de/> [Stand: 13.11.2024].

StM BW 2024b

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Studie zu akademischen Fachkräften: Bedarf im Land steigt weiter*, 2024. URL: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/studie-zu-akademischen-fachkraeften-bedarf-im-land-steigt-weiter> [Stand: 18.11.2024].

StM BW 2024c

Staatsministerium Baden-Württemberg: „Landesregierung startet Fachkräfteinitiative“ (Pressemitteilung vom 16.04.2024). URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/landesregierung-startet-fachkraefteinitiative> [Stand: 25.11.2024].

StM BW 2024d

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Das InnoLab_bw macht Zukunft*, 2024. URL: <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/themen/innovationslabor> [Stand: 24.10.2024].

StM BW 2024e

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Masterplan für die Transformation der Verwaltung*, 2024. URL: <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/themen/verwaltungsmodernisierung-und-buerokratieabbau/masterplan-fuer-transformation-der-verwaltung> [Stand: 25.10.2024].

StM BW 2024f

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Künstliche Intelligenz in der Verwaltung*, 2024. URL: <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/meldung/pid/kuenstliche-intelligenz-in-der-verwaltung> [Stand: 28.10.2024].

StM BW 2024g

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Land gründet KI-Zentrum Schule*, 2024. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-gruendet-ki-zentrum-schule-1> [Stand: 08.01.2025].

StM BW 2024h

Staatsministerium Baden-Württemberg: *Neue Landesagentur zur Unterstützung der Fachkräftezuwanderung*, 2024. URL: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/neue-landesagentur-zur-unterstuetzung-der-fachkraeftezuwanderung> [Stand: 08.01.2025].

Stutzenberger 2021

Stutzenberger, S.: „Die Chancen von Innovation Labs für die Verwaltung“. In: *Innovative Verwaltung*, 43, 10, 2021, S. 24–27.

Tagesschau 2023

Tagesschau: *Automatisiertes Fahren: Kalifornien lässt Mercedes-Autopiloten zu*, 2023. URL: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/digitales/mercedes-schlaegt-tesla-genehmigung-autonomes-fahrssystem-100.html> [Stand: 11.11.2024].

TU Darmstadt 2022

TU Darmstadt: *Zukunftsweisendes Modell der Rechteübertragung*, 2022. URL: https://www.tu-darmstadt.de/universitaet/aktuelles_meldungen/archiv_2/2022/2022quartal1/news_archiv_de_352512.de.jsp [Stand: 09.01.2025].

Tübingen AI Center 2024

Tübingen AI Center: *A Thriving Hub for European AI with Purpose*, 2024. URL: <https://tuebingen.ai/> [Stand: 28.10.2024].



Universität Freiburg 2025

Universität Freiburg: *Adaptive Governance of Emerging Technologies (AdGovEm) – How to Regulate AI and Biotech?*, 2025. URL: <https://www.jura.uni-freiburg.de/de/institute/ioeffr2/forschung-1/adaptive-governance-of-emerging-technologies> [Stand: 20.01.2025].

Weik et al. 2024

Weik, S./Achleitner, A.-K./Braun, R.: „Venture Capital and the International Relocation of Startups“. In: *Research Policy*, 53, 7, 2024, S. 105031.

WIPO 2024a

World Intellectual Property Organization: *Science and Technology Cluster Ranking 2024*, 2024. URL: <https://www.wipo.int/web/global-innovation-index/2024/science-technology-clusters> [Stand: 08.01.2025].

WIPO 2024b

World Intellectual Property Organization: *Germany Ranking in the Global Innovation Index 2024*, 2024. URL: <https://www.wipo.int/gii-ranking/en/germany> [Stand: 06.11.2024].

Wirtschaft Digital BW 2024a

Wirtschaft Digital BW: *KI-Champions Baden-Württemberg 2024*, 2024. URL: <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/aktuelles/pressemitteilungen/detailseite/ki-champions-baden-wuerttemberg-2024> [Stand: 08.01.2025].

Wirtschaft Digital BW 2024b

Wirtschaft Digital BW: *Wettbewerb* URL: <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/foerdermassnahmen/wettbewerb-ki-champions-bw> [Stand: 08.01.2025].

Zukunftsinstitut 2024

Zukunftsinstitut: *Megatrendstudie Gesundheit: 10 Gesundheitstrends der kommenden Jahre*, 2024. URL: <https://www.zukunftsinstitut.de/zukunftsthemen/megatrendstudie-gesundheit> [Stand: 20.11.2024].



Über acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

Weitere Informationen unter www.acatech.de



Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber

Prof. Dr. Armin Grunwald

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Geschäftsstelle

Karolinenplatz 4

80333 München

Reihenherausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2025

Geschäftsstelle

Karolinenplatz 4

80333 München

T +49 (0)89/52 03 09-0

F +49 (0)89/52 03 09-900

Hauptstadtbüro

Georgenstraße 25

10117 Berlin

T +49 (0)30/2 06 30 96-0

F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro

Rue d'Egmont/Egmontstraat 13

1000 Brüssel | Belgien

T +32 (0)2/2 13 81-80

F +32 (0)2/2 13 81-89

info@acatech.de

www.acatech.de

acatech @ LinkedIn | Instagram | YouTube

Präsidenten und VizepräsidentInnen: Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber,
Prof. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Ursula Gather, Dr. Stefan Oschmann, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt

Registergericht AG München, VR 20 20 21

Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Wolfgang Siegel

Empfohlene Zitierweise:

Weber, Th./Grunwald, A. (Hrsg.): *KI-Standortanalyse Baden-Württemberg* (acatech STUDIE), München 2025.

DOI: https://doi.org/10.48669/aca_2025-2

ISSN 2192-8962

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

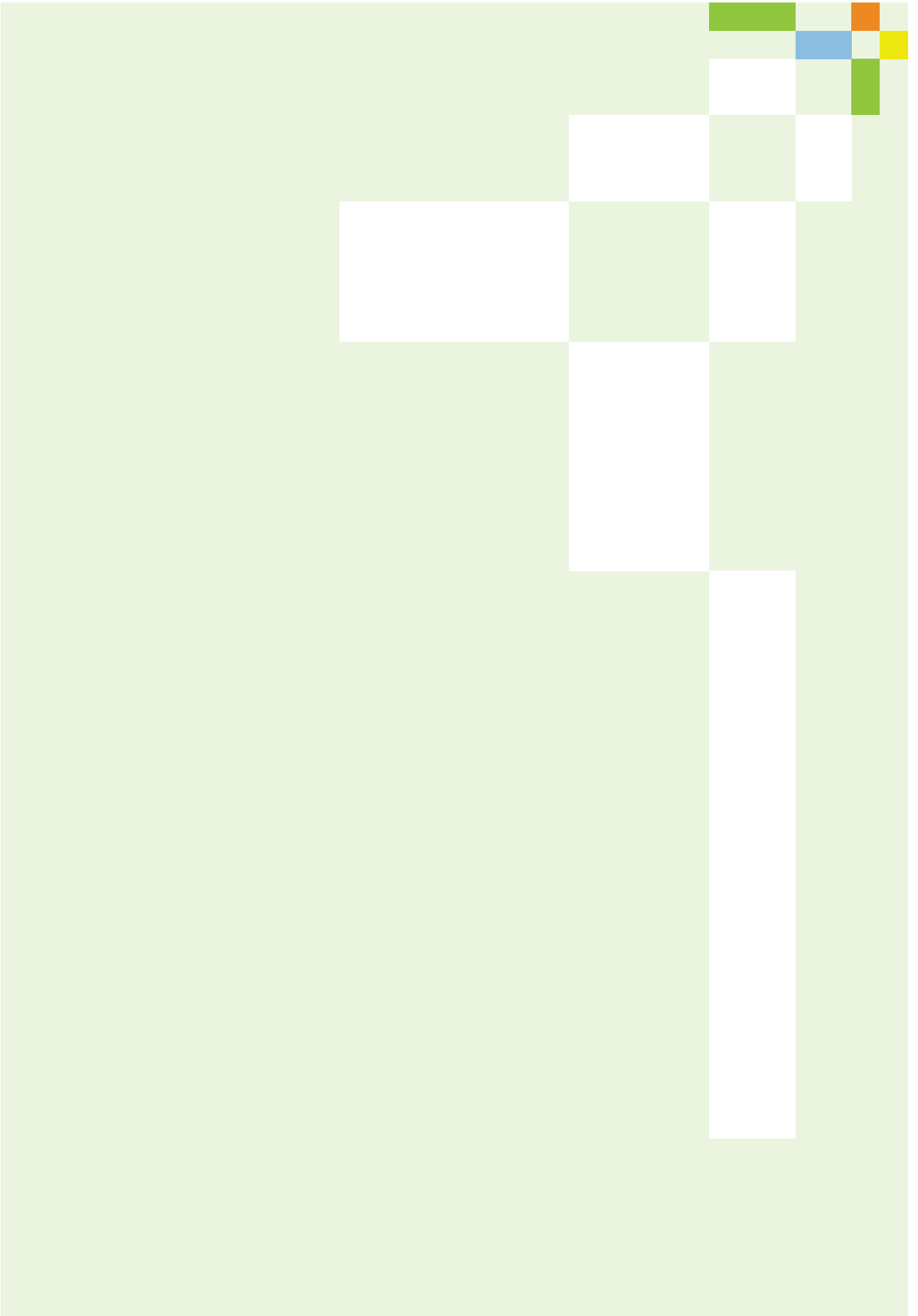
Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften • 2025

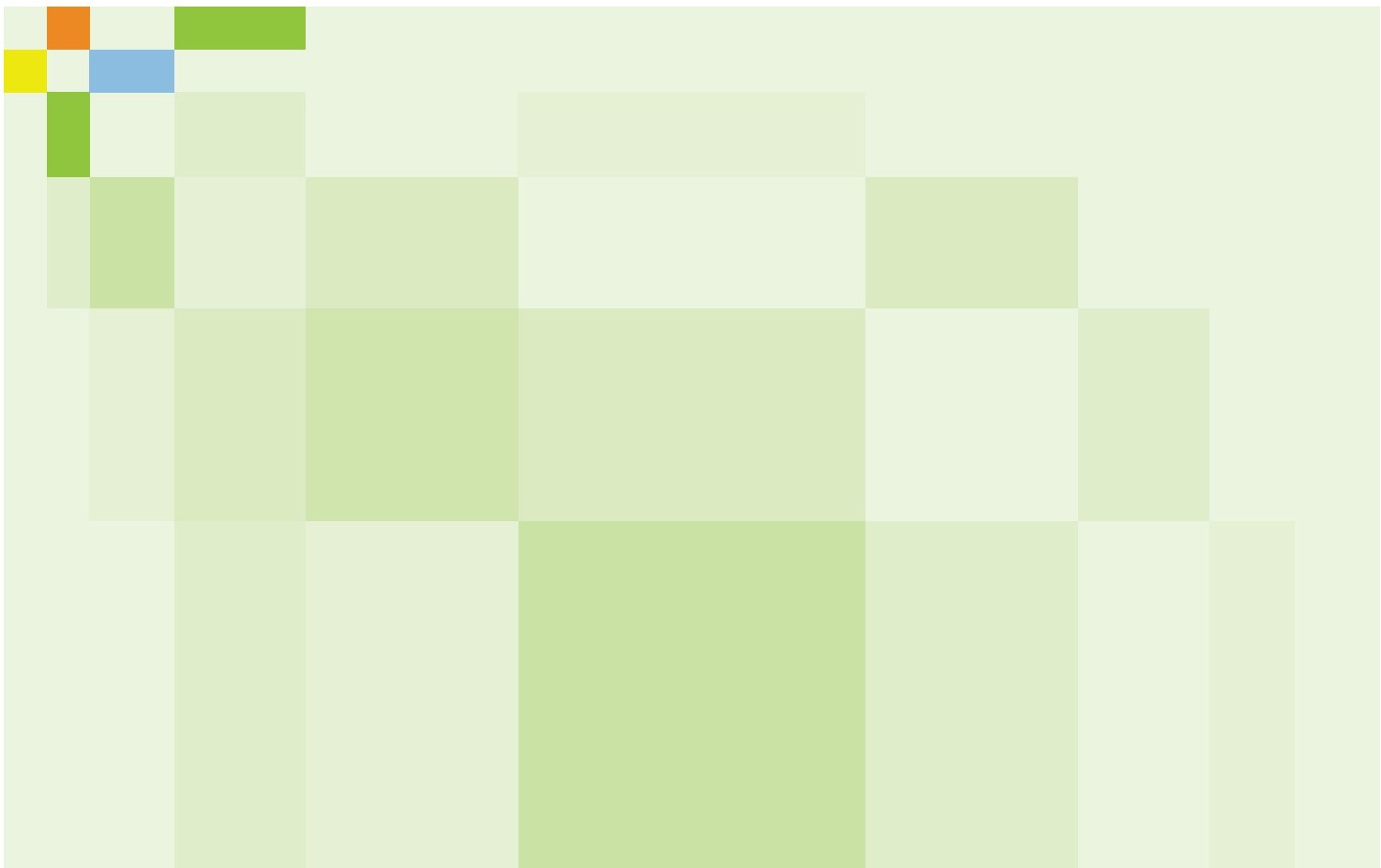
Lektorat: Jürgen Schreiber, Textkuss. Werkstatt für Sprache und Struktur, Halle (Saale)

Layoutkonzeption, Konvertierung und Satz: GROOTHUIS. Gesellschaft der Ideen und Passionen mbH für Kommunikation und Medien, Marketing und Gestaltung, groothuis.de

Titelbild: © acatech

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.acatech.de.





Künstliche Intelligenz ist ein zentraler Treiber für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit. Baden-Württemberg ist ein innovativer Wirtschaftsstandort und verfügt über eine exzellente Forschungslandschaft sowie ein dynamisches KI-Ökosystem. Um auch in Zukunft die Potenziale der Technologie voll auszuschöpfen, gilt es den Standort in Bezug auf KI-Technologie gezielt weiterzuentwickeln.

Die vorliegende acatech STUDIE analysiert das KI-Ökosystem Baden-Württemberg entlang zentraler Faktoren wie Infrastruktur, Fachkräfte, Forschung, Gründungen und Regulierung. Sie zeigt: Die Voraussetzungen für eine führende Rolle im internationalen Wettbewerb sind vorhanden. Um das KI-Ökosystem weiter zu stärken, sollten überregionale Schwerpunkte gesetzt werden, eine inhaltliche Fokussierung erfolgen sowie positive Spill-over-Effekte wie beispielsweise in der Quantentechnologie oder Robotik genutzt werden.