

KI-Ökosysteme

Endbericht

Wien, März 2025

Mehr Informationen unter www.kmuforschung.ac.at

Zur Studie

Diese Studie wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die KMU Forschung Austria jedoch keine Gewähr. Eine Haftung der KMU Forschung Austria und der Autorinnen und Autoren ist somit ausgeschlossen.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Art von Nachdruck, Vervielfältigung, Verbreitung, Wiedergabe, Übersetzung oder Einspeicherung und Verwendung in Datenverarbeitungssystemen, und sei es auch nur auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der KMU Forschung Austria oder des Auftraggebers der Studie gestattet.

Auftraggeber

Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ)

Verfasser*innen

KMU Forschung Austria
Gußhausstraße 8, A-1040 Wien

Karin Petzlberger (Projektleitung)

Christina Enichlmair

Joachim Kaufmann

Thomas Oberholzner

Internes Review/Begutachtung

Thomas Oberholzner

Rückfragen

Karin Petzlberger

Tel.: +43 1 505 97 61 - 46

k.petzlberger@kmuforschung.ac.at

Die KMU Forschung Austria ist Mitglied bei:



Inhalt

Zusammenfassung	5
Executive Summary	8
1 Zielsetzung, Hintergrund und Umfang der Studie.....	11
2 Ökosysteme: Arten, zentrale Elemente und Funktionsweisen	12
2.1 Literaturanalyse	12
2.1.1 Ökosystembegriff und Arten von Ökosystemen	12
2.1.2 Elemente, Rollen und Funktionen in Ökosystemen	16
2.1.3 Steuerbarkeit von Ökosystemen	19
2.1.4 Gestaltung florierender Ökosysteme	21
2.1.5 Besonderheiten von KI-Ökosystemen	23
2.2 KI-Ökosysteme: Internationale Good Practice Beispiele	24
2.2.1 Überblick und Kennzahlen zu den untersuchten KI-Ökosystemen	24
2.2.2 Kanada	27
2.2.2.1 Überblick	27
2.2.2.2 Entstehung des KI-Ökosystems Waterloo	28
2.2.2.3 Zentrale Elemente des KI-Ökosystems Waterloo	29
2.2.3 Deutschland	32
2.2.3.1 Überblick	32
2.2.3.2 Entstehung des KI-Ökosystems München	34
2.2.3.3 Zentrale Elemente des KI-Ökosystems München.....	35
2.2.4 Niederlande.....	37
2.2.4.1 Überblick	37
2.2.4.2 Entstehung des KI-Ökosystems Rotterdam - Den Haag	38
2.2.4.3 Zentrale Elemente des KI-Ökosystems Rotterdam – Den Haag	38
2.2.5 Schweden	41
2.2.5.1 Überblick	41
2.2.5.2 Entstehung des KI-Ökosystems in Schweden	41
2.2.5.3 Zentrale Elemente des KI-Ökosystems Schweden	41
2.2.6 Resümee zu den internationalen Good Practice Beispielen.....	45
3 Das KI-Ökosystem in Österreich	49
3.1 Zentrale Elemente	49
3.2 Bewertung der Stärken und Schwächen des heimischen KI-Ökosystems	56
3.3 Chancen und Risiken für das KI-Ökosystem in Österreich.....	65
3.4 Maßnahmen zur Stärkung des österreichischen KI-Ökosystems	67
4 Vermessung des österreichischen KI-Ökosystems	73

4.1 Vorbemerkung	73
4.2 Relevante Faktoren, Indikatoren und Kennzahlen	74
4.3 Deskriptive ökonomische Vermessung des österreichischen KI-Ökosystems	74
4.3.1 Akteure	74
4.3.1.1 Akteure im KI-Ökosystem.....	76
4.3.1.2 Unternehmen.....	76
4.3.1.3 Charakterisierung der Unternehmen, die KI-Technologien nutzen	77
4.3.2 Interaktionen und Netzwerke	84
4.3.3 Humankapital: Ausbildung, Fachkräfte und Beschäftigung.....	86
4.3.3.1 Ausbildung und Ausbildungsprogramme	87
4.3.3.2 Fachkräfte	90
4.3.3.3 Offene Stellen	92
4.3.4 Forschung und Innovation	94
4.3.4.1 Forschungsbeiträge.....	95
4.3.4.2 Patente.....	98
4.3.5 Investitionen und Förderungen	101
4.3.5.1 Private Investitionen (Private Equity).....	102
4.3.5.2 Risiko-/Wagniskapitalinvestitionen (Venture Capital).....	105
4.3.5.3 Öffentliche Förderungen.....	108
4.3.6 KI-Infrastruktur und Nutzung/Verwertung von Daten	109
4.3.6.1 Leistungsfähigkeit der KI-Systeme	110
4.3.6.2 Hochgeschwindigkeitsnetzwerke.....	112
4.3.6.3 Investitionen in Hard- und Software	113
4.3.6.4 Nutzung und Verwertung von Daten (Data Analytics, Big Data)	114
4.3.7 Kontextfaktoren	116
4.3.7.1 Gesetze und Richtlinien	117
4.3.7.2 Nationale KI-Strategie	118
4.3.7.3 Digitalisierungsintensität der Unternehmen.....	120
4.3.7.4 Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien	121
4.3.7.5 Technologiefreundliche Gesellschaft.....	124
4.3.7.6 Vertrauen der Bevölkerung in KI-Technologien	125
5 Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des KI-Ökosystems in Österreich	128
6 Literatur	130
6.1 Literatur allgemein.....	130
6.2 Im Rahmen der Literaturanalyse untersuchte Studien und wissenschaftliche Artikel	131

Zusammenfassung

Künstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlüsseltechnologie der Digitalisierung mit enormem Transformationspotenzial für die globale Wirtschaft und Gesellschaft. Als solche hat KI vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Märkten und Wirtschaftszweigen. Sie bietet damit Unternehmen, die KI als Technologie für innovative Produkte und Dienstleistungen in unterschiedlicher Form nutzen, große Wachstums- und Marktpotenziale – global, international und national. Eine erfolgreiche unternehmerische bzw. ökonomische Nutzung und Verwertung der Technologie ist allerdings kein „Selbstläufer“ – sie erfordert u.a. hohe Kompetenz, Verfügbarkeit von exzellentem Wissen, effektive Kooperationen und Netzwerke und findet vor allem in weltweitem Wettbewerb statt.

Damit österreichische Unternehmen die mit KI verbunden Marktpotenziale erfolgreich nutzen können, müssen sie höchste Anforderungen erfüllen und überaus wettbewerbsfähig sein. Dies fordert nicht nur die einzelnen Unternehmen selbst, sondern dafür ist ein entsprechend förderliches, unterstützendes Gesamtumfeld - ein „Ökosystem“ - für die Unternehmen am Wirtschaftsstandort Österreich unerlässlich.

Daher hat die Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ), Abteilung Innovation und Digitalisierung diese Studie in Auftrag gegeben, die die Funktionsweise von Ökosystemen eingehend untersucht. Der **Aufbau und Umfang der Studie** stellt sich wie folgt dar:

Zunächst werden Ökosysteme allgemein im Rahmen einer Literaturanalyse beleuchtet: Unterschiedliche Arten von Ökosystemen, deren generelle Eigenschaften und Steuerungsmechanismen werden näher beschrieben. Ausgehend von dieser allgemeinen Betrachtung werden in den darauffolgenden Kapiteln KI-Ökosysteme im Speziellen analysiert. Vier internationale KI-Ökosysteme werden in Kapitel 2.2. als Good Practise-Beispiele ausführlich porträtiert und auf Basis von Desk Research und Interviews mit Expert*innen vor Ort systematisch beschrieben. Anschließend wird der Fokus auf das österreichische KI-Ökosystem gelenkt: Nach einer überblicksmäßigen Auflistung wichtiger Elemente des heimischen KI-Ökosystems erfolgte eine Stärken- und Schwächen-Analyse basierend auf einer Primärerhebung. Mittels Online-Fragebogen wurden 125 Expertinnen und Experten aus verschiedenen Organisationen mit KI-Bezug um ihre Einschätzung zu unterschiedlichen Aspekten des nationalen KI-Ökosystems gebeten. In einem Online-Workshop wurden die Befragungsergebnisse und die damit verbundenen Chancen und Risiken mit Fachleuten aus unterschiedlichen KI-Stakeholdergruppen diskutiert und eine Vielzahl von Maßnahmen zur Stärkung des nationalen KI-Ökosystems vorgeschlagen (Kapitel 3.3). Abschließend wird in Kapitel 4 der Versuch unternommen, die Relevanz des heimischen KI-Ökosystems anhand einer Vielzahl von quantitativen Indikatoren zu untersuchen bzw. zu vermessen. Zuletzt werden in Kapitel 5 auf Basis der Erkenntnisse in den vorangegangenen Studienteilen Schlussfolgerungen formuliert.

Die **Literaturanalyse** setzt sich intensiv mit vier relevanten **Ökosystem-Typen** auseinander, die je nach Fokus unterschiedliche Ziele verfolgen:

- In **Geschäftsökosystemen** steht das Wachstum und Fortbestehen eines bestimmten Unternehmens und seiner Partner im Vordergrund.
- In **Innovationsökosystemen** richten sich die Ziele an technologischen Fortschritt und die Vermarktung von neuen Ideen bzw. „value propositions“.
- **Unternehmensökosysteme** tragen zu wirtschaftlichem Wachstum und der Erhöhung der unternehmerischen Aktivität in einer bestimmten Region bei.
- **Wissensökosysteme** zielen v.a. auf Wissensgenerierung und -austausch ab.

Aus der Literaturanalyse können einerseits wichtige **Elemente** von Ökosystemen identifiziert werden (**Akteure, Netzwerke und Interaktionen, Ressourcen und Technologien, Rollen und Funktionen sowie Kontextfaktoren**). Andererseits lassen sich Faktoren ableiten, die die Entwicklung von Ökosystemen begünstigen. Diese umfassen u.a. ein gewisses Ausmaß von **Diversität** innerhalb des Ökosystems, **dichte**

Netzwerke zur Förderung von Austausch und zur Vereinfachung von Kooperationen, **ein Orchestrator**, der für die Aufrechterhaltung der Leistungen sorgt und die Zusammenarbeit der Akteure unterstützt, **unterstützende regulatorische Rahmenbedingungen**, **ausreichende Ressourcen**, ein **förderliches Mindset** sowie **eine flexible Steuerung**.

Um ein tieferes Verständnis dafür zu erlangen, wie KI-Ökosysteme in der Praxis funktionieren, eine differenzierte Bewertung von Stärken und Schwächen des heimischen Systems zu ermöglichen und gegebenenfalls Learnings für Österreich abzuleiten, wurden KI-Ökosysteme in vier Ländern (Kanada, Deutschland, Niederlande, Schweden) anhand spezifischer Kennzahlen und qualitativer Interviews analysiert. In den **internationalen Good Practice Beispielen** zeigt sich, dass nationale KI-Strategien mit klar definierten Zielen wichtige Impulsgeber für die Etablierung von (regionalen) KI-Ökosystemen sein können. Universitäten sind in allen vier untersuchten KI-Ökosystemen wesentliche Grundpfeiler von KI-Ökosystemen. Daneben spielen auch Großunternehmen eine zentrale Rolle, ebenso wie eine dynamische Startup-Szene. Die Rolle des Orchestrators ist nicht in allen Systemen formell zugewiesen, erweist sich jedoch als förderlich. Eine adäquate Ressourcenausstattung ist jedenfalls maßgeblich für das Funktionieren von KI-Ökosystemen: In diesem Zusammenhang profitieren einige Ökosysteme von privaten Großfinanziers, die neben den staatlichen Investitionen wesentliche Beiträge zur Stärkung der KI-Landschaften leisten. Vernetzungsaktivitäten, -formate und -orte fördern in allen untersuchten KI-Ökosystemen den Wissensaustausch, den Technologietransfer und die Kooperation zwischen verschiedenen Akteuren. Nicht zuletzt sind es die strukturellen und kulturellen Rahmenbedingungen, die die Funktionsfähigkeit des Ökosystems maßgeblich prägen.

Die gegenwärtigen **Stärken und Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems** wurden im Rahmen einer Online-Befragung erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bereiche Infrastruktur, Förderung und Finanzierung sowie Humankapital von den KI-Fachleuten überwiegend als Schwäche eingestuft werden. Besonders kritisch wird die Verfügbarkeit von Data-Spaces zum Datenaustausch zwischen Organisationen beurteilt; ebenso wie die beiden Aspekte Förderung durch private Fördergeber*innen und Investor*innen sowie Anschlussfinanzierung für KI-Startups. Auch die öffentliche Wahrnehmung wird im heimischen KI-Ökosystem als Schwäche gesehen, vor allem aufgrund unzureichender Maßnahmen zur Sensibilisierung der Bevölkerung für die Vor- und Nachteile von KI und zur realistischen Einschätzung ihrer Potenziale und Risiken. Der Bereich Humankapital ist insgesamt als Schwäche zu bewerten, insbesondere die Verfügbarkeit von Lehrpersonal für KI-relevante Ausbildungen und der Mangel an qualifizierten KI-Fachkräften. Die Attraktivität des KI-Standortes Österreich wird sowohl für den Zuzug von KI-Fachkräften aus dem Ausland als auch für den Verbleib von KI-Fachkräften im Inland unvorteilhaft bewertet. Der Forschungsbereich kann hingegen insgesamt als Stärke angesehen werden, v.a. im Hinblick auf die Qualität des Outputs der KI-Grundlagenforschung und der angewandten KI-Forschung.

Die **volkswirtschaftliche Vermessung** des österreichischen KI-Ökosystems orientiert sich an den ermittelten Erfolgsfaktoren für erfolgreiche KI-Ökosysteme. Ein wichtiger Faktor ist dabei das Vorhandensein entsprechender **Akteure**, insbesondere von Industriebetrieben und KI-Startups. Generell nutzen in Österreich 10,8 % aller Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten KI-Technologien (Statistik Austria, 2023). Im EU-Vergleich liegt Österreich damit an 9. Stelle über dem EU-Schnitt (8,0 %) jedoch hinter Ländern wie Niederlande (13,4 %) und Deutschland (11,6 %). Im Bereich **Interaktionen und Netzwerke** spielen bei wissenschaftlichen KI-Publikationen neben (inter-)nationalen Kooperationen eine zunehmende Rolle. Hinsichtlich des Faktors **Humankapital** liegt in Österreich der Anteil an IKT-Studienabsolvent*innen sowie an IKT-Spezialist*innen bei 5,3 % und somit über dem EU-Durchschnitt, jedoch hinter Ländern wie Irland, Finnland und Schweden. In Österreich war im EU-Vergleich die allgemeine Arbeitskräftenachfrage nach IKT Spezialist*innen im 1. Quartal 2024 mit 14,4 % aller Online-Stellenanzeigen vergleichsweise hoch (EU-Durchschnitt: 7,9 %). Im Bereich **Forschung und Innovation** liegt Österreich bei der Veröffentlichung von KI-Forschungsbeiträgen hinter Ländern wie Deutschland, Kanada, Niederlande und Schweden. Bei KI-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner liegt Österreich

mit 9 Anmeldungen vor den Niederlanden (7,5), jedoch hinter Kanada (112), Deutschland (54,2) und Schweden (13,5). Ein weiterer wichtiger Faktor sind **Investitionen und Förderungen**: Private Equity Investitionen in KI gehen in Österreich vorrangig in die Anwendungsfelder Software, General Purpose, Data and Analytics sowie Information Technology, zuletzt jedoch auch vermehrt in „kleinere“ Anwendungsfelder wie Biotechnology und Natural Language Processing (NLP). Ein Großteil des Risikokapitals für KI fließt in die Bereiche IT Infrastructure and Hosting, Business Processes and Support Services sowie Healthcare, Drugs and Biotechnology. In Österreich stehen sowohl **öffentliche Förderungen** speziell für KI als auch Förderprogramme, die nicht ausschließlich auf KI ausgerichtet sind (z.B. das Programm Digitale und Schlüsseltechnologien), zur Verfügung. Bei **KI-Infrastruktur** (z. B. Supercomputer) sowie der Nutzung/Verwertung von Daten herrscht in Österreich Aufholbedarf, auch wenn die Investitionen in Hard- und Software in den letzten Jahren gestiegen sind. Zu den relevanten **Kontextfaktoren** für KI in Österreich zählt etwa das Vorhandensein einer nationalen KI-Strategie, die vergleichsweise spät veröffentlicht wurde. Hinsichtlich des Vertrauens der Bevölkerung in KI-Technologien ist die österreichische Bevölkerung tendenziell skeptischer als im EU-Schnitt.

Aus der Zusammenschau der Literaturanalyse, der internationalen Good Practices und der Bewertung des österreichischen KI-Ökosystems lassen sich folgende **Schlussfolgerungen** und Handlungsfelder ableiten.

- **Keine Imitation** anderer Ökosysteme, sondern die **vorhandenen Spezialisierungen berücksichtigen** und strategisch weiter ausbauen.
- Ökosysteme sind **hochdynamisch**, weswegen ihre Entwicklung unterschiedliche Phasen berücksichtigen sollte. Ein **laufendes Monitoring** des Ökosystems und seines Umfelds ist unerlässlich.
- Das System unterschiedlicher **öffentlicher Förderungen** mit KI-Bezug sollte auf das bestehende Ökosystem und dessen Stärken **abgestimmt** sein.
- Hochschulen und Forschungseinrichtungen stellen eine Stärke des österreichischen KI-Ökosystems dar. Im Hinblick auf ihre wichtige Funktion zur Schaffung von Spin-offs und Startups, sollte die **Ausbildung von KI-Spezialist*innen** weiter **ausgebaut** werden.
- Um die Skalierung neuer Technologien zu beschleunigen, sollten **Anreize** zur (stärkeren) Einbindung großer (Tech-)Konzerne am KI-Standort Österreich geschaffen werden.
- Sicherstellen, dass **öffentliche Einrichtungen** eine **führende Rolle** als KI-Entwickler und -Anwender sowie bei der **Vernetzung** innerhalb des Ökosystems spielen.
- Kontinuierliche **Investitionen in die Recheninfrastruktur**, um bestehende Wettbewerbsnachteile zu beseitigen.
- Gezielte Investitionen in **niederschwellige Unterstützungsmaßnahmen** und effektive Wissenstransferformate, um die Nachfrage lokaler Unternehmen (inkl. KMU) nach KI-Anwendungen zu stärken.
- Die **Überführung von Forschungsergebnissen in Innovationen** und deren wirtschaftliche Verwertung sollte im KI-Ökosystem optimiert werden.
- Ein **institutionalisiertes Ökosystem-Management** (Orchestrator) sollte eingerichtet werden, um Ressourcen effektiver zu nutzen und Öffentlichkeitsarbeit gemeinsam zu koordinieren.

Executive Summary

Artificial intelligence (AI) is a key technology of digitalisation with enormous transformation potential for the global economy and society. As such, AI has a wide range of potential applications in various markets and industries. It therefore offers companies that utilise AI as a technology for innovative products and services in various forms great growth and market potential - globally, internationally and nationally. However, successful entrepreneurial and economic utilisation and exploitation of the technology is not a "sure-fire success" - it requires, among other things, a high level of expertise, availability of excellent knowledge, effective cooperation and networks and, above all, takes place in global competition.

In order for Austrian companies to successfully utilise the market potential associated with AI, they must therefore fulfil the highest requirements and be extremely competitive. However, this not only requires the individual companies themselves, but also a correspondingly favourable, supportive overall environment - an "ecosystem" - for companies in Austria as a business location.

This is why the Innovation and Digitalization Department of the Austrian Federal Economic Chamber (WKÖ) commissioned this study, which examines the functioning of ecosystems in detail. The **structure and scope of the study** are as follows:

First, ecosystems in general are examined as part of a literature analysis: Different types of ecosystems, their general characteristics and control mechanisms are described in more detail. Based on this general consideration, AI ecosystems in particular are analysed in the following chapters. Four international AI ecosystems are portrayed in detail in chapter 2.2. as examples of good practice and systematically described on the basis of desk research and interviews with local experts. The focus is then shifted to the Austrian AI ecosystem: Following an overview of important elements of the Austrian AI ecosystem, an analysis of strengths and weaknesses was carried out based on a primary survey. Using an online questionnaire, 125 experts from various AI-related organizations were asked for their assessment of various aspects of the national AI ecosystem. In an online workshop, the survey results and the associated opportunities and risks were discussed with seven experts from different AI stakeholder groups and a large number of measures to strengthen the national AI ecosystem were proposed (Chapter 3.3). Finally, Chapter 4 attempts to examine and measure the relevance of the domestic AI ecosystem using a variety of quantitative indicators. Finally, conclusions are formulated in chapter 5 on the basis of the findings in the previous parts of the study.

The **literature analysis** takes an in-depth look at four relevant **ecosystem types**, which pursue different goals depending on their focus:

- In **business ecosystems**, the focus is on the growth and continued existence of a particular company and its partners.
- In **innovation ecosystems**, the goals are geared towards technological progress and the commercialization of new ideas or value propositions.
- **Entrepreneurial ecosystems** contribute to economic growth and an increase in entrepreneurial activity in a specific region.
- **Knowledge ecosystems** are primarily aimed at generating and exchanging knowledge.

First, the literature review identifies important **elements** of ecosystem functioning (**agents, interactions and networks, resources and technologies, as well as contextual factors** such as culture or legal and political frameworks). In addition, factors that favour the development of ecosystems can be derived. These include a certain degree of **diversity** within the ecosystem, **dense networks** to promote exchange and facilitate cooperation, **an orchestrator** to ensure that services are maintained, **a supportive regulatory framework, sufficient resources, a favourable mindset and flexible governance**.

AI ecosystems in four countries (Canada, Germany, the Netherlands and Sweden) were analysed on both a quantitative and qualitative basis in order to gain a deeper understanding of how AI ecosystems function in practice, to enable a differentiated assessment of the strengths and weaknesses of the domestic system, and to derive lessons for Austria. The **international good practice examples** show that national AI strategies with clearly defined goals can be important drivers for the establishment of (regional) AI ecosystems. Universities are key pillars of AI ecosystems in all four AI ecosystems analysed. Large companies also play a central role, as does a dynamic start-up scene. The role of orchestrator is not formally assigned in all systems, but proves to be beneficial in some AI ecosystems. In any case, adequate resources are crucial for the functioning of AI ecosystems: In this context, some ecosystems benefit from large private funders who, alongside public investment, make a significant contribution to strengthening AI landscapes. Networking activities, formats and locations promote knowledge sharing, technology transfer and cooperation between different actors in all the AI ecosystems analysed. Last but not least, it is the structural and cultural framework that significantly shapes the functioning of the ecosystem.

The current **strengths and weaknesses of the Austrian AI ecosystem** were assessed as part of an online survey. The results show that the areas of infrastructure, funding and financing as well as human capital are predominantly classified as weaknesses by AI experts. The availability of data spaces for data exchange between organizations is viewed particularly critically, as are the two aspects of funding from private sponsors and investors and follow-up financing for AI startups. Public perception is also seen as a weakness in the domestic AI ecosystem, primarily due to insufficient measures to raise public awareness of the advantages and disadvantages of AI and to realistically assess its potential and risks. The area of human capital is rated as a weakness overall, in particular the availability of teaching staff for AI-relevant training and the lack of qualified AI specialists. The attractiveness of Austria as an AI location is assessed as unfavorable both for the influx of AI specialists from abroad and for the retention of AI specialists in Austria. The research sector, on the other hand, can be seen as a strength overall, particularly with regard to the quality of the output of basic AI research and applied AI research.

The **economic mapping** of the Austrian AI ecosystem is based on the identified success factors for successful AI ecosystems. An important factor here is the presence of relevant **players**, in particular industrial companies and AI startups. In general, 10.8% of all companies in Austria with 10 or more employees use AI technologies (Statistik Austria, 2023). In an EU comparison, this puts Austria in 9th place, above the EU average (8.0%) but behind countries such as the Netherlands and Germany. In the area of **interactions and networks**, (inter-)national collaborations are playing an increasing role in scientific AI publications.

As far as the **human capital** factor is concerned, the proportion of ICT graduates and ICT specialists in Austria is above the EU average at 5.3%, but behind countries such as Ireland, Finland and Sweden. At 14.4% of all online job advertisements, the general labour demand for ICT specialists in Austria in the 1st quarter of 2024 is comparatively high in an EU comparison (EU average: 7.9%). In the area of **research and innovation**, Austria lags behind its peer countries in terms of the publication of AI research contributions. In terms of AI patent applications per 1 million inhabitants, Austria is ahead of the Netherlands (7.5) with 9 applications, but behind Canada (112), Germany (54.2) and Sweden (13.5). Another important factor is **investment and funding**: Private equity investments in AI in Austria primarily go into the application fields of software, general purpose, data and analytics as well as information technology, but recently also increasingly into "smaller" application fields such as biotechnology and natural language processing (NLP). The majority of venture capital for AI flows into the areas of IT infrastructure and hosting, business processes and support services as well as healthcare, drugs and biotechnology. In Austria, both **public funding** specifically for AI and funding programs that are not exclusively geared towards AI (e.g. the programme Digitale und Schlüsseltechnologien) are available.

Austria has some catching up to do regarding **AI infrastructure** (e.g. supercomputers) and data use, although investments in hardware and software have increased in recent years. Relevant **contextual factors** for AI in Austria include the existence of a national AI strategy, which was published relatively late. In terms of public trust in AI technologies, the Austrian population tends to be more sceptical than the EU average.

The following **conclusions** and fields of action can be derived from the summary of the literature analysis, international good practices and the evaluation of the Austrian AI ecosystem.

- **No imitation** of other ecosystems, but **consideration of existing specialisations** and their strategic expansion.
- Ecosystems are **highly dynamic**, which is why their development should consider different phases. **Ongoing monitoring** of the ecosystem and its environment is essential.
- The system of different **public funding programmes** related to AI should be aligned with the existing ecosystem.
- Universities and research institutions are a strength of the Austrian AI ecosystem. In view of their important role in creating spin-offs and startups, the **training of AI specialists should be further expanded**.
- In order to accelerate the scaling of new technologies, **incentives** should be created for the (greater) involvement of large (tech) companies in Austria as an AI location.
- Ensure that **public organisations** play a **leading role** as AI developers and users and in **networking** within the ecosystem.
- Continuous **investment in computing infrastructure** to eliminate existing competitive disadvantages.
- Targeted investments in **low-threshold support measures** and effective knowledge transfer formats to strengthen the demand of local companies (incl. SMEs) for AI applications.
- The **transfer of research results into innovations** and their commercial exploitation should be further optimised.
- An **institutionalised ecosystem management** (orchestrator) should be implemented to connect stakeholders, use resources more effectively and coordinate public relations.

1 | Zielsetzung, Hintergrund und Umfang der Studie

Die fortschreitende Digitalisierung und die rasante Entwicklung der Künstlichen Intelligenz (KI) stellen wesentliche Treiber der modernen Wirtschaft dar. Vor diesem Hintergrund ist ein starkes, europaweit führendes österreichisches KI-Ökosystem ein wesentlicher Pfeiler für die Zukunftsfähigkeit der heimischen Wirtschaft. Dieses Ziel, das auch im Zentrum der KI-Positionierung der Wirtschaftskammer (WKO, 2023) steht, erfordert eine fundierte Analyse der Merkmale erfolgreicher KI-Ökosysteme und von entsprechenden Gestaltungsmöglichkeiten für den österreichischen Wirtschaftsstandort. Die vorliegende Studie zielt darauf ab, die notwendigen Grundlagen zu erarbeiten, um diese ambitionierte Zielsetzung zu realisieren.

Im Rahmen der Studie werden zunächst grundlegende Eigenschaften und wichtige Elemente von Ökosystemen im Allgemeinen identifiziert und analysiert. Darüber hinaus werden wesentliche Rollen innerhalb von Ökosystemen beschrieben und deren Relevanz für das Funktionieren eines KI-Ökosystems herausgearbeitet. Zur Ableitung von förderlichen Faktoren für KI-Ökosysteme werden außerdem vier internationale Good Practice Beispiele herangezogen und näher betrachtet. Die Studie bewertet des Weiteren den Status-quo des KI-Ökosystems in Österreich und identifiziert im Rahmen einer Online-Befragung Stärke- und Schwachfelder. Diese Stärken und Schwächen werden im Rahmen eines Workshops mit Expert*innen aus unterschiedlichen Stakeholdergruppen besprochen und mögliche Handlungsfelder und notwendige Maßnahmen zur Förderung des KI-Ökosystems erarbeitet. Darüber hinaus wird in der vorliegenden Studie ein umfangreiches Indikatoren-Set präsentiert, das eine Einschätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung von Künstlicher Intelligenz erlaubt.

Die gewonnenen Erkenntnisse stellen einen wichtigen Impuls zur Stärkung des heimischen KI-Ökosystems dar. Sie dienen u.a. auch der Vernetzung und strategischen Positionierung unterschiedlicher Akteure und Stakeholder im Bereich KI, einschließlich der Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ). Vom Aufbau eines effektiven Ökosystems und Netzwerks im Bereich KI profitieren letztlich die Unternehmen in Österreich durch einen verbesserten Zugang zu Ressourcen, Wissen und Vernetzung, was ihre Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit steigert und somit zur Stärkung des Wirtschaftsstandorts Österreich beiträgt.

Der Bericht ist folgendermaßen strukturiert: Kapitel 2 untersucht zunächst allgemein das Konzept der Ökosysteme. Dazu erfolgt in Kapitel 2.1. eine eingehende Literaturanalyse, die unterschiedliche Ökosystem-Typen und deren wesentliche Merkmale identifiziert. Kapitel 2.2 beleuchtet mittels spezifischer Kennzahlen und anhand von in qualitativen Interviews erhobenen Merkmalen die KI-Readiness vier unterschiedlicher Länder und portraitiert deren (teils regionale) KI-Ökosysteme. Kapitel 3 liefert einen Überblick über das heimische KI-Ökosystem und zeigt die Ergebnisse einer umfangreichen Stärken-Schwächen-Analyse. Darauf aufbauend werden die Chancen und Risiken im KI-Bereich erörtert und ein Katalog an möglichen Maßnahmen für ein zukunftsfähiges österreichisches KI-Ökosystem dargestellt. In Kapitel 4 erfolgt eine Vermessung des heimischen KI-Ökosystems mit dem Ziel, seine ökonomische Bedeutung anhand vielfältiger Kennzahlen abzuschätzen. Im abschließenden Kapitel werden auf Basis der vorangegangenen Berichtsteile Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des Ökosystems gezogen.

2 | Ökosysteme: Arten, zentrale Elemente und Funktionsweisen

2.1 | Literaturanalyse

Als ein grundlegender Baustein der Studie erfolgt zunächst eine ausführliche Literaturanalyse, die das Thema Ökosysteme allgemein beleuchtet. Ziel der Literaturanalyse ist es, einen Überblick über gängige Arten von Ökosystemen zu schaffen und darüber hinaus die zentralen Anforderungen an und Merkmale von Ökosysteme(n) zu identifizieren. Die Literaturanalyse folgt zwei methodischen Ansätzen. Erstens wurden relevante Artikel über eine Onlinesuche (google scholar) recherchiert. Zweitens wurde mithilfe der Literaturdatenbank Dimensions¹ anhand vorab definierter Suchwörter (siehe Anhang) nach Review-Artikeln zu Ökosystemen gesucht. Die Suche wurde auf den Zeitraum 2014 bis 2024 und auf bestimmte Forschungsfelder (z.B. Management) eingeschränkt. Aufgrund der häufigen Verwendung des Ökosystemkonzepts in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und der damit einhergehenden hohen Trefferzahl wurden zudem nur jene Artikel aufgenommen, die in den Top 25 % der in scimagojr² gelisteten Journals erschienen sind. Abschließend wurden die jeweiligen Abstracts auf inhaltliche Übereinstimmung mit dem Projektvorhaben überprüft und in die Analyse aufgenommen bzw. aus dieser ausgeschlossen.

Die auf diese Weise ausgewählten 43 Artikel (siehe Kapitel 6.2) wurden anhand folgender Forschungsfragen analysiert:

- Welche Definitionen und/oder Typen von Ökosystemen finden sich in der Literatur?
- Was sind die zentralen Elemente von Ökosystemen?
- Welche Akteure gibt es in Ökosystemen und was sind ihre Rollen?
- Welche Funktionen erfüllen Ökosysteme bzw. sollen Ökosysteme erfüllen?
- Welche Bedeutung haben geografische Grenzen für Ökosysteme?
- Braucht es eine kritische Masse an Akteuren für ein Ökosystem?
- Was sind die Steuerungsmechanismen eines Ökosystems?
- Wie kann der Erfolg eines Ökosystems gemessen werden?
- Welche Faktoren hemmen oder fördern das Funktionieren von Ökosystemen?

2.1.1 | Ökosystembegriff und Arten von Ökosystemen

Der Ökosystem-Begriff

Im Jahr 1935 führte der Brite Arthur Tansley den Begriff „Ökosystem“ in die biologischen Wissenschaften ein. In den Naturwissenschaften wird Ökosystem beispielsweise als eine „dynamische Gemeinschaft von Organismen definiert, die in einer bestimmten Umgebung leben und durch Wechselwirkungen miteinander und mit ihrer Umwelt verbunden sind.“ (Odum, 1971). Moore (1993) hat den Ausdruck in den ökonomischen Kontext übertragen, wo Unternehmen innerhalb von Business Ökosystemen kooperativ und wettbewerbsorientiert arbeiten, um neue Produkte zu entwickeln, Bedürfnisse von

¹ <https://www.dimensions.ai/>

² www.scimagojr.com; Der SCImago Journal & Country Rank ist ein öffentlich zugängliches Portal, das die wissenschaftlichen Indikatoren für Zeitschriften und Länder enthält, die aus den Informationen der Scopus-Datenbank (Elsevier B.V.) entwickelt wurden. Diese Indikatoren können zur Bewertung und Analyse wissenschaftlicher Bereiche verwendet werden.

Kund*innen zu decken und Innovationen voranzutreiben. In den vergangenen Jahren hat der Begriff des Ökosystems im wirtschaftlichen Kontext an Popularität gewonnen. Es haben sich verschiedene Konzepte von Ökosystemen entwickelt, wobei sich keine einheitliche Definition durchsetzen konnte. Nachfolgend werden die in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur am häufigsten genannten Typen von Ökosystemen sowie mögliche Definitionen präsentiert.

Tab. 1 | Vier bedeutende Typen von Ökosystemen im wirtschaftswissenschaftlichen Kontext

Typen	Unternehmens- ökosystem (Entrepreneurial Ecosystems)	Geschäftsökosystem (Business Ecosystems)	Innovationsökosystem (Innovation Ecosystems)	Wissensökosysteme (Knowledge Ecosystem)
Fokus	Unternehmertum und der Kontext, in dem unternehmerisches Handeln eingebettet ist	einzelne Firmen, Produkte, Leistungen, Lösungen	Innovationsaktivitäten und die Kombination von Elementen zu einer Gesamtlösung	Wissensgenerierung, -austausch und -transfer
Akteure 	arbeiten innerhalb einer Region koordiniert zusammen, wodurch vermehrt produktives unternehmerisches Handeln gefördert wird	Ein Set aus Akteuren arbeitet zusammen, um bestimmte Kund*innenbedürfnisse zu decken und Innovationen umzusetzen	Mehrere Akteure arbeiten gemeinsam zur Entwicklung einer Innovation mit Fokus auf Wissens- und Technologietransfer	Akteure benötigen die jeweilige Expertise des/der anderen
Ziel 	Wirtschaftliches Wachstum und Wohlstandsgenerierung	Wirtschaftliches Wachstum und Fortbestehen der beteiligten Unternehmen und ihrer Partner	Technologischer Fortschritt, Wettbewerbsvorteile	Vorantreiben von Innovation und Forschung, Schaffung kollaborativer Umgebungen

Quelle: KMU Forschung Austria

Vier Typen von Ökosystemen

In den untersuchten Studien lassen sich im Wesentlichen vier Typen von Ökosystemen identifizieren. Gemeinsam ist diesen Typen, dass sie jeweils die Dynamik und die Wechselseitigkeit unterschiedlicher Elemente in einem mehr oder weniger stark abgegrenzten System in den Fokus rücken (Scaringella & Radziwon, 2017). Die Beziehungen der einzelnen Elemente untereinander werden durch bestimmte Werte oder gemeinsame Wertvorstellungen gestaltet. Cobben et al. (2022, S. 139) definieren das Konzept Ökosystem „as a multilateral structure of organisations that materialises a joint value proposition.“ Je nachdem, welchen Nutzen Akteure aus einem Ökosystem ziehen (können), liegt der Fokus auf unterschiedlichen Aspekten. Auch wenn sich diese vierteilige Untergliederung gut als erweiterter Analyseraster für den Literaturkorpus dieser Studie eignet, finden sich jedoch durchaus auch Beispiele, die auf Basis der Literatur andere Ökosystemtypen bilden (siehe etwa Tsujimoto et al., 2018 oder Scaringella & Radziwon, 2017).

Business- oder Geschäftsökosysteme konzentrieren sich auf einzelne, zentrale Firmen („focal firms“) und deren Produkte bzw. Leistungen sowie deren Beziehung zu anderen Akteuren die durch die Bereitstellung ihrer Produkte/Dienstleistungen zum Ökosystem beitragen (Scaringella & Radziwon, 2017). Ein solches Ökosystem kann definiert werden als ein System, indem Unternehmen kooperativ und wettbewerbsorientiert zusammenarbeiten, um neue Produkte zu entwickeln, Kundenbedürfnisse zu decken und Innovationen zu implementieren (Moore, 1993, S.76; Cobben et al., 2022). Angestrebtes Ergebnis ist die gemeinsame (Weiter-)Entwicklung der Ökosystemmitglieder (Scaringella & Radziwon, 2017).

In **Innovationsökosystemen** liegt der Fokus auf der Förderung von Innovationen sowie auf Wissensflüssen und Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Akteuren (Scaringella & Radziwon, 2017). Im Gegensatz zum Geschäftsökosystem spielen verstärkt auch Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie öffentliche Akteure eine entscheidende Rolle (Cobben et al., 2022). Im Mittelpunkt steht die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure zur Entwicklung von Innovationen sowie die Bedingungen, die Innovationstätigkeiten unterstützen (Cobben et al., 2022; Adner 2006). Granstrand und Holgersson (Granstrand & Holgersson, 2020) betonen die Bedeutung von wesentlichen Elementen wie Akteure, Aktivitäten, Artefakte (als Wissensträger und Enabler, etwa Hochtechnologieprodukte wie Chips), Institutionen und komplementäre sowie substituierende Beziehungen und weisen insbesondere auf die Relevanz von Aspekten wie Kooperation und Wettbewerb hin: "An innovation ecosystem is the evolving set of actors, activities, and artifacts, and the institutions and relations, including complementary and substitute relations, that are important for the innovative performance of an actor or a population of actors." (ebd). Es bestehen große Überschneidungen zwischen diesem Konzept und dem der Geschäftsökosysteme (Scaringella & Radziwon, 2017), denn beide ziehen viele Parallelen zu biologischen Entwicklungen (Konzept der Evolution, etc.) (vgl. Cobben et al., 2022).

Unternehmensökosysteme rücken den Kontext, in dem Unternehmertum eingebettet ist, in den Mittelpunkt. Dementsprechend verlagert sich der Blickwinkel von den Unternehmen hin zu den Unternehmer*innen, die neue Werte schaffen und dabei auf eine Vielzahl von Steuerungs- und Organisationsformen zurückgreifen, die wiederum durch den sie umgebenden spezifischen institutionellen Kontext ermöglicht oder begrenzt werden (Cobben et al., 2022). Der Fokus liegt auf wirtschaftlichem Wachstum und Wohlstandsgenerierung durch die Interaktion unterschiedlicher Akteure (vgl. Stam, 2015, S. 1764; Scaringella & Radziwon, 2017). Stam definiert Unternehmensökosysteme als „sets of interdependent actors and factors coordinated in such a way that they enable productive entrepreneurship.“ (S. 1765) Dies erfolgt in der Regel innerhalb eines bestimmten, abgrenzbaren Territoriums (Stam & Spigel, 2022). Es stehen privatwirtschaftliche, öffentliche und zivile Akteure und deren Interaktionen im Fokus (Bouncken & Kraus, 2021). Die Bedeutung großer, zentraler Akteure, sogenannter „focal firms“, ist etwas weniger stark ausgeprägt als in Geschäftsökosystemen, häufig auch, weil sie als solche (noch) nicht existieren. Das Konzept wird in unterschiedlichen Varianten weiterentwickelt, beispielsweise im Kontext von „Sustainable Entrepreneurial Ecosystems (SEE)“ (Volkmann et al., 2018) oder im Rahmen von „Emerging Entrepreneurial Ecosystems“ (Hannigan et al., 2022).

In **Wissensökosystemen** liegt der Fokus wiederum auf bestimmten Akteurskonstellationen, die in besonderem Maße von einem Austausch von Wissen untereinander und häufig auf eine gewisse geografische Nähe angewiesen sind (vgl. Cobben et al., 2022). Van der Borgh et al. (2012, S. 151) definieren Wissensökosysteme als "heterogeneous set of knowledge-intensive companies and other participants that depend on each other for their effectiveness and efficiency, and as such need to be located in close proximity." Diese Ökosysteme bestehen aus einer Vielzahl von Akteuren, darunter Universitäten, öffentliche Forschungseinrichtungen und privatwirtschaftliche Unternehmen, die kollaborativ neues Wissen schaffen (Järvi et al., 2018). Zweck des Ökosystems ist insbesondere die Übertragung von "tacit knowledge" zwischen Akteuren (d.h. Organisationen aber auch zwischen Personen) (Scaringella & Radziwon, 2017).

Zwischen allen Typen zeigen sich konzeptionell Überschneidungen, z.B. die Förderung wirtschaftlicher Akteure zur Realisierung bestimmter (wirtschaftlicher) Nutzen oder die Umsetzung von Innovationen. Innovation bzw. Innovationstätigkeit ist in allen Ökosystemtypen von zentraler Bedeutung. Cobben et al. (2022) arbeitete einige Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Ökosystemtypen heraus: So umfassen die Wirkebenen in Geschäfts- und Innovationsökosystemen in erster Linie die jeweiligen Partnernetzwerke, in Wissensökosystemen und unternehmerischen Ökosystemen gibt es (meist) keinen zentralen Akteur („focal firm“) im Ökosystem, entsprechend sind die Outcomes oder der generierte Wert nicht auf Ebene der Unternehmen und ihrer Partner sondern eher

auf Systemebene verortet (z.B. Ausmaß an F&E-Aktivitäten, Wirtschaftswachstum, Schaffung von Arbeitsplätzen, etc.).

Zudem lassen sich die vier Typen nach ihren wichtigsten **Zielen** differenzieren (ebd.):

- In Geschäftsökosystemen steht das Wachstum und Fortbestehen eines bestimmten Unternehmens und seiner Partner im Vordergrund.
- In Innovationsökosystemen richten sich die Ziele an technologischen Fortschritt und die Vermarktung von neuen Ideen bzw. „value propositions“.
- Unternehmensökosysteme sollen (meist ebenfalls durch Innovationen) zu wirtschaftlichem Wachstum und einer Erhöhung der unternehmerischen Aktivität in einer bestimmten Region beitragen.
- In Wissensökosystemen sind die Ziele vorrangig auf die Erleichterung der Wissensgenerierung und des Wissensaustausches ausgerichtet.

Da die Akteure in den Ökosystemen vielfältige Positionen und Rollen einnehmen und unterschiedlichste Aktivitäten ausführen können, und damit auch an mehreren Ökosystemen teilnehmen können, ergeben sich unter Umständen auch in der Praxis gewisse Überlagerungen. Die vier Typen können daher vor allem als einander ergänzende und komplementäre Betrachtungsweisen des Phänomens „Ökosystem“ verstanden werden (vgl. Adner 2017).

Verwandte Konzepte zu Ökosystemen

Neben Ökosystemen gibt es eine Reihe weiterer Konzepte, wie etwa Cluster, Netzwerke etc. Stam & Spiegel (2016) liefern in der nachfolgenden Tabelle eine übersichtliche Aufstellung, wie sich Unternehmensökosysteme von anderen gängigen und ähnlichen Konzepten abgrenzen.

Tab. 2 | Merkmale von unternehmerischen Ökosystemen im Vergleich zu verwandten Konzepten

	Industrielle Distrikte, Cluster, Innovationssysteme, Netzwerke	Unternehmensökosystem
Fokus	Fokus liegt auf den ökonomischen und sozialen Strukturen eines Ortes , die Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beeinflussen. Dabei wird oft kein Unterschied zwischen Startups und anderen Organisationstypen gemacht.	Startups stehen im Mittelpunkt und werden konzeptionell von etablierten Großunternehmen und weniger wachsenden KMU unterschieden.
Rolle des Wissens	Wissen, besonders aus Universitäten und Forschungseinrichtungen, wird als Quelle für neue technologische und Markterkenntnisse genutzt, um die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern .	Unternehmerisches Wissen ist zentral und wird durch informelle Netzwerke, Organisationen und Schulungen unter Gründer*innen und Mentor*innen geteilt.
Wirkungsbereich	Private Unternehmen und der Staat sind die Hauptakteure, wenig Raum für individuelles Handeln.	Unternehmer*in als zentraler Akteur, Staat wirkt unterstützend durch öffentliche Investitionen.

Quelle: Stam & Spiegel (2016), eigene Darstellung

Cluster und Netzwerke können Teil von Ökosystemen sein bzw. sind es häufig, unter Umständen stellen sie sogar konstituierende Merkmale dar, so etwa insbesondere in Innovationsökosystemen (Cobben et al., 2022).

Laufende Weiterentwicklung des Konzeptes

Wichtig für die weitere Analyse ist, dass das Ökosystemkonzept selbst stetig weiterentwickelt wird. Neue Impulse kommen vor allem aus Fallstudien, der Anwendung der unterschiedlichen Konzepte in der Empirie sowie aus theoretischen Überlegungen. Aufgrund der Offenheit des Konzepts ist eine taxative Erfassung von Elementen, die zu einem Ökosystem gehören (sollten), sowie die Definition von Erfolgsfaktoren nur bedingt möglich. Die Literatur kann allerdings wertvolle Hinweise auf die Bedeutung von Strukturen und Rollen sowie die Steuerungsmöglichkeiten von Ökosystemen geben. Diese sollen in der Folge näher dargestellt werden.

2.1.2 | Elemente, Rollen und Funktionen in Ökosystemen

Die Elemente, die für ein Ökosystem relevant sind, hängen entscheidend von der Perspektive oder dem Analysefokus ab. Asmit et al. (2024) unterscheiden in Ökosystemen zwischen Akteurs-Elementen und Nicht-Akteurs-Elementen. Zu den Akteuren zählen akademische Einrichtungen, Business- und Regierungsakteure sowie die Ökosystem-Community. Die Nicht-Akteurs-Komponenten umfassen: Humankapital, Netzwerke, Kultur, Finanzsysteme, Governance Systeme, Infrastruktur, Umweltressourcen und den Markt oder die Märkte. Bergmann (2022) unterscheidet in ähnlicher Weise zwischen Akteuren und Faktoren, wobei zu den Akteuren öffentliche Institutionen, Universitäten, Medien, Wissenschaftler*innen etc. zählen und die Faktoren Politik, Infrastruktur, kulturelle Normen und Finanzierungssysteme umfassen. Nach Malecki (2018) können zu den relevanten Elementen von Ökosystemen folgende hinzugerechnet werden: Unternehmer*innen, Firmen, Hochschulen, Investoren, öffentliche Organisationen, Netzwerke sowie kulturelle Werte. Eine besonders kritische Bedeutung für den Erfolg kommt dabei den Netzwerken zu (Malecki, 2018; Scott et al., 2021). Für Startups spielen insbesondere auch Universitäten eine essentielle Rolle, zum einen weil sie Forschung und Ausbildung betreiben, zum anderen weil sie über Transferzentren und Inkubatoren auf das Gründungsgeschehen einwirken. Isenberg (2011) definiert unter Bezugnahme auf das Unternehmensökosystem sechs Domänen: Kultur, Politik und Führung, Finanzierungsmittel, Humankapital, Märkte, Unterstützungsmaßnahmen. Durch unterschiedliche Ausprägungen dieser Faktoren können jeweils verschiedene Ökosysteme mit unterschiedlichen Bedarfen entstehen. Maroufkhani et al. (2018) erweitern dieses Modell um die Domänen „Industrial Dynamics“ und „Crowdsourcing“, indem sie Kund*innenpräferenzen und die Möglichkeit, auf eine breite Palette von Ressourcen, Ideen und Lösungen der „Crowd“ zugreifen zu können, miteinbeziehen. Stam (2015) beschreibt neun wichtige Attribute von unternehmerischen Ökosystemen: Leadership, Intermediäre, Netzwerkdichte, Governance, Talente, Unterstützungsleistungen, Engagement, Firmen und Kapital. Stephens et al. (2022) erarbeiten auf Basis einer empirischen Analyse 16 unterschiedliche Ökosystemdimensionen, und fügen zu den oben genannten noch die Bereiche Ausbildungsprogramme, Businessnetzwerke, Infrastruktur sowie Personalentwicklung hinzu. Auch Thai et al. (2023) schlagen einen eigenen Rahmen basierend auf einer Literaturanalyse zu unternehmerischen Ökosystemen vor, der acht Bereiche (Politik, Finanzierung, Kultur, Unterstützungsleistungen, Humanressourcen, Märkte, Wissenstransfer und Netzwerke) umfasst. Andere Autoren betonen stärker Aspekte wie Raum und Digitalisierung (Autio et al., 2017) oder die Bedeutung digitaler Infrastrukturen für digitale Ökosysteme (Bejjani et al., 2023). Kulturelle Faktoren, wie unternehmerische Werte und soziale Normen beeinflussen Unternehmertum in Ökosystemen ebenfalls entscheidend (Brown et al., 2017).

Auf Basis der Literatur lassen sich folgende Elemente identifizieren, die für alle Ökosysteme relevant sind: Akteure, Interaktionen und Netzwerke, Ressourcen und Technologien, Kontextfaktoren, Prozesse/dynamische Entwicklungen.

- **Akteure:** Akteure sind zentrale Elemente, haben bestimmte Positionen im Ökosystem inne und üben Aktivitäten aus, die eine (Weiter-)Entwicklung begünstigen (Adner, 2017). In Geschäfts- und Innovationsökosystemen stehen Unternehmen und dabei meist bestimmte zentrale Firmen im Mittelpunkt. Diese interagieren mit Partnern, Zulieferern und Kund*innen bzw. im Innovationsökosystem auch intensiv mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen, um (gemeinsam) Wertschöpfung zu generieren. In Unternehmensökosystemen stehen Unternehmer*innen und deren Einbettung in ein vielschichtiges Akteursnetzwerk, bestehend aus privaten, öffentlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren im Fokus. In Wissensökosystemen agieren Hochschulen und ihr Netzwerk aus Firmen, die für Wissensgeneration meist innerhalb einer bestimmten geografischen Region sorgen (Scaringella & Radziwon, 2017).
- **Interaktionen und Netzwerke:** Interaktionen zwischen den Akteuren erhalten das Ökosystem und sind somit ein entscheidender Teil für dessen Fortbestand. Sie basieren meist auf Ko-Spezialisierung der unterschiedlichen Akteure, die ansonsten eher lose miteinander verbunden oder nebeneinander bestehen, weshalb laufend Aktivitäten zur Anziehung, Auswahl und Engagement der Ökosystemmitglieder gesetzt werden müssen (Burström et al., 2023). Hierbei sind eine Reihe von Faktoren wie etwa die Art der Beziehung (kooperativ oder kompetitiv) und die jeweiligen Rollen der Akteure relevant. Akteure können unterschiedliche Interaktionsstrategien verfolgen (vgl. Scaringella & Radziwon, 2017): Beispielsweise können Unternehmen durch Kooperation die für die Umsetzung einer Innovation notwendigen Ressourcen erhalten, oder sie können das Netzwerk eines Ökosystems nutzen, um eigene Lösungen schneller zu skalieren. Interaktionen und Verbindungen zu anderen können unterschiedlich strukturiert sein: formell oder informell, d.h. vorwiegend auf Vertrauen beruhend (Bouncken & Kraus, 2021). Wenn es um die Stärkung von Innovationen geht, ist die Kollaboration zwischen Akteuren der Privatwirtschaft, Bildungs- und Forschungseinrichtungen sowie öffentlichen Akteuren (z.B. Regierungen) von besonderer Bedeutung („Triple Helix Model“) (Robertson et al., 2020). Autio et al. (2017) weisen auf die neuen Möglichkeiten durch den Einsatz digitaler Technologien hin, die neuartige Formen der Interaktion ermöglichen.
- **Ressourcen und Technologien:** Dazu zählen materielle und immaterielle Ressourcen: Wissen, Artefakte, Talente, Finanzkapital und weitere Ressourcen, die für die Entwicklung von Ökosystemen relevant sind. (vgl. Granstrand & Holgersson, 2020, Hannigan et al., 2022)
- **Kontextfaktoren** wie Kultur und rechtliche sowie politische Rahmenbedingungen können einen Einfluss auf die Entstehung, Ausgestaltung und den Fortbestand von Ökosystemen sowie auf die Interaktionsmuster zwischen Akteuren ausüben.

Ökosysteme sind per se keine statischen Gebilde, sondern unterliegen **dynamischen Prozessen bzw. Entwicklungsphasen**. In der Literatur werden häufig vier Phasen unterschieden: die Entstehung, das Wachstum, die Reife sowie der Niedergang oder die Erneuerung von Ökosystemen (Buratti et al., 2022; Malecki, 2018; Scott et al., 2022). Andere Ansätze betonen nicht-lineare Entwicklungen und rekursive Prozesse der Anpassung und Resilienz (Cho et al., 2021). Durch die zeitliche Perspektive lassen sich wichtige Prozesse wie Unternehmensgründungen oder die unterschiedlichen Entwicklungsphasen von Innovationen erfassen (vgl. Alvedalen & Boschma, 2017).

Die Akteursebene kann noch näher in Hinblick auf Typen und Rollen spezifiziert werden. In der Literatur häufig genannte **Akteurstypen** sind: **Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Ausbildungsstätten, Öffentliche Verwaltungen/Regierungen, NGOs, Finanzinstitutionen, Einzelpersonen (als Mentor*innen, Berater*innen etc.) sowie Nutzer*innen und Konsument*innen**. Insbesondere was die Umsetzung von Innovation betrifft, sind Universitäten, Startups, Inkubatoren und Akzeleratoren von großer Bedeutung (Chaudary et al., 2024; Brown et al., 2017). Speziell in Unternehmensökosystemen kommt in der Literatur auch öffentlichen Akteuren eine besondere Bedeutung zu, da nur wenige Akteure über die Möglichkeiten verfügen, ein Ökosystem entscheidend beeinflussen zu können (vgl. Isenberg, 2011). Öffentliche Akteure können sowohl innerhalb als auch außerhalb von Ökosystemen Bedingungen schaffen, damit sich

(bereits bestehende) Ökosysteme möglichst gut selbst erhalten können (vgl. ebd.). Es werden aber auch bestehende Schwächen und Lücken der Forschung thematisiert, beispielsweise besteht nach wie vor die Herausforderung, sämtliche relevante Akteure in oder die Grenzen von Ökosystemen zu identifizieren. Zudem fehlt es an etablierten Konzepten, um die Rollen und Beziehungen zwischen Akteuren in Ökosystemen besser erfassen zu können (vgl. Carayannis et al., 2022).

Rollen, die Akteure in Ökosystemen einnehmen können, sind meist konzeptionell an die Ökosystemtypen gebunden. In akteurszentrierten Ökosystemen, die häufig plattformbasiert sind, finden sich: *Keystone-Unternehmen oder -Organisationen, Hubbetreiber (hub landlord), Dominator und Nischenplayer* (Scaringella & Radziwon, 2017). In Wissensökosystemen und Unternehmensökosystemen entstehen hingegen häufig clusterartige Strukturen (Cobben et al., 2022). Die Zusammenarbeit der Akteure dort kann über einen **Orchestrator** organisiert sein, der das Ökosystem, das sonst nur als loses Netzwerk aus Akteuren charakterisiert wäre, zusammenhält (vgl. Dedehayir et al., 2018). Interaktionen und Ökosystemstrukturen können sich aber auch aus der Ko-Evolution der unterschiedlichen Akteure ergeben, oder an spezifische Plattformen gebunden sein (Scaringella & Radziwon, 2017). Neben dem Orchestrator kommt auch den **Komplementären** eine wichtige Rolle zu, denn deren Produkte oder Dienstleistungen steigern den Wert eines Hauptprodukts bzw. einer -dienstleistung. Dieser Wertzuwachs resultiert aus den zusätzlichen Vorteilen, die durch die Kombination verschiedener Leistungen entstehen (Carst & Hu, 2023).

Jacobides et al. (2016) sehen die Rolle von **öffentlichen Akteuren** vor allem beim Setzen von Standards, Regeln und Schnittstellen die ein autonomeres Funktionieren von Ökosystemen ermöglichen.

Nach Johnson et al. (2022) können öffentliche Akteure wie Verwaltungen und Regierungen in Unternehmensökosystemen vier Rollen einnehmen: Die eines Katalysators, eines Koordinators, eines Zertifizierers und die eines Kunden.

Als Katalysator fördern sie die Entwicklung sowohl von Humankapital als auch von HighTech-Unternehmen innerhalb des Ökosystems. In der Rolle des Koordinators versuchen sie über Innovationspolitik die Outputs des Ökosystems in bestimmte Richtungen zu lenken, als Zertifizierungsstelle informieren sie über den technischen Wert und/oder die wirtschaftliche Lebensfähigkeit der entwickelten Innovationen. Schließlich können öffentliche Akteure als Nachfrager der entwickelten Produkte und Services auftreten.

Forschungseinrichtungen spielen eine bedeutende Rolle als Orte der Wissensgenerierung und des Transfers von Wissen. **Bildungseinrichtungen** versorgen Ökosysteme mit Humanressourcen indem sie zur Ausbildung von Talenten beitragen. Schließlich gibt es in Ökosystemen auch diejenigen, die den Output verwerten, d.h. Nutzer*innen und Konsument*innen. Diese fragen spezifische Lösungen (Produkte, Dienstleistungen, Wissen, etc.) nach und können darüber hinausgehend auch in Feedback-Mechanismen eingebunden werden.

Je nach Ökosystemtyp stehen andere zu erfüllende **Funktionen** im Vordergrund. Wichtig ist zu beachten, dass die Ökosystemtypen eine konzeptionelle Unterscheidung darstellen. Sowohl für einzelne Akteure als auch für das Gesamtsystem können mehrere oder alle Funktionen relevant sein. Die jeweiligen Funktionen hängen zudem von den Interessen der Akteure in Ökosystemen sowie deren Zielsetzungen (vgl. Tabelle 1) ab. Als die wichtigste Funktion von Ökosystemen kann daher die Umsetzung der Ziele unter Einbindung der dafür benötigten Akteure angesehen werden:

Wissensgenerierung und Innovationstätigkeiten: Ökosysteme ermöglichen bzw. begünstigen die Umsetzung von Forschungs-, Entwicklungs-, und Innovationsprojekten durch bereits im Ökosystem vorhandenes Wissen bzw. durch Impulse von unterschiedlichen Ökosystemteilnehmer*innen.

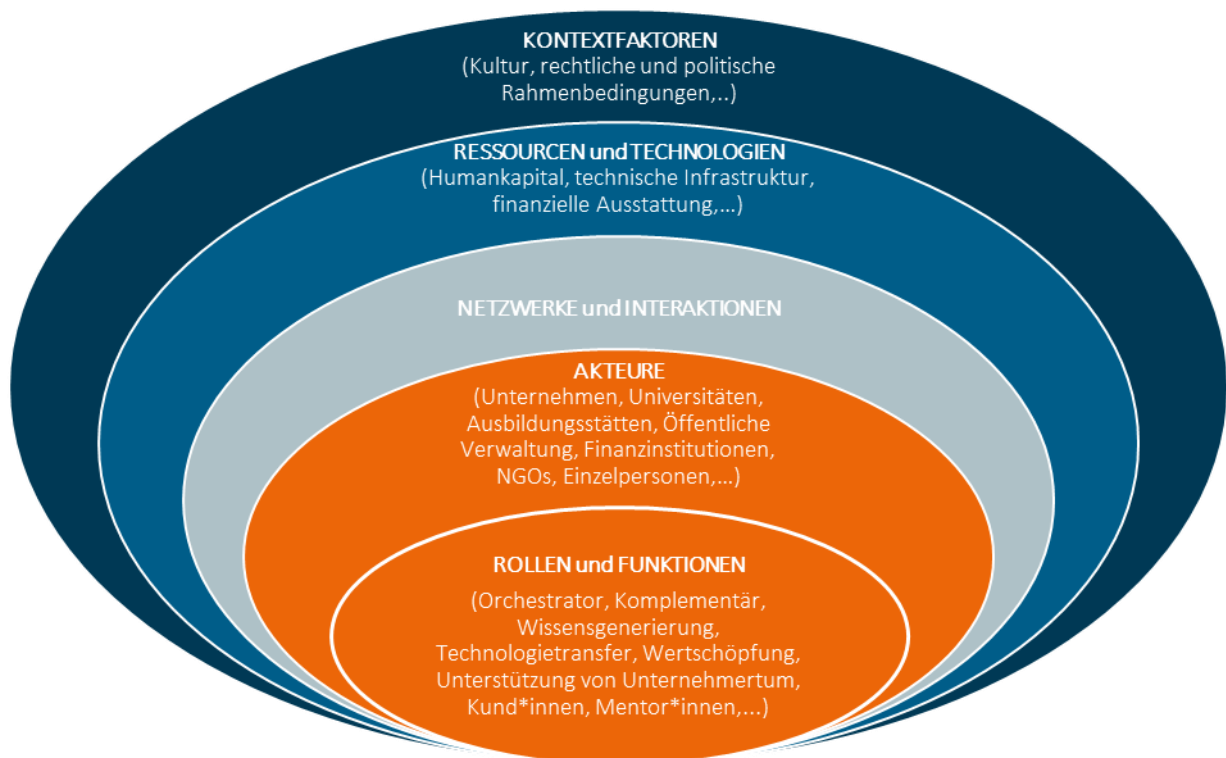
Wissens- und Technologietransfer: Die Erleichterung des Transfers von Wissen und Technologie innerhalb des Ökosystems ist eine zentrale Funktion, die zur Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen und zur Verbesserung bestehender Angebote beiträgt.

Wertschöpfung: Durch die kooperative Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen können Ökosysteme effektiv auf die Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer*innen eingehen und so zur Kundenzufriedenheit und -bindung beitragen. Ökosysteme tragen zudem zur wirtschaftlichen Entwicklung bei, indem sie Innovation und Unternehmertum fördern und ein günstiges Umfeld für entsprechende Aktivitäten schaffen.

Unterstützung von Unternehmertum: Durch Kapitalflüsse, Beratung und die Bereitstellung eines Netzwerks von Kollaborationen zwischen verschiedenen Akteuren unterstützen Ökosysteme Unternehmer*innen in allen Phasen ihrer unternehmerischen Vorhaben.

Daneben erfüllen Ökosysteme eine Reihe weiterer Funktionen, die eher spezifisch sind und in unterschiedlichem Ausmaß eine Rolle spielen können. Durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure und der Vielfalt und Komplexität der Beziehungen innerhalb eines Ökosystems erhöht sich auch die Resilienz und Anpassungsfähigkeit. Ökosysteme sind zudem Spots für die Aus- und Weiterbildung von Talenten, die als Humanressourcen zur Entwicklung und zum Fortbestehen der Ökosysteme beitragen.

Abb. 1 | Überblick über die wesentlichen Elemente eines Ökosystems und die damit verbundenen Rollen und Funktionen



Quelle: KMU Forschung Austria

2.1.3 | Steuerbarkeit von Ökosystemen

Externe Faktoren haben einen entscheidenden Einfluss auf die Ausgestaltung von Ökosystemen, indem sie gewissermaßen den Rahmen abstecken, in dem Akteure in Ökosystemen agieren, Ressourcen nutzen, Aktivitäten ausführen und in Beziehung zueinander treten. Bedeutsame Faktoren sind etwa Infrastruktur, Marktzugang, Leadership, Finanzierung, Talente, Wissen und Unterstützungsleistungen (vgl. Stam &

Spigel, 2016). Ebenso können Gesetze, Richtlinien sowie Standards und Normen die Entwicklung von Ökosystemen nachhaltig prägen (Robertson, 2020). Ein weiterer wichtiger Aspekt der Steuerung von Ökosystemen ist die Koordination von Wissensflüssen innerhalb des Netzwerks.

Ökosystemmanagement basiert auf Entscheidungen der Akteure innerhalb des Ökosystems und schließt Aspekte wie Entscheidungsrechte der Akteure sowie formelle und informelle Steuerungsmechanismen ein (Burström et al., 2023). Die Steuerungsmechanismen von Ökosystemen umfassen formelle und informelle Netzwerke, politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen sowie die kulturelle und soziale Umgebung. Diese Elemente bilden zusammen das Fundament des Ökosystems und beeinflussen dessen Entwicklung und Lenkung. Insbesondere in peripheren Gebieten ist politische und institutionelle Unterstützung ein wichtiger Mechanismus zur Förderung von Ökosystemen.

Es kann unterschieden werden zwischen **top-down und bottom-up Ansätzen** (Cho et al., 2021). Bottom-up-Ansätze betonen die Rolle von Unternehmer*innen und kulturellen Wertvorstellungen. Diese Perspektive sieht die Evolution des Ökosystems als unternehmergeführt an, wobei die kulturelle Identität und das informelle Netzwerk von Akteuren die Steuerung und Anpassungsfähigkeit des Systems prägen. Demgegenüber steht der Top-down-Ansatz, bei dem staatliche und institutionelle Akteure durch die Bereitstellung von Ressourcen, die Finanzierung von Inkubatoren und Beschleunigern sowie durch Mentoring-Programme eine aktive Rolle in der Steuerung des Ökosystems übernehmen (vgl. Cho et al., 2021). Eine effektive Steuerung von Ökosystemen kombiniert Elemente aus Bottom-up- und Top-down-Ansätzen. Dafür ist ein tiefes Verständnis der internen Dynamiken notwendig, sowie ein hohes Maß an Flexibilität aufgrund der multiskalaren Einflüsse, denen Ökosysteme in der Regel ausgesetzt sind.

Eine weitere Typologie, entwickelt von Bejjani et al. (2023), basiert auf den Dimensionen Kollaboration und Autonomie innerhalb digitaler Unternehmensökosysteme. Diese Perspektive verdeutlicht, dass die Steuerbarkeit und Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen in hohem Maße von der Interaktion und dem Grad der Unabhängigkeit der beteiligten Akteure abhängen.

Viele Ökosysteme werden von einem **Orchestrator** gelenkt, der je nach Ökosystem unterschiedliche Rollen haben kann (Cobben et al., 2022). Ein Orchestrator in einem Ökosystem ist ein zentraler Akteur, der durch gezielte Maßnahmen eine Vision und Richtung für das Ökosystem vorgibt (Burström et al., 2023). Schlüsselunternehmen oder -organisationen, die eine zentrale Rolle im Netzwerk einnehmen, können als Orchestrierer fungieren und durch die Steuerung der Entwicklung und Aufrechterhaltung des Ökosystems die Leistung der Ökosystemteilnehmer verbessern. Diese Orchestrierung umfasst die Koexistenz von Kooperation und Wettbewerb, es werden sowohl kollaborative als auch kompetitive Elemente integriert.

Die **geografische Region** spielt eine wichtige Rolle in der Steuerbarkeit von Ökosystemen. Alvadalen und Boschma (2017) sowie Fischer et al. (2022) weisen auf die Bedeutung geografischer Aspekte hin, die ein flexibles Management erfordern, das den spezifischen Bedürfnissen und Herausforderungen auf den verschiedenen Ebenen gerecht wird. Je nach Typ und Betrachtung werden hier lokale, regionale, nationale und globale Faktoren unterschiedlich gewichtet. In Geschäfts- und Innovationsökosystemen ist die Verknüpfung von global und lokal wichtig, auch wenn Geschäftsökosysteme überwiegend global und Innovationsökosysteme eher national gedacht werden. In Wissensökosystemen wird eine geografische Ko-Lokalisierung (z.B. Campus, Science-Parks etc.) vorausgesetzt, im unternehmerischen Ökosystem liegt der geografische Fokus entweder lokal, regional oder national (Cobben et al., 2022). Als Grund für die Bedeutung des geografischen Kontextes wird in der Literatur der Zugang zu bestimmten Ressourcen genannt (Cobben et al., 2022). Speziell in digitalen Ökosystemen verlieren geografische Grenzen aber an Bedeutung bzw. können Ökosysteme über solche Grenzen hinweg operieren (vgl. Bouncke und Kraus, 2021).

Neue digitale Technologien können zwar die Grenzen von (lokal verankerten) Ökosystemen verschieben, dennoch bleiben territoriale Grenzen trotz Globalisierung und Digitalisierung nach wie vor von Bedeutung.

(Cavallo et al., 2018; Brown et al., 2017; Alvedalen & Boschma, 2017, Stam & Spiegel, 2016)

Basierend auf einer umfassenden bibliografischen Analyse sehen Robertson et al. (2020) geografische Grenzen neben Netzwerken, Institutionen und kulturellen Werten als konstituierende Faktoren von Unternehmensökosystemen an.

2.1.4 | Gestaltung florierender Ökosysteme

Ein florierendes Ökosystem setzt voraus, dass die relevanten Elemente identifiziert und ihre Wechselwirkungen bei der Erfüllung ihrer Funktionen und Ziele verstanden werden. Hierfür findet sich in der wissenschaftlichen Literatur bis dato allerdings keine bewährte Vorgehensweise: Bislang konnten sich keine einheitlichen Metriken zur Messung des Erfolgs von Ökosystemen etablieren, denn es wurden vor allem erklärende Studien basierend auf qualitativen Ergebnissen durchgeführt (Cobben et al., 2022). Aus diesen lassen sich zwar Hinweise für die Gestaltung von Ökosystemen ableiten (die im Folgenden präsentiert werden), jedoch sind aufgrund unzureichend etablierter Methoden und Konzepte zur Erfolgsmessung Aussagen über die Wirkung von Politikmaßnahmen schwierig.

Die individuellen Elemente und Funktionen (siehe oben) sollten bei der Gestaltung von Ökosystemen berücksichtigt werden (Xu & Dobson, 2019). Dazu zählen lokale und überlokale Akteure und Netzwerke, verfügbare Ressourcen (vor allem Finanz- und Humanressourcen) und Infrastruktur vor Ort sowie das sozio-kulturelle Umfeld. Hier können Regierungen ansetzen, wenn Sie Maßnahmen zur Förderung von Ökosystemen umsetzen möchten (ebd.). Meist liegt der Fokus von Interventionen allerdings auf materiellen Faktoren, wenngleich kulturelle Faktoren ebenso bedeutsam sind, aber häufig weniger Beachtung finden (vgl. Hannigan et al., 2022). In ihrer empirischen Arbeit zu unternehmerischen Ökosystemen in 28 europäischen Ländern betonen Wurth et al. (2022), ...

...dass es keine „one-size-fits-all“ Lösung gibt. Stattdessen müssen Regionen immer ihre spezifischen Stärken und Schwächen im Hinblick auf die Ausgestaltung des Ökosystems berücksichtigen.

Je nach Ökosystemtyp (Geschäfts-, Innovations-, Wissens- und unternehmerisches Ökosystem) bzw. je nach gewählter Betrachtungsweise werden die zu erreichenden Ziele etwas anders definiert. Ökosystemansätze, die sich stärker auf einen zentralen Akteur konzentrieren, wie z.B. das Business-Ökosystem, werden Erfolg eher im Sinne einer positiven Entwicklung des Akteurs und des Wachstums des Ökosystems verstehen. Liegt die Betrachtung eher auf der systemischen Ebene, rücken auch wirtschaftliche und gesamtgesellschaftliche Aspekte verstärkt in den Fokus. In unternehmerischen Ökosystemen ist der unternehmerische Erfolg sowie die Stärkung von Unternehmertum essentiell (vgl. Cavallo et al., 2018). Entsprechend wird Erfolg weniger an der positiven wirtschaftlichen Entwicklung eines einzelnen Akteurs, sondern an der Erreichung bestimmter Wirkungen (Steigerung des Unternehmertums, Gründungen) im (regionalen) Wirtschaftssystem gemessen. In Wissensökosystemen hat der Wissenstransfer und das Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure zur Schaffung eines innovationsfördernden Umfelds eine hohe Bedeutung, sodass Wissensspillover fördernde Elemente, wie etwa Makerspaces oder Co-Working Spaces als Erfolgsfaktoren herangezogen werden (vgl. Autio et al., 2017).

Daraus folgt, dass auch die Elemente, die zum Erfolg von Ökosystemen beitragen, je nach Ökosystem unterschiedlich ausfallen werden.

Burström et al. (2023) nennen folgende Enabler von Ökosystemen: gegenseitiges Vertrauen, Wissensaufnahme, Offenheit für Geschäftsdiskussionen, Führung durch einen Orchestrator und externe Ausrichtung. Carst & Hu (2023) betonen, dass Komplementäre für das Überleben von (Geschäfts-)Ökosystemen entscheidend sein können, da sie - in Wertschöpfungsketten meist vorgelagert - die „Kern-Value-Proposition“ erhöhen.

Die dynamische Natur von Ökosystemen erfordert eine flexible Steuerung, die in der Lage ist, auf die spezifischen Bedürfnisse und Herausforderungen jeder Entwicklungsphase zu reagieren (Kolagar et al., 2022): In der ersten Phase, der Entstehungsphase, geht es darum, neue Partnerschaften zu initiieren und Konzepte für Angebote sowie eine gemeinsame Wertschöpfungsstrategie zu entwickeln. Die Wachstums- und Reifephase konzentrieren sich hingegen auf das Management der komplexen Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren bzw. zielen darauf ab, das Ökosystem durch die Einbeziehung neuer Partner kontinuierlich zu erweitern.

Auch die Bedeutung räumlicher Nähe kann variieren. Geografische Grenzen sind häufig ein wichtiges Element, lassen sich aber in der Regel nicht genau bestimmen und sind ebenfalls dynamisch und nicht statisch zu sehen. Sie können sich insbesondere durch die Anwendung neuer Technologien verschieben. Geografische Nähe stimuliert die Aufnahme von Beziehungen, den Aufbau von Netzwerken und den informellen Wissensaustausch. Durch ein regional verortetes Ökosystem können Arbeitsmarktvorteile entstehen, Ressourcen- und Wissenspools besser genutzt werden. Der Aufbau funktionierender Plattformen wiederum kann als ein Erfolgskriterium für Innovationsökosysteme angesehen werden (Alvaden & Boschma, 2017; Fischer et al., 2022; Dedehayir et al., 2018).

Eine interessante Schlussfolgerung von Chaudhary et al. (2024) ist, dass öffentliche Institutionen nicht versuchen sollten, Ökosysteme in anderen Kontexten zu replizieren. Den Autoren zufolge ist es vielversprechender, ein Ökosystem auf der Grundlage der Einzigartigkeit des eigenen Kontexts aufzubauen.

Dazu sollte in die Entwicklung des Marktpotenzials, des Humankapitals, des Finanzkapitals und der Infrastruktur investiert werden. Politische Entscheidungsträger spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für den Erfolg digitaler (unternehmerischer) Ökosysteme, indem sie Regelungen schaffen, die die Produktivität fördern, die Privatsphäre der Nutzer schützen, vertrauensvolle Beziehungen erleichtern und ineffiziente Regelungen minimieren (ebd.). Auch Schrijvers et al. (2023) kommen in Ihrer Analyse unternehmerischer Ökosysteme in Europa zum Schluss, dass politische Entscheidungsträger eine ganzheitliche Herangehensweise wählen und Politikmaßnahmen den regionalen Gegebenheiten anpassen sollten.

Vor allem Wissensökosysteme erfordern signifikante (öffentliche) Interventionen. Durch Ihre Verortung näher an (risikoreicher) Forschung wird die Finanzierung von Aktivitäten häufig auch durch öffentliche Gelder, z.B. Zuschüsse für F&E-Projekte, sichergestellt. Politische Entscheidungsträger sollten daher die Entwicklung von Governance-Fähigkeiten für Wissens- und Innovationsökosysteme sicherstellen, um die Zusammenarbeit zwischen Industrie und akademischen Institutionen auch nach dem Ende der öffentlichen Finanzierung aufrechtzuerhalten. Dazu gehören Mechanismen, die sicherstellen, dass Wissen möglichst kosteneffizient geschaffen und in den Anwendungskontext übertragen werden kann (Järvi et al., 2018).

Chaudhary et al. (2024) heben hervor, dass es immer noch beträchtlichen Forschungsbedarf gibt, was Einflussfaktoren auf die Entwicklung und den Erfolg von Ökosystemen anbelangt: den Einfluss von Globalisierung und Digitalisierung, die Rolle von Kontext und kulturellen Werten sowie die Bedeutung von Vertrauen und Vielfalt der Akteure auf den Erfolg und die Entstehung von unternehmerischen Ökosystemen. Insbesondere fehlt es an Klarheit darüber, wie verschiedene Interaktionen innerhalb der Subsysteme, Spillover-Effekte benachbarter Ökosysteme, sowie die Entwicklung von Beziehungen und

die Rolle unternehmerischer Führungskräfte die Diffusion von Technologie und die Gestaltung von Ökosystemen beeinflussen (ebd.)

Aus der Zusammenschau der Literatur lassen sich folgende, die Entwicklung von Ökosystemen **fördernde Faktoren** benennen:

- **Diversität im Ökosystem:** Eine ausgewogene und diversifizierte Akteurslandschaft unterstützt Kooperationen, Synergien und eine gemeinsame Zielsetzung zwischen den Akteuren.
- Weit verzweigte, dichte **Netzwerke:** Diese erleichtern Kooperationen und Austausch sowie die Koordination von Wissensflüssen zwischen den Akteuren.
- **Flexible Steuerungsmechanismen** helfen, um auf spezifische Herausforderungen und Bedürfnisse der Akteure reagieren zu können. Die spezielle **Rolle des Orchestrators** kann für die Aufrechterhaltung der Leistungen sorgen und die Zusammenarbeit der Akteure fördern (z.B. durch Integration von kollaborativen und kompetitiven Elementen).
- **Unterstützende regulatorische Rahmenbedingungen**, die Innovationen und Zusammenarbeit begünstigen.
- **Ausreichende** (materielle, finanzielle, personelle) **Ressourcen** zur Aufrechterhaltung von Austauschprozessen.
- Ein **entsprechendes Mindset bzw. eine förderliche Kultur**, etwa die positive Einstellung zu Unternehmertum, Risikoakzeptanz und Innovationsfreude.
- **Berücksichtigung der Ökosystemdynamik:** Je nach Ökosystem-Phase können unterschiedliche Unterstützungsmechanismen besonders relevant sein, z.B. die Bereitstellung von Finanzierungen durch Inkubatoren/Akzeleratoren und Mentoring in der Anfangsphase von Ökosystemen.
- **Einsatz digitaler Technologien** zur Ermöglichung neuer Formen der Interaktion, Produktion und Distribution.

Wie lässt sich der **Erfolg** von Ökosystemen messen? Auch dies hängt mit der jeweiligen Betrachtungsweise und dem Ökosystemtyp zusammen. Auch wenn in der Literatur keine Einigkeit über die zu verwendenden Metriken besteht, so lässt sich doch ableiten, dass eine Erfassung des Erfolgs unterschiedliche Ebenen, d.h. sowohl die Akteurs- als auch die Systemebene erfassen sollte, wobei je nach Ausrichtung des Ökosystems der Schwerpunkt eher auf der einen oder der anderen liegen wird. Der Erfolg von Ökosystemen könnte anhand der Art und Weise gemessen werden, wie sie Vorteile generieren: Innovations- und Wissensökosysteme erlangen ihren Vorteil durch die Interdependenzen innerhalb des Ökosystems, während Unternehmens- und Geschäftsökosysteme ihre Vorteile aus der Struktur und dem Design des Ökosystems ziehen (Cobben et al., 2022). In Geschäfts- und Innovationsökosystemen liegt der Fokus auf der Schaffung von Vorteilen für einen zentralen Akteur, wohingegen in Unternehmens- und Wissensökosystemen ein Nutzen für alle Beteiligten im Ökosystem angestrebt wird (ebd.).

2.1.5 | Besonderheiten von KI-Ökosystemen

Was das Konzept Ökosystem betrifft, so kann eine Schlussfolgerung aus der Analyse unternehmerischer Ökosysteme von Wurth et al. (2023) wohl auch auf die anderen Typen oder das Gesamtkonzept übertragen werden, nämlich, dass es immer noch an einer konsistenten theoretischen Grundlage und einer soliden empirischen Basis fehlt (S. 757).

Viele der für unterschiedliche Typen von Ökosystemen relevanten Elemente lassen sich dennoch auch auf KI-Ökosysteme übertragen. Allerdings weist die Literatur auf einige Besonderheiten hin, die ihre Steuerbarkeit beeinflussen. KI-Ökosysteme unterscheiden sich von anderen Ökosystemen vorwiegend

aufgrund des Stellenwerts, den Technologien wie Machine Learning, Robotik oder andere einnehmen (Basole, 2021). Die einzelnen Technologiesegmente können eine unterschiedliche Dynamik aufweisen, weshalb diesen Segmenten in den KI-Ökosystemen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte (ebd.). Auch Bejjani et al. 2023 untersuchen (im Rahmen eines Literature Reviews) das Konzept der digitalen Unternehmensökosysteme und betonen, dass sich diese von traditionellen Unternehmensökosystemen unterscheiden, indem sie stärker auf digitale Technologien zurückgreifen bzw. durch diese überhaupt erst ermöglicht werden. Gemäß Barykin et al. (2020) können digitale Ökosysteme selbstorganisiert strukturiert werden und brauchen kein hierarchisches Management. Sie sind über digitale Plattformen skalierbar und können sich über die Plattformen selbst erhalten. Zudem ermöglichen sie automatisierte, KI-basierte Entscheidungsprozesse.

Jacobides et al. (2021) heben folgende **spezifische Charakteristika von KI-Ökosystemen** hervor:

Ein zentrales Merkmal von KI-Ökosystemen ist das **besonders hohe Maß an Interdependenzen zwischen verschiedenen Akteursgruppen**. Diese Gruppen umfassen KI-Entwickler und Enabler (die für die physische Infrastruktur und das Datenmanagement verantwortlich sind), Produzenten, die Tools und Plattformen bereitstellen, sowie die Endnutzer. Die komplexen Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen diesen Akteuren bedingen ein hohes Maß an Koordination und Zusammenarbeit.

Ein weiterer entscheidender Faktor in KI-Ökosystemen ist die **Infrastruktur, die als Enabler fungiert**. Hierbei spielt die Bereitstellung von Rechenleistung eine zentrale Rolle. Darüber hinaus kommt bestimmten Technologien wie Machine Learning und Robotik ein hoher Stellenwert zu, da sie die Grundlage für viele KI-Anwendungen bilden.

Die **Dominanz großer Unternehmen** wie Microsoft, Google und Amazon prägt die Landschaft der KI-Ökosysteme maßgeblich. Diese Unternehmen verfügen über erhebliche Ressourcen und Expertise, um die Entwicklung und den Einsatz von KI-Technologien voranzutreiben. Ihre Marktmacht und Innovationsfähigkeit schaffen Standards und Normen, die weitreichende Auswirkungen auf die gesamte Branche haben.

Unterschiede nach Weltregionen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle in der Struktur und Entwicklung von KI-Ökosystemen. In den USA sind es vor allem große Unternehmen, die als treibende Kraft fungieren. In Europa hingegen liegt der Fokus stärker auf Regulierung und Forschung. Hier spielt die öffentliche Hand eine bedeutende Rolle bei der Schaffung von Rahmenbedingungen und der Förderung von Innovationsprojekten. In China wiederum fördert die Regierung aktiv die Innovation und Anwendung von KI-Technologien, indem sie gezielte politische Maßnahmen und finanzielle Unterstützung bereitstellt.

In diesem Zusammenhang könnten **firmenbasierte Ökosysteme** (d.h. Geschäftssysteme) an Bedeutung gewinnen. Diese Systeme könnten sich gegenüber traditionellen Plattformen sowie nationalen und sektoralen Systemen durchsetzen. Firmenbasierte Ökosysteme zeichnen sich durch enge Kooperationen und Netzwerke innerhalb eines zentralen Unternehmens aus, die durch gemeinsame Ziele und Ressourcen gebündelt werden.

2.2 | KI-Ökosysteme: Internationale Good Practice Beispiele

2.2.1 | Überblick und Kennzahlen zu den untersuchten KI-Ökosystemen

Um ein tieferes Verständnis dafür zu erlangen, wie KI-Ökosysteme in der Praxis funktionieren, wurden ausgewählte Systeme anderer Länder untersucht. Eine vergleichende Analyse mit florierenden KI-Ökosystemen in verschiedenen Staaten soll eine differenzierte Bewertung von Stärken und Schwächen des heimischen Systems ermöglichen. Darüber hinaus dient sie als Grundlage für die Entwicklung zielgerichteter Maßnahmen zur Förderung des österreichischen KI-Ökosystems.

Mit dem Blick über die Grenzen in andere KI-Ökosysteme sollen Learnings für Österreich abgeleitet werden. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass jedes Ökosystem einzigartig und das Ergebnis einer Vielzahl einzelner Elemente ist, die hochkomplex und in einzigartiger Weise miteinander interagieren (Isenberg, 2011).

Für den internationalen Vergleich wurden neben einer umfassenden internetbasierten Recherche auch leitfadengestützte Online-Interviews mit lokalen Expert*innen der jeweiligen Ökosysteme durchgeführt.

Da sich Ökosysteme mit dem Fokus auf Künstliche Intelligenz mittlerweile rund um den Globus etabliert haben, galt es eine geeignete Auswahl von KI-Ökosystemen zu treffen. Zunächst wurde eine Longlist an relevanten (nationalen) KI-Ökosystemen recherchiert und erstellt. Die finale Auswahl wurde in Abstimmung mit der WKÖ getroffen und inkludiert Ökosysteme in folgenden Ländern:

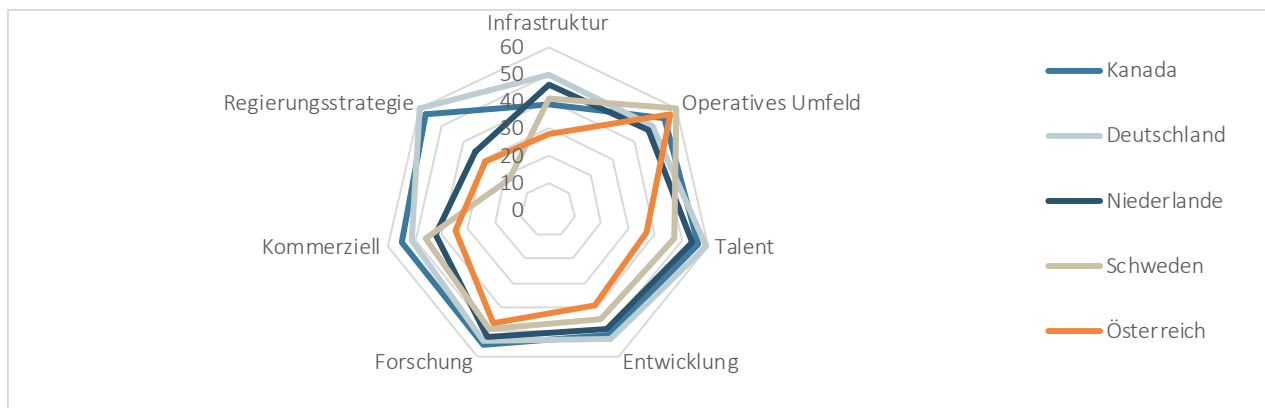
- Kanada,
- Deutschland,
- Niederlande und
- Schweden.

Bei der **Auswahl der Ökosysteme** wurde insbesondere darauf geachtet, dass die politischen bzw. institutionellen Rahmenbedingungen sowie die strukturellen Merkmale in den betreffenden Ländern in etwa mit jenen in Österreich vergleichbar sind. Dadurch soll zumindest in der Theorie eine Übertragbarkeit der identifizierten Charakteristika auf das österreichische KI-Ökosystem ermöglicht werden. Zudem wurden vorrangig solche KI-Ökosysteme ausgewählt, deren internationale Sichtbarkeit gewährleistet ist und die sich selbst explizit als solche bezeichnen bzw. definieren. Diese Selbstbezeichnung impliziert eine bewusste strategische Ausrichtung auf die Entwicklung eines KI-Ökosystems und deutet auf eine koordinierte und systematische Förderung der KI-Branche im jeweiligen Land hin.

Zunächst werden die jeweiligen Nationalstaaten anhand von statistischen Kennzahlen beschrieben, in den nachfolgenden Abschnitten werden die spezifischen (regionalen) Ökosysteme ausführlich portraitiert. Zur Beschreibung der Staaten steht ein breites Spektrum an unterschiedlichen KI-Kennzahlen und Indikatoren zur Verfügung, die bezüglich ihrer Definition bzw. ihrer räumlichen und inhaltlichen Abdeckung teilweise beträchtlich abweichen. Der Global AI Index³ stützt sich auf 111 Indikatoren, die von 28 verschiedenen öffentlichen und privaten Datenquellen und 62 Regierungen erhoben wurden. Diese sind auf sieben Untersäulen aufgeteilt: Talent, Infrastruktur, Betriebsumfeld, Forschung, Entwicklung, Regierungsstrategie und Handel. Die nachfolgende Abbildung (Abb. 2) zeigt die vier Länder im Vergleich zu Österreich, nach ihrer Gesamtwertung für die einzelnen Untersäulen des Index. Die Abbildung zeigt, dass Kanada und Deutschland in vielen Aspekten im Ländervergleich hervorragend abschneiden. Dies gilt beispielsweise für den Pool an KI-Talenten, für F&E oder für das Vorhandensein einer nationalen KI-Strategie. Schweden und Österreich hingegen sind in einigen der sieben Säulen (tlw. deutlich) abgeschlagen, insbesondere beim Engagement der Regierung.

³ <https://www.tortoisemedia.com/intelligence/global-ai/>

Abb. 2 | Global AI Index, 2023



Quelle: <https://www.tortoisemedia.com>

Die nachfolgende Tabelle liefert mehrere Kennzahlen zum KI-Ökosystem auf jeweils nationaler Ebene. Der Government AI Readiness Index⁴ beispielsweise misst anhand von 39 Indikatoren, wie bereit die jeweilige Regierung ist, KI bei der Erbringung öffentlicher Dienstleistungen für ihre Bürger*innen einzusetzen. Kanada erreicht im Ranking des Government AI Readiness Index mit einer Gesamtpunktzahl von 77,07 den weltweit fünften Platz. Deutschland liegt mit einem Score von 75,26 nur drei Plätze dahinter. Die Niederlande sind mit insgesamt 74,47 Punkten gerade noch in den Top 10 der 193 Staaten, Schweden liegt unmittelbar vor Österreich auf Platz 14. Der DESI-Indikator „Digital public services for citizens“ misst die Online-Bereitstellung von wichtigen öffentlichen Dienstleistungen für Bürger*innen und zeigt ein abweichendes Bild: Hier liegt Schweden (93,3) im Ranking vor den Niederlanden (85,9), Österreich (80,7) und Deutschland (75,8).

Künstliche Intelligenz als Technologie ist zum einen Teil der fortschreitenden Digitalisierung, zum anderen liefert die fortschreitende Einführung digitaler Technologien und die Generierung digitaler Daten die Grundlage für die (Weiter-)Entwicklung von KI-Modellen. Die Richtung für den digitalen Wandel in Europa wird durch die politische Agenda "Digitale Dekade"⁵ mit konkreten Zielen bis 2030 vorgegeben. Dazu übermitteln die Mitgliedstaaten der EU-Kommission regelmäßig nationale Fahrpläne, in denen sie die Maßnahmen zur Erreichung der Zielvorgaben der Digitalen Dekade 2030 beschreiben. Deutschlands Roadmap sieht insgesamt € 44.328 Mio. (exklusive privater Investitionen) zur Erreichung der ambitionierten Ziele vor, was 1,1 % des nominellen Bruttoinlandsproduktes (BIP) entspricht. Die Niederlande und Schweden planen jeweils ein Budget von 0,5 % des BIP zur Verwirklichung der Digitalen Dekade, Österreich sieht diesbezüglich rd. € 3.400 Mio. (0,7 % des BIP) vor.

Für die Umsetzung von innovativen KI-Entwicklungen sind insbesondere Startups von Bedeutung. Die vorletzte Zeile in Tabelle 3 zeigt das Ausmaß an Investitionen von Risikokapitalgebern (VC) in KI- und Daten-Startups. Hier hebt sich Schweden mit Investitionen in der Höhe von US-\$ 1.988 Mio. deutlich von den Niederlanden (US-\$ 338 Mio.) und Österreich (US-\$ 90 Mio.) ab.

Die Tabelle zeigt außerdem deutliche Unterschiede im Investitionsvolumen in KI-Startups und privat geführte Unternehmen zwischen den Ländern. Österreich liegt mit US-\$ 1.144 Mio. weit hinter den anderen Staaten und hat im internationalen Vergleich noch erheblichen Aufholbedarf im Bereich der KI-Investitionen.

⁴ <https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/>

⁵ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/europes-digital-decade>

Tab. 3 | Kennzahlen zu KI-Ökosystemen auf nationaler Ebene

	Kanada 	Deutschland 	Niederlande 	Schweden 	Österreich 
Digitalisierung von Behördendiensten					
Government AI Readiness Index (total score)	77,07	75,26	74,47	72,55	72,37
DESI: Digital public services for citizens	n.a.	75,8	85,9	93,3	80,7
Budget (ohne private Investments) laut nationaler Roadmap zur Digitalen Dekade					
... in Mio. €	n.a.	44.328	4.892	2.802	3.400
... in % des nom. BIP	n.a.	1,1% BIP	0,5% BIP	0,5% BIP	0,7% BIP
Finanzierung von KI					
VC-Investments in KI in Mio. US-\$ (2023)	1.847	2.159	338	1.988	90
Private Investitionen in KI-Unternehmen in Mio. US-\$ (2013-23)	33.183	16.287	7.558	14.147	1.144

Anmerkungen: n.a. nicht anwendbar

Quellen: Oxford Insights; <https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/>; OECD.AI (2024), Preqin,

Die ausgewählten Länder liegen im Ranking der hier betrachteten Indikatoren meistens vor Österreich. Nach diesem kurzen deskriptiven Vergleich werden die einzelnen KI-Ökosysteme daher näher portraitiert. Was die relevanten Elemente (Akteure, Netzwerke, Ressourcen etc.) der ausgewählten Ökosysteme betrifft, so ist es trotz umfangreicher Web-Recherche nicht möglich, sämtliche Merkmale und Stakeholder lückenlos zu erfassen. Stattdessen finden vor allem jene Elemente Erwähnung, die im Rahmen der durchgeführten Interviews mit ausgewiesenen Kennern der entsprechenden Ökosysteme als besonders bedeutsam hervorgehoben wurden.

2.2.2 | Kanada

2.2.2.1 | Überblick

Als globaler Frontrunner präsentierte Kanada bereits im März 2017 die erste nationale Strategie für Künstliche Intelligenz⁶. Diese setzt sich zum Ziel, die umfassende Nutzung Künstlicher Intelligenz in der kanadischen Wirtschaft und Gesellschaft zu fördern, die KI-Forschung in öffentliche und private Anwendungen zu überführen und die globale Debatte über die wirtschaftlichen, politischen, ethischen und rechtlichen Auswirkungen von KI anzuführen und mitzugestalten⁷. Die Pan-kanadische KI-Strategie wurde vom Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR), einer globalen Forschungsorganisation mit Sitz in Kanada entworfen und mit einem Budget von 125 Mio. Kanadischen Dollar (CAD-\$) ausgestattet. Im Zuge der Umsetzung der Strategie wurden drei nationale Forschungsinstitute aufgebaut:

⁶ <https://ised-isde.canada.ca/site/ai-strategy/en>

⁷ <https://cifar.ca/ai/>

das Montreal Institute for Learning Algorithms (MILA⁸), das Alberta Machine Intelligence Institute (Amii⁹) und das Vector Institute¹⁰ in Toronto. Alle drei Institute fungieren als Hubs für die jeweiligen lokalen KI-Ökosysteme und haben entsprechend ihrer regionalen Wissenschafts- und Wirtschaftskompetenz unterschiedliche Schwerpunktsetzungen.

Die **CIFAR-Lehrstühle** für künstliche Intelligenz bilden ein Kernelement der kanadischen KI-Strategie. Jeder Lehrstuhl wird an einem der drei nationalen KI-Institute eingerichtet und erhält über einen Zeitraum von fünf Jahren eine spezielle Forschungsförderung, die ihm die Rekrutierung von erstklassigen Forscher*innen und Studierenden ermöglichen soll. Viele der Professuren sind mit Industrieunternehmen verbunden, sodass die Lehrstuhl-Inhabenden und ihre Mitarbeitenden gleichzeitig in der Wissenschaft und in der Wirtschaft tätig sein können.

Die Region Waterloo ist eine Gemeinde im Südwesten der kanadischen Provinz Ontario. Die Region ist Teil des Toronto-Waterloo Corridors, einer ca. 105 km langen Strecke, die den zweitgrößten Technologie-Cluster in Nordamerika bildet. Sie hat sich einen weltweiten Ruf für die Ausbildung von technischen Spitzenkräften erworben. Dies hat zur Entwicklung einer unverhältnismäßig hohen Anzahl innovativer Technologie-Startups geführt: Mit ca. 1.100 Startups bei einer Einwohnerzahl von 600.000 weist die Region die zweithöchste Startup-Dichte der Welt nach dem globalen Spitzenreiter Silicon Valley auf (Gauthier et al., 2015). Zudem zählt Toronto-Waterloo laut Global Startup Ecosystem Report 2024 zu den 20 besten Startup-Ökosystemen der Welt. Diese Faktoren waren maßgeblich ausschlaggebend für eine genauere Analyse des KI-Ökosystems in Waterloo.

2.2.2.2 | Entstehung des KI-Ökosystems Waterloo

Die Entstehung und Entwicklung des KI-Ökosystems Waterloo wurde durch die Gründung der Universität Waterloo im Jahr 1957 mit ingenieurswissenschaftlichem Fokus maßgeblich geprägt. Bis dahin war in der Region traditionell die Industrieproduktion rund um Metallverarbeitung, Elektrogeräte und Automobilzulieferung stark vertreten (Bathelt & Spiegel, 2011). **Führungskräfte der lokalen Privatwirtschaft** spielten eine wichtige Rolle bei der Gestaltung des universitären Leitbildes. Ebenso waren sie in die Konzeption der innovativen kooperativen Universitätsprogramme involviert. Diese Programme forcieren die Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie und stärken dadurch den Wissens- und Technologietransfer sowie die Innovationskraft der Region durch gemeinsame Forschungsprojekte (Spiegel, 2015; Bramwell & Wolfe, 2005). Aufgrund dieses besonderen Zusammenspiels von visionären Führungspersonlichkeiten auf kommunaler Ebene und der Bereitstellung finanzieller Mittel durch die Bundes- und Landesregierung wurden die Voraussetzungen für die Entstehung eines dynamischen und wachsenden IT-Clusters geschaffen (Nelles et al., 2005).

Insbesondere die progressive Politik der Universität bezüglich geistiger Eigentumsrechte begünstigte die Bildung des Ökosystems, da sie Fakultätsmitgliedern ermöglicht, die Eigentumsrechte an ihren Innovationen zu behalten. Eine derartige IP¹¹-Politik, die die Kommerzialisierung von Innovationen und die Gründung von Spin-off-Unternehmen unterstützt, ist besonders förderlich für technologieintensive Felder wie KI (Spiegel, 2015). Zahlreiche IT-bezogene Unternehmen, wie Dalsa, Open Text, Research in Motion (RIM) oder Sybase, wurden im Umfeld der Universität erfolgreich gegründet, und schufen eine wachsende Technologiebasis (Bathelt & Spiegel, 2011).

⁸ <https://mila.quebec>

⁹ www.amii.ca

¹⁰ <https://vectorinstitute.ai/>

¹¹ IP steht für „intellectual property“, also geistiges Eigentum.

Die starke Vernetzung innerhalb des Ökosystems, die durch die **zentrale Rolle der Universität Waterloo als Innovationshub** forciert wurde, trug ebenfalls entscheidend zur Entwicklung bei. Diese Vernetzung ermöglicht einen lebendigen Austausch zwischen Akademiker*innen, Unternehmen und Industriepartnern, was synergetische Effekte erzeugte und das gesamte Ökosystem stärkte (Bathelt & Spigel, 2011).

Lokale Infrastrukturen, wie etwa das Vorhandensein aktiver Förderorganisationen (z.B. Communitech) haben dazu beigetragen, die technologischen Stärken der Region zu vermarkten und ein unterstützendes Netzwerk für Startups und Spin-offs zu schaffen (Bathelt & Spigel, 2011). Diese Organisationen haben die in der Region Waterloo besonders ausgeprägte unternehmerische Kultur verstärkt und damit die Entstehung des Ökosystems entscheidend mitgestaltet (Spigel, 2015).

Die Präsenz von Spitzenunternehmen wie Blackberry in der Region sorgte für einen starken Impuls und hat die unternehmerische Kultur weiter beflügelt.

Das Zusammenspiel dieser Faktoren schuf zunächst ein fruchtbares Umfeld für die Entstehung eines dynamischen Unternehmens-Ökosystems, aus dem infolge des Informatik- und Technologieschwerpunktes der Universität Waterloo u.a. ein KI-Ökosystem hervorging.

2.2.2.3 | Zentrale Elemente des KI-Ökosystems Waterloo

Akteure

Zu den wesentlichen Akteuren im KI-Ökosystem Waterloos zählen die **tertiären Bildungseinrichtungen**, allen voran die Universität Waterloo, die als Inkubator für Innovation und Unternehmertum dient. Da sie eng mit der Industrie zusammenarbeitet, fungiert sie auch als Katalysator für Forschung und Entwicklung (Spigel, 2015; Kenney & Patton, 2011). Das 2018 gegründete KI-Institut der Universität, Waterloo.AI, zählt mehr als 250 Professor*innen und wissenschaftliche Mitarbeiter*innen, die sich auf insgesamt sechs Fakultäten und mehr als 35 Abteilungen und Schulen verteilen¹². Die Wilfrid Laurier University hingegen ist Standort der Lazaridis School of Business and Economics, die sich auf Managementausbildung für Technologieunternehmen spezialisiert hat. Diese beiden Hochschulen, insbesondere die Universität Waterloo, dienen der regionalen Wirtschaft in zweifacher Weise (Nelles et al., 2005):

Zum einen durch die Ausbildung von Nachwuchskräften vor Ort, indem sie für einen steten Zufluss an talentierten Fachkräften sorgen: Die Region verfügt weltweit über die höchste Konzentration an Fachkräften in den Bereichen Mathematik und Informatik. Dies ist nicht zuletzt auf **Universitätsabsolvent*innen bzw. Alumni** zurückzuführen, die einen Großteil des hochqualifizierten Arbeitskräftepools in der Region ausmachen und selbst häufig Gründer*innen von oder Führungskräfte in High-Tech-Unternehmen sind¹³.

Zum anderen profitiert die lokale Wirtschaft vom Wissenstransfer: Dieser erfolgt in Form von Ausgründungen, durch Patente, Lizenzen, Beratung oder gemeinsame Forschungsprojekte (Nelles & al., 2005).

Neben den Universitäten spielen **Startups und Spin-offs** eine entscheidende Rolle im Ökosystem von Waterloo. Diese jungen Unternehmen sind oft direkt aus der akademischen Forschung hervorgegangen und profitieren von der engen Vernetzung mit der Universität sowie von einer für Gründer*innen förderlichen Infrastruktur (Bathelt & Spigel, 2011). Diese Unternehmen sind nicht nur für die

¹² <https://uwaterloo.ca/artificial-intelligence-institute/about-waterlooai%23waihstory>

¹³ Absolvent*innen der Universität Waterloo machen 18 % der kanadischen Technologiegründer*innen aus und werden laut Wall Street Journal am zweithäufigsten im Silicon Valley eingestellt (WATERLOOEDC, Undatiert).

Kommerzialisierung von Innovationen verantwortlich, sondern fördern auch durch ihre Dynamik und Flexibilität die Anpassungsfähigkeit und Resilienz des gesamten Ökosystems.

Darüber hinaus sind **etablierte Technologiekonzerne** wie Google oder SAP sowie Industrieunternehmen wichtige Akteure im Ökosystem: Sie fungieren als Abnehmer für Innovationen und treiben durch Kooperationen mit der Universität und Startups den Technologietransfer und die Anwendung von Forschungsergebnissen voran (Bramwell & Wolfe, 2005). Erfolgreiche Unternehmen wie Blackberry dienen zudem als Vorbilder und Inspirationsquelle für angehende Unternehmer*innen und tragen zur unternehmerischen Kultur bei. Insgesamt sind in der Region Waterloo **mehr als 130 KI-Unternehmen** angesiedelt.

Erfahrene Unternehmer*innen und Fachleute spielen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Unterstützung und Beratung von Startups, indem sie als Mentor*innen agieren und ihr Wissen und ihre Erfahrungen teilen.

Am Erfolg des KI-Ökosystems Waterloo ist auch die kanadische **Regierung** maßgeblich beteiligt, die den KI-Sektor intensiv und **konsequent fördert**. Erst im April 2024 kündigte die kanadische Bundesregierung ein ehrgeiziges Paket in Höhe von CAD- $\$$ 2,4 Mrd. an¹⁴. Das Paket sieht neben Investitionen in die Infrastruktur die Schaffung des Amtes eines KI- und Datenbeauftragten vor, der für die Umsetzung des KI- und Datengesetzes zuständig sein wird.

Abb. 3 | Das KI-Ökosystem Waterloo



Quelle: Waterlooedc.ca

Interaktionen und Netzwerke

¹⁴ <https://www.cryptopolitan.com/de/kanada-kundigt-milliardeninvestition-in-ki-an/>

Waterloo zeichnet sich durch eine enge Kooperation zwischen akademischen Einrichtungen, Unternehmen und Regierungsstellen aus, was wesentlich zur Innovationskraft (auch im Hinblick auf KI-Anwendungen) und zum wirtschaftlichen Erfolg der Region beiträgt. Die ausgeprägte Zusammenarbeit zwischen der Universität Waterloo und der Industrie ermöglicht es, Forschungsergebnisse effizient in innovative Technologien und Geschäftsmodelle zu überführen und macht Waterloo zu einem Hotspot für High-Tech-Entwicklung und Unternehmertum (Bathelt & Spiegel, 2011; Bramwell & Wolfe, 2005). Diese gute Vernetzung wird auch von den befragten Expert*innen unterstrichen: Vor allem das Waterloo Data & Artificial Intelligence Institute (Waterloo.AI) gilt als **zentrale Schnittstelle zwischen Studierenden, Professor*innen, Unternehmen, Regierungsbehörden etc.**, die auch mit anderen KI-Ökosystemen innerhalb Kanadas sowie in Europa kooperiert. So ist die Universität beispielsweise durch Hackathons, Jobmessen und angewandte KI-Forschung für Konzerne sehr eng mit der Wirtschaft verbunden. Waterloo.AI versucht darüber hinaus mittels Newsletter, KI-Podcasts und Informationsveranstaltungen an Schulen das Interesse an KI-Themen zu wecken und KI-Basiskompetenz zu vermitteln.

Die Region verfügt außerdem über ein **weitreichendes Inkubatoren-Netzwerk mit vielfältigen Unterstützungsmöglichkeiten** für Startups und Technologieunternehmen. Organisationen wie Communitech, das Accelerator Centre oder Catalyst 137 unterstützen Startups und Spin-offs bei einem erfolgreichen Markteintritt und bieten u.a. Schulungen, subventionierte Büro-Räumlichkeiten, Finanzierung, Vernetzung sowie Mentoring-Programme. Das von der University of Waterloo betriebene Velocity ist Kanadas erfolgreichstes Inkubationsprogramm, das die Gründung schnell wachsender KI-Unternehmen unterstützt.

Ressourcen und Technologien

Der Großteil der von der Regierung im Frühling 2024 zugesagten CAD-\$ 2,4 Mrd. wird für die **Verbesserung der Rechenleistung und Infrastruktur** zur Verfügung gestellt, darüber hinaus sollen KI-Forscher und Startups verstärkt gefördert werden. Die AI for Good Initiative wird von der Kanadischen Regierung mit Fördermitteln in der Höhe von CAD-\$ 20 Mio. ausgestattet, um die Nutzung von KI für soziale und gesellschaftliche Zwecke zu unterstützen, wie etwa die Verbesserung der Lebensqualität und die Bewältigung globaler Herausforderungen.

Die Regierung Trudeau hat zudem fünf Spitzencluster ins Leben gerufen, die für den Erfolg in der KI-Forschung mitverantwortlich sind. Die University of Waterloo ist Partner im **SCALE.AI Supercluster**, einem von der Industrie geführten Konsortium, das Kanadas Führungsrolle im Bereich der angewandten KI ausbauen will. SCALE.AI wird mit insgesamt CAD-\$ 230 Mio. von der Bundesregierung und zusätzlichen CAD-\$ 53 Mio. von der Provinz Quebec finanziert und fokussiert auf die Anwendung von KI-Technologien in Lieferketten.

Wenngleich Startups in der Region vielfältige Zugriffsmöglichkeiten auf staatliche Zuschüsse haben, wird der Zugang zu Risikokapitalgebern als verbesserungswürdig angesehen (Gauthier et al., 2015).

Kontextfaktoren

Im Fall von Waterloo ist die **Nähe zu Toronto** sicherlich mit ein Grund für die dynamische Entwicklung des (KI-)Ökosystems. Der Toronto-Waterloo-Korridor gilt als zweitgrößter Tech-Cluster Nordamerikas mit einem rd. 15.000 Unternehmen und mehr als 300.000 Beschäftigte umfassenden Technologiesektor.

Von mehreren Seiten (Spigel, 2015; Gauthier, et al., 2015) wird der spezielle **unternehmerische Ethos** der Region Waterloo hervorgehoben. Dieser fördert die Bildung starker sozialer Netzwerke zwischen Unternehmer*innen, Arbeitnehmenden und Investor*innen und begünstigt den Austausch von Erfahrungen und das Lernen voneinander, was zur positiven Entwicklung des Ökosystems beiträgt.

Die kanadische Regierung unterstützt die KI-Industrie durch eine Reihe von Regelungen und Anreizen, die die Forschung und Entwicklung von KI nachdrücklich fördern. Neben finanziellen Anreizen, werden Unternehmen beispielsweise im Rahmen des Scientific Research and Experimental Development

Programmes mittels steuerlichen Vergünstigungen (u.a. in Form von Steuergutschriften) dazu ermutigt, Forschung und Entwicklung in Kanada zu betreiben. Zudem unterstützt die **aktive Einwanderungspolitik** Kanadas die Rekrutierung ausländischer Fachkräfte: Mit der Global Skills Strategy¹⁵ wurde das Einwanderungsverfahren für hochqualifizierte Arbeitskräfte auf nur zwei Wochen beschleunigt.

Die **Regulierung von KI-Anwendungen** in Kanada wird zwar als eher unzureichend bzw. tendenziell vorsichtig eingeschätzt, jedoch nicht als zu streng, um Unternehmen einzuschränken bzw. zu demotivieren. Die Regelungen sind transparent und verständlich und die Unternehmen können sich an Dialogen über zukünftige Regulierungen beteiligen (z.B. durch CIFAR und die regulatorische Sonderzone CSA). Es besteht ein hohes Bewusstsein darüber, welche Branchen in absehbarer Zeit stärker reguliert werden (Groth et al., 2019).

2.2.3 | Deutschland

2.2.3.1 | Überblick

Die deutsche Bundesregierung verabschiedete bereits im Jahr 2018 ihre KI-Strategie¹⁶, in der sie beabsichtigt, „KI Made in Germany“ zu einem weltweiten Markenzeichen für fortschrittliche, sichere und gemeinwohlorientierte KI-Anwendungen zu etablieren. Bis 2025 werden dafür vom Bund etwa € 5 Mrd. zur Verfügung gestellt.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat 2023 einen eigenen KI-Aktionsplan veröffentlicht. Darin beabsichtigt es das Engagement im Rahmen der KI-Strategie zu forcieren, um damit neue Impulse für das deutsche KI-Ökosystem und dessen Schnittstellen zu Wirtschaft, Bildung, Wissenschaft und Forschung zu setzen. Der KI-Aktionsplan beinhaltet konkrete Handlungsfelder im Bereich Infrastruktur bzw. Anwendung und Transfer, nennt Erfolgsbedingungen und gibt Ziele und Maßnahmen vor.

Im Oktober 2019 hat die Bayerische Landesregierung die High-Tech-Agenda (HTA) Bayern vorgelegt, die im September 2020 durch die High-Tech-Agenda Plus ergänzt wurde. Darin sind Investitionen in den Kompetenzaufbau für neue Technologien in der Höhe von € 3,5 Mrd. bis 2023 vorgesehen. Die 6G-Initiative knüpft an die Initiative für Künstliche Intelligenz aus der Hightech Agenda Bayern an. Denn KI-Anwendungen und KI-Methoden benötigen Daten, welche durch 6G in Zukunft zuverlässig und zur richtigen Zeit mit hoher Qualität zur Verfügung gestellt werden sollen. Bedeutende Innovationssprünge werden von 6G hinsichtlich intelligenter und an die Umgebung anpassungsfähiger Kommunikation, Nachhaltigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit kritischer Infrastruktur erwartet. Im Rahmen der bayerischen 6G-Initiative werden drei eng miteinander verzahnte Maßnahmen umgesetzt, für die Bayern insgesamt allein in den Jahren 2021 und 2022 € 5 Mio. bereitstellte.

Die KI-Landkarte der Plattform Lernende Systeme¹⁷ listet zu Jahresbeginn 2024 deutschlandweit 153 Hochschuleinrichtungen und 82 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, die KI-themenbezogene Forschung betreiben.

Das **Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz** (DFKI) wurde bereits 1988 als gemeinnützige Public-Private Partnership (PPP) gegründet und betreibt Standorte in mehreren deutschen Städten. Das

¹⁵ <https://www.canada.ca/en/employment-social-development/campaigns/global-skills-strategy.html>

¹⁶ <https://www.ki-strategie-deutschland.de/>

¹⁷ <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-in-deutschland.html>

DFKI ist Deutschlands zentrales wirtschaftsnahes Forschungsinstitut für innovative Softwaretechnologien auf der Basis von KI-Methoden.

Die Bundesregierung fördert neben dem DFKI auch die fünf an Hochschulen angesiedelten **KI-Kompetenzzentren**, nämlich das Berlin Institute for the Foundations of Learning and Data (BIFOLD), das Munich Center for Machine Learning (MCML), das LAMARR Institute for Machine Learning and Artificial Intelligence, das Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence (ScaDS.AI) und das Tübingen AI Center. Die KI-Kompetenzzentren sind darauf ausgerichtet, den wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt voranzutreiben, den Wissens- und Technologietransfer zu beschleunigen und KI-Spezialist*innen auszubilden.

Der **KI-Bundesverband**¹⁸ stellt mit über 400 KI-Unternehmen das größte KI-Netzwerk Deutschlands dar. Der Verband verfolgt das Ziel, die Unternehmen mit unterschiedlichen Akteuren zu vernetzen, Innovationen in die Wirtschaft zu tragen und er fungiert darüber hinaus als Sprachrohr in die Politik.

Im Dezember 2021 gab das deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) den Startschuss zu vier KI-Modellprojekten, die in unterschiedlichen Regionen - Hamburg, München, Darmstadt und Berlin – umgesetzt und über das EXIST-Programm¹⁹ des BMWK finanziert werden. Gemeinsames Ziel dieser **EXIST-KI-Modellprojekte** sind in erster Linie auf KI-Ausgründungen aus Hochschulen bzw. von deren Absolvent*innen. Darüber hinaus wird die Vernetzung von Hochschulen, Forschungsinstituten, etablierten Unternehmen und KI-Startups angestrebt. Jedes Projekt hat dabei auf sein Ökosystem bezogene, spezifische Schwerpunkte, die in Tabelle 4 überblicksartig dargestellt sind.

Aufgrund seiner Rolle als ein Hotspot für KI-Forschung und KI-Startups in Deutschland und seiner Nähe zu Österreich wurde München im Rahmen des vorliegenden Projektvorhabens als Good Practice Beispiel einer genaueren Analyse unterzogen.

¹⁸ <https://ki-verband.de/>

¹⁹ <https://www.exist.de/EXIST/Navigation/DE/Gruendungsfoerderung/EXIST-Modellprojekte/EXIST-Modellprojekte.html>

Tab. 4 | Überblick über die vier KI-Modellprojekte im Rahmen des EXIST-Programms (2021-25)

Bezeichnung	K.I.E.Z.	AI.STARTUP.HUB	AI Startup Rising	AI+MUNICH
Ort	Berlin	Hamburg	Hessen	München
Thematischer Fokus	Skalierung u. Internationalisierung wissenschaftsnaher Unternehmensgründungen	Begleitung bestehender KI-Startups bei der Skalierung und Finanzierung	Betreuung forschungsbasierter High- und Deep-Tech Startups bei Wachstum und Internationalisierung	Schaffung eines KI-Ökosystems, in dessen Mittelpunkt Deep-Tech Startups stehen
Ziele	- Hebung des KI-Gründungspotentials an Berliner Universitäten - Schnelles und nachhaltiges Wachstum der KI-Startups - Stärkerer KI-Forschungstransfer - KI-Tätigkeiten und KI-Ausgründungen aus Universitäten steigern - Optimierung der Finanzierungskette - Stärkung des regionalen KI-Ökosystems, - Schaffung von Industrielösungen	- Stärkung Hamburgs als KI-Standort - KI-Akteure vernetzen und sichtbar machen - Kommunikation von Best Practices im Bereich KI-Startups - Finanzierung von KI-Startups über das Valley of Death hinaus - KI als Technologie für nachhaltige Lösungen fördern - Studierende für Entrepreneurship und KI begeistern	- Steigerung von Deep-Tech Gründungen aus der KI-Forschung - Entrepreneurial Mindset in der KI-Wissenschaft verankern - Etablierung von AI Startup Rising als KI-Gründungsplattform - Begleitung von KI-Startups über die Skalierung hinaus - Etablierung von Hessen als KI-Innovationsökosystem - Talente/Unternehmen in der Region zu halten bzw. anziehen	- Etablierung Münchens als KI-Standort - Hervorbringen erfolgreicher Startups - Ökosystemübergreifender Austausch und Vernetzung - Ausbau des Entrepreneurial Ecosystems (Startup Driven) - Skepsis gegenüber KI zu minimieren, - Schaffung systemischer Innovationen für gesellschaftliche Herausforderungen
Fördermittel des BMWi (€)	6,85 Mio.	3,8 Mio.	3,7 Mio.	5,9 Mio.
Link	https://www.science-startups.berlin/programs/ai-platform-kiez/	https://hamburginnovation.de/	https://hessian.ai/	www.munich-ecosystem.de

BMWi Bundeswirtschafts- und Klimaschutzministerium

2.2.3.2 | Entstehung des KI-Ökosystems München

Ein Meilenstein stellt das Jahr 2002 dar, als mit dem Strascheg Center for Entrepreneurship (SCE) und UnternehmerTUM zeitgleich zwei sehr präzente Gründungszentren in München entstanden sind. Nur kurze Zeit später kam mit Start2Group eine weitere Fördereinrichtung für innovative junge Unternehmen dazu. Damit wurde die Grundlage für ein starkes Gründerökosystem in München geschaffen, auf dessen Basis sich ein spezifisches KI-Ökosystem entwickelt hat. Die von UnternehmerTUM im Jahr 2017 gegründete Initiative appliedAI ist gegenwärtig Deutschlands führende Initiative im Bereich KI und UnternehmerTUM zählt mittlerweile zu Europas größtem Zentrum für Innovation und Gründung.

Deklariertes **Ziel** von AI+Munich ist es, unternehmerische Projekte zu initiieren, bestehende KI-Gründungsideen zu entwickeln und zu skalieren, sowie den Forschungstransfer aus den Hochschulen in die Wirtschaft zu beschleunigen. Dabei soll der gesamtgesellschaftliche Nutzen der KI-Innovationen in

den Fokus gestellt werden. Die Akteure gehen davon aus, dass in der Förderperiode 2022-2025 rd. 95 KI-Startups begleitet werden (BMWK, 2022).

2.2.3.3 | Zentrale Elemente des KI-Ökosystems München

Akteure

Einer der federführenden Akteure im Modellprojekt AI+Munich ist die **Munich Innovation Ecosystem GmbH** (vormals MUC SUMMIT), die als Koordinatorin die Entwicklung des KI-Ökosystems im Großraum München forciert. Um (Gründungs-)Teams möglichst frühzeitig, idealerweise noch in ihrer Vor-Gründungsphase unterstützen zu können, hat die Munich Innovation Ecosystem GmbH gemeinsam mit ihren Partnerorganisationen TUM Venture Labs, UnternehmerTUM, Strascheg Center for Entrepreneurship GmbH und der Hochschule München einen KI-Startup-Prozess entwickelt, der sich in vier Phasen gliedert: Scouting, Matching, Acceleration und Co-Creation. Dabei wird an den Partneruniversitäten in geeigneten Lehr- und Accelerator-Formaten nach Studierenden bzw. Graduierten mit Gründungsinteresse im Bereich Deep-Tech gescoutet. Ausgewählte Gründungsvorhaben werden schließlich im Rahmen eines Sprintprozesses durch Expert*innen bei der Weiterentwicklung, etwa bei der Realisierung eines Prototyps, unterstützt. Durch integriertes Lernen, Gestalten und Entwickeln zwischen Gründenden, Startups und verschiedenen Ökosystemakteuren in angeleiteten Co-Creation-Prozessen sollen aus innovativen Ideen skalierbare, international erfolgreiche Startups hervorgehen. In den vergangenen zwei Jahren wurden aus über 600 Bewerbungen 72 Teams aus unterschiedlichsten Branchen gefördert.

Zentrale Akteure sind außerdem die lokalen **Hochschulen**: Die drei Münchner Hochschulen - Hochschule München (HM), Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) und Technische Universität München (TUM) kooperieren im Projekt „Munich Global Impact Hub (MGI Hub)“ gemeinsam mit ihren jeweiligen Gründungszentren, um ein starkes, regionales und wirkungsorientiertes Netzwerk zu schaffen, das disruptive Innovationen ermöglicht.

Die Region verfügt außerdem über ein umfangreiches Angebot an **Accelerator- und Inkubator-Programmen**, da jede der Münchner Universitäten ihr eigenes Innovations- und Entrepreneurship-Zentrum beherbergt: Das Strascheg Center for Entrepreneurship (SCE), das LMU Innovations- und Entrepreneurship-Zentrum (LMU IEC) sowie UnternehmerTUM. Darüber hinaus hat sich das Portal Munich Startup als erste virtuelle Anlaufstelle für technologie-orientierte, innovative Startups in München und Umgebung etabliert und die Initiative "Gründerland Bayern" des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie unterstützt (angehende) Unternehmer*innen mit einer breiten Angebotsplatte. In München findet sich (nach der Bundeshauptstadt Berlin) die zweithöchste Anzahl an **KI-Startups** in Deutschland: 108 KI-Startups waren in München und seinen Vororten in der KI-Landkarte von appliedAI aufgelistet²⁰.

Applied AI, die mittlerweile größte europäische Initiative für die Anwendung vertrauenswürdiger KI-Technologie in Unternehmen und ursprünglich als Abteilung der UnternehmerTUM gegründet, wird von Experten ebenfalls als wichtiger Enabler des Münchner Ökosystems genannt. Ebenso die Industrie- und Handelskammer (IHK), die ein zunehmend wichtigerer Partner wird und beispielsweise Veranstaltungsräume zur Verfügung stellt oder Kontakte zu Großunternehmen herstellt.

Nicht unwesentlich für den Erfolg des Ökosystems ist die starke Wirtschaft und das Vorhandensein von Konzernen: So haben sieben der 40 DAX-**Konzerne** ihren Sitz in München.

²⁰ <https://www.appliedai-institute.de/hub/2023-ai-german-startup-landscape>

Interaktionen und Netzwerke

Neben den unterschiedlichen Akteuren sind auch noch weitere Faktoren für den Erfolg des KI-Ökosystems München verantwortlich: So war es für München hilfreich, dass innerhalb der letzten 15 Jahre – angetrieben von **engagierten Einzelpersonen** – schon ein gewisses Ökosystem mit bestehenden Netzwerken gereift ist. So konnten erste erfolgreiche Gründer*innen mittlerweile einen Exit verzeichnen und reinvestieren erneut in das Ökosystem und dessen angehende (KI)Teams.

Expert*innen sehen in den **vielfältigen Vernetzungs- und (niederschwelligen) Begegnungsmöglichkeiten** ein wichtiges Asset des Ökosystems. Einen Ort zur Vernetzung stellt beispielsweise das Munich Urban Colab²¹ dar. Es beherbergt zahlreiche Initiativen (u.a. den Digital Hub Mobility, appliedAI oder das Innovation Lab der Stadt München) und ermöglicht neue Formen der branchenübergreifenden und interdisziplinären Zusammenarbeit sowie Austausch mit Bürger*innen. Ein Experte erläutert: *„Dort treffe ich einfach jeden Tag ganz viele für das Münchner Ökosystem wichtige Menschen auf dem Flur. Und wenn ich irgendein Thema habe, dann kann ich das mit denen besprechen. Und das ist ein riesen Mehrwert für ein lokales Ökosystem.“* Ein anderer Interviewter aus dem Ökosystem berichtet begeistert von zahlreichen hochqualitativen **Events** in der Stadt, bei denen „die besten Köpfe zum Thema KI aufeinandertreffen“. Hochkarätig besetzte Veranstaltungen, wie etwa die Messe Bits & Pretzels in München, schaffen einen entsprechenden Mehrwert für das Ökosystem.

Ressourcen und Technologien

Als Folge der vielfältigen tertiären Ausbildungsmöglichkeiten steht dem Raum München reichlich talentiertes **Humankapital** zur Verfügung.

Zudem spielen auch **private Großfinanziers** eine maßgebliche Rolle im Ökosystem. So fördert beispielsweise die Unternehmerin Susanne Klatten, eine der reichsten Frauen Deutschlands, die Technische Universität München (TUM), die damit ihre Spitzenposition in der KI-Forschung festigen und Talente aus aller Welt anziehen kann. Klatten unterstützt auch UnternehmerTUM, eines der größten Innovations- und Gründerzentren Europas. UnternehmerTUM bietet KI-Startups u.a. Zugang zu Finanzierung, Infrastruktur und Mentoring und trägt so maßgeblich zur Stärkung des lokalen KI-Ökosystems bei.

Kontextfaktoren

Ein wichtiger Faktor für das Gedeihen des Ökosystems München ist die **Kooperationsfähigkeit** der Akteure: Diese würden sich nicht als Konkurrenten (etwa die Hochschulen oder deren Akzelerator- bzw. Inkubatorprogramme) verstehen, sondern erkennen, dass die Zusammenarbeit einen Mehrwert für alle Beteiligten schafft. Befragte Experten berichten, dass es auch mit anderen Ökosystemen innerhalb Deutschlands einen regen Austausch bzw. Schulterschluss und intensive Kooperationen gibt und gemeinsame Interessen über einem Konkurrenzdenken stehen.

Um das Ziel des Ökosystems, KI-Gründungen zu unterstützen, zu forcieren, sei es notwendig, Studierenden die **Gründungsperspektive** immer wieder vor Augen zu führen, entsprechende Role-Models zu präsentieren und sie für Gründungsideen zu sensibilisieren. Das entsprechende Mindset kann besser von Unternehmensgründer*innen selbst präsentiert werden als von forschenden Professoren an der Universität.

Herausforderungen sieht ein befragter Experte in den fehlenden Anschlussfinanzierungen von Startups und in der Fragmentierung des europäischen Marktes. Darüber hinaus werden die geltende Regulatorik

²¹ <https://www.munich-urban-colab.de>

und Bürokratie in München bzw. Deutschland als eher hemmend für den Erfolg des KI-Ökosystems eingestuft.

2.2.4 | Niederlande

2.2.4.1 | Überblick

Im Oktober 2019 hat die niederländische Regierung mit dem **Strategic Action Plan for Artificial Intelligence** (SAPAI²²) ihre nationale KI-Strategie veröffentlicht. Diese definiert ein Bündel politischer Initiativen, die darauf ausgerichtet sind, KI in der Wirtschaft durch Maßnahmen in den Bereichen Bildung, Forschung & Entwicklung und Innovation, Vernetzung, Regulierungsmaßnahmen und Infrastruktur zu fördern.

Ebenfalls im Oktober 2019 wurde auf Initiative von VNO-NCW MKB-Nederland, dem Wirtschaftsministerium, TNO, Seedlink, Philips, Ahold Delhaize, IBM und Topteam durch digital delta die **niederländische KI Koalition (NL AIC²³)** gegründet. NL AIC ist eine öffentlich-private Partnerschaft, in der Regierung, Wirtschaft, Bildungs-/Forschungseinrichtungen sowie Organisationen der Zivilgesellschaft zusammenarbeiten.

Ihr Ziel ist die Beschleunigung von KI-Entwicklungen und -Initiativen, Wissensaustausch sowie die Vernetzung unterschiedlicher Stakeholder innerhalb bzw. zwischen den Regionen. Seit dem Beginn der Initiative ist die Zahl der teilnehmenden Organisationen von 65 auf 486 angestiegen. Die niederländische KI Koalition NL AIC hat das **AiNed-Programm** initiiert und entwickelt. Das öffentlich-private Mehrjahresprogramm AiNed wurde mit einem Budget von € 204,5 Mio. aus dem Nationalen Wachstumsfonds ausgestattet. Durch die Bündelung zusammenhängender Projekte und einen einzigartigen Lernansatz soll die Nutzung von KI für niederländische Unternehmen und öffentliche Einrichtungen vereinfacht werden. Die NL AIC hat zwar keine formelle Verantwortung für die Umsetzung des AiNed-Programms, aber NL AIC und AiNed stimmen sich im Rahmen des Governance-Modells miteinander ab.

Infobox 1: Das niederländische AiNed-Programm

Das **AiNed-Programm** wurde vom Ministerium für Wirtschaft und Klimapolitik (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, EZK), in enger Zusammenarbeit mit relevanten Stakeholdern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft 2019 initiiert. Im Rahmen des Programms werden niederländische Unternehmen und öffentliche Einrichtungen dabei unterstützt, wichtige Schritte im Bereich der KI zu unternehmen. Der Nationale Wachstumsfonds hat ein Budget von 204,5 Mio. Euro für AiNed bereitgestellt.

Die Grundlage für die Umsetzung von AiNed ist ein nationales KI-Netzwerk, das als kohärente Einheit arbeitet. Die KI-Hubs in den verschiedenen Regionen der Niederlande spielen eine wichtige Rolle bei der Verbindung und Einbeziehung lokaler Unternehmen, Wissenseinrichtungen und anderer Organisationen, die mit KI arbeiten. Die erste Phase des AiNed-Programms umfasst öffentlich-private Investitionen in vier Unterprogrammen:

- Wissens- und Innovationsbasis
- Menschen und Fähigkeiten
- Anwendung von KI-Systemen
- Zusammenarbeit im Ökosystem

²² <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2019/10/08/strategisch-actieplan-voor-artificiele-intelligentie>

²³ <https://nlaic.com/>

2.2.4.2 | Entstehung des KI-Ökosystems Rotterdam - Den Haag

Die Entstehung des KI-Ökosystems „Großraum Rotterdam - Den Haag“ lässt sich zwar nicht an einem konkreten Datum festmachen, die Anfänge lassen sich aber auf (Groß-)Unternehmen zurückführen, die schon seit den 80er Jahren im Bereich Mathematik und IKT tätig sind. Diese haben die Basis für das Ökosystem gelegt, das sich schrittweise im Lauf der Jahre etabliert hat. Einen Meilenstein stellt aber sicherlich der Oktober 2019 dar, als die niederländische Regierung ihre KI-Strategie veröffentlicht und die **KI Koalition** (NL AIC) ins Leben gerufen hat (siehe oben). Die Einrichtung eines kohärenten nationalen KI-Netzwerks von KI-Hubs zur Stärkung des niederländischen KI-Ökosystems ist ein wichtiger Bestandteil der nationalen KI-Strategie. Dazu wurden in einzelnen Regionen der Niederlande insgesamt sieben KI-Hubs geschaffen, die lokale Unternehmen, Forschungseinrichtungen und andere Organisationen mit KI-Relevanz, vernetzen. Ziel ist die Beschleunigung von Technologieentwicklung, Innovation, sozialer Integration und Wirtschaftsentwicklung. (AiNed, 2022). Einer dieser Hubs ist der KI-Hub „Süd-Holland“, der sich international auch unter dem Namen „KI-Ökosystem Großraum Rotterdam und Den Haag“ präsentiert und in diesem Abschnitt näher betrachtet werden soll. Dieses KI-Ökosystem bietet aufgrund seiner strategischen, wirtschaftlichen, interdisziplinären und politischen Merkmale eine hervorragende Grundlage für den Vergleich mit anderen internationalen KI-Ökosystemen.

Das Ökosystem Südholland verfolgt drei **strategische Ziele** (Zuid-Holland AI, 2022):

- die Anregung, Förderung und Umsetzung von KI-Projekten im Rahmen der nationalen KI-Strategie;
- die Zusammenführung und Etablierung einzelner Initiativen auf regionaler und nationaler Ebene;
- die Schaffung eines Netzwerks, um KI-Wissen und unternehmensrelevante Anwendungsmöglichkeiten im gesamten Ökosystem zu verbreiten.

Die befragten Experten fassen die Ziele des Ökosystems folgendermaßen zusammen: Einerseits versuchen Forschungseinrichtungen Innovationen im Bereich der Künstlichen Intelligenz voranzutreiben; andererseits soll die Einführung von KI beschleunigt werden, indem Unternehmen vom Wissens-Spillover profitieren und aus der Fülle bereits existierender KI-Anwendungen für sie geeignete auswählen und KI-entwickelnde Unternehmen von der Nachfrage nach ihren Produkten profitieren. Sechs Sektoren stehen im Fokus des KI-Ökosystems: Life Sciences, Health & Care; Port & Maritime; Energy & Sustainability; Peace, Justice & Security; Technological Industries und Agriculture & Food.

2.2.4.3 | Zentrale Elemente des KI-Ökosystems Rotterdam – Den Haag

Akteure

Was die wichtigsten Akteure im KI-Ökosystem des Großraums Rotterdam - Den Haag betrifft, so verfügt die Region über ein dichtes Netzwerk an renommierten **Forschungsinstituten und Universitäten**:

- Die Technische Universität (TU) Delft beherbergt mehrere Fachbereiche, die sich mit verschiedenen Aspekten der künstlichen Intelligenz befassen. Insgesamt forschen rd. 1.500 Wissenschaftler*innen an der TU Delft zu KI-relevanten Themen. Die KI-Initiative der TU Delft koordiniert die unterschiedlichen Aktivitäten und Stakeholder. Das AI Labs & Talent Programm finanziert 24 KI-Labore der TU Delft, 24 talentierte Fakultätsmitglieder und 96 PhD-Kandidat*innen für 5 Jahre.
- Die Erasmus-Universität Rotterdam ist auf Wirtschafts- und Sozialwissenschaften spezialisiert und befasst sich daher auch mit spezifischen KI-Anwendungen in diesen Bereichen.
- Die Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (kurz „TNO“) ist eine unabhängige, gemeinnützige Organisation für angewandte Wissenschaft und Technologie mit der Aufgabe, Innovationen für eine nachhaltige und sichere digitale Gesellschaft zu schaffen.

Wissenschaftler*innen, Regierungstellen und Unternehmen jeglicher Größe arbeiten in verschiedenen Laboren, sogenannten Labs (z.B. RoboHouse, Do IoT Fieldlab) an Innovationen rund um die Themen KI und Digitalisierung. In Zuid-Holland gibt es zudem fünf ICAI-Labore, in denen die TU Delft gemeinsam mit großen Firmen an konkreten KI-Anwendungen experimentiert.

Mitverantwortlich für das schrittweise Entstehen eines unternehmerischen Ökosystems waren in der Region bereits ansässige **(Groß-)Unternehmen**, die zunächst vorwiegend im Bereich technisch-mathematischer bzw. IT-Dienstleistungen tätig waren und sich nach und nach vermehrt KI-Anwendungen und deren Entwicklung gewidmet haben. Hinter Noord-Holland (das den Großraum Amsterdam umfasst und als wichtigster KI-Startup-Magnet in den Niederlanden gilt), weist die Region den zweitgrößten Cluster von KI-Startups auf: Im Großraum Rotterdam- Den Haag sind 160 aktive KI-Startups und Scaleups mit insgesamt 4.300 Beschäftigten angesiedelt (das ist knapp ein Viertel aller niederländischen Startups mit KI-Fokus).

Als **staatliche Behörde** spielt das das Niederländische Ministerium für Wirtschaft und Klimapolitik eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Politikmaßnahmen und Förderprogrammen, die die KI-Industrie unterstützen und das Wachstum des Sektors fördern.

Die **Gemeinden** der vier großen Städte im Süden der Niederlande - Rotterdam, Delft, Leiden und Den Haag gelten ebenso als relevante Ökosystem-Akteure wie die Provinz Südholland. So engagiert sich die Stadt Rotterdam beispielsweise aktiv für die Förderung von Innovationen und Technologien, darunter auch solche mit KI-Bezug. Sie bietet Unterstützung für Startups und Forschungsprojekte und setzt sich für die Schaffung eines förderlichen Ökosystems ein.

In der Region gibt es zahlreiche **Initiativen zur Unterstützung des unternehmerischen Ökosystems** für (KI-getriebene) Startups und Scale-up-Unternehmen. Zu den wichtigsten Fördereinrichtungen gehören: InnovationQuarter, YES!Delft, SBIC Noordwijk, The Hague Tech, Security Delta, Up!Rotterdam, Crosspring, PLNT Leiden und ECE Rotterdam.

Als **weitere wichtige Player** gelten die KI-Koalition und das Economic Board of South Holland: Die KI-Koalition NL AIC wird als Katalysator für KI-Anwendungen in den Niederlanden angesehen. Das Economic Board of South Holland setzt sich aus 30 der wichtigsten Vertreter - aus der Geschäftswelt, von Forschungseinrichtungen bzw. der Regierung - der südholländischen Wirtschaft zusammen. Sein Ziel ist es, eine Wirtschaftsstrategie für die Region festzulegen und ein hervorragendes unternehmerisches Klima zu schaffen.

Ein interviewter Kenner des Ökosystems „Großraum Rotterdam – Den Haag“ bezeichnete es als eine „Koalition der Willigen“: *“We allow everybody that wants to play a role to actually play their role because in the end all value comes of what people contribute”*.

Als **Ökosystem-Manager** fungieren InnovationQuarter, die regionale Wirtschaftsentwicklungsorganisation, sowie die TU Delft, die gemeinsam für die Steuerung sämtlicher Aktivitäten verantwortlich sind. Das Hub-Management ist zudem zuständig für die Ökosystem-Strategie, die Finanzplanung und die Kommunikationsagenden und tritt als Ansprechpartner gegenüber der NL AIC und externen Stakeholdern auf. Die Tatsache, dass die Rollen des Hub-Managements zunächst nicht formalisiert waren und es daher auch keine entsprechende Finanzierung gab, hatte anfangs zu Ineffizienzen geführt.

Interaktionen und Netzwerke

Die **regionalen AI Hubs** vernetzen lokale Unternehmen und Wissensinstitutionen mit anderen Organisationen auf nationaler Ebene, stärken Partnerschaften und beschleunigen Innovationen. Eine Herausforderung wird aber darin gesehen, das regionale Wissen, die Netzwerke und deren Spezialwissen auf bundesstaatlicher Ebene zu verbinden.

Nach Expertenmeinung gibt es bereits zahlreiche **Koordinations- und Austauschmöglichkeiten** innerhalb des Ökosystems Süd-Holland, sodass eine fruchtbare Interaktion zwischen den einzelnen Beteiligten

ungehindert vonstattengehen kann. Im Jahr 2022 wurde beispielsweise das Mondai House of AI²⁴ ins Leben gerufen, ein mit der TU Delft verbundenes, jedoch unabhängiges KI-Kompetenzzentrum, mit dem Zweck, alle an KI Beteiligten und Interessierten (etwa bei Veranstaltungen) zusammenzubringen. Ziel ist die Ermöglichung von Kooperationen und Partnerschaften, die Förderung von Innovationen sowie die Nutzung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Chancen. Darüber hinaus besteht regelmäßiger Austausch mit den anderen sechs regionalen KI-Ökosystemen der Niederlande in Form von monatlich stattfindenden Inter-Hub-Meetings, die der Koordinierung (auch in europäischen Belangen) und Bündelung von Kräften dienen. Auch mit dem süd-holländischen Europäischen Digital Innovation Hub, der KMU bei ihrer Digitalisierung unterstützt, erfolgt eine enge Zusammenarbeit.

Dennoch ist die lokale KI-Community noch relativ fragmentiert und zahlreiche Akteure agieren nach wie vor bevorzugt im Alleingang. Ein befragter Experte hält daher eine noch stärkere Bündelung der Kräfte in größeren Initiativen, Programmen und Projekten für sinnvoll. Auch die internationale Vernetzung wird von Kennern des Ökosystems noch als verbesserungswürdig eingeschätzt.

Die Vielzahl der verschiedenen Initiativen hinsichtlich der Unternehmens- und Gründungs-Förderorganisationen wird zwar prinzipiell als positiv hervorgehoben, kann aber aufgrund der Unübersichtlichkeit der Förderlandschaft und Überschneidungen zu Ineffizienzen führen, wenn Unternehmen eine für Sie geeignete Anlaufstelle finden wollen (Zuid Holland, 2022).

Ressourcen und Technologie

Wie ein Kenner des Ökosystems bestätigte, war der Übergang zu einem finanzierten Hub ein entscheidender Punkt für dessen Erfolg. Denn vor allem die **ausreichende finanzielle Ausstattung** ermöglicht die Besetzung klarer **Rollen** und damit einhergehend die notwendige Umsetzungsstärke, die ein so schnelllebiges Thema wie KI erfordert.

Ein zentraler Faktor für den Erfolg des KI-Ökosystems Rotterdam-Den Haag ist das von der niederländischen Regierung aufgelegte **Förderprogramm AiNed**, das von 2021 bis 2027 läuft und in diesem Zeitraum insgesamt € 1,05 Mrd. für KI-Projekte bereitstellt. Inklusive privater Geldgeber soll eine Investitionssumme von insgesamt € 2,1 Mrd. mobilisiert werden.

Noord-Holland (mit dem Großraum Amsterdam) ist der wichtigste Anziehungspunkt für KI-Startups in den Niederlanden, gefolgt von der Region Südholland. Diese Region verzeichnete zuletzt 160 KI-Startups und Scale-ups mit insgesamt 4.300 Beschäftigten. Allerdings schafft es nicht einmal jedes zehnte dieser Startups sich nachhaltig (auf mehr als 50 Mitarbeitende) zu vergrößern (Zuid-Holland AI, 2022). Dies liegt unter anderem an den unzureichenden **Finanzierungsmöglichkeiten**: Während sich die Finanzierung auf KI-Unternehmen im Life-Science Sektor konzentriert, sind andere Sektoren (z. B. Agrar- und Lebensmittelindustrie, Energie und Nachhaltigkeit) bei der Finanzierung unterrepräsentiert. Der Mangel an Investitionen führt dazu, dass einige niederländische Startups in die Vereinigten Staaten abwandern - eine Entwicklung, die auch von den interviewten Expert*innen beobachtet und als kritisch gesehen wird.

Lokale Industriebetriebe beeinflussen das Ökosystem, indem sie neue KI- und Data-Science-Technologien bzw. -Anwendungen übernehmen und sich an der Forschung und Entwicklung von KI-Lösungen beteiligen. Auch die befragten Experten betonen die Wichtigkeit der **KI-Readiness** bzw. die Nachfrage seitens lokaler Industriebetriebe: Ist die KI-Readiness und die Industrienachfrage nicht ausreichend gegeben, siedeln KI-Startups bzw. -Unternehmen aus der Region ab und suchen entsprechende Märkte woanders auf.

²⁴ <https://mondai.tudelftcampus.nl>

Kontextfaktoren

Von den befragten Experten wird die **nationale KI-Strategie**, die die einzelnen Regionen befähigt, ihr eigenes räumliches Ökosystem aufzubauen als wichtiges Element für das Funktionieren des Ökosystems hervorgehoben. Ein wichtiger Fördermechanismus ist der **National Growth Fund** (Nederlands Groeifonds), einer Initiative des Ministeriums für Wirtschaft und Klimapolitik und des Finanzministeriums. Der Fonds unterstützt großangelegte Investitionen in Innovationsprojekte, die den digitalen Sektor stärken und wurde von 2020 bis 2023 mit rd. € 276 Mio. für digitale Technologien, einschließlich KI, ausgestattet. Darüber hinaus werden mit der seit 2017 aktiven Top Sektoren Policy Schlüsseltechnologien, einschließlich KI, jährlich mit € 100 Mio. gefördert.

2.2.5 | Schweden

2.2.5.1 | Überblick

Im Mai 2018 veröffentlichte das schwedische Ministerium für Unternehmen und Innovation mit dem *National Approach for Artificial Intelligence* eine erste nationale **Strategie** für KI (Ministry of Enterprise and Innovation, 2018). Die Strategie legt zwar Leitlinien für nationale Prioritäten im Bereich der KI fest, ist jedoch in Bezug auf die verantwortungsvolle Nutzung von Daten und ethische KI recht vage formuliert.

Vorab hat Vinnova, Schwedens Innovationsagentur, einen Bericht (Vinnova, 2018) veröffentlicht, in dem Chancen und Risiken für Schweden im Zusammenhang mit KI gegenübergestellt und darüber hinaus Schwedens Fähigkeiten, das volle Potenzial der KI auszuschöpfen, dargelegt werden.

2021 veröffentlichte das Ministerium für Infrastruktur eine eigene Strategie, mit dem Ziel, Schweden zum führenden Land bei der gemeinsamen Nutzung von Daten zu machen. Diese Strategie weist der Agentur für digitale Verwaltung (DIGG) eine wichtige Rolle zu und umfasst sechs Schwerpunktbereiche, darunter den verbesserten Zugang zu Daten sowie einen offenen und kontrollierten Datenaustausch.

2.2.5.2 | Entstehung des KI-Ökosystems in Schweden

Die Anfänge des schwedischen KI-Ökosystems reichen zurück bis in die 80er Jahre als – während der ersten KI-Welle – die Forschung zu digitalen Lösungen Fahrt aufnahm. Damals konzentrierte sich die KI-Forschung noch auf die Universitätsstädte Uppsala, Linköping und Stockholm.

Einem befragten Experten zufolge waren die ersten Anwendungsfälle von Künstlicher Intelligenz im öffentlichen Sektor, v.a. im Gesundheitswesen zu finden. In Schweden gab es schon relativ früh einen sehr digitalen Gesundheitssektor, der über eine große Menge an eigenen Daten (z.B. digitale Bilder oder Krankenakten) verfügte und so den Einsatz von (einer Art) KI ermöglichte.

2.2.5.3 | Zentrale Elemente des KI-Ökosystems Schweden

Akteure

Vinnova ist die staatliche schwedische Innovationsagentur, die Forschung und Entwicklung auf unterschiedlichen Gebieten finanziert. Sie investiert jährlich insgesamt rd. 3 Mrd. SEK in Forschung und Innovation sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor, darunter auch in zahlreiche KI-Projekte. Zu den geförderten Projekten gehören sowohl kleine Initiativen, die mehrere Tausend SEK für einzelne Unternehmen umfassen, bis hin zu mehrjährigen Vereinbarungen über 100 Mio. SEK zur Finanzierung von AI Sweden. **AI Sweden** ist das nationale Zentrum für angewandte KI, das gemeinsam von Vinnova

und etwa 100 Partnern aus dem öffentlichen und privaten Sektor finanziert wird. AI Sweden hat die Aufgabe, den Einsatz von KI zu beschleunigen, um die schwedische Gesellschaft zu unterstützen und die Wettbewerbsfähigkeit zu fördern. Die Projekte konzentrieren sich auf Bereiche von nationalem Interesse. Dazu gehören informationsgestützte Gesundheitsfürsorge, KI-Lösungen für die schwedische Sprache, datengestützter Journalismus und KI als Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels. Zusätzlich zu den Forschungsprojekten bietet AI Sweden auch Schulungen für seine Partner und die breite Öffentlichkeit an. Eine Data Factory ermöglicht es Partnern, ihre eigenen Daten zu teilen und auf neue Daten zuzugreifen, indem sie die Rechenleistung und Speicherkapazität für KI-Projekte nutzen.

Eine zentrale Rolle im schwedischen KI-Ökosystem spielt die **Agency for Digital Government (DIGG²⁵)**, deren erklärtes Ziel die Beschleunigung der Digitalisierung in Schweden und die Schaffung einer nachhaltigen Wohlfahrtsgesellschaft ist. Im Rahmen dieser Mission arbeitet DIGG mit anderen schwedischen Behörden wie dem schwedischen Arbeitsamt zusammen, um KI in öffentlichen Organisationen zu fördern, Daten besser zugänglich zu machen und offene, datengetriebene Innovationen umzusetzen. DIGG entwickelt zwar keine eigenen KI-Lösungen, sondern stattdessen veröffentlicht die Behörde Leitlinien, um andere öffentliche Organisationen bei der Digitalisierung und der Entwicklung von KI zu unterstützen.

Die **schwedische Steuerbehörde** (Skatteverket) ist eine der führenden öffentlichen Organisationen im Bereich der KI-Entwicklung. Sie setzt mehrere KI-Anwendungen (u.a. zur Klassifizierung von E-Mails oder Überprüfung von Dokumenten) ein. Aufgrund ihrer Erfahrung ist sie ein Impulsgeber für andere staatliche Organisationen, die sie bei der Implementierung von KI-Anwendungen unterstützt, etwa durch die Bereitstellung erfolgreicher Anwendungsbeispiele.

Die Familie Wallenberg: Das **Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program (WASP)** spielt eine Schlüsselrolle bei der Unterstützung sowohl der Grundlagen- als auch der angewandten Forschung im Bereich der KI. Es wurde 2015 gestartet, soll bis 2031 laufen und ist das bei weitem größte individuelle Forschungsprogramm in Schweden. Die Gesamtfinanzierung beläuft sich auf 6,2 Mrd. SEK, wovon 4,9 Mrd. SEK von der Knut und Alice Wallenberg Stiftung bereitgestellt werden, der Rest von Partneruniversitäten und Industriepartnern. Ziel des Programms ist die akademische Grundlagenforschung in den Bereichen künstliche Intelligenz, autonome Systeme und Software zu fördern. Konkret sollen 80 führende Forscher rekrutiert und insgesamt 600 Promovierungen von PhD-Studierenden innerhalb der Programmlaufzeit erreicht werden. WASP arbeitet einerseits eng mit der schwedischen Industrie zusammen und andererseits mit fünf Partneruniversitäten und angegliederten Forschungsgruppen weiterer Hochschulen des Landes.

Schwedische **Universitäten**, allen voran die Chalmers University of Technology, die Universität Linköping, die Universität Lund, das KTH Institute of Technology und die Universität Umeå, forschen auf dem Gebiet der KI, bieten entsprechende Kurse und arbeiten zusammen mit externen Organisationen an KI-Entwicklungen. Rund um die Universitätsstädte bilden sich regionale KI-Hubs.

Die schwedische Regierung hat zu Jahresende 2023 eine **KI-Kommission** eingerichtet. Diese soll den Regierungsstellen Inputs liefern und Vorschläge unterbreiten, wie bzw. welche KI-Lösungen und –Anwendungen Schweden voranbringen können. Die KI-Kommission soll u.a. bei der Identifizierung von prioritären Maßnahmen behilflich sein sowie Empfehlungen erarbeiten, wie Risikokapital angezogen und die Wettbewerbsfähigkeit gesichert werden kann.

RISE²⁶ ist eine staatlich geförderte Organisation mit mehr als 30 Jahren Erfahrung in der KI-Forschung, die KI bereits als integralen Bestandteil ihrer laufenden Forschungsinitiativen nutzt. RISE beherbergt das

²⁵ <https://www.digg.se/>

²⁶ <https://www.ri.se>

Zentrum für angewandte KI (Center for Applied AI), das Spitzenforschung im Bereich der künstlichen Intelligenz betreibt. Es verbindet die Expertise und Anwendungsfelder innerhalb von RISE und erforscht ein breites Spektrum innovativer Anwendungen im öffentlichen und privaten Sektor. Darüber hinaus stellt das Center für Applied AI auch Testumgebungen und KI-Forschungsinfrastruktur zur Verfügung und fördert die internationale Zusammenarbeit.

Der staatliche Forschungsrat **Formas** konzentriert sich auf nachhaltige Entwicklung. Zu den Aufgaben von Formas gehören die Finanzierung von Forschung und Innovation sowie die Entwicklung von Strategien, Analysen und Evaluierungen. Im Rahmen seiner Finanzierungstätigkeit hat Formas mit anderen schwedischen Behörden wie z.B. Vinnova zusammengearbeitet, um Ressourcen für Innovationen im Bereich der künstlichen Intelligenz bereitzustellen.

Nach Ansicht von Kennern des schwedischen KI-Ökosystems spielt vor allem der **robuste Privatsektor** eine wichtige Rolle bei der Entwicklung Schwedens zu einem attraktiven KI-Ökosystem. Mit Unternehmen wie ABB, Volvo, Saab, Ericsson und SEB, die alle auch am WASP beteiligt sind, verfügt Schweden über einen starken Industriesektor. Dieser investiert häufig und in großem Umfang in Innovationen. Zudem verfügt das Land auch über eine dynamische Startup Szene mit 196 KI-Startups²⁷.

Interaktionen und Netzwerke

Netzwerke zum Wissensaustausch erlauben es Organisationen voneinander zu lernen und gemeinsam rasche Fortschritte bei der Entwicklung von KI zu erzielen. Netzwerke sind zwar nicht spezifisch im Bereich der KI, sind aber ein entscheidender Aspekt zur raschen Steigerung der KI-Kompetenz über die Branchen hinweg. Vor allem der öffentliche Sektor in Schweden ist besonders aktiv hinsichtlich der Vernetzung. Eines der am besten etablierten Netzwerke ist das KI-Entwicklungsnetzwerk für den öffentlichen Sektor, das von der DIGG, der schwedischen Arbeitsverwaltung, dem schwedischen Amt für die Unternehmensregistrierung und der schwedischen Steuerbehörde betrieben wird. Diese Initiative basiert auf einer Richtlinie der schwedischen Regierung und soll untersuchen, wie der öffentliche Sektor KI nutzen kann, um den Wohlstand und die Wettbewerbsfähigkeit Schwedens zu fördern. Das Netzwerk richtet sich an Personen, die auf strategischer oder operativer Ebene mit KI arbeiten und trifft sich regelmäßig zu Vorträgen, Erfahrungsaustausch und Workshops zum Thema KI (Seehuus et al., 2022).

Im Rahmen des Programms "**AI Innovation of Sweden**" werden in ganz Schweden sogenannte Knotenpunkte und gemeinsame Standorte geschaffen, um Kooperationen und Partnerschaften für KI-Innovationen zu fördern und zu ermöglichen.

Die Swedish Association of Local Authorities and Regions (**SALAR**²⁸) ist ein Netzwerk für den Wissensaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den schwedischen Gemeinden und Regionen. Im Hinblick auf Künstliche Intelligenz, soll das Netzwerk die Umsetzung von KI durch die Gemeinden und Regionen erleichtern. Im Jahr 2021 hat SALAR zusammen mit AI Sweden ein KI-Netzwerk für Regionen und Gemeinden initiiert mit dem Ziel, Wissen und Erfahrungen in Bezug auf KI im öffentlichen Sektor auszutauschen.

Die **Data Factory** ist eine im Jahr 2019 von AI Sweden gestartete Initiative, die es Partnerorganisationen ermöglicht, bei ihren Herausforderungen unterstützt zu werden und an bestehenden Projekten oder Experimenten in der verfügbaren Testumgebung teilzunehmen. Ziel der Initiative ist es, das Innovations-tempo und die Nutzung von KI in Schweden zu beschleunigen (siehe auch Abschnitt „Ressourcen und Technologien“).

²⁷ <https://www.ai-startups-europe.eu>, abgefragt am 9.7.2024

²⁸ <https://skr.se>

AI and data protection ist eine Kooperation von AI Sweden mit der Swedish Authority for Privacy Protection (IMY) im Zeitraum 2021 bis 2023. Die Zusammenarbeit zielte darauf ab, Akteuren, die KI-Lösungen entwickeln oder anwenden, Beratung und Unterstützung in Fragen des Datenschutzes und der Datenintegrität zu bieten.

Analytic Imaging Diagnostic Arena (AIDA) ist eine schwedische Plattform für Forschung und Innovation im Bereich der bildgestützten Diagnostik. AIDA ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit dem Ziel, KI im Gesundheitswesen in großem Maßstab nutzbar zu machen.

Ressourcen und Technologien

Im Jahr 2021 hat Vinnova 735 Mio. SEK für KI-Vorhaben bereitgestellt. Das Gesamtvolumen der von Vinnova kofinanzierten KI-Projekte beträgt 1,35 Mrd. SEK (etwa 135 Mio. Euro), von denen die Hälfte aus privaten Mitteln oder aus anderen nationalen Programmen stammt. Im nationalen Haushalt sind bis 2024 mindestens 550 Mio. SEK (etwa 55 Mio. Euro) für Forschung und Innovation im Bereich digitale Technologien und KI sowie deren Nutzung und Auswirkungen auf die Gesellschaft eingeplant.

Im März 2024 beauftragte die Regierung Vinnova, die Anstrengungen im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Advanced Digitalisation zu verstärken. Bis einschließlich 2027 wird Vinnova mindestens 2,3 Mrd. SEK in Projekte investieren, um digitale Lösungen zu entwickeln und Schwedens Industrie an die Weltspitze zu bringen (Vinnova, 2024).

Schweden profitiert von einem Zugang zu einer Vielzahl von Forschungs- und Finanzierungsquellen, v.a. von Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program (siehe oben).

Advanced Industrial Digitalisation ist ein Forschungs- und Innovationsprogramm, das fortschrittliche digitale Lösungen für die schwedische Industrie entwickelt. Initiatoren sind die schwedische Innovationsagentur Vinnova sowie ABB, Ericsson, Saab und Teknikföretagen (Technology Industries of Sweden), die Vertretung der schwedischen Industrie. Advanced Digitalisation startete 2021 und ist ein langfristiges Projekt, und obwohl es sich um keine dezidierte KI-Initiative handelt, finden sich KI-Aspekte in vielen der Projekte. Rund 100 Innovationsprojekte sind bereits in Umsetzung und 62 befinden sich in der Anfangsphase. Zwischen 2023 und 2027 wird das Programm rund 4,5 Mrd. SEK umfassen. Die Hälfte dieser Summe wird von der öffentlichen Hand bereitgestellt, die andere Hälfte wird von der Industrie kofinanziert.

Der nationale **KI-Supercomputer Berzelius** an der Universität Linköping, wird für Forschung in Bereichen wie Biowissenschaften, maschinelles Lernen oder künstliche Intelligenz eingesetzt. So wurde das System beispielsweise zum Trainieren des großen schwedischen Sprachmodells GPT-SW3 verwendet. Der Supercomputer, ein NVIDIA Superpod, untergebracht im Nationalen Supercomputerzentrum (NSC) und integriert in die HPC-Umgebung für Rechen- und Speicherlösungen, wird von der Knut und Alice Wallenberg Stiftung finanziert und soll im Herbst 2024 dank einer Spende von 125 Mio. SEK der Stiftung aufgerüstet werden²⁹.

Microsoft hat im Juni 2024 angekündigt³⁰, 3,2 Mrd. Dollar über einen Zeitraum von zwei Jahren in die schwedischen KI- und Cloud-Einrichtungen zu investieren. Microsoft beabsichtigt, die globale Wettbewerbsfähigkeit des Landes durch KI-Schulungen für fast 250.000 Bürger*innen (2,4 % der schwedischen Bevölkerung) zu stärken. Darüber hinaus wird das Unternehmen die Kapazität seiner drei Rechenzentren in Gavle, Sandviken und Staffanstorps erweitern. Für das Training von KI-Modellen wird Microsoft mehr als 20.000 Grafikprozessoren (GPUs) in Schweden bereitstellen.

²⁹ <https://kaw.wallenberg.org/en/press/supercomputer-berzelius-be-upgraded-double-capacity>

³⁰ <https://fortune.com/europe/2024/06/03/microsoft-invest-3-2-billion-swedish-ai/>

Die **Data Factory** von AI Sweden ist eine Infrastruktur- und Wissensumgebung zur Förderung von Innovation und Implementierung von künstlicher Intelligenz in Schweden. Partner aus sämtlichen Sektoren erhalten Zugang zur hochmodernen Infrastruktur, zu den Datensätzen der Data Factory und profitieren von der Zusammenarbeit mit den technischen, strategischen und rechtlichen Expert*innen von AI Sweden.

Kontextfaktoren

Die Förderung von IKT-Kompetenzen hat in Schweden eine besonders lange Tradition. Bereits in den 1980er Jahren starteten schwedische Regierungsinstitutionen Sensibilisierungsprogramme, die in den 1990er Jahren durch Subventionen für den Kauf von Computerhardware ergänzt wurden. Infolgedessen profitiert die schwedische Bevölkerung von einer flächendeckenden Versorgung mit Breitband-Internet, und ein großer Teil hat langjährige Erfahrung in der IKT-Nutzung und hat auf diese Weise grundlegende IKT-Kompetenzen erworben (empirica, 2014). Dies macht die schwedische Bevölkerung zu einer **technologiefreundlichen Gesellschaft** mit einem **hohen Niveau an digitalen Fähigkeiten**.

Die Initiative „**Start your AI Journey**“ wird von Expert*innen als besonders erfolgreich eingestuft. Im Laufe der Jahre 2019 und 2020 hat Vinnova fünf verschiedene Initiativen gestartet, um öffentliche und private Organisationen dabei zu unterstützen, ihre KI-Reise zu beginnen. Pro Projekt kann mittlerweile ein Zuschuss von maximal 600.000 SEK gewährt werden, um eine bereits ausgearbeitete Idee auf den Weg zu bringen. Die meisten Projektziele wurden erreicht, dabei neue Skills erworben und die Projekte dienen als Inspiration für andere Organisationen.

Die Entwicklung der nationalen schwedischen KI-Strategie hat zu bedeutsamen Änderungen in der **Gesetzgebung** geführt. Das neue Regierungsgesetz über ausländische Direktinvestitionen (FDIA), das im September 2023 in Kraft trat, enthält erstmals umfassende Abschnitte zur KI-Nutzung und zum Schutz von KI-Technologien. Durch das aktualisierte FDIA werden direkte und indirekte ausländische Investitionen in schwedische Unternehmen, die dem schwedischen Datenschutzrecht unterliegen, strenger reguliert.

Das hohe Maß an Entscheidungsfreiheit für öffentliche Organisationen, das die relativ vage formulierte **nationale Strategie** erlaubt, wird von Expert*innen als eher hinderlich eingeschätzt im Hinblick auf die Weiterentwicklung des schwedischen KI-Ökosystems (Seehuus et al., 2022).

2.2.6 | Resümee zu den internationalen Good Practice Beispielen

Der Blick auf die untersuchten internationalen KI-Ökosysteme zeigt, dass ihre Entstehung und Entwicklung zwar unterschiedlich verlaufen kann, bestimmte (Erfolgs-)Faktoren und Elemente aber durchaus in jedem der beobachteten KI-Ökosysteme als relevant hervorstechen. Die folgende Tabelle fasst die zentralen Merkmale der einzelnen Ökosysteme zusammen. In allen vier untersuchten KI-Ökosystemen gibt es eine Vielzahl von Organisationen, die KI-Lösungen entwickeln, testen und anwenden, sowohl im öffentlichen und privaten Sektor als auch in der Wissenschaft. In der Tabelle, so wie auch im jeweiligen Länderkapitel, wurden vor allem jene Elemente, Akteure, Initiativen etc. genannt, die im Rahmen der durchgeführten Interviews mit lokalen Expert*innen als besonders relevant bezeichnet wurden.

Zusammenfassend lassen sich folgende Beobachtungen festhalten:

- Sowohl in Kanada als auch in den Niederlanden waren die nationalen **KI-Strategien** wichtige Impulsgeber für die Etablierung von (regionalen) KI-Ökosystemen: So wurde der KI-Hub Großraum Rotterdam – Den Haag erst durch das in der niederländischen KI-Strategie definierte, landesweite KI-Netzwerk ins Leben gerufen.

- **Universitäten** sind in allen vier untersuchten KI-Ökosystemen die treibenden Kräfte, um die herum sich die Ökosysteme entwickeln. Hochschulen bilden in (spezialisierten) Studiengängen Fachkräfte im Bereich der Künstlichen Intelligenz aus, sind führend in der KI-Grundlagenforschung und arbeiten im Rahmen der angewandten Forschung eng mit Industriepartnern zusammen, um KI-Lösungen zu entwickeln. Die kanadische Universität Waterloo gilt als gelungene Schnittstelle zwischen Hochschulforschung und Industrieanwendung: Durch ihre speziellen kooperativen Bildungsprogramme wird der Technologietransfer beschleunigt und die Innovationskraft des gesamten Ökosystems gestärkt. An vielen Universitäten gibt es Innovationszentren, Inkubatoren und Akzelerator-Programme, mit denen die Gründung von Startups und Spin-offs im Bereich der KI gefördert wird. Neben der Universität Waterloo trifft dies vor allem auf das Münchner KI-Ökosystem zu: Dessen Partnerhochschulen bieten spezielle Lehr- und Akzelerator-Formate an, um jene Studierenden und Doktoranden zu unterstützen, die Deep-Tech-Unternehmen gründen wollen.
- In allen vier internationalen Beispielen zeigen sich Corporates, also **Großunternehmen**, als eine der treibenden Kräfte für die Entwicklung, Implementierung und Skalierung von KI: Sie verfügen nicht nur über entsprechende Ressourcen, die für die Entwicklung und Implementierung von KI-Technologien notwendig sind, sondern sind auch für die Anwendung und Kommerzialisierung von KI-Technologien bedeutend. Die Good Practice Beispiele zeigen außerdem, dass eine lebhafteste, **dynamische Startup-Szene** vielfach ein wesentlicher Bestandteil von KI-Ökosystemen ist.
- Während die Rolle des **Orchestrators** im KI-Ökosystem Südholland und München klar zugewiesen ist, wird sie in anderen Ökosystemen (z.B. Schweden) eher informell wahrgenommen. In Südholland hat die Tatsache, dass die TU Delft und InnovationQuarter die Rolle des Orchestrators erhalten haben und entsprechende finanzielle Mittel bereitgestellt wurden, zu einer deutlichen Belebung der Aktivitäten des Ökosystems geführt.
- Eine **adäquate Ressourcenausstattung** ist maßgeblich für das Funktionieren von KI-Ökosystemen. Die einzelnen untersuchten Länder investieren in Forschung, Entwicklung und Anwendung von KI. Die entsprechenden finanziellen Investitionen der Regierung erstrecken sich über unterschiedlich lange Zeiträume, werden häufig an aktuelle Herausforderungen und Chancen im Bereich der KI angepasst und können nicht immer eindeutig KI-Aktivitäten zugeordnet werden - all dies erschwert internationale Vergleiche im Bereich der Finanzierung. Private **Großfinanciers** wie Susanne Klatten in München und die Wallenberg-Familie in Schweden ergänzen staatliche Investitionen und fördern die jeweiligen KI-Ökosysteme durch strategische Investitionen, Unterstützung von Forschungseinrichtungen und die Forcierung von Innovationsinitiativen. Beide Akteure haben in den letzten Jahren wesentliche Beiträge zur Stärkung der KI-Landschaften ihrer Länder geleistet.
- Befragte Expert*innen in allen vier untersuchten Ökosystemen streichen die Relevanz von **Vernetzungsaktivitäten, -formaten und -orten** hervor. Diese fördern den Wissensaustausch, die Innovationsfähigkeit, den Technologietransfer und die Kooperation zwischen verschiedenen Akteuren. Ein stark vernetztes KI-Ökosystem kann die regionale und internationale Wettbewerbsfähigkeit erheblich steigern und ermöglicht den Netzwerkteilnehmenden die (frühzeitige) Identifikation von Trends und neuen Forschungsfeldern.
- In Schweden gelten einige **behördliche Institutionen** (etwa die schwedische Steuerbehörde) als führende staatliche Organisationen im Bereich der KI-Entwicklung. Aufgrund ihrer Erfahrung fungieren sie als Katalysatoren für andere Einrichtungen, denen sie erfolgreiche Anwendungsbeispiele zur Verfügung stellen.
- Nicht zuletzt sind es die **strukturellen und kulturellen Rahmenbedingungen**, die ein Ökosystem und seine Funktionsweise maßgeblich prägen: Sei es in Form einer unbürokratischen Zuwanderungspolitik wie in Kanada oder in Form einer Mentalität, die Unternehmertum und Innovation fördert und Konkurrenzdenken in den Hintergrund rückt, wie es Kenner des Münchner Ökosystems berichten.

Tab. 5 | Überblick über die untersuchten KI-Ökosysteme

	Kanada/ Waterloo	Niederlande/ Großraum Rotterdam–Den Haag	Deutschland München	Schweden
Nationale KI-Strategie seit	2017	2019	2018	2018
KI-Ökosystem ...				
...existiert seit	seit einigen Jahrzehnten	2019	Anfänge vor ~15 Jahren; EXIST-Förderprogramm seit 2021	Anfänge in den 80er Jahren
...initiiert von/durch	über die Zeit durch Ausgründungen und Talente der Universität Waterloo	Strategic Action Plan for Artificial Intelligence	Starkes Gründungsumfeld (insb. durch UnternehmerTUM; verstärkt durch Initiativen wie Strasczeg Center for Entrepreneurship (SCE) bzw. start2group	Frühe akademische Forschung (an den Universitäten in Uppsala und Stockholm) Erst Anwendungen im öffentlichen Sektor (z.B. im Gesundheitswesen)
Ziel	AI-Spin-offs der Universität, Wissenstransfer von der Universität in die Wirtschaft	KI-Initiativen anzuregen u. umzusetzen Konsolidierung der Ergebnisse dieser Initiativen im regionalen und nationalen Ökosystem Wissens-Spillover	Deep-Tech Gründungen durch Co-Creation	Festigung der Position Position als führender KI-Standort in Europa
Koordinator im regionalen Ökosystem	Waterloo.ai (informell)	TU Delft & InnovationQuarter	Munich Innovation Ecosystem GmbH	Vinnova (informell)
Weitere wichtige Akteure ...				
...auf lokaler Ebene	Hochschulen (Universität Waterloo) Incubatoren & Akzeleratoren (Communitel, velocity, ...) Industriebetriebe	Lokale Universitäten, TNO, Economic Board of South Holland; Lokale Gemeinden	TU München, UnternehmerTUM, Strasczeg Center for Entrepreneurship Hochschule München	SALAR, AI Sweden
...auf nationaler Ebene	CIFAR	Niederländisches Ministerium für Wirtschaft und Klimapolitik; KI Koalition (NL AIC)	Ministerien (BMW, BMBF) Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)	VINNOVA, Wallenberg (WASP), DIGG, Digital Protection Agency
Bedeutende (Groß-) Unternehmen	Google, SAP, Blackberry, Oracle etc.	Ahold Delhaize, KLM, ING etc.	BMW, Allianz, Siemens etc.	ABB, Ericsson, Volvo, Astra Zeneca etc.
Unterstützende Maßnahmen der Regierung	Global skills strategy; finanzielle Anreize (z.B. Steuervergünstigungen für Unternehmen), die in KI-Technologien investieren	Unternehmen und Regierungen sind gesetzlich verpflichtet, Einblick in die von ihnen genutzten KI-Anwendungen (und deren Verfahren) zu gewähren	Förderung von Exzellenzclustern wie dem Munich Center for Machine Learning (MCML), die Spitzenforschung im Bereich KI betreiben	Öffentlicher Sektor als Vorreiter bei KI-Anwendungen; sehr frühe Förderung der IKT-Kompetenzen der Bevölkerung

Wichtige Initiativen Programme/ Netzwerke	kooperatives Bildungsprogramm der Uni Waterloo	Mondai House of AI, Inter-Hub-Meetings	Munich Global Impact Hub Applied.AI; Bits & Pretzels	AI Sweden; DataFactory, SALAR, AI Network for regions and municipalities AI and data protection
Besonderheit / Charakteristika	Toronto-Waterloo-Corridor als Tech- Cluster; IP-Politik der Universität Waterloo	Übergeordnetes nationales Netzwerk von KI-Hubs	Erfolgreich etablierter Gründungsprozess; Kooperationsfähigkeit der Ökosystemakteure; Viele Vernetzungsmöglichkeiten; Großfinancier (Frau Klatten)	WASP AI der Wallenberg Stiftung forciert strategisch motivierte KI- Grundlagenforschung; Generelle Bereitschaft, Erfolgsgeschichten zu teilen

Anmerkung: Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es werden insbesondere jene Aspekte ausgewiesen, die im Zuge der Recherche und in den Gesprächen mit lokalen Expert*innen identifiziert wurden.
Quelle: KMU Forschung Austria

3 | Das KI-Ökosystem in Österreich

Im August 2017 richtete das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie einen Rat für Robotik und künstliche Intelligenz ein, der sich aus ausgewiesenen Expertinnen und Experten in diesen Bereichen zusammensetzte. Dieser veröffentlichte im November 2018 das Weißbuch "Österreichs Zukunft mit Robotik und künstlicher Intelligenz gestalten". Im Jahr 2021 schließlich legte die Bundesregierung mit der Artificial Intelligence Mission Austria 2030 (BMK, 2021) eine nationale Strategie vor. Diese wird aktuell überarbeitet, die adaptierte Strategie soll noch 2024 vorliegen.

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die vielfältige Akteurslandschaft. Aufgrund der mit dem Thema KI verbundenen hohen Dynamik und Angebotsvielfalt ist es jedoch nicht möglich, ein vollständiges Bild zu zeichnen und das gesamte Beteiligterspektrum abzudecken.

3.1 | Zentrale Elemente

Den zentralen Kern des heimischen KI-Ökosystems bilden Unternehmen - seien es Startups, KMU oder Großunternehmen – sowie Forschungseinrichtungen (Fachhochschulen, Universitäten, etc.).

Die AI Landscape Austria³¹ (Abb. 5) verzeichnet insgesamt mehr als 300 **KI-Unternehmen und -Startups**, von denen 55 % auf industrielle Anwendungen fokussieren. Die Zahl von KI-Startups ist zuletzt um rd. 10 % jährlich gewachsen. Die meisten Startups und Unternehmen sind in der Health- bzw. MedTech-Branche tätig, aber auch der Bereich Image & Video Processing ist führend. Als Auswirkung des europäischen AI-Acts zeigt sich eine steigende Anzahl von Unternehmen, die sich auf vertrauenswürdige KI, Compliance und Regulierung spezialisiert haben.

Der Standort Österreich profitiert zudem auch von internationalen Playern, die Österreich als Hub bzw. Europazentrale für ihre KI-Unternehmen gewählt haben. Einige Tech-Giganten aus dem Silicon Valley sind auf den Standort aufmerksam geworden und versuchen in Österreich ihre KI-Forschungsbestrebungen mit lokalem Know-how voranzutreiben.

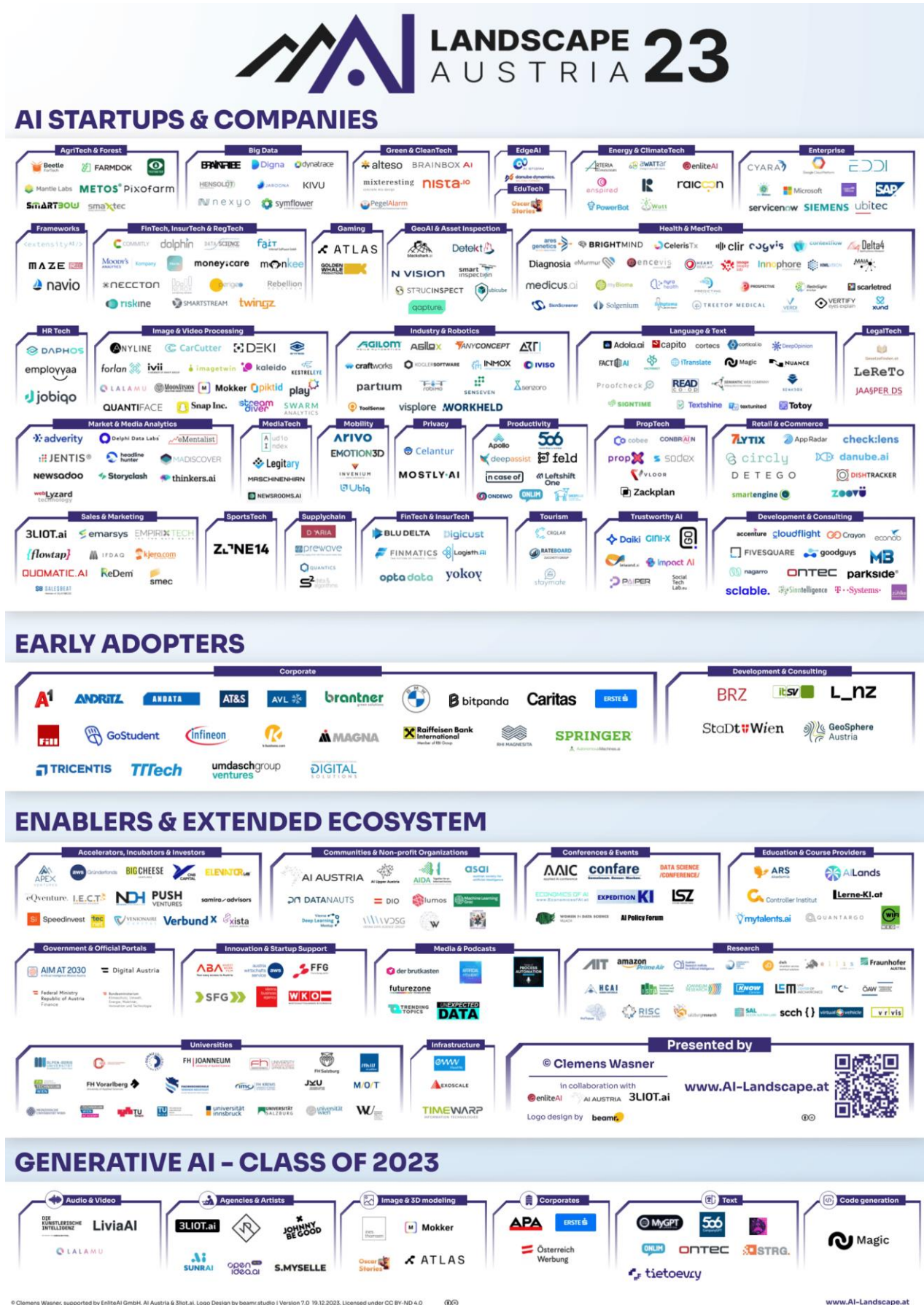
Zu den wichtigen Playern im heimischen KI-Ökosystem zählen außerdem die mehr als 50 in Österreich ansässigen **(außer-)universitären Forschungseinrichtungen, Universitäten und (Fach-)Hochschulen**.

Künstliche Intelligenz ist Teil des Leistungs- und Kompetenzspektrums einer Reihe von (außeruniversitären) Forschungseinrichtungen, die nicht immer ausschließlich informatischen Fächern zugeordnet sind. Mittlerweile verweisen zahlreiche Institute und Einrichtungen im gesamten Bundesgebiet auf ihren Webseiten auf KI-Kompetenzen und entsprechende KI-Projekte. (Prem & Ruhland, 2019) Beispielhaft seien hier das Know Center, AIT, RISC, Joanneum Research, SCCH oder Fraunhofer Austria genannt.

Eine Vielzahl an renommierten Universitäten und Fachhochschulen bieten Bachelor- und/oder Masterstudiengänge mit KI-Bezug an, allen voran die Johannes Kepler Universität (JKU) in Linz. Dort wurde im Jahr 2019 ein Artificial Intelligence Studium gestartet, das mittlerweile rd. 1.500 Studierende umfasst. Aber auch zahlreiche andere Universitäten (z.B. die TU Wien, TU Graz, Universität Klagenfurt) und Fachhochschulen (u.a. FH Oberösterreich Hagenberg, FH St Pölten, FH Joanneum etc.) bilden mit ihrem spezifischen Angebot zukünftige Spezialist*innen im Bereich Data Science, etc. aus.

³¹ <https://www.ai-landscape.at/>

Abb. 4 | Die Akteure des KI-Ökosystems gemäß AI Landscape Austria, 2023



Das mit dem FWF Cluster of Excellence (CoE) ausgezeichnete und bei einer Laufzeit von fünf Jahren mit € 33 Mio. geförderte Forschungsprojekt „Bilaterale AI“ vereint unter der Leitung der JKU die beiden bisher wichtigsten Forschungsstränge auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, nämlich die sub-symbolische KI (Maschinelles Lernen) und die symbolische KI (Wissensrepräsentation und Reasoning). Das Bilateral AI Konsortium ist nicht nur eine Initiative zur nationalen Vernetzung der führenden KI-Forscher*innen Österreichs, sondern das Projekt ist indirekt auch mit anderen europäischen KI-Initiativen vernetzt, da das JKU-Team von Univ.-Prof. Hochreiter auch eine ELLIS Unit bildet. Mit den European Laboratories for Learning & Intelligent Systems (ELLIS) in Linz, der TU Graz und dem Institute of Science and Technology Austria (ISTA) sind drei der 35 Vertreter des europaweiten KI-Forschungsnetzwerks ELLIS in Österreich angesiedelt. Das Ziel von ELLIS ist die Vernetzung der europäischen Hotspots der KI-Forschung zur Ermöglichung bahnbrechender Innovationen, damit Europa im Technologiewettbewerb mit China und den USA mithalten kann.

Darüber hinaus spielt die **öffentliche Hand** im KI-Ökosystem Österreichs eine wesentliche Rolle:

- So ist das **Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)** u.a. für angewandte Forschung und Technologieentwicklung zuständig sowie auch für die Forschungsförderung. In zahlreichen Forschungsförderungsprogrammen (z.B. „AI for Green“) wird die Entwicklung neuer KI-Lösungen und -Technologien gefördert.
- Mit 1. Mai 2024 übernahm das **Bundeskanzleramt (BKA)** die zuvor im Bundesministerium für Finanzen angesiedelte Sektion VII Digitalisierung und E-Government. Diese koordiniert und forciert die Digitalisierungsstrategie des Bundes. Darüber hinaus ist das BKA für die Koordinierung der nationalen KI-Strategie und für die nationale Umsetzung des EU-Rechtsrahmens für KI zuständig. Eine weitere Schwerpunkttätigkeit stellen aktuelle und zukünftige Einsatzmöglichkeiten von KI in der Verwaltung dar.
- Das **Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft (BMAW)** ist ebenfalls ein wichtiger stakeholder, da es wesentliche Mittel für die Finanzierung von angewandter Forschung und Technologieentwicklung zur Verfügung stellt. FTI-Pakete sind ein Förderinstrument für die anwendungsorientierte KI-Entwicklung, insbesondere für Startups und KMU.
- Die **interministerielle Arbeitsgruppe AI Policy Forum** wurde Ende 2021 unter dem Vorsitz des BMK und BMF (nun BKA) eingerichtet, um die ressortübergreifende Umsetzung der österreichischen KI-Strategie zu begleiten. Zu ihren Hauptaufgaben gehören u.a. das laufende Monitoring der Maßnahmen der KI-Strategie sowie die Abstimmung über KI-Aktivitäten in den Fachressorts. Dazu finden in regelmäßigen Abständen Vernetzungstreffen statt.
- Um die Bundesregierung in sämtlichen Fragen der Künstlichen Intelligenz zu beraten, wurde im Februar 2024 der **Beirat für Künstliche Intelligenz („AI Advisory Board“)** eingerichtet. Dieser setzt sich aus elf Expert*innen unterschiedlicher Disziplinen zusammen und soll sich mit den Potenzialen, Herausforderungen, Risiken und Auswirkungen der Anwendung von Künstlicher Intelligenz befassen. Der RTR GmbH, bei der die KI-Servicestelle verankert ist, obliegt auch die operative Betreuung des KI-Beirats. Ziele des Beirats sind *„das Heben wirtschaftlicher Potenziale, bei Fragen zu unterstützen beziehungsweise zu vermitteln und das Wissen zu Künstlicher Intelligenz zu bündeln und verfügbar zu machen.“*³²
- Das **AI Stakeholder Forum** setzt sich aus unterschiedlichen Verbänden und Interessensvertretungen (darunter auch die Wirtschaftskammer Österreich) zusammen und beabsichtigt, den Austausch zwischen der Bundesregierung und anderen Stakeholdern im Bereich KI zu intensivieren.

³² <https://www.digitalaustria.gv.at/Themen/KI/AI-Advisory-Board.html>

- **Innovationsfördernde öffentliche Beschaffung (IÖB)** ist das zentrale Instrument nachfrageseitiger Innovationspolitik in Österreich. Es sorgt für den entscheidenden Impuls, um Innovationen durch den Einkauf seitens öffentlicher Unternehmen und Einrichtungen in die Umsetzung zu bringen. Die IÖB-Servicestelle fungiert als zentrale Anlaufstelle für Beratung zum Thema IÖB und bietet maßgeschneiderte Leistungen für öffentliche Auftraggeber und innovative Unternehmen.

Beratende Einrichtungen

- Die im Februar 2024 in der RTR eingerichtete **KI-Servicestelle** soll als zentrale Anlaufstelle und Informationshub zum Thema Künstliche Intelligenz fungieren, indem sie Rechtssicherheit beim Einsatz von KI für Unternehmen und Beratung für Bürger*innen bietet. Zudem unterstützt sie bei der Umsetzung des europäischen AI Acts.
- Österreichweit sind derzeit drei nationale **Digital Innovation Hubs (DIH)** und vier **European Digital Innovation Hubs (EDIH)** regionale Anlaufstellen für KMU bei Fragen zur Digitalisierung. DIHs sind branchenoffen konzipiert und bieten Unterstützung bei Digitalisierungsvorhaben in Form von Informationen, Veranstaltungen und Weiterbildungsmöglichkeiten sowie vielfältige niederschwellige KI-Angebote. Mit **KI Österreich** haben die Wirtschaftskammern Kärnten, Steiermark und Burgenland gemeinsam mit dem DIH Süd eine Serviceinitiative geschaffen, die Betriebe bei der Umsetzung eigener KI-Anwendungen begleiten und die Kompetenzentwicklung der Mitarbeitenden fördern soll.
- Das **Bundesrechenzentrum (BRZ)** ist der führende IT Service Provider im Public Sector in Österreich. Als E-Government-Partner der österreichischen Verwaltung entwickelt und betreibt das BRZ zentrale IT-Lösungen der öffentlichen Hand und verfügt über eines der größten Rechenzentren hierzulande. Mit dem Prüfkatalog für „Trustworthy AI“ unterstützt das BRZ die öffentliche Hand bei der Entwicklung vertrauenswürdiger KI-Systeme.

Förderungen von Startups bzw. Innovationen

Österreich verfügt über ein dichtes Fördernetzwerk, unter anderem durch bundesweite Programme und lokale Förderungen in den Bundesländern. So stellen beispielsweise die Programme AI4Green (BMK), AI-Adoption (aws, Trustworthy AI) und AI Start (aws, KMU Fokus) zielgerichtete Instrumente dar, die unter anderem KMU bei der Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten unterstützen. 70 % der KI-Startups haben zuletzt öffentliche Förderungen und Mittel erhalten.³³

- Die drei **Förderagenturen Austria Wirtschaftsservice GmbH (aws), Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und der Österreichische Wissenschaftsfonds (WWF)** bieten unter dem Titel „AI Mission Austria (AIM AT)“ Förderung von Grundlagenforschung über angewandte Forschung bis hin zu Förderungen für die unternehmerische Umsetzung. Außerdem haben alle drei Agenturen themenoffene Fördermöglichkeiten bzw. -Schwerpunkte im Bereich digitaler Technologien, die es erlauben, KI-Projekte zu finanzieren. Die laufende und mit € 9,84 Mio. dotierte Ausschreibung „AI Ökosysteme 2024: AI for Tech, AI for Green und AIM AT“ wird von der FFG im Auftrag des BMK abgewickelt und soll die Erforschung und Anwendung von KI vorantreiben.
- Der **Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds (WWTF)** hat im Jahr 2023 mehr als € 10 Mio. für KI-Forschung in Wien vergeben. Im WWTF Life Sciences 2023 Call „Understanding Biology with AI/ML“ wurden neun exzellente Projekte gefördert.
- Als Interessensvertretung bieten die **Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ)** auf ihrer Homepage ein breitgefächertes Informationsangebot und spezifische Veranstaltungen für Unternehmen. Als Stimme der Unternehmen liefert die Wirtschaftskammer mit ihrer KI-Position (WKO, 2023) maßgebliche Impulse zur Gestaltung des nationalen KI-Ökosystems. Darüber hinaus bieten auch die

³³ https://www.advantageaustria.org/de/news/AI_from_Austria_Das_KI-Oekosystem_Oesterreichs_de.html

regionalen Landeskammern ein umfassendes Beratungs- und Informationsangebot sowie spezifische Serviceleistungen an. Je nach Region gibt es zudem eigene regionale Digitalisierungs- und KI-Förderungen, die durch die jeweiligen Kammern abgewickelt werden.

In Niederösterreich fördert **TIP – Technologie- und InnovationsPartner**³⁴ KI-Projekte in Form von nichtrückzahlbaren Zuschüssen.

Eine Vielzahl an **spezifischen Netzwerken, Plattformen und Vereinen** bemühen sich um die Disseminierung von KI-Wissen und -Forschung.

- Der unabhängige Think-Tank **AI Austria** versteht sich als Plattform für den Gedankenaustausch zu Künstlicher Intelligenz. Durch gezielte Vernetzung, Koordination und Förderung von Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft, Bildung und Gesellschaft will er zu einer gezielten und nachhaltigen Anwendung von KI in Österreich beitragen.
- **ASAI** (Austrian Society for Artificial Intelligence) ist ein gemeinnütziger Verein zur Förderung des Forschungsstandortes Österreich auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz.
- **Austrian Standards**: Im Rahmen der Arbeitsgruppe 001.42 Artificial Intelligence des AS Komitee 001 Informationstechnologie wahren nationale Expert*innen Österreichs Interessen durch die aktive Teilnahme in der Erarbeitung internationaler (ISO/IEC) und europäischer (CEN/CLC) Standards (z.B. ISO/IEC/JTC1/SC42 AI und CEN/CLC JTC21 AI).
- **DIO** (Data Intelligence Offensive) ist eine Kooperations-Plattform für den Big Data-Bereich.
- Ziel des Vereins **Plattform Industrie 4.0** ist es, die neuen technologischen Entwicklungen und Innovationen der Digitalisierung bestmöglich für Unternehmen und Beschäftigte zu nutzen und den Wandel für die Gesellschaft sozialverträglich zu gestalten.
- Als gemeinnütziger Verein ist **Women in Artificial Intelligence Austria** Teil der globalen Gemeinschaft von Expertinnen und Impulsgeberinnen in der KI und deren Auswirkungen auf die Gesellschaft. Ziel ist es, die Geschlechterlücke im Bereich der Künstlichen Intelligenz zu schließen, in dem Frauen gestärkt werden und das Bewusstsein für die Notwendigkeit von Geschlechtervielfalt in der KI erhöht wird; sowohl bei der Programmierung der Algorithmen als auch bei der Auswahl und Aufbereitung der Datensets.
- Der **aws KI-Marktplatz**³⁵ dient als zentrale, österreichweite Plattform zur Vernetzung von KI-Anbietenden mit Nutzenden.
- **GMAR**³⁶ ist die österreichische Plattform für Mess-, Automatisierungs- und Robotertechnik. Sie fungiert als gemeinsame Vertretung der in diesen Bereichen tätigen oder interessierten Unternehmen, Forschungseinrichtungen, wissenschaftlichen Institutionen, Bildungseinrichtungen und Einzelpersonen in Österreich.
- „**Mach heute morgen möglich**“³⁷ ist ein von Microsoft in Österreich gegründetes Netzwerk dem rd. 4.500 Unternehmen (darunter Andritz, IBM, TTTech, ÖBB) und Organisationen (IV, WKÖ etc.) angehören. Das Netzwerk möchte erfolgreiche KI-Praxisbeispiele aus österreichischen Unternehmen aufzeigen, ein positives Klima für Digitalisierung und Cloudnutzung schaffen und arbeitet an besseren Rahmenbedingungen (z.B. im Hinblick auf digitale Fähigkeiten am heimischen Wirtschaftsstandort).

³⁴ <https://www.tip-noe.at/foerderungen/>

³⁵ <https://www.awsconnect.at/KI-Marktplatz>

³⁶ <https://www.gmar.at/>

³⁷ <https://mhmm.at/>

Inkubatoren und Acceleratoren bieten neben Finanzierung in Form von Seed Capital auch hilfreiche Angebote wie Mentoring, Vernetzungsmöglichkeiten und Büroflächen. Beispiele in Österreich sind INITS³⁸ und weXelerate³⁹, deren Fokus auf Startups im Technologiebereich liegt.

Was die Ausstattung mit **Ressourcen und Technologien** betrifft, so weist Österreichs KI-Ökosystem folgende Infrastrukturelemente auf:

- Der **Vienna Scientific Cluster (VSC)** ist ein Zusammenschluss mehrerer österreichischer Universitäten, der den Nutzenden Supercomputing-Ressourcen und technischen Support zur Verfügung stellt. Die derzeitigen Aushängeschilder VSC-4 und VSC-5 sind die leistungstärksten Supercomputer Österreichs.
- Das Gemeinschaftsprojekt **Multi-Site Computer Austria (MUSICA)** unter der Konsortialführung des Vienna Scientific Clusters hat das Ziel, bis Ende Juni 2025 eine schlagkräftige zusätzliche Forschungsinfrastruktur im Bereich High-Performance-Computing an den Standorten Wien, Linz und Innsbruck aufzubauen. MUSICA wird im Rahmen des Aufbau- und Resilienzplans der Europäischen Union und der Forschungsinitiative Quantum Austria gefördert und von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) mit € 20 Mio. unterstützt. Im November 2023 kündigte die österreichische Bundesregierung an, € 16 Mio. in den Hochleistungs-Rechencluster MUSICA zu investieren, wodurch die Rechenleistung verdoppelt und den wichtigsten universitären Einrichtungen eine grundlegende Computer-Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden kann.
- **Microsoft** errichtet seit einigen Jahren rund um Wien drei Rechenzentren, die voraussichtlich im Jahr 2025 in Betrieb gehen werden und für die eine Investitionssumme von mehr als einer € Mrd. geplant war. Die Kapazität der drei Zentren ist auf die erwartete Nachfrage in Österreich abgestimmt und der Standort möchte vor allem Sicherheit für diejenigen bieten, die ihre Daten bevorzugt in Österreich speichern wollen.

³⁸ <https://www.inits.at/>

³⁹ <https://wexelerate.com/>

Infobox 2 | Die Wirtschaftskammer im KI-Ökosystem Österreich

Die Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ) nimmt mehrere zentrale Rollen im nationalen KI-Ökosystem ein:

Wissensvermittlung und Bewusstseinsbildung: Die WKÖ fungiert als Plattform, um Unternehmen und deren Mitarbeitende über Chancen und Anwendungsmöglichkeiten von KI-Technologien zu informieren und sensibilisieren. Sie veranstaltet u.a. Workshops und Webinare und sammelt Best-Practice Beispiele, um KI-Potenziale für unterschiedliche Branchen und Sparten aufzuzeigen.

Beratung und Förderung für Unternehmen zu KI-Themen: Die WKÖ bietet Unternehmen Serviceleistungen an, um die Einführung und Integration von KI-Lösungen in betriebliche Prozesse zu unterstützen. Diese Leistungen umfassen die Bereitstellung von Informationen zu technologischen Entwicklungen, Fördermöglichkeiten und rechtliche Rahmenbedingungen, etwa in Form der eigens entwickelten KMU KI-Guidelines. Mit der „KMU DIGITAL“-Förderung werden Unternehmen bei der Implementierung von KI-Lösungen auch finanziell unterstützt.

Netzwerkbildung und Kooperationen: Die WKÖ organisiert Netzwerktreffen und Konferenzen, bei denen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und politische Entscheidungsträger zusammenkommen, um über die neuesten Entwicklungen im Bereich KI zu diskutieren und Kooperationen zu bilden. Im Rahmen des AI Stakeholder Forums tauscht sie sich regelmäßig mit der Bundesregierung und anderen Stakeholdern im Bereich KI aus.

Politische Interessenvertretung und Lobbying: Die WKÖ vertritt die Interessen der österreichischen Wirtschaft in politischen Gremien auf nationaler und europäischer Ebene und setzt sich für Rahmenbedingungen ein, die die Entwicklung und Anwendung von KI fördern. Die WKÖ hat bereits an der österreichischen Digitalisierungsstrategie – dem „Digital Austria Act“ – mitgewirkt und liefert mit der KI-Positionierung (WKÖ, 2023) einen umfassenden und konkreten Maßnahmenplan, um die Bundesregierung bei der aktuell laufenden Überarbeitung der nationalen KI-Strategie zu unterstützen.

Bildung und Weiterbildung: Die WKÖ verfolgt den Anspruch, zentraler politischer Akteur und wichtigste Anbieterin im Bereich der Berufsbildung zu sein. Um Österreichs Unternehmen bei den Herausforderungen hinsichtlich der Digitalisierung zu unterstützen, startete die WKÖ 2019 mit der *WKÖ-Bildungsoffensive für alle** eine umfassende Unterstützungsinitiative. Die Wirtschaftsförderungsinstitute (WIFI) der Wirtschaftskammerorganisationen bieten (Weiter-)Bildungsprogramme u.a. im Bereich Digitalisierung und KI.

* <https://www.wko.at/pages/wir-bilden-zukunft/wko-bildungsoffensive-langfassung.pdf>

Vergleich mit den internationalen Good Practice Beispielen

In Österreich gibt seit dem Jahr 2021 eine nationale KI-Strategie und damit etwas später als in den Vergleichsländern Kanada, Niederlande und Schweden. Hinsichtlich der Governance ist anzumerken, dass das Thema Künstliche Intelligenz in Österreich mit Stand September 2024 in die Zuständigkeit von zwei Bundesministerien fällt - dem Bundeskanzleramt und dem Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie - was möglicherweise zu einem erhöhten Koordinationsaufwand und Herausforderungen führen kann.

Die Akteurslandschaft ist wie auch in den anderen untersuchten Ländern äußerst vielfältig. So sind Universitäten zentrale Hotspots in allen vier untersuchten Ökosystemen. Auch die Akteure in der österreichischen (außer-)universitären Forschungslandschaft können auf einen erfolgreichen KI-Forschungoutput verweisen. In den Bundesländern rund um die jeweiligen Universitätsstandorte Linz, Graz und Wien haben sich zwar regionale Milieus gebildet, jedoch keine ausgeprägten, an Universitäten angegliederte KI-Hubs (z.B. Zentren für angewandte KI, Hubs mit Fokus auf Deep-Tech), wie dies in den anderen Ländern der Fall ist. KI-Professuren, etwa die CIFAR-Lehrstühle in Kanada oder die mehr als 100 KI-Professuren in Bayern im Rahmen der „Hightech Agenda“, unterstreichen die Bedeutung von Exzellenz und haben die jeweiligen KI-Ökosysteme wesentlich belebt. Da Österreich bezüglich der Anzahl der KI-Professuren weit hinterherhinkt, bedarf es weiterer Anstrengungen, um diesen Rückstand aufzuholen.

Die gezielte Unterstützung von Forscher*innen bei der Ausgründung, wie sie in den internationalen KI-Ökosystemen Waterloo oder München zu finden sind, könnte den Transfer wissenschaftlicher Forschungsergebnisse in die Wirtschaft stärken und dem heimischen KI-Ökosystem zusätzliche Dynamik verleihen.

Vielfältige Vernetzungsaktivitäten und gezielte Öffentlichkeitsarbeit stehen auf der strategischen Agenda der Regierungen und werden aktiv angegangen etc. Die Akteure sind auch in Österreich vorhanden, es fehlt aber an Sichtbarkeit des KI-Ökosystems und einer fokussierten Steuerung der Akteure und Aktivitäten: Hier könnte eventuell ein ausgewiesener „Ökosystemmanager“ wie im Ökosystem Südholland einen entscheidenden Mehrwert bringen, sofern dessen Rolle im Ökosystem klar kommuniziert und von den Akteuren akzeptiert wird.

Eine ausreichende Ressourcenausstattung erweist sich naturgemäß als förderlich für die Entwicklung von KI-Ökosystemen. Hier zeigt sich, dass Österreich eine vergleichsweise geringe finanzielle Ausstattung bzw. öffentliche Mittel für KI-Forschung und Entwicklung bereitstellt, was insofern nachteilig ist, da nicht (wie in Schweden oder München) auf private Großfinanciers zurückgegriffen werden kann.

Bestehenden Infrastrukturen, wie die (European) Digital Innovation Hubs, die Digitalisierungsbestrebungen von Unternehmen unterstützen und damit auch KI-Anwendungsmöglichkeiten verbreiten könnten, mangelt es an Sichtbarkeit bzw. auch an der aktiven Einbindung ins Ökosystem. Hier braucht es mehr Vernetzung, niederschwellige Veranstaltungsorte und -formate (wie etwa in Waterloo oder den Niederlanden) um den Wissenstransfer von der Forschung in die Wirtschaft zu beschleunigen.

Die internationalen Good Practice Beispiele zeigen, dass ein möglichst nahtloses Ineinandergreifen der verschiedenen Elemente und aller Akteure - neben Behörden auch Forschungseinrichtungen und Hochschulen, Unternehmen, Verbände, NGOs etc. - entscheidend für das Gedeihen der jeweiligen KI-Ökosysteme ist.

3.2 | Bewertung der Stärken und Schwächen des heimischen KI-Ökosystems

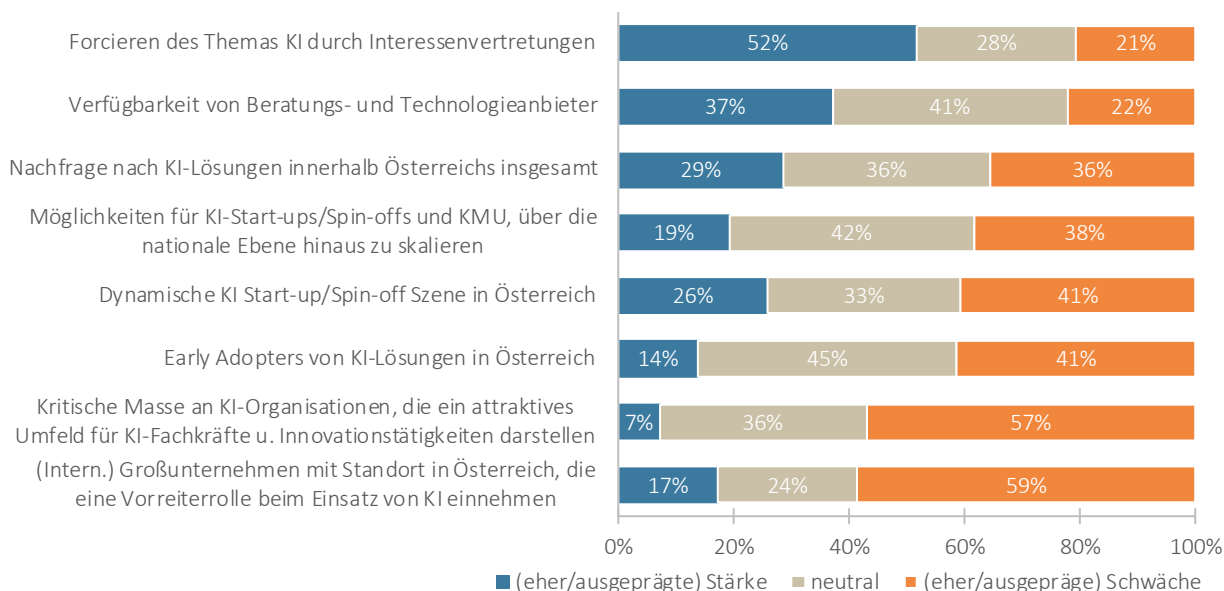
Um eine Bewertung des Status quo des heimischen KI-Ökosystems zu erhalten, wurde eine Befragung unter Expert*innen im Zeitraum 6.6.2024 bis 8.7.2024 durchgeführt. Ein Online-Fragebogen wurde an insgesamt 125 Expert*innen unterschiedlicher Organisationen mit KI-Bezug versandt, wobei die Auswahl der Expert*innen in Zusammenarbeit mit der WKÖ erfolgte. Insgesamt 32 Fragebögen zu den Stärken und Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems wurden ausgefüllt retourniert. Knapp 38 % der Antworten stammen von Hochschulen oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen, etwas mehr als ein Fünftel von Mitarbeitenden im öffentlichen Sektor. Unternehmen sowie Interessenverbände folgen mit geringem Abstand. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Grafiken dargestellt. Zusätzlich wurden mittels Desk Research relevante Informationen zu den einzelnen Aspekten des heimischen KI-Ökosystems eingeholt.

Akteure

Die Einschätzungen der Expert*innen zur **Akteurslandschaft** (Abb. 5) zeigen ein uneinheitliches Bild: Großunternehmen scheinen ihre Vorreiter-Rolle bei KI-Einsatzmöglichkeiten nur unzureichend wahrzunehmen, die Anzahl von KI-Organisationen dürfte nicht ausreichen, um ein attraktives Umfeld für Fachkräfte und Innovationsaktivitäten zu schaffen. Ein Experte führt dies auf die Kleinstrukturiertheit und

Fragmentierung der österreichischen Akteurslandschaft zurück, die das Aufkommen einer entsprechenden kritischen Masse verhindern. Eine strukturierte und institutionelle Koordinierung regional verteilter Einheiten könnte einen Mehrwert für alle Beteiligten schaffen und darüber hinaus die Sichtbarkeit des KI-Ökosystems steigern.

Abb. 5 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich Akteure



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Positiv wird hingegen das Engagement von Interessensvertretungen beim Thema KI bewertet. Das Angebot an KI-Beratungs- und Technologiedienstleistern wird mehrheitlich als Stärke oder neutral eingeordnet. Kritische Stimmen merken jedoch an, dass Berater*innen oft nicht wirklich ausreichend qualifiziert sind, wodurch hohe Kosten und ein geringer Nutzen für die Nachfragenden entstehen.

Die Akteurslandschaft im österreichischen KI-Ökosystem wird insgesamt eher als Schwäche gesehen, ist aber in Bezug auf einzelne Faktoren auch ambivalent. Die Forcierung des Themas KI durch Interessenvertretungen und die Verfügbarkeit von Beratungs- und Technologieanbietern wird eher als Stärke gesehen. Schwächen liegen in der mangelnden Ansiedlung (internationaler) Großunternehmen, die als Vorreiter für den Einsatz von KI fungieren, sowie in der unzureichenden Zahl an Organisationen, die ein attraktives Umfeld für KI-Fachkräfte und Innovationsaktivitäten im Bereich KI darstellen.

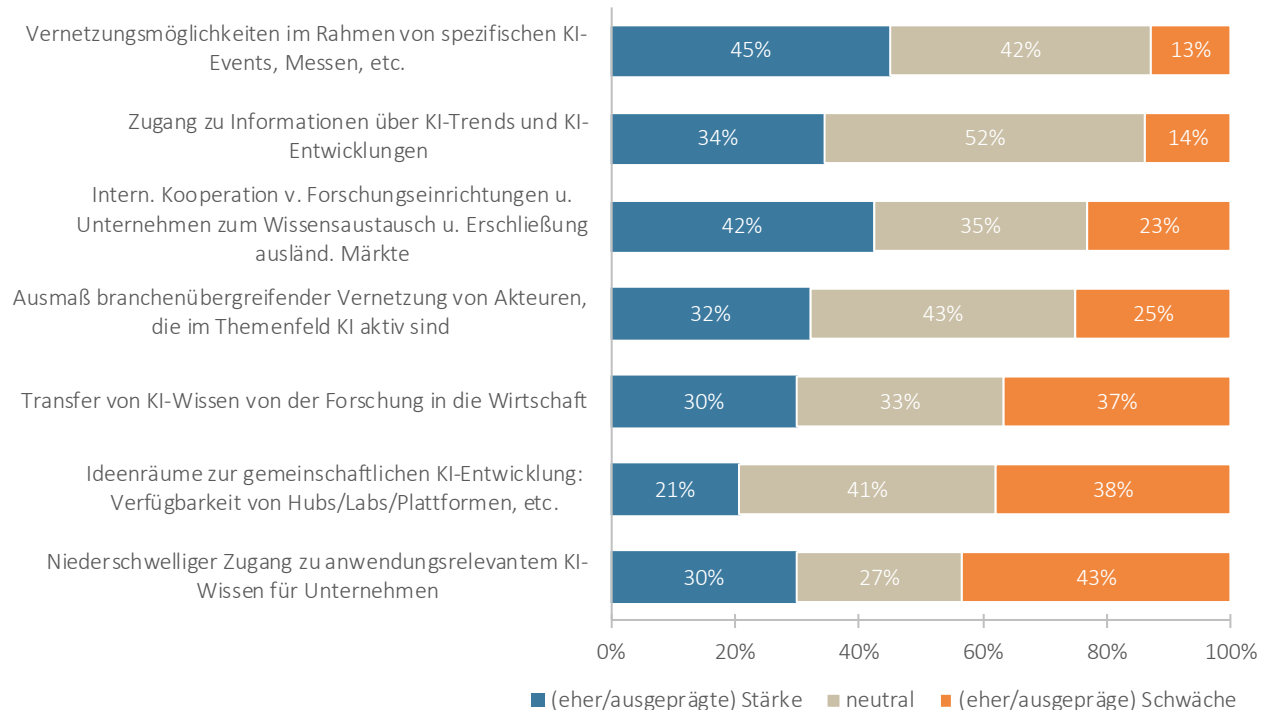
Interaktionen und Netzwerke

Abb. 6 zeigt die Ergebnisse der Expert*innenbefragung betreffend den **Wissens- und Technologietransfer** im heimischen KI-Ökosystem. Als Schwachpunkt fällt der fehlende niedrigschwellige Zugang für Unternehmen zu anwendungsrelevantem KI-Wissen auf. Positiv erwähnt wird in der Befragung allerdings das vielfältige und niederschwellige Angebot der (Europäischen) Digital Innovation Hubs für KMU. Vernetzungsmöglichkeiten im Rahmen von KI-Veranstaltungen und die internationale Kooperation im Bereich KI werden hingegen mehrheitlich als Stärke des KI-Ökosystems oder neutral beurteilt.

Der Bereich Wissens- und Technologietransfer ist ambivalent zu bewerten. Eher als Stärke werden die Möglichkeiten zur Vernetzung im Rahmen von KI-spezifischen Veranstaltungen, Messen etc. und die internationale Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und Unternehmen gesehen. Als Schwäche werden fehlende Ideenräume für kollaborative KI-

Entwicklung, KI-Wissenstransfer von der Forschung in die Wirtschaft sowie der niedragschwellige Zugang zu anwendungsrelevantem KI-Wissen für Unternehmen gesehen.

Abb. 6 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich Wissens- und Technologietransfer



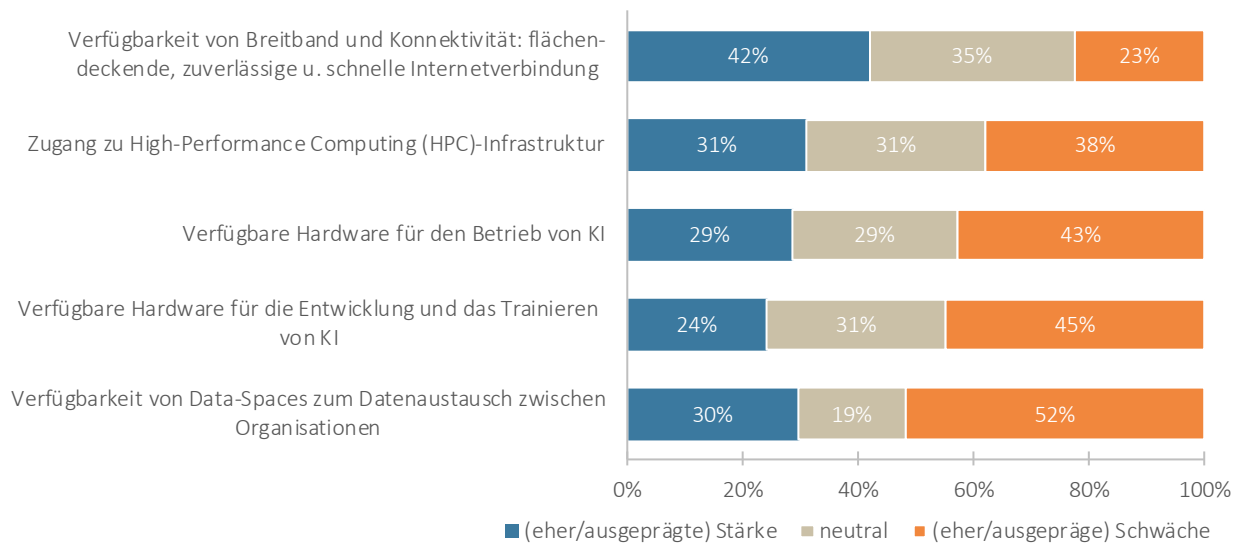
Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Ressourcen und Technologien: Humankapital, Forschung, Förderung und Finanzierung

Abb. 7 stellt die Befragungsergebnisse zum Themenbereich **KI-Infrastruktur** dar und diagnostiziert eine Schwäche bei den vorhandenen Data-Spaces. Allerdings wird von Expert*innenseite angemerkt, dass auf europäischer Ebene gerade sektorspezifische Data-Spaces entstehen, die auch für österreichische Akteure offen sind. Der Zugang zu High-Performance Computing Infrastruktur hierzulande wird von 38 % der Befragten (eher) negativ bewertet. Bemängelt wird in der Online-Erhebung der fehlende Zugang zu vollständig EU-betriebenen HPC-Infrastrukturen. Trotz der Supercomputing-Unterstützung des VSC werden HPC-Möglichkeiten für große KI-Modelle in Österreich benötigt. Diesen Bedarf äußert auch die Austrian Society for Artificial Intelligence (ASAI, 2023): „Das Ausbleiben der Finanzierung von KI-Infrastruktur, konkret eines GPU-Clusters, erschwert und verhindert die Entwicklungen von größeren KI-Systemen, wie zum Beispiel von Sprachmodellen“.

Der Bereich Infrastruktur wird insgesamt eher als Schwäche wahrgenommen, insbesondere die Verfügbarkeit von Data-Spaces, um Daten zwischen Organisationen auszutauschen, und die vorhandene Hardware, um KI zu entwickeln und zu trainieren.

Abb. 7 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich KI-Infrastruktur



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Ein Themenkomplex der Online-Erhebung richtete den Fokus auf das **Humankapital** und wird in Abb. 8 zusammengefasst. Die überwiegende Mehrheit (78 %) der befragten Expert*innen beurteilt die mangelnde Verfügbarkeit von Lehrpersonal für KI-relevante Ausbildungen/Studien/Lehrgänge als (ausgeprägte) Schwäche des KI-Ökosystems. Zwei Drittel sehen im Mangel an KI-Fachkräften eine (besonders) unvorteilhafte Situation. Auf das Fehlen von KI-Talenten wurde seitens heimischer Expert*innen schon aufmerksam gemacht (Moser et al., 2024), verknüpft mit der Forderung nach Maßnahmen und Incentives, um Top-Forscher*innen zu fördern bzw. zu halten und weiteres Personal international anzuwerben. Dies scheint notwendig, denn die Attraktivität des heimischen KI-Standortes wird in der Online-Befragung Großteils negativ bewertet, und zwar sowohl im Hinblick auf das Halten von Spezialist*innen im Inland als auch in Bezug auf das Anwerben von Spezialist*innen aus dem Ausland. Die Qualifikation von KI-Spezialist*innen hierzulande wird zwar von 39 % der Befragten als Schwäche beurteilt, immerhin 36 % orten darin aber ein Stärkefeld des österreichischen KI-Ökosystems.

Der Bereich Humankapital ist insgesamt als Schwäche zu bewerten. Dies betrifft insbesondere die Verfügbarkeit von ausreichendem Lehrpersonal für KI-relevante Ausbildungen und das Vorhandensein qualifizierter KI-Fachkräfte. Die Attraktivität des KI-Standortes Österreich wird sowohl für den Zuzug von KI-Fachkräften aus dem Ausland als auch für den Verbleib von KI-Fachkräften im Inland als nachteilig bewertet.

Abb. 8 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich Humankapital

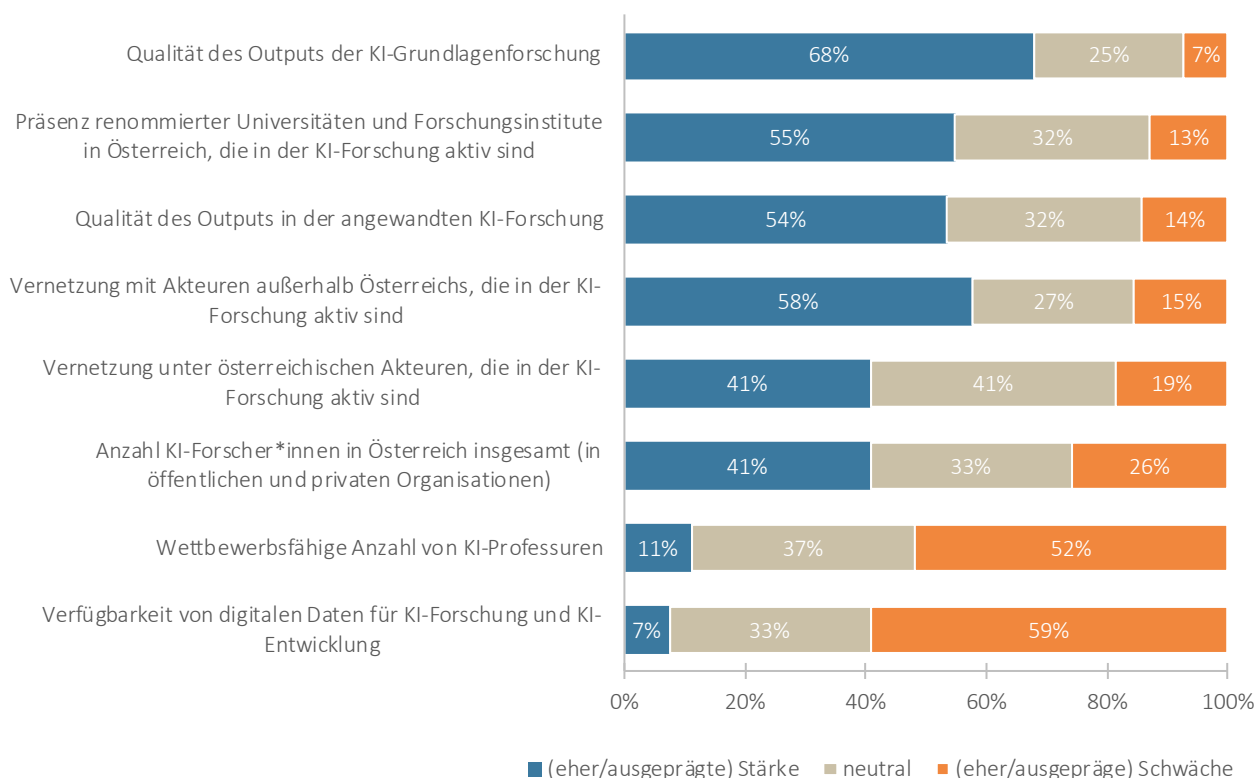


Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Im Hinblick auf **forschungsbezogene Aspekte** des österreichischen KI-Ökosystems (Abb. 9) fallen die Befragungsergebnisse weniger negativ als in den vorangegangenen Bereichen aus. Die Basis für ausgezeichnete KI-Forschung ist in Österreich prinzipiell gegeben, denn das Land verfügt über eine Vielzahl an renommierten Wissenschaftler*innen, die in heimischen Institutionen zu den unterschiedlichen Teilbereichen von KI forschen. Als Stärkefeld des heimischen KI-Ökosystems sticht vor allem die KI-Grundlagenforschung hervor, aber auch die angewandte Forschung liefert qualitativ hochwertige Ergebnisse. Die internationale Vernetzung mit KI-Forschenden im Ausland stellt ein großes Asset dar, ebenso werden die in der KI-Forschung tätigen (außer-)akademischen Forschungseinrichtungen von den befragten Expert*innen mehrheitlich als Stärke des heimischen KI-Ökosystems wahrgenommen. Im Gegensatz dazu wird die Verfügbarkeit von Daten für die KI-relevante Forschung und Entwicklung als deutlich ungünstiger eingeschätzt, ebenso wie die Anzahl von KI-Professuren in Österreich. Daher ist es nicht verwunderlich, dass von Kennern des KI-Ökosystems eine entsprechende Aufstockung von KI-Professuren gefordert wird, um die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen europäischen Staaten zu sichern (Moser et al., 2024).

Der Forschungsbereich kann insgesamt als Stärke angesehen werden, insbesondere was die Qualität des Outputs der KI-Grundlagenforschung und der angewandten KI-Forschung anbelangt. Schwächen sind jedoch in den Bereichen digitale Datenverfügbarkeit und in der nicht-konkurrenzfähigen Anzahl von KI-Professuren erkennbar.

Abb. 9 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich KI-Forschung

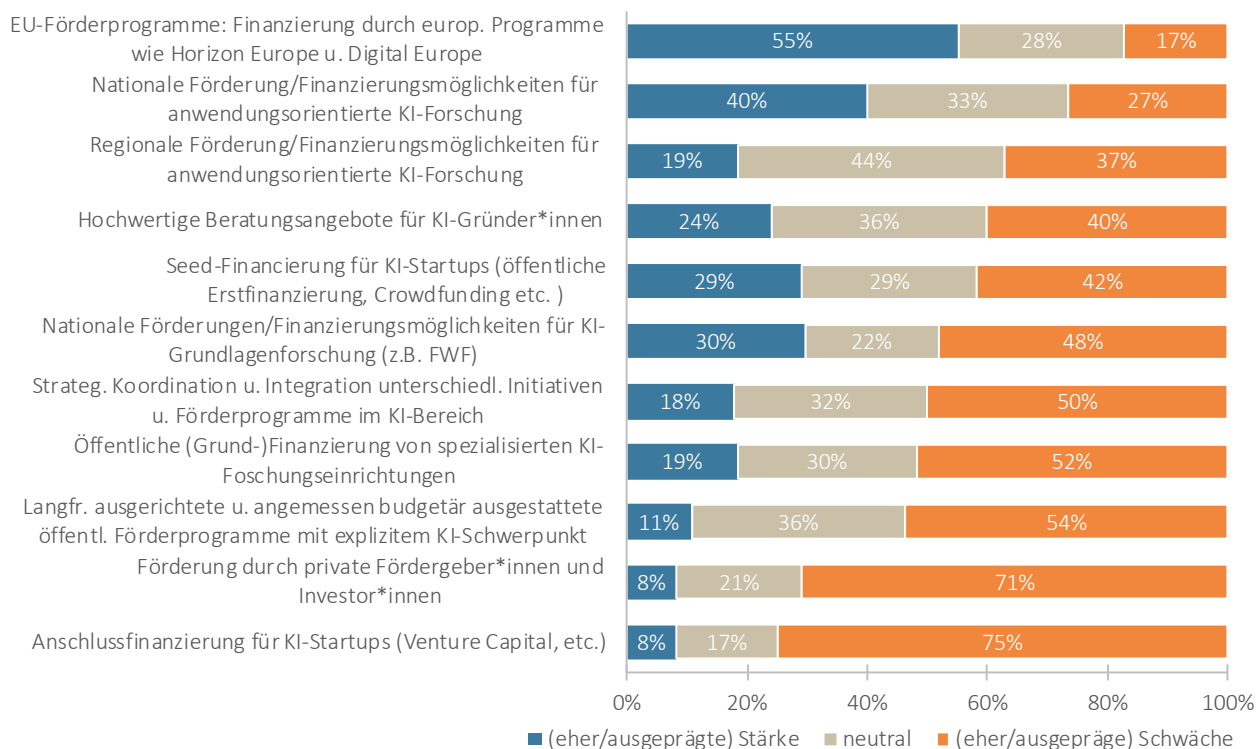


Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Einschätzung der Expert*innen zu einzelnen Faktoren hinsichtlich der **Förderungs- und Finanzierungsmöglichkeiten** innerhalb des heimischen KI-Ökosystems. Mehrheitlich positiv wird lediglich die Finanzierung durch europäische Programme (wie beispielsweise Horizon Europe oder Digital Europe) bewertet. Gänzlich anders fällt das Urteil bezüglich Förderungen durch private Fördergeber*innen und Investor*innen aus, in denen nur 8 % der Befragten eine Stärke hierzulande erkennen, 72 % jedoch eine Schwäche. Auch im Hinblick auf Anschlussfinanzierung für KI-Startups schneidet Österreichs KI-Ökosystem besonders schlecht ab. Weitere Schwachpunkte aus Sicht der konsultierten Expert*innen: Koordinierung und Integration diverser KI-Initiativen bzw. Förderprogramme, die öffentliche (Grund-)Finanzierung spezialisierter KI-Forschungseinrichtungen, nationale Förderungen und Finanzierungsmöglichkeiten für die KI-Grundlagenforschung. Die Befragungsergebnisse decken sich mit Aussagen von Ökosystem-Kennern (brutkasten, 2023), wonach Österreich im globalen Vergleich punkto dezidierter KI-Förderung schlecht abschneide. Es gäbe zwar einzelne Förderungen für Unternehmen bzw. Schwerpunktförderungen von Ministerien, das gesamte Fördervolumen sei aber äußerst dürftig. Insbesondere bei der Förderung der KI-Grundlagenforschung hinke Österreich im internationalen Vergleich deutlich hinterher.

*Die Förderungs- und Unterstützungsmaßnahmen im Bereich KI sind insgesamt als Schwäche zu bewerten, speziell die Aspekte Förderung durch private Fördergeber*innen und Investor*innen sowie Anschlussfinanzierung für KI-Startups.*

Abb. 10 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich Förderung und Finanzierung



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

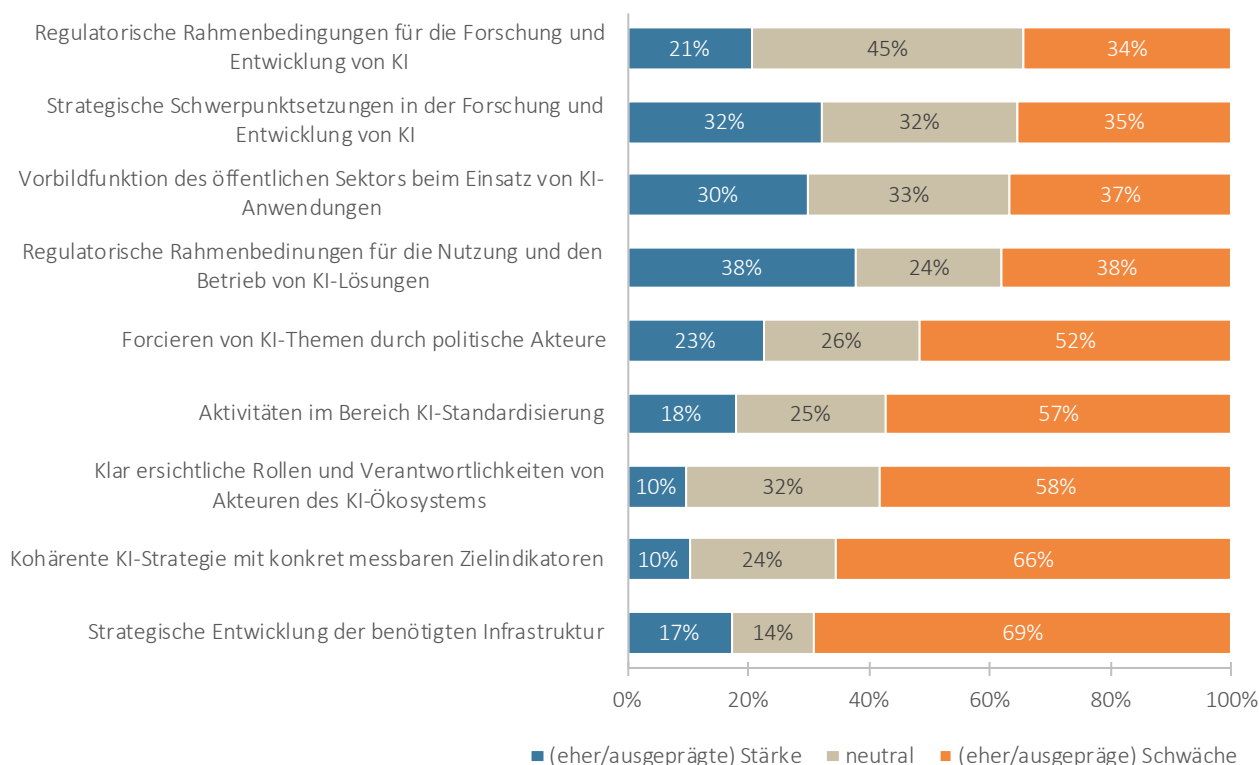
Kontextfaktoren: Governance bzw. öffentlichen Wahrnehmung und Bewusstsein

Die Einschätzung der Expert*innen hinsichtlich der Faktoren im Bereich **Governance** fällt für Österreich ebenfalls überwiegend negativ aus: Die strategische Entwicklung der Infrastruktur für ein florierendes KI-Ökosystem bewerten knapp sieben von zehn Expert*innen als (eher/sehr) ungünstig. Zwei Drittel der befragten Expert*innen bemängeln eine kohärente KI-Strategie für Österreich, die konkret messbare Zielindikatoren vorgibt. Vielmehr wird die von der Bundesregierung im Jahr 2021 vorgelegte KI-Strategie (BMK, 2021) von Kennern des heimischen KI-Ökosystem als unzureichend bezeichnet (brutkasten, 2023): In der Kritik stehen insbesondere eine mangelnde langfristig orientierte Agenda sowie das fehlende politische Bekenntnis zu KI. Dies spiegelt sich auch in der Befragung wider: Ein Großteil der befragten Expert*innen sieht mangelndes politisches Engagement der politischen Akteure, ungenügend Maßnahmen und Anstrengungen hinsichtlich KI-Standardisierung und ortet Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Verantwortlichkeiten und Rollenverteilung im heimischen KI-Ökosystem.

Der Bereich der Governance ist insgesamt als Schwachpunkt zu betrachten, insbesondere im Hinblick auf die strategische Entwicklung der notwendigen Infrastruktur, eine kohärente KI-Strategie mit konkret messbaren Zielindikatoren und klar definierten Rollen und Verantwortlichkeiten der Akteure im KI-Ökosystem.

Was die regulatorischen Rahmenbedingungen für die Forschung und Entwicklung im Zusammenhang mit KI betrifft, so lässt sich keine eindeutige Aussage zu Stärken oder Schwächen treffen, denn je 38 % der Befragten sehen darin eine günstige bzw. ungünstige Situation im österreichischen KI-Ökosystem.

Abb. 11 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich Governance



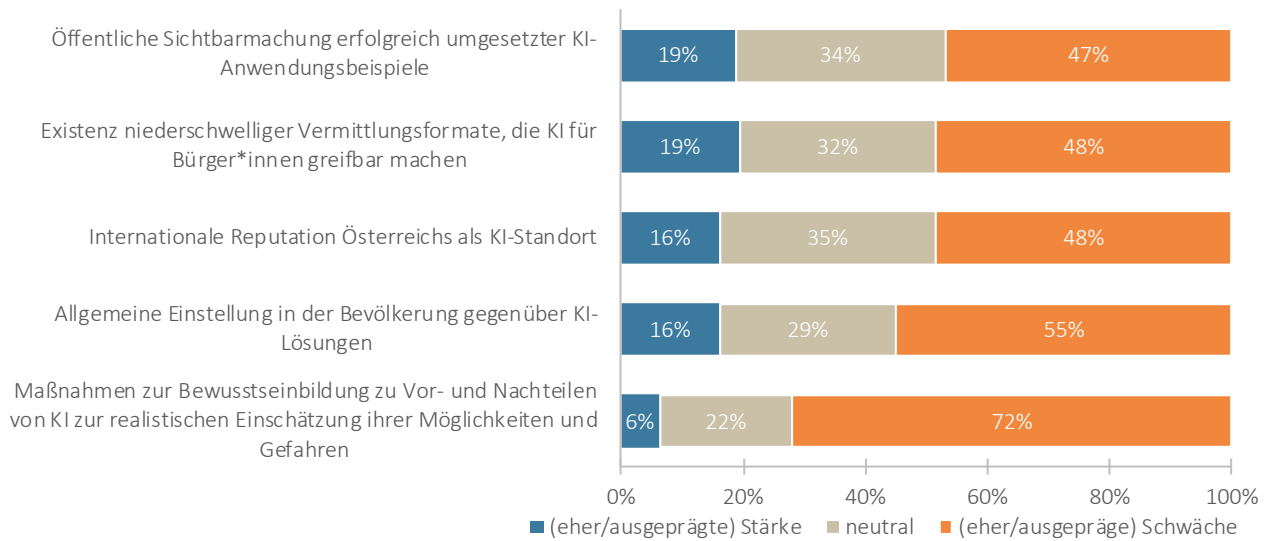
Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Die Vorbildfunktion des öffentlichen Sektors beim Einsatz von KI-Anwendungen wird ebenso wie die strategische Schwerpunktsetzung in der Forschung und Entwicklung von KI von jeweils rd. einem Drittel der Befragten als positiv / neutral / negativ eingeschätzt.

Ein weiterer Teil der Befragung widmete sich dem Themenkomplex der **öffentlichen Wahrnehmung und des Bewusstseins** zu KI. Auch in diesem Bereich sehen Expert*innen das heimische KI-Ökosystem in einer überwiegend ungünstigen Situation. Die derzeitigen Maßnahmen zur Schärfung des Bewusstseins für die Vor- und Nachteile von KI werden besonders häufig als Schwäche gesehen. 56 % der Befragten bewerten die generelle Einstellung der Bevölkerung gegenüber KI-Lösungen als ungünstig für das österreichische KI-Ökosystem, 16 % beurteilen diesen Faktor positiv. Aus Sicht der befragten Expert*innen gibt es zudem erheblichen Aufholbedarf beim Image Österreichs als international relevanter KI-Standort, bei der Sichtbarmachung erfolgreicher KI-Anwendungsbeispiele sowie bei geeigneten Vermittlungsformaten, die KI für Bürger*innen erfahrbar machen.

Die öffentliche Wahrnehmung ist insgesamt als Schwäche zu bewerten, vor allem im Hinblick auf Maßnahmen zur Sensibilisierung für die Vor- und Nachteile von KI und zur realistischen Einschätzung ihrer Potenziale und Risiken.

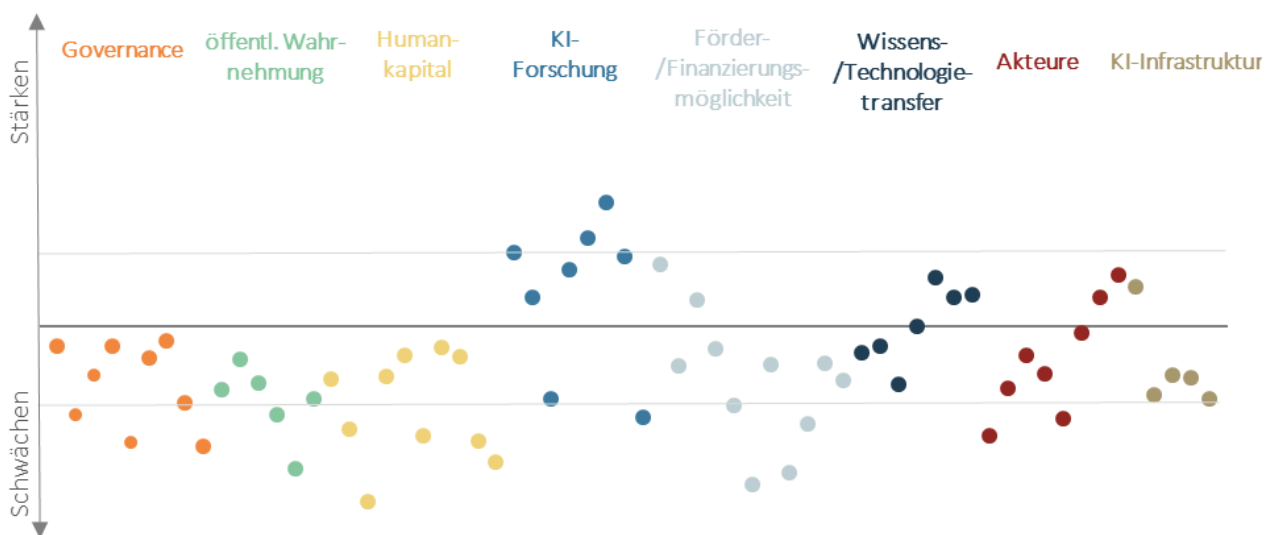
Abb. 12 | Expert*innen-Einschätzung: Stärken/Schwächen des österreichischen KI-Ökosystems im Bereich der öffentlichen Wahrnehmung zu KI



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

In der nachfolgenden Grafik sind die Einzelfaktoren der verschiedenen Bereiche in einer Grafik verdichtet, sodass Stärke- und Schwachfelder auf einen Blick erkennbar sind. Diese Visualisierung der Ergebnisse der Expert*innenbefragung verdeutlicht, dass die Mehrzahl der Faktoren im heimischen KI-Ökosystem aktuell als Schwäche bzw. als verbesserungswürdig eingestuft werden. Stärken werden im Bereich der KI-bezogenen Forschung und teilweise im Bereich des Wissens- und Technologietransfers (Vernetzung, Kooperation) gesehen.

Abb. 13 | Zusammenfassung der Stärke- und Schwachfelder des österreichischen KI-Ökosystems



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Stellt man die Ergebnisse der Stärken-Schwächen-Analyse des österreichischen Ökosystems in Bezug zu den internationalen Beispielen, so zeigt sich, dass die gegenwärtige nationale KI-Strategie Österreichs von den Expert*innen als verbesserungswürdig betrachtet wird. Gerade eine solche Strategie mit klaren Zielsetzungen, messbaren Indikatoren und entsprechender budgetärer Hinterlegung hat in anderen untersuchten Ländern (z. B. Kanada und Niederlande) wesentlich zur erfolgreichen Entwicklung des Ökosystems beigetragen. Mit Blick auf die Forschung zu und die Entwicklung von KI könnte ein Orchestrator, (ähnlich wie etwa in München oder Südholland), Kommunikationsflüsse zwischen Akteuren aufrechterhalten und als zentrale Anlaufstelle in KI-Belangen fungieren.

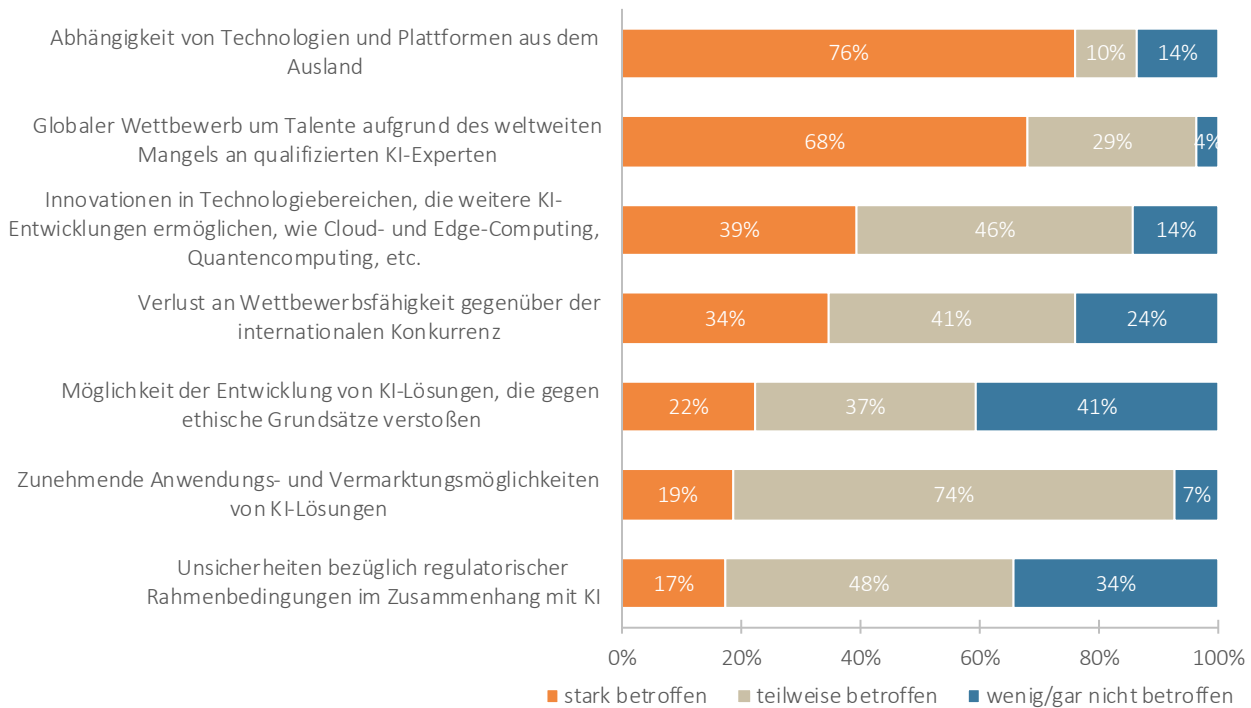
Ebenfalls eher als Schwäche eingestuft wird die strategische Entwicklung der erforderlichen KI-Infrastruktur hierzulande. Hier könnte Schweden als Vorbild dienen, das mit der Data Factory von AI Sweden eine Infrastrukturmgebung geschaffen hat, mit der Partner aus sämtlichen Sektoren Zugang zu leistungsstarker Infrastruktur, Daten und Know-How erhalten. Die einzelnen Faktoren im Bereich Humankapital werden in Österreich besonders schlecht eingestuft, insbesondere die unzureichende Anzahl an Lehrkräften für KI-Ausbildungen/Studien. KI-Stiftungsprofessuren wie in Deutschland oder die CIFAR-Lehrstühle in Kanada geben vor, wie andere Länder in diesem Bereich gezielt Schritte setzen. Um Jugendliche und damit zukünftige Fachkräfte für das Thema Künstliche Intelligenz zu begeistern, werden im Ökosystem Waterloo Schulveranstaltungen durchgeführt, bei denen auch die Eltern zu Job-Chancen informiert werden.

Aus Sicht der Expert*innen ist der Zugang von Unternehmen zu anwendungsrelevanten KI-Wissen nicht niederschwellig genug. In den untersuchten Ländern werden gezielte Maßnahmen gesetzt, um den Wissenstransfer zu beschleunigen, wie beispielsweise die gezielte Unterstützung von Forscher*innen und Absolvent*innen bei Ausgründungen mit KI-Bezug. Weitere Vernetzungsmöglichkeiten werden in Österreich zwar generell positiv bewertet, diese sollten aber nicht nur einem Fachpublikum sondern allen Interessierten offen stehen. Zusätzliche branchenübergreifende Vernetzungsmöglichkeiten mit KI-Fokus scheinen hier eine zielführende Option zu sein – die Wichtigkeit solcher Events, Veranstaltungsorte und Vernetzungsplattformen wurde von den internationalen Expert*innen wiederholt betont.

3.3 | Chancen und Risiken für das KI-Ökosystem in Österreich

Die Identifikation von Stärken und Schwächen im vorangegangenen Kapitel dient als Ausgangsbasis, um die Chancen und Risiken für das heimische KI-Ökosystem zu analysieren. Neben der Beurteilung der Stärken und Schwächen des heimischen KI-Ökosystems wurden die Expert*innen um ihre Einschätzung gebeten, wie sehr Österreichs KI-Ökosystem von diversen globalen Trends betroffen ist. Mehr als drei Viertel sehen eine starke Abhängigkeit Österreichs von ausländischen Technologien und Plattformen. Über zwei Drittel (68 %) der Expert*innen sind der Auffassung, dass das nationale KI-Ökosystem vom weltweiten Wettbewerb um qualifizierte Arbeitskräfte und Talente in hohem Maße tangiert wird. Die überwiegende Mehrheit der Befragten (93 %) glaubt, dass sich generell zunehmende Anwendungs- und Vermarktungsmöglichkeiten zumindest teilweise auf das heimische KI-Ökosystem auswirken.

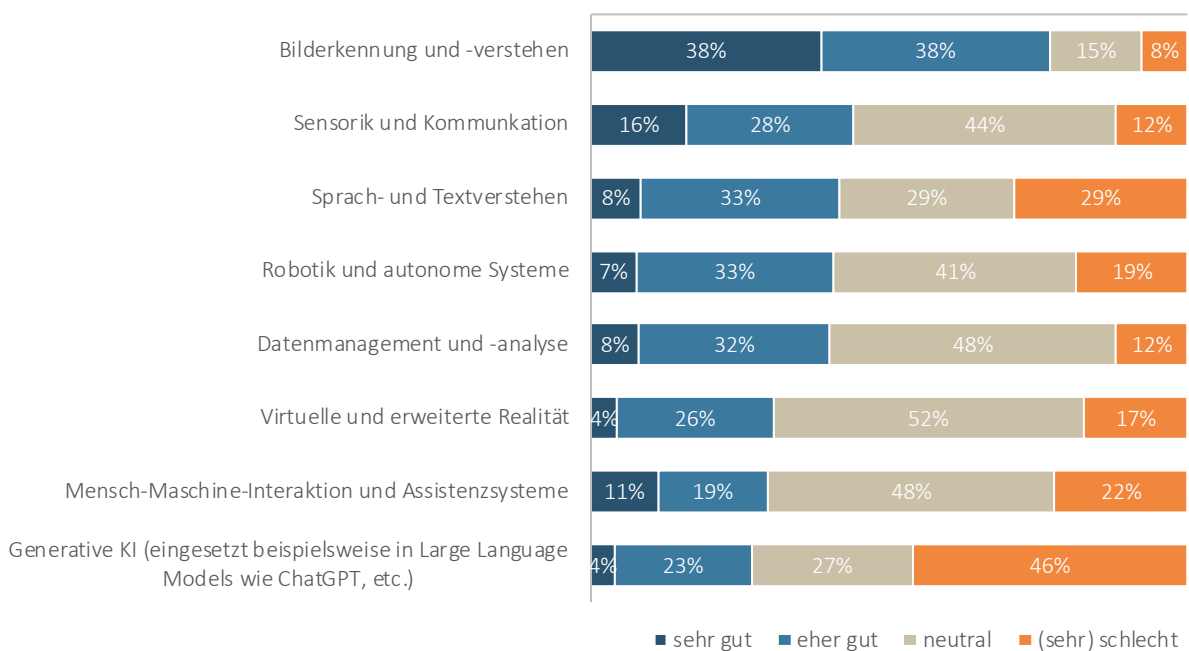
Abb. 14 | Expert*innen-Einschätzung: Betroffenheit Österreichs von globalen Entwicklungen



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

In der Onlinebefragung wurde auch die aktuelle Positionierung Österreichs in unterschiedlichen KI-Technologiefeldern von KI-Expert*innen beurteilt. Als besonders gut wird die gegenwärtige Positionierung im Bereich Bilderkennung und -verstehen eingeschätzt, die vor allem in heimischen Industriebetrieben Anwendung findet. An zweiter Stelle liegt das Einsatzfeld Sensorik und Kommunikation, das für österreichische Industriebetriebe aktuell von besonders hoher Relevanz ist, wie auch die Workshop-Teilnehmenden bestätigen. Im Bereich generative KI hingegen wird die gegenwärtige Positionierung Österreichs von 46 % der Befragten als (sehr) schlecht eingestuft.

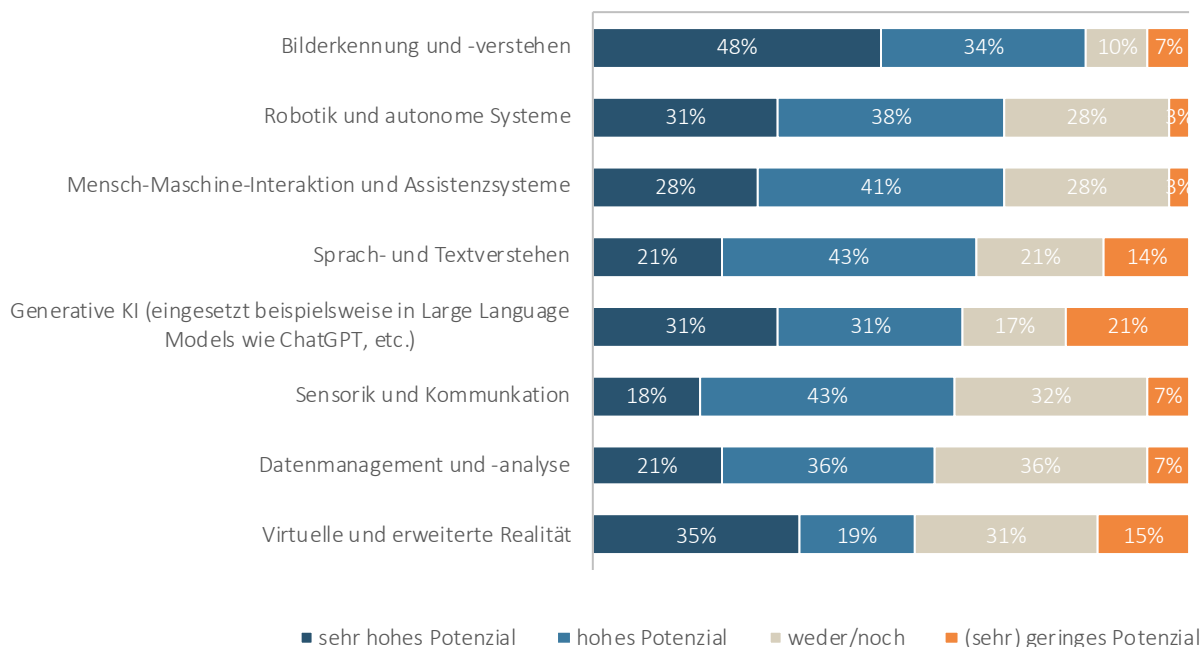
Abb. 15 | Gegenwärtige Positionierung Österreichs in wichtigen KI-Technologiefeldern



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

Wesentlich besser als die aktuelle Positionierung schätzen die befragten Expert*innen das zukünftige Entwicklungspotenzial (in den meisten Technologiefeldern) für das österreichische KI-Ökosystem ein. Dies gilt speziell für die Bereiche „Robotik und autonome Systeme“ sowie „Mensch-Maschine-Interaktion und Assistenzsysteme“, deren Zukunftspotenzial entgegen der aktuellen Positionierung besonders hoch eingestuft wird.

Abb. 16 | Technologiefelder: Einschätzung des zukünftigen Potenzials für Österreich



Quelle: KMU Forschung Austria, Expert*innenbefragung 2024 (n=32)

3.4 | Maßnahmen zur Stärkung des österreichischen KI-Ökosystems

Die Ergebnisse der Online-Befragung wurden mit einem ausgewählten Kreis von Expert*innen im Rahmen eines Workshops diskutiert. Die sieben Workshop-Teilnehmenden repräsentierten eine Vielfalt an Institutionen und Bereichen. Unter ihnen befanden sich Vertreterinnen und Vertreter von außeruniversitären Forschungseinrichtungen, KI-spezifischen Netzwerken und Vereinen, der öffentlichen Hand sowie Medien- und Interessensvertretungen. Die unterschiedlichen Hintergründe der Teilnehmenden ermöglichten eine breite Diskussion der einzelnen Aspekte aus verschiedenen Perspektiven. Der dreistündige Online-Workshop hatte zum Ziel, gemeinsam mit den Expert*innen mögliche Zielbilder für ein österreichisches KI-Ökosystem aufzuzeigen und entsprechende Maßnahmen abzuleiten. Die in diesem Kapitel vorgeschlagenen Maßnahmen stellen die aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden notwendigen Handlungsfelder zur Förderung des lokalen KI-Ökosystems dar.

Mit Blick auf die **Akteurslandschaft** in Österreich wurden von den Expert*innen im Rahmen des Workshops folgende Maßnahmen zur Förderung des heimischen KI-Ökosystems empfohlen:

- **Breitere Vernetzung von Akteuren:** Eine Bündelung der unterschiedlichen Vernetzungsplattformen würde zu mehr Übersichtlichkeit und besserer Sichtbarkeit der Plattformen führen. Die Expert*innen schlagen zudem vor, kooperative Aktivitäten zu stärken und die Vorteile von Partnerschaften und Zusammenarbeit zu betonen.
- **Stärkere Einbindung von NGOs:** Lokale NGOs, die sich mit dem sozialen und ökologischen Impact von KI auseinandersetzen, sind laut Meinung der Workshop-Teilnehmenden im gegenwärtigen KI-Ökosystem noch unzureichend vertreten. Eine bessere Einbindung von spezifischen gemeinnützigen

Organisationen würde die Akteurslandschaft bereichern und eine nuancierte Diskussion über KI ermöglichen.

Um den Bereich **Interaktionen und Netzwerke** bzw. Wissens- und Technologietransfer im heimischen KI-Ökosystem zu stärken, werden von den Expertinnen und Experten folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- **Bedarfsgerechte Unterstützungsmaßnahmen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU):** Es ist von zentraler Bedeutung, maßgeschneiderte und niederschwellige Unterstützungsangebote für KMU zu entwickeln, um deren oft noch unzureichenden Zugang zu KI-Technologien und Digitalisierung zu erleichtern. Diese Maßnahmen sollten zudem gut sichtbar sein und Informationen darüber durch Multiplikatoren entsprechend gestreut werden.
- **Entwicklung eines praxisorientierten Konzepts für den Wissenstransfer in KMU:** Ein derartiges Konzept sollte konkrete Handlungsempfehlungen enthalten, wie Unternehmen die notwendigen Ressourcen, Strukturen und Kompetenzen aufbauen können, um KI-Anwendungen überhaupt identifizieren zu können, erfolgreich zu implementieren und von deren Potenzialen zu profitieren.
- **Teilnahme an (internationalen) Standardisierungsaktivitäten ist förderlich im Hinblick auf Wissenstransfer:** Eine aktive Teilnahme an der Standardisierung von KI-Technologien und -anwendungen kann den Wissenstransfer zwischen Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft fördern. Durch die Standardisierungsaktivitäten – etwa die Entwicklung von Qualitätskriterien und Testverfahren für KI-Systeme im Hinblick auf deren Zuverlässigkeit, Robustheit, Leistung und funktionalen Sicherheit - entstehen gemeinsame Grundlagen, die den Austausch und die Anwendung von KI-Wissen erleichtern.
- **Optimierung der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, außeruniversitären Forschungsinstituten und Unternehmen:** Während der Wissenstransfer im außeruniversitären Forschungssektor offenbar gut funktioniert, gibt es im Hochschulbereich noch Herausforderungen, die sich zum Teil aus verschiedenen Schwerpunktsetzungen ergeben. Es ist daher notwendig, klar zu definieren, wie Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Wirtschaft effizient zusammenarbeiten können, um Synergien zu nutzen und Doppelgleisigkeiten zu vermeiden.
- **Entwicklung eines Aktionsplans auf Bundesebene zur Stärkung des KI-Ökosystems:** Die Umsetzung eines strukturierten Aktionsplans auf Bundesebene, der u.a. auch regelmäßige Veranstaltungen mit renommierten Vortragenden zur Vernetzung und zum Wissenstransfer beinhaltet, wird empfohlen.
- **Erhöhung der Sichtbarkeit und Nutzung von Digital Innovation Hubs (DIHs):** DIHs haben die Aufgabe, Unternehmen - insbesondere KMU - auf ihrem Weg zur Digitalisierung zu unterstützen. Da es diesen Hubs oft noch an Bekanntheit mangelt, ist es essentiell, österreichische Unternehmen besser über deren breitgefächertes Angebot zu informieren.

Ressourcen und Technologien

Zur Behebung der Schwächen im Bereich des **Humankapitals** erachten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops folgende Handlungsempfehlungen als zielführend:

- **Verstärkte Ausbildung von KI-Talenten in Österreich:** Die Verfügbarkeit von gut ausgebildeten Fachkräften ist ein zentraler Faktor für Innovation, Forschung und die Kommerzialisierung von KI-Technologien. Daher gilt es das Angebot an spezifischen Ausbildungsprogrammen und Studiengängen im Bereich KI und verwandter Technologien auszuweiten und zu fördern.
- **Rekrutierung von Quereinsteiger*innen:** Um Quereinsteiger*innen den Zugang zu KI-Wissen zu ermöglichen, müssen adäquate Weiterbildungs- und Umschulungsmöglichkeiten vorhanden sein und Lebenslanges Lernen durch geeignete Initiativen gefördert werden.
- **Gewinnung von KI-Fachkräften aus dem Ausland:** Um qualifizierte Fachkräfte aus dem Ausland anzuwerben und dauerhaft zu halten, müssen geeignete Rahmenbedingungen für Forschende und

Fachkräfte geschaffen werden: Attraktive Gehälter, ansprechende Arbeitsbedingungen und bessere Karriereperspektiven (etwa durch längerfristige Verträge) können hier ein entscheidender Anreiz sein.

- **Mehr Mädchen und Frauen für MINT-Berufe begeistern:** Langfristig sehen die Expert*innen die Notwendigkeit, Mädchen und Frauen möglichst früh in ihrer Bildungslaufbahn für MINT-Themen zu begeistern und sie durch entsprechende Initiativen und Role-Models stärker als bisher für MINT-Ausbildungen und -Studien zu mobilisieren.
- **Verstärkte Bekanntmachung nationaler Leistungen und Erfolge im Zusammenhang mit KI:** Eine bessere Sichtbarkeit der nationalen Errungenschaften und Erfolge auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz, z.B. durch mehr Öffentlichkeitsarbeit oder Verbreitung von Success Stories, kann ein nationales KI-Ökosystem erheblich bereichern, indem das Bewusstsein für die Kompetenzen und Fortschritte im eigenen Land geschärft wird und dadurch das Vertrauen in und das Interesse an der nationalen KI-Entwicklung gestärkt werden.

Im Hinblick auf die **infrastrukturelle Ausstattung** des österreichischen KI-Ökosystems wurde in der Onlinebefragung eine Schwäche bei den vorhandenen Data-Spaces diagnostiziert. Die Workshop-Teilnehmenden sehen daher folgende Maßnahmen als förderlich an:

- **Ausbau einer nationalen, vernetzten und breiter zugänglichen Recheninfrastruktur** im Rahmen einer koordinierten Investitionsstrategie. Diese Infrastruktur sollte Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie der Industrie - einschließlich KMU und Startups - offenstehen. Die Vernetzung und Zugänglichkeit solcher Ressourcen ermöglicht es, komplexe KI-Modelle effizient zu (re-)trainieren und die technologische Wettbewerbsfähigkeit des Landes zu stärken. Ein gemeinsames Recheninfrastrukturangebot, würde die Hürden für kleinere Akteure verringern und die Innovationskraft steigern. Der Zugang zu fortschrittlicher Hardware und Rechenkapazität kann nicht nur heimische Unternehmen stärken, sondern bietet auch die Chance, Schwerpunkte wie Datenschutz (Privacy) und Nachhaltigkeit (Sustainability) im Umgang mit KI zu setzen.
- **Datenverfügbarkeit erhöhen:** Neben dem Ausbau der Recheninfrastruktur sind Anstrengungen erforderlich, um die Verfügbarkeit und Zugänglichkeit von Daten zu verbessern (etwa durch die Einrichtung von nationalen Datenbanken und "Data Trusts" sowie durch Open-Data-Initiativen). Dazu muss ein geeigneter Rechtsrahmen geschaffen werden, der den sicheren und fairen Datenaustausch fördert.
- **Datenräume als Geschäftsmodelle:** Datenräume sollten nicht nur als technische Infrastruktur, sondern auch als wichtige Geschäftsinfrastruktur betrachtet werden. Dies bedeutet, dass Datenräume als Marktplätze konzipiert werden, die den Handel mit Daten zwischen verschiedenen Akteuren ermöglichen. Damit wird der Wert von Daten als Wirtschaftsgut anerkannt und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle im Bereich der KI angeregt.

Kontextfaktoren

Was die **Governance** betrifft, so sehen die KI-Expertinnen und Experten folgende Schritte als notwendig an, um das österreichische KI-Ökosystem weiter voranzutreiben:

- **Marktanalyse und Positionierung:** Ein laufendes Monitoring des österreichischen KI-Ökosystems ist essentiell, um Potenziale und Herausforderungen in diesem dynamischen Markt zu identifizieren. Die Analysen sollen aufzeigen, in welchen Bereichen Österreich bereits Stärken besitzt und wo gezielte Maßnahmen ergriffen werden müssen, um Schwächen zu beheben. Das Monitoring des Ökosystems könnte als Grundlage für strategische Entscheidungen dienen und Investitionen gezielt in zukunftssträchtige KI-Technologien lenken.
- **Ausgestaltung einer eigenen KI-Behörde:** Eine KI-Behörde sollte für klare Zuständigkeiten, Ansprechpartner*innen und Strukturen sorgen und als zentrale Anlaufstelle für Fragen der KI-

Regulierung und -Förderung dienen. Zudem könnte sie eine koordinierende Rolle in der Umsetzung der nationalen KI-Strategie einnehmen und sicherstellen, dass Österreich im internationalen Vergleich wettbewerbsfähig bleibt.

- **Förderung von Reallaboren und Testumgebungen:** Um die Entwicklung und Implementierung von KI-Technologien zu unterstützen, sollten Reallabore und Testumgebungen geschaffen werden. So bieten etwa regulatorische Sandboxes eine geschützte Umgebung, in der Unternehmen und Forschungsinstitute KI-Anwendungen entwickeln und unter realen Bedingungen testen können, ohne dabei den strengen Regularien zu unterliegen, die für den Markt gelten. Begleitende Impact Assessments sind dabei unerlässlich, um die Auswirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Regulierung besser zu verstehen.
- **Niederschwellige Unterstützungsangebote für KMU:** Um kleine und mittlere Unternehmen bei der Implementierung von KI-Technologien zu unterstützen und Einstiegshürden bei der Nutzung von KI zu überwinden, bedarf es über das bestehende Angebot hinaus weiterer niedrigschwelliger Services. Dazu gehören auch Beratungsdienste zur Einhaltung von Compliance-Vorgaben sowie der Zugang zu Infrastrukturen wie Rechenressourcen und Datensätzen.
- **Stärkere Beteiligung an der internationalen Regulierung und der Entwicklung von Standards:** Die aktive Mitarbeit in internationalen Gremien zur Regulierung und Standardsetzung ist entscheidend, um nationale Interessen zu vertreten und sicherzustellen, dass globale Standards mit den Innovationszielen des Landes übereinstimmen. Eine verstärkte Präsenz und Mitarbeit könnte dazu beitragen, die internationale Wettbewerbsfähigkeit des nationalen KI-Ökosystems zu sichern.
- **Klare Kommunikation von negativen und positiven Auswirkungen von Regulierungen:** Die Workshop-Teilnehmenden sehen im derzeitigen Diskurs eine zu starke Betonung nachteiliger Effekte von Regulierungen. Daher halten sie eine verbesserte Kommunikation für sinnvoll, die auch die möglichen Vorteile von Regulierungen aufzeigt. Es muss ein besseres Verständnis dafür entwickelt werden, welche Maßnahmen zu positiven Auswirkungen führen, um eine wohlüberlegte Regulierung zu erreichen, die zu einer nachhaltigen und sicheren Entwicklung der KI beiträgt.
- **Verantwortungsvolle Berichterstattung über KI-Themen in den Medien:** Im Bereich öffentliche Wahrnehmung und Kultur empfehlen die Teilnehmenden des Workshops, gewissenhafter mit dem Thema Künstliche Intelligenz in den Medien umzugehen, etwa durch mehr sachliche Information und weniger Hype in der Berichterstattung. Hier gilt es, adäquat zu kommunizieren, was genau KI (nicht) leisten kann, um so der Verunsicherung von Teilen der Bevölkerung gegenzusteuern.
- **Schaffung einer breiten öffentlichen Awareness für KI-Themen:** Eine niedrigschwellige Sensibilisierung der Bevölkerung für die Potenziale und Grenzen von KI ist unerlässlich. Durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit kann Basiswissen über KI vermittelt werden, das nicht nur die allgemeine Akzeptanz fördert, sondern auch die Fähigkeit der Gesellschaft erhöht, informierte Entscheidungen zu treffen.
- **Transparente Kommunikation zu KI-Projekten und Forschungsvorhaben:** Eine transparente und nachvollziehbare Information bezüglich der Ziele, Methoden und Ergebnisse von KI-Forschungsprojekten schafft Vertrauen und kann dazu beitragen, Ängste und Vorbehalte in der Bevölkerung zu verringern.
- **Verstärkte öffentliche Aufklärungsarbeit zur Förderung einer forschungsfreundlichen Gesellschaft:** Eine informierte und forschungsaffine Gesellschaft könnte die politische Unterstützung für Wissenschaft und Bildung erhöhen, was wiederum ein günstiges Umfeld für die Weiterentwicklung eines nationalen KI-Ökosystems schaffen würde.
- **Bessere Aufklärung von Personen des öffentlichen Lebens zu KI-Themen:** Vor allem Personen, die im Blickpunkt der Öffentlichkeit stehen, sollten Bescheid wissen, was KI leisten kann und was nicht. Dies

würde dazu beitragen, Debatten über KI sachlich und informiert zu führen und Missverständnisse zu vermeiden.

Im Bereich der **Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten** zeigen sich aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden zahlreiche Ansatzpunkte für Verbesserungen im heimischen KI-Ökosystem:

- **Bessere Abstimmung nationaler und regionaler Fördermöglichkeiten:** Was das heimische Fördersystem betrifft, so wird eine Harmonisierung nationaler und regionaler Förderprogramme als sinnvoll erachtet, um Überschneidungen zu vermeiden und Synergien zu nutzen.
- **Kontinuität der Forschungs- und Entwicklungsstränge:** Darüber hinaus fordern die Expertinnen und Experten eine Reform des derzeitigen Systems der Forschungsförderung, um mehr langfristige Förderprogramme zu etablieren, die über einen erweiterten Zeitraum finanziert werden.
- **Förderung von Konferenzkosten für Studierende:** Die Teilnahme an (internationalen) Konferenzen ist für Studierende wichtig, um sich weiterzubilden und zu vernetzen. Daher sollten die Reise- und Registrierungskosten gefördert werden.
- **Erhöhung von Venture-Kapital am Standort Österreich:** Um das Wachstum von KI-Startups zu fördern, ist es notwendig geeignete Maßnahmen (etwa die stärkere Eingliederung ausländischer Investoren oder VC-Fonds) zu setzen, um das verfügbare Venture-Kapital in Österreich zu erhöhen.
- **Eigeninitiative der Unternehmen fördern und Brancheninitiativen intensivieren:** Forcierung des Austausches und der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen innerhalb einer Branche, um die Umsetzung der angestrebten sektoralen Initiativen voranzutreiben und vorhandene Synergien zu nutzen.

Im Hinblick auf die **globalen Einflussfaktoren** sehen die Expertinnen und Experten folgende **Chancen** für Österreichs KI-Ökosystem:

- **Stärkung der digitalen Souveränität:** Um die Fähigkeit Österreichs, seine digitalen Infrastrukturen und Daten unabhängig und sicher zu verwalten, zu erhöhen, ist zunächst eine Bestimmung der kritischen digitalen Infrastrukturen und Technologien erforderlich. Darüber hinaus gilt es, lokale Technologien zu fördern - etwa mittels Unterstützung heimischer Unternehmen - um Abhängigkeiten von ausländischen Lieferanten zu reduzieren.
- **Aufbau von Resilienz in digitalen Infrastrukturen:** Um die Abhängigkeit von einzelnen Strukturen und Anbietern zu verringern, ist der Aufbau von Resilienz in digitalen Infrastrukturen entscheidend. Eine Diversifizierung von Anbietern und Technologien trägt dazu bei, das Risiko von Ausfällen oder Sicherheitslücken zu minimieren. Entsprechende Sensibilisierung bzw. Schulungen von Stakeholdern im Hinblick auf Cybersicherheit und Resilienz können das Bewusstsein stärken und die Fähigkeit zur Bewältigung von Krisen steigern.
- **Präsentation der Werte der Europäischen Union (wie Datenschutz und Rechenschaftspflicht) als Qualitätsmerkmal:** EU-Werte wie Privacy und Accountability werden derzeit tendenziell als Innovationshemmnis wahrgenommen. Aus Sicht der Expert*innen sollten sie jedoch aktiv als Stärke kommuniziert werden, um das Vertrauen in KI-Anwendungen zu heben. Die strategische Positionierung von EU-Werten wie Datenschutz, Transparenz und Verantwortlichkeit als besonderes Qualitäts- und Alleinstellungsmerkmal, könnte dazu beitragen, das heimische KI-Ökosystem auf europäischer und globaler Ebene besser zu positionieren.

Im Rahmen des Workshops wurde zudem die Frage diskutiert, ob die **Rollen** im heimischen KI-Ökosystem ausreichend gut besetzt sind bzw. ob bestimmte Schlüsselakteure fehlen?

- Diskutiert wurde die derzeit noch unterschätzte Rolle der **Jurist*innen**, die Unternehmen und Organisationen gezielt bei Fragen der Compliance unterstützen sollen, insbesondere im Hinblick auf den AI Act, Datenschutz und andere relevante Regulierungen. Dies erfordert leicht zugängliche und

praxisnahe Erklärungen sowie Beratung zu den rechtlichen Anforderungen, die mit der Entwicklung und Anwendung von KI einhergehen. Nur so können Unternehmen sicherstellen, dass sie rechtliche Vorgaben einhalten und gleichzeitig das Potenzial von KI effektiv nutzen.

- Eine Workshop-Teilnehmende hält fest, dass der Bedarf an **Auditoren und Zertifizierern** stark wachsen wird. Auditoren und Zertifizierer sind u.a. für die Validierung von KI-Systemen verantwortlich und helfen, die Zuverlässigkeit und Sicherheit von KI-Anwendungen zu gewährleisten. Dies ist nicht zuletzt deswegen essentiell, um das Vertrauen der Öffentlichkeit und Nutzenden von KI-Technologien zu erhöhen.
- **Medien und Kommunikatoren** sollten ihre Rolle im KI-Ökosystem noch besser als bisher wahrnehmen, etwa durch fundierte Berichterstattung und Information über Entwicklungen, Erfolge und Misserfolge im Bereich der KI. Dadurch tragen sie dazu bei, Missverständnisse und Ängste abzubauen.
- Zur Rolle eines **Orchestrators** im heimischen KI-Ökosystem gab es im Workshop unterschiedliche Sichtweisen und gegensätzliche Stimmen: Eine Workshop-Teilnehmerin begründete ihre ablehnende Haltung gegenüber einer derartigen Rolle damit, dass kurze Entwicklungszeiten im Bereich KI mit langfristigen Plänen nicht kompatibel seien und ein Orchestrator daher keine zusätzlichen Vorteile schaffe. Ein Teilnehmer war der gegenteiligen Ansicht und argumentierte mit dem beobachtbaren Mangel an Selbstorganisation in vielen ähnlichen Strukturen. Oft würden sich Prozesse verlangsamen und ins Stocken geraten – hier könnte ein Orchestrator die Stakeholder der unterschiedlichen Sektoren zusammenbringen und dadurch die Kommunikation am Laufen halten. Andere Teilnehmerinnen und Teilnehmer wiederum halten die Aufgaben eines Orchestrators, der Prozesse voranbringt und moderiert, zwar für wichtig, sehen aber die Verantwortung diesbezüglich bei den Sektoren selbst. Wieder andere hingegen betonen, dass neben der Rolle des Orchestrators auch die einzelnen Prozesse von Bedeutung seien. Daher sei es essentiell, ein besseres Verständnis über die Gestaltung der Prozesse unter den unterschiedlichen Akteuren zu entwickeln.

In den internationalen Good Practice Beispielen hat sich gezeigt, dass ein Orchestrator förderlich für KI-Ökosysteme ist. Entscheidend für die Frage, wer die Rolle eines Orchestrators im österreichischen KI-Ökosystem einnehmen sollte, sind die Aufgaben, die an diese Rolle geknüpft sind: Soll ein Orchestrator nur eine moderierende Funktion einnehmen oder auch über die Zuteilung von Aufgaben und Ressourcen entscheiden? Diese Frage steht in engem Zusammenhang mit jener nach den Zielen des KI-Ökosystems generell. Denn nur, wenn klare Ziele definiert und Zielindikatoren festgesetzt sind, lässt sich der Erfolg von Ökosystemen messen und bestimmen.

4 | Vermessung des österreichischen KI-Ökosystems

4.1 | Vorbemerkung

Dieses Kapitel untersucht, welche **Bedeutung das KI-Ökosystem in Österreich gemessen an quantitativen Kennzahlen** hat. Dabei ist die Herausforderung, dass relevante wirtschaftsstatistische Daten sowohl zur wirtschaftlichen Bedeutung als auch zu den Effekten des Einsatzes von KI bis dato (noch) nicht in zufriedenstellender Weise vorliegen.

Klassische Strukturindikatoren und -kennzahlen, wie etwa die Anzahl der Unternehmen und Beschäftigten, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung, sind für KI-Unternehmen bzw. für Unternehmen mit KI-Bezug derzeit (noch) nicht in ausreichendem Maße verfügbar. Auch Daten aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung liefern (noch) keinen Hinweis auf die Größenordnung eines definierten KI-Sektors oder die Effekte des Einsatzes von KI.

Jene Kennzahlen, die bereits existieren, wie etwa zum Einsatz von KI in Unternehmen, die im Rahmen der europaweiten IKT Erhebung in Unternehmen abgefragt werden, stehen häufig erst seit kurzer Zeit (2021, 2023) zur Verfügung und sind konzeptionell jährlichen Veränderungen unterworfen, weswegen eine zeitliche Entwicklung nur eingeschränkt gezeigt werden kann.

Aus diesem Grund muss die Vermessung bzw. die Abschätzung der Bedeutung des österreichischen KI-Ökosystems z. T. auch mittels indirekten Indikatoren (sog. Proxies) erfolgen. Generell wird der Fokus auf etablierte Indikatoren und international vergleichbare Daten (z. B. Eurostat: DESI Dashboard for the Digital Decade oder experimentelle Statistiken) gelegt, jedoch werden auch alternative Datenquellen verwendet, die z. B. auch im AI Index Report verwendet werden und über OECD.ai oder das Emerging Technology Observatory (ETO) verfügbar sind. Dazu zählen etwa Crunchbase, Lightcast, OpenAlex, Preqin, Studyportals oder Top500.

Einmalig für Studien erhobene Daten, die KI zum Thema haben, tragen zwar dazu bei, Tendenzen und Trends sichtbar zu machen, sind jedoch häufig nicht für eine Vermessung des KI-Ökosystems mittels quantitativer Kennzahlen, die idealerweise auch jährlich bzw. regelmäßig aktualisiert werden können, geeignet. Diese Studien werden hier demnach nicht berücksichtigt.

Die deskriptive ökonomische Vermessung des aktuellen österreichischen KI-Ökosystems erfolgt anhand folgender Schritte:

- Berücksichtigung der Erfolgsfaktoren, die im Rahmen vorliegender Studie ermittelt wurden
- Identifikation von adäquaten Kennzahlen bzw. Kennzahlen, die hinsichtlich der Erfolgsfaktoren Schlüsse auf die KI-Performance Österreichs zulassen
- Darstellung der zeitlichen Entwicklung/Veränderung dieser Kennzahlen
- Aufgliederung nach Branchen bzw. Sektoren und Unternehmensgrößen, soweit möglich
- Internationaler Vergleich, soweit möglich

Eine regressionsanalytische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen KI-Performance-Indikatoren und ökonomischen Aggregaten wie dem BIP oder der Arbeitsproduktivität konnte aufgrund der Problematik der Datenverfügbarkeit zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie leider (noch) nicht erfolgen.

4.2 | Relevante Faktoren, Indikatoren und Kennzahlen

In Anlehnung an die bisherigen Erkenntnisse der Studie werden folgende förderliche Faktoren für die Vermessung des aktuellen österreichischen KI-Ökosystems berücksichtigt:

- Akteure
- Interaktionen und Netzwerke
- Ressourcen und Technologien
- Humankapital: Ausbildung, Fachkräfte und Beschäftigung
- Forschung und Innovation
- Investitionen und Förderungen
- KI-Infrastruktur
- Kontextfaktoren, z. B. Gesetze und Richtlinien, öffentliche Wahrnehmung und Bewusstsein

Ein weiterer wichtiger Aspekt, nämlich die Nachhaltigkeit des österreichischen KI-Ökosystems, kann mit derzeit verfügbaren Daten (noch) nicht gemessen werden. Zu entscheidenden Faktoren in diesem Bereich zählen etwa die Minimierung ökologischer Auswirkungen (z. B. niedriger Energieverbrauch, geringer ökologischer Fußabdruck von KI-Technologien) oder die Sicherstellung einer langfristigen Wertschöpfung (Fähigkeit, langfristig nachhaltige und positive Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft zu erzielen).

Indikatoren und Kennzahlen

Die Bedeutung des KI-Ökosystems in Österreich wird mittels verfügbarer quantitativer - sowie in Einzelfällen auch qualitativer - Indikatoren und Kennzahlen zu den oben genannten Faktoren sichtbar gemacht.

4.3 | Deskriptive ökonomische Vermessung des österreichischen KI-Ökosystems

Nachfolgend werden Indikatoren/Kennzahlen präsentiert, die so gut wie möglich den aktuellen Stand und die Entwicklung des österreichischen KI-Ökosystems illustrieren. Der Fokus liegt auf etablierten, international gut vergleichbaren quantitativen Indikatoren. Qualitative Indikatoren werden dargestellt, sofern diese Schlüsse auf die KI-Performance Österreichs zulassen oder zum Verständnis der Position des österreichischen KI-Systems beitragen.

4.3.1 | Akteure

Zusammenfassung

Akteure im KI-Ökosystem: Industriebetriebe sowie KI-Startups gelten als Erfolgsfaktoren für erfolgreiche KI-Ökosysteme. Auch im österreichischen KI-Ökosystem sind diese vorhanden. Dazu zählen folgende Early Adopters und Großbetriebe: A1, Andritz, Andata, AT&S, AVL, brantner, BMW, Bitpanda, Caritas, Erste Bank, Fill, GoStudent, Infineon, k-business, Magna, Raiffeisen Bank International, RHI Magnesita, Springer, Tricentis, TTTech, umdaschgroup ventures und Digital Solutions. In Österreich gibt es zudem rd. 70 KI-Startups.

Unternehmen: 10,8 % aller Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten nutzten im Jahr 2023 KI-Technologien. Im EU-Vergleich liegt Österreich an 9. Stelle über dem EU-Schnitt (8,0 %) jedoch hinter Ländern wie Niederlande (13,4 %) und Deutschland (11,6 %). Vor allem Unternehmen im IKT-Sektor und

im Dienstleistungsbereich sowie größere Unternehmen in Österreich nutzen KI-Technologien, während der Produktionssektor (noch) eine unterdurchschnittliche Nutzung ausweist (8,5 %).

Charakterisierung der Unternehmen, die KI nutzen: Die KI-Nutzung ist im IKT-Sektor besonders hoch (36,6 % der Unternehmen), gefolgt vom Dienstleistungssektor (11,8 %), während die KI-Nutzung im produzierenden Bereich (8,5 % der Unternehmen) unterdurchschnittlich ausfällt. Es sind vor allem Großunternehmen, die KI-Technologien nutzen (35,2 % der Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten). Unternehmen in Österreich nutzen vorwiegend Texterkennung / -verarbeitung, automatisierte Datenanalyse sowie Prozessautomatisierung / Entscheidungshilfen. Sprachgenerierung erfährt eine starke Zunahme. Die Implementierung von KI-Technologien erfolgt mehrheitlich über den Kauf kommerzieller Software / Systeme (54 % der Unternehmen). Die Anpassung von Open-Source-Software/Systemen hat seit 2021 an Bedeutung gewonnen (zuletzt 36,7 % der Unternehmen). Vorwiegende Einsatzbereiche von KI in österreichischen Unternehmen sind Produktions- und Dienstleistungsprozesse sowie im Finanz- und Rechnungswesen.

Analysierte Faktoren

Tab. 6 | Akteure: Faktoren und Indikatoren

Faktor	Indikator/ Kennzahl	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Akteure im KI-Ökosystem	Anzahl verschiedener Akteure im KI- Ökosystem	qualitativ	Mapping in Kapitel 3 – Das KI-Ökosystem in Österreich
	Vorhandensein von Industriebetrieben Anzahl an KI-Startups	quantitativ	AI Landscape Austria Austrian Startup Monitor (nur grober Branchenfilter; mit der Befragung im Oktober/November 2024 wird das Thema KI genauer behandelt)
Unternehmen	Anzahl der Unternehmen mit Nutzung von KI-Technologien	quantitativ	Statistik Austria: IKT Einsatz im Unternehmen Eurostat: IKT Einsatz im Unternehmen, DESI dashboard for the Digital Decade (ab 2023)
Charakterisierung der Unternehmen, die KI nutzen	Verteilung über Sektoren und Unternehmensgrößen Arten der Nutzung von KI-Technologien (was) Implementierung von KI-Technologien (wie) Zweck der Nutzung von KI-Technologien (wozu)	quantitativ	Statistik Austria: IKT Einsatz im Unternehmen Eurostat: IKT Einsatz im Unternehmen, DESI dashboard for the Digital Decade (ab 2023)

Quelle: KMU Forschung Austria

4.3.1.1 | Akteure im KI-Ökosystem

In Kapitel 3 (Das KI-Ökosystem in Österreich) wurde bereits eingehend auf die Akteure im österreichischen KI-Ökosystem eingegangen, bestehend aus Unternehmen und Startups; (außer)universitären Forschungseinrichtungen, Universitäten und (Fach-)Hochschulen; der öffentlichen Hand; beratenden Einrichtungen; Förderungen von Startups bzw. Innovation; spezifischen Netzwerken, Plattformen und Vereinen; sowie Inkubatoren und Akzeleratoren. Eine detaillierte Auflistung der konkreten Teilnehmer*innen zeigt ein Mapping der AI Landscape Austria⁴⁰, das jährlich aktualisiert wird.

Als wesentliche Erfolgsfaktoren von KI-Ökosystemen wurden in den Good Practice Beispielen das Vorhandensein von Industriebetrieben sowie KI-Startups identifiziert. Quantitative Kennzahlen für Österreich sind derzeit (noch) nicht dazu verfügbar, Hinweise darauf geben jedoch das Mapping der AI Landscape Austria⁴¹ und der Austrian Startup Monitor⁴²:

Early Adopters inklusive Großunternehmen: A1, Andritz, Andata, AT&S, AVL, brantner, BMW, Bitpanda, Caritas, Erste Bank, Fill, GoStudent, Infineon, k-business, Magna, Raiffeisen Bank International, RHI Magnesita, Springer, Tricentis, TTTech, umdaschgroup ventures und Digital Solutions (lt. AI Landscape Austria)

Rd. 70 **Startups** in Österreich sind im Bereich KI und Datenanalyse tätig. (lt. Austrian Startup Monitor)

KI-Startups und Unternehmen in folgenden Branchen/Bereichen: Agri Tech & Forest, Big Data, Green & Clean Tech, Edge AI, Edu Tech, Energy & Climate Tech, Enterprise, Frameworks, FinTech, InsurTech & RegTech, Gaming, GeoAI & Asset Inspection, Health & MedTech, HR Tech, Image & Video Processing, Industry & Robotics, Language & Text, Legal Tech, Market & Media Analytics, Media Tech, Mobility, Privacy, Productivity, Prop Tech, Retail & E-Commerce, Sales & Marketing, Sports Tech, Supplychain, Fin Tech & Insur Tech, Tourism, Trustworthy AI, Development & Consulting (lt. AI Landscape Austria)

4.3.1.2 | Unternehmen

Rd. 4.600 Unternehmen in Österreich, d. s. **10,8 % aller Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten, nutzen KI-Technologien**, d. h. Technologien, die intelligentes Verhalten nachahmen und einen Grad an Eigenständigkeit aufweisen, um bestimmte Aufgaben zu erledigen (Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen⁴³, 2023). Im Jahr 2021 lag der Anteil noch bei 8,8 %.

⁴⁰ <https://www.ai-landscape.at/>, Abfragedatum 24. September 2024

⁴¹ ebd.

⁴² lt. Auskunft des Austrian Startup-Monitors, 25. September 2024

⁴³ Die repräsentative Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen der Statistik Austria deckt alle österreichischen Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten (2023: rd. 43.000 Unternehmen) ab.

Abb. 17 | Nutzung Künstlicher Intelligenz im EU-Vergleich, 2023, Anteil der Unternehmen in %

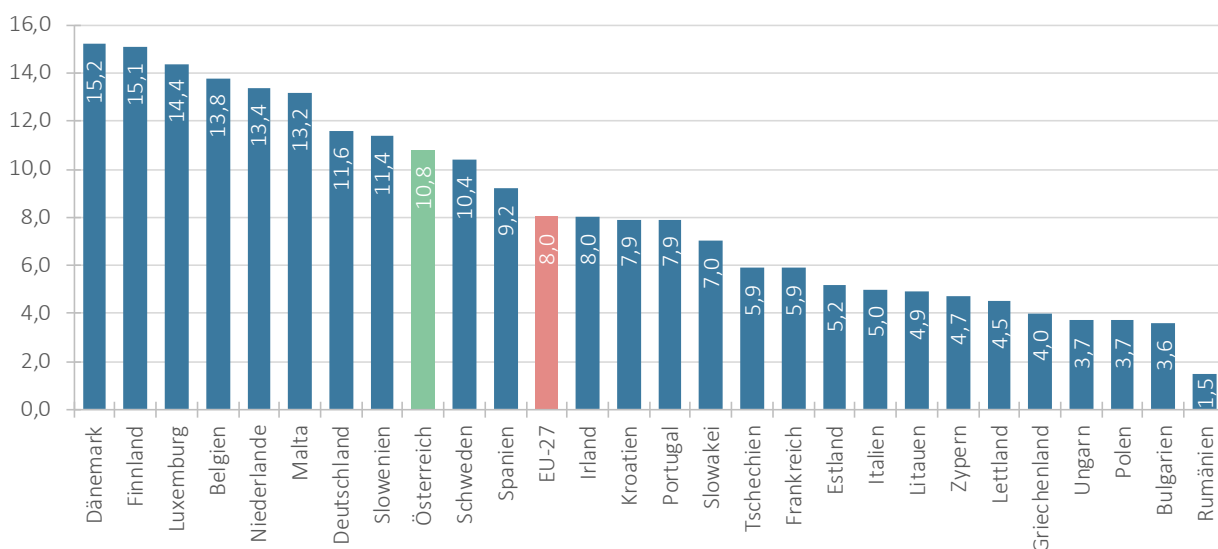
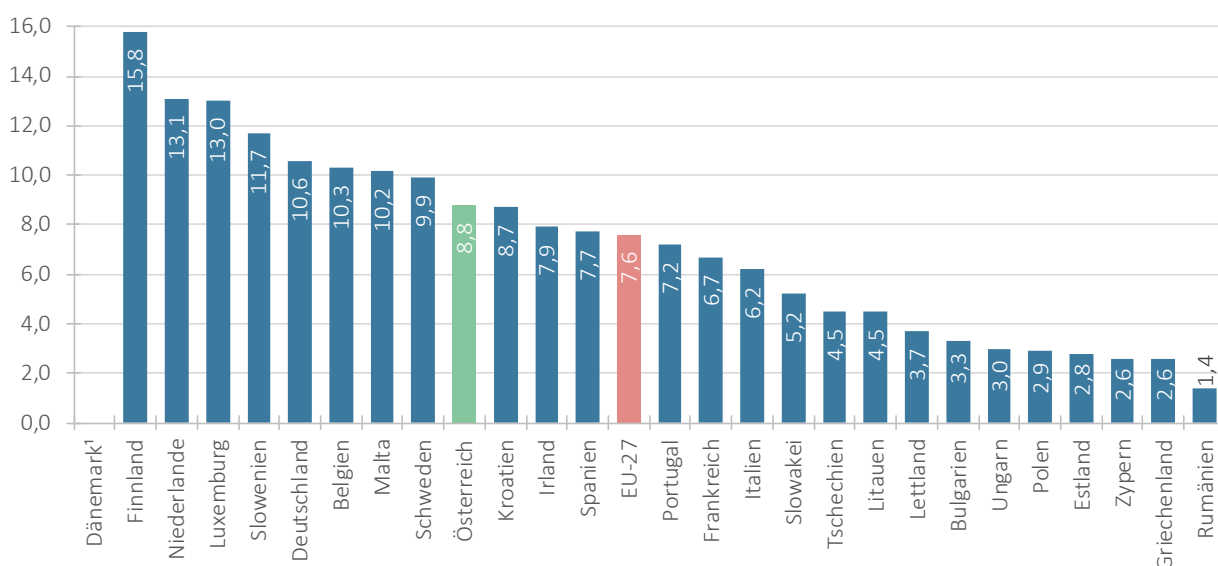


Abb. 18 | Nutzung Künstlicher Intelligenz im EU-Vergleich, 2021, Anteil der Unternehmen in %



Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten; 2021: unplausibler Wert für Dänemark

Quelle: Europäische Kommission, Digital Decade DESI visualisation tool; DESI dashboard for the Digital Decade (2023 onwards), enterprises using any AI technology

Im EU-Vergleich liegt Österreich an 9. Stelle und über dem EU-Schnitt (8,0 %), jedoch hinter Ländern wie den Spitzenreitern Dänemark (15,2 %) oder Finnland (15,1 %) sowie den Niederlanden (13,4 %) und Deutschland (11,6 %). Der Anteil der Unternehmen mit KI-Nutzung ist gegenüber 2021 in allen Ländern gestiegen.

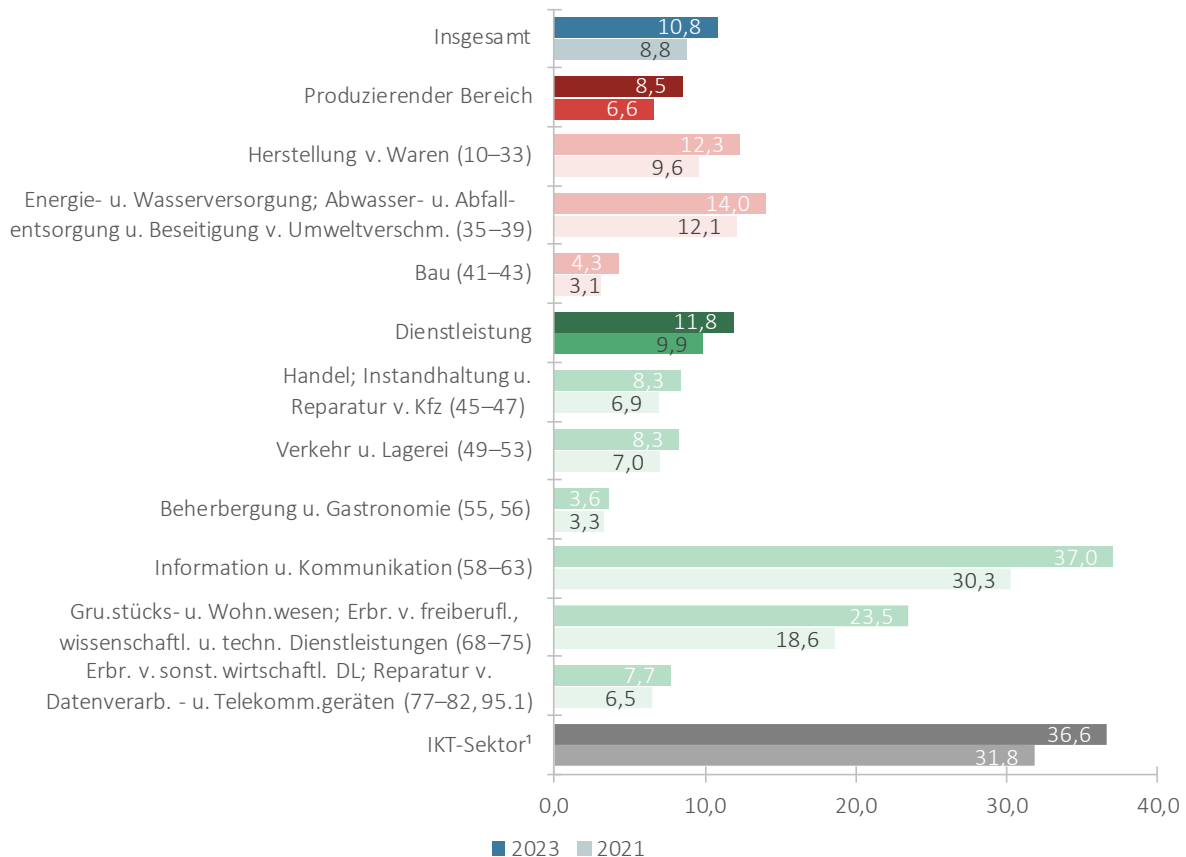
4.3.1.3 | Charakterisierung der Unternehmen, die KI-Technologien nutzen

Unternehmen mit KI-Nutzung nach Sektoren

Die KI-Nutzung ist im IKT-Sektor besonders hoch (36,6 %), gefolgt vom Dienstleistungssektor (11,8 %), während die KI-Nutzung im produzierenden Bereich mit 8,5 % der Unternehmen unterdurchschnittlich ausfällt. Innerhalb des produzierenden Bereichs ist jedoch der Anteil der Unternehmen, die KI nutzen, im

Bereich Energie- / Wasserversorgung und Abfallentsorgung (14,0 %) sowie in der Herstellung von Waren (12,3 %) vergleichsweise hoch.

Abb. 19 | Unternehmen mit Nutzung von Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz, nach Sektoren, 2023 und 2021, Anteil der Unternehmen in %



¹ Nur die Wirtschaftszweige (ÖNACE 2008) 26.1–26.4, 26.8, 46.5, 58.2, 61, 62, 63.1 und 95.1.

Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021

Im **produzierenden Bereich** ist der Anteil der Unternehmen mit KI-Nutzung in Österreich (8,5 %) nicht nur höher als im EU-Schnitt (5,5 %), sondern auch höher als z. B. in Deutschland (7,5 %) und in Schweden (5,1 %). Spitzenreiter im EU-Vergleich sind Luxemburg (11,5 %), Malta (10,3 %), Belgien (11,0 %) und Finnland (10,0 %). Die Niederlande reihen sich mit 9,1 % an 5. Stelle im EU-Vergleich ein.

Auch im **Dienstleistungssektor** liegt der Anteil der Unternehmen mit KI-Nutzung in Österreich (11,8 %) über dem EU-Durchschnitt (9,5 %), allerdings hinter Ländern wie die Niederlande (14,9 %), Deutschland (13,7 %) und Schweden (13,0 %). In Relation hohe Anteile an Unternehmen mit KI-Nutzung im Dienstleistungsbereich haben Finnland (18,2 %), Dänemark (17,9 %), Luxemburg (15,8 %) sowie Belgien (15,1 %) – diese Länder führen auch das EU-Ranking an.

Dem gegenüber ist der Anteil der Unternehmen mit KI-Nutzung im **IKT-Sektor** in Österreich (36,6 %) höher als im EU-Schnitt (28,5 %) und in Deutschland (33,6 %), Niederlande (33,5 %) sowie Schweden (33,3 %). Österreich liegt im EU-Ranking somit an 4. Stelle hinter Finnland (49,3 %), Dänemark (41,2 %) und Kroatien (39,8 %).

Tab. 7 | Unternehmen mit Nutzung von Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz im EU-Vergleich und in ausgewählten Ländern, nach Sektoren, 2023, Anteil der Unternehmen in %

	Österreich	EU-27	Deutschland	Niederlande	Schweden
Produzierender Bereich	8,5	5,5	7,5	9,1	5,1
Dienstleistung	11,8	9,5	13,7	14,9	13,0
IKT-Sektor ¹	36,6	28,5	33,6	33,5	33,3
Insgesamt	10,8	8,0	11,6	13,4	10,4

¹ Nur die Wirtschaftszweige (ÖNACE 2008) 26.1–26.4, 26.8, 46.5, 58.2, 61, 62, 63.1 und 95.1.

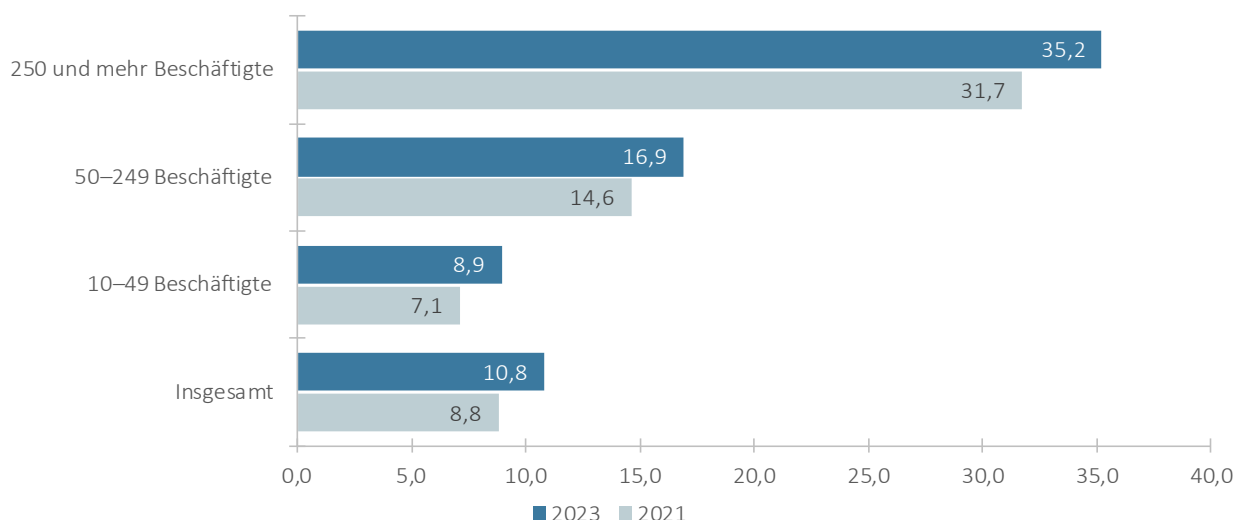
Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten

Quelle: Eurostat, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 [isoc_eb_ain2]

Unternehmen mit KI-Nutzung nach Größenklassen

Vor allem größere Unternehmen nutzen KI-Technologien: 35,2 % der Großunternehmen (250 und mehr Beschäftigte) nutzen KI-Technologien, während der Anteil in mittleren Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten mit 16,9 % deutlich geringer ausfällt. In Kleinunternehmen mit zumindest zehn Beschäftigten nutzen lediglich 8,9 % KI-Technologien.

Abb. 20 | Unternehmen mit Nutzung von Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz, nach Beschäftigtengrößenklassen, 2023 und 2021, Anteil der Unternehmen in %



Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021, A 27

Diese Tendenz spiegelt sich auch im EU-Vergleich wider. In **allen Größenklassen** liegt der Anteil der Unternehmen mit Nutzung von KI-Technologien in **Österreich über dem EU-Durchschnitt**. Auch in den Vergleichsländern Deutschland, Niederlande und Schweden ist dies der Fall.

Bei den **Großunternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten** ist der Anteil der Unternehmen mit KI-Nutzung in Finnland (53,3 %), Slowenien (53,2 %) und Belgien (47,9 %) besonders hoch – diese Länder haben die höchsten Anteile innerhalb der EU. Im Vergleich dazu ist der Anteil in den Niederlanden (39,9 %) und in Österreich (35,2 %) deutlich geringer.

Ein ähnliches Bild zeigt sich in den **kleineren Größenklassen**: Bei Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten ist der Anteil der Unternehmen, die KI-Technologien nutzen, in Finnland (26,4 %), Belgien

(23,0 %) und Dänemark (22,6 %) unter allen EU-Ländern am höchsten, bei Unternehmen mit 10 bis 49 Beschäftigten in Dänemark (12,4 %), Luxemburg (12,3 %) und Finnland (11,5 %).

Tab. 8 | Unternehmen mit Nutzung von Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz im EU-Vergleich und in ausgewählten Ländern, nach Beschäftigtengrößenklassen, 2023, Anteil der Unternehmen in %

	Österreich	EU-27	Deutschland	Niederlande	Schweden
10 bis 49 Beschäftigte	8,9	6,4	9,7	11,0	8,7
50 bis 249 Beschäftigte	16,9	13,0	16,2	19,1	13,5
250 und mehr Beschäftigte	35,2	30,4	35,4	39,9	37,8
Insgesamt	10,8	8,0	11,6	13,4	10,4

Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten

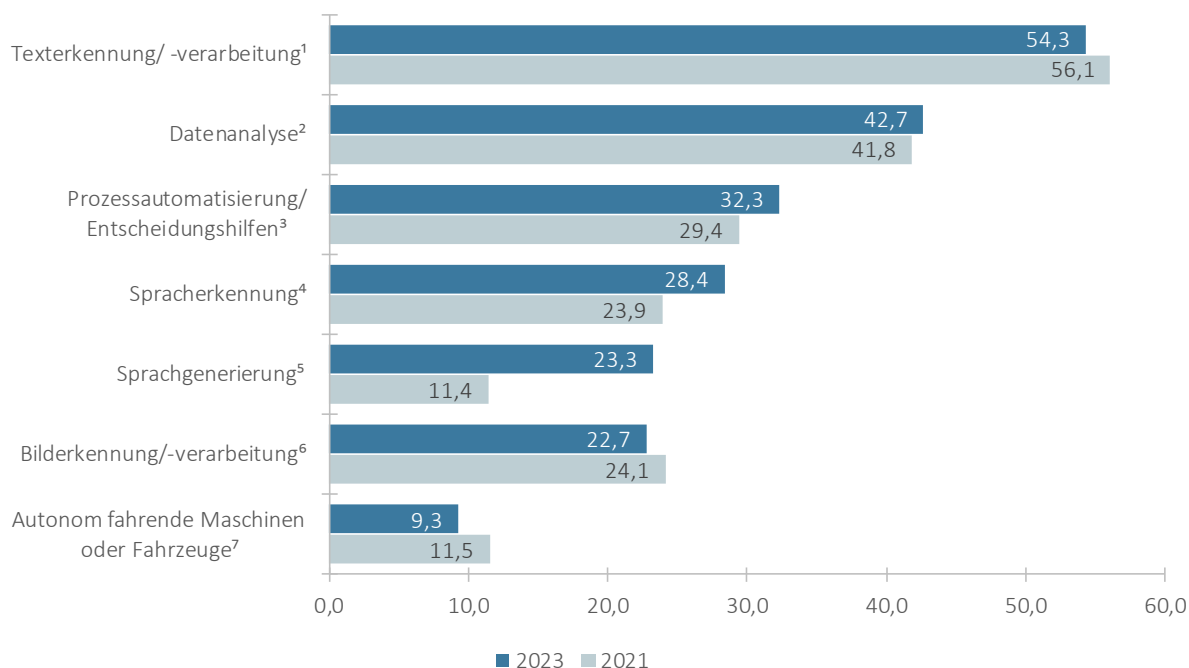
Quelle: Eurostat, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 [isoc_eb_ai]

Arten der genutzten KI Technologien

Mehr als die Hälfte der KI nutzenden Unternehmen (54,3 %) verwenden KI-Technologien zur **Texterkennung / -verarbeitung** (Analyse von Texten in geschriebener Form), 42,7 % zur **automatisierten Datenanalyse** (z. B. Maschinelles Lernen, Deep Learning) und rd. ein Drittel der Unternehmen (32,3 %), um **Prozesse oder Arbeitsschritte zu automatisieren bzw. Entscheidungshilfen zu erstellen** (z. B. Software-basierte Robot Process Automation (RPA)).

Zunehmend spielen auch KI-basierte Spracherkennung (28,4 %), wie etwa Natural Language Processing (NLP) oder Sprachgenerierung, (23,3 %), z. B. Natural Language Generation (NLG), eine Rolle. Der Anteil der Unternehmen, die diese KI-Technologien nutzen, hat seit 2021 deutlich zugenommen.

Abb. 21 | Arten der verwendeten KI-Technologien, 2023 und 2021, Anteil der KI nutzenden Unternehmen in %



¹ KI-Technologien, um Texte in geschriebener Form zu analysieren.

² KI-Technologien, um Daten automatisiert zu analysieren (z. B. Maschinelles Lernen, Deep Learning).

³ KI-Technologien, um Prozesse oder Arbeitsschritte zu automatisieren bzw. Entscheidungshilfen zu erstellen, z. B. Software-basierte Robot Process Automation (RPA).

⁴ KI-Technologien, um gesprochene Sprache in maschinenlesbare Form zu bringen, z. B. Natural Language Processing (NLP).

⁵ KI-Technologien, um Objekte oder Menschen auf Basis von Mustern in Bildern zu identifizieren.

⁶ KI-Technologien, um natürliche Sprache zu generieren, z. B. Natural Language Generation (NLG).

⁷ KI-Technologien, welche es Maschinen oder Fahrzeugen ermöglicht, sich selbstständig fortzubewegen und auf Veränderungen der Umwelt zu reagieren, z. B. autonome Roboter, selbstfahrende Fahrzeuge.

Anmerkung: Unternehmen mit Nutzung von KI-Technologien mit 10 und mehr Beschäftigten; Mehrfachantworten möglich

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021, A 28

Im **EU-Vergleich** ist der Anteil der Unternehmen, die KI-basierte Texterkennung / -verarbeitung sowie automatisierte Datenanalyse nutzen, in Österreich höher als im EU-Durchschnitt.

Bei der Verwendung von KI-Technologien in den Bereichen Prozessautomatisierung / Entscheidungshilfen, Spracherkennung, Bildererkennung / -Verarbeitung, Sprachgenerierung sowie Autonomes Fahren liegt der Anteil der Unternehmen in Österreich hingegen unter dem EU-Durchschnitt.

Schweden hat einen besonders hohen Anteil an Unternehmen mit Verwendung von KI-Technologien im Bereich Texterkennung / -verarbeitung (42,3 %) sowie Prozessautomatisierung / Entscheidungshilfen (46,2 %), Niederlande im Bereich automatisierte Datenanalyse (41,0 %).

Tab. 9 | Arten der verwendeten KI-Technologien im EU-Vergleich und in ausgewählten Ländern, 2023, Anteil der KI nutzenden Unternehmen in %

	Österreich	EU-27	Deutsch-land	Nieder-lande	Schweden
Texterkennung/-verarbeitung ¹	54,3	36,3	30,2	39,6	42,3
Automatisierte Datenanalyse ²	42,7	32,5	25,9	41,0	38,5
Prozessautomatisierung/ Entscheidungshilfen ³	32,3	37,5	31,9	39,6	46,2
Spracherkennung ⁴	28,4	31,3	43,1	23,9	24,0
Sprachgenerierung ⁶	23,3	26,3	25,9	30,6	36,5
Bildererkennung/-verarbeitung ⁵	22,7	27,5	23,3	26,9	24,0
Autonom fahrende Maschinen oder Fahrzeuge ⁷	9,3	11,3	7,8	17,9	8,7

¹ KI-Technologien, um Texte in geschriebener Form zu analysieren.

² KI-Technologien, um Daten automatisiert zu analysieren (z. B. Maschinelles Lernen, Deep Learning).

³ KI-Technologien, um Prozesse oder Arbeitsschritte zu automatisieren bzw. Entscheidungshilfen zu erstellen, z. B. Software-basierte Robot Process Automation (RPA).

⁴ KI-Technologien, um gesprochene Sprache in maschinenlesbare Form zu bringen, z. B. Natural Language Processing (NLP).

⁵ KI-Technologien, um Objekte oder Menschen auf Basis von Mustern in Bildern zu identifizieren.

⁶ KI-Technologien, um natürliche Sprache zu generieren, z. B. Natural Language Generation (NLG).

⁷ KI-Technologien, welche es Maschinen oder Fahrzeugen ermöglicht, sich selbstständig fortzubewegen und auf Veränderungen der Umwelt zu reagieren, z. B. autonome Roboter, selbstfahrende Fahrzeuge.

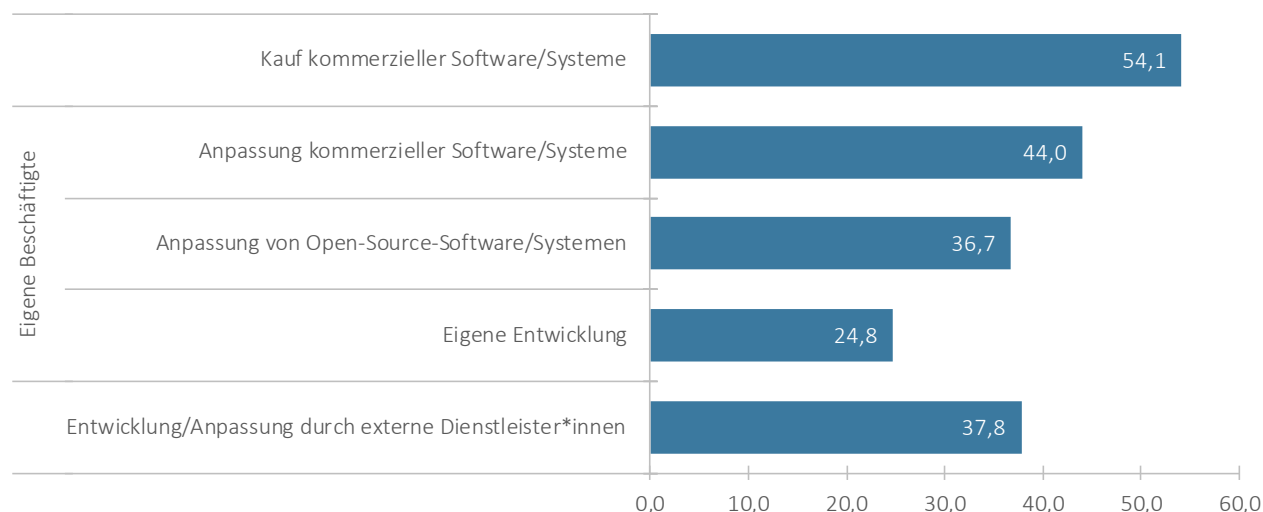
Anmerkung: Unternehmen mit Nutzung von KI-Technologien mit 10 und mehr Beschäftigten; Mehrfachantworten möglich; Berechnungen für EU-Vergleich können Rundungsdifferenzen im Kommastellenbereich beinhalten

Quelle: Daten für Österreich: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021, A 28; Daten für Vergleich mit EU und anderen EU-Staaten: Eurostat, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021 [isoc_eb_ai], Berechnungen KMU Forschung Austria

Implementierung der genutzten KI-Technologien

Mehr als die Hälfte der Unternehmen (54,1 %) kauft für die Nutzung von KI-Technologien kommerzielle Software / Systeme. Vielfach sind es jedoch auch eigene Beschäftigte der Unternehmen, die KI-Technologien im Unternehmen implementieren, sei es durch die Anpassung kommerzieller Software / Systemen (44,0 % der Unternehmen), Anpassung von Open-Source-Software / Systemen (36,7 %) sowie eigene Entwicklung (24,8 %). 37,8 % der Unternehmen mit KI-Nutzung lagern die Entwicklung / Anpassung von KI-Technologien an externe Dienstleister*innen aus. Insbesondere die Anpassung von Open-Source-Software / Systemen hat seit 2021 an Bedeutung gewonnen

Abb. 22 | Implementierung der genutzten Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz, 2023 und 2021, Anteil der Unternehmen in %



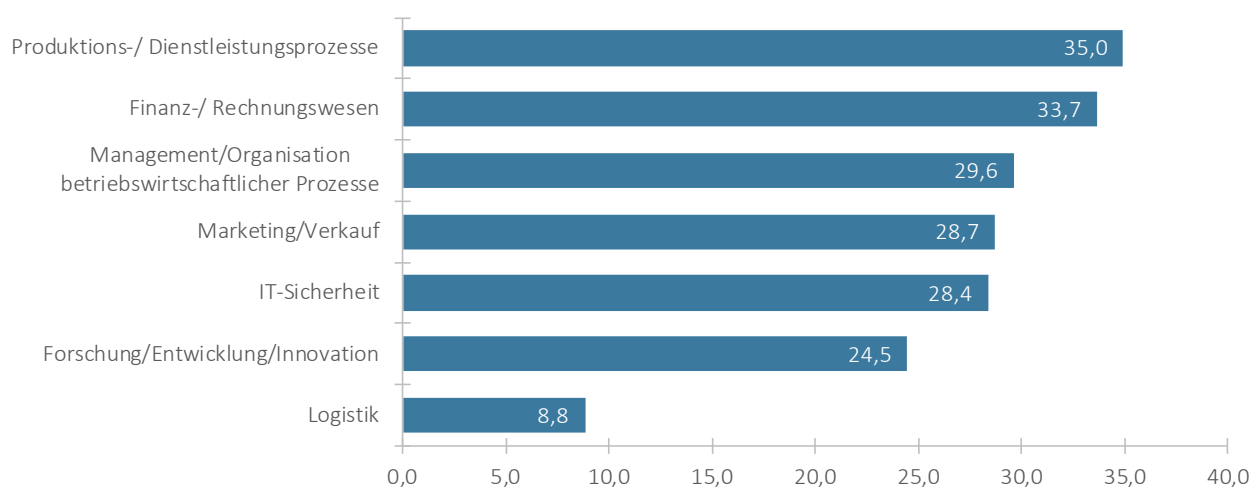
Anmerkung: Unternehmen mit Nutzung von KI-Technologien mit 10 und mehr Beschäftigten; die Inhalte der Erhebung des Jahres 2021 sind mit jenen von 2023 nur bedingt vergleichbar; Mehrfachantworten möglich

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021

Zwecke der genutzten KI-Technologien

Vorwiegende Einsatzbereiche von KI-Technologien in österreichischen Unternehmen sind **Produktions- / Dienstleistungsprozesse** (35,0 %) und **Finanz- / Rechnungswesen** (33,7 %) – etwas mehr als ein Drittel der Unternehmen mit KI-Nutzung geben diese Einsatzbereiche an. Weitere Einsatzbereiche betreffen das Management bzw. die Organisation betriebswirtschaftlicher Prozesse, Marketing/Verkauf sowie IT-Sicherheit. Rd. ein Viertel der Unternehmen mit KI-Nutzung (24,5 %) setzen KI in Forschung/Entwicklung und Innovation ein. Im Logistikbereich spielt die KI-Nutzung im Jahr 2023 (noch) eine untergeordnete Rolle.

Abb. 23 | Zwecke der verwendeten Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz, 2023, Anteil der KI nutzenden Unternehmen in %



Anmerkung: Unternehmen mit Nutzung von KI-Technologien mit 10 und mehr Beschäftigten; die Inhalte der Erhebung des Jahres 2021 sind mit jenen von 2023 nicht vergleichbar; Mehrfachantworten möglich

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023, A 29

4.3.2 | Interaktionen und Netzwerke

Vorbemerkung: Eine Vermessung der Interaktionen und Netzwerke im KI-Ökosystem in Österreich ist mittels quantitativer Kennzahlen nicht möglich. Um sie dennoch etwas greifbarer zu machen, wurden alternative Datenquellen herangezogen: Hinweise zu nationalen und internationalen Kooperationen und Partnerschaften liefert etwa OpenAlex⁴⁴, ein bibliografischer Katalog wissenschaftlicher Arbeiten, Autor*innen und Institutionen.

Zusammenfassung:

Kooperationen und Partnerschaften: Die meisten institutionenübergreifenden Kooperationen bei wissenschaftlichen KI-Publikationen bestehen mit Österreich und Deutschland (jeweils 10,8 %) gefolgt von den USA (6,8 %) und dem Vereinigten Königreich (5,1 %). Die Kooperationen werden tendenziell internationaler, das Ausmaß hat sich seit 2017 nahezu verdoppelt.

Analysierte Faktoren

Tab. 10 | Interaktion und Netzwerke: Faktoren und Indikatoren

Faktor	Indikator/ Kennzahl	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Kooperationen und Partnerschaften	Nationale und internationale Zusammenarbeit in wissenschaftlichen Publikationen	qualitativ	OECD.AI, Domestic and international collaboration in AI research publications, Quelle: OpenAlex

Quelle: KMU Forschung Austria

Kooperationen und Partnerschaften

Die **nationale und internationale Zusammenarbeit in wissenschaftlichen KI-Publikationen** wird wie folgt gemessen: Jede Veröffentlichung ist einem oder mehreren Ländern zugeordnet, je nach Zugehörigkeit(en) des Autors/der Autor*innen. Die Stärke einer Verbindung gibt die Anzahl der KI-Publikationen an, die von Autor*innen verfasst wurden, die mit Einrichtungen im selben Land (nationale Zusammenarbeit) oder in verschiedenen Ländern (internationale Zusammenarbeit) für das ausgewählte Jahr verbunden sind.⁴⁵

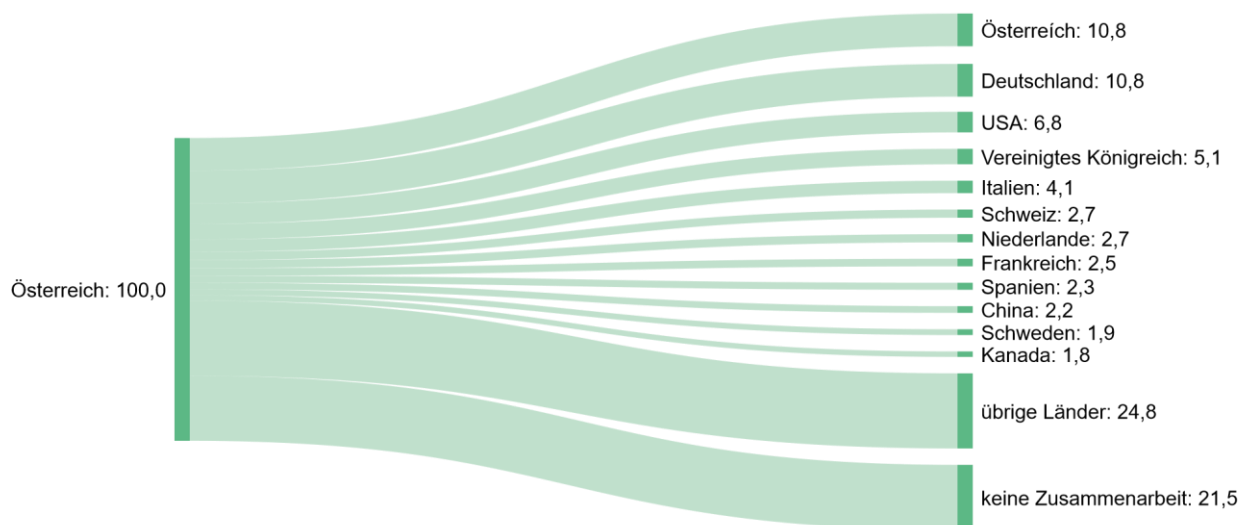
Die **meisten Kooperationen bei wissenschaftlichen KI-Publikationen** bestehen mit Institutionen in **Österreich und Deutschland** (jeweils 10,8 %) gefolgt von den **USA** (6,8 %) und dem **Vereinigten Königreich** (5,1 %). Weitere wichtige Länder der internationalen Zusammenarbeit sind Italien (4,1 %), Schweiz (2,7 %), die Niederlande (2,7 %) und Frankreich (2,5 %).

Während sich die Länder der internationalen Zusammenarbeit seit 2017 kaum geändert haben, so ist zu beobachten, dass die Kooperationen tendenziell internationaler werden: Der Anteil der nationalen Kooperationen und jener ohne Zusammenarbeit ist gesunken. Das Ausmaß der Kooperationen in wissenschaftlichen KI-Publikationen hat sich zwischen 2017 und 2023 von 5.445 auf 9.937 Kooperationen nahezu verdoppelt.

⁴⁴ <https://openalex.org/>

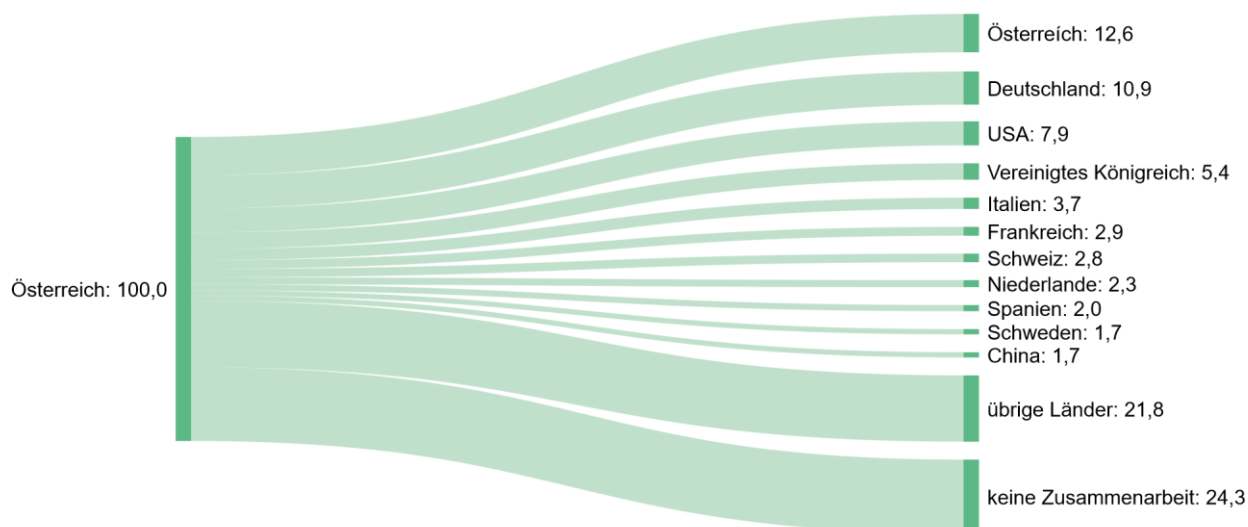
⁴⁵ Die Daten sind mit jenen in Kapitel 5.3.4 Forschung und Innovation nicht vergleichbar. Fokus ist dort die Zahl der Forschungsbeiträge, nicht die der Kooperationen.

Abb. 24 | Nationale und internationale Zusammenarbeit in wissenschaftlichen KI-Publikationen, 2023, Anteil der Kooperationen in %



N = 9.937 Kooperationen

Abb. 25 | Nationale und internationale Zusammenarbeit in wissenschaftlichen Publikationen, 2017, Anteil der Verbindungen in %



N = 5.445 Kooperationen

Anmerkung: Jede Publikation wird auf der Grundlage der institutionellen Zugehörigkeit der Autor*innen den entsprechenden Institutionen und Ländern zugeordnet. Nationale Zusammenarbeit betrifft Publikationen, die von verschiedenen Institutionen innerhalb des Referenzlandes gemeinsam verfasst wurden. Internationale Zusammenarbeit bezieht sich auf Publikationen, die von Institutionen in verschiedenen Ländern gemeinsam verfasst wurden. Hierbei gilt: Arbeiten, die von Autor*innen aus mehr als einer Einrichtung desselben Landes verfasst wurden, zählen nur als eine Kooperation für dieses Land. Für die Zusammenarbeit zwischen Institutionen gilt: Arbeiten, die von mehr als einem Autor derselben Institution verfasst wurden, zählen nur als eine Zusammenarbeit für diese Institution. Keine Zusammenarbeit bezieht sich auf Veröffentlichungen ohne einrichtungsübergreifende Koautorenschaft; sie umfasst Artikel, die von einer einzelnen Person verfasst wurden, solange diese nur eine einzige Zugehörigkeit hat, sowie Dokumente, die von mehreren Personen innerhalb einer bestimmten Einrichtung verfasst wurden.

Quelle: OECD.AI, AI Research, Domestic and international collaboration in AI research publications, OpenAlex, Stand 21. September 2024

4.3.3 | Humankapital: Ausbildung, Fachkräfte und Beschäftigung

Zusammenfassung

Ausbildung: Der Anteil an IKT-Studienabsolvent*innen liegt in Österreich bei 5,3 % und somit über dem EU-Durchschnitt von 4,5 %. Im EU-Vergleich liegt Österreich am 13. Rang und bleibt trotz leichter Verbesserungen weiterhin hinter Ländern wie Irland, Finnland, Deutschland und Schweden zurück.

Ausbildungsprogramme: Österreich bietet 35 englischsprachige Studiengänge an (Bachelor, Master, PhD), die u. a. KI zum Thema haben. Im Vergleich dazu bieten Deutschland 80 Studiengänge, die Niederlande 59 Studiengänge und Schweden 37 Studiengänge an. Im KI-Studienangebot pro Kopf liegt Österreich weltweit an siebenter Stelle und noch vor Schweden, Finnland, den Niederlanden und Kanada. Allerdings sind keine Aussagen über die Qualität und relevante Inhalte der Studiengänge möglich.

Fachkräfte: 5,3 % aller Beschäftigten in Österreich sind IKT-Spezialist*innen, d. h. „Arbeitnehmer*innen, die über die Fähigkeit verfügen, IKT-Systeme zu entwickeln, zu betreiben und zu warten, und für die IKT den Hauptteil ihrer Tätigkeit ausmachen. Österreich liegt hier über dem EU-Durchschnitt, ist aber im Länderranking seit 2017 zurückgefallen. Österreich liegt beim Anteil an LinkedIn-Nutzern, die im KI-Bereich tätig sind, bei rd. 2 %. Deutschland und Kanada haben einen höheren, Schweden und die Niederlande einen etwas geringeren Anteil als Österreich.

Offene Stellen: In Österreich war im EU-Vergleich die allgemeine Arbeitskräftenachfrage nach IKT Spezialist*innen in Österreich im 1. Quartal 2024 mit 14,4 % aller Online-Stellenanzeigen vergleichsweise hoch (EU-Durchschnitt: 7,9 %). Beim Bedarf nach KI-Spezialist*innen liegt Österreich hinter Ländern wie Schweden, Niederlande und Kanada, aber knapp vor Schweden.

Analysierte Faktoren

Tab. 11 | Humankapital: Ausbildung, Fachkräfte und Beschäftigung: Faktoren und Indikatoren

Faktor	Indikator/ Kennzahl	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Ausbildung	IKT-Absolvent*innen im Tertiärbereich	quantitativ	Eurostat: DESI Dashboard for the digital decade
Ausbildungsprogramme	Anzahl KI-Studiengänge auf Englisch	qualitativ	AI Index Report (2024), Quelle: Studyportals
Fachkräfte	Beschäftigte IKT-Spezialist*innen an Gesamtbeschäftigung KI-Talente (z.B. LinkedIn-Mitglieder mit KI-Fähigkeiten oder die eine KI-Tätigkeit ausüben)	quantitativ	Eurostat: DESI Dashboard for the digital decade https://oecd.ai/en/data ; AI jobs and skills
Offene Stellen	Arbeitsmarktnachfrage nach IKT-Fachkräften in Online-Stellenanzeigen Stellenausschreibungen im KI-Bereich	quantitativ	Eurostat: Experimentelle Statistik AI Index Report (2024), Quelle: Lightcast

Quelle: KMU Forschung Austria

4.3.3.1 | Ausbildung und Ausbildungsprogramme

Da es keine Daten zu Absolvent*innen spezifisch für KI-Studiengänge gibt, wird auf Zahlen zu IKT-Absolvent*innen zurückgegriffen. Der **Anteil an IKT-Studienabsolvent*innen liegt in Österreich bei 5,3 %** und somit **über dem EU-Durchschnitt** von 4,5 %. Während Estland (9,6 %) und Luxemburg (8,6 %) im EU-Vergleich die Spitzenreiter sind, reiht sich Österreich an der 13. Stelle ein, hinter Länder wie Irland (8,2 %), Finnland (8,1 %), Schweden (6,8 %) und Deutschland (5,5 %).

Im Vergleich zu 2017 hat sich die Position Österreichs leicht verbessert (vom 15. auf den 13. Rang), bleibt jedoch weiterhin hinter den Spitzenreitern zurück.

Abb. 26 | Studienabsolvent*innen der Informations- und Kommunikationstechnologien im Tertiärbereich¹, 2022, Anteil der Absolvent*innen in %

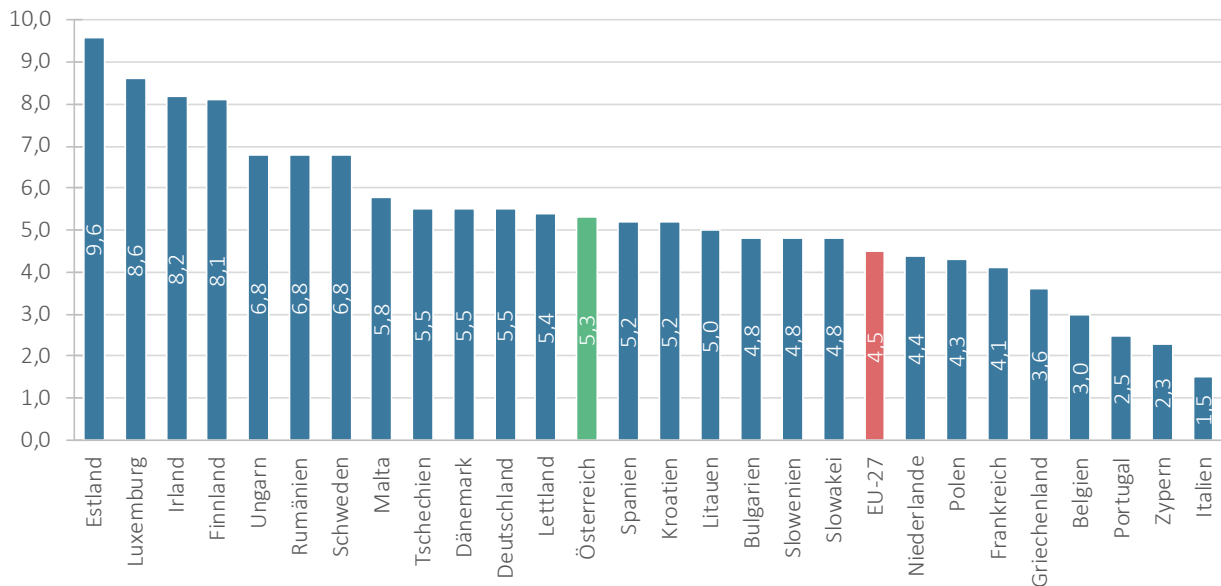
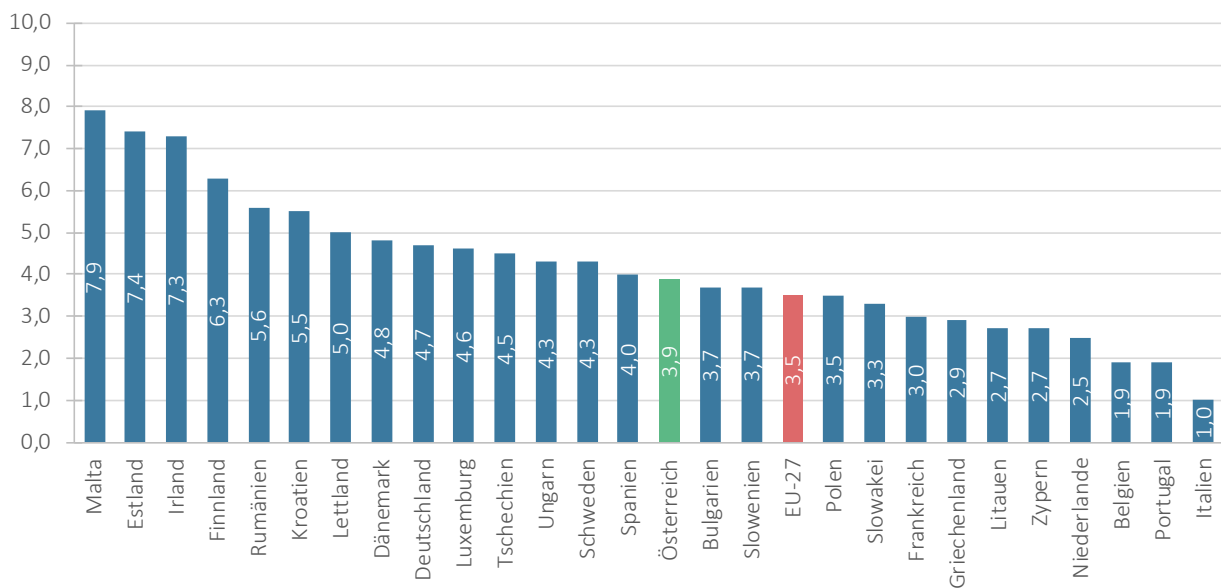


Abb. 27 | Studienabsolvent*innen der Informations- und Kommunikationstechnologien im Tertiärbereich¹, 2017, Anteil der Absolvent*innen in %



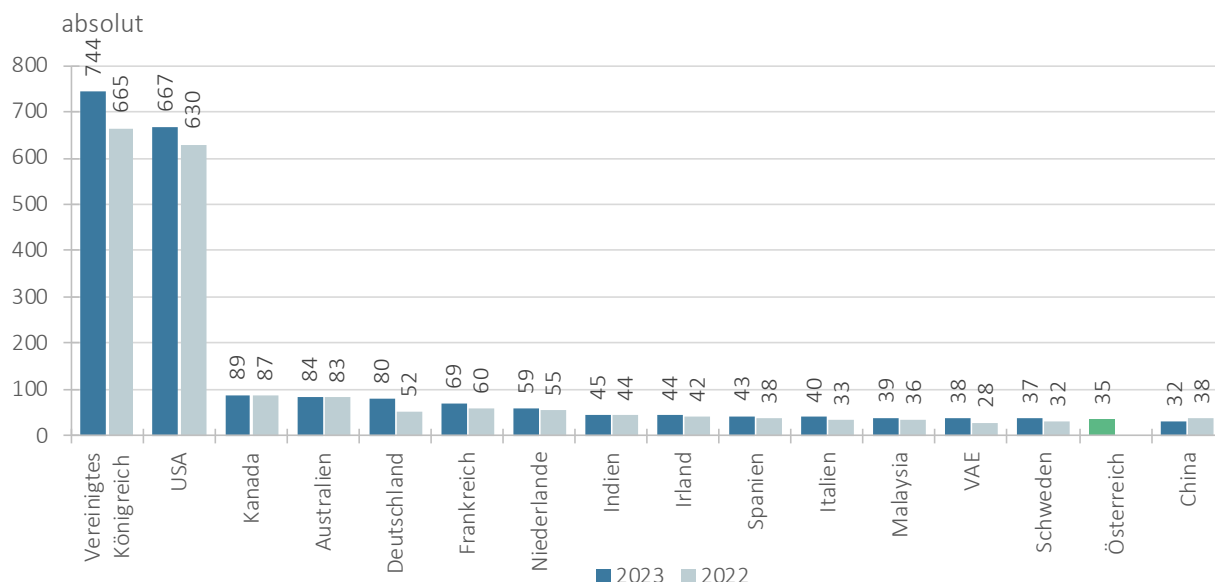
¹ Stufen 5 bis 8 der ISCED (Bachelor, Master, Doktorat etc.)
Quelle: Eurostat, 2024, ICT graduates, educ_uoe_grad03, letztverfügbare Daten (Sept. 2024)

Ein Screening des **tertiären Bildungsangebots für englischsprachige KI-Studiengänge** auf Studyportals⁴⁶ ergibt, dass Österreich **zwei Bachelor- und neun Masterprogramme** anbietet, die u. a. KI zum Inhalt haben. Weiters gibt es **24 PhD-Programme**, insbesondere im Medizin- und Gesundheitsbereich, die sich u. a. mit KI beschäftigen. Insgesamt können 35 englischsprachige Studiengänge dem Bereich KI zugerechnet werden (Suche nach „Artificial Intelligence“ bzw. „AI“)

⁴⁶ <https://studyportals.com/>, Stand 11. September 2024

Englischsprachige Länder liegen im Ranking der englischsprachigen KI-Studiengänge naturgemäß an der Spitze (Vereinigtes Königreich, USA, Kanada, Australien). Danach folgt jedoch bereits Deutschland mit 80 KI-Studiengängen, d. s. 30 mehr als im Jahr 2022. Niederlande bietet 59 KI-Studiengänge an, Schweden 37 Studiengänge, danach reiht sich Österreich mit 35 Studiengängen noch vor China ein.

Abb. 28 | KI-Studiengänge auf Englisch, 2023 und 2022, Anzahl der Studiengänge



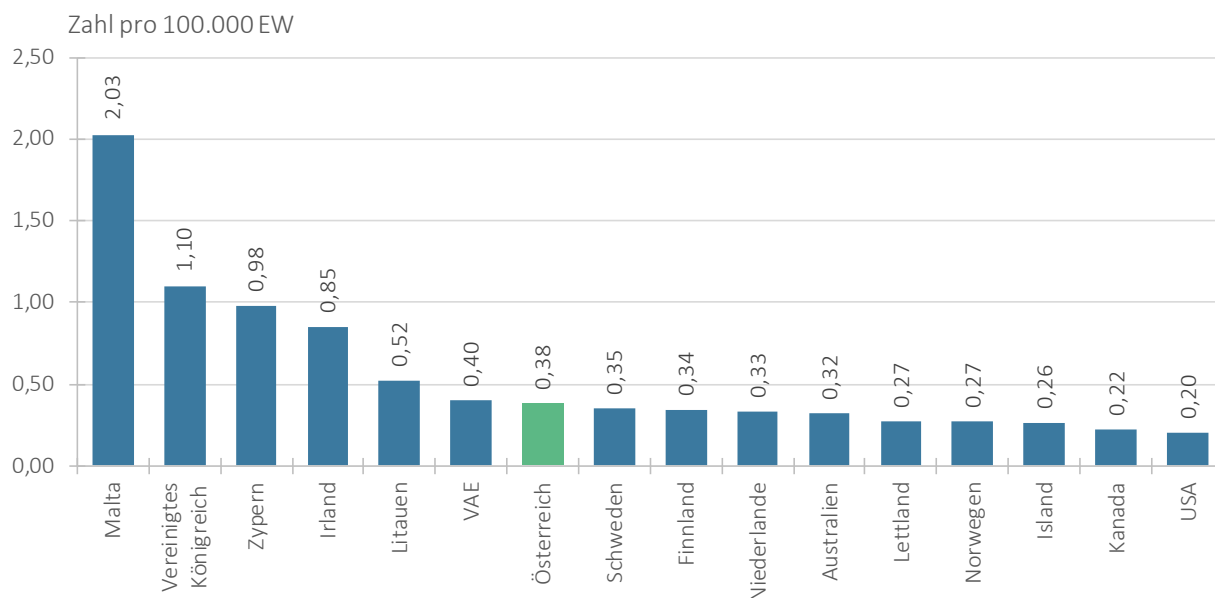
¹ Studiengang: Bachelor, Master, PhD

VAE: Vereinigte Arabische Emirate

Anmerkung: Studyportals umfasst lediglich englischsprachige KI-Studiengänge; für 2022 sind keine Daten für Österreich verfügbar

Quelle: AI Index Report 2024, S. 357 (figure 6.1.31), basierend auf Studyportals: <https://studyportals.com/>

Abb. 29 | KI-Studiengänge auf Englisch, 2023, Anzahl der Studiengänge pro 100.000 Einwohner*innen



¹ Studiengang: Bachelor, Master, PhD

VAE: Vereinigte Arabische Emirate

Anmerkung: Studyportals umfasst lediglich englischsprachige KI-Studiengänge

Quelle: AI Index Report 2024, S. 357 (figure 6.1.32), basierend auf Studyportals <https://studyportals.com/>

Um eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen, kann die **Anzahl der angebotenen englischsprachigen KI-Studiengänge auf die Einwohnerzahl** des jeweiligen Landes bezogen werden. Hier liegt **Österreich weltweit an siebenter Stelle** hinter Malta, dem Vereinigten Königreich, Zypern, Irland, Litauen und den Vereinigten Arabischen Emiraten und noch vor Schweden, Finnland, den Niederlanden und Kanada.

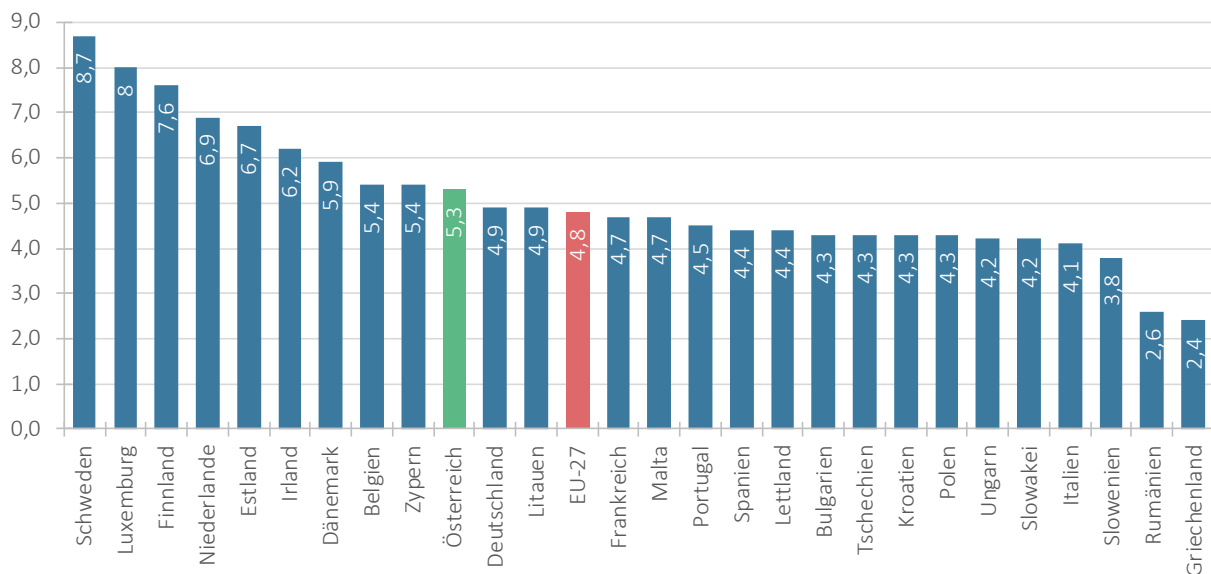
Einschränkend muss dazu jedoch bemerkt werden, dass die Zahl der Studiengänge alleine noch nichts über deren Qualität und relevante Inhalte aussagt.

4.3.3.2 | Fachkräfte

Beschäftigte IKT-Spezialist*innen

Das Vorhandensein von Fachkräften für das österreichische KI-Ökosystem lässt sich lediglich indirekt mittels der Beschäftigung von IKT-Spezialist*innen⁴⁷ abschätzen. **5,3 % aller Beschäftigten in Österreich sind demnach IKT-Spezialist*innen**, d. h. „Arbeitnehmer*innen, die über die Fähigkeit verfügen, IKT-Systeme zu entwickeln, zu betreiben und zu warten, und für die IKT den Hauptteil ihrer Tätigkeit ausmachen. Im EU-Vergleich liegt Österreich über dem EU-Schnitt von 4,8 % und somit knapp vor Deutschland (4,9 %), reiht sich jedoch hinter Länder wie dem Spitzenreiter Schweden (8,7 %), Finnland (7,6 %) oder Irland (6,2 %) ein. Im Vergleich zu 2017 hat der Anteil an beschäftigten IKT-Spezialist*innen in Österreich – wie auch in anderen EU-Ländern – zugenommen, Österreich ist jedoch im Ranking vom 8. auf den 10. Platz zurückgefallen.

Abb. 30 | Beschäftigte IKT-Spezialist*innen¹, 2023, Anteil an der Gesamtbeschäftigung in %

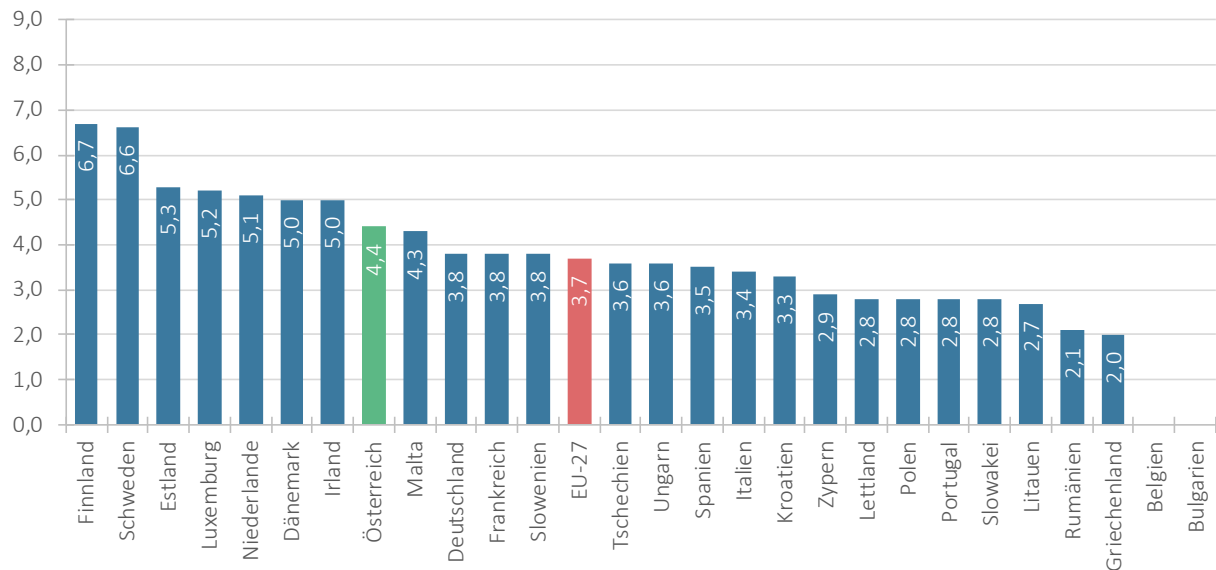


¹ In Anlehnung an die OECD (2004, S. 216) definiert Eurostat IKT-Spezialisten als „Arbeitnehmer*innen, die über die Fähigkeit verfügen, IKT-Systeme zu entwickeln, zu betreiben und zu warten, und für die IKT den Hauptteil ihrer Tätigkeit ausmachen“. Definition basierend auf der ISCO-08-Klassifikation und einschließlich Berufen wie IKT-Servicemanager, IKT-Fachleute, IKT-Techniker, IKT-Installateure und -Wartungsmitarbeiter.

Quelle: Eurostat, 2024, Employed ICT specialists – total, isoc_sks_itspt, letztverfügbare Daten (September 2024)

⁴⁷ Es gibt keine weiterführenden Informationen darüber, ob diese IKT-Spezialist*innen im KI-Bereich tätig sind oder nicht.

Abb. 31 | Beschäftigte IKT-Spezialist*innen¹, 2017, Anteil an der Gesamtbeschäftigung in %



¹ In Anlehnung an die OECD (2004, S. 216) definiert Eurostat IKT-Spezialisten als „Arbeitnehmer*innen, die über die Fähigkeit verfügen, IKT-Systeme zu entwickeln, zu betreiben und zu warten, und für die IKT den Hauptteil ihrer Tätigkeit ausmachen“. Definition basierend auf der ISCO-08-Klassifikation und einschließlich Berufen wie IKT-Servicemanager, IKT-Fachleute, IKT-Techniker, IKT-Installateure und -Wartungsmitarbeiter.

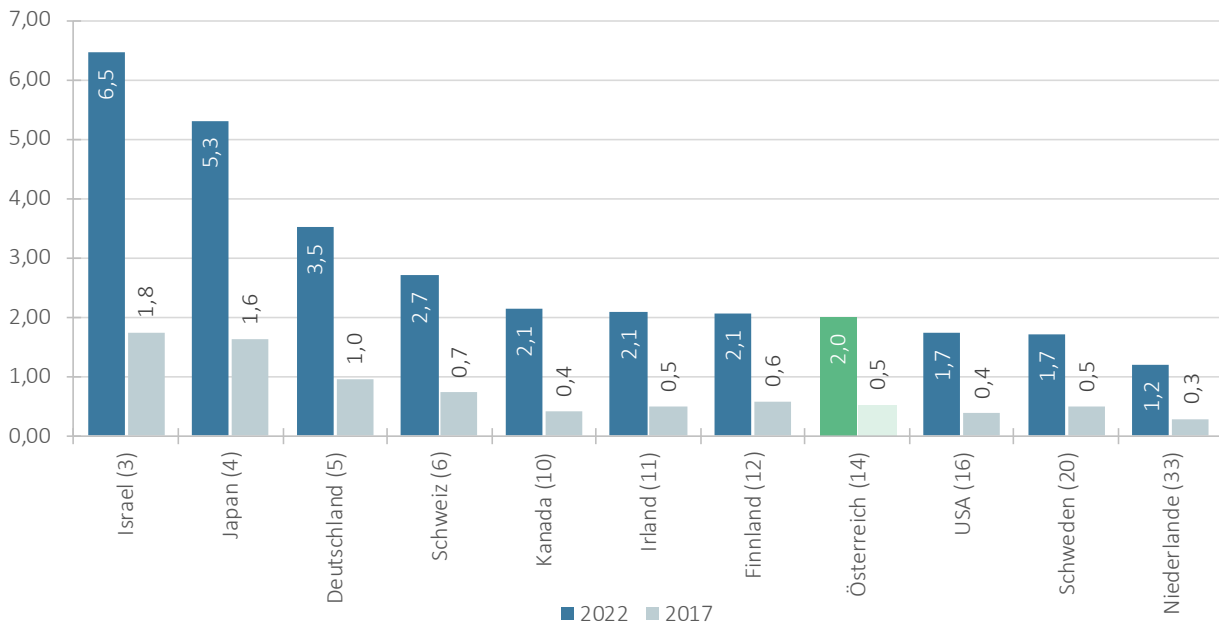
Quelle: Eurostat, 2024, Employed ICT specialists – total, isoc_sks_itspt, letzter verfügbare Daten (September 2024)

Fachkräfte mit KI-Fähigkeiten

Einen Hinweis auf das Vorhandensein von Fachkräften mit KI-Fähigkeiten oder Tätigkeiten im Bereich KI (= KI-Talente) liefert ein Screening von LinkedIn, einem sozialen Netzwerk zur Pflege bestehender Geschäftskontakte und zum Knüpfen von neuen geschäftlichen Verbindungen. Dabei muss einschränkend bemerkt werden, dass nicht alle Länder gleichermaßen die Plattform LinkedIn benutzen und somit die Ergebnisse verzerrt sein können – trotzdem können Tendenzen ausgemacht werden.

Ein Vergleich ausgewählter Länder zeigt, dass **in Österreich der Anteil an LinkedIn-Nutzern, die im KI-Bereich tätig sind, bei rd. 2 %** liegt und damit an 14. Stelle im weltweiten Vergleich. Einen höheren Anteil an KI-Talenten weisen Mitglieder aus Israel (6,5 %), Deutschland (3,5 %) oder Kanada (2,1 %) auf. Schweden und die Niederlande reihen sich mit Anteilen von 1,7 % und 1,2 % hinter Österreich ein.

Abb. 32 | LinkedIn-Mitglieder mit KI-Fähigkeiten oder die eine KI-Tätigkeit ausüben, in ausgewählten Ländern, 2022 und 2017, Anteil an allen LinkedIn-Mitgliedern in %



Anmerkung: Dieses Diagramm zeigt die Konzentration von KI-Talenten - d. h. den prozentualen Anteil von LinkedIn-Mitgliedern mit KI-Fähigkeiten oder die eine KI-Tätigkeit ausüben (z. B. Ingenieur für maschinelles Lernen) - pro Land und im Zeitverlauf. Die Werte in Klammern geben den Länderrang wieder. Die heruntergeladenen Daten stellen eine Momentaufnahme im Zeitverlauf dar. Beim Vergleich verschiedener Versionen der Daten ist Vorsicht geboten, da sich die vom Algorithmus für maschinelles Lernen identifizierten KI-bezogenen Konzepte im Laufe der Zeit weiterentwickeln können. Weitere Informationen finden Sie in den Hinweisen zur Methodik.

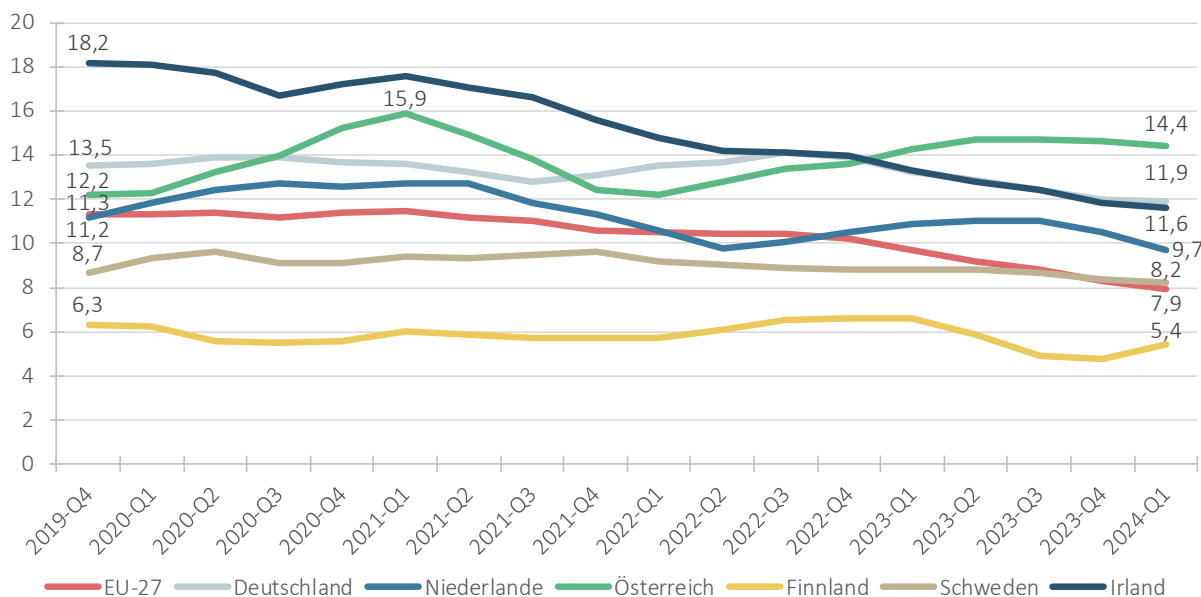
Quelle: OECD.AI (2024), basierend auf LinkedIn, Stand 12. September 2024

4.3.3.3 | Offene Stellen

Arbeitsmarktnachfrage nach IKT-Spezialist*innen

Die Zahl von gemeldeten offenen Stellen gibt Aufschluss über den Umfang und die Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs. Da nicht alle offenen Stellen den jeweiligen Arbeitsmarktservices gemeldet werden, sondern häufig im Internet über verschiedene Plattformen ausgeschrieben werden, wurden offene Stellen in Online-Stellenanzeigen herangezogen. In Österreich war im EU-Vergleich die allgemeine **Arbeitskräftenachfrage nach IKT Spezialist*innen in Österreich** im 1. Quartal 2024 **relativ hoch**: Während EU-weit 7,9 % aller Online-Stellenanzeigen offene Stellen für IKT-Spezialist*innen betraf, war der **Anteil in Österreich mit 14,4 %** deutlich höher. Österreich liegt in der Nachfrage nach IKT-Spezialist*innen somit vor Deutschland (11,9 %), Niederlande (11,6 %) und Schweden (8,2 %), die jedoch ebenfalls einen überdurchschnittlichen Arbeitskräftebedarf im IKT-Bereich aufweisen.

Abb. 33 | Arbeitsmarktnachfrage nach IKT-Spezialist*innen¹ in Online-Stellenanzeigen, 4. Quartal 2019 bis 1. Quartal 2024, Anteil an offenen Stellen in % der Online-Stellenanzeigen



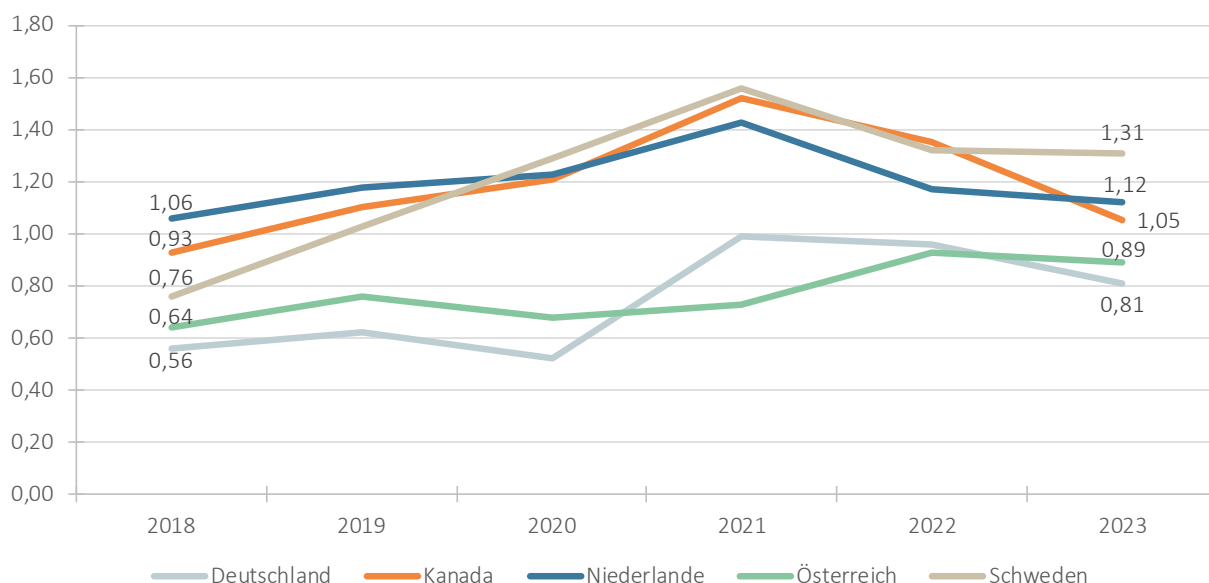
¹ In Anlehnung an die OECD (2004, S. 216) definiert Eurostat IKT-Spezialisten als „Arbeitnehmer*innen, die über die Fähigkeit verfügen, IKT-Systeme zu entwickeln, zu betreiben und zu warten, und für die IKT den Hauptteil ihrer Tätigkeit ausmachen“. Definition basierend auf der ISCO-08-Klassifikation und einschließlich Berufen wie IKT-Servicemanager, IKT-Fachleute, IKT-Techniker, IKT-Installateure und -Wartungsmitarbeiter.

Quelle: Eurostat, 2024, Experimentelle Statistik: Labour market demand for ICT specialists in online job advertisements, % of online job advertisements, isoc_sk_oja1, letztverfügbare Daten (Sept. 2024)

Stellenausschreibungen im KI-Bereich

Hinweise auf den **Bedarf speziell nach KI-Spezialist*innen** finden sich im AI Index Report (2024), der Daten von Lightcast verwendet. Demnach betreffen **0,89 % aller Stellenausschreibungen in Österreich Jobs im KI-Bereich**. Während dieser Anteil in Ländern wie Schweden (1,13 %), Niederlande (1,12 %) und Kanada (1,05 %) etwas höher ist, liegt er in Deutschland mit 0,89 % knapp unter dem österreichischen Wert.

Abb. 34 | Stellenausschreibungen im Bereich KI in ausgewählten Ländern, 2018 bis 2023, Anteil an allen Stellenausschreibungen in %



Quelle: AI Index Report, 2024, S. 223 (figure 4.2.1), basierend auf Lightcast, 2023

4.3.4 | Forschung und Innovation

Zusammenfassung

Forschungsbeiträge: Österreich veröffentlichte zwischen 2013 und 2023 rd. 13.600 KI-Forschungsbeiträge und liegt damit auf dem 29. Länderrang hinter Ländern wie Deutschland (5. Rang), Kanada (10. Rang), Niederlande (13. Rang) und Schweden (25. Rang). Mehr als die Hälfte der Forschungsbeiträge (55,6 %) wurden in internationaler Zusammenarbeit erstellt und veröffentlicht. Die meisten Forschungsbeiträge werden in den Technologiefeldern Machine Learning, Computer Vision, Natural Language Processing (NLP) and Linguistics sowie Mathematical Optimization veröffentlicht. Mit Forschungsbeiträgen zu Human-Computer Interaction rangiert Österreich unter den Top 20 weltweit.

Patente: Österreich zwischen 2013 und 2023 in Summe ca. 77 Patente im KI-Bereich angemeldet. Bei einem Vergleich der KI-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner liegt Österreich mit knapp 9 Anmeldungen vor den Niederlanden (7,5). Kanada liegt mit rd. 112 Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner vor Deutschland mit 54,2 Anmeldungen. Das hinsichtlich der Bevölkerung am ehesten mit Österreich vergleichbare Land Schweden hat mit 13,5 KI-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner deutlich mehr Anmeldungen als Österreich. Die Hauptbranchen der österreichischen Patentanmeldungen sind Transportation, Personal Devices and Computing sowie Energy Management. Wichtige Patentanmelder in Österreich sind AVL List, g.tec medical engineering, das Austrian Institute of Technology (AIT), sowie TTTech Computertechnik AG.

Analysierte Faktoren

Tab. 12 | Faktoren: Forschung und Innovation

Faktor	Indikator/ Kennzahl	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Forschungsbeiträge	Anzahl der KI-Forschungsbeiträge KI-Forschungsbeiträge nach Technologiefeld Internationale Zusammenarbeit in KI-Forschungsbeiträgen	quantitativ	ETO
Patente	Anzahl der KI-Patente (Anmeldungen, erteilte Patente) KI-Patente nach Branchen (nach Technologiefeld nicht verfügbar) Österreichische Patentanmelder	quantitativ qualitativ	ETO

Quelle: KMU Forschung Austria

4.3.4.1 | Forschungsbeiträge

KI-Forschungsbeiträge

In Summe hat **Österreich zwischen 2013 und 2023 rd. 13.600 Forschungsbeiträge zum Thema KI veröffentlicht** und liegt damit auf dem 29. Länderrang hinter Ländern wie Deutschland (5. Rang), Kanada (10. Rang), Niederlande (13. Rang) und Schweden (25. Rang). **Mehr als die Hälfte der Forschungsbeiträge (55,6 %) wurden in internationaler Zusammenarbeit erstellt und veröffentlicht⁴⁸**. Ähnliche Anteile haben auch die Niederlande, Schweden und Kanada, während in Deutschland der Anteil mit 42 % etwas geringer ist – hier dürften Forschungsbeiträge eher in nationaler Zusammenarbeit erstellt werden.

Tab. 13 | Veröffentlichte KI-Forschungsbeiträge sowie Forschungsbeiträge in internationaler Zusammenarbeit in ausgewählten Ländern, Summe 2013-2023

Land	KI-Forschungsbeiträge, Anzahl	KI-Forschungsbeiträge, Länderrang	KI-Forschungsbeiträge in internationaler Zusammenarbeit, Anzahl	KI-Forschungsbeiträge in internationaler Zusammenarbeit, Anteil in %
Österreich	13.613	29	7.570	55,6
Kanada	57.692	10	30.295	52,5
Deutschland	93.280	5	39.165	42,0
Niederlande	29.093	13	16.816	57,8
Schweden	17.019	25	9.562	56,2

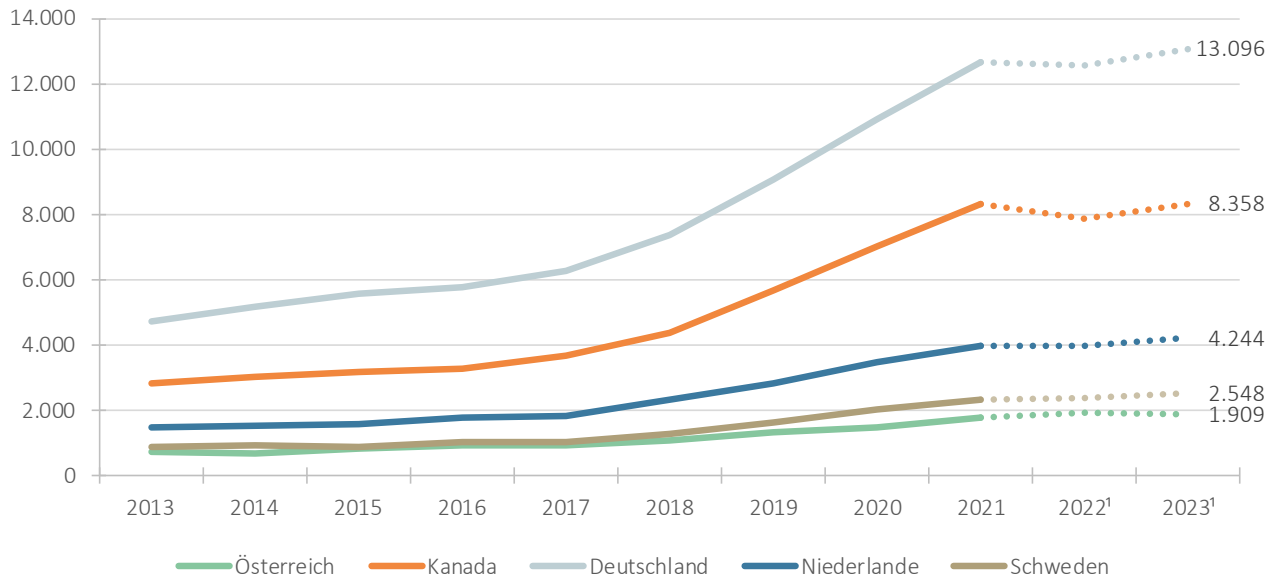
Anmerkung: Anzahl der KI-Forschungsbeiträge, die von Autor*innen aus dem Land veröffentlicht wurden; Summe aller KI-Technologiefelder; Die Länder der Autor*innen werden anhand der Standorte ihrer Organisationen abgeleitet; Daten für 2022 und 2023 sind unvollständig.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

Die Zahl der jährlich veröffentlichten KI-Forschungsbeiträge ist in den vergangenen Jahren stark angestiegen, insbesondere jene aus Deutschland (zuletzt rd. 13.100) und aus Kanada (zuletzt rd. 8.400). **Rd. 1.900 österreichische Forschungsbeiträge zu KI wurden im Jahr 2023 veröffentlicht**. Österreich liegt damit auch unter dem Output Schwedens (rd. 2.500).

⁴⁸ Die Daten sind mit jenen in Kapitel 5.3.2 Interaktionen und Netzwerke nicht vergleichbar. Fokus ist dort die Zahl der Kooperationen, nicht die der Forschungsbeiträge.

Abb. 35 | Veröffentlichte KI-Forschungsbeiträge in ausgewählten Ländern, 2013 bis 2023



¹ Daten für 2022 und 2023 sind unvollständig.

Anmerkung: Anzahl der KI-Forschungsbeiträge, die von Autor*innen aus dem Land veröffentlicht wurden; Summe aller KI-Technologiefelder; Die Länder der Autor*innen werden anhand der Standorte ihrer Organisationen abgeleitet.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

KI-Forschungsbeiträge nach Technologiefeldern

Zwischen 2013 und 2023 wurden **die meisten Forschungsbeiträge Österreichs im Technologiefeld Machine Learning veröffentlicht** (rd. 4.400) – hier ist auch die internationale Zusammenarbeit unter allen Technologiefeldern mit rd. 60 % am höchsten. Es folgen Beiträge zu Computer Vision (rd. 2.000), **Natural Language Processing (NLP) and Linguistics** (rd. 1.300) sowie **Mathematical Optimization** (rd. 1.000).

Mit Forschungsbeiträgen zu **Human-Computer Interaction (468) rangiert Österreich unter den Top 20 weltweit**, gefolgt von Information Management and Retrieval (Rang 22, rd. 700 Veröffentlichungen) und Graphics and Multimedia (Rang 22, rd. 250 Veröffentlichungen).

Tab. 14 | Veröffentlichte KI-Forschungsbeiträge aus Österreich und Forschungsbeiträge mit internationaler Zusammenarbeit nach KI-Technologiefeldern, 2013-2023 (Summe)

KI-Technologiefeld	KI-Forschungsbeiträge, Anzahl	KI-Forschungsbeiträge, Länderrang	KI-Forschungsbeiträge in internationaler Zusammenarbeit, Anzahl	KI-Forschungsbeiträge in internationaler Zusammenarbeit, Anteil in %
Machine Learning	4.368	34	2.618	59,9
Computer Vision	1.950	31	983	50,4
Natural Language Processing (NLP) and Linguistics	1.313	32	762	58,0
Mathematical Optimization	1.078	31	580	53,8
Simulation	995	27	491	49,4
Data Mining	977	28	531	54,4
Control Theory and Engineering	937	35	477	50,9
Theoretical Computer Science	915	26	509	55,6
Information Management and Retrieval	701	22	391	55,8
Human-Computer Interaction	468	20	256	54,7
Speech Recognition	435	43	232	53,3
Graphics and Multimedia	253	22	131	51,8
Real time computing	237	32	117	49,4

Anmerkung: Anzahl der KI-Forschungsbeiträge, die von Autor*innen aus dem Land veröffentlicht wurden; alle KI-Technologiefelder; Die Länder der Autor*innen werden anhand der Standorte ihrer Organisationen abgeleitet; Daten für 2022 und 2023 sind unvollständig; Mehrfachzuordnungen sind möglich.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

4.3.4.2 | Patente

Patentanmeldungen und erteilte Patente

Daten des Emerging Technology Observatory (ETO) zeigen, dass **Österreich zwischen 2013 und 2023 in Summe 77 Patente im KI-Bereich angemeldet** hat. Damit liegt Österreich hinter Ländern wie Deutschland (Rang 5, rd. 4.500 Patentanmeldungen) und Kanada (Rang 6, rd. 4.200 Patentanmeldungen) sowie Schweden (136) und Niederlande (131) zurück. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Zahl der erteilten Patente.

Bei einem Vergleich der KI-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner liegt Österreich mit knapp 9 Anmeldungen vor den Niederlanden (7,5). Kanada liegt mit rd. 112 Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner vor Deutschland mit 54,2 Anmeldungen. Das hinsichtlich der Bevölkerung am ehesten mit Österreich vergleichbare Land Schweden⁴⁹ hat mit 13,5 KI-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner deutlich mehr Anmeldungen als Österreich.

Tab. 15 | Patentanmeldungen und erteilte Patente im KI-Bereich in ausgewählten Ländern, 2013-2023 (Summe)

Land der ersten Anmeldung	Patent-anmeldungen, Anzahl	Patent-anmeldungen, Länderrang	Erteilte Patente, Anzahl	Erteilte Patente, Länderrang	Patent-anmeldungen pro 1 Mio. Einwohner ¹
Österreich	77	28	54	28	8,8
Kanada	4.164	6	2.036	7	112,4
Deutschland	4.493	5	1.918	8	54,2
Niederlande	131	24	126	18	7,5
Schweden	136	22	77	23	13,5

Anmerkung: Patentdaten von 1790 Analytics, PATSTAT und The Lens; der Patentdatensatz von CAT umfasst Daten von 52 verschiedenen Patentämtern auf der ganzen Welt, darunter nationale Ämter (wie das US-Patent & Trademark Office) und internationale Ämter (wie das Europäische Patentamt); Land der ersten Anmeldung; Die Zuordnung der Patente zu KI und ihren Fachgebieten erfolgt über Patentstichwörter und Klassifikationen. Daten für 2021, 2022 und 2023 sind unvollständig.

¹ Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner wurden auf Basis des Bevölkerungsdurchschnitts 2013 bis 2023 berechnet.

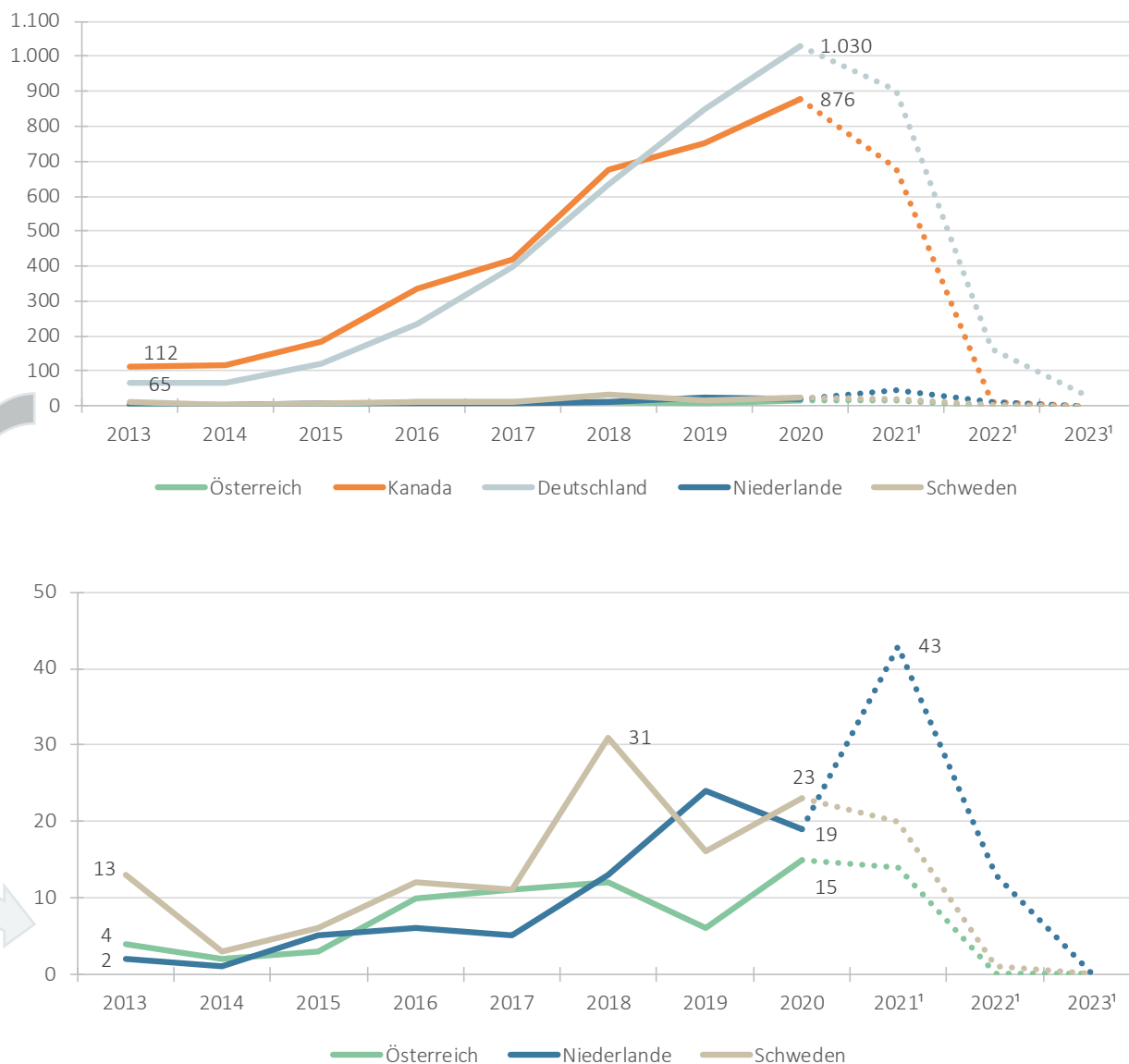
Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

Insbesondere in Deutschland und Kanada hat die Zahl der Patentanmeldungen zwischen 2013 und 2020 beträchtlich an Dynamik gewonnen: In Deutschland wurden im Jahr 2020 1.030 KI-Patente angemeldet, d. s. rd. 16 Mal so viel wie im Jahr 2013. Auch in Kanada hat die Zahl der Patentanmeldungen mit 876 im Jahr 2020 einen vorläufigen Höhepunkt erreicht (fast 8 Mal so viel wie im Jahr 2013).

Auch in **Österreich**, den Niederlanden und Schweden hat die **Dynamik zugenommen**, wenngleich von einem deutlich niedrigeren Niveau ausgehend: Schweden hat im Jahr 2020 23 KI-Patente angemeldet (fast doppelt so viel wie 2013), die Niederlande 19 (fast 10 Mal so viel wie 2013) und Österreich 15 (fast 4 Mal so viel wie 2013).

⁴⁹ Bevölkerungsdurchschnitt 2013-2023: Österreich: 8.789.128 Einwohner; Schweden: 10.075.304 Einwohner (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2024)).

Abb. 36 | Patentanmeldungen im KI-Bereich in ausgewählten Ländern, 2013 bis 2023



¹ Daten für 2021, 2022 und 2023 sind unvollständig.

Anmerkung: Patentdaten von 1790 Analytics, PATSTAT und The Lens; der Patentdatensatz von CAT umfasst Daten von 52 verschiedenen Patentämtern auf der ganzen Welt, darunter nationale Ämter (wie das US-Patent & Trademark Office) und internationale Ämter (wie das Europäische Patentamt); Land der ersten Anmeldung; Die Zuordnung der Patente zu KI und ihren Fachgebieten erfolgt über Patentstichwörter und Klassifikationen.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

Patentanmeldungen und erteilte Patente nach Branchen

Informationen zu Patenten sind auch nach Branchen verfügbar. **Die meisten KI-Patentanmeldungen in Österreich** zwischen 2013 und 2023 (Summe) erfolgten in den Branchen **Transportation** (26), **Personal Devices and Computing** (25) sowie **Energy Management** (20). Österreich liegt im globalen Länderranking besonders bei Patenten in Energy Management (Rang 14), Transportation (Rang 19) und Physical Sciences and Engineering (Rang 20) weiter vorne.

Tab. 16 | Patentanmeldungen im KI-Bereich in Österreich nach Branchen, 2013-2023 (Summe)

Branche	Patent-anmeldungen, Anzahl	Patent-anmeldungen, Länderrang	Erteilte Patente, Anzahl	Erteilte Patente, Länderrang
Transportation	26	19	20	19
Personal Devices and Computing	25	27	16	28
Energy Management	20	14	14	12
Life Sciences	12	29	10	27
Physical Sciences and Engineering	11	20	7	19
Industry and Manufacturing	6	27	2	34
Telecommunications	6	32	6	31
Business	4	34	3	34
Security	2	35	1	34
Banking and Finance	1	40	0	39

Anmerkung: Anzahl der KI-Patentanmeldungen, die als erstes in Österreich angemeldet wurden; Ergebnisse nach Branchen verfügbar, aber nicht nach KI-Technologiefeldern; Die Zuordnung der Patente zu KI und ihren Fachgebieten erfolgt über Patentstichwörter und Klassifikationen. Daten für 2022 und 2023 sind unvollständig; Mehrfachzuordnungen sind möglich.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

Österreichische Patentanmelder

Die Datenbank von ETO bietet auch Hinweise zu **Patentanmeldern mit den meisten in Österreich angemeldeten Patenten**⁵⁰. Folgende Unternehmen / Personen haben häufig KI-Patente angemeldet (Summe 2013 bis 2023):

- AVL List GmbH (rd. 50)
- Christoph Guger, Günter Edlinger - g.tec medical engineering GmbH (rd. 10)
- Austrian Institute of Technology (AIT)
- TTTech Computertechnik AG
- Rubble Master HMH GmbH
- Crushall Master HMH GmbH
- Engel Austria
- FTS Computertechnik
- Andritz AG
- Emotion 3D GmbH

⁵⁰ ETO bietet ein Ranking der Top 10 KI-Patentanmelder über alle Branchen gesamt sowie in einzelnen Branchen an. Allerdings werden in den Rankings Unternehmen aufgrund nicht gleicher Schreibweisen des Unternehmensnamens häufig mehrfach gereiht, was eine Aufsummierung der Zahl der Patentanmeldungen verunmöglicht. Daher werden hier nur ungefähre Größenordnungen angegeben. Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

4.3.5 | Investitionen und Förderungen

Zusammenfassung

Private Investitionen (Private Equity): Zwischen 2013 und 2023 wurden in 95 Startups und andere private (nicht börsennotierte) KI-Unternehmen mit Hauptsitz in Österreich 432 Kapitalinvestitionen mit einem geschätzten Gesamtwert von rd. US-\$ 1,1 Mrd. getätigt. Österreich liegt damit global gesehen auf Rang 29. Die Investitionen gehen vorrangig in die Anwendungsfelder Software, General purpose, Data and Analytics sowie Information Technology, zuletzt jedoch auch vermehrt in „kleinere“ Anwendungsfelder wie Biotechnology und Natural Language Processing (NLP).

Risiko-/Wagniskapitalinvestitionen (Venture Capital): In Österreich wurden im Jahr 2023 rd. US-\$ 90 Mio. in KI-Startups investiert. Ein Großteil des Risikokapitals geht in den Bereich IT Infrastructure and Hosting, Business Processes and Support Services sowie in Healthcare, Drugs and Biotechnology. Die wichtigsten Geldgeber kommen aus Deutschland, Österreich, USA, Frankreich und China.

Öffentliche Förderungen: In Österreich wurden im Jahr 2024 rd. € 16,6 Mrd. für F&E eingesetzt, was einen bisherigen Höchstwert darstellt und einer Forschungsquote (F&E-Ausgaben gemessen am BIP) von rd. 3,34 % entspricht. Unternehmen (inkl. Forschungsprämie und Ausland) sind für rd. zwei Drittel der in Österreich durchgeführten Forschung und experimentellen Entwicklung (66,1 %) verantwortlich, gefolgt vom Bund (27,8 %), den Bundesländern (4,2 %) sowie sonstiger Finanzierung (1,9 %). Speziell für KI stehen in Österreich Förderungen für Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Höhe von € 12 Mio. (bzw. € 22 Mio.) zur Verfügung⁵¹. Darüber hinaus stehen weitere, nicht alleine auf KI spezialisierte Förderprogramme zur Verfügung, wie etwa Digitale und Schlüsseltechnologien (€ 198 Mio.), Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien (€ 92 Mio.), FFG Basisprogramme (rd. € 150 Mio. pro Jahr) oder aws Seed/Preseed (rd. € 10 Mio. pro Jahr). In Relation dazu wurden in Deutschland KI-Förderungen im Zeitraum 2019 und 2025 mit rd. € 5 Mrd. budgetiert. Kanadas Budget für KI sowie für digitale Forschung und Innovation beläuft sich auf rd. € 1,3 Mrd. für die Jahre 2017 bis 2023 sowie auf weitere € 1,6 Mrd. ab dem Jahr 2024.

⁵¹ Hinweis: Diese Daten sind unvollständig und sowohl die abgefragten Datenbanken als auch die Erfassung aller Förderungen zum Thema KI sind aufgrund der Komplexität der unterschiedlichen Fördergeber und -abwickler national/regional nicht möglich und stellen maximal eine Aufzählung einzelner Maßnahmen in einem bestimmten Zeitraum dar.

Analysierte Faktoren

Tab. 17 | Faktoren: Finanzierung und Förderung

Faktor	Indikator	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Private Investitionen (Private Equity)	Investitionen in KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen Investitionen in KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen nach Anwendungsfeldern	quantitativ	ETO
Risiko-/Wagniskapital-investitionen (Venture Capital)	Venture Capital-Investitionen in KI-Startups	quantitativ	OECD.AI
Öffentliche Förderungen	Öffentliche Förderungen für KI	qualitativ	FTI-Strategie 2030, jeweiliger FTI-Pakt, Transparenzportal Österreichs, FFG-Website, KI-Strategien und Roadmaps aus Österreich und anderen Ländern

Quelle: KMU Forschung Austria

4.3.5.1 | Private Investitionen (Private Equity)

Bei privaten Investitionen (Private Equity) handelt es sich um die Finanzierung von privaten Unternehmen mit Eigenkapital⁵². **Zwischen 2013 und 2023 wurde in Summe in 95 Startups und andere private (nicht börsennotierte) KI-Unternehmen⁵³ mit Hauptsitz in Österreich investiert.** Es wurden insgesamt 432 Kapitalinvestitionen⁵⁴ mit einem geschätzten Gesamtwert von rd. US-\$ 1,1 Mrd. getätigt.⁵⁵ Mit diesem Ausmaß liegt Österreich **global gesehen auf Rang 29**.

Im Vergleich dazu rangiert Kanada mit einem geschätzten Gesamtwert der eingegangenen Investitionen von US-\$ 33,2 Mrd. (2013-2023) auf Platz 5, wobei dieser Betrag auf hohe Investitionen im Jahr 2022 zurückzuführen ist. Deutschland (US-\$ 16,3 Mrd.) und Schweden (US-\$ 14,1 Mrd.) liegen an 9. und 10. Stelle. Insbesondere **Schweden** zeigt hier mit einem Ausmaß an Investitionen auf, **die 14 Mal über jenen**

⁵² <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/private-equity-45569>

⁵³ KI-Unternehmen: KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen

⁵⁴ Kapitalinvestitionen in KI-Unternehmen in Privatbesitz; Es werden Risikokapitaltransaktionen, Private-Equity-Transaktionen sowie Fusionen und Übernahmen (Mergers/Acquisitions - M&A) inkludiert, nicht jedoch Fremdfinanzierung, Zuschüsse und Crowdfunding.

⁵⁵ Die Zahlen aus dem Kapitel 4.3.5.2 Risiko-/Wagniskapitalinvestitionen sind mit den Zahlen in vorliegendem Kapitel aufgrund unterschiedlicher Datenquellen (Crunchbase, Preqin) und Abschätzungsarten nicht miteinander vergleichbar).

in österreichische KI-Unternehmen liegen, was auf entsprechend hohe Investitionen aus dem Jahr 2021 zurückzuführen ist (siehe auch nachfolgende Abb.).

Bei einem Vergleich der eingegangenen Investitionen pro Kopf liegt Schweden in Summe im Zeitraum 2013-2023 mit US-\$ 1.404 deutlich vor Kanada (US-\$ 895) und den Niederlanden (US-\$ 435). Österreich liegt mit US-\$ 130 hinter diesen Ländern, auch hinter Deutschland (US-\$ 197).

Tab. 18 | Investitionen in KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen in ausgewählten Ländern, 2013-2023 (Summe)

Land	KI-Unternehmen ¹ , Anzahl	KI-Unternehmen ¹ , Länderrang	Eingegangene Investitionen, Anzahl	Eingegangene Investitionen, geschätzter Gesamtwert in US-\$ Mio	Geschätzter Gesamtwert der eingegangenen Investitionen, Länderrang	Eingegangene Investitionen pro Einwohner ² in US-\$
Österreich	95	26	432	1.144	29	130
Kanada	893	4	4.684	33.183	5	895
Deutschland	788	6	3.487	16.287	9	197
Niederlande	280	14	863	7.558	15	435
Schweden	204	18	854	14.147	10	1.404

¹ Definition KI-Unternehmen: Die Geschäftsbeschreibung des Unternehmens in Crunchbase entspricht einer auf regulären Ausdrücken basierenden Abfrage nach KI-Schlüsselwörtern und/oder Crunchbase weist dem Unternehmen ein Branchen-Tag in der Branchengruppe „Künstliche Intelligenz“ zu.

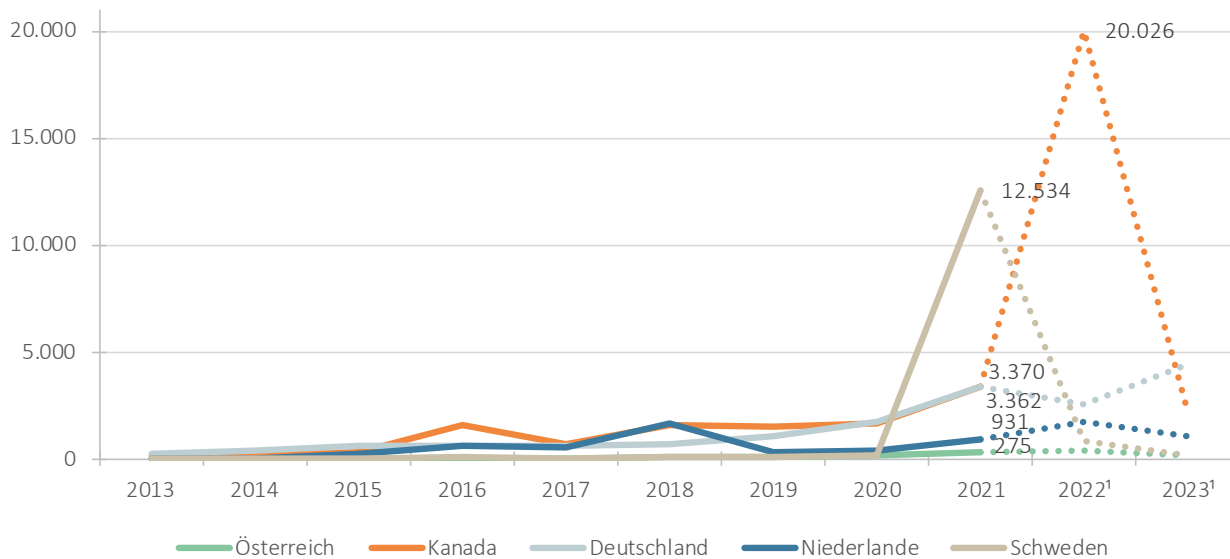
² Investitionen pro Einwohner wurden auf Basis des Bevölkerungsdurchschnitts 2013 bis 2023 berechnet.

Anmerkung: Kapitalinvestitionen in private KI-Unternehmen mit Unternehmenssitz im jeweiligen Land; Daten für 2022 und 2023 sind unvollständig.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, basierend auf Crunchbase, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

Hinsichtlich der Entwicklung der **privaten Investitionen über die Zeit** muss vorausgeschickt werden, dass Investitionen gewissen Schwankungen unterworfen sind und diese nicht regelmäßig erfolgen. Was dennoch festgestellt werden kann, ist, **dass private Investitionen in KI-Unternehmen insbesondere seit 2021 stark zunehmen**. Hier stechen Schweden (2021: US-\$ 12,5 Mrd.) und Kanada (2022: US-\$ 20 Mrd.), aber auch Deutschland (2021: US-\$ 3,4 Mrd.) hervor. Das Ausmaß an privaten Investitionen hat sich jedoch auch in den Niederlanden (2013: US-\$ 9 Mio. vs. 2023: US-\$ 1,7 Mrd.) sowie in Österreich (2013: US-\$ 3 Mio. vs. 2023: US-\$ 370 Mio.) erhöht, wenngleich auch von einem niedrigen Niveau ausgehend.

Abb. 37 | Geschätzter Gesamtwert der eingegangenen Investitionen in KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen in US-\$ Mio. in ausgewählten Ländern, 2013-2023



¹ Daten für 2022 und 2023 sind unvollständig.

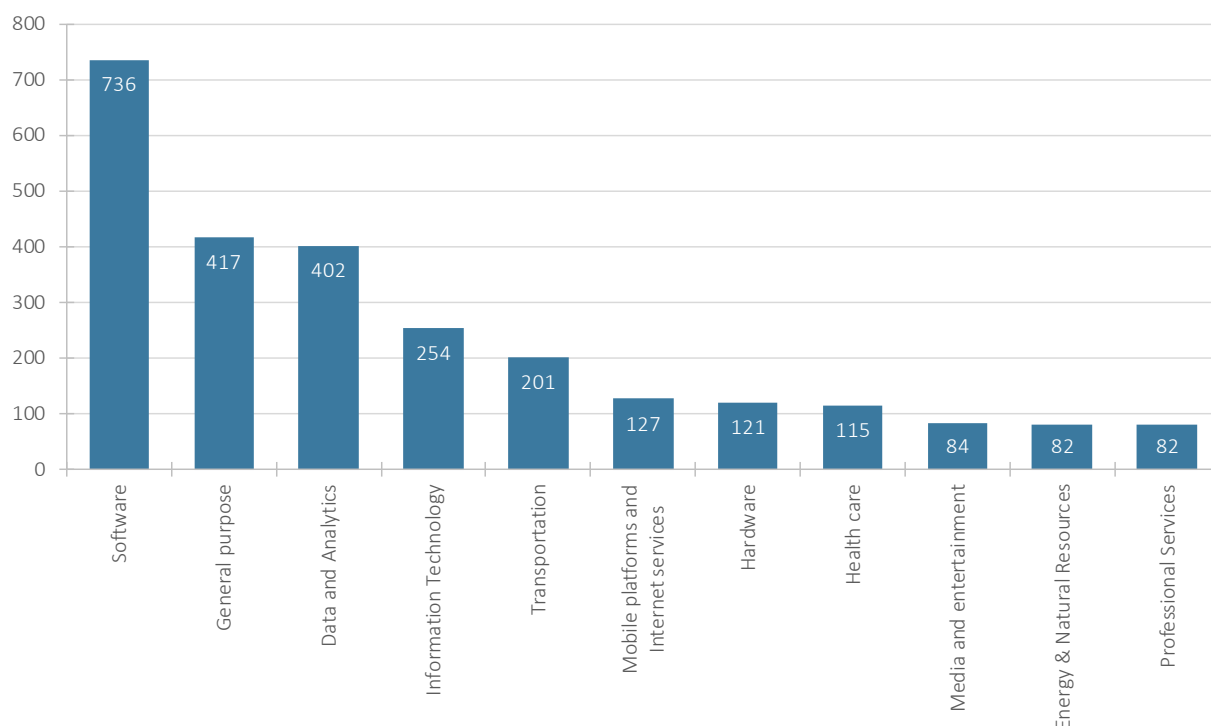
Anmerkung: Definition KI-Unternehmen: Die Geschäftsbeschreibung des Unternehmens in Crunchbase entspricht einer auf regulären Ausdrücken basierenden Abfrage nach KI-Schlüsselwörtern und/oder Crunchbase weist dem Unternehmen ein Branchen-Tag in der Branchengruppe „Künstliche Intelligenz“ zu.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, basierend auf Crunchbase, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

Private Investitionen in österreichische KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen gehen vorrangig in folgende Anwendungsfelder (bzw. Branchen und Branchengruppen): **Software** (US-\$ 736 Mio.), **General purpose** (US-\$ 417 Mio.) sowie **Data and Analytics** (US-\$ 402 Mio.). Weitere wichtige Anwendungsfelder sind **Information Technology** (US-\$ 254 Mio.) sowie **Transportation** (US-\$ 201 Mio.).

Hinsichtlich der **Entwicklung nach Anwendungsfeldern** können – wie bereits oben erwähnt – z. T. starke Steigerungen ausgemacht werden (allerdings sind die zur Verfügung stehenden Daten unvollständig): Dies betrifft insbesondere die genannten Anwendungsfelder Software, General purpose, Data and Analytics sowie Information Technology, zuletzt jedoch auch **bis dato „kleinere“ Anwendungsfelder** wie **Biotechnology** (2021: US-\$ 61 Mio.) und **Natural Language Processing (NLP)** (2021: US-\$ 15 Mio.).

Abb. 38 | Geschätzter Gesamtwert der eingegangenen Investitionen in KI-Startups und andere privat geführte KI-Unternehmen in Österreich nach ausgewählten Anwendungsfeldern, in US-\$ Mio., 2013-2023 (Summe)



Anmerkung: Definition KI-Unternehmen: Die Geschäftsbeschreibung des Unternehmens in Crunchbase entspricht einer auf regulären Ausdrücken basierenden Abfrage nach KI-Schlüsselwörtern und/oder Crunchbase weist dem Unternehmen ein Branchen-Tag in der Branchengruppe „Künstliche Intelligenz“ zu. Kapitalinvestitionen in private KI-Unternehmen mit Unternehmenssitz im jeweiligen Land; CAT weist jedem KI-bezogenen Unternehmen und allen Investitionen in dieses Unternehmen ein oder mehrere Anwendungsfelder zu, die auf den Branchen-Tags und Gruppen des Unternehmens in Crunchbase basieren. Daten für 2021, 2022 und 2023 sind unvollständig; Mehrfachzuordnungen sind möglich.

Quelle: Emerging Technology Observatory, 2024, Country Activity Tracker: Artificial Intelligence, basierend auf Crunchbase, <https://cat.eto.tech>, Stand 14. September 2024

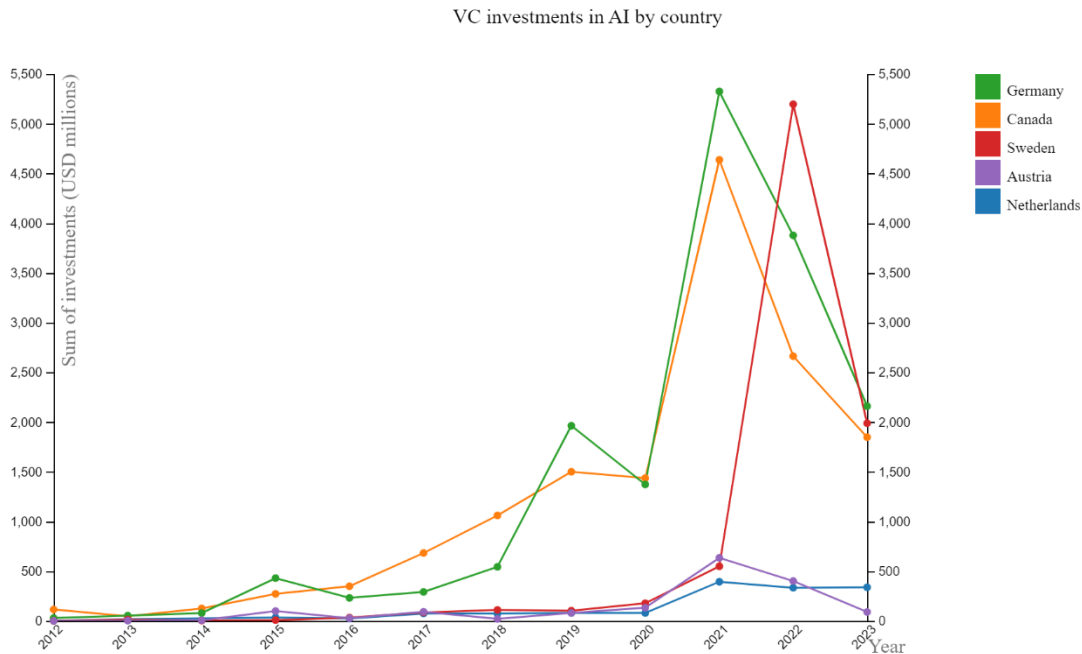
4.3.5.2 | Risiko-/Wagniskapitalinvestitionen (Venture Capital)

Risiko-/Wagniskapitalinvestitionen (Venture Capital) sind ein Teilbereich der privaten Investitionen (Private Equity).⁵⁶ Es handelt hierbei um zeitlich begrenzte Mittelüberlassungen in Form von Eigenkapital an das Spezialsegment der jungen Wachstumsunternehmen.⁵⁷ In Österreich wurden im Jahr 2023 rd. US-\$ 90 Mio. in KI-Startups investiert und damit liegt es hinter ausgewählten Ländern wie Deutschland (US-\$ 2.159 Mio.), Schweden (US-\$ 1.988 Mio.), Kanada (US-\$ 1.847 Mio.) sowie den Niederlanden (US-\$ 338 Mio.). Ein zeitlicher Vergleich zeigt, dass in den Jahren 2020 und 2021 ein vorläufiger Höhepunkt in Venture Capital-Investitionen in KI-Startups zu beobachten war.

⁵⁶ Die Zahlen aus dem Kapitel 4.3.5.1 Private Investitionen sind mit den Zahlen in vorliegendem Kapitel aufgrund unterschiedlicher Datenquellen (Crunchbase, Preqin) und Abschätzungsarten nicht miteinander vergleichbar.

⁵⁷ <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/venture-capital-49706>

Abb. 39 | Venture Capital-Investitionen in KI in ausgewählten Ländern, 2012 bis 2023, in US-\$ Mio.



Source: OECD.AI (2024), visualisations powered by JSI using data from Preqin, accessed on 21/9/2024, www.oecd.ai

Quelle: OECD.AI (2024), basierend auf Preqin, 21. September 2024

Auch bei einem Vergleich der **Venture-Capital-Investitionen bezogen auf die Einwohnerzahl** eines Landes liegt Österreich mit US-\$ 10 pro Kopf hinter den Niederlanden (US-\$ 19 pro Kopf, fast doppelt so viel), Deutschland (US-\$ 26 pro Kopf, mehr als 2,5 Mal so viel) sowie Kanada (US-\$ 47 pro Kopf, fast 5 Mal so viel). Die Pro-Kopf-Investitionen in KI-Venture Capital sind in Schweden mit US-\$ 189 fast 20 Mal so hoch wie in Österreich.

Die **Venture Capital-Investitionsflüsse nach Österreich haben sich im Zeitverlauf diversifiziert**, sowohl was die Herkunftsländer der Investoren anbelangt als auch die Branchen, in die das Risikokapital fließt: Im Jahr 2023 ging ein **Großteil des Risikokapitals in den Bereich IT Infrastructure and Hosting** (v. a. Investoren aus Deutschland, USA, Österreich, Frankreich, Ukraine, Finnland Portugal), **Business Processes and Support Services** (v. a. aus USA, Deutschland, Österreich, Israel, Frankreich, Luxemburg) sowie in **Healthcare, Drugs and Biotechnology** (v. a. aus China, Deutschland und USA).

Ein Blick auf das Jahr 2017 zeigt, dass die Risikokapitalflüsse damals größtenteils in den Bereich IT Infrastructure and Hosting gingen und sich hier vor allem Investoren aus den USA dafür verantwortlich zeichneten.

Abb. 40 | Venture Capital-Investitionsflüsse in KI (vom Land des Investors in die Branche und in das Land des Startups), 2023, Summe der Investitionen

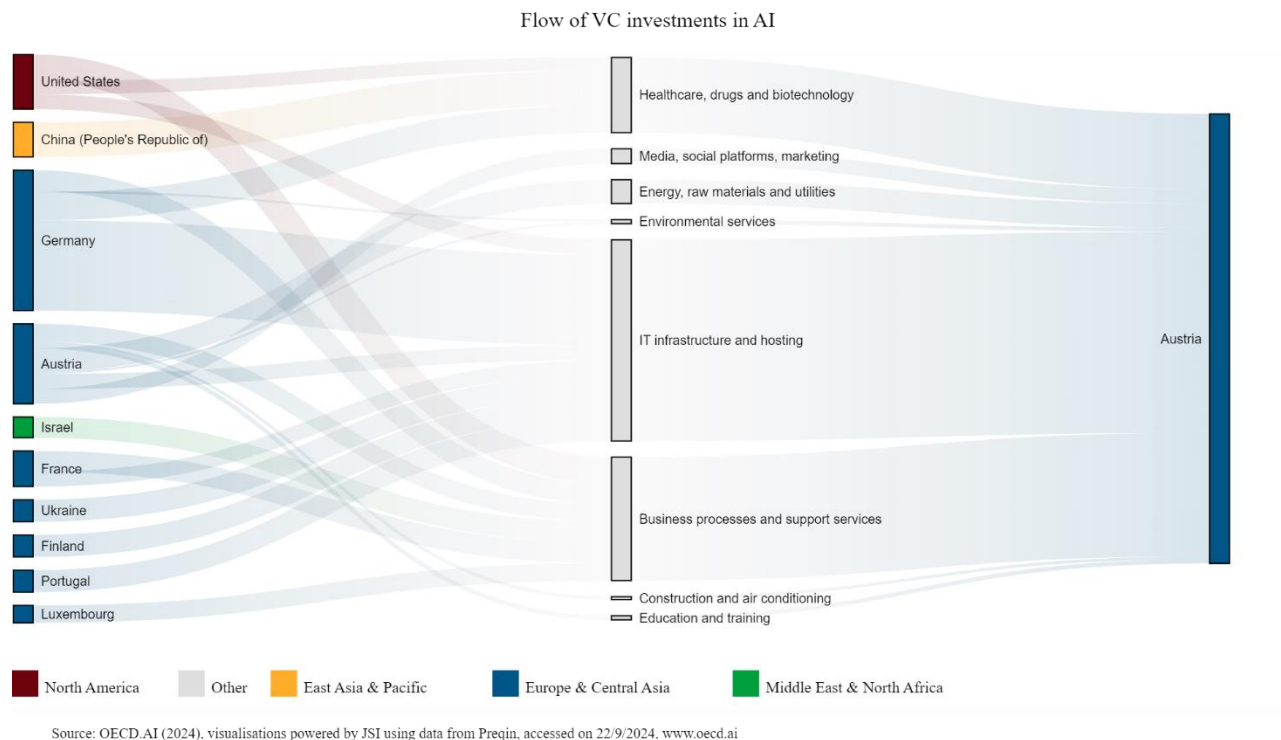
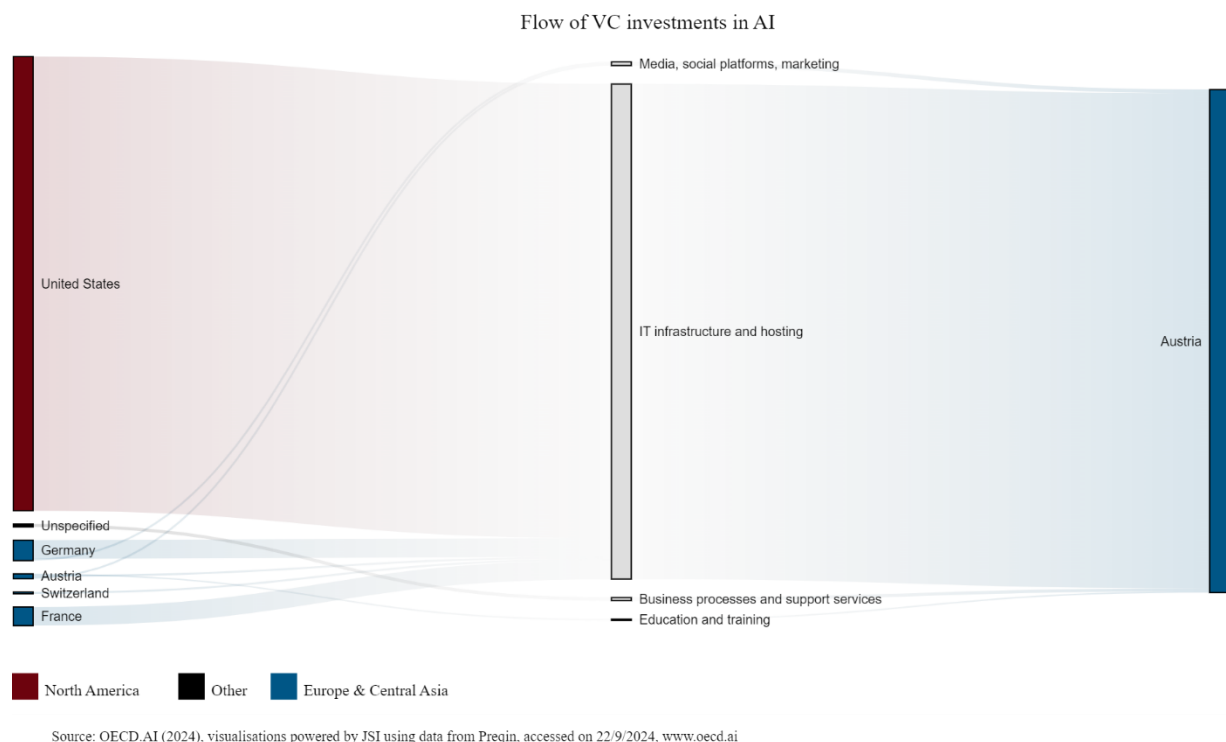


Abb. 41 | Venture Capital-Investitionsflüsse in KI (vom Land des Investors in die Branche und in das Land des Startups), 2017, Summe der Investitionen



Anmerkung: Die Diagramme veranschaulichen den ungefähren Wert des Investitionsflusses von der Nationalität des Investors zur Branche und zur Nationalität der Startups, d. h. wie viel VC-Investoren aus einem Land in Startups einer Branche pro Land des Startups investieren. Der investierte Betrag wird doppelt gezählt, wenn an einem Investitionsgeschäft Investoren aus zwei verschiedenen Ländern beteiligt sind, da die Preqin-Datenbank bei mehreren Investoren nicht den genauen investierten Betrag pro Investor angibt. Die heruntergeladenen Daten stellen eine Momentaufnahme dar.
Quelle: OECD.AI (2024), basierend auf Preqin, 22. September 2024

4.3.5.3 | Öffentliche Förderungen

In Österreich wurden im Jahr 2024 rd. € 16,6 Mrd. für F&E eingesetzt, was einen bisherigen Höchstwert darstellt. Die Forschungsquote, d. h. der Anteil der F&E-Ausgaben am nominellen Bruttoinlandsprodukt (BIP) beträgt damit rd. 3,34 % (Statistik Austria, F&E-Globalschätzung 2024). Die F&E-Quote ist über die Jahre hinweg deutlich angestiegen, von 1,89 % im Jahr 2000 zu 2,73 % im Jahr 2010, 3,20 % im Jahr 2020 bis hin zu 3,34 im Jahr 2024 (Statistik Austria).

Unternehmen (inkl. Forschungsprämie und Ausland) sind für rd. zwei Drittel der in Österreich durchgeführten Forschung und experimentellen Entwicklung (66,1 %) verantwortlich, gefolgt vom Bund (27,8 %), den Bundesländern (4,2 %) sowie sonstiger Finanzierung (1,9 %) (Statistik Austria, F&E-Globalschätzung 2024).

Die wichtigste Säule für die Finanzierung von Grund- und angewandter Forschung durch öffentliche Mittel ist die FTI Strategie 2030 (Forschung, Technologie, Innovation). Die Ziele und Handlungsfelder dieser Strategie werden durch FTI-Pakte operationalisiert sowie strategische, forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte definiert. Die FTI-Pakte sind im Forschungsfinanzierungsgesetz eingebettet und werden im Drei-Jahres-Abstand beschlossen. Künstliche Intelligenz ist eine wichtige Schlüsseltechnologie, die daher innerhalb der FTI Strategie und Pakte durch verschiedene Maßnahmen unterstützt wird. Derzeit wird der FTI-Pakt 2024-2026 umgesetzt. Innerhalb dieses Finanzierungsrahmens werden Maßnahmen umgesetzt, bei denen u. a. auch KI gefördert wird, wie etwa Digitale und Schlüsseltechnologien, AI Technologien und Ökosysteme, Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien, FFG Basisprogramme, aws Seed/Preseed etc.

Eine Abfrage des österreichischen Transparenzportals⁵⁸, das einen Überblick über die Förderlandschaft bietet, sowie der Website der FFG⁵⁹ zeigt, dass spezifisch für den KI-Bereich folgende Förderungen für **Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Österreich** zur Verfügung stehen⁶⁰:

Förderinitiative Artificial Intelligence Mission Austria (AIM AT): Budget € 12 Mio., gültig von 01.12.2022 bis zur Ausschöpfung des Volumens (lt. Transparenzportal⁶¹) bzw. € 22 Mio. für die Jahre 2022 und 2023 (lt. FFG-Website⁶²), mit folgenden Modulen:

- „AI Grundlagenforschung“, Fördergeber: FWF (Österreichischer Wissenschaftsfonds)
- „Anwendungsorientierte AI Forschung“, Fördergeber: FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft)
- „AI Unternehmen & Wachstum“, Fördergeber: aws (Austria Wirtschaftsservice)
 - AI-Start: Green
 - AI Adoption und AI-Adoption: Green
 - AI Wissen und Humankapital

Darüber hinaus stehen weitere, nicht alleine auf KI spezialisierte Förderprogramme zur Verfügung, wie etwa:

⁵⁸ <https://transparenzportal.gv.at/tdb/tp/startpage>; Suche nach „Artificial Intelligence“ bzw. „Künstliche Intelligenz“, Abfragedatum 17. September 2024

⁵⁹ <https://www.ffg.at/aim>, Abfragedatum 26. September 2024

⁶⁰ Hinweis: Diese Daten sind unvollständig und sowohl die abgefragten Datenbanken als auch die Erfassung aller Förderungen zum Thema KI sind aufgrund der Komplexität der unterschiedlichen Fördergeber und -abwickler national/regional nicht möglich und stellen maximal eine Aufzählung einzelner Maßnahmen in einem bestimmten Zeitraum dar.

⁶¹ Lt. Transparenzportal: € 12 Mio., gültig von 01.12.2022 bis zur Ausschöpfung des Volumens, Abfragedatum 26. September 2024

⁶² Lt. FFG-Website: Insgesamt wurden vom Fonds Zukunft Österreich € 22 Mio. für die Jahre 2022 und 2023 genehmigt, Abfragedatum 26. September 2024

- Grundlagenforschung: **Digitale und Schlüsseltechnologien**: € 198 Mio., Fördergeber: FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft), gültig von 01.01.2024 bis 31.12.2026
- Angewandte Forschung: **Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien**: € 92 Mio., Fördergeber: FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft), gültig von 01.01.2024 bis 31.12.2026
- **FFG Basisprogramme**, rd. € 150 Mio. pro Jahr, Fördergeber: FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft)
- **aws Seed/Preseed**, rd. € 10 Mio. pro Jahr, aws Austria Wirtschaftsservice

In diesen (themenoffenen) öffentlichen Förderprogrammen wird KI als Schlüsseltechnologie als ein Thema von vielen betrachtet, was einen Vergleich der Förderungen mit anderen Ländern erschwert.

Die KI-Strategie **Deutschlands**⁶³ wurde bereits 2018 verabschiedet und sieht für die Jahre 2019 bis 2025 € 5 Mrd. an Förderungen für KI vor (Aufstockung von ursprünglich € 3 Mrd.), sowie die Einrichtung von mindestens 100 zusätzlichen KI-Professuren und eine Stärkung der Lehre und Nachwuchsförderung im Bereich KI.

Kanada wiederum, das als erstes Land der Welt eine nationale KI-Strategie eingeführt hat, hat seit dem Jahr 2017 über CAD-\$ 2 Mrd. (rd. € 1,3 Mrd.) investiert, um KI sowie digitale Forschung und Innovation zu unterstützen. Im Jahr 2024 wurde ein Budget von weiteren CAD-\$ 2,4 Mrd. (rd. € 1,6 Mrd.) an öffentlichen Förderungen für KI verabschiedet.⁶⁴

4.3.6 | KI-Infrastruktur und Nutzung/Verwertung von Daten

Zusammenfassung

Leistungsfähigkeit der KI-Systeme: Österreich verfügt über zwei Supercomputer, was 0,4 % der 500 leistungsfähigsten Supercomputer weltweit entspricht. Der aufsummierten Rmax-Wert beträgt rd. 5.000 TFlop/s, was 0,1 % des globalen Performanceanteils entspricht. Österreich liegt somit weit abgeschlagen auf dem 32. Länderrang.

Hochgeschwindigkeitsnetzwerke: 67,6 % der österreichischen Haushalte haben im Jahr 2024 einen festen Breitbandnetzanschluss mit sehr hoher Kapazität (VHCN - Fixed Very High Capacity Network). Mit diesem Anteil liegt Österreich an 24. Stelle unter allen EU-Mitgliedern und somit beträchtlich unter dem EU-Durchschnitt von 78,8 %.

Investitionen in Hard- und Software: Österreich investierte 2022 rd. € 5,3 Mrd in Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik und liegt bei den Ausgaben auf Rang 8 innerhalb der EU-27 hinter Länder wie Deutschland, Niederlande und Schweden. Österreich investierte im Jahr 2022 rd. € 13 Mrd in Software und Datenbanken (Rang 7 innerhalb der EU-27). Die Investitionen Österreichs in Software und Datenbanken sind zwischen 2017 und 2021 um rd. die Hälfte gestiegen, was deutlich über dem EU-Schnitt von +23,8 % liegt.

Nutzung und Verwertung von Daten (Data Analytics, Big Data): Der Anteil der Unternehmen in Österreich, die Data Analytics nutzen, liegt mit 23,9 % deutlich unter dem EU-Durchschnitt von 33,2 % und auch weit hinter Ländern wie die Niederlande (48,6 %), Deutschland (37,1 %) sowie Schweden (35,0 %). Österreich hat hier Aufholbedarf.

⁶³ <https://www.ki-strategie-deutschland.de/>

⁶⁴ <https://www.pm.gc.ca/en/news/news-releases/2024/04/07/securing-canadas-ai>, Abfragedatum 2. September 2024

Analysierte Faktoren

Tab. 19 | KI-Infrastruktur

Faktor	Indikator	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Leistungsfähigkeit der KI-Systeme	Anzahl an Supercomputern Leistungsfähigkeit von Supercomputern	quantitativ	https://www.top500.org
Hochgeschwindigkeits-netzwerke	Abdeckung mit festen Breitbandnetzen mit sehr hoher Kapazität (Fixed Very High Capacity Network (VHCN))	quantitativ	Eurostat: DESI Dashboard for the digital decade
Investitionen in Hard- und Software	Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik Software und Datenbanken	quantitativ	Eurostat: National accounts
Nutzung und Verwertung von Daten	Unternehmen, die Big Data nutzen Unternehmen, die Datenanalysen durchführen (data analytics)	quantitativ	Eurostat: DESI Dashboard for the digital decade

Quelle: KMU Forschung Austria

4.3.6.1 | Leistungsfähigkeit der KI-Systeme

Eine Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit von KI-Systemen abzuschätzen, stellt die Existenz und Performance von Supercomputern in den jeweiligen Ländern dar. Daten dazu liefert Top500⁶⁵, eine Liste der 500 schnellsten Supercomputer und ihrer Kenndaten. Die Liste wird nach dem Rmax-Wert⁶⁶ des jeweiligen Computers sortiert und ergibt somit ein Ranking der leistungsfähigsten Maschinen zur Lösung linearer Gleichungssysteme. Den jeweiligen Computerbetreibern steht es frei, am Ranking teilzunehmen, weshalb einige leistungsmäßig vergleichbare Supercomputer daher nicht in der Liste zu finden sind.

⁶⁵ <https://top500.org/>, Abfragedatum 13. September 2024

⁶⁶ Rmax: Wert für die Spitzenleistung einer Rechenmaschine bei der Verarbeitung von Gleitkommazahlen. Der Rmax-Wert wird mittels einer Testsoftware (Benchmarking-Software, in diesem Fall LINMARK) im realen Betrieb einer Rechenanlage gemessen.

Tab. 20 | Anzahl und Leistung der 500 weltweit schnellsten Supercomputer, Top 10 sowie ausgewählte weitere Länder, 2024

Land	Performance: Summe von Rmax ¹ [TFlop/s] ²	Anteil von Rmax in %	Länderrang (nach Rmax)	Anzahl Supercomputer	Anteil an allen Supercomputern in %
USA	4.408.382	53,7	1	171	34,2
Japan	672.086	8,2	2	29	5,8
Finnland	391.388	4,8	3	3	0,6
China	356.860	4,3	4	80	16,0
Italien	332.618	4,0	5	11	2,2
Schweiz	312.137	3,8	6	5	1,0
Deutschland	274.903	3,3	7	40	8,0
Frankreich	232.748	2,8	8	24	4,8
Spanien	221.873	2,7	9	3	0,6
Südkorea	186.445	2,3	10	13	2,6
Niederlande	84.724	1,0	13	9	1,8
Schweden	50.091	0,6	19	7	1,4
Kanada	41.208	0,5	20	10	2,0
Österreich	5.038	0,1	32	2	0,4
Übrige Länder	642.835	7,8	-	93	18,6
Gesamt	8.213.337	100,0	-	500	100,0

¹ Rmax: Wert für die Spitzenleistung einer Rechenmaschine bei der Verarbeitung von Gleitkommazahlen; dieser wird mit einer Testsoftware (Benchmarking-Software, in diesem Fall LINMARK) im realen Betrieb einer Rechenanlage gemessen.

² TFlop/s: Tera Floating Point Operations Per Second, Maß für die Leistungsfähigkeit von Computern, Anzahl der Gleitkommazahl-Operationen (Additionen oder Multiplikationen) pro Sekunde

Quelle: TOP500.org, 13. September 2024

Österreich verfügt über zwei Supercomputer, die vom Vienna Scientific Cluster (VSC) betrieben werden. Der VSC ist eine Kollaboration verschiedener österreichischer Universitäten (TU Wien, Universität Wien, BOKU, Universität Innsbruck, TU Graz, Uni Graz, JKU Linz) im Bereich High Performance Computing. Der VSC stellt seine Nutzern Supercomputer-Ressourcen und technischen Support zur Verfügung.

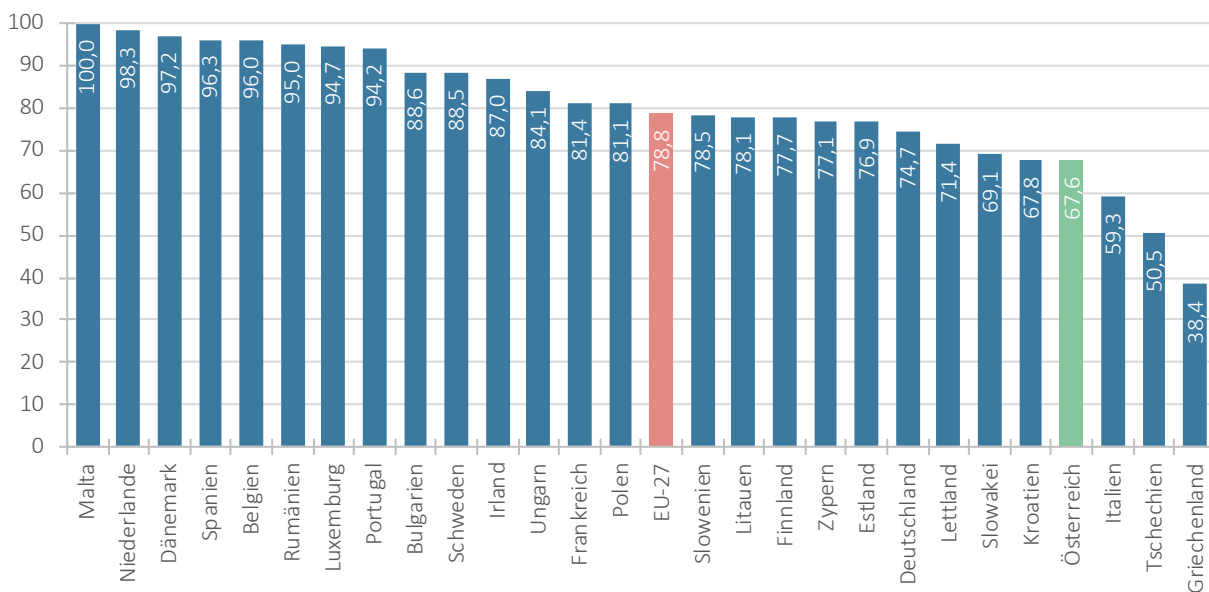
Hinsichtlich der **Leistungsfähigkeit** reiht sich Österreich mit rd. 5.000 TFlop/s (aufsummierter Rmax-Wert der Supercomputer eines Landes) und somit **0,1 % am globalen Performanceanteil** relativ weit hinten auf den **32. Platz** ein. Zum Vergleich: Der Spitzenreiter USA hat mit 171 Supercomputern einen Leistungsanteil von 53,7 %, Deutschland verfügt über 40 Supercomputer und einem Leistungsanteil von 3,3 %. Auch die Niederlande, Schweden und Kanada liegen mit Abstand vor Österreich.

4.3.6.2 | Hochgeschwindigkeitsnetzwerke

67,6 % der österreichischen Haushalte haben einen festen Breitbandnetzanschluss mit sehr hoher Kapazität⁶⁷ (VHCN - Fixed Very High Capacity Network). Mit diesem Anteil liegt Österreich an 24. Stelle unter allen EU-Mitgliedern und somit beträchtlich unter dem EU-Durchschnitt von 78,8 %. Länder wie Niederlande (98,3 %) und Schweden (88,5 %) liegen weit über dem EU-Durchschnitt, während Deutschland mit 74,7 % sich unter dem EU-Schnitt einreicht, jedoch deutlich vor Österreich.

Ein Vergleich mit 2018 zeigt zwar deutliche Fortschritte in der Abdeckung, jedoch haben in diesem Zeitraum auch mehrere Länder (Deutschland, Irland) Österreich überholt.

Abb. 42 | Haushalte mit einem festen Breitbandnetzanschluss mit sehr hoher Kapazität (VHCN¹), Anteil der Haushalte in %, 2024



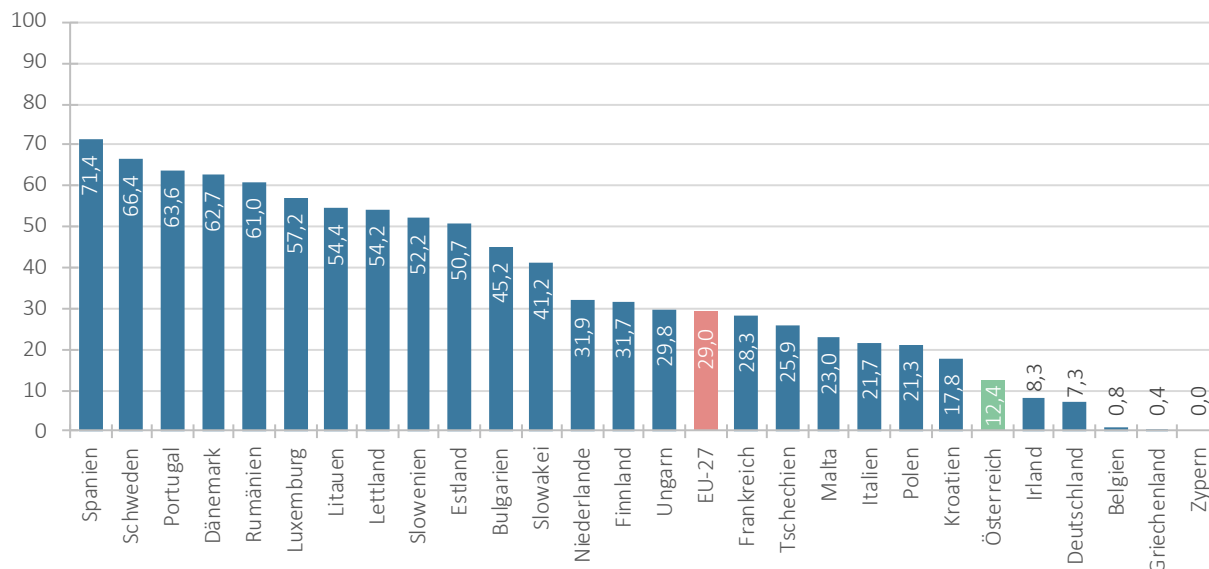
¹ VHCN: Fixed Very High Capacity Network

Anmerkung: Prozentsatz der Haushalte, die von einem festen VHCN abgedeckt werden. Die berücksichtigten Technologien sind FTTH und FTTB für 2017-2018 und FTTH, FTTB und Kabel DOCSIS 3.1 für 2019 und später.

Quelle: Eurostat, DESI dashboard for the Digital Decade (2023 onwards), Fixed Very High Capacity Network (VHCN) coverage

⁶⁷ Unter einem Netz mit sehr hoher Kapazität ist entweder ein elektronisches Kommunikationsnetz zu verstehen, das zumindest bis zum Verteilerpunkt am Standort des Kunden vollständig aus Glasfaserelementen besteht, oder ein elektronisches Kommunikationsnetz, das unter üblichen Spitzenlastbedingungen eine ähnliche Netzleistung in Bezug auf die verfügbare Downlink- und Uplink-Bandbreite, die Ausfallsicherheit, fehlerbezogene Parameter sowie die Latenzzeit und deren Schwankungen erbringen kann. Die Daten bis 2018 beziehen sich nur auf Glasfaser bis zu den Räumlichkeiten (FTTP), während sich die Daten ab 2019 sowohl auf FTTP als auch auf Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS) 3.1 beziehen. DOCSIS ermöglicht die Hinzufügung von Datenübertragungen mit hoher Bandbreite zu bestehenden Kabelfernsehsystemen (Quelle: Eurostat).

Abb. 43 | Haushalte mit einem festen Breitbandnetzanschluss mit sehr hoher Kapazität (VHCN¹), Anteil der Haushalte in %, 2018



¹ VHCN: Fixed Very High Capacity Network

Anmerkung: Prozentsatz der Haushalte, die von einem festen VHCN abgedeckt werden. Die berücksichtigten Technologien sind FTTH und FTTB für 2017-2018 und FTTH, FTTB und Kabel DOCSIS 3.1 für 2019 und später.

Quelle: Eurostat, DESI dashboard for the Digital Decade (2023 onwards), Fixed Very High Capacity Network (VHCN) coverage

4.3.6.3 | Investitionen in Hard- und Software

Im Jahr 2022 investierte Österreich rd. € 5,3 Mrd. in Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik, also Computer-Hardware und Telekommunikationsausrüstungen (Bruttoanlageinvestitionen). Im Jahr 2021 wurden rd. € 4,9 Mrd. investiert, womit sich Österreich zwar hinter Länder wie Deutschland, Niederlande und Schweden einreicht, jedoch **einen vergleichsweise guten Länderrang innerhalb der EU-27 (Rang 8)** einnimmt. Die Investitionen in Hardware haben sich österreichweit zwischen 2017 und 2021 um 9,1 % erhöht, der EU-Schnitt liegt bei +13,9 %. Die prozentuelle Zunahme fällt in Ländern wie der Niederlande (+16,1 %) und Deutschland (+12,1 %) höher aus – auch das Ausgangsniveau der Investitionen ist in diesen Ländern höher.

Im Pro-Kopf-Vergleich liegt Österreich mit Investitionen in Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik mit € 546 pro Einwohner vor Deutschland (€ 297), Niederlande (€ 319) und Schweden (€ 494).

Die Bruttoanlageinvestitionen in Software und Datenbanken sind deutlich höher als jene für Informations- und Kommunikationstechnik. **Österreich investierte im Jahr 2022 rd. € 13 Mrd. in Software und Datenbanken.** Auch bei diesen Investitionen liegt Österreich hinter Deutschland, Niederlande und Schweden, ist aber im EU-Vergleich mit dem 7. Länderrang relativ gut positioniert. **Zwischen 2017 und 2021 hat Österreich die Investitionen in Software und Datenbanken deutlich erhöht (+47,4 %)**, während der EU-Schnitt der Erhöhung bei lediglich 23,8 % liegt.

Im Pro-Kopf-Vergleich sind die Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnik in Österreich (€ 1.310 pro Einwohner) höher als in Deutschland (€ 326), jedoch geringer als in den Niederlanden (€ 1.483) sowie deutlich geringer als in Schweden (€ 2.243).

Tab. 21 | Bruttoanlageinvestitionen in Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik¹ sowie in Software und Datenbanken, ausgewählte Länder, in € Mio

Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik ¹	2022	2021	Länderrang (EU-27) 2021	VÄ 2017-21 in %	Investitionen in € pro Einwohner 2021
Österreich	5.301,8	4.878,1	8	9,1	546
Deutschland	26.270,0	24.851,0	1	12,1	297
Niederlande	6.099,0	5.635,0	6	16,1	319
Schweden	n/a	5.127,8	7	8,3	494
EU-27	n/a	103.805,3	-	13,9	

Software und Datenbanken	2022	2021	Länderrang (EU-27) 2021	VÄ 2017-21 in %	Investitionen in € pro Einwohner 2021
Österreich	12.962,0	11.709,7	7	47,4	1.310
Deutschland	28.186,0	27.228,0	3	9,5	326
Niederlande	28.429,0	26.203,0	4	11,4	1.483
Schweden	n/a	23.280,3	5	33,7	2.243
EU-27	n/a	263.070,5	-	23,7	

¹ Summe von Computer-Hardware und Telekommunikationsausrüstungen

VÄ... Veränderung; n/a...keine Daten verfügbar

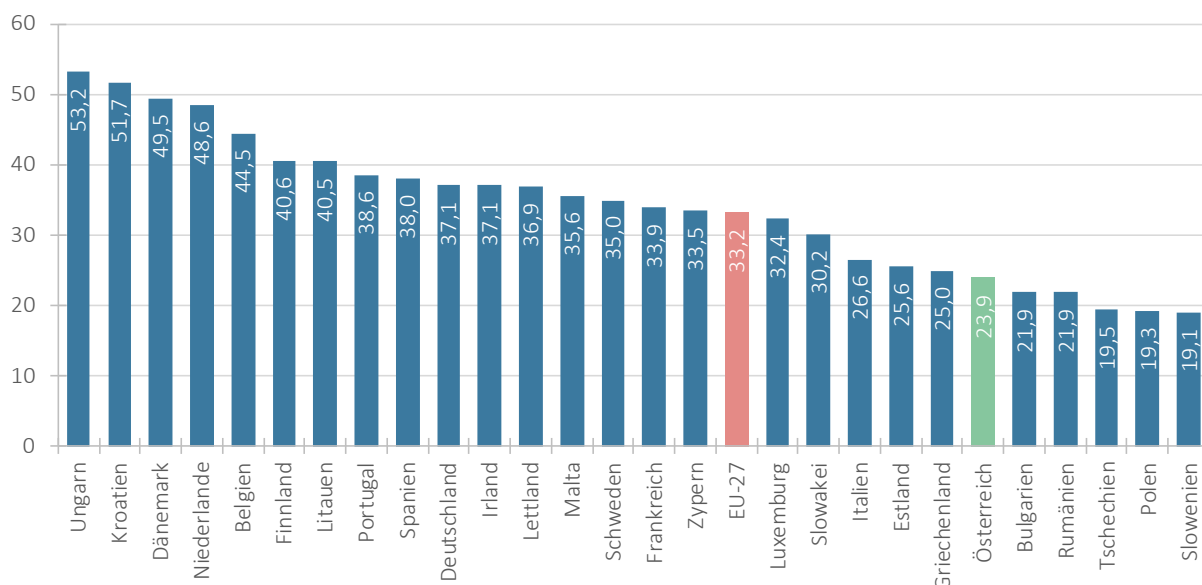
Anmerkung: 2022, 2021: jeweilige Preise; die Veränderung 2017-2021 wird anhand verketteter Volumen (2015) berechnet, d. h. es wird die reale Veränderung der Investitionen ohne Preissteigerungen dargestellt

Quelle: Eurostat, National accounts, 2015-2022 [nama_10_nfa_fl], Stand September 2024

4.3.6.4 | Nutzung und Verwertung von Daten (Data Analytics, Big Data)

Im Bereich **Data Analytics**, also Technologien, Techniken oder Softwaretools zur Analyse von Daten, um Muster, Trends und Erkenntnisse zu extrahieren, um Schlussfolgerungen, Vorhersagen und bessere Entscheidungen mit dem Ziel der Leistungsverbesserung zu treffen (z. B. Produktionssteigerung, Kostensenkung), hat **Österreich starken Aufholbedarf**. Der Anteil an Unternehmen, in denen Datenanalysen für das Unternehmen von eigenen Beschäftigten oder von einem externen Dienstleister durchgeführt werden, **liegt mit 23,9 % deutlich unter dem EU-Durchschnitt von 33,2 %** und auch weit hinter Ländern wie die Niederlande (48,6 %), Deutschland (37,1 %) sowie Schweden (35,0 %).

Abb. 44 | Unternehmen, in denen Datenanalysen für das Unternehmen von eigenen Beschäftigten oder von einem externen Dienstleister durchgeführt werden (Data Analytics), 2023, Anteil der Unternehmen in %

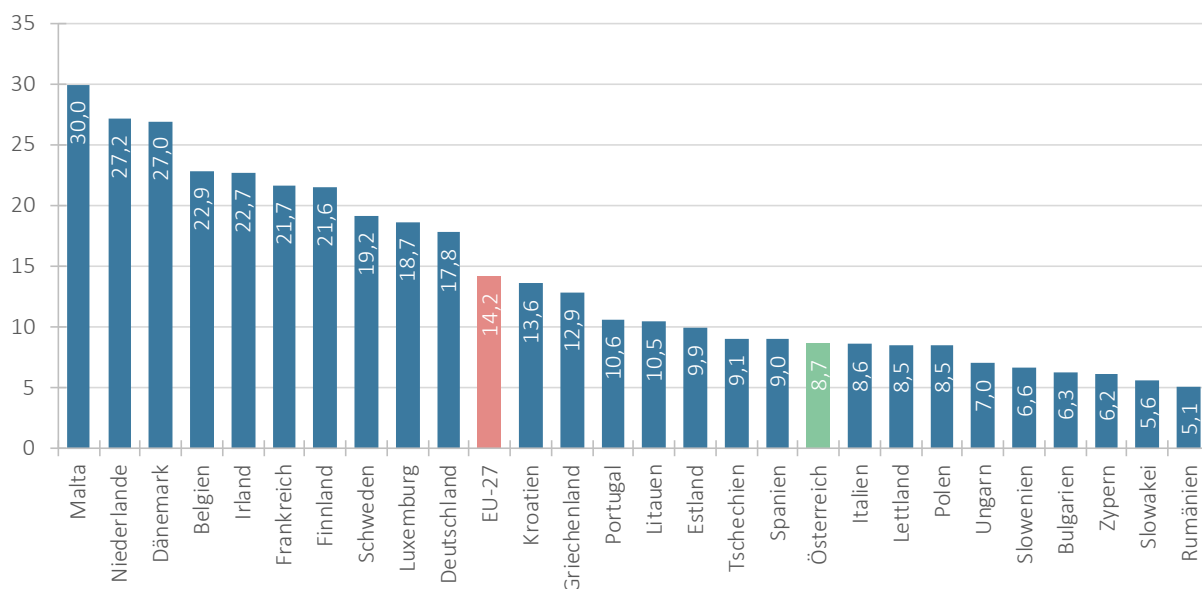


Anmerkung: Unternehmen, die Datenanalysen durchführen (intern oder extern). Datenanalyse bezieht sich auf die Verwendung von Technologien, Techniken oder Softwaretools zur Analyse von Daten, um Muster, Trends und Erkenntnisse zu extrahieren, um Schlussfolgerungen, Vorhersagen und bessere Entscheidungen mit dem Ziel der Leistungsverbesserung (z. B. Produktionssteigerung, Kostensenkung) zu treffen. Daten können aus eigenen Unternehmensdatenquellen oder aus externen Quellen (z. B. Lieferanten, Kunden, Regierung) extrahiert werden. Vor 2023 hieß dieser Indikator „Big Data“.

Quelle: Eurostat, 2024, DESI Dashboard for the digital decade; table isoc_eb_das: Data analytics

Auch bei Betrachtung des Vorgängerindikators „Big Data“, also **Unternehmen, die Big Data aus beliebigen Datenquellen analysieren**, lag **Österreich im Jahr 2020 weit unter dem EU-Durchschnitt**. Lediglich 8,7 % der Unternehmen gaben an, Big Data-Analysen durchzuführen (EU-Schnitt: 14,2 %), während etwa der Anteil in den Niederlanden (27,2 %), Schweden (19,2 %) und Deutschland (17,8 %) weitaus höher war.

Abb. 45 | Unternehmen, die Big Data aus beliebigen Datenquellen analysieren, 2020, Anteil der Unternehmen in %



Anmerkung: Dieser Indikator wurde im Rahmen der Befragung IKT in Unternehmen in den Jahren 2016, 2018 und 2020 erhoben.

Quelle: Eurostat, 2024, DESI Dashboard for the digital decade; European Union survey on ICT usage and eCommerce in Enterprises (E_BDA)

4.3.7 | Kontextfaktoren

Zusammenfassung

Gesetze und Richtlinien: Österreich hat zwischen 2016 und 2023 insgesamt 6 KI-bezogene Gesetze verabschiedet. 2024 ist der AI Act der EU in Kraft getreten. Spitzenreiter ist die USA mit 23 Gesetzen zu KI im Zeitraum zwischen 2016 und 2023.

Nationale KI-Strategie: Österreich hat im Jahr 2021 als 23. von 27 EU-Staaten relativ spät eine nationale KI-Strategie veröffentlicht.

Digitalisierungsintensität von Unternehmen: 5,5 % der Unternehmen in Österreich haben eine sehr hohe digitale Intensität. Österreich liegt im EU-Vergleich an 10. Stelle und über dem EU-Durchschnitt von 5,0 %. Spitzenreiter ist Finnland mit 13,0 %, auch die Niederlande (11,0 %), Schweden (7,9 %) und Deutschland (5,6 %) liegen vor Österreich.

Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien: Die überwiegende Mehrheit aller Unternehmen in Österreich mit 10 und mehr Beschäftigten (88,1 %) nutzen keine KI-Technologien. Der Anteil ist gegenüber dem Jahr 2021 (90,1 %) leicht gesunken. Die meisten dieser Unternehmen ziehen eine KI-Nutzung (noch) nicht in Betracht. Zu den häufigsten Gründen einer Ablehnung der Nutzung von KI-Technologien zählen fehlendes internes Fachwissen, rechtliche Unklarheiten sowie die Inkompatibilität mit bestehenden Geräten sowie aktueller Software oder Systemen.

Technologiefreundliche Gesellschaft: Im europäischen Vergleich liegt Österreich bei den digitalen Grundkenntnissen an 8. Stelle. Rd. 65 % der Bevölkerung verfügen zumindest über digitale Grundkenntnisse. Österreich liegt damit deutlich über dem EU-Durchschnitt von 56 %. Österreich hat trotz seiner guten Position das Ziel des digitalen Jahrzehnts der EU noch nicht erreicht, wonach mindestens 80 % der europäischen Bevölkerung bis 2030 zumindest über Grundkenntnisse verfügen sollen.

Vertrauen der Bevölkerung in KI-Technologien: 15,4 % sehen KI primär als Chance, 58,7 % äußern gemischte Gefühle, 18,2 % sind überwiegend besorgt und glauben, dass die Risiken den Nutzen von KI übersteigen. 7,7 % haben keine ausgeprägte Meinung oder Kenntnis über KI. Der größte positive Einfluss von KI wird in den Bereichen Bildung, Medizin, sowie im Finanzsektor erwartet. Die größten Bedenken bestehen hinsichtlich Cyberkriminalität, unkontrollierbare KI-Systeme, Datenschutz und Privatsphäre sowie negativen Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt. Tendenziell ist die österreichische Bevölkerung skeptischer als im EU-Schnitt.

Analysierte Faktoren

Tab. 22 | Kontextfaktoren

Faktor	Indikator	quantitativ oder qualitativ	Datenquelle
Gesetze und Richtlinien	Anzahl an Gesetzen und Richtlinien mit KI-Bezug	qualitativ	AI Index Report (2024)
Nationale KI-Strategie	Existenz sowie Jahr des Erscheinens	qualitativ	AI Index Report (2024)
Digitalisierungsintensität von Unternehmen	Unternehmen mit sehr hoher digitaler Intensität	quantitativ	Eurostat: Digital Intensity Index (DII) (Index Version 3)
Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien	Anteil Unternehmen, die KI nicht nutzen Begründung der Nicht-Nutzung	quantitativ	Eurostat, Statistik Austria: IKT Einsatz im Unternehmen
Technologiefreundliche Gesellschaft	Niveau an digitalen Fähigkeiten	quantitativ	Eurostat: Digital Skills Indicator (DSI 2.0)
Vertrauen der Bevölkerung in KI-Technologien	Akzeptanz von KI in der Gesellschaft	quantitativ	Studie Kuratorium für Verkehrssicherheit 2023 Eurobarometer 2021

Quelle: KMU Forschung Austria

4.3.7.1 | Gesetze und Richtlinien

In den vergangenen Jahren wurden von politischen Entscheidungsträgern weltweit konkrete Maßnahmen hinsichtlich des Einsatzes von künstlicher Intelligenz (KI) getroffen. Dies betrifft etwa Auflagen für KI-Anwendungen, Anwendungsbereiche, KI-Systeme oder die Strafverfolgung. Die zunehmend verbreitete Verabschiedung von gesetzlichen Regelungen spiegelt das wachsende Bewusstsein der politischen Entscheidungsträger für die Notwendigkeit wider, KI zu regulieren, als auch aus dem transformativen Potenzial von KI Kapital zu generieren (vgl. AI Index Report 2024, S. 368ff). Ein Beispiel dafür ist der **AI Act der EU**^{68 69} (KI-Verordnung), **der Mitte des Jahres 2024 veröffentlicht** und in Kraft getreten ist und der auch die Nutzung von KI in Österreich regelt.

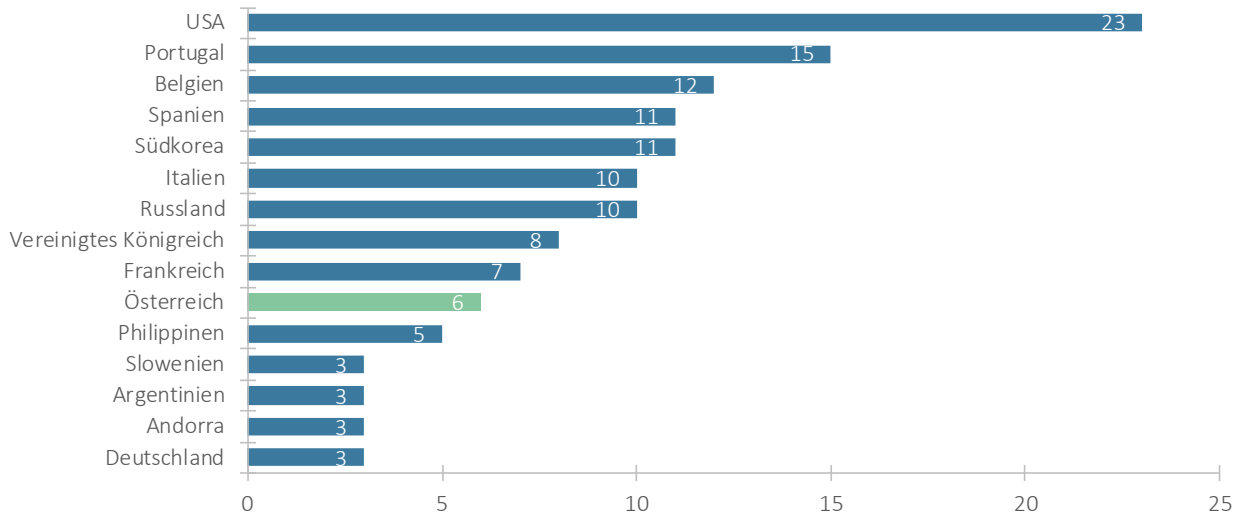
Global gesehen hat die USA zwischen 2016 und 2023 mit in Summe 23 Gesetzen die meisten KI-bezogenen Gesetze verabschiedet. Danach folgt Portugal mit 15 Gesetzen, auch in Belgien, Spanien und

⁶⁸ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>, Abfragedatum 27. September 2024

⁶⁹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401689, Abfragedatum 27. September 2024

Südkorea sind mehr als zehn Gesetze zum Thema KI in Kraft getreten. **Österreich** folgt mit **sechs KI-bezogenen Gesetzen**⁷⁰ auf Rang 10.

Abb. 46 | Anzahl der in Kraft getretenen KI-bezogenen Gesetze¹ in ausgewählten Ländern², 2016-2023 (Summe)



¹ Nennung des Begriffs „artificial intelligence“ (in der jeweiligen Landessprache) in Gesetzen von 128 Ländern in den Jahren 2016 bis 2023; davon haben 32 Länder mindestens ein KI-bezogenes Gesetz erlassen. Insgesamt haben die Länder 148 KI-bezogene Gesetze verabschiedet.

² Der AI Act der EU ist in der Liste nicht inkludiert.

Quelle: AI Index Report (2024), S. 378

4.3.7.2 | Nationale KI-Strategie

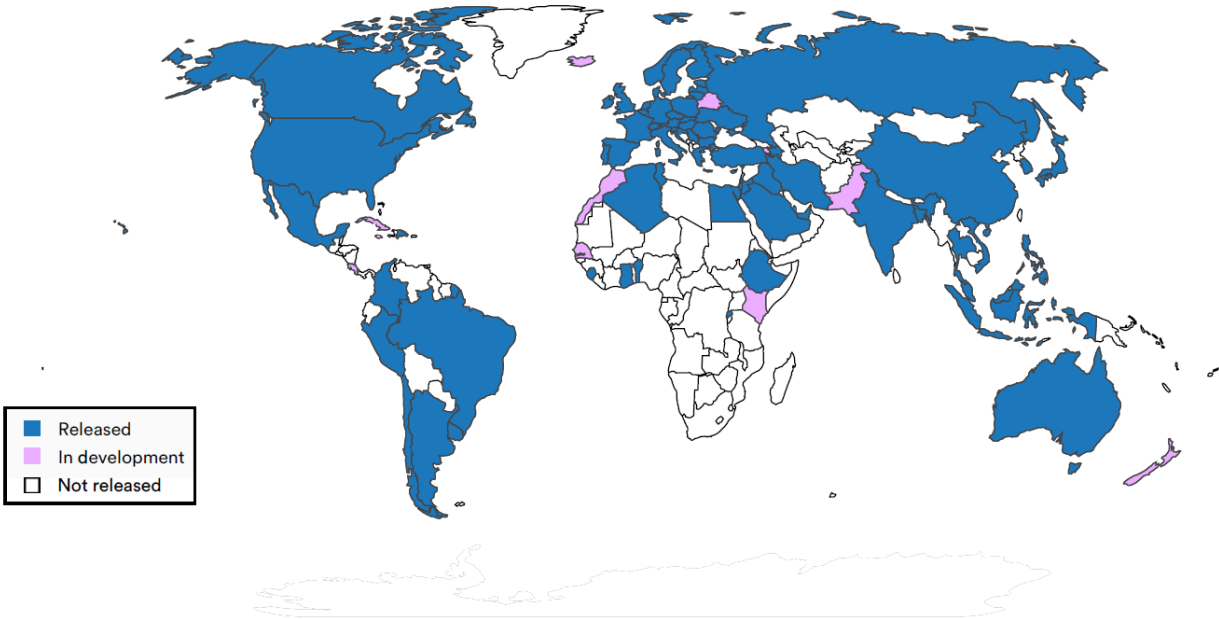
In den vergangenen Jahren haben viele Regierungen nationale KI-Strategien veröffentlicht, also politische Pläne zur Entwicklung und zum Einsatz von KI in den jeweiligen Ländern. Seit 2022 verfügen alle EU-Staaten über eine nationale KI-Strategie. Österreich hat im Jahr 2021 seine KI-Strategie namens „AIM AT 2030 - Artificial Intelligence Mission Austria 2030“⁷¹ veröffentlicht. Damit **war Österreich 2021 der 23. von 27 EU-Staaten mit einer nationalen KI-Strategie** und hat somit **relativ „spät“ eine KI-Strategie veröffentlicht**. Die Existenz einer nationalen KI-Strategie sagt noch nichts über die Qualität des Inhalts sowie das Vorhandensein von verbindlichen Zielvorgaben oder Budgets aus, sondern liefert lediglich einen Hinweis darauf, ob das Thema KI im jeweiligen Land angekommen und eine Priorität geworden ist.

⁷⁰ Hierbei handelt es sich vorrangig um die jährlichen Bundesfinanzgesetze, in denen Maßnahmen zum Thema KI genannt werden, wie etwa die Schaffung von Rahmenbedingungen für den Einsatz von KI, Verankerung des Themas KI im schulischen Bereich (Lehrpläne) oder Initiativen zum Umgang mit Problemen, die durch KI für Menschenrechte, Rechtsstaatlichkeit, Demokratie und im Rüstungsbereich entstehen. Auch im Investitionskontrollgesetz 2020, wo es um die Kontrolle von ausländischen Direktinvestitionen geht, wird KI in Bereichen, in denen es zu einer Gefährdung der Sicherheit oder öffentlichen Ordnung kommen kann, unter den kritischen Technologien und Gütern mit doppeltem Verwendungszweck (zivil, militärisch) erwähnt.

⁷¹ <https://www.ki-strategie.at/>, Abfragedatum 27. September 2024

Abb. 47 | Länder mit einer nationalen KI-Strategie, 2023

Countries with a national strategy on AI, 2023
Source: AI Index, 2024 | Chart: 2024 AI Index report



Quelle: AI Index Report (2024), S. 391

Tab. 23 | Jahr der Veröffentlichung der nationalen KI-Strategie, 2023

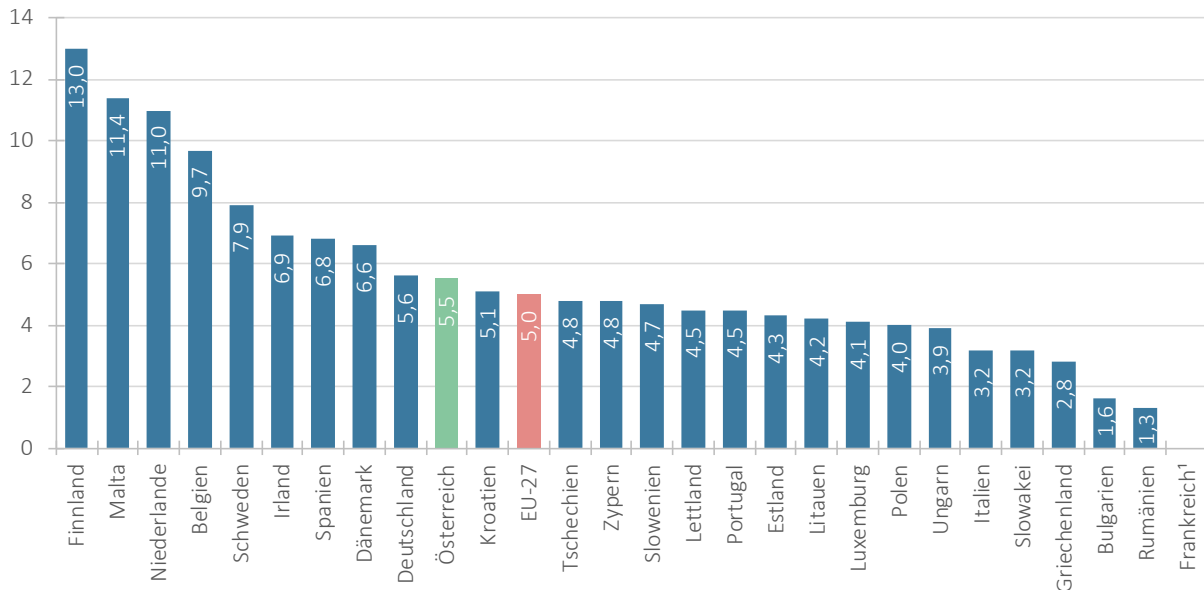
Jahr	Land
2017	Kanada, China, Finnland
2018	Frankreich, Deutschland , Indien, Mauritius, Mexiko, Schweden
2019	Argentinien, Bangladesch, Chile, Kolumbien, Zypern, Tschechien, Dänemark , Ägypten, Estland , Japan, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Portugal , Katar, Rumänien , Russland, Sierra Leone, Singapur, Slowakei , Vereinigte Arabische Emirate, USA, Uruguay
2020	Algerien, Bulgarien, Kroatien, Griechenland, Ungarn , Indonesien, Lettland , Norwegen, Polen , Saudi-Arabien, Serbien, Südkorea, Spanien , Schweiz
2021	Australien, Österreich , Brasilien, Hong Kong, Irland , Malaysia, Peru, Philippinen, Slowenien , Tunesien, Türkei, Ukraine, Vereinigtes Königreich, Vietnam
2022	Belgien , Ghana, Iran, Italien , Jordanien, Thailand
2023	Aserbaidshan, Bahrain, Benin, Dominikanische Republik, Äthiopien, Irak, Israel, Ruanda

Anmerkung: Stand 2023: 75 Länder, in weiteren 14 Ländern liegen Entwürfe vor (u. a. Island, Neuseeland, Barbados, Pakistan); EU-Mitgliedsstaaten sind **fett** dargestellt
Quelle: AI Index Report (2024), S. 392

4.3.7.3 | Digitalisierungsintensität der Unternehmen

Ein Gradmesser für die Digitalisierung der österreichischen Wirtschaft ist die Digitalisierungsintensität von Unternehmen. Diese ergibt sich aus 12 verschiedenen unternehmensbezogenen Variablen in den Bereichen digitale Infrastruktur, digitale Transformation und digitale Skills. **5,5 % der Unternehmen in Österreich haben eine sehr hohe digitale Intensität. Österreich liegt im EU-Vergleich an 10. Stelle und über dem EU-Durchschnitt von 5,0 %.** Spitzenreiter ist Finnland mit 13,0 %, auch die Niederlande (11,0 %), Schweden (7,9 %) und Deutschland (5,6 %) liegen vor Österreich.

Abb. 48 | Unternehmen mit sehr hoher digitaler Intensität im EU-Vergleich, 2023, Anteil der Unternehmen in %



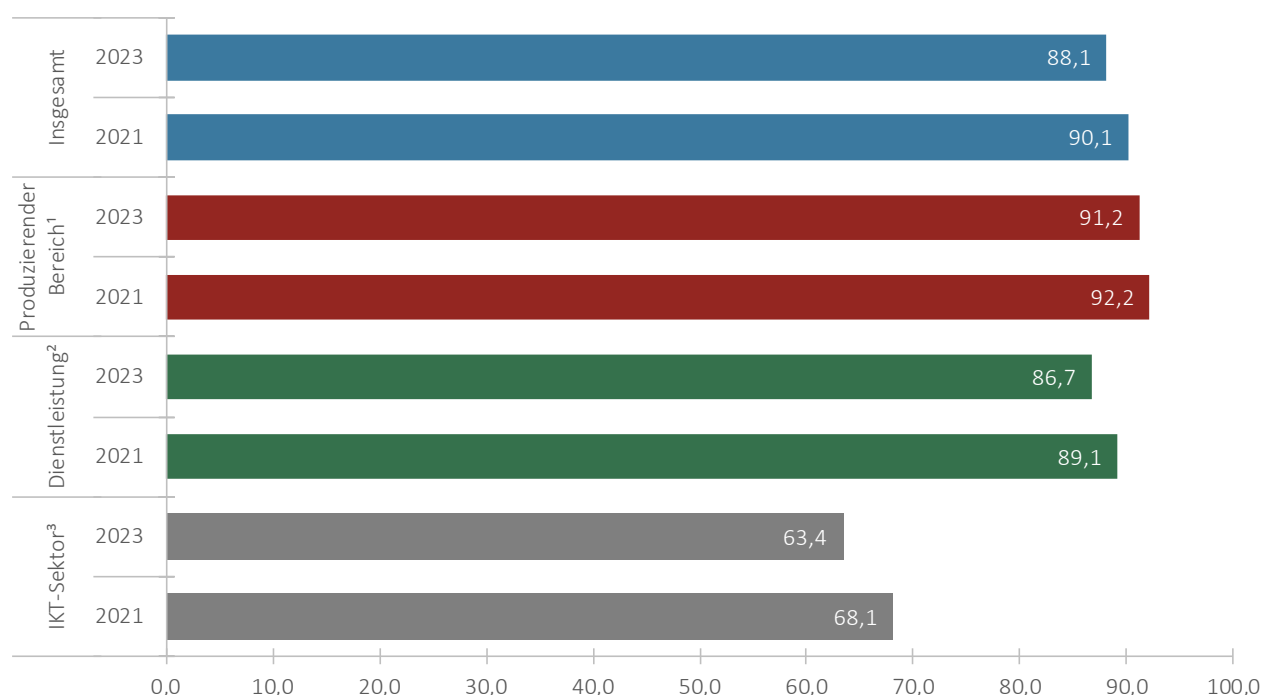
¹ Unplausible Daten für Frankreich

Anmerkung: Index Version 3; Der Indikator wird auf der Grundlage von 12 Variablen berechnet, wobei jede der Variablen mit 1 Punkt bewertet wird. Der Digital Intensity Index (DII) unterscheidet vier Stufen der digitalen Intensität für jedes Unternehmen: - Unternehmen hat eine sehr niedrige DII: Anzahl der Unternehmen mit Punkten zwischen 0 und 3; - Unternehmen mit niedrigem DII: Anzahl der Unternehmen mit einer Punktzahl zwischen 4 und 6; - Unternehmen mit hoher DII: Anzahl der Unternehmen mit einer Punktzahl zwischen 7 und 9; - Unternehmen mit sehr hohem DII: Anzahl der Unternehmen mit einer Punktzahl zwischen 10 und 12. Die Zusammensetzung der DII variiert von Erhebungsjahr zu Erhebungsjahr, je nach den in der Erhebung enthaltenen Fragen. Genauere Infos: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/isoc_e_dii_esmsip2_an_1.pdf
Quelle: Eurostat, DESI dashboard for the Digital Decade (2023 onwards), Digitale Intensität, isoc_e_diiin2; Stand 22. September 2024

4.3.7.4 | Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien

Trotz Existenz einer nationalen KI-Strategie nutzen im Jahr 2023 **88,1 % aller Unternehmen in Österreich mit 10 und mehr Beschäftigten (rd. 37.900) keine KI-Technologien**, d. h. Technologien, die intelligentes Verhalten nachahmen und einen Grad an Eigenständigkeit aufweisen, um bestimmte Aufgaben zu erledigen (Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen⁷², 2023). Der Anteil ist gegenüber dem Jahr 2021, als noch 90,1 % der Unternehmen keine KI-Technologien nutzten, leicht gesunken. Am stärksten ist der Anteil im IKT-Sektor zurückgegangen (von 68,1 % auf 63,4 %), gefolgt vom Dienstleistungsbereich (von 89,1 % auf 86,7 %).

Abb. 49 | Unternehmen ohne Nutzung von Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz, 2023 und 2021, Anteil der Unternehmen in %



¹ Herstellung von Waren (10–33); Energieversorgung; Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen (35–39); Bau (41–43)

² Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (45–47); Verkehr und Lagerei (49–53); Beherbergung und Gastronomie (55, 56); Information und Kommunikation (58–63); Grundstücks- und Wohnungswesen; Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen (68–75); Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen; Reparatur von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationsgeräten (77–82, 95.1)

³ Nur die Wirtschaftszweige (ÖNACE 2008) 26.1–26.4, 26.8, 46.5, 58.2, 61, 62, 63.1 und 95.1.

Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten; Mehrfachantworten möglich

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021, A 31

Im **EU-Vergleich** ist der **Anteil der Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien** in Österreich (88,1 %) **etwas geringer als im EU-Durchschnitt** (90,1 %). In den Vergleichsländern Deutschland (85,0 %) und den Niederlanden (86,6 %) ist der Anteil noch geringer, während er in Schweden (89,3 %) etwas höher ausfällt.

⁷² Die repräsentative Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen der Statistik Austria deckt alle österreichischen Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten ab.

Im **IKT-Sektor** ist der Anteil der Unternehmen, die keine KI-Technologien nutzen, in Österreich (63,4 %) im Vergleich zum EU-Schnitt (70,1 %) und in Ländern wie Schweden (66,6 %) und der Niederlande (66,5 %) vergleichsweise gering.

Tab. 24 | Unternehmen ohne Nutzung von Technologien basierend auf Künstlicher Intelligenz im EU-Vergleich und in ausgewählten Ländern, 2023, Anteil der Unternehmen in %

	Österreich	EU-27	Deutschland	Niederlande	Schweden
Produzierender Bereich	91,2	92,8	89,6	90,9	94,8
Dienstleistung	86,7	88,6	82,6	85,1	86,6
IKT-Sektor ¹	63,4	70,1	61,6	66,5	66,6
Insgesamt	88,1	90,1	85,0	86,6	89,3

1 Nur die Wirtschaftszweige (ÖNACE 2008) 26.1–26.4, 26.8, 46.5, 58.2, 61, 62, 63.1 und 95.1.

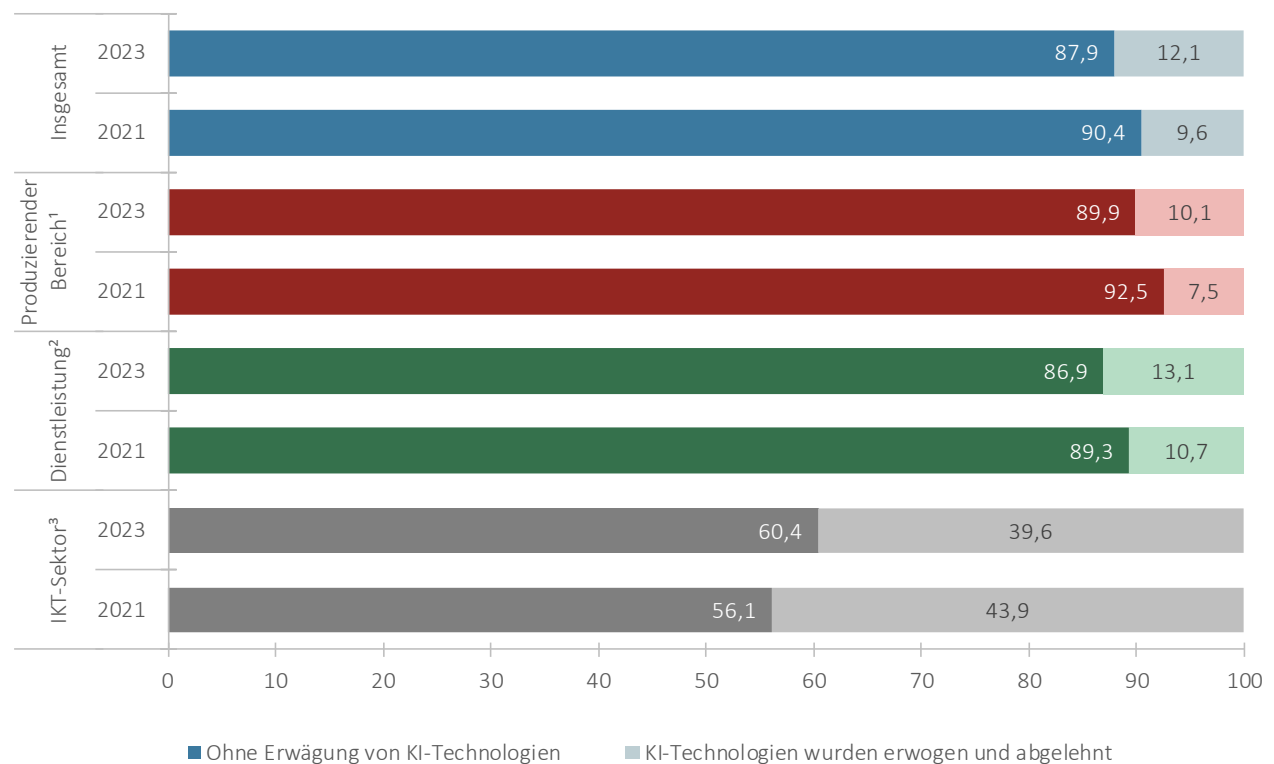
Anmerkung: Unternehmen mit 10 und mehr Beschäftigten

Quelle: Eurostat, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 [isoc_eb_ain2]

In der Gruppe der **Unternehmen, die keine KI-Technologien nutzen, hat die überwiegende Mehrheit (87,9 %) die Nutzung von KI-Technologien (noch) gar nicht erwogen**. Lediglich 12,1 % haben hinsichtlich der Nutzung von KI-Technologien Überlegungen getroffen, diese schlussendlich jedoch abgelehnt.

Im produzierenden Bereich ist der Anteil unter den Unternehmen ohne KI-Nutzung, die einen Einsatz von KI gar nicht erwägen, mit knapp 90 % überdurchschnittlich hoch, während er im Dienstleistungsbereich mit rd. 87 % etwas geringer ist. Im IKT-Sektor – wo der Anteil der Unternehmen ohne KI-Nutzung deutlich geringer ist als in der Gesamtwirtschaft (siehe oben) – haben „nur“ rd. 60 % KI-Technologien nicht in Erwägung gezogen und die übrigen 40 % haben KI-Technologien zumindest erwogen und dann abgelehnt.

Abb. 50 | Erwägung von KI-Technologien von Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien, 2023 und 2021, Anteil der Unternehmen in %



¹ Herstellung von Waren (10–33); Energieversorgung; Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen (35–39); Bau (41–43)

² Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (45–47); Verkehr und Lagerei (49–53); Beherbergung und Gastronomie (55, 56); Information und Kommunikation (58–63); Grundstücks- und Wohnungswesen; Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen (68–75); Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen; Reparatur von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationsgeräten (77–82, 95.1)

³ Nur die Wirtschaftszweige (ÖNACE 2008) 26.1–26.4, 26.8, 46.5, 58.2, 61, 62, 63.1 und 95.1.

Anmerkung: Unternehmen ohne Nutzung von KI-Technologien mit 10 und mehr Beschäftigten; Mehrfachantworten möglich

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021

Zu den **häufigsten Gründen einer Ablehnung** der Nutzung von KI-Technologien zählen **fehlendes internes Fachwissen, rechtliche Unklarheiten sowie die Inkompatibilität mit bestehenden Geräten** sowie aktueller **Software oder Systemen**. Insbesondere rechtliche Unklarheiten und Datenschutzbedenken wurden 2023 von den Unternehmen häufiger genannt als 2021. Weitere Gründe wie zu hohe Kosten, fehlender Nutzen sowie ethische Bedenken spielen hingegen eine geringere Rolle.

Abb. 51 | Gründe der Ablehnung von Nutzung von KI-Technologien, 2023 und 2021

2023			2021	
Rang	Grund		Rang	Grund
1	fehlendes internes Fachwissen	↔	1	fehlendes internes Fachwissen
2	rechtliche Unklarheiten	↑	2	zu hohe Kosten
3	Inkompatibilität ¹	↔	3	Inkompatibilität ¹
4	Datenvoraussetzungen ²	↔	4	Datenvoraussetzungen ²
5	Datenschutzbedenken	↑	5	rechtliche Unklarheiten
6	zu hohe Kosten	↓	6	fehlenden Nutzen
7	fehlender Nutzen	↓	7	Datenschutzbedenken
8	ethische Bedenken	↔	8	ethische Bedenken

¹ Inkompatibilität mit bestehenden Geräten sowie aktueller Software oder Systemen

² Schwierigkeiten bei der Verfügbarkeit oder Qualität notwendiger Daten

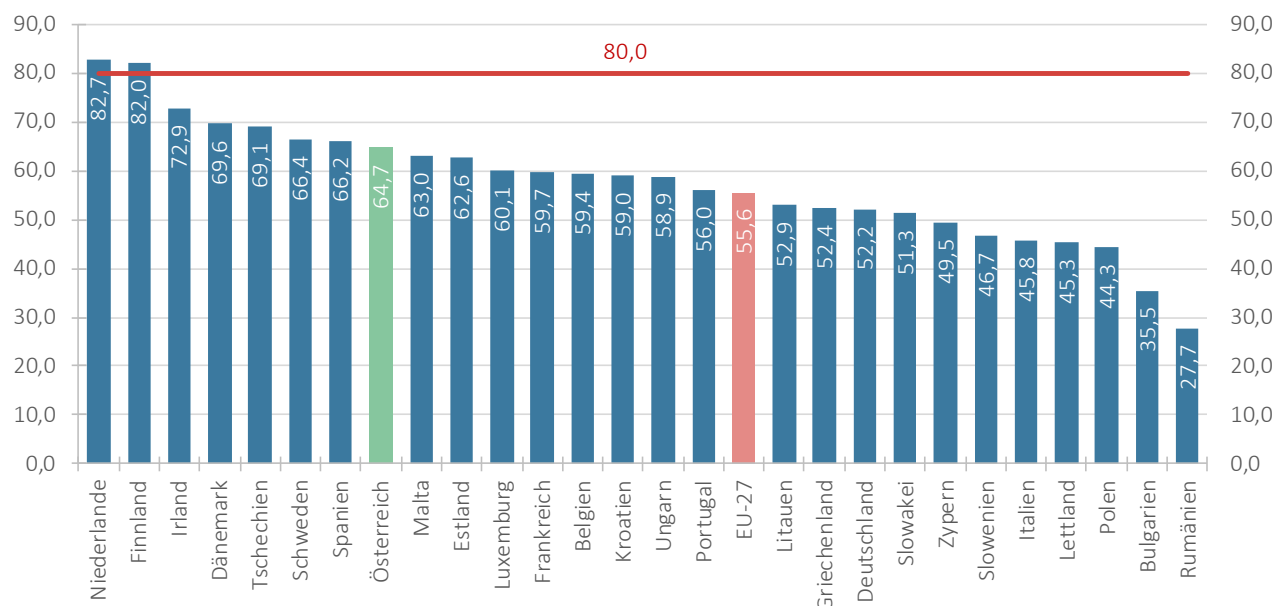
Anmerkung: Von einer Darstellung der Gründe der Ablehnung nach prozentuellen Anteilen der Unternehmen wurde aus Vergleichbarkeitsgründen abgesehen.

Quelle: Statistik Austria, Erhebung über den IKT-Einsatz in Unternehmen 2023 und 2021, A 32

4.3.7.5 | Technologiefreundliche Gesellschaft

Im europäischen Vergleich liegt Österreich bei den digitalen Grundkenntnissen an 8. Stelle. Rd. 65 % der Bevölkerung verfügen zumindest über digitale Grundkenntnisse. Österreich liegt damit deutlich über dem EU-Durchschnitt von 56 %. Die Niederlande (82,7 %), Finnland (82 %), Irland (72,9 %), Dänemark (69,6 %) und Tschechien (69,1 %) liegen an der Spitze. Österreich hat trotz seiner guten Position das Ziel des digitalen Jahrzehnts der EU noch nicht erreicht, wonach mindestens 80 % der europäischen Bevölkerung bis 2030 zumindest über Grundkenntnisse verfügen sollen.

Abb. 52 | Niveau der digitalen Fähigkeiten von Einzelpersonen: Grundlegende oder über den Grundkenntnissen liegende digitale Fähigkeiten, 2023, Anteil der Personen in %



Anmerkung: Der Indikator für digitale Kompetenzen 2.0 (Digital Skills Indicator - DSI) ist ein zusammengesetzter Indikator, der auf ausgewählten Aktivitäten im Zusammenhang mit der Internet- oder Softwarenutzung basiert, die Personen im Alter von 16-74 Jahren in fünf spezifischen Bereichen (Informations- und Datenkompetenz; Kommunikation und Zusammenarbeit; Erstellung digitaler Inhalte; Sicherheit; Problemlösung) durchführen. Gezeigt wird hier der Anteil an Personen mit grundlegenden oder über den Grundkenntnissen liegenden digitalen Fähigkeiten (alle fünf Komponentenindikatoren liegen auf Grundniveau oder darüber). Es wird davon ausgegangen, dass Personen, die bestimmte Aktivitäten ausgeführt haben, über die entsprechenden Fähigkeiten verfügen. Daher können die Indikatoren als Näherungswerte für die digitalen Fähigkeiten der Personen betrachtet werden. (Eurostat, Statistik Austria)

Quelle: Eurostat (2024): Europäische Erhebung über den IKT-Einsatz in Haushalten; Individuals' level of digital skills (from 2021 onwards) [isoc_sk_dskl_i21]

4.3.7.6 | Vertrauen der Bevölkerung in KI-Technologien

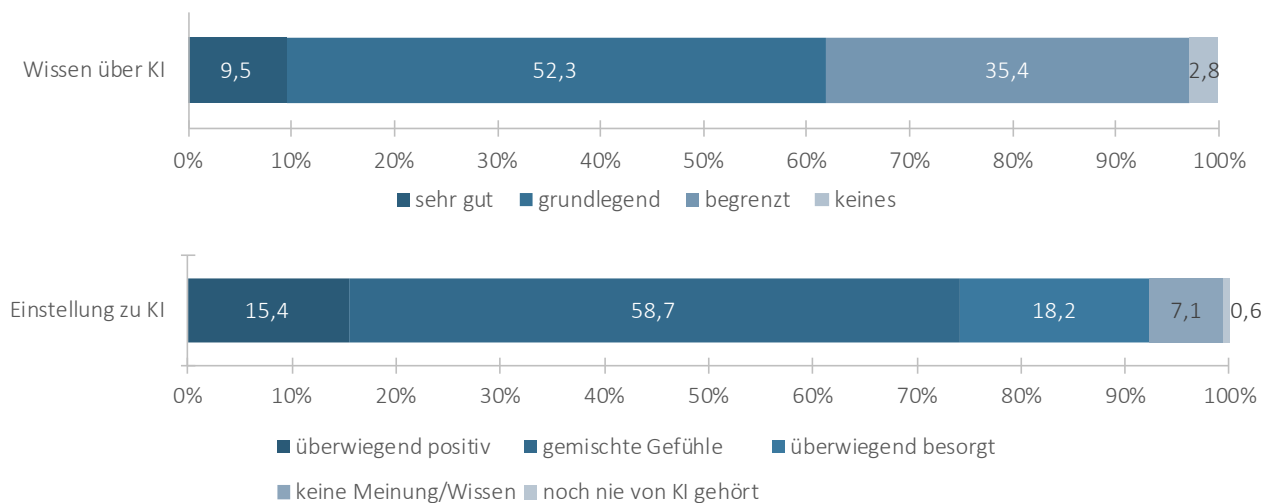
Dieses Thema wird in statistischer Hinsicht (noch) nicht regelmäßig erhoben. Es gibt jedoch mehr oder weniger regelmäßige Untersuchungen zu den Einstellungen der österreichischen und europäischen Bevölkerung zu Wissenschaft, Technologie und KI, die Hinweise auf das Vertrauen in KI-Technologien liefern.

Bei einer Erhebung des Kuratoriums für Verkehrssicherheit von 1.000 Personen in Österreich zum Thema Sicherheit und Akzeptanz von KI & Robotik⁷³ im Jahr 2023 geben 9,5 % der Befragten an, über ein umfassendes **Wissen über Künstliche Intelligenz** zu verfügen. **Mehr als die Hälfte (52,3 %) schätzen, dass sie über Basiswissen verfügen**, während 35,4 % ihr Verständnis als begrenzt einstufen. 2,8 % geben an, überhaupt kein Wissen über KI zu besitzen (KfV, 2023, S. 5).

Zudem wurden die Personen nach ihrer persönlichen **Einstellung zu Künstlicher Intelligenz** befragt. **15,4 % sehen KI primär als Chance** und glauben an ihr Potenzial für positive Veränderungen in der Gesellschaft. Ein **Großteil, nämlich 58,7 %, äußert gemischte Gefühle**: Sie erkennen zwar Vorteile der KI, sind jedoch zugleich besorgt über potenzielle negative Folgen. 18,2 % der Teilnehmer sind überwiegend besorgt und glauben, dass die Risiken den Nutzen von KI übersteigen. Eine kleinere Gruppe von 7,1 % hat keine ausgeprägte Meinung oder Kenntnis über KI, und nur ein sehr geringer Anteil von 0,6 % hat entweder noch nie von KI gehört oder ist unsicher über ihre Bedeutung. (KfV, 2023, S. 6)

⁷³ <https://www.kfv.at/kuenstliche-intelligenz/>, Abfragedatum 27.September 2024

Abb. 53 | Einschätzung des eigenen Wissens / Verständnisses über KI sowie Einstellung zu KI, 2023, Anteil der Personen in %



Quelle: KfV (2023): Wunderwerkzeug oder Risikofaktor? Künstliche Intelligenz im Blick der Öffentlichkeit, S. 5 und 6, veränderte Darstellung

Der **größte positive Einfluss von KI** wird in folgenden Bereichen erwartet: **Bildung**, z. B. personalisierte Lernprogramme (37,9 %), **Medizin**, z. B. KI-gestützte Diagnosen und Behandlungspläne (33,3 %) sowie im **Finanzsektor** inkl. Betrugserkennung und Investmentstrategien (33,1 %) (KfV, 2023, S. 8).

Die **größten Bedenken** bestehen hinsichtlich **Cyberkriminalität**, bei der 47,5 % befürchten, dass verbesserte Hacking-Techniken und KI-gesteuerte Angriffe die Sicherheit gefährden könnten. Fast ebenso viele Befragte (47,4%) sorgen sich über **unkontrollierbare KI-Systeme**, insbesondere über Entscheidungen, die Menschen nicht nachvollziehen können. Der **Datenschutz** und die **Privatsphäre** stehen ebenfalls hoch im Kurs, wobei 40,6 % der Befragten unerwünschte Datensammlung und Überwachung durch KI als bedenklich ansehen. Die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt, wie mögliche **Jobverluste durch Automatisierung**, sind für 27,4 % ein Anlass zur Sorge. **Ethische Bedenken** und die **Möglichkeit voreingenommener Algorithmen** runden die Liste ab, wobei 14,5 % sich darüber Sorgen machen. Nur eine kleine Minderheit von 4,0 % hat keinen der genannten Aspekte als besorgniserregend eingestuft.

Auch der Eurobarometer⁷⁴ befasste sich im Jahr 2021 in einem Spezial-Eurobarometer mit den Kenntnissen und Einstellungen der europäischen Bürgerinnen und Bürger zu Wissenschaft und Technologie.⁷⁵ Unter anderem wurde gefragt, ob **Künstliche Intelligenz positive, negative oder keine Auswirkungen darauf haben wird, wie wir in den nächsten 20 Jahren leben werden**. Dabei sind die befragten **Österreicher*innen deutlich skeptischer als der EU-Schnitt**: 53 % der befragten Österreicher*innen sind der Meinung, dass KI einen positiven Effekt haben wird (EU-27: 61 %), 42 % glauben an einen negativen Effekt (EU-27: 31 %), die übrigen 5 % sehen keinen Effekt oder können es nicht sagen (EU-27: 8 %).

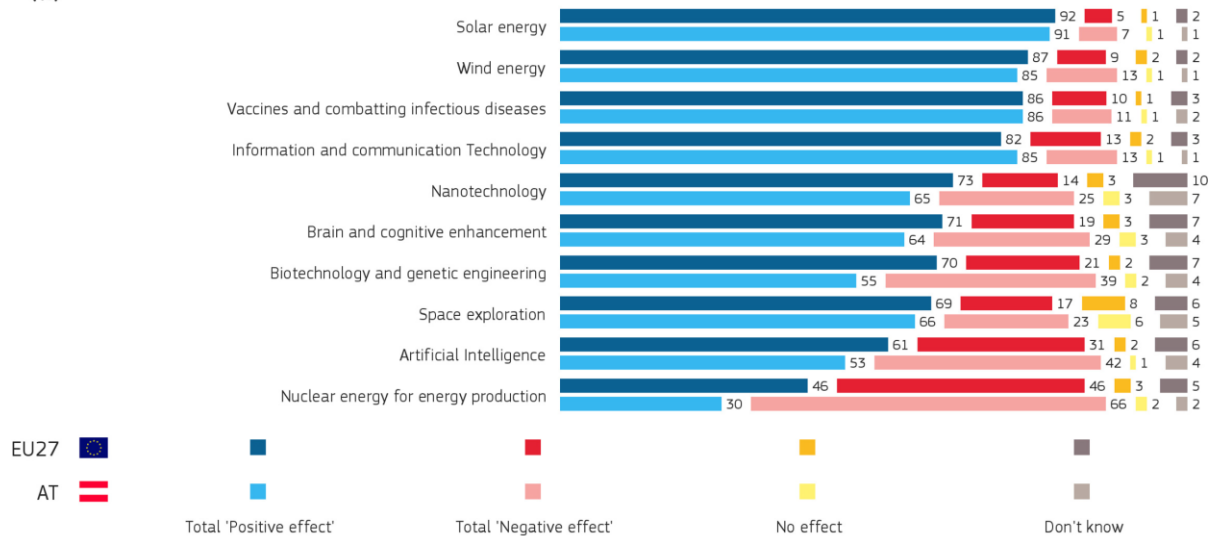
⁷⁴ Eine von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebene und seit den 1970er Jahren bestehende Umfragereihe, die in allen EU-Mitgliedstaaten die Bevölkerung in ihrer Muttersprache zu ihren Einstellungen und Ansichten zu verschiedensten Themen befragt

⁷⁵ Spezial Eurobarometer 516: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2237>, Abfragedatum 10. September 2024

Abb. 54 | Einstellung zu den Effekten von neuen Technologien auf die Lebensweise in den nächsten 20 Jahren, 2021, Anteil der Personen in %

QA8a The following is a list of areas where new technologies are currently being developed. For each of these, do you think it will have a positive, a negative or no effect on our way of life in the next 20 years?

(%)



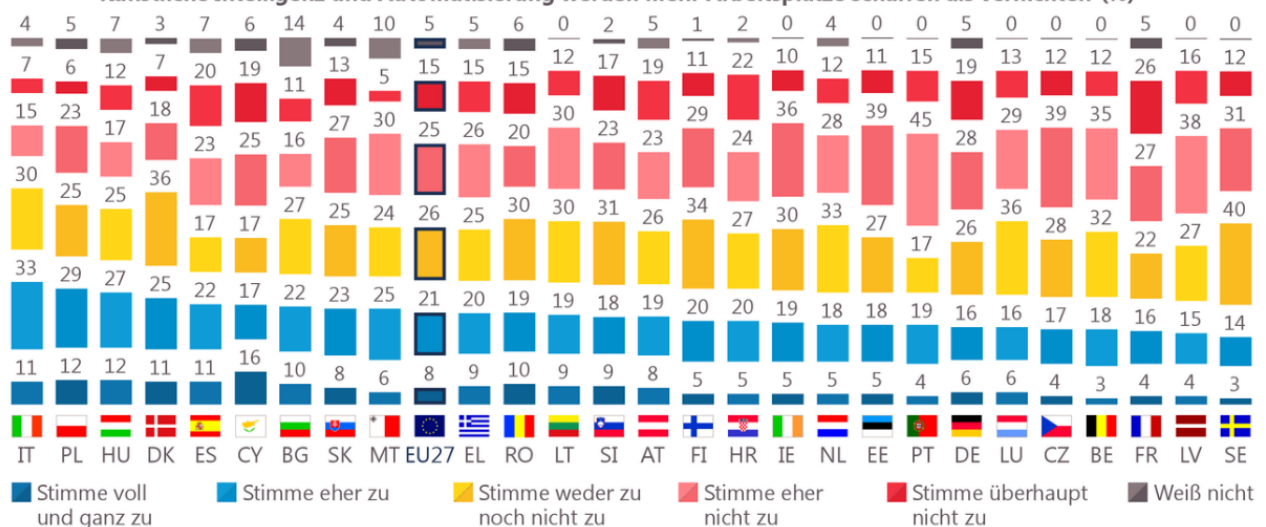
Quelle: Spezial-Eurobarometer 516 (2021), Fact Sheet Austria, S. 1

Bei den **Auswirkungen von KI / Automatisierung auf Arbeitsplätze** weichen die österreichischen Einschätzungen kaum vom EU-Schnitt ab: Insgesamt **stimmen in Österreich 27 %** (voll und ganz / eher) **zu, dass KI und Automatisierung mehr Arbeitsplätze schaffen als vernichten werden**. Ein weiteres Viertel (26 %) bleibt neutral, stimmt also weder zu noch nicht zu. **42 % stimmen dem nicht zu** (eher nicht / überhaupt nicht), d. h., dass dieser Anteil der Meinung ist, dass KI und Automatisierung eher Arbeitsplätze vernichten als schaffen. Österreich ist hierbei geringfügig pessimistischer als der EU-Schnitt.

Abb. 55 | Einstellung zu den Auswirkungen von Künstlicher Intelligenz / Automatisierung auf die Zahl der Arbeitsplätze, 2021, Anteil der Personen in %

QA10.6 Die folgenden Aussagen sind Aussagen, die Personen über Wissenschaft und Technologie gemacht haben. Bitte geben Sie für jede dieser Aussagen an, inwieweit Sie dieser zustimmen oder nicht zustimmen.

Künstliche Intelligenz und Automatisierung werden mehr Arbeitsplätze schaffen als vernichten (%)



Quelle: Spezial-Eurobarometer 516 (2021), S. 142

5 | Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des KI-Ökosystems in Österreich

Aus der Zusammenschau der vorangegangenen Berichtsteile lassen sich folgende Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung heimischen Ökosystems ableiten.

- Das österreichische KI-Ökosystem sollte kein bestehendes Ökosystem direkt und umfassend nachahmen. Vielmehr sollten das Ökosystem **auf bestehende Spezialisierungen aufbauen und diese forcieren**. Die gezielte Förderung vorhandener Stärken ermöglicht einen effizienteren Einsatz knapper Ressourcen. Indem Know-how in etablierten Kompetenzbereichen gebündelt wird, können Synergien genutzt und die internationale Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden. Dies ermöglicht eine internationale Spitzenstellung in den jeweiligen Bereichen, eine Steigerung der globalen Sichtbarkeit und damit eine Erhöhung der Attraktivität des Standortes. Spezialisierungen können sich auf Sektoren (z. B. Health) oder auf Technologien (z. B. Bilderkennung) beziehen. Dennoch gilt es offen für neue Themenfelder zu bleiben und regelmäßig die Potenziale neuer Entwicklungen zu bewerten und gezielt zu fördern, wenn sie strategisch und wirtschaftlich vielversprechend für das Ökosystem sein können.
- Ökosysteme unterliegen einer hohen Dynamik. Der Ausbau des Ökosystems sollte deshalb **unterschiedliche Entwicklungsphasen berücksichtigen**. Zudem sollte ein **fortlaufendes Monitoring der Entwicklung des Ökosystems** und seines Umfeldes anhand von Indikatoren eingerichtet werden, um die Ausrichtung und Maßnahmen aktuellen Gegebenheiten anpassen zu können.
- Das System unterschiedlicher öffentlicher **Förderungen mit Bezug zu KI sollte auf das bestehende Ökosystem abgestimmt sein** und einen expliziten Beitrag zum Aufbau und zur Entwicklung des Ökosystems leisten. Dabei ist u. a. wichtig, dass Förderungen die **Kontinuität der geförderten Vorhaben und Strukturen** im Blick haben, damit diese ein nachhaltiger Teil des Ökosystems werden. Derzeit liegt ein starker Fokus auf der Förderung von Projekten mit hohem Neuheitsgrad, wodurch laufende oder längerfristige Forschungsansätze oft nicht weiter unterstützt werden. Dieses Förderparadigma stellt nicht nur in Österreich, sondern international ein Hindernis für die effiziente Weiterentwicklung und den Erfolg bewährter Forschungsstränge dar. Mehrjährige Förderprogramme mit festen Themenschwerpunkten im Bereich KI könnten dazu beitragen, kontinuierliche Forschung zu fördern und stabile Rahmenbedingungen für Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu schaffen. Ein breiterer Innovationsbegriff in Förderrichtlinien könnte den Zugang zu Fördermitteln erleichtern und die Weiterführung vielversprechender Forschungsprojekte ermöglichen.
- **Hochschulinstitute und Forschungseinrichtungen** sind ein wesentlicher Pfeiler und bereits heute eine Stärke des österreichischen KI-Ökosystems. Neben der Grundlagenforschung zu KI sind vor allem zwei Funktionen dieser Akteursgruppe weiter zu stärken und auszubauen: Erstens muss die **Ausbildung von KI-Fachkräften bzw. Expert*innen** über entsprechende Studiengänge stärker forciert werden. Zweitens muss die Funktion der Hochschulen, **Spin-offs und Startups** (mit Hilfe von Inkubatoren) im Bereich KI zu generieren, gestärkt werden. Es sollten in stärkerem Ausmaß an Universitäten angebundene unternehmerische KI-Milieus entwickelt werden. In diesem Zusammenhang wäre u. a. die Zahl der KI-Professuren in Österreich zu erhöhen.
- Die (stärkere) **Einbindung großer (Tech-)Unternehmen** ist für die Effektivität des KI-Ökosystems wesentlich. Diese können eine Funktion als Technologieentwickler, als Anwender oder für den Wissenstransfer einnehmen. Sie fördern durch ihr Know-how und ihre Ressourcen die Entwicklung innovativer Technologien und bieten Zugang zu globalen Märkten. Ihre Infrastruktur wie Cloud-Dienste oder Datenplattformen unterstützt kleinere Akteure und stärken damit das gesamte Ökosystem und erhöhen durch ihre Präsenz die Attraktivität des Standorts für Talente. Daher gilt es

ein attraktives Umfeld für Großunternehmen durch eine Kombination aus innovativer Infrastruktur, gut ausgebildeten Fachkräften, digitaler und physischer Infrastruktur, steuerlichen Anreizen und Förderprogrammen sowie einer innovationsfreundlichen Regulierung zu schaffen.

- Von großer Bedeutung ist auch eine **aktive Rolle öffentlicher Einrichtungen**. Damit ist nicht nur die Bereitstellung öffentlicher Fördermittel gemeint, sondern insbesondere auch das Engagement von Behörden oder Agenturen, die selbst in der KI-Entwicklung oder -Anwendung eine führende Rolle einnehmen sowie aktiv an der Vernetzung innerhalb des Ökosystems mitwirken.
- Kontinuierlich zu investieren und auszubauen ist aus Sicht des Ökosystems des Weiteren im Bereich der **Recheninfrastruktur**. Die Verfügbarkeit hoher Rechenleistung für viele Systemakteure ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für KI-Ökosysteme. Nach den vorliegenden Informationen hat Österreich in dieser Hinsicht einen Wettbewerbsnachteil gegenüber anderen nationalen KI-Ökosystemen.
- Für ein florierendes KI-Ökosystem wichtig ist eine **starke Nachfrage lokaler Unternehmen (inkl. KMU) nach KI-Anwendungen**. Dies erfordert weitere Investitionen in niederschwellige Unterstützungsmaßnahmen und in geeignete Formate des Wissenstransfers für österreichische KMU, sodass diese befähigt werden, KI effektiv einzusetzen. In diesem Zusammenhang ist auch eine bessere Nutzung und Bekanntmachung der (E)DIHs anzustreben.
- Zur Stärkung des nationalen KI-Ökosystems ist die Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg entscheidend. Die **Vernetzung zwischen Großbetrieben, KMU und Startups untereinander, aber auch mit wissenschaftlichen KI-Organisationen oder spezifischen Bildungseinrichtungen** kann den Wissenstransfer maßgeblich vorantreiben, Synergien schaffen und die Innovationskraft des Ökosystems erhöhen.
- Im Hinblick auf Schnittstellen und Wechselwirkungen innerhalb des KI-Ökosystems ist vor allem die **Überführung von Forschungsergebnissen in Innovationen und in die wirtschaftliche Verwertung** durch Unternehmen zu optimieren. Während die Grundlagenforschung in Österreich positiv eingeschätzt wird, so wird der Transfer in tragfähige Geschäftsmodelle vergleichsweise als Schwäche gesehen. Neben den diesbezüglich bereits oben angeführten, zu stärkenden Funktionen der Hochschulen ist in diesem Zusammenhang auch eine bessere Verfügbarkeit von Venture Capital für KI-Startups anzustreben und entsprechende Investor*innen bzw. VC-Geber sind in das Ökosystem einzubinden. Um das Risikokapitalverfügbarkeit zu steigern, ist eine Förderung der Sichtbarkeit und Attraktivität von KI Startups sinnvoll.
- Die internationalen Beispiele zeigen, dass KI-Ökosysteme sowohl mit als auch ohne einem formal bestimmten **Orchestrator** erfolgreich sein können. Die Einsetzung eines formalisierten, institutionalisierten **Ökosystem-Managements** – das derzeit in Österreich fehlt - kann jedoch mit Vorteilen verbunden sein. So kann dadurch die Finanzierung bzw. finanzielle Förderung auf der Systemebene und von Systemfunktionen (z. B. von Austausch- und Interaktionsformaten) erleichtert werden. Ebenso kann etwa auch eine koordinierte Öffentlichkeitsarbeit für das Ökosystem erfolgen.

6 | Literatur

6.1 | Literatur allgemein

Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4): 98-107.

AiNed (2022). Voortgangsrapportage 2022. Publieksversie (concept) (<http://ained.nl/wp-content/uploads/2023/06/Voortgangsrapportage-2022-AiNed-publieksversie-concept.pdf>)

ASAI (Austrian Society for Artificial Intelligence) (2023). State-of-AI-Report Austria 2023. Vorläufiger Bericht.

Bathelt, H., & Spiegel, B. (2011). University spin-offs, entrepreneurial environment and start-up policy: The case of Waterloo. DOI: 10.1504/IJKBD.2011.041248

Birch & Innovation Quarter (2020). Making AI work in The Netherlands

BMK (2021). Strategie der Bundesregierung für Künstliche Intelligenz. Artificial Intelligence Mission Austria 2030 (AIM AT 2030)

BMWK (2022). Das ist EXIST 2021.

Brutkasten (2023). <https://brutkasten.com/artikel/wasner-zur-ki-in-oesterreich-minister-hat-job-verfehlt>

Empirica (2014). e-Skills in Europe. Sweden – Country report. European Commission.

European Commission (2021). Spezial-Eurobarometer 516. Kenntnisse und Einstellungen der europäischen Bürgerinnen und Bürger zu Wissenschaft und Technologie. <https://europa.eu/eurobarometer>

Feser, D. (2018). Künstliche Intelligenz in Berlin und Brandenburg. Technologiestiftung Berlin.

Gauthier, J.F., Penzel, M., Scheel, H., Hug, C. (2015). Waterloo startup Ecosystem report, The David vs. Goliath of Startup Ecosystems. Version 1.3. Compass.

Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and new definitions. *Technovation*, 90-91

Groth, O.J., Nitzberg, M. & Zehr, D. (2019). Vergleich nationaler Strategien zur Förderung von Künstlicher Intelligenz. Teil 2. Konrad Adenauer Stiftung

Isenberg, D. (2011). Introducing the Entrepreneurship Ecosystem: Four Defining Characteristics. *Forbes*.

Jeßner, P. (2023). Wunderwerkzeug oder Risikofaktor? Künstliche Intelligenz im Blick der Öffentlichkeit. Wien. Kuratorium für Verkehrssicherheit.

Kenney, M., & Patton, D. (2011). Does inventor ownership encourage university research-derived entrepreneurship? A six-university comparison. *Research Policy*, 40(8), 1100-1112

Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., Parli, V., Reuel, A., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ligett, K., Lyons, T., Manyika, J., Niebles, J.C., Shoham, Y., Wald, R., & Clark, J. (2024). The AI Index 2024 Annual Report. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford, CA.

Ministry of Enterprise and Innovation (2018). National approach to artificial intelligence. Government Offices, Sweden.

Moore, J.F. (1993). Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, 71 (3), 75–86.

- Moser, B. A., Windisch, A., Nessler, B., Krenn, B., Dorffner, G., Constantin-Dinu, M., Laflamme, C. (2024). Analyse und Vision zur aktiven Mitgestaltung der KI-getriebenen Transformation in Österreich. ASAI & AI Austria.
- Nelles, J., Bramwell, A., & Wolfe, D.A. (2005). History, culture and path dependency: origins of the Waterloo ICT cluster
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of ecology*. Third Edition, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1-574.
- Prem, E. & Ruhland, S. (2019). AI in Österreich - Eine Annäherung auf Basis wirtschaftsstatistischer Analysen. BMVIT
- Seehuus, R., Täfte, C., Kuivaniemi, E., Karlsen, J., Linder, L., Schrode, M., & Kolari, S. (2022). *The Nordic AI and data ecosystem 2022*. Nordic Innovation
- Spigel, B. (2015). The relational organization of entrepreneurial ecosystems. *Entrepreneurship Theory and Practice*, June 2015. DOI: 10.1111/etap.12167
- Stam, E., & Spigel, B. (2016). Entrepreneurial Ecosystems. *Discussion Paper Series* 16-13. Utrecht School of Economics
- Vinnova (2018). Artificial Intelligence in Swedish Business and Society – Analysis of Development and Potential. Final Report. Vinnova Rapport VR 2018:12
- Vinnova (2024). Vinnovas årsredovisning. Verksamhetsår 2023
- Zuid-Holland AI (2022). Zuid-Holland AI Hub Agenda 2022. Connecting people, business, talent and academia in the field of Artificial Intelligence
- WKO (2023). Die Positionierung der WKO zum Zukunftsthema Künstliche Intelligenz (KI). Abteilung Innovation und Digitalisierung. Wirtschaftskammer Österreich

6.2 | Im Rahmen der Literaturanalyse untersuchte Studien und wissenschaftliche Artikel

Für die Literaturanalyse (Kapitel 2.1 |) wurde die Datenbank "Dimensions" anhand folgender Begriffe nach Review-Artikel zu Ökosystemen durchsucht: ("innovation ecosystem" OR "entrepreneurial ecosystem" OR "business ecosystem" OR "technology ecosystem" OR "digital ecosystem" OR "management ecosystem" OR "artificial intelligence ecosystem" OR "ai ecosystem" OR (ecosystem AND (business OR entrepreneurial OR entrepreneurship))) (review OR overview OR synthesis). Es wurden nur Journal-Artikel aufgenommen, um etwaige Mehrfachpublikationen auszuschließen.

Adner, R. (2017). Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*, 43(1), 39–58. <https://doi.org/10.1177/0149206316678451>

Alvedalen, J., & Boschma, R. (2017). A critical review of entrepreneurial ecosystems research: Towards a future research agenda. *European Planning Studies*, 25(6), 887–903. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1299694>

Asmit, B., Simatupang, T. M., Rudito, B., & Novani, S. (2024). Uncovering the building blocks of rural entrepreneurship: A comprehensive framework for mapping the components of rural entrepreneurial ecosystems. *Heliyon*, 10(e24139). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24139>

Autio, E., Nambisan, S., Thomas, L. D. W., & Wright, M. (o. J.). DIGITAL AFFORDANCES, SPATIAL AFFORDANCES, AND THE GENESIS OF ENTREPRENEURIAL ECOSYSTEMS.

- Barykin, S. Y., Mikhaylov, A. S., Semenova, E. G., Zobov, A. M., & Vasilenko, N. V. (2020). Economics of Digital Ecosystems. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 104. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040104>
- Basole, R.C. (2021). Visualizing the Evolution of the AI Ecosystem. Conference Paper. DOI: 10.24251/HICSS.2021.747
- Bejjani, M., Göcke, L., & Menter, M. (2023). Digital entrepreneurial ecosystems: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122372. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122372>
- Bergmann, B. J. Jr. (2023). The Power, Process, and Potential of Mapping an Entrepreneurial Ecosystem. *Business Horizons*. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2023.12.005>
- Billing, C., Bramley, G., Ioramashvili, C., Lynam, R., Cepeda Zorrilla, M., Collinson, S., Humphreys, K., Kollydas, K., Pan, F., Pugh, A., Sevinc, D., & Yuan, P.-Y. (2023). The impact of university STEM assets: A systematic review of the empirical evidence. *PLOS ONE*, 18(6), e0287005. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287005>
- Bouncken, R. B., & Kraus, S. (2022). Entrepreneurial ecosystems in an interconnected world: Emergence, governance and digitalization. *Review of Managerial Science*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00444-1>
- Brown, R., & Mason, C. (2017). Looking inside the spiky bits: A critical review and conceptualisation of entrepreneurial ecosystems. *Small Business Economics*, 49(1), 11–30. <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9865-7>
- Buratti, M., Cantner, U., Cunningham, J. A., Lehmann, E. E., & Menter, M. (2023). The dynamics of entrepreneurial ecosystems: An empirical investigation. *R&D Management*, 53(4), 656–674. <https://doi.org/10.1111/radm.12565>
- Burström, T., Lahti, T., Parida, V., Wartiovaara, M., & Wincent, J. (2023). A definition, review, and extension of global ecosystems theory. *Journal of Business Research*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113605>
- Carayannis, E. G., Grigoroudis, E., & Wurth, B. (2022). OR for entrepreneurial ecosystems: A problem-oriented review and agenda. *European Journal of Operational Research*, 300(3), 791–808. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.10.030>
- Carst, A. E., & Hu, Y. (2023). Complementors as ecosystem actors: A systematic review. *Management Review Quarterly*. <https://doi.org/10.1007/s11301-023-00368-y>
- Cavallo, A., Ghezzi, A., & Rossi-Lamastra, C. (2021). Small-medium enterprises and innovative Start-ups in entrepreneurial ecosystems: Exploring an under-remarked relation. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 17(4), 1843–1866. <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00698-3>
- Cavallo, A., Ghezzi, A., & Balocco, R. (2018). Entrepreneurial ecosystem research: present debates and future directions. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 1-24.
- Chaudhary, S., Kaur, P., Ferraris, A., Bresciani, S., & Dhir, A. (2024). Connecting Entrepreneurial Ecosystem and Innovation. *Technovation*. 130, 102942, 1-14.
- Cho, D. S., Ryan, P., & Buciuni, G. (2022). Evolutionary entrepreneurial ecosystems: A research pathway. *Small Business Economics*, 58(4), 1865–1883. <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00487-4>
- Cobben, D., Ooms, W., Roijackers, N., & Radziwon, A. (2022). Ecosystem types: A systematic review on boundaries and goals. *Journal of Business Research*, 142, 138–164. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.046>

- Fischer, B., Meissner, D., Vonortas, N., & Guerrero, M. (2022). Spatial features of entrepreneurial ecosystems. *Journal of Business Research*, 147, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.04.018>
- Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90–91, 102098. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
- Hannigan, T. R., Briggs, A. R., Valadao, R., Seidel, M.-D. L., & Jennings, P. D. (2022). A new tool for policymakers: Mapping cultural possibilities in an emerging AI entrepreneurial ecosystem. *Research Policy*, 51(104315). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104315>
- Jacobides, M. G., Brusoni, S., & Candelon, F. (2021). The Evolutionary Dynamics of the Artificial Intelligence Ecosystem. *Strategy Science*. 6(4), 412–435. <https://doi.org/10.1287/stsc.2021.0148>
- Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>
- Järvi, K., Almpantopoulou, A., & Ritala, P. (2018). Organization of knowledge ecosystems: Prefigurative and partial forms. *Research Policy*, 47(8), 1523–1537. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.05.007>
- Johnson, E., Hemmatian, I., Lanahan, L., & Joshi, A. M. (2022). A Framework and Databases for Measuring Entrepreneurial Ecosystems. *Research Policy*, 51(2), 104398. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104398>
- Kolagar, M., Parida, V., & Sjödin, D. (2022). Ecosystem transformation for digital servitization: A systematic review, integrative framework, and future research agenda. *Journal of Business Research*, 146, 176–200. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.067>
- Malecki, E. J. (2018). Entrepreneurship and entrepreneurial ecosystems. *Geography Compass*, 12(3), e12359. <https://doi.org/10.1111/gec3.12359>
- Maroufkhani, P., Wagner, R., & Wan Ismail, W. K. (2018). Entrepreneurial ecosystems: A systematic review. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*, 12(4), 545–564. <https://doi.org/10.1108/JEC-03-2017-0025>
- Moore, J. F. (1993) *Predators and Prey: A New Ecology of Competition*. Harvard Business Review.
- Robertson, J., Pitt, L., & Ferreira, C. (2020). Entrepreneurial ecosystems and the public sector: A bibliographic analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100862>
- Scaringella, L., & Radziwon, A. (2017). Innovation entrepreneurial knowledge and business ecosystems: Old wine in new bottles? *Technological Forecasting and Social Change*, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.023>
- Schrijvers, M., Stam, E., & Bosma, N. (2023). Configurations of high-performing entrepreneurial ecosystems in Europe. *Regional Studies*, <https://doi.org/10.1080/00343404.2023.2226727>
- Scott, S., Hughes, M., & Ribeiro-Soriano, D. (2022). Towards a network-based view of effective entrepreneurial ecosystems. *Review of Managerial Science*. 16(1), 157–187. <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00440-5>
- Spigel, B. (2017). The Relational Organization of Entrepreneurial Ecosystems. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(1), 49–72. <https://doi.org/10.1111/etap.12167>
- Stam, E. (2015). Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy: A Sympathetic Critique. *European Planning Studies*, 23(9), 1759–1769. <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1061484>
- Stam, E., & Van De Ven, A. (2021). Entrepreneurial ecosystem elements. *Small Business Economics*, 56(2), 809–832. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00270-6>

- Stephens, S., McLaughlin, C., Ryan, L., Catena, M., & Bonner, A. (2022). Entrepreneurial ecosystems: Multiple domains dimensions and relationships. *Journal of Business Venturing Insights*, 18, e00344. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2022.e00344>
- Thai, Q. H., Mai, K. N., & Do, T. T. (2023). An Evolution of Entrepreneurial Ecosystem Studies: A Systematic Literature Review and Future Research Agenda. *SAGE Open*, 1–24. <https://doi.org/10.1177/21582440231153060>
- Tsujimoto, M., Kajikawa, Y., Tomita, J., & Matsumoto, Y. (2018). A review of the ecosystem concept—Towards coherent ecosystem design. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.032>
- Van der Borgh, M., Cloudt, M., & Romme, A.G.L. (2012). Value creation by knowledge-based ecosystems: evidence from a field study. *R&D management*, Volume 42. Issue 3. 150-169.
- Volkman, C., Fichter, K., Klotz, M., & Audretsch, D. B. (2021). Sustainable entrepreneurial ecosystems: An emerging field of research. *Small Business Economics*, 56(3), 1047–1055. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00253-7>
- Wurth, B., Stam, E., & Spigel, B. (2022). Toward an Entrepreneurial Ecosystem Research Program. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 46(3), 729–778. <https://doi.org/10.1177/1042258721998948>
- Xu, Z., & Dobson, S. (2019). Challenges of building entrepreneurial ecosystems in peripheral places. *Journal of Entrepreneurship and Public Policy*, 8(3), 408-430. <https://doi.org/10.1108/JEPP-03-2019-0023>

