



Policy Brief: Schlüsseltechnologien – Position und Potenzial Österreichs

**Kathrin Hofmann, Jürgen Janger,
Anna Strauss-Kollin, Moritz Uhl, Fabian Unterlass
(WIFO), Christian Hartmann, Marlies Schütz
(Joanneum Research, Policies)**

Oktober 2024

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Policy Brief: Schlüsseltechnologien – Position und Potenzial Österreichs

Kathrin Hofmann, Jürgen Janger, Anna Strauss-Kollin,
Moritz Uhl, Fabian Unterlass (WIFO), Christian Hartmann,
Marlies Schütz (Joanneum Research, Policies)

Oktober 2024

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung • Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Policies – Institut für Wirtschafts-, Sozial- und Innovationsforschung
Im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Begutachtung: Michael Peneder (WIFO)

Der vorliegende Policy Brief befasst sich mit der Leistung Österreichs im Bereich von Schlüsseltechnologien. Näher analysiert werden die fortschrittlichen Technologien für die Industrie (ATI, Advanced Technologies for Industry), dazu zählen fortschrittliche Werkstoff-, Produktions-, Digitaltechnologien sowie industrielle Biotechnologie, ergänzt durch Umwelttechnologien. Auf Basis von Patent-, Handels- und Unternehmensdaten und Interviews mit Schlüsseltechnologieplattformen wird ein Profil der österreichischen Stärken und Schwächen in diesen Technologien gezeichnet. Die Erkenntnisse dienen als Evidenzbasis für Handlungsoptionen zur Förderung von Schlüsseltechnologien in Österreich.

2024/2/S/WIFO-Projektnummer: 24078

© 2024 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung • Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Policis – Institut für Wirtschafts-, Sozial- und Innovationsforschung

Medieninhaber (Verleger), Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (43 1) 798 26 01 0 • <https://www.wifo.ac.at> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/publication/pid/54409433>

Inhaltsverzeichnis	
Inhaltsverzeichnis	i
Verzeichnis der Abbildungen	ii
Verzeichnis der Übersichten	ii
1. Einleitung: Bedeutung von Schlüsseltechnologien	1
1.1 Definition von Schlüsseltechnologien	2
1.2 Identifikation von Schlüsseltechnologien	2
2. Methodik	4
3. Allgemeine technologisch-wirtschaftliche Spezialisierung Österreichs und bisherige Evidenz zu Schlüsseltechnologien in Österreich	11
3.1 Allgemeine technologisch-wirtschaftliche Spezialisierung Österreichs	11
3.2 Bisherige Evidenz zur Position Österreichs in Schlüsseltechnologien	13
4. Aktuelle Positionierung in Schlüsseltechnologien	13
5. Handlungsoptionen zur Stärkung von Schlüsseltechnologien	23
5.1 Optionen für die allgemeine Förderung von Schlüsseltechnologien	23
5.2 Optionen für spezifische Schlüsseltechnologien	31
5.3 Handlungsoptionen: Synthese und potenzielle budgetäre Implikationen	36
6. Literatur	40
7. Anhang	44
7.1 Technologische-wirtschaftliche Spezialisierung	44
7.2 Detailtabellen zur Positionierung in Schlüsseltechnologien	52
7.3 Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität - Priorisierung und Förderung im internationalen Vergleich	62
7.4 Expert:inneninterviews	66

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Schlüsseltechnologien in Österreich – Spezialisierungsmuster auf Basis von Patent- und Handelsdaten	16
Abbildung 2: Österreichische Unternehmen unter den Top-2500 F&E-Investoren 2022	62

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1: Schlüsseltechnologien nach der <i>Advanced Technologies for Industry</i> (ATI)-Klassifikation und nach Umwelttechnologien	5
Übersicht 2: Statistische Indikatoren	8
Übersicht 3: Interviewpartner aus Technologieplattformen	10
Übersicht 4: Top-15 Spezialisierungen Österreichs	12
Übersicht 5: Österreichs Position in Schlüsseltechnologien	18
Übersicht 6: Veränderung der Spezialisierung nach RCA ($\bar{\sigma}$ 2017-2018 vs. $\bar{\sigma}$ 2021-2022) und RTA ($\bar{\sigma}$ 2008-2010 vs. $\bar{\sigma}$ 2018-2020)	19
Übersicht 7: Approximative Verteilung von FFG-Förderungen auf Schlüsseltechnologien, 2020-2023	20
Übersicht A 1: Zuordnung FFG SIC zu Schlüsseltechnologiefeldern	44
Übersicht A 2: Patentanmeldungen von AT-Anmeldern beim EPA im Vergleich zu 2008-2010	44
Übersicht A 3: Handelsspezialisierung Österreichs	45
Übersicht A 4: RVA nach NACE 2-Steller für 2021 inkl. Differenz zu 2019	47
Übersicht A 5: RVA nach NACE 2-Steller für 2021 inkl. F&E-Intensität	49
Übersicht A 6: Vergleich der Patentanmeldungen beim EPA von AT-Anmelder und AT-Erfinder; unterschiedliche Technologieklassifikationen	52
Übersicht A 7: Vergleich der Patente beim EPA von AT-Anmelder und AT-Erfinder; IPC Klassen	53
Übersicht A 8: Qualität der Patentanmeldungen beim EPA mit AT-Anmelder im Vergleich mit ausgewählten Ländern, $\bar{\sigma}$ 2018-2020	54
Übersicht A 9: Top-10 österreichischer Anmelder von EPO-Patenten seit 2015; Rang 1-5	55
Übersicht A 10: Top-10 österreichischer Anmelder von EPO-Patenten seit 2015; Rang 6-10	56
Übersicht A 11: Österreichs Handelsspezialisierung im europäischen Vergleich	57
Übersicht A 12: Österreichs Handelsspezialisierung im globalen Vergleich	58
Übersicht A 13: Österreichs Handelsspezialisierung in Hochpreissegmenten (bei qualitativ höher stehenden Produkten)	59
Übersicht A 14: Österreichs Hochpreis-Handelsspezialisierung im europäischen Vergleich	60
Übersicht A 15: Österreichs Hochpreis-Handelsspezialisierung im globalen Vergleich	61
Übersicht A 16: Übersicht über die Anzahl konkret gelisteter Schlüsseltechnologiefelder, zugehöriger Strategien, beteiligter Institutionen, genannter Ziele, entsprechender Investitionen und ausgewählter Fördermaßnahmen für sechs betrachtete Staaten bzw. Staatengemeinschaften	64
Übersicht A 17: Schlüsseltechnologien, die international gefördert werden	65

1. Einleitung: Bedeutung von Schlüsseltechnologien

Schlüsseltechnologien sind grundsätzlich breit anwendbare Querschnittstechnologien, die neue Branchen begründen, aber auch in vielen unterschiedlichen Branchen in Kombination mit bestehenden Technologien zum Einsatz kommen können (Helpman, 1998). So kann etwa die Nutzung künstlicher Intelligenz für Forschungsaktivitäten zu hohen Produktivitätssteigerungen von F&E-Aktivitäten führen. Der Einsatz neuer Technologien wie Internet der Dinge, Robotik oder 3D-Druck kann hohe Produktivitätssteigerungen in der Produktion unterschiedlichster Güter begünstigen. Schlüsseltechnologien sind nicht nur wesentlich für wirtschaftliche Leistungssteigerung, Produktivität und damit auch Wettbewerbsfähigkeit; sie können ebenso zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen beitragen, etwa durch die Entwicklung neuer Werkstoffe, die Batterien für den Umstieg auf e-Mobilität leistungsfähiger und haltbarer machen, oder fossile Grundstoffe ersetzen können.

Die öffentliche Unterstützung durch die Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik von Anstrengungen zur Beherrschung, zum Einsatz und zur Weiterentwicklung von Schlüsseltechnologien entfaltet damit besonders hohe positive volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Externalitäten, dh positive Effekte, die über den Nutzen für die einzelne Einrichtung, die Schlüsseltechnologien anwenden oder weiterentwickeln, weit hinausgehen. Umso besorgniserregender sind aktuelle Befunde des Rückstands oder des Zurückfallens der Europäischen Union in wichtigen Schlüsseltechnologiebereichen wie Hochleistungschips oder künstlicher Intelligenz, insbesondere in Soft- und Hardware digitaler Technologien (Draghi, 2024; Janger, 2024a). Dabei geht es nicht nur um die mangelnde Wettbewerbsfähigkeit in vielen Schlüsseltechnologien, sondern auch um die technologische Souveränität der EU: einseitige Abhängigkeiten bei Schlüsseltechnologien könnten politisch von autoritären Systemen ausgenutzt werden, um deren Ziele durchzusetzen (Janger, 2024). Solche Entwicklungen werden vor dem Hintergrund des russischen Angriffskriegs in der Ukraine z.B. für China und Taiwan befürchtet. Die Konzentration der Produktion von Hochleistungschips in Taiwan und die Furcht vor einem chinesischen Angriff motivierten nicht zuletzt auch den CHIPS and Science Act der USA¹ und den Chips Act der EU², siehe Dachs (2023).

Dieser Policy Brief im Auftrag des BMK nimmt eine Bestimmung der aktuellen Position Österreichs in Schlüsseltechnologien vor und entwickelt auf dieser Basis Handlungsoptionen zur Stärkung von Schlüsseltechnologien in Österreich unter Berücksichtigung der wichtigen europäischen Ebene – Österreich allein ist zu klein, um in allen wichtigen Schlüsseltechnologien an der Frontier zu sein. Er stützt sich auf statistische Analysen und Interviews mit Vertreter:innen der österreichischen (Schlüssel-)Technologieplattformen. Kapitel 1 definiert Schlüsseltechnologien und beschreibt kurz Möglichkeiten zu ihrer Identifikation. Kapitel 2 schildert die Methodik der Studie im

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/CHIPS_and_Science_Act

² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_de

Detail, Kapitel 3 skizziert die allgemeine wirtschaftlich-technologische Spezialisierung Österreichs als Einbettung für die Diskussionsdiskussion der Schlüsseltechnologien in Kapitel 4. Kapitel 5 schließt mit allgemeinen und Schlüsseltechnologie-spezifischen Handlungsoptionen.

1.1 Definition von Schlüsseltechnologien

Als Schlüsseltechnologien werden wissenschaftlich meist Technologien bezeichnet, die Schlüsselrollen bei technologischen und ökonomischen Entwicklungen übernehmen. Eine dieser Rollen ergibt sich durch die Bedeutung einer Schlüsseltechnologie für die innovative Weiterentwicklung und Anwendung anderer Technologien (Enabler-Funktion) (Expertenkommission Forschung und Innovation, 2022, S. 40). Dabei werden die folgenden drei Kriterien für die Identifikation von Schlüsseltechnologien vorgeschlagen (Ders. S. 41):

- Breite Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Technologiebereichen oder Branchen
- Starke, nicht substituierbare Komplementarität zu einer Vielzahl anderer Technologien
- Hohes Potenzial für Leistungssteigerung bei einer Schlüsseltechnologie selbst und bei ihren Anwendungsbereichen

In Folge der geopolitischen und technologischen Entwicklungen in den vergangenen Jahren sind Schlüsseltechnologien in engem Konnex zu technologischer Souveränität zu diskutieren (BMBF 2021, March und Schieferdecker 2021, Aussilloux et al. 2020, Edler et al. 2023). Der Rat für Technologische Souveränität der Bundesrepublik Deutschland definiert den Begriff als „... die Fähigkeit eines Landes, jederzeit Zugang zu denjenigen Schlüsseltechnologien garantieren zu können, die zur Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten und Bedürfnisse notwendig sind“ (Rat für technologische Souveränität 2024 S. 2). Hofmann et al. (2023) heben hierbei drei wesentlichen Aspekte hervor: i) die Vermeidung einseitiger ökonomischer Abhängigkeiten ii) in Technologien, die als kritisch für die weitere Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft erachtet werden und iii) von Staaten/Regionen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit, solche Abhängigkeiten politisch zu ihrem Vorteil auszunützen.

Schlüsseltechnologien können aber auch aus ihrer gesellschaftlichen Bedeutung heraus definiert werden, etwa wenn es um die Bewältigung des Klimawandels geht. Dabei steht weniger der Aspekt breite Anwendbarkeit im Vordergrund, sondern der spezifische Beitrag zur Problemlösung, wie z.B. bei Umwelttechnologien, konkret z.B. Technologien für die erneuerbare Energiegewinnung.

1.2 Identifikation von Schlüsseltechnologien

Die Identifikation von Schlüsseltechnologien in der **Frühphase** ihrer Entwicklung ist empirisch schwierig, aufwändig und mit hoher Unsicherheit verbunden. So mangelt es noch immer sowohl an einer allgemein akzeptierten Definition des Begriffs „**emergenter** Technologien“, als auch an einem vereinbarten, konzeptionell fundierten Rahmen für die Operationalisierung. Zwar steht zur Operationalisierung der verschiedenen möglichen Attribute von Emergenz eine Vielzahl scientometrischer Methoden zur Verfügung, jedoch sind diese stark vom Zeitpunkt, von der Art des Attributs und von den verwendeten Daten abhängig. Naturgemäß sind scientometrische Verfahren für retrospektive Analysen effektiver als für aktuelle Untersuchungen. Es

braucht Zeit, bis Dokumente wie Veröffentlichungen und Patente beobachtet werden können (Rotolo et al. 2015, S. 1839).

Signale, die auf mögliche oder potentielle zukünftige wirtschaftlich-technologische Erfolge hindeuten, lassen sich auch aus der Analyse des bestehenden Portfolios an Forschungsförderungsprogrammen ableiten, die die Entwicklung bestimmter Themengebiete und Technologiefelder vorantreiben sollen. In der Grundlagenforschung wurde z.B. „proposal pressure“ als Vorlaufindikator für neue Wissenschaftsfelder identifiziert (Brooks, 1978), dh wenn z.B. in einem bestimmten Themengebiet sich Anträge häufen und dadurch Erfolgsquoten sinken, sollten Förderbudgets unangepasst bleiben. Nachdem Grundlagenforschungsprojekte oft mehrere Jahre laufen, sind solche Indikatoren wesentlich früher verfügbar als Journalpublikationen. Allerdings sind bestimmte Wissenschaftsfelder oft nicht direkt emergenten Technologien gegenüberzustellen, die sich oft aus einer Vielzahl wissenschaftlicher Grundlagen speisen.

Für weitere Analysemöglichkeiten kann dann die „Innovationskette“ weiter durchlaufen werden (dies bedeutet nicht, dass sich Technologien immer linear entwickeln). Wissenschaftliche Journalpublikationen können in Patente münden, oder auch in Form von Start-ups kommerzialisiert werden, wie dies etwa beim Page Rank-Algorithmus von Google der Fall war. Start-up Daten sind damit eine weitere Möglichkeit der frühen Identifikation von Schlüsseltechnologien. In der Regel sind Patente jedoch zentral, da sie statistisch gut erfasst sind und im Detail neue Erfindungen beschreiben. Handelsdaten, z.B. von Schlüsseltechnologieexporten, sind hier schon nachgelagert, da erst eine erfolgreiche Produktion aufgezogen werden muss, um überhaupt exportieren zu können, die Fertigungsüberleitung muss demnach erfolgreich gewesen sein. Unterschiedliche statistische Indikatoren und Analyseverfahren können sodann eingesetzt werden, um Technologien oder technologisches Zukunftspotenzial zu identifizieren, z.B. klassische Spezialisierungsindikatoren wie RCA (Revealed Comparative Advantage – offenkundiger komparativer Vorteil)³, oder auch netzwerkbezogene Analysen. Interviews mit den konkreten Forscher:innen oder Unternehmer:innen bzw. Branchenvertreter:innen sind wichtige Ergänzungen rein statistischer Verfahren, da Technologiefelder in der Regel auf statistischen Zuordnungen beruhen, die in der Realität auf das konkrete Patente oder Exportgut nicht zutreffen müssen.

Für die **allgemeine Identifikation von Schlüsseltechnologien**, nicht nur emergenter, hat sich in den vergangenen zwei Dekaden auf der praktischen Ebene ein Methodenmix etabliert, der datenbasiert vor allem auf Basis von Publikationen, Patenten, Handels- und Prodcomdaten die Position und Dynamik von ex-ante definierten Technologiefeldern in internationalen Vergleich erfasst (siehe z.B. de Velde et al. 2015, Iszak et al., 2021, Kroll et al. 2022) und dies ergänzt durch qualitative Methoden im Rahmen eines partizipativen strategischen Vorausschau-Prozesses, bei dem Expert:innen aus Wissenschaft, Politik, Gesellschaft und Wirtschaft einbezogen werden und der durch ein strategisches Beratungsgremium geleitet wird (Expertenkommission Forschung und Innovation, 2022, S. 41).

³ https://de.wikipedia.org/wiki/Revealed_Comparative_Advantage

Auf FTI-politischer Ebene wird innerhalb der EU die Diskussion seit Ende der 2000er Jahre durch die sogenannten "Key Enabling Technologies" (KETs) geprägt⁴. KETs haben seit ihrer konzeptiven Einführung im Jahr 2009 in Folge in der Förderpolitik sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene einen deutlichen Niederschlag gefunden und zu einer verdichteten Betrachtung verschiedener Schlüsseltechnologien geführt. Trotzdem war die Auswahl dieser sechs Technologien nicht unumstritten. Dies betrifft sowohl die Vollständigkeit der ursprünglichen Liste der Technologien, als auch empirische Probleme bei der Messung z.B. im Bereich der Bio- und Nanotechnologie (Kroll et al. 2022). In Folge haben Iszak et. al (2021) bzw. European Commission (2020) im Rahmen des Advanced Technologies for Industry (ATI) Projekts ein systematisches Monitoring der technologischen Trends bei Spitzentechnologien durchgeführt, um die Umsetzung von Maßnahmen und Initiativen im Rahmen des industriepolitischen Konzepts der EU wirksam zu unterstützen⁵. Durch eine eingehende Analyse traditioneller Datenquellen wie Patente und Handel, Unternehmensbefragungen und neuartiger Metriken wie Investitionsdaten, LinkedIn und Text-Mining von Unternehmenswebsites wurden in der Studie die Trends bei der Entwicklung und Nutzung fortgeschrittener Technologien für die Industrie, die damit verbundenen unternehmerischen Aktivitäten und Risikokapitalinvestitionen. Die solcherart begründeten Schlüsseltechnologien bilden die Basis dieses Policy Briefs und werden in Kap. 2 im Detail dargestellt.

2. Methodik

Die Identifikation von Schlüsseltechnologien ist zeitaufwändig, zudem ist es selbst für mittelgroße Länder wie Deutschland in der Regel schwer, in allen Schlüsseltechnologien Kompetenzen aufzuweisen. Analysen und Förderung von Schlüsseltechnologien machen daher idR immer nur Sinn unter Einbezug der europäischen Ebene. Dazu werden harmonisierte Schlüsseltechnologieklassifikationen benötigt, um eine gemeinsame Evidenzbasis zu produzieren. Daher werden für diesen Policy Brief etablierte EU-Klassifikationen herangezogen: die Advanced Technologies for Industry (ATI) (Iszak et al., 2021; Kroll et al., 2022) sowie eine Auswahl von Umwelttechnologien (Übersicht 1), die auch von der EU im Rahmen der *Strategic Technologies for Europe Platform* (STEP)⁶ als Schlüsseltechnologie genannt werden: sie sind Schlüsseltechnologien nicht (nur) aus der Perspektive der breiten Anwendbarkeit, sondern aus der Perspektive der Wichtigkeit ihrer Anwendung zur Bekämpfung des Klimawandels, um eine zentrale Zukunftsherausforderung zu meistern.

Die ATIs bestehen aus vier übergeordneten Feldern und 12 Detailfeldern, die Umwelttechnologien aus einem übergeordneten und 6 Detailfeldern. Kroll et al. (2022, S. 2f) sehen drei große Bereiche bei den ATIs die quer über die Felder gehen: erstens, „Treiber der digitalen Transformation, softwaregetriebene Technologien“ wie künstliche Intelligenz, Big Data, Cybersicherheit, die sehr breitenwirksam seien und die Wirtschaft fundamental transformieren würden.

⁴ Insgesamt wurden sechs Schlüsseltechnologien identifiziert: Mikro-/Nanoelektronik, Nanotechnologie, Photonik, fortschrittliche Fertigungstechnologien, Materialwissenschaften und industrielle Biotechnologie

⁵ https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/advanced-technologies/support-tools_en

⁶ https://strategic-technologies.europa.eu/about_en#step-scope

Nach Ansicht von Kroll et al. (2022, S. 3) würden Länder, die in diesen Technologien nicht wettbewerbsfähig sind, „mit großer Wahrscheinlichkeit mittelfristig allgemein die Befähigung, eigene Beiträge zur technologischen Entwicklung zu leisten [verlieren]“. Zweitens, „Technologien an neu entstehenden Schnittstellendomänen“, wie z.B. Internet of Things, digitale Mobilität, Robotik, 3D-Druck (Teil fortschrittlicher Produktionstechnologien), industrielle Biotechnologie, die nicht so breit anwendbar sind wie die Technologien der ersten Gruppe, aber in vielen Bereichen neue Alleinstellungsmerkmale begründen können. Drittens, „Komponenten eines zukunftsfähigen technologischen Fundaments“, Grundlagenfertigkeiten, auf deren Basis Schlüsselanwendungen entwickelt werden, wie z.B. IT Hardware (Mikro- und Nanoelektronik, darunter Halbleiter) oder fortgeschrittene Werkstoffe.

Die Patentdaten bieten für die Umwelttechnologien mehr Detail als die Handelsdaten. Für die Analyse im Verlauf des Policy Briefs werden nur solche herangezogen, für die sowohl Patent- als auch Handelsdaten gibt, um die Zusammenschau zu ermöglichen, das sind die Grünen Technologien insgesamt sowie alternative Energieerzeugung (8) bzw. Technologien für erneuerbare Technologien (11), die zusammengeführt werden.

Übersicht 1: Schlüsseltechnologien nach der *Advanced Technologies for Industry (ATI)*-Klassifikation und nach Umwelttechnologien

Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)	Grüne Technologien nach Patenten
(1) Produktionstechnologien	(5) Transport
(1.1) Fortschrittliche Produktionstechnologien	(6) Abfallwirtschaft
(1.2) Photonik	(7) Energieeinsparung
(1.3) Robotik	(8) Alternative Energieerzeugung
(2) Materialtechnologien	(9) Landwirtschaft/Forstwirtschaft
(2.1) Fortgeschrittene Werkstoffe	(10) Kernenergieerzeugung
(2.2) Nanotechnologie	
(3) Industrielle Biotechnologie	Grüne Technologien nach Handel
(4) Digitale Technologien	
(4.1) Künstliche Intelligenz	(11) Technologien für erneuerbare Energie
(4.2) Big Data	(12) Umwelttechnikgüter
(4.3) IT für Mobilität	
(4.4) Internet der Dinge	
(4.5) Mikro- & Nanoelektronik	
(4.6) Cybersicherheit	

Q: European Commission (2020); WIPO (2024); WIFO.

Nicht Teil dieser Klassifikation sind z.B. Quantentechnologien; andere Bereiche, die stark in der öffentlichen Diskussion standen, wie z.B. Batterien oder Halbleiter, sind zwar Teil der Klassifikationen (z.B. Mikro- und Nanoelektronik), jedoch nicht extra ausgewiesen; auch in den Interviews werden die ATIs teils als zu grobkörnig beschrieben, etwa versteckten sich die für Österreich relevanten Bereiche Sensorik und Leistungselektronik in der Mikro- und Nanoelektronik. Im Einsatz in den Unternehmen verschwimmen zudem die Grenzen zwischen Schlüsseltechnologien: die Photonik habe etwa eine große technologische Spannweite von Beleuchtungssystemen

Über Photovoltaik, Laser und Mikro- sowie Nanoelektronik; sie ist damit sowohl für Umwelttechnik, als auch für fortschrittliche Produktionstechnologien und Werkstoffe relevant. Ähnliches trifft für künstliche Intelligenz zu, die in viele Bereiche ausstrahlt, z.B. IT für Mobilität, oder für Robotik, die eigentlich ein Teil der fortschrittlichen Produktionstechnologien ist.

Die Verfügbarkeit kritischer Rohstoffe, wie z.B. seltene Erden, zählt ebenfalls nicht direkt zu den Schlüsseltechnologien, selbst wenn sie für den Einsatz von Schlüsseltechnologien zwingend sein könnte. Die Schlüsseltechnologie „industrielle Biotechnologie“ ist nicht mit der medizinischen Biotechnologie zu verwechseln, einem sehr großen Feld, das aber nicht zu den ATIs zählt. Die meisten der in Übersicht 1 genannten Technologien sind außerdem wohl nicht mehr im Stadium „emergenter“ Technologien, evt. mit Ausnahme der künstlichen Intelligenz – der Policy Brief analysiert somit weitgehend die Position Österreichs bei etablierten, nicht emergenten, Schlüsseltechnologien. Diese Einschränkungen gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten. Der Policy Brief kann damit nur einen Teil der Evidenzbasis für eine umfassende FTI-politische Förderung von Schlüsseltechnologien beisteuern.

Die Evidenzbasis für den Policy Brief wurde in vier Schritten erarbeitet, Schritte 2-4 werden im Anschluss ausgeführt:

1. Sichtung der bisherigen Evidenz zur Position Österreichs in Schlüsseltechnologien
 2. Berechnung von sektoralen Positionierungsindikatoren anhand von Patent-, Handels- und Wertschöpfungsdaten
 3. Zuordnung von Unternehmen und Start-ups zu Schlüsseltechnologiefeldern
 4. Interviews mit Technologieplattformen
-
2. Berechnung von sektoralen Positionierungsindikatoren anhand von Patent-, Handels- und Wertschöpfungsdaten

Zur Berechnung der Position in Schlüsseltechnologiefeldern werden etablierte Technologieklassen (nach IPC-International Patent Classification⁷) und Exportgüterkategorien (nach Harmonized System-HS-Codes⁸) den Technologiefeldern zugeordnet – wir folgen hier der Literatur wie z.B. Iszak et al., 2021 oder Kroll et al., 2022. Diese Zuordnungen erfolgen einerseits auf Basis der Patentämter, die die Patentanmeldungen prüfen, und andererseits durch die exportierenden Unternehmen, die ihre Produkte dem Zoll melden. Die Zuordnung von Patenten und Exportgütern zu bestimmten Technologiefeldern enthält daher subjektive Bewertungselemente. Zudem erfolgen Zuordnungen oft zu mehreren Technologieklassen oder Güterkategorien, sodass trennscharfe und eindeutige Abgrenzungen nicht möglich sind. Während Patente Erfindungen und damit Innovationsaktivitäten und Wissenszuwachs abbilden, geben Exporte Aufschluss über die Produktion, oder die erfolgreiche Kommerzialisierung des Wissenszuwachses – Patente müssen nicht zwingend auch zu neuen Produkten oder Produktionsprozessen führen. Patente als Indikator für Innovationsaktivität sind zudem nicht für alle Branchen gleich geeignet – als

⁷ <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>

⁸ <https://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/overview/what-is-the-harmonized-system.aspx>

Schutz vor Wettbewerb sind sie etwa im Pharmabereich essenziell, im Softwarebereich jedoch weniger. Solche Probleme treffen aber auf alle Länder zu.

Die verwendeten Indikatoren (Übersicht 2) bilden 3 Komponenten von Schlüsseltechnologiefeldern auf nationaler Ebene ab: die Spezialisierung eines Landes, die Größe des Technologiefelds und die Qualität der heimischen Patente bzw. Exporte. Wertschöpfungsanteile dienen nur zur Charakteristik der allgemeinen österreichischen Wirtschaftsstruktur in Kap. 3. Die Indikatoren werden, wo möglich, für Österreich, die führenden Innovationsländer, Deutschland, USA, Japan, Südkorea, Schweiz und China berechnet. Die internationalen Vergleiche werden in der Regel im Anhang dargestellt, da sie zu viel Platz einnehmen würden.

Spezialisierungsindikatoren für Patente, Handel und Wertschöpfung funktionieren nach dem gleichen Prinzip eines Balassa-Index⁹: der Anteil von Schlüsseltechnologie-Exporten eines Landes an den Gesamtexporten dieses Landes wird dem Anteil von Schlüsseltechnologie-Exporten einer Ländervergleichsgruppe an deren Gesamtexporten gegenübergestellt. Eine Zahl über 1 bedeutet, dass der Anteil der Schlüsseltechnologieexporte im untersuchten Land höher als in der Vergleichsgruppe ist, das Land ist folglich auf die Exporte solcher Schlüsseltechnologien „spezialisiert“. Analog trifft dies auf Patente oder Wertschöpfung zu. Eine wichtige ergänzende Dimension zur Spezialisierung ist die Qualität der Patente oder Exportgüter. Es ist etwa möglich, sich aufgrund von Kostenvorteilen in wenig forschungs- oder technologieintensiven Niedrigpreissegmenten von Branchen zu spezialisieren. Das Konzept der Schlüsseltechnologien geht jedenfalls von hoher Technologie- bzw. Forschungsintensität aus, sodass die Spezialisierungsmuster nach Qualitätssegmenten untersucht werden sollten. Wir verwenden dazu im Bereich Patente einerseits die Zahl triadischer Patente, dh von Patenten, die an allen drei großen Patentämtern (Europa, Japan, USA) angemeldet werden und daher auf hohe potenzielle (kommerzielle) Bedeutung hinweisen; andererseits zitationsbasierte Indikatoren, wonach die Zahl und die Streuung der Zitationen, die ein Patent erhält bzw. die es enthält ein Maß für die Qualität der Erfindung sind (Jaffe & Trajtenberg, 2002; Unterlass et al., 2013).

⁹ https://de.wikipedia.org/wiki/Revealed_Comparative_Advantage

Übersicht 2: Statistische Indikatoren

Indikator	Aussage über Technologiefeld	Zeitraum	Datenquelle
Patente			
Patentzahl	Größe	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
RTA (Revealed Technological Advantage)	Spezialisierung	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Triadische Patente	Qualität	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Durchschnittliche Zitationen	Qualität	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Technologiedistanz, Original-zitierendes Patent	Qualität	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Technologische Ausdehnung zitierender Patente	Qualität	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Technologiedistanz, Original-zitierten Patent	Qualität	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Technologische Ausdehnung zitierter Patente	Qualität	2018-2020	PATSTAT, Autumn 2023
Export			
Exportanteil an Österreichs Exporten	Größe	2017-2022	BACII
Weltmarktanteil	Größe	2017-2022	BACII
RCA (Revealed Comparative Advantage)	Spezialisierung	2017-2022	BACII
RCA nur in Hochpreissegmenten	Qualität	2017-2022	BACII
Weltmarktanteil nur in Hochpreissegmenten	Qualität	2017-2022	BACII
Export*			
Wertschöpfung	Größe	2019-2021	Eurostat SBS
RVA (Relative Value Added)	Spezialisierung	2019-2021	Eurostat SBS

*Keine Zuordnung zu Schlüsseltechnologien möglich.

Im Bereich Exporte verwenden wir den Anteil der Exporte in Hochpreissegmenten, wobei der Stückpreis als Qualitätsindikator fungiert (Aiginger, 1997). All diese Indikatoren haben Vor- und Nachteile, wichtig ist die Zusammenschau auch mit zusätzlichen Unternehmensdaten und qualitativen Interviews:

3. Zuordnung von Unternehmen und Start-ups zu Schlüsseltechnologiefeldern

Auf Basis der Patentdatenbank Patstat sowie der Start-up-Datenbank Dealroom werden Unternehmen identifiziert, die in den genannten Technologiefeldern patentieren bzw. vor kurzem gegründet wurden. In Dealroom wurden aktive Firmen mit Sitz in Österreich, Gründung ab 2010, mind. 5 Beschäftigten und einem Dealroom-„Signal“ von 40 (Proxyvariable für die Vollständigkeit der Informationen, bzw. die Wahrscheinlichkeit einer anstehenden Finanzierungsrunde) ausgewählt, insg. 485. Dealroom verwendet jedoch eigene Technologieklassifikationsschemata, sodass die Zuordnung von Start-ups nur einen sehr groben Überblick vermitteln kann. Die Zuordnung der Start-ups zu Schlüsseltechnologien erfolgt nach zwei Methoden, einerseits der Nutzung von ChatGPT sowie manueller Identifikation, andererseits der Anwendung der Methode von Iszak et al. (2021, S. 102), die Start-ups aus Dealroom nach vorgegebenen Schlüsselwörtern in der Textbeschreibung der Start-ups zuordnen.

Weitere Daten auf Unternehmensebene liegen bei der FFG und beim Joint Research Centre vor. Die Förderdaten der FFG können jedoch nicht für einzelne Unternehmen ausgewiesen werden; sie sind aber informativ für die Frage, mit welchen Mitteln Schlüsseltechnologien schon bisher unterstützt werden. Die Förderdaten werden nach Themen manuell den ATIs bzw. Umweltklassifikationen zugeordnet. Das F&E-Scoreboard des Joint Research Centres Sevilla enthält zwar die F&E-Ausgaben einzelner österreichischer Unternehmen, erfasst aber Unternehmen nur nach ihrem Headquarter, dh die großen F&E-intensiven Tochterfirmen wie Siemens, Infineon oder Boehringer-Ingelheim scheinen dort nicht auf; dies ist nach Rücksprache mit dem JRC auch kaum zu ändern. Eine Zuordnung nach Schlüsseltechnologien ist hier begrenzt sinnvoll.

4. Interviews mit Technologieplattformen

Um die quantitativen Ergebnisse (Stärken-Schwächen, relevante Unternehmen,...) aus den Schritten 2-3 zu verifizieren und zusätzliche Informationen etwa für FTI-politische Förderansätze zu gewinnen, wurden außerdem 9 Interviews mit Ansprechpersonen der österreichischen (Schlüssel-)Technologieplattformen durchgeführt, die in Übersicht 3 grob den identifizierten ATI-Technologien zugeordnet wurden. Die Umwelttechnologien fehlen hier, ebenso wie industrielle Biotechnologie. Sie dienen dazu, „handelnde AkteurInnen (entlang der Wertschöpfungsketten oder der Entwicklungs- und Innovationsprozesse) zusammenzubringen und ihnen einen strukturierten und intensiven Austausch zu ermöglichen“¹⁰

¹⁰ https://www.bmk.gv.at/themen/innovation/publikationen/produktion/technologieplattformen_portrait.html

Übersicht 3: Interviewpartner aus Technologieplattformen

Name	Plattform	Schlüsseltechnologie(n)	URL:
Dr. Heinz Seyringer	Photonics Austria	(1.2) Photonik	https://www.photonics-austria.at/
DI Stefan Rohringer	Verein ESBS-Austria	(4.5) Microelectronics; Software Basierte Systeme	https://www.esbs-austria.eu/
DI Roland Sommer, MBA	Plattform Industrie 4.0	(4.4) Industrie 4.0; Industrial Internet of Things; (2.1) Advanced Manufacturing Technologies; (4.6) Cybersecurity	https://plattformindustrie40.at/
Priv.-Doz. Dr. Bernhard Moser	Austrian Society for Artificial Intelligence (ASAI)	(4.1) Künstliche Intelligenz	https://www.asai.ac.at/en/
Prof. Dr. Gerald Steinbauer-Wagner	GMAR – öst. Gesellschaft für Mess-, Automatisierungs- & Robotertechnik	(1.3) Robotik	https://www.gmar.at/
Dr. Johannes Homa	Additive Manufacturing Austria (AM Austria) e.V.	(1.1) Additive Manufacturing; (2.1) Advanced Materials	https://www.am-austria.com/
Andreas Falk, MSc.	BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH	(2.2) Nanotechnologie; (2.1) Advanced Materials	https://www.bnn.at/
Dr. Mario Dobrics	GAIA-X Hub Austria	(4.2) Big-Data; Data Science; (4.1) Künstliche Intelligenz	https://www.gaia-x.at/
DI Dr. Klaus Bernhard, MBA	FEEL – Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie	(4.5) Microelectronics; (4.3) IT für Mobilität; (8) Erneuerbare Energie; (4.6) Cybersecurity	https://www.feel.at/

3. Allgemeine technologisch-wirtschaftliche Spezialisierung Österreichs und bisherige Evidenz zu Schlüsseltechnologien in Österreich

In diesem Kapitel werden zunächst kurz rezente Daten zur allgemeinen technologisch-wirtschaftlichen Spezialisierung Österreichs und bisherige Evidenz zur Position Österreichs in Schlüsseltechnologien gezeigt. Diese Einbettung ist für die Analyse der Position Österreichs in Schlüsseltechnologien wichtig, weil deren Entwicklung idR nicht auf der grünen Wiese gelingt, sondern meist dann, wenn sie an bestehende oder verwandte Kompetenzen anknüpfen kann (Reinstaller, 2014).

3.1 Allgemeine technologisch-wirtschaftliche Spezialisierung Österreichs

Grob beschrieben, war Österreich in der Vergangenheit auf Wirtschaftsbranchen mit mittlerer bis mittelhoher Technologieintensität spezialisiert (Janger, 2012; Janger et al., 2011; Peneder, 2001), durch hohe Qualität und forschungsgetriebene Modernisierung in diesen Branchen aber wirtschaftlich wettbewerbsfähig (Janger, Schubert, et al., 2017), was zum Begriff des „Österreich-Paradoxons“ (Peneder, 2001) führte. Die Spezialisierung Österreichs veränderte sich über die Zeit, aber Übersicht 4 zeigt, dass die Topbranchen gemessen an Spezialisierungsindikatoren zu Patenten, Güterexport und Wertschöpfungsanteilen nach wie vor eher in Bereichen mittlerer bis mittelhoher Technologieintensität zu finden sind, wie elektrischen Ausrüstungen, Maschinenbau, Schienenfahrzeuge oder Metallerzeugung. In den Tabellen in Anhang 7.1 wird die gesamte Liste der Bereiche dargestellt. Im high-tech Bereich haben insbesondere die elektronischen Komponenten bzw. Halbleiterpatente zugelegt, in denen Österreich jetzt teils spezialisiert ist. In der Biotechnologie, bei Pharma und Medizintechnik zeigt sich außer bei Exporten aber nach wie vor keine Spezialisierung, trotz der zahlreichen etablierten Unternehmen und Start-ups, die in diesem Bereich in Österreich aktiv sind.

Übersicht 4: **Top-15 Spezialisierungen Österreichs**

RTA (Technologiespezialisierung)		RCA (Handelsspezialisierung)			RVA (Wertschöpfung)		F&E Intensität
Technologiefelder	Ø 2018-2020	Produkt-Code	Produktbezeichnung	Ø 2021-2022	NACE 3-Steller	2021	
Bauwesen	2,36	86	Schienefahrzeuge; Gleismaterial; mechan.Signalgeräte	6,02	Beherbergung	2,71	Low
Werkzeugmaschinen	2,10	93	Waffen und Munition; Teile davon und Zubehör	4,44	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2,68	Medium-low
Möbel, Spiele	1,78	83	Verschiedene Waren aus unedlen Metallen	4,03	Getränkeherstellung	2,38	Medium-low
Elektrische Maschinen, Geräte, Energie	1,74	44	Holz und Holzwaren; Holzkohle	3,84	Gewinnung v. Erdöl- und Erdgas	2,37	Medium-low
Makromolekulare Chemie, Polymere	1,67	48	Papier und Pappe; Waren aus Papierhalbstoff, Papier/Pappe	3,51	Metallerzeugung und -bearbeitung	2,20	Medium
Handhabung	1,62	22	Getränke, alkoholhaltige Flüssigkeiten und Essig	3,37	H.v. Papier/Pappe und Waren daraus	1,68	Medium-low
Andere Spezialmaschinen	1,57	55	Synthetische od. künstliche Spinnfasern	3,25	Gewinnung v. Steinen; sonst. Bergbau	1,58	Medium-low
Textil- und Papiermaschinen	1,40	81	Andere unedle Metalle; Cermets; Waren daraus	2,98	H.v. Möbeln	1,56	Medium-low
Grundlegende Kommunikationsprozesse	1,40	30	Pharmazeutische Erzeugnisse	2,10	Hochbau	1,52	Low
Halbleiter	1,37	76	Aluminium und Waren daraus	2,04	H.v. elektrischen Ausrüstungen	1,51	Medium-high
Werkstoffe, Metallurgie	1,32	73	Waren aus Eisen oder Stahl	2,00	Abwasserentsorgung	1,47	Low
Umwelttechnik	1,22	68	Waren a.Steinen, Gips, Zement, Asbest, Glimmer uä. Stoffen	1,91	Tiefbau	1,43	Low
Verkehr	1,21	84	Kernreaktoren, Kessel, Maschinen, mech. Geräte; Teile davon	1,44	Maschinenbau	1,38	Medium-high
Mechanische Elemente	1,20	87	Zugmaschinen, Kraftwagen, -räder, Fahrräder; Teile davon	1,42	Grundstücks- und Wohnungswesen	1,38	Low
Oberflächentechnik, Beschichtung	1,14	39	Kunststoffe und Waren daraus	1,32	H.v. Metallerzeugnissen	1,32	Medium-low

Q: PATSTAT, Autumn 2023; IPC -Technology Concordance (2023); Eurostat SBS; BACI-Datenbank; WIFO-Berechnungen. -) Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt

3.2 Bisherige Evidenz zur Position Österreichs in Schlüsseltechnologien

Die Recherchen nach einschlägiger Fachliteratur haben gezeigt, dass die vorhandene empirische Evidenz zu Spezialisierungsmustern und Stärkefeldern in Schlüsseltechnologien mit einer Schwerpunktsetzung auf Österreich dünn gesät ist¹.

Studien, die den Fokus ausschließlich auf die Positionierung Österreichs im Bereich Schlüsseltechnologien umfassen bspw. Reinstaller (2014), der basierend auf einer Analyse der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Wirtschaftszweige und Technologiefelder der Sachgütererzeugung Potenziale zur Stärkung der industriellen Basis Österreichs ermittelt. Österreich ist demnach in den Bereichen fortgeschrittene Werkstoffe und Produktionstechnologien sowie Umwelttechnik spezialisiert, die Mikroelektronik ist trotz der hohen Förderungen jedoch weit von einem Stärkefeld entfernt.

Leitner et al. (2015) analysieren Österreichs Spezialisierung in Wissenschaft, Technologie und Wirtschaft anhand breiter Klassifikationen wie in Übersicht 4 dargestellt, ohne Bezug auf Schlüsseltechnologiefelder. Sie kommen zu ähnlichen Ergebnissen, in der Form dass Österreich überwiegend auf Bereiche nominell mittlerer bis mittelhoher Wissensintensität spezialisiert ist.

Ciffolilli und Muscio (2018) orten auf Basis der aus dem 7. Europ. Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (FP7) unter österreichischer Beteiligung bezogenen Projektmitteln, relative Stärkefelder Österreichs in den Bereichen „Cybersecurity“, „Augmented reality“, „Big Data and Analytics“ und „Additive manufacturing“. Wanzenböck et al. (2020) untersuchen die sich im Rahmen von FP7-Projekten formierten länderübergreifenden F&E-Kooperationsnetzwerke in KETs-Technologien auf Nuts2-Ebene. Als besonders zentral erweisen sich in den einzelnen technologiespezifischen Kooperationsnetzwerken die Bundesländer Oberösterreich für Mikro- und Nanoelektronik, fortgeschrittenen Fertigungstechnik und fortgeschrittene Werkstoffe sowie die Steiermark und Oberösterreich bei Biotechnologie.

4. Aktuelle Positionierung in Schlüsseltechnologien

Abbildung 1 kombiniert Spezialisierungsindikatoren nach Exportgütern (RCA – Revealed Comparative Advantage) und nach Patenten (RTA – Revealed Technological Advantage) in den ATIs und zwei Bereichen der Umwelttechnologien, Umwelttechnikgüter und erneuerbare Energien, da nach Handelsdaten nur diese beiden verfügbar sind. Spezialisierung nach Handel und Patenten kann aus inhaltlichen oder aus statistischen Gründen auseinanderfallen. So kann ein Land z.B. über die Forschungszentren von Unternehmen in einer Schlüsseltechnologie verfügen, die viele Patente anmelden, während die Produktion in einem anderen Land stattfindet, und umgekehrt.

Im Rahmen dieses Policy Briefs wurden auch erstmals österreichische Patentanmeldungen (nach Sitz der anmeldenden Organisation, Person) mit -erfindungen (nach Sitz des/r Erfinder:in)

¹ Eine Ausnahme stellt der von der von der Europäischen Kommission im Jahr 2021 veröffentlichte Bericht, der für die EU27-Länder und eine Reihe weiterer Länder die Stärkefelder und die Diffusion von ATI-Technologien beleuchtet. Siehe dazu EC (2021).

verglichen. Bisher wurde davon ausgegangen, dass es mehr österreichische Erfindungen als Anmeldungen gibt, da Österreichs Forschung von Töchtern multinationaler Konzerne geprägt wird, die zwar Forschung in Österreich betreiben, aber die Resultate als Patente im Ausland anmelden. Nach Prüfung der Daten trifft dies nur auf wenige Felder zu – im Gegenteil gibt es oft mehr Patente nach Anmelder als nach Erfinder (Übersicht A 6 und Übersicht A 7 im Anhang). Daher werden nachfolgend immer Zahlen nach Anmelder gezeigt.

Unternehmen können sich auch auf Forschung konzentrieren und ihre Patente lizenzieren; oder die Klassifikation von Produktkategorien im Handel und von Patenten in Technologiefeldern ergibt ungleiche Schnittmengen – die Einstufung von Produkten und die Zuordnung von Patenten zu bestimmten Technologiefeldern kann fehlerbehaftet sein. Gleichzeitig ist im Zusammenhang mit Patenten darauf hinzuweisen, dass diese zwar ein robuster Indikator für die Innovationsaktivitäten in einem bestimmten Technologiefeld sind, geistige Eigentumsrechte an technischen Erfindungen jedoch nicht sicherstellen, dass es tatsächlich zu einer kommerziellen Verwertung des neuen Produkts oder der Dienstleistung kommt.

In Abbildung 1 zeigen sich drei Gruppen von Detail-Schlüsseltechnologien. Eindeutige Stärken mit Spezialisierung (Werte über 1, Quadrant rechts oben) nach sowohl Handel- als auch Patentindikatoren sind die fortschrittlichen Werkstoffe (2.1), die dazu führen, dass auch der Oberbereich Materialtechnologien (2) ein Stärkefeld ist. Weitere Stärken mit hoher Erfindungs- und Exportaktivität sind die fortschrittlichen Produktionstechnologien (1.1) und Umwelttechnologien, im Einklang mit Reinstaller (2014).

- Fortschrittliche Werkstoffe (2.1)
- Fortschrittliche Produktionstechnologien (1.1)
- Umwelttechnologien

In Abbildung 1 sind nur jene Umwelttechnologien ausgewiesen, für die es sowohl Handels- als auch Patentdaten gibt. Für Umwelttechnologien gibt es detailliertere Patentdaten (Tabelle Anhang), die zeigen, dass Österreich v.a. im Unterbereich Transport hoch spezialisiert ist, über allen Vergleichsländern. Unternehmen, die hier aktiv sind, sind Siemens, Plasser&Theurer und AVL List, die mit Technologien für Bahn und KfZ punkten.

Weiters gibt es **Teilstärkefelder**, in denen sich eine Spezialisierung entweder nur bei Patenten oder im Export zeigt, die aber relativ nahe an der Spezialisierung bei Patenten oder im Export sind. Dazu zählen mit Exportspezialisierung die industrielle Biotechnologie und erneuerbare Energien, mit Erfindungsspezialisierung die Photonik und das Internet der Dinge. In der Gruppe mit Exportspezialisierung könnten durch verstärkte Innovationsaktivitäten, die Beanreicherung von Forschung und anderen Instrumenten z.B. die Wissensbasis gestärkt werden, die dann mittelfristig auch einer Spezialisierung nach Erfindungen führt. Umgekehrt könnten in der Gruppe nach Patentspezialisierung die Beanreicherung von Produktion oder Export oder allgemein Rahmenbedingungen, die Produktion und Export begünstigen, mittelfristig zu einer Exportspezialisierung führen.

- Exportspezialisierung: Industrielle Biotechnologie (3), erneuerbare Energien
- Patentspezialisierung: Photonik (1.2), Internet der Dinge (4.4)

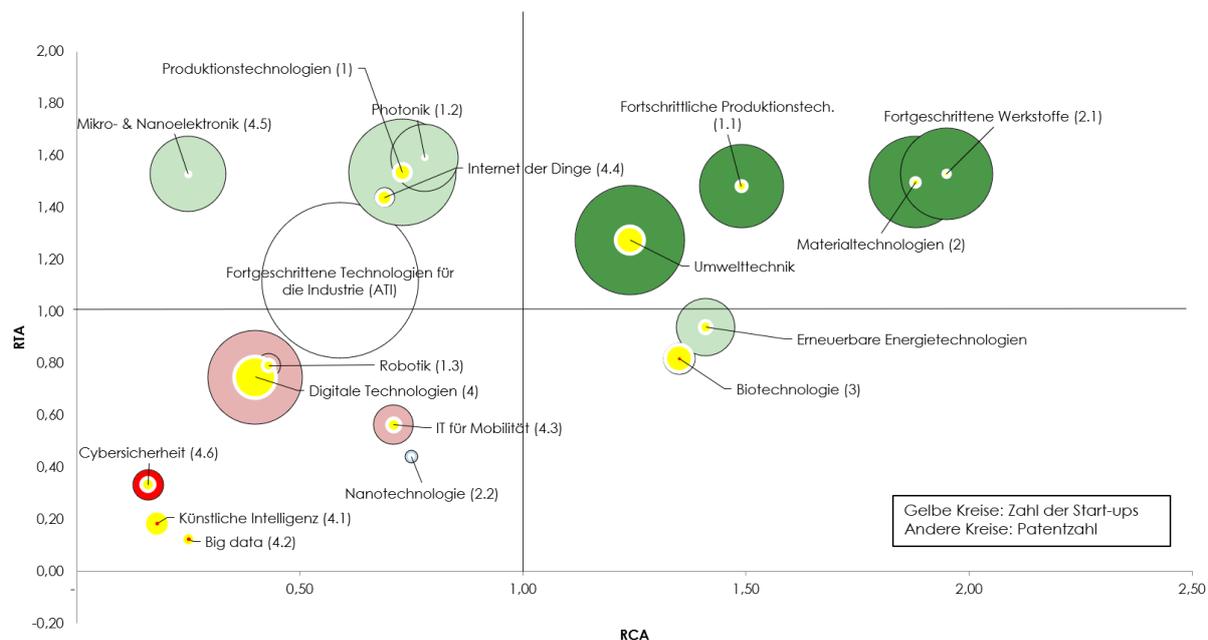
Eine Ausnahme stellt die Mikro- und Nanoelektronik dar, die zwar Erfindungsspezialisierung aufweist, aber von einer Handelsspezialisierung noch weit entfernt ist. Allerdings zeigt dieser Bereich seit 2008 die am stärksten positive Entwicklung bei der Erfindungstätigkeit (Übersicht **6**), auch die Qualität der Patente gemessen an der durchschnittlichen Zitationshäufigkeit liegt über dem Schnitt der Vergleichsländer (Übersicht A 8 im Anhang). In diesem Bereich gibt es zudem große forschungsintensive Unternehmen mit Produktion in Österreich (Übersicht **5**). Die mangelnde Handelsspezialisierung könnte auch auf eine global sehr konzentrierte Mikro- und Nanoelektronik etwa in Taiwan oder Südkorea (RCA über 4) zurückzuführen sein. In Europa liegen Deutschland und die Niederlande etwas über Österreich, Dänemark, Finnland, Schweden und die Schweiz allerdings darunter (Übersicht A 11 und A12). Die Stärkung der Innovationsaktivitäten könnte daher mittelfristig auch zu stärkerer Exportaktivität führen.

Schließlich gibt es eine dritte Gruppe **eindeutiger Schwächen** im linken unteren Quadranten mit Spezialisierung weder nach Patenten noch nach Exporten, unterteilt in zwei Untergruppen: eine unterdurchschnittliche Gruppe (Robotik, IT für Mobilität, Nanotechnologie) und eine Gruppe, die abgeschlagen überall sehr niedrige Werte aufweist, genau bei den nach Kroll et al. (2022) fundamentalen Treibern der wirtschaftlichen Transformation künstliche Intelligenz, Big Data und digitale Sicherheit. Zwar könnten Patent- und Exportdaten schlecht geeignet sein, um diese abgeschlagenen Technologien zu identifizieren, aber diese Probleme treffen auch auf andere Länder zu.

- Unterdurchschnittlich: Robotik (1.3), IT für Mobilität (4.3), Nanotechnologie (2.2)
- Abgeschlagen: Künstliche Intelligenz (4.1), Big Data (4.2), Cybersicherheit (4.6)

Soweit durch die Interviews mit den Technologieplattformen abgedeckt, werden diese Ergebnisse bestätigt, mit den Hinweisen auf die unscharfen Abgrenzungen der Technologien.

Abbildung 1: **Schlüsseltechnologien in Österreich – Spezialisierungsmuster auf Basis von Patent- und Handelsdaten**



Q: PATSTAT, Autumn 2023, PATSTAT, Autumn 2022; European Commission (2020); WIPO (2024); Dealroom; WIFO-Berechnungen.; -) Patentanmeldungen beim europäischen Patentamt-)ProduktionsTech = Produktionstechnologien; Mikro- / Nano = Mikro- & Nanoelektronik; AdvProduktionsTech = Fortschrittliche Produktionstechnologie; Material Tech = Materialtechnologie; Bio Tech = Biotechnologie; Digital Tech = Digitale Technologien; Nano Tech = Nanotechnologie; Cyber = Cybersicherheit; Künstliche Int. = Künstliche Intelligenz Erneuerbare Energie: RTA=Alternative Energieproduktion; Umwelttechnikgüter: RTA=Grüne Technologie exkl. Kernenergieerzeugung.

Diese Ergebnisse müssen durch weitere Ergebnisse auf Unternehmensebene angereichert werden. Übersicht 4 führt die numerischen Werte zusammen und ergänzt die fünf meistpatentierenden Unternehmen sowie die Zahl aller aktiven Start-up nach Dealroom. Sie ist jedenfalls mit Vorsicht zu interpretieren und kann nur eine grobe Information liefern. Außerdem enthält die Tabelle die Zahl der Patente in den Schlüsselfeldern und die Anteile am österreichischen Gesamtexport, um die unterschiedlichen Größen der Felder zu verdeutlichen.

Während die drei ATI-Oberbereiche und die Umwelttechnologien insgesamt von ihrer Größe her ähnlich sind mit 500-680 Patenten in den Jahren 2018-2020, kommt die industrielle Biotechnologie nur ca. auf ein Zehntel dieser Zahl. Auf Ebene der Detailfelder stechen einige sehr kleine Felder heraus: Nanotechnologie und Big Data (je 8 Patente), Internet der Dinge (20 Patente), Robotik und künstliche Intelligenz (je 30 Patente), etwas mehr bei Cybersicherheit (52 Patente) und IT Mobilität (87). Damit sind die Schwachfelder Österreichs nicht unbedingt der schwachen Wettbewerbsfähigkeit großer, auf diese Schlüsseltechnologien spezialisierter Unternehmen zu verdanken, sondern eher ihrem Fehlen wie bei Big Data und Robotik, selbst wenn es dort global erfolgreiche Nischenplayer gibt wie z.B. FeRobotics. Am meisten in künstlicher Intelligenz patentiert AVL List, an zweiter Stelle steht schon ein Quanten-Softwarestart-up, ParityQc, dahinter folgen Siemens und Infineon. Die drei Großunternehmen sind keine spezialisierten KI-IT-Firmen, wie etwa Google, OpenAI oder Meta.

Bemerkenswert ist zudem die Patentaktivität von Großunternehmen in mehreren Schlüsseltechnologien. Zumtobel und das dazugehörige Tridonic sind nicht nur im Kernbereich Photonik aktiv, sondern auch bei IT für Mobilität und Mikro- & Nanoelektronik (Übersicht A 9 im Anhang zeigt auch die Ränge 6-10 sowie die Zahl der Patente), die qualitativen Interviews bestätigend. Das nach Forschungsausgaben größte in heimischem Besitz stehende Unternehmen, die AMS (siehe Abbildung 3), ist sowohl in der Mikro- und Nanoelektronik, IT für Mobilität (z.B. Sensoren für Kfz), fortschrittlichen Produktionstechnologien, Photonik und Energieeffizienz unter den in Schlüsseltechnologien top-patentierenden Unternehmen Österreichs. Ähnliches gilt für Infineon oder AT&S. Unterschiedliche Technologiefelder zahlen damit in die Wettbewerbsfähigkeit desselben Unternehmens ein. Dies wird auch durch die im Rahmen des Projekts durchgeführten Interviews bestätigt. Auffallend ist weiters, dass Universitäten unter den Top-10 patentierenden Organisationen Österreichs auftauchen, selbst in größeren Feldern – so befindet sich die TU Wien an 6. Stelle fortschrittlicher Werkstoffe, an 2. Stelle in der (kleinen) „industriellen“ Biotechnologie, in der auch noch die BOKU und die TU Graz zu finden sind.

Die Zahl der Start-ups wird nach zwei unterschiedlichen Klassifikationen gezeigt, bzw. nach zwei unterschiedlichen Methoden der Zuordnung zu Schlüsseltechnologien. Es verbleibt zudem ein großer nicht zuordenbarer Rest, allerdings ist dies zu erwarten, da Schlüsseltechnologien eben nur ein selektiver Ausschnitt des gesamten Wirtschaftsgeschehens darstellen. Nach beiden Methoden zeigt sich allerdings überraschend fast eine diametral entgegengesetzte Aktivität relativ zur Aktivität nach Patent- und Handelsindikatoren. Die meisten Start-ups sind in der künstlichen Intelligenz und der industriellen Biotechnologie zu finden. Auch bei Big Data, Cybersicherheit, Robotik und IT für Mobilität finden sich mehr Start-ups als in den Feldern, in denen in Österreich viele Patente angemeldet werden, etwa bei Werkstoffen oder Produktionstechnologien. Dies hängt auch damit zusammen, dass Werkstoffe, Produktionstechnologien oder etwa auch Mikro- und Nanoelektronik eher hardwaregetrieben sind, während die genannten Felder v.a. auf Software basieren (siehe die Klassifikation von Kroll et al., 2022, oben, zu den drei Gruppen an Schlüsseltechnologien). Damit sind weniger Fixkosten und Kapitalinvestitionen notwendig, um ein Start-up zu gründen. Zu beachten ist, dass ein Start-up im Bereich künstliche Intelligenz in Österreich idR nicht selbst generative AI entwickelt, sondern eher AI für bestimmte Zwecke einsetzt („AI für/in/um...“), wie aus der Analyse der Tätigkeit der Start-ups herauszulesen ist.

Auch das Zukunftspotenzial der Start-ups ist schwer einzuschätzen – sie könnten scheitern (wie z.B. das im Unternehmensranking nach Patenten in der Robotik führende Unternehmen Robotart), ihre Technologie verkauft werden oder ein kleines Forschungsdienstleistungsunternehmen bleiben. Rege Start-up-Aktivität weist damit nicht zwingend auf eine Schlüsseltechnologiestärke hin. Außerdem fehlt hier der internationale Vergleich, der in diesem Projekt zu aufwändig gewesen wäre. Dennoch bietet der Blick auf Start-ups eine wertvolle komplementäre Information, um Österreichs Position in Schlüsseltechnologien einzuschätzen. Die nach Patent- und Handelsindikatoren Schwachfelder Österreichs sind wohl stark auf fehlende große, spezialisierte Unternehmen („superstar firms“) zurückzuführen, ein Bild, das Österreich mit der EU insgesamt teilt, das einen Mangel an großen IT-Firmen aufweist (Draghi, 2024; Veugelers & Cincera, 2010).

Übersicht 5: Österreichs Position in Schlüsseltechnologien

	RTA	Patentzahl	RCA	Exportanteil	Top5 Unternehmen	Anzahl Start-ups	
	Ø 2018-2020	2018-2020	Ø 2017-2022	Ø 2017-2022	2015-2023	WIFO	Nach EU*
ATI	1,1	1.384	0,6	6,0	Borealis; AT&S; Infineon; Zumtobel; ZKW	-	-
Grüne Technologie	1,3	682	1,2	9,4	AVL List; Jenbacher; Borealis; BWT; Lenzing	-	-
ATI-Ebene 1							
Produktionstechnologien (1)	1,5	643	0,7	2,6	Zumtobel; Infineon; Tridonic; ZKW; AT&S	22	37
Materialtechnologien (2)	1,5	481	1,9	0,9	Borealis; Voest; Refractory; Plansee; Mondi	7	7
Biotechnologie (3)	0,8	54	1,4	0,3	Annikki; TU Wien; Lexogen; Ares Genetics; BOKU Uni Wien	50	41
Digitale Technologien (4)	0,7	501	0,4	3,2	Infineon; AT&S; AMS; EV; Tridonic	110	175
ATI-Ebene 2							
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	1,5	396	1,5	1,2	Infineon; AT&S; EV; Voest; Borealis	9	16
Photonik (1.2)	1,6	256	0,8	0,9	Zumtobel; Tridonic; ZKW; AMS; H4X E.U.	2	3
Robotik (1.3)	0,8	30	0,4	0,8	Robart; Ferrobotics; TGW Logistics; Keba; Wittmann	11	18
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	1,5	475	2,0	0,9	Borealis; Voest; Refractory; Plansee; Mondi	5	1
Nanotechnologie (2.2)	0,4	8	0,8	0,1	EV; Usound; AT&S; Stratec; Fianostics	2	6
Industrielle Biotechnologie (3.1)	0,8	54	1,4	0,3	Annikki; TU Wien; Lexogen; Ares Genetics; BOKU Uni Wien	50	41
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,2	30	0,2	0,9	AVL List; Parity Quantum; Siemens; Infineon; Eeyes	45	90
Big data (4.2)	0,1	8	0,3	0,2	AVL List; Siemens; Cortical.io; Infineon; Eeyes	15	31
IT für Mobilität (4.3)	0,6	87	0,7	0,3	AMS; Kapsch; AVL List; Riegl; Tridonic	14	20
Internet der Dinge (4.4)	1,4	20	0,7	1,7	Seibersdorf; Primetals; SES-Imagotag; Sanlas ; AIT	19	18
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	1,5	322	0,3	1,0	Infineon; AT&S; EV; AMS; Lam Research	3	0
Cybersicherheit (4.6)	0,3	52	0,2	0,2	Skidata; AIT; Authentic Vision; Riddle & Code; SES-Imagotag	14	16

Grüne Technologie-Ebene 1

Transport	1,8	194	-	-	Siemens; Innova Patent; Plasser & Theurer; Knorr-Bremse; AVL List	22	--
Abfallwirtschaft	1,4	151	-	-	AVL List; Borealis; BWT; Lenzing; Jenbacher	6	-
Energieeinsparung	1,1	203	-	-	Tridonic; Omicron; Infineon; Fronius; AVL List	15	-
Erneuerbare Energieerzeugung	0,9	189	1,4	3,7	AVL List; Borealis; Miba Gleitlager; AMS; Uni Wien	12	-
Land-/Forstwirtschaft	0,7	16	-	-	Green Innovation; AIT; Erber; Curasolutions; Oget Innovations	10	-
Kernenergieerzeugung	0,5	6	-	-	Schreiber Sylvia; Infineon; Med Uni Graz; Plansee; Ims Nanofabrication	0	-

Q: PATSTAT, Autumn 2023, PATSTAT, Autumn 2022; European Commission (2020); WIPO (2024);BACI; Dealroom; WIFO-Berechnungen.; Fortschrittliche Produktionstech= Fortschrittliche Produktionstechnologie; Erneuerbare Energie: RTA=Alternative Energieproduktion; Umwelttechnikgüter: RTA=Grüne Technologie exkl. Kernenergieerzeugung. -) Land nach Patentanmelder zugeordnet. *Izszak et al., 2021, S. 108.

Übersicht 6: Veränderung der Spezialisierung nach RCA (ø 2017-2018 vs. ø 2021-2022) und RTA (ø2008-2010 vs. ø2018-2020)

Technologiefeld	RTA		RCA	
	ø2018-2020	Δ2008-2010	ø2021-2022	Δ2017/2018-2021/2022
Grüne Technologie	1,28	0,03	1,24	-0,02
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)	1,12	-0,05	0,58	-0,06
ATI-Ebene 1				
Produktionstechnologien (1)	1,54	0,16	0,71	-0,05
Materialtechnologien (2)	1,50	-0,01	1,75	-0,26
Biotechnologie (3)	0,82	-0,16	1,59	0,42
Digitale Technologien (4)	0,75	0,08	0,37	-0,09
ATI-Ebene 2				
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	1,48	0,46	1,55	0,12
Photonik (1.2)	1,59	-0,23	0,77	-0,02
Robotic (1.3)	0,79	-0,39	0,39	-0,10
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	1,53	-0,02	1,81	-0,28
Nanotechnologie (2.2)	0,44	0,09	0,66	-0,19
Industrielle Biotechnologie (3.1)	0,82	-0,16	1,59	0,42
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,18	-0,99	0,18	-0,03
Big data (4.2)	0,12	-0,12	0,26	0,02
IT für Mobilität (4.3)	0,56	-0,11	0,70	-0,08
Internet der Dinge (4.4)	1,44	0,60	0,62	-0,20
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	1,53	0,75	0,25	-0,03
Cybersicherheit (4.6)	0,33	-0,06	0,15	-0,02

Grüne Technologie Ebene 1

Transport (5)	1,83	-0,18	-	-
Abfallwirtschaft (6)	1,38	0,17	-	-
Energieeinsparung (7)	1,12	-0,10	-	-
Alternative/erneuerbare Energieerzeugung (8)	0,94	-0,13	1,48	0,12
Landwirtschaft/Forstwirtschaft (9)	0,73	-0,51	-	-
Kernenergieerzeugung (10)	0,54	0,54	-	-

Q: PATSTAT, Autumn 2023, PATSTAT, Autumn 2022; European Commission (2020); WIPO (2024);BACI; WIFO-Berechnungen

Trotz der Detailinformationen zu Unternehmen bleibt unklar, worin die technologische Anwendung genau besteht, etwa ob die Stärke in Photonik auf eine generelle Beherrschung der Technologie zurückgeht, die auch breiter anwendbar wäre, oder sehr stark am Unternehmen Zumtobel (und Tridonic) hängt und dem spezifischen Einsatz für deren Produkten, wie z.B. modernen LED-Autoscheinwerfern. Könnten im Fall des Scheiterns der Unternehmen etwa Photonik-Kompetenzen auch in anderen Branchen zum Einsatz kommen? Solche Fragen könnten nur in Detailinterviews mit Forscher:innen der Unternehmen beantwortet werden.

Weitere relevante Informationen, nimmt man den Förderumfang einer Schlüsseltechnologie als Indikator für ihre Größe, stammen von den Förderdaten der FFG 2020-2023, die ihre Förderungen nach selbst gewählten Themen (Subject Index Codes, SIC) klassifiziert (Übersicht 7; die Zuordnung der FFG-SIC zu den Schlüsseltechnologiefeldern ist in Übersicht A 1 im Anhang). Teils entsprechen diese den obigen Schlüsseltechnologiefeldern, teils jedoch nicht. Ähnlich wie bei den Start-ups ist hier große Vorsicht bei der Interpretation geboten. Es zeichnet sich im groben Bild aber eine hohe Bedeutung der Förderung fortschrittlicher Produktionstechnologien im Einklang mit der Größe des Technologiefelds nach Patent- und Handelsindikatoren ab. Fortschrittliche Werkstoffe erreichen dagegen einen niedrigeren Anteil an der Gesamtförderung der FFG, ebenso der Umweltbereich. Die Mikro- und Nanoelektronik hingegen einen hohen Anteil. Dies dürfte die stark gestiegene Innovationsaktivität in diesem Bereich widerspiegeln. Digitale Technologien konnten oft nicht im Detail zugeordnet werden, sondern nur auf der Gesamtebene Digitale Technologien, die den höchsten Anteil mit knapp 30% erzielt. Die Zahlen unterscheiden sich etwa vom FFG Jahresbericht 2022, in dem Produktionstechnologien knapp 3% der Förderungen (ohne Breitband) ausmachen (19,8 Mio. Euro relativ zu 694), digitale Technologien 4% sowie Umwelt und Energietechnologien knapp 12%.

Übersicht 7: Approximative Verteilung von FFG-Förderungen auf Schlüsseltechnologien, 2020-2023

Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)		Umwelttechnik	
	Anteil		Anteil
Gesamt	51,0%	Gesamt	3,6%
(1) Produktionstechnologien	16,3%	(5) Transport	-
(1.1) Fortschrittliche Produktionstechnologien	15,7%	(6) Abfallwirtschaft	-
(1.2) Photonik		(7) Energieeinsparung	2,2%
(1.3) Robotik	0,6%	(8) Alternative Energieerzeugung	1,0%
(2) Materialtechnologien	4,6%	(9) Landwirtschaft/Forstwirtschaft	-

(2.1) Fortgeschrittene Werkstoffe	4,3%	(10) Kernenergieerzeugung	-
(2.2) Nanotechnologie	0,2%		
(3) Industrielle Biotechnologie	1,1%		
(3.1) Industrielle Biotechnologie	1,1%		
(4) Digitale Technologien	29,2%		
(4.1) Künstliche Intelligenz	-		
(4.2) Big data	-		
(4.3) IT für Mobilität	-		
(4.4) Internet der Dinge	-		
(4.5) Mikro- & Nanoelektronik	14,6%		
(4.6) Cybersicherheit	-		

Q: FFG, WIFO-Zuordnung (siehe Übersicht A 1 im Anhang) und -Berechnungen.

Relevant können in Zukunft auch Förderprogramme des FWF zu nennen, z.B. excellent=austria, in dem die Cluster „Quantum Science Austria“, „Bilaterale künstliche Intelligenz“, sowie „Materialien für Energiekonversion und Speicherung“ eine thematische Nähe zu einzelnen ATI-Technologiefeldern und auch Grünen Technologien aufweisen. Auch bottom-up finden seitens der österreichischen Hochschullandschaft Aktivitäten statt, die strategische thematische Schwerpunktsetzungen und die Bündelung von Ressourcen und Kapazitäten in zukunftssträchtigen Forschungsfeldern adressieren. Die TU Wien hat sich zB zum Schwerpunkt Materials and Matter (und wie oben gezeigt, erzielt sie dort viele Patente) sowie Information and Communication Technologies gesetzt, ähnlich die TU Graz zB mit Advanced Materials Science, Mobility & Production.

Abschließend betonen wir nochmals das Ergebnis der Interviews mit den Technologieplattformen, dass Schlüsseltechnologien keine disjunkten Felder darstellen. In vielen Fällen könnten spezifische technologische Stärken und Potenzialbereiche erst durch Verbindung unterschiedlicher Schlüsseltechnologien sichtbar bzw. wirksam werden. Die erfolgreiche Entwicklung eines neuen Leistungschips auf Gallium Nitrid Basis durch Infineon Austria sei z.B. nur durch die Interaktion zwischen den Schlüsseltechnologien Mikro- und Nanoelektronik sowie Werkstoffe möglich gewesen.

Während österreichische Unternehmen Technologien wie künstliche Intelligenz nicht an der globalen Frontier weiterentwickeln, so werden sie doch in etablierten Stärken Österreichs wie Werkstoffe, Sondermaschinenbau, Umwelttechnik oder Erneuerbare Energie eingesetzt, um wettbewerbsfähig zu bleiben. So setzt bspw. die Firma Rubble Master² (Marktführer für Bauschutt-Recycling-Maschinen aus Ansfelden, Oberösterreich) für seine Maschinen sowohl weltweit eine datengestützte Überwachung als auch maschinelles Lernen ein, um auf Basis der Betriebsdaten Produktinnovationen zu schaffen. Für die FTI-Politik bedeutet dies z.B., nicht nur Forschung an der Frontier zu fördern, sondern Unternehmen beim Einsatz neuer Schlüsseltechnologien zu unterstützen. Die vorliegende quantitative Analyse Österreichs stellte mehr auf die Forschung an der Frontier ab, weniger auf den Einsatz von Schlüsseltechnologien in etablierten

² <https://www.rubblemaster.com/de/>

Industrien. Von den weniger stark bewerteten Schlüsseltechnologiefeldern ist eine wichtige Rolle als Enabler für Innovationen in den etablierten wirtschaftlich-technologischen Stärkefeldern Österreichs auch im Bereich der großen Herausforderungen mit Hinblick auf Klimawandel und Kreislaufwirtschaft zu erwarten.

5. Handlungsoptionen zur Stärkung von Schlüsseltechnologien

ATI-Schlüsseltechnologien sind von ihrer Definition her breit anwendbar, sie sind Querschnittstechnologien die in vielen unterschiedlichen angestammten Branchen oder in Kombination mit bestehenden Technologien zum Einsatz kommen können: sog. „Innovationskomplementaritäten“, wie etwa die Nutzung künstlicher Intelligenz in Forschungsaktivitäten, kann zu hohen Produktivitätssteigerungen in den F&E-Aktivitäten der Einrichtungen führen, die Querschnittstechnologien anwenden (Helpman, 1998). Umweltschlüsseltechnologien sind nicht unbedingt Querschnittstechnologien, aber zentral zur Bekämpfung des Klimawandels. Grundsätzlich sind deshalb alle untersuchten Schlüsseltechnologien für Österreich relevant. Anstrengungen zur Beherrschung, zum Einsatz und zur Weiterentwicklung von Schlüsseltechnologien entfalten damit besonders hohe positive volkswirtschaftliche Externalitäten. Das Wissen und das Humankapital, das in den jeweiligen Einrichtungen aufgebaut wird, kann über unterschiedliche Wege, wie z.B. Arbeitskraftmobilität oder Innovationskooperationen, auch anderen Einrichtungen zugute kommen.

Hohe Externalitäten führen zu Marktversagen und rechtfertigen öffentliche Unterstützung von relevanten FTI-Aktivitäten, aber sie sind bei weitem nicht der einzige Grund für letztere. Zusätzlich können systemische Probleme beim Versuch der Nutzung von Querschnittstechnologien auftreten, wie z.B. der Mangel qualifizierter Arbeitskräfte oder geeigneter Forschungsinfrastruktur, der Lern- und Forschungsprozesse in Unternehmen behindert (Lundvall, 2010). Eine adäquate Politik zur Unterstützung von Schlüsseltechnologien benötigt daher einen breiten Ansatz, der unterschiedliche Instrumente integriert. Im Folgenden werden zunächst allgemeine und dann Schlüsseltechnologie-spezifische Hebel diskutiert.

5.1 Optionen für die allgemeine Förderung von Schlüsseltechnologien

Ein grundlegendes Design für FIT-politische Maßnahmen zur Förderung von Schlüsseltechnologien kann sich an mehreren Leitlinien ausrichten:

- Technologien nutzen vs weiterentwickeln
- Charakteristika des österreichischen FTI-Systems und Unternehmensbedürfnisse berücksichtigen (wo sind die „bottlenecks“?)
- Europäische Ebene einbeziehen
- Breiter Instrumenteneinsatz
- Mittelfristige Planbarkeit & Strategische Vorausschau
- Whole of Government Ansatz

Wir diskutieren diese im Anschluss.

- Technologien nutzen vs weiterentwickeln

Österreichische Unternehmen müssen nicht unbedingt selbst an der Erweiterung der globalen Forschungsfrontier in Schlüsseltechnologien mitarbeiten, außer sie produzieren selbst Schlüsseltechnologien, wie in der Mikroelektronik oder Photonik. Aber sie müssen neue Technologien für ihre angestammten Geschäftszwecke einsetzen können, um nicht an Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren, etwa durch die Anwendung von künstlicher Intelligenz oder Big Data-Technologien auf ihre bisherigen Geschäftsmodelle. Die Unterstützung der Absorptionsfähigkeit von Unternehmen, der Diffusion der neuen Technologien ist ebenso wichtig wie die Förderung von Forschung an der Frontier. Dies trifft insbesondere auf kleine Unternehmen zu, denen die Adoption neuer Querschnittstechnologien immer schwerer fällt als größeren Unternehmen (Cohen & Klepper, 1992, 1996). In mehreren Interviews mit Technologieplattformen (Anhang 7.4) wird auf die Notwendigkeit der Unterstützung von KMUs für den Einsatz neuer Querschnittstechnologien hingewiesen.

Eng damit verbunden ist die Begründung für öffentliche Unterstützung von Schlüsseltechnologien. Auf sie treffen oft sowohl Wettbewerbsfähigkeitslogik als auch gesellschaftliche Bedarfslogik zu, sei es Umweltschutz oder technologische Souveränität. Nur Technologien zu fördern oder Unternehmen, die an der Frontier sind, ist weder aus Wettbewerbsfähigkeits- noch aus gesellschaftlicher Bedarfslogik effektiv. Maßnahmen können an der Distanz zur technologischen Frontier ausgerichtet werden (Janger, 2024a), um die Erweiterung der Frontier oder das Aufholen zur Frontier zu begünstigen bzw. das Zurückfallen zu verhindern.

- Charakteristika des österreichischen FTI-Systems und Unternehmensbedürfnisse berücksichtigen – wo sind die „bottlenecks“?

FTI-politische Unterstützung von Schlüsseltechnologien erfolgt nicht im luftleeren Raum, sondern innerhalb eines in Österreich im internationalen Vergleich bereits besonders intensiv ausgebauten Unterstützungssystems. So ist die themenoffene Forschungsförderung etwa über Basisprogramm der FFG oder Forschungsprämie bereits sehr gut ausgebaut; zusätzlich gibt es zahlreiche themenspezifische, bzw. schlüsseltechnologierelevante Initiativen, von technologiespezifischen Förderprogrammen bis hin zum Infrastrukturaufbau. Der FTI-Pakt 2024-2026 nennt im Handlungsfeld 1.2.2. – angewandte Forschung und ihre Wirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft unterstützen – zahlreiche Maßnahmen und zu unterstützende Schlüsseltechnologien wie neue Werkstoffe, Nanotechnologie, Advanced Manufacturing, etc.³

Die gesamte finanzielle Forschungsförderung von Unternehmen (direkt und indirekt) ist nach OECD-Daten durchschnittlich doppelt so hoch wie bei den führenden Innovationsländern der EU. Von ihr profitieren besonders Stärkefelder, weil sich z.B. qualitativ hochstehende Projektanträge durchsetzen – eine themenoffene Förderung ist gleichzeitig immer auch eine Förderung bestehender Stärken, besonders im Bereich der direkten Förderung. Eine zusätzliche finanzielle Förderung insbesondere größerer Unternehmen, die die direkte Förderung und Forschungsprämie bereits intensiv nutzen, könnte daher nur geringe Erträge aufweisen. Auch in manchen im

³ https://www.bundestkanzleramt.gv.at/dam/jcr:894f23fe-25a3-4293-a74e-282858a1e79a/42_13_beilage.pdf

Rahmen dieses Policy Briefs durchgeführten Interviews (Anhang 7.4) wird erwähnt, dass das Forschungsfördersystem in seiner derzeitigen Form beibehalten werden sollte, mit Ausnahmen wie z.B. in der Photonik oder in der Nanotechnologie.

Wo sind nun **Flaschenhälse**, *bottlenecks* im österreichischen FTI-System, in denen auffällige „negative“ Unterschiede zu führenden europäischen Ländern bestehen?

Einige Interviews, aber auch größere Industriebefragungen des WIFO (Reinstaller et al., 2022) weisen auf die Bedeutung von *Ausbildung und Fachkräften* hin, ebenso wie Untersuchungen zur Häufigkeit des Auftretens von Innovationshemmnissen nach der Distanz zur Frontier: Unternehmen in innovationsstarken Ländern mit entwickelten Fördersystemen und/oder Kapitalmärkten führen weniger oft Kosten als Innovationshemmnis an, denn den Mangel an Fachkräften (Hözl & Janger, 2014). Gerade Schlüsseltechnologien erfordern oft neue Anstrengungen, Fachkräften auf allen Ebenen entsprechend zu qualifizieren.

Der verstärkte Aufbau von z.B. digitalen Basiskompetenzen müsste schon im vor-tertiären Schulsystem erfolgen. Während in der Unterstufe die digitale Grundbildung eingeführt wurde, sind etwa an allgemeinbildenden höheren Schulen in der Oberstufe nur ein Jahr Informatik in der fünften Klasse à 2 Stunden als Pflichtfach vorgesehen.⁴ Schüler:innen erwerben daher drei Jahre vor der Matura zum letzten Mal formale Informatikkenntnisse. Der Anteil von (Pflicht-)Informatik an allen Wochenstunden der Oberstufe beträgt beispielsweise in einem Wiener Gymnasium – selbst einem Realgymnasium – 1,6%,⁵ ca. einem Viertel von Religion (6,5%), oder einem Sechstel von Latein (Pflicht im nicht-real-Zweig, 9,8%). Der Anteil von Sprachen (Deutsch, Englisch, zweite lebende Fremdsprache, Latein) insgesamt (nicht-real-Zweig) beträgt 39,3%, in Fächern, die massiv von künstlicher Intelligenz betroffen sind. Der Anteil von Mathematik und Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik) beträgt nur 23,7%. Die Forderung des FORWIT⁶ nach einem durchgehenden Pflichtfach Informatik ist daher nur zu unterstützen, wenn frühzeitig digitale Grundkompetenzen gebildet werden sollen, wobei der Fokus nicht nur auf Programmieren liegen sollte (dafür könnte es vertiefende Wahlpflichtfächer geben), sondern auch auf dem breiten Einsatz digitaler Anwendungen und Programme.

Ein zentraler Ansatzpunkt für hochqualifizierte Fachkräfte sind insbesondere Fachhochschulen und Universitäten, besonders *technische Universitäten*. Diese sind bereits in wichtigen Schlüsselbereichen aktiv, wie die Analyse in diesem Brief zeigt, und betreiben nicht nur Forschung und Lehre, sondern patentieren auch zahlreiche Erfindungen. Die Ressourcen etwa der technischen Universitäten in Österreich liegen aber weit unter dem Niveau von führenden technischen Universitäten in starken Innovationsländern Europas (ganz zu schweigen von den USA) (Hofmann & Janger, 2023). So können ETH Zürich, EPFL Lausanne oder Imperial College London dreimal so viel relativ zur Größe ausgeben wie die TU Wien, etwa für neue Stellen in Schlüsseltechnologiebereichen, bessere Betreuungsverhältnisse oder mehr Doktorand:innen, die dann

⁴ <https://www.ahs-informatik.com/>

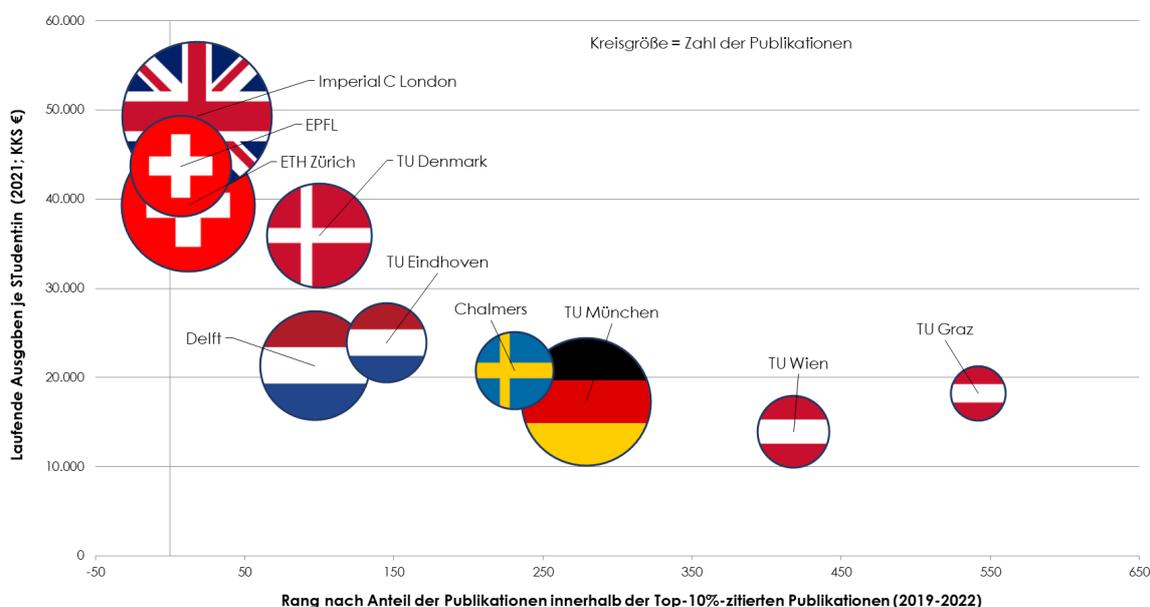
⁵ <https://www.ahs-rahlgasse.at/index.php/organisatorisches-oothermenu-37/studentafeln-oothermenu-40>

⁶ <https://fti-monitor.forwit.at/docs/pdf/R000003.pdf>

in die Industrie wechseln können. Auch die führenden TUs Schwedens (KTH, Chalmers), Dänemarks (TU Dänemark), der Niederlande (Eindhoven) oder Deutschlands (TU München) haben deutlich mehr Ressourcen zur Verfügung (Hofmann & Janger, 2023).

Abbildung 2 zeigt die TU Graz und die TU Wien im Vergleich mit führenden technischen Universitäten Europas, in puncto Ausgaben je Student:in zu Kaufkraftparitäten und Rang nach Anteil der Publikationen, die sich innerhalb der Top-10%-zitierten Publikationen befinden, ein rein bibliometrisches Maß für die Qualität der Forschungsleistung ohne Reputationssurvey. Die Größe der Kreise spiegelt die Zahl aller Publikationen wider. Es zeigt sich, dass die TU Graz und die TU Wien nicht nur weniger Ressourcen als die meisten anderen führenden Universitäten haben, sondern auch kleiner sind und beim Anteil der Top-Artikel weit zurückliegen. Die MU Leoben wird vom CWTS Leiden nicht erfasst, vermutlich weil zu klein.

Abbildung 2: **Führende technische Universitäten in Europa im Vergleich**



Source: CWTS Leiden Ranking 2024; ETER. WIFO-Berechnungen.

Mehr Ressourcen für die TUs könnten neben bestehenden Programmen wie Stiftungsprofessuren etwa gezielt in den Aufbau von Kompetenz und Nachwuchskräften in Schlüsseltechnologiebereichen investiert werden. Derzeit befindet sich nach dem Global AI Talent Tracker etwa keine österreichische Institution unter den Top 20 Forschungseinrichtungen für künstliche Intelligenz in Europa, wobei global nur die ETH Zürich und Oxford unter den 20 besten Institutionen

vertreten sind.⁷ Steigerung in den Rankings würden die TUs auch noch attraktiver für internationale Studierende machen, vorausgesetzt es werden englischsprachige Studien angeboten. Für nicht-EU-Bürger sind zudem unbürokratische Arbeitsgenehmigungen und Aufenthaltstitel notwendig. Zu beachten ist, dass die themenspezifische und zeitliche Einschränkung der Ausschreibung offener Stellen den Kandidat:innenkreis beschränkt und dadurch nicht immer die besten Talente rekrutiert werden. Nachdem es aber nicht nur um Spitzenforschung geht, sondern auch um den breiten Aufbau von Kompetenz und die Diffusion von Schlüsseltechnologien, könnte dies in Kauf genommen werden.

Zusatzressourcen für Schlüsseltechnologien an Universitäten sollten nicht breit gestreut an alle Universitäten vergeben werden, wenn ein Ziel auch die Attraktion internationaler Talente ist – „the institution is the brand“, (Henzinger, 2024, S. 24), Studierende möchten an einer bestimmten Institution studieren und wählen weniger nach einem bestimmten Studienprogramm aus. Relevante Ressourcen für Universitäten könnten etwa diskretionär über eine Anpassung der Fächerfinanzierung in der Universitätsfinanzierungsverordnung vorgenommen werden, wie es derzeit schon bei den Kunstuniversitäten der Fall ist (Hofmann & Janger, 2023): diese erhalten für eine:n Studierende:n in gleichlautenden Fächern 5mal mehr Geld als Studierenden an herkömmlichen Universitäten.

Mittel könnten aber auch wettbewerbsfähig sowohl über Basis- als auch Projektförderung vergeben werden. Z.B. können Universitäten Konzepte dafür vorlegen, die bewertet werden; in Belgien gibt es etwa den BOF (Bijzonder Onderzoeksfonds), eine Basisfinanzierung, die wettbewerbsfähig für strategische Forschung vergeben wird. Projektförderung könnte neben der FFG über neue Förderschienen des FWF abgedeckt werden: der FWF schüttet traditionell wenig für Technikdisziplinen aus. Ein eigenes Programm für Grundlagenforschung – oder nutzeninspirierte Grundlagenforschung – in Schlüsseltechnologien könnte besonders die TUs stärken und so auch zu einer weiteren Verbesserung der Forschungsexzellenz beitragen, die ihrerseits in die Attraktionswirkung einzahlt, nicht nur für Studierende, sondern auch für Unternehmen und Start-ups. Unternehmen siedeln sich in der Nähe forschungsstarker Universitäten an, gleichzeitig führt Forschungsstärke zu mehr eigener Kommerzialisierung der Forschung, dies ist empirisch gut belegt (für eine Übersicht siehe z.B. (Arnold et al., 2022; Calcagnini et al., 2014; Di Gregorio & Shane, 2003; Van Looy et al., 2011)). Insbesondere wissenschaftsbasierte Start-ups, wie Universitäts-Spin-offs, verfügen über Vorteile in der Kommerzialisierung neuer Technologien, weil ihre Gründer:innen in der Regel die Chancen neuer Forschungsergebnisse besser einschätzen können als Outsider und sie nicht um die Kannibalisierung bestehender Produktlinien fürchten müssen (Kolev et al., 2022). Die ETH Zürich produzierte 2023 z.B. 43 Spin-offs (Mundell, 2024), die TU Wien nur 5 lt. Uni:data.

Damit ist ein weiteres Entwicklungspotenzial angesprochen: im Vergleich mit führenden europäischen Ländern wird in Österreich nur halb so viel Risikokapital in Start-ups investiert, obwohl Europa insgesamt gegenüber den USA schon schlecht abschneidet (Janger & Slickers, 2023).

⁷ <https://macropolo.org/digital-projects/the-global-ai-talent-tracker/> Die ETH Zürich steht global an 10. Stelle, in Europa an 1. Stelle. Die EPF Lausanne steht an 4. Stelle, Imperial College London an 6. Stelle, die TU München an 11. Stelle.

Das hängt nicht nur an den Universitäten, sondern vor allem auch an Problemen des österreichischen Kapitalmarkts, die seit Jahrzehnten bekannt sind, wie z.B. die restriktiven Veranlagungsrichtlinien von Pensions- und Versicherungsfonds. Die OECD (OECD, 2024) empfiehlt z.B. einen Fund-of-Funds aufzusetzen, einen staatlich gestützten Dachfonds für Risikokapital, der sich ähnlich wie in Schweden aus dem Kapital von Pensions- und Versicherungsfonds speist. Weitere Maßnahmen umfassen eine Harmonisierung der steuerlichen Behandlung von Eigen- und Fremdkapital, um die Anreize für eine Bevorzugung einer Schuldenfinanzierung von Investitionen gegenüber einer Eigenkapitalfinanzierung zu senken; die OECD schildert dazu in ihrem Länderbericht Österreich 2024 einige internationale Beispiele. Weitere Diskussionen und Vorschläge finden sich in der einschlägigen Literatur (Gassler & Sellner, 2015; Keuschnigg & Sardadvar, 2019; Peneder, 2013).

Das private Kapital wäre grundsätzlich da, aber es muss seinen Weg zu Start-ups finden können. Start-ups sind zentral für die Entwicklung von Schlüsseltechnologien. Der größte chinesische Batteriehersteller CATL wurde etwa erst 2011 gegründet. Die US-amerikanischen IT-Riesen Alphabet, Amazon, Apple, Microsoft, Nvidia sind alle jünger als das jüngste europäische große Techunternehmen SAP. Unsere Analyse zeigt, dass es zwar einige Start-ups in Österreich gibt; ihre Wachstumschancen sind aber unklar.

Neben Kapitalmarktreformen (auch auf europäischer Ebene) können Start-ups aber auch von Nachfragesicherung durch innovationsfördernde öffentliche Beschaffung profitieren. Ein Weg sind z.B. Geschäfte mit Großforschungsinfrastrukturen (Janger, 2024): während viele innovationsstarke Länder wie Schweden, Finnland, Deutschland, die Schweiz und Dänemark auf „Big Science“ spezialisierte Transfereinrichtungen nutzen, um die Chancen internationaler Großforschungsinfrastruktur für Innovation im Inland auszuschöpfen, fehlen solche Einrichtungen in Österreich. Solche Maßnahmen würden stark komplementär zur großzügig ausgebauten Förderung von Gründungen in Österreich wirken, die auch von Gründer:innen etwa bei den Austria Tech Talks 2024 gelobt wurde.

Forschungsstarke Universitäten und wachstumsförderliche Bedingungen für Start-ups sind zentrale Zutaten, um für emergente Schlüsseltechnologien gerüstet zu sein. Emergente Technologien entstehen oft durch bahnbrechende Forschung, die dann von den Forscher:innen selbst kommerzialisiert wird. Im internationalen Vergleich liegen hier auch die beiden größten Leistungslücken zu den führenden Innovationsländern Europas und noch viel mehr auf globaler Ebene. Die „Flaschenhalse“ sollten prioritär adressiert werden, um gedeihliche allgemeine Bedingungen für Schlüsseltechnologien zu schaffen, sowohl was die Forschung an der Frontier anbelangt, als auch den breiten Einsatz der Technologien in bestehenden Unternehmen, die einschlägig qualifizierte Fachkräfte benötigen.

Um insbesondere KMUs den breiten Einsatz und auch Innovation zu ermöglichen, können *finanzielle Förderprogramme zur Adoption – Diffusionsprogramme* – aufgesetzt werden, wie sie früher etwa der ITF (Beispiel Flexcim) administrierte. In FFG-Programmen könnten KMUs in themenoffenen Programmen einen „Schlüsseltechnologie-Zuschlag“ erhalten, etwa prioritäre Förderung oder eine erhöhte Förderung. Auch klassisch thematische Förderprogramme sind eine Möglichkeit. Eine weitere Rolle für die Unterstützung der Diffusion oder die Erforschung der Anwendung neuer Schlüsseltechnologien können angewandte außeruniversitäre Einrichtungen

wie die ACR-Zentren, AIT, Joanneum Research, COMET-Zentren, die Silicon Austria Labs (SAL) etc. spielen.

Zu prüfen wäre das Aufsetzen von Programmen, wie sie die US-amerikanische DARPA, die britische ARIA oder der Wellcome Trust umsetzen: technologisch ausgewiesene Programmmanager können mit sehr viel Autonomie konkrete technologische Leistungsziele setzen (z.B., Verbesserung von Batteriereichweiten um x%) und selbst Unternehmen oder Forschungseinrichtungen aussuchen, die diese Ziele erreichen können (Azoulay et al., 2018). Es ist fraglich, ob Österreich allein allerdings nicht zu klein für derartige Instrumente ist, denn sie beruhen darauf, aus einer großen Zahl von in Frage kommenden Einrichtungen/Unternehmen auswählen zu können. Dies ist ein grundsätzliches Problem der thematisch bestimmten Förderung in kleinen Ländern: die Zahl der möglichen Antragsteller ist klein, das wettbewerbliche Verfahren ist dadurch in seiner Fähigkeit, die Besten auszuwählen, eingeschränkt. Als Richtschnur könnte gelten, je enger das Thema, desto mehr könnte Programm nicht auf Forschungsförderung, sondern auf Unterstützung der Adoption ausgerichtet werden (oder desto mehr sollte die Aktivität auf EU-Ebene verlagert werden). Die Grenzen verlaufen allerdings fließend, denn gerade eigene Forschung kann die Adoption neuer Technologien stärken, indem Kompetenzen erworben werden, neue Technologien zu verstehen und einzusetzen (Cohen & Levinthal, 1989, 1990).

- Europäische Ebene

Zwei Aspekte machen den Einbezug der europäischen Ebene zur Förderung von Schlüsseltechnologien wesentlich, ein Effizienz- und ein Größenargument: Thematische bestimmte Forschungsförderung ist deshalb grundsätzlich effektiver und effizienter, wenn sie aus einem größeren Pool von Antragstellern auswählen kann, wie etwa auf europäischer Ebene (Mitsos et al., 2012). Die europäische Ebene sollte deshalb beim Design von Förderungen für Schlüsseltechnologien immer mitgedacht werden, konkret etwa relevante europäische Programme wie die IPCEIs, aber auch z.B. europäische Forschungsinfrastruktur, immer mitunterstützt (bzw. -finanziert) werden; der Chips Act z.B. bietet für Österreich viele Chancen. Der EIC könnte z.B. auch in die Rolle einer europäischen DARPA hineinwachsen, österreichische Unternehmen dann bei der Antragstellung unterstützt werden. Die Bedeutung der europäischen Ebene angesichts der Kleinheit Österreichs wird oft in den Interviews mit den Technologieplattformen erwähnt (7.4). Da das potenzielle Technologieportfolio für die meisten Volkswirtschaften viel zu groß ist, um die notwendigen Forschungs- und Produktionskapazitäten in allen für ihre Technologiesouveränität relevanten Bereichen selbst bereitzustellen, ist es notwendig, langfristige Kooperationen zu etablieren, insbesondere in den Bereichen, in denen die Technologiesouveränität fehlt.

- Breiter Instrumenteneinsatz

Darüber hinaus gibt es viele weitere Wege, den Einsatz von und Innovation in Schlüsseltechnologien zu unterstützen, die auch in den Interviews angesprochen werden. Die Vernetzung der relevanten Akteure, um Informationsasymmetrien zu beseitigen und evt sogar Forschungsoperationen zu ermöglichen, ist ein Beispiel, etwa über die bestehenden oder neu zu gründende Technologieplattformen, Clusterinitiativen oder Vernetzungen wie Quantum Austria.

Solche Plattformen ermöglichen den Austausch untereinander, aber auch mit der FTI-Politik, um gezielt Bedürfnisse adressieren zu können oder auch Kontakte zur europäischen Ebene, z.B. für die evt Integration in IPCEIs, herzustellen. In einigen Technologien besteht großer Bedarf an Standards, Regulierungen, Normen; in anderen ist Infrastruktur gefragt wie z.B. Cloudspeicher. Forschungsinfrastruktur ist generell ein wichtiges Element zur Förderung von Schlüsseltechnologien und stellt ein eigenes Handlungsfeld in der FTI-Strategie 2030 dar; der FTI-Pakt 2024-2026 beschreibt aktuelle Maßnahmen und Beispiele.⁸

Allgemeine Standortpolitik, Energie- und Lohnkosten, Export- (go international, OeKB) und Investitionsförderung können wichtig sein, um die Produktion in Österreich zu erhöhen und dadurch erst Ertrag für die Kosten der Innovationsanstrengungen zu generieren. Vorschläge, um Internationalisierungshemmnisse innovativer Unternehmen zu adressieren, finden sich bei Reinstaller et al., (2010, 2011). Auch die Attraktion von Unternehmensansiedlungen spezifisch in Schlüsseltechnologiebereichen etwa über die ABA zählt hier dazu, ähnlich wie es Deutschland mit der Chipproduktion versucht, obwohl das Intel-Werk derzeit auf Eis liegt.

Die reine Grundlagenforschung ist ein wichtiges Element einer vorausschauenden Schlüsseltechnologiepolitik, denn Schlüsseltechnologien entstehen oft aus ihr – wie z.B. die Quantentechnologie in Österreich oder auch die Genschere für die Biotechnologie bzw. Pharmaindustrie. Eine bald erscheinende Studie zu den ökonomischen Wirkungen des FWF wird dazu zahlreiche Beispiele bringen (Janger et al., im Erscheinen).⁹

- Mittelfristige Planbarkeit & Strategische Vorausschau & Intelligenz

Eine nachhaltige Technologiepolitik verlangt nach Planbarkeit und Stabilität, sowohl betreffend die finanzielle Forschungsförderung etwa im Rahmen der FTI-Pakte, als auch nicht-finanzielle Anreize und Rahmenbedingungen, wie z.B. durch verbindliche mittel- und langfristige Zielpfade für die Reduktion der CO₂-Emissionen. Zudem sollten in regelmäßigen Abständen Schlüsseltechnologien durch einen strategischen Vorausschauprozess identifiziert werden.¹⁰ Wichtig ist insbesondere die rechtzeitige Identifikation emergenter Technologien, um z.B. frühzeitig mögliche gesamtwirtschaftliche Auswirkungen oder FTI-politische Unterstützung gestalten zu können. Diese findet aufgrund von Skaleneffekten am besten auf EU-Ebene statt und schafft

⁸ https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:894f23fe-25a3-4293-a74e-282858a1e79a/42_13_beilage.pdf

⁹ Salter & Martin, 2001 (S. 528f) schreiben: „Secondly, there is the dependence of new products and processes on a range of technologies, and the dependence of new technologies on a large number of scientific fields; another way of expressing this is in terms of growing technological complexity and the need to ‘fuse’ previously separate streams of science or technology... Fourthly, since a single piece of basic research may contribute to many different technological and product developments, and those developments may, conversely, draw upon a number of research fields, nations need a portfolio-based approach to the public funding of basic research — a portfolio both in terms of research fields and technologies but also in terms of a full range of mechanisms and institutions for ensuring that the potential benefits of publicly funded research are transferred and exploited successfully.“

¹⁰ Die National Science Foundation in den USA hat zB ein eigenes Programm aufgesetzt, in dem Einrichtungen gefördert werden, die modellieren&analysieren, wie sich Investitionen in Technologien auf die Leistungsfähigkeit in diesen Technologien auswirkt.

somit gleich auch eine harmonisierte analytische Basis für die Mitgliedsländer, die ihre nationalen Maßnahmen oder weiterführende Detailstudien daran ausrichten können. Für die "strategische Intelligenz" in Österreich könnten Analysen wie die vorliegende ca. alle drei Jahre durchgeführt werden, mit einem längeren Zeithorizont und mehr Ressourcen, um etwa auch Publikationsanalysen durchführen zu können, noch mehr Bereiche zu integrieren (z.B. Quanten, aber auch vertiefend die bestehenden Technologien zu analysieren, wie z.B. die Sensorik innerhalb der Mikro- und Nanoelektronik). Interdisziplinäre Studienteams, die wissenschaftliche, technologische und wirtschaftliche Aspekte abdecken können, sind dabei im Vorteil. Durch regelmäßig wiederkehrende Analysen ist zudem effektives Monitoring der Entwicklung der österreichischen Position über die Zeit möglich. Neben der Vorausschau und der Ist-Analyse sind auch ex-post Wirkungsanalysen hilfreich in der Bewertung der Unterstützungsmaßnahmen.

- Whole of Government Ansatz

Aus dem breiten Instrumenteneinsatz und der Zielorientierung, bestimmte Technologien zu fördern, folgt automatisch die Notwendigkeit, den Instrumenteneinsatz quer über die Ressorts zu koordinieren, aber auch quer über unterschiedliche Governance-Ebenen, von den Bundesländern bis hin zur EU-Ebene. Gefragt sind zuständige Ressorts für Technologieförderung, Exportförderung, Ausbildung, Wissenschaft, Normen&Standards, Kapitalmarktreformen, etc., die dann entsprechend auch zur EU- und zur Bundesland-Ebene verlinken, zB. zu Clusterplattformen oder europäischen Initiativen. Eine breite Involvierung vieler zuständiger Stellen kann die Umsetzungsgeschwindigkeit beeinträchtigen. Möglich wäre deshalb die Delegation an eine Koordinationsstelle mit eigener Leitung und Team, die die Maßnahmen vorantreibt. Wichtige Stichworte auf regionaler Ebene sind Smart Specialisation- oder Triple Helix Ansätze, die hier aus Platzgründen nicht näher erörtert werden können (siehe z.B. Leitner et al., 2015).

Die Perspektive in der FTI-Politik sollte vermehrt problemzentriert vorgehen. Eine Förderung einer Schlüsseltechnologie erfordert einen kombinierten Einsatz unterschiedlicher Instrumente, anstatt in Klientellogik „angewandte“ vs. „Grundlagenforschung“ quasi als Selbstzweck zu dotieren. Welche Instrumente sind am effektivsten, um die Performance in und den breiten Einsatz von Schlüsseltechnologien zu fördern, diese Frage sollte im Zentrum stehen.

5.2 Optionen für spezifische Schlüsseltechnologien

Aus der Analyse ergeben sich für viele Schlüsseltechnologiefelder – ATIs & Umwelt – klare Handlungsoptionen.

Zunächst sind die **klaren Stärkefelder** *fortschrittliche Produktionstechnologien* und *Werkstoffe* sowie *Umwelttechnologien* zu nennen, in denen große, forschungsintensive Unternehmen wie AMS, AVL List, Borealis, Infineon, Plansee, Siemens oder die VOEST Alpine tätig sind. Der gegenwärtige Policy Mix funktioniert hier augenscheinlich, mit den themenoffenen Instrumenten wie FFG-Basisprogrammen, Forschungsprämie, einschlägigen COMET-Zentren, thematischen Förderprogrammen etwa im Bereich Klima&Umwelt und relevanten Angeboten auf europäischer Ebene. Spezifische Bedürfnisse könnten z.B. auch in direkten Gesprächen mit den Unternehmen

ausgelotet werden, unsere Analysen zeigen, welche Unternehmen in welchen Technologiefeldern am aktivsten sind. Dabei gibt es etwa im Bereich fortschrittliche Produktionstechnologien viele Überlappungen, das zeigen auch die Interviews, etwa zu Mikro- und Nanoelektronik, Photonik, Internet der Dinge und Robotik, die in unterschiedlicher Form in der Produktion eingesetzt werden können.

Die Weiterentwicklung der Technologiefelder würde besonders auch von den oben skizzierten allgemeinen Maßnahmen profitieren, wie einer signifikanten Stärkung technologischer Universitäten und verbesserten Finanzierungsbedingungen für Start-ups. Für Umwelttechnologien wichtig sind auch klare und stabile langfristige Rahmenbedingungen in Gestalt von Zielen für Treibhausgasemissionen oder Energieeinsatz, die entscheidend für die Nachfrage nach Umwelttechnologien sind und damit für die Ertragserwartungen von Unternehmen: Innovationsaktivitäten müssen sich rechnen (Kettner-Marx & Kletzan-Slamanig, 2016).

Die **Teilstärkefelder** teilen sich in zwei unterschiedliche Gruppen, eine, die überdurchschnittliche Innovationsaktivität zeigt (Photonik, Internet der Dinge) und eine, die überdurchschnittliche Exportaktivität zeigt (industrielle Biotechnologie, Technologien für erneuerbare Energien). Während Photonik und Erneuerbare von der Aktivität großer forschungsintensiver Unternehmen geprägt (Zumtobel & Tridonic, ZKW, AMS; AVL, Borealis, AMS, Fronius) und insgesamt große Technologiefelder sind, stellen Internet der Dinge und industrielle Biotechnologie zwei kleine Bereiche dar, in denen es relativ wenig Erfindungsaktivität durch große Unternehmen gibt: führend in der industriellen Biotechnologie ist Annikki, die TU Wien und Lexogen, außer der TU Wien relativ rezente wissenschaftsbasierte Gründungen, Lexogen entsprang etwa dem Vienna Bio-Center. Im Bereich Internet der Dinge besteht noch weniger Aktivität.

Schematisch könnte für Bereiche mit Exportspezialisierung ein Fokus auf Innovationsförderung, für Bereiche mit Innovationspezialisierung auf breitere Produktions- und Exportförderung überlegt werden. Aus den Interviews (Anhang 7.4) wird aber z.B. für die eigentlich schon innovationspezialisierte *Photonik* weiterer Forschungsförderungseinsatz für zwei technologische Bereiche gefordert, Photonics Integrated Circuits, die evt. bestehende Probleme der weiteren Miniaturisierung von Chips lösen können und den Einsatz von Lichtquanten für die Kühlung von Quantencomputern. Zusätzlich wird die innovationsfördernde öffentliche Beschaffung erwähnt, die genau in die Richtung einer Produktions- bzw. Nachfragesteigerung wirken könnte.

Für den Bereich *Internet der Dinge* gibt es ebenfalls Informationen aus dem Interview mit der Technologieplattform Industrie 4.0. Die statistische Patent- und Handelsanalyse wird zwar grundsätzlich validiert, es könnte aber sein, dass die Überlappungen mit dem allgemeinen Thema fortschrittliche Produktionstechnologien nicht ganz erfasst werden, da große Unternehmen in diesem Bereich wie Siemens oder AVL List nicht in der Patentanalyse auftauchen. Unterstützungsmöglichkeiten, die im Interview geäußert werden, betreffen das IPCEI zur Cloud Infrastruktur, die Schaffung organisatorischer Voraussetzungen für den Einsatz von KI um Haftungs- und Letztverantwortungsfragen zu klären, niedrigere Energiepreise und die Unterstützung der Diffusion von Technologien.

Für den Bereich erneuerbare Technologien liegen keine Interviews vor; grundsätzlich bleiben aber die Handlungsoptionen für die grünen Technologien (siehe Stärkefelder oben) insgesamt relevant.

Auch für die *industrielle Biotechnologie* gibt es keine einschlägige Plattforminterviews. Ein erster Schritt könnte hier darin bestehen, mit den identifizierten Unternehmen aber auch mit dem COMET-Zentrum Acib¹¹ Gespräche zu führen, um Bedürfnisse und Entwicklungsoptionen auszuloten, etwa hinsichtlich der möglichen Rolle einschlägiger Forschungs- (oder Absorptionsfähigkeits-)förderung für die industrielle Biotechnologie, einem relativ gut abgegrenzten Bereich etwa im Vergleich mit den fortschrittlichen Produktionstechnologien. Die starke Präsenz von Universitäten bei der Patentierung von Erfindungen in diesem Bereich, sowie von relativ rezent gegründeten Unternehmen, deutet darauf hin, dass es sich hier um eine wissenschaftsbasierte bzw. wissenschaftsnahes Technologiefeld handelt (wie auch die „medizinische“ Biotechnologie allgemein nahe zur Grundlagenforschung ist). Entsprechend könnte sich dieses Technologiefeld durch eine allgemeine Stärkung von Universitäten und besseren Bedingungen für Start-ups weiterentwickeln (siehe 5.1).

Die *Mikro- und Nanoelektronik* wurde nicht als **Teilstärkefeld** bezeichnet, weil sie zwar Erfindungsspezialisierung aufweist, aber noch weit von der Exportspezialisierung entfernt ist. Allerdings hat sie sich bezüglich der Innovationsspezialisierung gemessen an Patenten seit 2010 am besten von allen untersuchten Schlüsseltechnologien entwickelt und präsentiert sich stark verändert etwa gegenüber der Analyse in Reinstaller (2014). Sie wird sowohl themenoffen über FFG Programme und die Forschungsprämie, als themenspezifisch etwa über Silicon Labs Austria gefördert, hinzu kommen die europäischen Initiativen wie IPCEI und zusätzliche Mittel aus dem Chips Act. Zahlreiche große forschungsintensive Unternehmen sind hier aktiv, wie AMS, Infineon, NXP, LAM Research etc., die auch in anderen Schlüsseltechnologien aktiv sind, wie fortschrittlichen Produktionstechnologien. Aus dem Interview werden entsprechend Forderungen geäußert, Stärken weiter zu Stärken, und etwa die Mittel aus dem Chips Act zu verstetigen. Abseits der Forschungsförderung wird explizit das „Valley of Death“ angesprochen, also der kritische Übergang von der öffentlichen Forschungs- zur privaten Wachstumsfinanzierung (Peneder, 2013), „um den Weg von der Machbarkeit zur Produzierbarkeit neuer Produkte zu erleichtern“ (Anhang 7.4) sowie die Sicherung von Fachkräften sowohl für F&E und für die Fertigung. Die europäische Dimension ist hier besonders wichtig, ebenso wie allgemeine Bedingungen für Produktion am Standort Österreich.

Insgesamt sollte der Fokus auf dieses Technologiefeld beibehalten werden, nicht zuletzt weil viele der betroffenen Unternehmen ohnehin auch in österreichischen Stärkefeldern aktiv sind, sodass Unterstützungen quasi in mehrere Technologiefelder gleichzeitig einzahlen. Die Entwicklung von Produktion, Wertschöpfung und Export sollte aber im Auge behalten werden. Hoher (öffentlicher) Investitionsaufwand rechnet sich nur bei einer entsprechend steigenden Wertschöpfung, wobei die Mikro- und Nanoelektronik auch aus der Perspektive der Technologiesouveränität, des Vermeidens von einseitigen Abhängigkeiten von autoritären Systemen bei Schlüsseltechnologien, zu betrachten ist.

Die **Schwächefelder** teilen sich auf in drei Bereiche, die weder Patent- noch Handelsspezialisierung aufweisen (IT für Mobilität, Robotik, Nanotechnologien), allerdings nicht ganz abgeschla-

¹¹ <https://acib.at/>

gen sind, und drei Bereiche (Künstliche Intelligenz, Big Data und Cybersicherheit), die im internationalen Vergleich nach Patent- und Handelsdaten sehr weit entfernt von einer Spezialisierung sind. Es fehlen hier weitgehend große, forschungsintensive, auf diese Schlüsseltechnologie spezialisierten Unternehmen, auch wenn es durchaus global wettbewerbsfähige Nischenplayer geben mag, wie z.B. FeRobotics in der Robotik; oder Unternehmen, die die Schlüsseltechnologie erfolgreich in ihrem angestammten Geschäftsbereich einsetzen, wie z.B. die erwähnten Rubble Master, die Big Data für die Mülltrennung einsetzen. Zudem ist die Start-up-Aktivität dort zum Teil relativ hoch, fast entgegengesetzt zu den Stärkefeldern. Verbesserungen der Wachstumsfinanzierungsbedingungen für diese Start-ups könnten daher ganz wesentlich sein, um zur Spitze aufzuholen, etwa durch Reformen der Veranlagungsrichtlinien für Pensions- und Versicherungsfonds in Österreich, neben eines Vorantreibens der europäischen Kapitalmarktunion.

Aus den Interviews zum Feld *künstliche Intelligenz* wird auf die Überlappung etwa mit den Feldern IT für Mobilität, Cybersicherheit und fortschrittliche Produktion hingewiesen. Insgesamt ist die künstliche Intelligenz eine Querschnittstechnologie par excellence, zu der Absorption Unternehmen in anderen angestammten Technologiefeldern befähigt werden sollten. Auch aus den Interviews kommt daher die Forderung nach „massiven Anstrengungen im Bereich Bildung und Ausbildung mit Hinblick auf KI“ (Anhang 7.4), sowohl was den wissenschaftlichen Nachwuchs betrifft, als auch die Vermittlung von Skills im betrieblichen Bereich. Eine Stärkung technischer Universitäten, aber auch FHs oder HTLs etwa im Bereich Informatik – künstliche Intelligenz könnte wesentlich zum Kompetenzaufbau in Österreich beitragen, da dadurch nicht nur Forschungs-know-how, sondern auch über die Absolvent:innen die Humankapitalbasis für Betriebe gestärkt wird. Derzeit befinden sich österreichische Universitäten nicht unter den Top-KI-Einrichtungen Europas (Kap. 5.1). Ihre einschlägige Stärkung bezüglich KI, z.B. besonders der technischen Universitäten, könnte mitunter schneller erfolgen als der Aufbau eines eigenen KI-Zentrums, wie vom FORWIT vorgeschlagen. Über die Universitäten bzw. auch Fachhochschulen könnte dann zudem schnell zielgerichteter Transfer an Unternehmen erfolgen, etwa durch Diplom-/Masterarbeiten von KI-Studierenden, die KI-Projekte für Unternehmen durchführen.

Darüber hinaus sollten laut dem Interview Unternehmen für die Vorteile und Möglichkeiten des Einsatzes vor allem von spezifischer KI und des Wertes von Daten für die unternehmerische Wettbewerbsfähigkeit sensibilisiert werden. Dies könne etwa im Wege einschlägiger Programme zur Verbesserung der Absorptionsfähigkeit von Unternehmen geschehen. Schließlich sollte das Angebot an Rechnerinfrastruktur noch weiter ausgebaut und auf EU Ebene vernetzt werden, um speziell KMU und Forschungseinrichtungen die Zugänge zu erleichtern. Einige dieser Punkte werden in der österreichischen KI-Strategie genannt.¹²

Für *Big Data* und *Cybersicherheit* gilt im Prinzip Ähnliches. Interviewpartner verweisen auch auf die Bedeutung der innovationsfördernden öffentlichen Beschaffung, um den Heimmarkt als „living lab“ zu nutzen. Neben einem Beibehalten der bestehenden Instrumente der Forschungsförderung, sollte ein besonderer Fokus auf das Skill-Set in Unternehmen gesetzt werden; auf

¹² Strategie der Bundesregierung für künstliche Intelligenz. Für eine Übersicht über KI-Förderinstrumente oder -initiativen siehe [hier](#).

allen Qualifizierungsebenen sei Wissen für die Nutzung von Daten und KI rasch aufzubauen, um die Diffusion von KI und Big Data als Enabler von Produkt- und Prozess-Innovationen zu beschleunigen. Nur so könne das Bewusstsein für sinnvolle Umsetzung geschaffen werden. Das Beispiel des digitalen Produktpasses, der ab 2027 stufenweise eingeführt, mache deutlich wie wenig vor allem Klein- und Mittelunternehmen auf Herausforderungen im Bereich der Digitalisierung vorbereitet seien.

Die *Robotik* ist ebenfalls eine Querschnittstechnologie par excellence für die Sachgütererzeugung, eigentlich ein Teil von fortschrittlichen Produktionstechnologien mit starken Überlappungen zur künstlichen Intelligenz und zur in Österreich starken Sensorik (Mikro- und Nanoelektronik). Ein wesentlicher Punkt aus den Interviews ist die Notwendigkeit des Aufbaus von Normen und Standardisierungen, hier bestehe vor allem bei mobilen Roboteranwendungen für den industriellen Bereich noch eine große Lücke. Ähnlich wie bei KI, Big Data, Cybersicherheit, also Bereichen, in denen Österreich aufholen müssten, wird auch hier der Entwicklung der technologischen Wissensbasis besondere Aufmerksamkeit geschenkt, sowohl was die Aus- und Weiterbildung in den MINT Fächern, als auch entsprechende Qualifikation auf allen Ebenen der betroffenen Betriebe beträfe. Weiters sollte die Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit robotischer Systeme für den Einsatzkontext vor allem in KMU beforscht werden. Solche Programme zur Stärkung der Diffusion wurden bereits in anderen Kontexten erwähnt, und es stellt sich die Frage, ob hier ein allgemeines Programm aufgesetzt werden sollte, das für unterschiedliche Technologien nach gleichem Muster bzw. Förderdesign abläuft, um die Effektivität zu steigern.

Für die *Nanotechnologie* wird auf die unklare Abgrenzung zu den fortschrittlichen Werkstoffen hingewiesen, sowie eine verstärkte Förderung von Projekten mit großem Risiko gewünscht. Im Bereich *IT für Mobilität* fehlen Technologieplattformen, aber die Informationsbasis könnte durch weiterführende Interviews mit den großen forschungsintensiven Unternehmen in diesem Bereich ergänzt werden, wie AMS, AVL List, Frequentis, Zumtobel etc. Dies sind Unternehmen, die auch von Forschungsförderungen in vielen anderen Bereichen profitieren bzw. hohe Innovationsaktivität auch in anderen Schlüsseltechnologien aufweisen.

Schlüssel-technologie-spezifische Ansätze sind damit wohl nicht durchgängig erforderlich – themenoffene Instrumente „erwischen“ starke und wettbewerbsfähige Unternehmen in allen Bereichen. Als Fazit zeigen sich demnach komplementär zu den drei Gruppen in der Analyse von Kroll et al. 2022 folgende große Bereiche:

- Universelle Querschnittstechnologien, mit Einsetzbarkeit in der Sachgütererzeugung und in Dienstleistungen – künstliche Intelligenz, Big Data, Cybersicherheit
- Fortschrittliche Produktionstechnologien hauptsächlich für die Sachgütererzeugung, inklusive Mikro- und Nanoelektronik (Sensorik), Robotik, Photonik, Internet der Dinge (zu denen auch 3D-Druck gehören würde)
- Fortschrittliche Werkstoffe inkl Nanotechnologie, hauptsächlich für die Sachgütererzeugung
- Die industrielle Biotechnologie
- Umwelttechnologien

Österreich weist hier unterschiedliche Stärken und Schwächen auf, Instrumente zur Stärkung sind breit gestreut und können darauf abzielen, die Absorptionfähigkeit bestehender Unternehmen für neue Querschnittstechnologien zu stärken (*upgrading*, Modernisierung der bestehenden Wirtschaftsstruktur) oder den Strukturwandel der österreichischen Wirtschaft durch besseren Rahmenbedingungen für das Wachstum von Start-ups voranzutreiben. Upgrading und Strukturwandel sind zwei zentrale industriepolitische Strategien (Janger, Kügler, et al., 2017; Janger, Schubert, et al., 2017), die die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft, aber auch die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen wie dem Klimawandel unterstützen können.

5.3 Handlungsoptionen: Synthese und potenzielle budgetäre Implikationen

Dieser Abschnitt fasst die zentralen Handlungsoptionen nach Typ zusammen und skizziert, wo möglich, budgetäre Implikationen, wobei die genannten Summen nur Beispiele für mögliche Größenordnungen sind und keine Empfehlungen – diese würden wesentlich mehr detaillierte Analysen erfordern.

Rahmenbedingungen für Schlüsseltechnologien

Grundsätzlich profitieren Schlüsseltechnologien von einem *allgemein wettbewerbsfähigen Standort*, z.B. in puncto Energie- und Lohnkosten. *Export-* (go international, OeKB) und *Investitionsförderung* können wichtig sein, um die Produktion in Österreich zu erhöhen und dadurch erst Ertrag für die Kosten der Innovationsanstrengungen zu generieren. Auch die *Attraktion von Unternehmensansiedlungen* spezifisch in Schlüsseltechnologiebereichen etwa über die ABA zählt hier dazu. Die Kosten hängen davon ab, ob der Schwerpunkt bestehender Programme oder Institutionen wie go international, ABA, OeKB etc. zu Schlüsseltechnologien verschoben wird, oder zusätzliche Aktivitäten gesetzt werden.

Standards und Normen spezifisch für Schlüsseltechnologien haben nur bedingt budgetäre Implikationen, etwa über die Arbeitszeit der beteiligten Personen in der öffentlichen Verwaltung, können aber wesentlich für die Entwicklung von Schlüsseltechnologien sein, z.B. im Bereich von Photonik und Robotik.

Die Kosten eines verstärkten Aufbaus von *Basiskompetenzen*, z.B. für künstliche Intelligenz, im vortertiären Bildungssystem, hängen stark davon ab, wie mehr entsprechend geschulte Lehrkräfte eingesetzt werden können – durch Weiterbildungen und Umschulungen bestehender Lehrkräfte, oder durch die Einstellung zusätzlicher Lehrkräfte, eine Herausforderung angesichts hoher Knappheit sowohl bei IKT-Spezialisten als auch bei Lehrkräften allgemein. Der Aufwand für das österreichische vor-tertiäre Bildungssystem ist insgesamt hoch, dürfte teils aber auch in den höheren Kosten technischer Schulen begründet sein, sowie in Kohorteneffekten der Lehrkräfte (viele Lehrkräfte auf höheren Schemastufen).

Die Kosten der *Stärkung von Forschung und Lehre* (insbesondere zu KI, Big Data, Cybersicherheit) *an Universitäten und Fachhochschulen* hängen davon ab, ob i) nur spezifisch mehr Ressourcen in einem Fach/einer Disziplin gewidmet werden, oder ob ii) – wohl nur Universitäten betreffend – auch „Standortmagneten“ für Talente aufgebaut werden sollen, ähnlich wie Stanford, Berkeley und Caltech globale Talente anziehen, die dann nach ihrem Studium im Silicon

Valley arbeiten. Geht man ad i) von Gehalts- plus Overheadkosten von ca. 200.000€ pro Stelle an einer Universität aus (entsprechend dem Gehaltsschema für Universitätsprofessor:innen, das im Bereich KI wohl deutlich überzahlt werden müsste), würden 25 Positionen auf knapp 5 Mio. € kommen, mit umfangreicherer Ausstattung entsprechend mehr.

Ad ii), eine allgemeine Stärkung z.B. von technischen Universitäten kostet mehr – genaue Zahlen im Vergleich zu führenden europäischen technischen Universitäten finden sich bei Hofmann & Janger (2023). Um das Niveau der ETH Zürich zu erreichen, müsste sich das Budget der TU Wien etwa verdreifachen, von 400 Mio. € auf 1,1 Mrd. €. Eine solche Steigerung könnte nicht sofort erfolgen, die Absorptionsfähigkeit der Universität für zusätzliches Geld muss bedacht werden. Eine Steigerung auf das Niveau der TU Danmark würde noch immer eine Budgetsteigerung auf 600 Mio. € implizieren, Ähnliches gilt für die TU Graz. Solche zusätzlichen Mittel sollten immer auch an strukturelle und organisatorische Reformen der Universitäten geknüpft werden, um den effizienten Mitteleinsatz zu sichern. Wichtig sind dabei z.B. best practice-Karrierestrukturen und Produktivitätsanreize für unbefristet angestellte Forscher:innen (Janger, 2019, 2024b; Janger & König, 2020).

Für *Start ups in Schlüsseltechnologien* gibt es bereits sehr hohe öffentliche Förderungen, das bestätigten z.B. auch die Teilnehmer:innen bei den Tech Talks 2024. Das Problem ist hier privates Kapital und die allgemeine Kapitalmarktqualität Österreichs; das investierte Risikokapital beträgt nur zwei Drittel der führenden EU-Innovationsländer¹³, die aber ihrerseits im globalen Vergleich etwa mit den USA oder Israel weit zurückliegen. Hier sind Regulierungsänderungen notwendig, z.B. für die Veranlagung von Pensionsfondsgeldern. Initialressourcen für einen großen öffentlichen Dachfonds nach Empfehlung der OECD (2024), gespeist aus solchen Fonds, könnten aber mehrere hundert Millionen Euro ausmachen.

Nachfrageorientierte Instrumente

Innovationsfördernde öffentliche Beschaffung, wie z.B. im Bereich Big Data oder Photonik erwähnt, kostet theoretisch nicht mehr, weil die Beschaffung ohnehin erfolgen muss - wenn sie gleichzeitig Innovationsanreize setzt, sind zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen. Budgetäre Implikationen müssten aber näher recherchiert werden. Die verstärkte Nutzung von internationalen Großforschungsinfrastrukturen könnte von Transferstrukturen ähnlich wie Big Science Sweden¹⁴ oder Dänemark¹⁵ unterstützt werden; Kosten für Personal und weitere Kosten ca. 1 Mio. € im Jahr.

Gerade im Bereich Umwelt sind stabile, *verlässliche Zielvorgaben für die grüne Transformation* wesentlich, damit F&E- und Investitionsaktivitäten von Unternehmen langfristig geplant werden können.

¹³ <https://ffi-monitor.forwit.at/B/B.4>

¹⁴ <https://www.bigsciencesweden.se/>

¹⁵ <https://www.bigscience.dk/english/>

Finanzielle angebotsorientierte FTI-Förderungen

Österreichs *Unternehmensförderung* ist im internationalen Vergleich hoch (doppelt so hoch wie bei den führenden Innovationsländern¹⁶), auch aus den Interviews kommt überwiegend der Wunsch nach einer Beibehaltung der derzeitigen Förderintensität. Spezifische Bedürfnisse, wie in den Interviews zu Photonik und Nanotechnologie geäußert, sollten näher geprüft werden. Allerdings verursacht alleine eine Inflationsanpassung z.B. der 667 Mio Euro FFG-Förderungen im Jahr 2022 (Barwert, ohne Breitband) ca. 66 Mio Euro Zusatzausgaben bei fast 10% Inflation.¹⁷ Angesichts der weltweiten starken Unterstützung für Schlüsseltechnologien, wäre ein realer Rückgang (d.h., keine Anpassung an höhere Preise) der finanziellen Forschungsförderung kein hilfreiches Signal für den österreichischen Forschungsstandort.

Eine Auflistung der zahlreichen umgesetzten oder geplanten Maßnahmen, die für die Förderung von Schlüsselsektoren oder -technologien relevant sind, findet sich z.B. im FTI-Pakt 2024-2026, mit einem budgetären Gesamtrahmen (nicht nur Schlüsseltechnologien) von über 5 Mrd. € für 2024-2026. Genaue budgetäre Zahlen, für die jeweiligen Untergliederungen 31¹⁸ (Wissenschaft und Forschung), 33¹⁹ (Wirtschaft) und 34²⁰ (Forschung) finden sich z.B. in den Analysen des Budgetdienstes, etwa zu den Trägern/Empfängern wie AIT, AWS, FFG, Christian Doppler Labors, Silicon Austria Labs, IPCEIs,... Ob Akzentverschiebungen zwischen den unterschiedlichen Unterstützungstypen, wie Förderung von Forschungsprogrammen, -einrichtungen oder -infrastruktur, oder auch Unternehmensförderung wie im Fall von start-ups, die Wirkung der eingesetzten Mittel steigern könnte, kann in der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden – dazu ist eine *detaillierte Wirkungsanalyse* notwendig, die die Wirkung der unterschiedlichen Instrumente systemisch erfasst.

Ein neues, großes bzw. breitflächiges Programm für die *Erforschung der Anwendung von Schlüsseltechnologien* in kleinen und mittleren Unternehmen – ein Programm zur Diffusionsförderung oder Förderung der Absorptionsfähigkeit von Schlüsseltechnologien nur für KMUs - könnte aufgesetzt werden, die Kosten hängen aber stark vom Förderdesign ab, etwa auch vom Einbezug außeruniversitärer angewandter Forschungseinrichtungen und von der Komplementarität zu bestehenden Förderprogrammen. Nur als Beispiel für Größendimensionen, 5-10% der gesamten FFG-Fördersumme 2022 wären ca. 30-60 Mio €, etwas weniger als derzeit die Förderung von Energie- und Umwelttechnologien beträgt (knapp 82 Mio. € lt. Jahresbericht 2022 der FFG).

Ein neues *FWF-Programm im Bereich Engineering* – Grundlagenforschung breit in den Disziplinen, die für Schlüsseltechnologien relevant sind, keine enge thematische top-down Förderung mit vorgegebenen Fragestellungen – könnte sowohl den im internationalen Vergleich nach wie vor niedrig dotierten FWF erhöhen (halb so hoch wie bei führenden Ländern, siehe FTI-Monitor), als auch den niedrigen Anteil von *engineering* an den Ausschüttungen des FWF erhöhen. Von

¹⁶ <https://ffi-monitor.forwit.at/B/B.5>

¹⁷ Die Forschungsprämie wächst automatisch mit den Ausgaben der Unternehmen mit.

¹⁸ <https://www.parlament.gv.at/fachinfos/budgetdienst/UG-31-Wissenschaft-und-Forschung-Budget-2024>

¹⁹ <https://www.parlament.gv.at/dokument/budgetdienst/untergliederungsanalysen/BD-UG-33-Wirtschaft-Forschung-Budget-2024.pdf>

²⁰ <https://www.parlament.gv.at/fachinfos/budgetdienst/UG-34-Innovation-und-Technologie-Forschung-Budget-2024>

derzeit 5-6% bei knapp 250 Mio Euro Ausschüttungen im Jahr 2022 würde eine Steigerung auf das Niveau der Medizin, ca. 12%, ungefähr eine Erhöhung von 15 auf 30 Mio Euro implizieren; auf das Niveau der Sozial- und Geisteswissenschaften (22%) von 15 auf 55 Mio Euro, also etwa 40 Mio Euro mehr. Dies wäre sehr komplementär zur Basisstärkung von Universitäten, damit neue Stellen entsprechend Gelder vorfinden, um ihre Projekte zu finanzieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die *Ko-Finanzierung europäischer Programme und Initiativen* wie den IPCEIs oder z.B. europäische Forschungsinfrastruktur. Aufgrund der Bedeutung der europäischen Ebene für Schlüsseltechnologien sollte Österreich bei möglichst allen Schlüsseltechnologie-relevanten europäischen Initiativen teilnehmen. Wie viel das derzeit ist, müsste erhoben werden. Nachdem solche Programme auch außerhalb der Planungszyklen der österreichischen FTI-Förderung entstehen können, empfiehlt sich eine Art Reserve für die Ko-Finanzierung europäischer Programme.

Neue bzw. Anpassungen der FTI-Governance zur Förderung von Schlüsseltechnologien

Ein „*Whole-of-Government*“-Ansatz muss nicht notwendigerweise zu einem höheren Mitteleinsatz führen, sondern kann im Gegenteil dazu beitragen, Mittel gezielt und effektiv ohne Doppelgleisigkeiten einzusetzen.

Die Kosten regelmäßiger „strategischer Intelligenz“ halten sich im Vergleich mit Förderprogrammen in Grenzen, könnten aber höher ausfallen, wenn auf EU-Ebene keine grundlegenden Analysen durchgeführt werden. Auch die Subvention von Vernetzungsaktivitäten, etwa von Technologie- oder Clusterplattformen, ist gegenüber finanziellen F&E-Förderprogrammen überschaubar.

Die Effektivität und Umsetzbarkeit eines neuen, „DARPA“-ähnlichen Förderagenturtyps in einem kleinen Land wie Österreich müsste erst näher geprüft werden.

6. Literatur

- Aiginger, K. (1997). The use of unit values to discriminate between price and quality competition. *Cambridge Journal of Economics*, 21(5), 571–592.
- Arnold, E., Hofmann, K., Janger, J., Slickers, T., & Streicher, G. (2022). Wirtschaftliche Effekte von Universitäten. Aktualisierung 2022. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwg/pubid/69804>
- Aschhoff, B., Crass, D., Cremers, K., Grimpe, C. & Rammer, C. (2010). European competitiveness in key enabling technologies. ZEW. <https://www.zew.de/en/research-at-zew/european-competitiveness-in-key-enabling-technologies>, letzter Zugriff: 20.09.2024.
- Aussilloux, V., Frocrain, P., Harfi, M., Lallement, R., Tabarly, G. (2020). Les politiques industrielles en France, Évolutions et comparaisons internationale Rapport à l'Assemblée nationale, France Stratégie (2020)
- Azoulay, P., Fuchs, E., Goldstein, A., & Kearney, M. (2018). Funding Breakthrough Research: Promises and Challenges of the "ARPA Model" (Working Paper No. 24674). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w24674>
- Brooks, H. (1978). The problem of research priorities. *Daedalus*, 107(2), 171–190.
- Calcagnini, G., Favaretto, I., Giombini, G., Perugini, F., & Rombaldoni, R. (2014). The role of universities in the location of innovative start-ups. *The Journal of Technology Transfer*, 1–24.
- Ciffolilli, A. & Muscio, A. (2018). Industry 4.0: national and regional comparative advantages in key enabling technologies. In: *European Planning Studies*, 26:12, S. 2323-2343.
- Ciffolilli, A. & Muscio, A. (2018). Industry 4.0: national and regional comparative advantages in key enabling technologies. In: *European Planning Studies*, 26:12, S. 2323-2343.
- Cohen, W. M., & Klepper, S. (1992). The tradeoff between firm size and diversity in the pursuit of technological progress. *Small Business Economics*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/BF00402211>
- Cohen, W. M., & Klepper, S. (1992). The tradeoff between firm size and diversity in the pursuit of technological progress. *Small Business Economics*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/BF00402211>
- Cohen, W. M., & Klepper, S. (1996). A Reprise of Size and R & D. *The Economic Journal*, 106(437), 925–951. <https://doi.org/10.2307/2235365>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R & D. *The Economic Journal*, 99(397), 569–596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128–152.
- D. Archibugi, D., Mariella, V. (2021). Is a European recovery possible without high-tech public corporations? In: *Intereconomics*, 56 (3) (2021), S. 160-166
- Dachs, B. (2023). The European Chips Act. FIW Policy Brief, 58, 1–8.
- Di Gregorio, D., & Shane, S. (2003). Why do some universities generate more start-ups than others? *Research Policy*, 32(2), 209–227. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00097-5)
- Draghi, M. (2024). The future of European competitiveness – A competitiveness strategy for Europe | European Commission. https://commission.europa.eu/document/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en
- Edler, J., & Georghiou, L. (2007). Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side. *Research Policy*, 36(7), 949–963. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.03.003>
- Edler, J., Blind, K., Kroll, H., Schubert, T. (2023). echnology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means. In: *Research Policy*, 52: 6, 104765
- Europäische Kommission (EC) (2021). Advanced Technologies for Industry. Final Report. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5976f0f1-308a-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en>, letzter Zugriff: 20.09.2024.
- European Commission (2020): Advanced Technologies for Industry - Methodological report.
- European Innovation Scoreboard (EIS) (2024). Country Profile Austria. https://ec.europa.eu/assets/rtd/eis/2024/ec_rtd_eis-country-profile-at.pdf, letzter Zugriff: 20.09.2024.

- Expertenkommission Forschung und Innovation (2022). Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität, EFI Gutachten 2022.
- Gassler, H., & Sellner, R. (2015). Risikokapital in Österreich Ein Flaschenhals im österreichischen Innovationssystem? (IHS Policy Brief No. 10).
- Gaulier, G. and Zignago, S. (2010) BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version. CEPII Working Paper, N°2010-23.
- Helpman, E. (Hrsg.). (1998). General Purpose Technologies and Economic Growth. MIT Press.
- Henzinger, J. (2024). Replik. Akademie im Dialog – Forschung und Gesellschaft, 7, 23–28.
- Hofmann, K., & Janger, J. (2023). Ausgaben und Finanzierung von Universitäten im internationalen Vergleich. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/70735>
- Hofmann, K., Janger, J., & Unterlass, F. (2023). Technologische Souveränität. Empirische Bestimmung und FTI-politische Implikationen. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/70753>, letzter Zugriff: 20.09.2024.
- Hözl, W., & Janger, J. (2014). Distance to the frontier and the perception of innovation barriers across European countries. *Research Policy*, 43(4), 707–725. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.001>
- IPC -Technology Concordance (2023). WIPO Statistics Database; Update Jan. 2023. (download 22.5.2023). <https://www.wipo.int/en/web/ip-statistics>
- Iszak, K., Carosella, G., Micheletti, G., Kroll, H., Wydra, S., & Van de Velde, E. (2021). Advanced Technologies for Industry [Report on technology trends and technology adoption]. European Commission.
- Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2002). Patents, citations, and innovations: A window on the knowledge economy. MIT press.
- Janger, J. (2012). Strukturwandel und Wettbewerbsfähigkeit in der EU. WIFO-Monatsberichte, 85(8), 625–640.
- Janger, J. (2019). Projektbasierte Grundlagenforschungsförderung im internationalen Vergleich. Implikationen für eine Exzellenzinitiative in Österreich. WIFO-Monatsberichte, 92(3), 159–172.
- Janger, J. (2024a). Innovation, Industrial and Trade Policies for Technological Sovereignty. FIW Policy Brief, No. 61. <https://ideas.repec.org/b/wfo/wstudy/71329.html>
- Janger, J. (2024b). Wissenschaftsstandort Österreich. Wo stehen wir, was braucht es? Akademie im Dialog – Forschung und Gesellschaft, 7, 7–22.
- Janger, J., & König, T. (2020). Forschungspolitik in Österreich. Zentrale Ansatzpunkte für eine Leistungssteigerung in der Grundlagenforschung. WIFO - Institut für Höhere Studien. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/66625>
- Janger, J., & Slickers, T. (2023). Wissensproduktion und Wissensverwertung in Österreich im internationalen Vergleich. WIFO-Monatsberichte, 96(10), 699–714.
- Janger, J., Charos, A., Hofmann, K., Streicher, G., Unger, M., Dau, J., Ploder, M., Sauer-Malin, A., Economic and Societal Impacts of FWF-funding, im Erscheinen.
- Janger, J., Hözl, W., Kaniovski, S., Kutsam, J., Peneder, M., Reinstaller, A., Sieber, S., Stadler, I., & Unterlass, F. (2011). Structural Change and the Competitiveness of EU Member States. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/42956>
- Janger, J., Kügler, A., Reinstaller, A., Reschenhofer, P., & Unterlass, F. (2017). Austria 2025 – A New Strategic Innovation Policy Framework. Addressing Structural Change and Upgrading. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. <https://www.wifo.ac.at/publication/pid/4120927>
- Janger, J., Schubert, T., Andries, P., Rammer, C., & Hoskens, M. (2017). The EU 2020 innovation indicator: A step forward in measuring innovation outputs and outcomes? *Research Policy*, 46(1), 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.10.001>
- Kettner-Marx, C., & Kletzan-Slamanig, D. (2016). Österreich 2025 – Umweltinnovationen in Österreich. Performance und Erfolgsfaktoren. WIFO-Monatsberichte, 89(11), 809–820.
- Keuschnigg, C., & Sardadvar, S. (2019). Wagniskapital zur Finanzierung von Innovation und Wachstum [Studie im Auftrag des Rats für Forschung und Technologieentwicklung und der Austrian Private Equity and Venture Capital Organisation (AVCO)]. WPZ.

- Kolev, J., Haughey, A., Murray, F., & Stern, S. (2022). Of Academics and Creative Destruction: Startup Advantage in the Process of Innovation (Working Paper No. 30362; Working Paper Series). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w30362>
- Kroll, H., Berghäuser, H., Blind, K., Neuhäusler, P., Scheifele, F., Thielmann, A., & Wydra, S. (2022). Schlüsseltechnologien (Im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) Nos. 7–2022; Studien zum deutschen Innovationssystem). ISI Fraunhofer.
- Leitner, K.-H., Dachs, B., Degelsegger, A., Ecker, B., Gassler, H., Heller-Schuh, B., Hochgerner, J., Janger, J., Lampert, D., Peneder, M., Ploder, M., Polt, W., Scherngell, T., Schuch, K., Streicher, G., Unger, M., Unterlass, F., & Zahr-Adnik, G. (2015). Stärkefelder im Innovationssystem: Wissenschaftliche Profilbildung und wirtschaftliche Synergien (Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft AIT-IS Report N. 103).
- Lundvall, B.-Å. (2010). National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning. Anthem Press.
- March, C., I. Schieferdecker, I. (2021). Technology Sovereignty as Ability, Not Autarky, CESifo Working Papers, 9139, CESifo, Munich, Germany (2021), <https://www.cesifo.org/en/publications/2021/working-paper/technological-sovereignty-ability-not-autarky>
- Mitsos, A., Bonaccorsi, A., Caloghirou, Y., Allmendinger, J., Georghiou, L., Mancini, M., & Sachwald, F. (2012). High-level panel on the Socio-Economic Benefits of the European Research Area [Final report]. European Commission.
- Montresor, S. & Quatraro, F. (2017). Regional branching and key enabling technologies. Evidence from European patent data. In: Economic Geography, 93:4, S. 367-396.
- Mundell, I. (2024, April 30). The Ecosystem: Inside ETH Zurich's spin-off factory. https://sciencebusiness.net/node/58685/preview/PUqtXubevIFi2R5AnOJwsvM08SOomxrt8262wPi4kCY?utm_source=ActiveCampaign&utm_medium=email&utm_content=EU%20should%20replicate%20US%20public%20procurement%20strategy%2C%20says%20EIC%20chief&utm_campaign=Funding%20Newswire%3A%20Edition%2017
- OECD. (2024). OECD Economic Surveys: Austria 2024 [Text]. https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-economic-surveys-austria-2024_60ea1561-en
- Peneder, M. (2001). Eine Neubetrachtung des „Österreich-Paradoxon“. WIFO-Monatsberichte, 74(12), 737–748.
- Peneder, M. (2013). Von den „trockenen Tälern“ der Risiko- und Wachstumsfinanzierung. WIFO-Monatsberichte, 86(8), 637–648.
- Rat für Forschung und Technologieentwicklung (RFTE) (2023). Bericht zur wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit Österreichs. <https://fti-monitor.forwit.at/docs/pdf/L100012.pdf>, letzter Zugriff: 20.09.2024.
- Rat für technologische Souveränität (2024). Schlüsseltechnologien im Fokus - Der Wettlauf um industrie- und technologiepolitische Führung: „Technologische Souveränität“ im internationalen Vergleich.
- Reinstaller, A. (2014). Technologiegeber Österreich. Österreichs Wettbewerbsfähigkeit in Schlüsseltechnologien und Entwicklungspotentiale als Technologiegeber. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/47444>
- Reinstaller, A., Friesenbichler, K., Hölzl, W., & Kügler, A. (2022). Herausforderungen und Bestimmungsfaktoren der Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Industrieunternehmen. Ergebnisse der WIFO-Industriebefragung 2022. WIFO-Monatsberichte, 95(7), 467–476.
- Reinstaller, A., Hölzl, W., Janger, J., Unterlass, F., Stadler, I., Daimer, S., & Stehnen, T. (2011). Internationalisierungshemmnisse für innovative Unternehmen in der EU. WIFO-Monatsberichte, 84(2), 141–156.
- Reinstaller, A., Unterlass, F., Hölzl, W., Janger, J., Stadler, I., Daimer, S., & Stehnen, T. (2010). Barriers to internationalisation and growth of EU's innovative companies. PRO-INNO Europe: INNO-Grips II report.
- Rotolo, D., Hicks, D., Martin, B.R. (2015). What is an emerging technology? In: Research Policy, 44, Issue 10, December 2015, Pages 1827-1843
- Salter, A. J., & Martin, B. R. (2001). The economic benefits of publicly funded basic research: A critical review. Research policy, 30(3), 509–532.
- Unterlass, F., Hranýai, K., & Reinstaller, A. (2013). Patentindikatoren zur Bewertung der erfinderischen Leistung in Österreich. Vorläufiger technischer Bericht. [Im Auftrag des Rat für Forschung und Technologieentwicklung].
- Van den Abeele, E. (2021). Towards a new paradigm in open strategic autonomy? ETUI Research Paper-Working Paper (2021)

- Van Looy, B., Landoni, P., Callaert, J., van Pottelsberghe, B., Sapsalis, E., & Debackere, K. (2011). Entrepreneurial effectiveness of European universities: An empirical assessment of antecedents and trade-offs. *Research Policy*, 40(4), 553–564. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.02.001>
- Veugelers, R., & Cincera, M. (2010). Europe's missing yollies. *Bruegel Policy Briefs*, 06. <http://ideas.repec.org/p/bre/polbrf/430.html>
- Wanzenböck, I., Neuländtner, M. & Scherngell, T. (2020). Impacts of EU funded R&D networks on the generation of key enabling technologies. Empirical evidence from a regional perspective. In: *Papers in Regional Science*, 99:1, S. 3-25.
- WIPO (2024): WIPO, IPC Green Inventory. (Download: 24.7.2024) <https://www.wipo.int/classifications/ipc/green-inventory/home> (Download: 24.7.2024)

7. Anhang

Übersicht A 1: Zuordnung FFG SIC zu Schlüsseltechnologiefeldern

FFG SIC	Schlüsseltechnologiefeldern
AUTOMATISIERUNG	(1.1) Fortschrittliche Produktionstechnologien
ELEKTRONIKMIKROELEKTRONIK	(4.5) Mikro- & Nanoelektronik
ENERGIEEINSPARUNG	(7) Energieeinsparung
IKTANWENDUNGEN	(4) Digitale Technologien
INDUSTRIELLEBIOTECHNOLOGIE	(3.1) Industrielle Biotechnologie
INDUSTRIELLEFERTIGUNG	(1.1) Fortschrittliche Produktionstechnologien
INFORMATIONSVARBEITUNGINFORM	(4) Digitale Technologien
NANOTECHNOLOGIEUNDNANOWISSENSC	(2.2) Nanotechnologie
REGENERATIVEENERGIETRÄGER	(8) Alternative Energieerzeugung
ROBOTIK	(1.3) Robotik
UMWELT	Umwelttechnik
WERKSTOFFTECHNIK	(2.1) Fortgeschrittene Werkstoffe

7.1 Technologische-wirtschaftliche Spezialisierung

Übersicht A 2: Patentanmeldungen von AT-Anmeldern beim EPA im Vergleich zu 2008-2010

Technologiefeld	Patentzahl		RTA	
	Ø 2008-2010	Unterschied zu 2008-2010	Ø 2018-2020	Unterschied zu Ø 2008-2010
Bauwesen	530.67	-7.33	2.36	-0.33
Werkzeugmaschinen	426.08	114.08	2.10	0.16
Möbel, Spiele	293.50	14.50	1.78	-0.40
Elektrische Maschinen, Geräte, Energie	1,126.50	540.00	1.74	0.41
Makromolekulare Chemie, Polymere	414.25	61.92	1.67	-0.27
Handhabung	438.50	140.75	1.62	0.01
Andere Spezialmaschinen	661.33	292.67	1.57	0.16
Textil- und Papiermaschinen	202.67	50.83	1.40	0.17
Grundlegende Kommunikationsprozesse	109.50	82.00	1.40	0.92
Halbleiter	291.33	158.83	1.37	0.70
Werkstoffe, Metallurgie	285.14	47.44	1.32	-0.20
Umwelttechnik	154.17	11.17	1.22	-0.02
Verkehr	628.67	308.67	1.21	0.18
Mechanische Elemente	324.83	-5.50	1.20	-0.27
Oberflächentechnik, Beschichtung	227.50	59.17	1.14	0.02
Thermische Verfahren und Apparate	175.33	-53.37	1.12	-0.49
Sonstige Konsumgüter	246.50	48.50	1.05	-0.34
Audiovisuelle Technik	295.17	163.83	1.02	0.41
Messung	526.67	249.17	0.94	0.10
Steuerung	290.50	104.50	0.93	-0.52

Chemische Technik	266.00	55.00	0.91	-0.03
Optik	203.00	113.50	0.79	0.30
Motoren, Pumpen, Turbinen	169.33	-16.67	0.75	-0.06
Lebensmittelchemie	52.67	23.17	0.58	0.15
Grundlegende Materialchemie	149.62	-5.38	0.54	-0.12
Medizintechnik	322.33	33.08	0.53	-0.13
Biotechnologie	168.33	-26.50	0.48	-0.30
Mikrostruktur- und Nanotechnologie	18.50	-4.50	0.48	0.02
IT-Methoden für das Management	69.33	35.33	0.42	0.01
Telekommunikation	115.00	64.50	0.37	0.16
Computertechnik	316.00	187.17	0.37	0.03
Pharmazeutika	150.33	-35.00	0.35	-0.12
Organische Feinchemie	66.81	-14.02	0.25	-0.04
Digitale Kommunikation	131.67	57.50	0.18	0.02

Q: PATSTAT, Autumn 2023, WIPO (2023), WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 3: Handelsspezialisierung Österreichs

Produkt-Code (HS2017-2-Steller)	Kurztitel	ø2017-2022	Δ2017/2018-2021/2022	øAnteil an AT-Gesamtexporten (in ‰)
86	Schienenfahrzeuge; Gleismaterial; mechan.Signalgeräte	5,44	1,24	9,35
93	Waffen und Munition; Teile davon und Zubehör	3,86	0,90	3,04
83	Verschiedene Waren aus unedlen Metallen	3,95	0,19	15,44
44	Holz und Holzwaren; Holzkohle	3,70	0,19	29,74
48	Papier und Pappe; Waren aus Papierhalbstoff, Papier/Pappe	3,39	0,14	31,25
22	Getränke, alkoholhaltige Flüssigkeiten und Essig	3,05	0,62	20,40
55	Synthetische od. künstliche Spinnfasern	3,30	-0,04	6,59
81	Andere unedle Metalle; Cermets; Waren daraus	2,97	0,04	3,56
30	Pharmazeutische Erzeugnisse	2,02	0,15	70,34
76	Aluminium und Waren daraus	2,15	-0,21	22,88
73	Waren aus Eisen oder Stahl	1,92	0,08	32,15
68	Waren a.Steinen,Gips,Zement,Asbest,Glimmer uä. Stoffen	1,97	-0,20	5,56
72	Eisen und Stahl	1,90	-0,24	43,49
04	Milch,Milcherzeugnisse;Vogeleier;natürlicher Honig usw	1,75	0,04	8,76
41	Häute, Felle (andere als Pelzfelle) und Leder	2,16	-0,66	2,43
19	Zubereit. a.Getreide, Mehl, Stärke od. Milch; Backwaren	1,71	0,07	7,25
82	Werkzeuge,Schneidwaren,Essbestecke;aus unedlen Metallen	1,57	0,12	5,46
36	Pulver und Sprengstoffe; pyrotechn.Artikel; Zündhölzer	1,47	0,43	0,38
11	Müllereierzeugnisse;Malz;Stärke;Inulin;Kleber v.Weizen	1,42	0,33	1,63
66	Regen- Sonnenschirme, Stöcke; Peitschen; Teile davon	1,32	0,32	0,25
84	Kernreaktoren,Kessel,Maschinen,mech.Geräte; Teile davon	1,43	-0,01	172,05
87	Zugmaschin.,Kraftwagen, -räder,Fahrräder; Teile davon	1,35	0,19	105,12
49	Bücher,Zeitungen,Bilddrucke ua. Waren des graf.Gewerbes	1,39	-0,02	2,65

Produkt-Code (HS2017-2-Steller)	Kurztitel	ø2017-2022	Δ2017/2018-2021/2022	øAnteil an AT-Gesamtexporten (in %)
20	Zubereitungen v.Gemüse,Früchten und and. Pflanzenteilen	1,36	0,04	4,68
39	Kunststoffe und Waren daraus	1,30	0,01	45,57
23	Rückstände,Abfälle d.Lebensmittelind.;zubereit.Futter	1,33	-0,05	6,05
97	Kunstgegenstände, Sammlungsstücke und Antiquitäten	1,16	0,05	1,38
21	Verschiedene Lebensmittelzubereitungen	1,23	0,02	5,30
16	Zubereitungen von Fleisch, Fischen/Krebstieren ua.	1,20	0,11	3,27
75	Nickel und Waren daraus	1,35	-0,15	2,23
18	Kakao und Zubereitungen aus Kakao	1,09	0,17	2,90
35	Eiweißstoffe, modifizierte Stärke; Klebstoffe; Enzyme	1,04	0,16	1,80
70	Glas und Glaswaren	1,19	-0,13	4,86
74	Kupfer und Waren daraus	1,10	0,05	10,19
02	Fleisch und genießbare Schlachtnebenerzeugnisse	1,09	-0,07	7,88
58	Spezialgewebe;getuftete Spinnstoffverz.;Stickereien usw.	1,05	-0,02	0,63
32	Gerb- u.Farbstoffauszüge;Farbstoffe,Lacke;Kitte;Tinten	1,00	0,10	4,44
79	Zink und Waren daraus	0,98	-0,02	1,03
34	Seifen, Wasch-, Schmier-, Poliermittel, Modelliermassen	1,00	-0,08	3,48
47	Halbstoffe aus Holz/and.cellulosehaltigen Faserstoffen	1,19	-0,46	3,39
05	Andere Waren tierischen Ursprungs, awgni	0,76	0,27	0,45
90	Opt.,foto-/kinematogr.Geräte;Mess-,Prüfinstrum.;Teile	0,90	0,09	28,41
59	Getränkte,bestr.überzog.Gewebe; techn.Spinnstoffwaren	0,99	-0,06	1,31
38	Verschiedene Erzeugnisse der chemischen Industrie	0,98	-0,05	12,00
94	Möbel,Bettwaren,Beleuchtungskörper ua.;vorgef.Gebäude	0,98	-0,07	13,66
92	Musikinstrumente; Teile und Zubehör	0,87	0,06	0,34
78	Blei und Waren daraus	0,83	0,11	0,39
52	Baumwolle	0,74	0,17	2,18
25	Salz; Schwefel; Steine u.Erden; Gips, Kalk u.Zement	0,83	-0,05	2,40
95	Spielzeug, Spiele, Sportgeräte; Teile davon und Zubehör	0,96	-0,41	6,89
17	Zucker und Zuckerwaren	0,75	0,07	1,92
69	Keramische Waren	0,83	-0,13	2,37
88	Lufffahrzeuge und Raumfahrzeuge, Teile davon	0,66	0,06	7,66
28	Anorganische chemische Erzeugnisse	0,75	-0,12	5,62
85	Elektr.Maschinen,elektrotechnische Waren;Teile davon	0,69	-0,07	98,27
57	Teppiche und andere Fußbodenbeläge, aus Spinnstoffen	0,76	-0,22	0,64
65	Kopfbedeckungen und Teile davon	0,75	-0,15	0,44
56	Watte, Filze, Vliesstoffe; Spezialgarne; Seilerwaren	0,66	-0,10	0,97
64	Schuhe, Gamaschen und ähnliche Waren; Teile davon	0,60	0,04	4,59
01	Lebende Tiere	0,72	-0,25	0,90
51	Wolle,feine u.grobe Tierhaare;Garne u.Gewebe a.Rosshaar	0,54	0,00	0,34
80	Zinn und Waren daraus	0,57	-0,05	0,20
96	Verschiedene Waren	0,52	0,00	1,44
31	Düngemittel	0,52	0,03	2,25
62	Bekleidung u.-zubehör,ausgenom.aus Gewirken/Gestricken	0,50	0,06	5,79

Produkt-Code (HS2017-2-Steller)	Kurztitel	ø2017-2022	Δ2017/2018-2021/2022	øAnteil an AT-Gesamtexporten (in %)
61	Bekleidung und -zubehör, aus Gewirken od. Gestricken	0,53	-0,03	6,48
60	Gewirke und Gestricke	0,53	-0,07	0,95
14	Flechtstoffe und andere Waren pflanzl.Ursprungs, awgni	0,55	-0,02	0,04
63	And.konfektionierte Spinnstoffwaren;Altwaren und Lumpen	0,47	-0,03	1,92
29	Organische chemische Erzeugnisse	0,63	-0,27	14,87
40	Kautschuk und Waren daraus	0,45	0,01	4,73
10	Getreide	0,50	-0,08	3,48
71	Perlen, Edelsteine, -metalle ua.; Waren daraus; Münzen	0,32	0,16	12,22
33	Ätherische Öle, Resinoide, Parfümeriezubereitungen usw.	0,40	0,00	2,91
91	Uhrmacherwaren	0,47	-0,25	1,18
45	Kork und Korkwaren	0,36	-0,05	0,04
09	Kaffee, Tee, Mate und Gewürze	0,35	0,00	0,99
12	Ölsamen,öhlalt.Früchte;Samen;Pflanzen; Stroh u. Futter	0,39	-0,03	2,34
15	Tierische,pflanzliche Fette u.Öle; Erzeugnisse; Wachse	0,36	0,00	2,23
67	Zugericht.Federn u.Daunen; Waren daraus; künstl.Blumen	0,34	-0,09	0,15
07	Gemüse, Pflanzen, Wurzeln u.Knollen f.Ernährungszwecke	0,27	0,03	1,10
53	And.pflanzliche Spinnstoffe;Papiergarne u.Gewebe davon	0,25	0,05	0,06
54	Synthetische od. künstliche Filamente	0,25	0,05	0,62
08	Genießb.Früchte u.Nüsse; Schalen v.Zitrusfr.od.Melonen	0,26	0,04	1,87
27	Mineral.Brennst.,Mineralöle;Erzeugnisse,Destillate usw.	0,22	0,10	28,47
42	Leder-, Sattlerwaren; Reiseartikel, Handtaschen usw.	0,32	-0,08	1,28
06	Lebende Pflanzen und Waren des Blumenhandels	0,20	0,02	0,23
46	Flechtwaren und Korbmacherwaren	0,22	-0,01	0,03
13	Schellack; Gummen, Harze ua. Pflanzensäfte und -auszüge	0,20	0,00	0,09
43	Pelzfelle und künstliches Pelzwerk; Waren daraus	0,18	0,04	0,05
37	Erzeugnisse zu foto- od. kinematografischen Zwecken	0,17	-0,07	0,14
50	Seide	0,21	-0,15	0,02
03	Fische,Krebstiere,Weichtiere u.and.wirbell.Wassertiere	0,04	0,02	0,26
89	Wasserfahrzeuge und schwimmende Vorrichtungen	0,07	-0,04	0,45
26	Erze sowie Schlacken und Aschen	0,03	-0,01	0,47
24	Tabak und verarbeitete Tabakersatzstoffe	0,01	0,00	0,02

Q: BACI-Datenbank, WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 4: RVA nach NACE 2-Steller für 2021 inkl. Differenz zu 2019

NACE 2-Steller	Kurztitel	RVA 2021	Differenz 2021-2019
I55	Beherbergung	2,71	0,55
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2,68	0,09
C11	Getränkeherstellung	2,38	0,65
B06	Gewinnung v. Erdöl- und Erdgas	2,37	0,77
C24	Metallerzeugung und -bearbeitung	2,20	0,15
C17	H.v. Papier/Pappe und Waren daraus	1,68	0,08

NACE 2-Steller	Kurztitel	RVA 2021	Differenz 2021-2019
B08	Gewinnung v. Steinen; sonst. Bergbau	1,58	0,11
C31	H.v. Möbeln	1,56	0,11
F41	Hochbau	1,52	0,24
C27	H.v. elektrischen Ausrüstungen	1,51	0,05
E37	Abwasserentsorgung	1,47	0,24
F42	Tiefbau	1,43	0,26
C28	Maschinenbau	1,38	0,19
L68	Grundstücks- und Wohnungswesen	1,38	0,17
C25	H.v. Metallerzeugnissen	1,32	0,24
C23	H.v. Glas/-waren, Keramik u.Ä.	1,30	-0,02
I56	Gastronomie	1,29	0,20
F43	Sonst. Bautätigkeiten	1,28	0,09
H49	Landverkehr	1,25	0,05
N81	Gebäudebetreuung; Gartenbau	1,18	0,15
M73	Werbung und Marktforschung	1,15	0,02
C33	Reparatur/Installation v. Maschinen	1,15	0,15
G45	Kfz-Handel und -reparatur	1,12	-0,10
G47	Einzelhandel	1,11	0,04
N78	Arbeitskräfteüberlassung	1,09	0,04
H52	Dienstleistungen für den Verkehr	1,07	0,07
N77	Vermietung v. beweglichen Sachen	1,07	0,19
C18	H.v. Druckerzeugnissen	1,04	0,04
H53	Post- und Kurierdienste	1,04	0,13
D35	Energieversorgung	1,04	0,10
G46	Großhandel	1,04	0,12
C26	H.v. Datenverarbeitungsgeräten	1,03	0,02
M71	Architektur- und Ingenieurbüros	0,98	-0,03
M75	Veterinärwesen	0,94	0,02
M69	Rechtsberatung und Wirtschaftsprüfung	0,94	0,01
C22	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	0,92	0,00
E38	Abfallbehandlung	0,92	0,12
C13	H.v. Textilien	0,91	0,13
C30	Sonst. Fahrzeugbau	0,89	0,33
K64	Finanzdienstleistungen	0,88	-
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermitteln	0,86	0,04
J61	Telekommunikation	0,79	0,11
M72	Forschung und Entwicklung	0,77	-0,03
C32	H.v. sonst. Waren	0,76	-0,07
H51	Luffahrt	0,76	-0,11
C20	H.v. chemischen Erzeugnissen	0,75	0,16
C29	H.v. Kraftwagen und -teilen	0,73	0,09

NACE 2-Steller	Kurztitel	RVA 2021	Differenz 2021-2019
J62	IT-Dienstleistungen	0,70	0,05
M70	Unternehmensführung, -beratung	0,65	0,09
J63	Informationsdienstleistungen	0,64	-1,02
K66	Sonst. Finanz-/Versicherungsleistungen	0,58	-
C19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	0,56	-0,68
C21	H.v. pharmazeutischen Erzeugnissen	0,54	-0,12
E36	Wasserversorgung	0,53	0,10
M74	Sonst. freiberufl./techn. Tätigkeiten	0,53	0,00
N80	Private Wach- und Sicherheitsdienste	0,52	0,07
C15	H v. Leder/-waren und Schuhen	0,44	-0,01
N82	Wirtschaftliche Dienstleistungen a.n.g.	0,40	-0,04
J59	Filmherstellung/-verleih; Kinos	0,34	-0,37
K65	Versicherungen und Pensionskassen	0,32	-
C14	H.v. Bekleidung	0,30	0,01
J60	Rundfunkveranstalter	0,22	0,02
B09	Dienstleistungen für den Bergbau	0,21	-0,44
E39	Beseitigung v. Umweltverschmutzungen	0,18	-0,02
H50	Schifffahrt	0,02	-0,03
C12	Tabakverarbeitung	0,00	0,00
B05	Kohlenbergbau	0,00	0,00
B07	Erzbergbau	0,00	0,00
J58	Verlagswesen	-	-
N79	Reisebüros und Reiseveranstalter	-	-

Q: SBS Eurostat; WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 5: RVA nach NACE 2-Steller für 2021 inkl. F&E-Intensität

NACE 2-Steller	Kurztitel	RVA 2021	F&E-Intensität
I55	Beherbergung	2,71	Low
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2,68	Medium-low
C11	Getränkeherstellung	2,38	Medium-low
B06	Gewinnung v. Erdöl- und Erdgas	2,37	Medium-low
C24	Metallerzeugung und -bearbeitung	2,20	Medium
C17	H.v. Papier/Pappe und Waren daraus	1,68	Medium-low
B08	Gewinnung v. Steinen; sonst. Bergbau	1,58	Medium-low
C31	H.v. Möbeln	1,56	Medium-low
F41	Hochbau	1,52	Low
C27	H.v. elektrischen Ausrüstungen	1,51	Medium-high
E37	Abwasserentsorgung	1,47	Low
F42	Tiefbau	1,43	Low
C28	Maschinenbau	1,38	Medium-high
L68	Grundstücks- und Wohnungswesen	1,38	Low
C25	H.v. Metallerzeugnissen	1,32	Medium-low

NACE 2-Steller	Kurztitel	RVA 2021	F&E-Intensität
C23	H.v. Glas/-waren, Keramik u. Ä.	1,30	Medium
I56	Gastronomie	1,29	Low
F43	Sonst. Bautätigkeiten	1,28	Low
H49	Landverkehr	1,25	Low
N81	Gebäudebetreuung; Gartenbau	1,18	Low
M73	Werbung und Marktforschung	1,15	Medium-low
C33	Reparatur/Installation v. Maschinen	1,15	Medium
G45	Kfz-Handel und -reparatur	1,12	-
G47	Einzelhandel	1,11	-
N78	Arbeitskräfteüberlassung	1,09	Low
H52	Dienstleistungen für den Verkehr	1,07	Low
N77	Vermietung v. beweglichen Sachen	1,07	Low
C18	H.v. Druckerzeugnissen	1,04	Medium-low
H53	Post- und Kurierdienste	1,04	Low
D35	Energieversorgung	1,04	Low
G46	Großhandel	1,04	-
C26	H.v. Datenverarbeitungsgeräten	1,03	High
M71	Architektur- und Ingenieurbüros	0,98	Medium-low
M75	Veterinärwesen	0,94	Medium-low
M69	Rechtsberatung und Wirtschaftsprüfung	0,94	Medium-low
C22	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	0,92	Medium
E38	Abfallbehandlung	0,92	Low
C13	H.v. Textilien	0,91	Medium-low
C30	Sonst. Fahrzeugbau	0,89	Medium-high
K64	Finanzdienstleistungen	0,88	Low
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermitteln	0,86	Medium-low
J61	Telekommunikation	0,79	Medium-low
M72	Forschung und Entwicklung	0,77	Medium-low
C32	H.v. sonst. Waren	0,76	Medium
H51	Luffahrt	0,76	Low
C20	H.v. chemischen Erzeugnissen	0,75	Medium-high
C29	H.v. Kraftwagen und -teilen	0,73	Medium-high
J62	IT-Dienstleistungen	0,70	Medium-high
M70	Unternehmensführung,-beratung	0,65	Medium-low
J63	Informationsdienstleistungen	0,64	Medium-high
K66	Sonst. Finanz-/Versicherungsleistungen	0,58	Low
C19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	0,56	Medium-low
C21	H.v. pharmazeutischen Erzeugnissen	0,54	High
E36	Wasserversorgung	0,53	Low
M74	Sonst. freiberufl./techn. Tätigkeiten	0,53	Medium-low
N80	Private Wach- und Sicherheitsdienste	0,52	Low
C15	Hv. Leder/-waren und Schuhen	0,44	Medium-low
N82	Wirtschaftliche Dienstleistungen a.n.g.	0,40	Low
J59	Filmherstellung/-verleih; Kinos	0,34	Low
K65	Versicherungen und Pensionskassen	0,32	Low

NACE 2-Steller	Kurztitel	RVA 2021	F&E-Intensität
C 14	H.v. Bekleidung	0,30	Medium-low
J60	Rundfunkveranstalter	0,22	-
B09	Dienstleistungen für den Bergbau	0,21	Medium-low
E39	Beseitigung v. Umweltverschmutzungen	0,18	Low
H50	Schifffahrt	0,02	Low
B05	Kohlenbergbau	0,00	Medium-low
C12	Tabakverarbeitung	0,00	Medium-low
B07	Erzbergbau	0,00	Medium-low

Q: SBS Eurostat; WIFO-Berechnungen.

7.2 Detailtabellen zur Positionierung in Schlüsseltechnologien

Übersicht A 6: Vergleich der Patentanmeldungen beim EPA von AT-Anmelder und AT-Erfinder; unterschiedliche Technologieklassifikationen

	RTA; ø 2018-2020			Patentanmeldungen 2018-2020			Triadische Patente je 1 Mio. Bev.; ø 2018-2020		
	nach Anmeld er:in	nach Erfind er:in	Differenz	nach Anmeld er:in	nach Erfind er:in	Differenz	nach Anmeld er:in	nach Erfinder: in	Differenz
Photonik (1.2)	1,59	1,38	0,21	255,83	235,35	20,48	1,93	1,89	0,04
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	1,53	1,06	0,47	474,67	350,58	124,09	3,63	3,21	0,42
Mikro-&Nanoelektronik (4.5)	1,53	1,17	0,36	322,00	264,25	57,75	1,51	1,73	-0,22
Fortschrittliche Produktionstechn. (1.1)	1,48	1,25	0,23	396,00	358,15	37,85	3,05	3,24	-0,19
Internet der Dinge (4.4)	1,44	1,19	0,25	20,00	17,87	2,13	0,28	0,17	0,11
Industrielle Biotechnologie (3.1)	0,82	0,84	-0,02	53,67	60,39	-6,72	0,62	0,81	-0,19
Robotik (1.3)	0,79	0,82	-0,03	30,00	33,37	-3,37	-	-	-
IT für Mobilität (4.3)	0,56	0,80	-0,23	87,00	132,53	-45,53	0,95	0,89	0,07
Nanotechnologie (2.2)	0,44	0,50	-0,05	7,50	9,17	-1,67		0,03	-0,03
Cybersicherheit (4.6)	0,33	0,46	-0,13	52,17	77,17	-25,00	0,45	0,48	-0,03
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,18	0,24	-0,06	29,67	42,69	-13,02	0,42	0,39	0,03
Big data (4.2)	0,12	0,20	-0,08	8,17	13,87	-5,70	0,11	0,11	0,00
Transport (5)	1,83	1,96	-0,14	193,50	224,62	-31,12	1,48	1,31	0,16
Abfallwirtschaft (6)	1,38	1,24	0,14	150,67	146,50	4,16	0,70	0,68	0,02
Energieeinsparung (7)	1,12	1,26	-0,13	202,83	244,25	-41,42	0,76	0,88	-0,12
Alternative Energieerzeugung (8)	0,94	0,90	0,04	189,45	194,33	-4,88	1,58	1,78	-0,20
Landwirtschaft/Forstwirtschaft (9)	0,73	0,64	0,09	15,50	14,73	0,77	0,22	0,25	-0,03
Kernenergieerzeugung (10)	0,54	0,23	0,30	6,33	3,25	3,08	0,11	0,06	0,05

Q: PATSTAT, Autumn 2023, PATSTAT, Autumn 2022, European Commission (2020); WIPO, IPC Green Inventory (2024), WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 7: Vergleich der Patente beim EPA von AT-Anmelder und AT-Erfinder; IPC Klassen

IPC-Klasse	RTA- ø 2018-2020				Patentanmeldungen 2018-2020			Triadische Patente je 1Mio. Bev. ø 2018-2020		
	Nach Anmel-der:in	Nach Erfinde-r:in	Differ-enz	Rang nach Erfinde-r:in	Nach Anmel-der:in	Nach Erfind-er:in	Differ-enz	Nach Anmel-der:in	Nach Erfinder :in	Differ-enz
Beleuchtung	6,37	5,13	1,24	2	292	247	44,51	2,01	1,81	0,20
Bau von Straßen, Eisenbahnen oder Brücken	5,87	5,41	0,46	1	113	113	0,42	1,43	1,34	0,09
Eisenbahnen	5,15	4,94	0,21	3	126	131	-4,85	0,83	0,71	0,12
Schmelzöfen; Brennöfen; Öfen; Retorten	4,10	3,46	0,64	8	36	33	3,32	0,26	0,19	0,08
Waffen	3,92	3,63	0,29	5	57	56	0,67	0,06	0,03	0,03
Backen; Geräte zur Herstellung oder Verarbeitung von Teigen	3,82	3,46	0,36	7	27	26	0,92	0,11	0,11	0,00
Dekorative Künste	3,80	2,58	1,22	16	25	18	6,56	0,11		0,11
Formgebung von Metall	3,70	3,51	0,19	6	114	116	-2,47	1,05	1,02	0,04
Schlösser; Schlüssel; Fenster- und Türbeschläge	3,63	3,33	0,31	9	143	139	4,32	2,14	2,08	0,06
Sattlerwaren; Polstermöbel	3,61	2,69	0,92	15	2	2	0,33	-	-	-
Natürliche oder künstliche Fäden oder Fasern; Spinnerei	3,34	2,88	0,46	12	61	53	3,97	0,96	0,93	0,03
Buchbinderei; Alben; Akten; Spezialdruckerzeugnisse	3,26	3,06	0,20	10	29	29	0,50	0,09	0,11	-0,02
Metallurgie von Eisen	3,12	2,84	0,27	13	76	75	1,00	0,44	0,41	0,03
Papierherstellung; Herstellung von Zellulose	3,04	2,83	0,21	14	56	57	-0,67	0,38	0,39	-0,01
Nähen; Sticken; Tuften	2,88	1,71	1,18	37	2	3	-0,50	-	-	-
Bearbeitung oder Konservierung von Holz	2,86	2,90	-0,04	11	34	36	-2,78	0,11	0,17	-0,05
Kurzwaren; Juwelierwaren	2,84	2,44	0,40	20	23	22	1,48	-	-	-
Seile; Kabel	2,72	2,38	0,34	24	5	4	0,67	-	-	-
Pressen	2,51	2,42	0,08	22	16	17	-0,50	0,30	0,31	-0,01
Bearbeitung von Zement, Lehm oder Stein	2,50	3,86	-1,36	4	31	50	-19,59	0,16	0,24	-0,09

Q: PATSTAT, Autumn 2023, WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 8: **Qualität der Patentanmeldungen beim EPA mit AT-Anmelder im Vergleich mit ausgewählten Ländern, ø 2018-2020**

	Triadische Patente											ø Zitationen	
	AT	DE	DK	FI	NL	SE	CH	CN	JP	KR	US	AT	Vgl-Länder
Grüne Technologie exkl. Kernenergieerzeugung	4,05	5,57	9,08	7,55	9,91	5,25	22,78	0,40	14,68	12,87	5,58	0,25	0,19
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)	9,41	13,83	9,96	19,47	22,15	15,11	42,74	0,85	45,67	20,47	13,52	0,24	0,19
ATI-Ebene 1													
Produktionstechnologien (1)	4,80	6,64	4,94	8,06	11,53	6,62	17,56	0,32	19,24	10,62	6,05	0,23	0,16
Materialtechnologien (2)	3,63	5,79	1,83	8,06	4,70	3,79	16,46	0,13	20,26	8,63	3,97	0,22	0,17
Biotechnologie (3)	0,62	0,90	2,26	1,00	1,42	1,55	4,04	0,04	2,12	1,28	1,51	0,08	0,10
Digitale Technologien (4)	3,10	4,87	2,59	8,39	10,89	6,97	14,48	0,62	19,94	9,96	6,34	0,31	0,21
ATI-Ebene 2													
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	3,05	4,80	4,48	5,89	5,07	5,69	13,23	0,21	13,19	6,37	4,38	0,23	0,15
Photonik (1.2)	1,93	2,15	0,46	2,54	6,78	1,02	4,69	0,15	6,69	5,07	1,93	0,21	0,17
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	3,63	5,68	1,83	7,58	4,44	3,61	15,36	0,12	20,03	8,50	3,75	0,22	0,17
Nanotechnologie (2.2)	-	0,22	0,13	1,45	0,38	0,37	1,46	0,01	0,57	0,30	0,36	-	0,14
Industrielle Biotechnologie (3.1)	0,62	0,90	2,26	1,00	1,42	1,55	4,04	0,04	2,12	1,28	1,51	0,08	0,10
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,42	0,72	0,65	1,51	3,09	1,16	2,70	0,19	4,15	2,17	1,81	0,35	0,25
Big data (4.2)	0,11	0,29	0,23	0,72	1,33	0,53	1,15	0,09	1,68	1,06	0,88	-	0,25
IT für Mobilität (4.3)	0,95	1,53	0,57	1,06	2,47	2,04	1,24	0,16	4,82	1,10	1,38	0,31	0,23
Internet der Dinge (4.4)	0,28	0,09	0,42	0,36	0,19	0,13	0,80	0,00	0,36	0,09	0,16	0,11	0,13
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	1,51	2,25	0,54	4,08	4,46	1,06	5,17	0,20	8,88	6,24	2,27	0,30	0,18
Cybersicherheit (4.6)	0,45	0,51	0,63	2,02	0,99	3,12	5,47	0,10	2,89	0,91	1,30	0,33	0,19
Grüne Technologie-Ebene 1													
Transport (5)	1,48	0,89	0,31	0,79	0,82	0,75	1,91	0,08	3,55	2,69	0,47	0,19	0,23
Abfallwirtschaft (6)	0,70	1,05	1,21	2,45	1,52	1,47	2,08	0,03	2,39	1,09	0,80	0,38	0,17
Energieeinsparung (7)	0,76	1,73	1,12	1,75	5,04	1,41	6,50	0,15	5,67	6,98	1,22	0,22	0,20
Alternative Energieerzeugung (8)	1,58	2,42	7,17	4,11	3,85	2,45	12,36	0,23	6,35	5,23	3,62	0,24	0,18
Landwirtschaft/Forstwirtschaft (9)	0,22	0,39	0,34	0,41	0,25	0,29	2,63	0,00	0,28	0,10	0,29	0,33	0,06
Kernenergieerzeugung (10)	0,11	0,14	0,17	0,24	0,48	0,47	0,28	0,00	0,26	0,19	0,22	-	0,08

Q: PATSTAT, Autumn 2023, European Commission (2020); WIPO, IPC Green Inventory (2024), WIFO-Berechnungen. -) Triadische Patente: Patentanmeldungen beim EPO, JPO & USPTO je 1 Mio. Bevölkerung. Vgl-Länder: DK, SE, FI, NL, DE, CH, US, JP, CN, KR.

Übersicht A 9: Top-10 österreichischer Anmelder von EPO-Patenten seit 2015; Rang 1-5

	Rang 1	Zahl	Rang 2	Zahl	Rang 3	Zahl	Rang 4	Zahl	Rang 5	Zahl
Grüne Technologie	AVL LIST	331	JENBACHER	268	BOREALIS	120	BWT	87	LENZING	78
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)	BOREALIS	756	AT&S	292	INFINEON	274	ZUMTOBEL	229	ZKW	175
ATI-Ebene 1										
Produktionstechnologien (1)	ZUMTOBEL	792	INFINEON	678	TRIDONIC	504	ZKW	400	AT&S	368
Materialtechnologien (2)	BOREALIS	3145	VOEST	273	REFRACTORY	205	PLANSEE	121	MONDI	79
Biotechnologie (3)	ANNIKKI	23	TU WIEN	22	LEXOGEN	20	ARES GENETICS	19	BOKU UNI WIEN	18
Digitale Technologien (4)	INFINEON	1253	AT&S	445	AMS	366	EV	348	TRIDONIC	165
ATI-Ebene 2										
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	INFINEON	658	AT&S	366	EV	355	VOEST	341	BOREALIS	229
Photonik (1.2)	ZUMTOBEL	792	TRIDONIC	486	ZKW	345	AMS	205	H4X E.U.	129
Robotik (1.3)	ROBART	15	FERROBOTICS	9	TGW LOGISTICS	7	WITTMANN	3	HIRSCHMANN	3
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	BOREALIS	3145	VOEST	273	REFRACTORY	205	PLANSEE	121	MONDI	79
Nanotechnologie (2.2)	EV	26	USOUND	23	AT&S	13	STRATEC	13	FIANOSTICS	12
Industrielle Biotechnologie (3.1)	ANNIKKI	23	TU WIEN	22	LEXOGEN	20	ARES GENETICS	19	BOKU UNI WIEN	18
Künstliche Intelligenz (4.1)	AVL LIST	19	PARITY QUANTUM	9	SIEMENS	8	INFINEON	7	EYYES	6
Big data (4.2)	SIEMENS	3	AVL LIST	3	RUBBLE MASTER	2	CORTICAL.IO	2	INFINEON	1
IT für Mobilität (4.3)	AMS	105	KAPSCH	70	AVL LIST	62	RIEGL	53	TRIDONIC	31
Internet der Dinge (4.4)	SEIBERSDORF	7	PRIMETALS	6	SES-IMAGOTAG	6	SANLAS	5	AIT	4
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	INFINEON	1238	AT&S	442	EV	347	AMS	282	LAM RESEARCH	139
Cybersicherheit (4.6)	SKIDATA	43	AIT	35	AUTHENTIC VISION	31	RIDDLE & CODE	27	SES-IMAGOTAG	26
Grüne Technologie-Ebene 1										
Transport (5)	SIEMENS	508	INNOVA PATENT	279	PLASSER & THEURER	256	KNORR-BREMSE	182	AVL LIST	140
Abfallwirtschaft (6)	AVL LIST	137	BOREALIS	124	BWT	87	LENZING	85	JENBACHER	52
Energieeinsparung (7)	TRIDONIC	282	OMICRON	242	INFINEON	155	FRONIUS	146	AVL LIST	132
Alternative Energieerzeugung (8)	AVL LIST	425	BOREALIS	170	MIBA GLEITLAGER	94	AMS	87	UNI WIEN	85
Landwirtschaft/Forstwirtschaft (9)	GREEN INNOVATION	24	AIT	20	ERBER	16	CURASOLUTIONS	15	OGET INNOVATIONS	11
Kernenergieerzeugung (10)	SCHREIBER SYLVIA	12	INFINEON	9	MED UNI GRAZ	5	PLANSEE	4	IMS NANOFABRIC	4

Q: PATSTAT, Autumn 2023, European Commission (2020); WIPO, IPC Green Inventory (2024), WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 10: **Top-10 österreichischer Anmelder von EPO-Patenten seit 2015; Rang 6-10**

	Rang 6	Zahl	Rang 7	Zahl	Rang 8	Zahl	Rang 9	Zahl	Rang 10	Zahl
Grüne Technologie	ANDRITZ	42	ALPLA-WERKE	40	RED BULL	40	EREMA	39	PRIMETALS	27
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)	AMS	162	VOEST	161	SWAROVSKI	160	EV	92	TU WIEN	47
ATI-Ebene 1										
Produktionstechnologien (1)	EV	356	VAE	343	AMS	286	BOREALIS	229	LAM RESEARCH	138
Materialtechnologien (2)	TU WIEN	60	MIBA GLEITLAGER	55	FRITZ EGGER	54	CONSTANTIA TEICH	52	EV	50
Biotechnologie (3)	AIT	15	CEMM	13	ECODUNA	13	TU GRAZ	12	MOLECULAR DEVICES	12
Digitale Technologien (4)	ZKW	139	LAM RESEARCH	139	AVL LIST	131	BOREALIS	127	OMICRON	102
ATI-Ebene 2										
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	LAM RESEARCH	138	REFRACTORY	110	AMS	89	PRIMETALS	87	EBNER	81
Photonik (1.2)	BARTENBACH	53	RIEGL	31	NOVOMATIC	31	TU WIEN	30	HOFER, ROBERT	22
Robotik (1.3)	KEBA	3	KNAPP	2	REFRACTORY	2	FRONIUS	2	AT&S	1
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	TU WIEN	59	MIBA GLEITLAGER	55	FRITZ EGGER	54	CONSTANTIA TEICH	52	SWAROVSKI	50
Nanotechnologie (2.2)	AMS	10	INFINEON	9	BETA	6	UNI INNSBRUCK	5	AIT	5
Industrielle Biotechnologie (3.1)	AIT	15	CEMM	13	ECODUNA	13	TU GRAZ	12	MOLECULAR DEVICES	12
Künstliche Intelligenz (4.1)	BT-Wolfgang Binder	6	KAPSCH VIRTUAL VEHICLE RESEARCH	6	RUBBLE MASTER HMH	5	XEPHOR SOLUTIONS	5	MED-EL XEPHOR SOLUTIONS	4
Big data (4.2)	HOLO-LIGHT	1	ZKW	1	EMOTION3D	1	TU WIEN	1	ARS	1
IT für Mobilität (4.3)	FREQUENTIS	25	ZKW	25	ZUMTOBEL	18	PLASSER & THEURER	18	INTERACTIVE PAPER	15
Internet der Dinge (4.4)	RIDDLE & CODE	4	SAPHENUS	3	OTTO BOCK	3	STAPPTRONICS	3	SEMSYSCO	3
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	BOREALIS	126	ZKW	111	TRIDONIC	110	OMICRON	102	SEIBERSDORF	49
Cybersicherheit (4.6)	AVL LIST	18	TRIDONIC	15	MUSE ELECTRONICS	12	SIEMENS	11	MAGNA POWERTRAIN	11
Grüne Technologie-Ebene 1										
Transport (5)	JENBACHER	59	TRIDONIC	55	FRAUSCHER	41	KEBA ENERGY	40	ALPLA-WERKE	31
Abfallwirtschaft (6)	EVONIK FIBRES	47	ANDRITZ	44	RED BULL	40	PRIMETALS	29	SIEMENS	26
Energieeinsparung (7)	AMS	64	AT&S	40	ZKW	39	ZUMTOBEL	38	PLANSEE	32
Alternative Energieerzeugung (8)	FRONIUS	61	PRIMETALS	56	INFINEON	53	EVONIK FIBRES	47	LITHOS CROP	45
Landwirtschaft/Forstwirtschaft (9)	AMISTEC	7	HAGLEITNER	7	ROOMBIOTIC	6	ZAGLACHER ANDREAS	6	PROTECT	6
Kernenergieerzeugung (10)	SEIBERSDORF	4	BREEZE INVEST	3	ANTON PAAR	3	BRAUN MASCHINENFABRIK	2	UNI INNSBRUCK	2

Q: PATSTAT, Autumn 2023, European Commission (2020); WIPO, IPC Green Inventory (2024), WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 11: Österreichs Handelsspezialisierung im europäischen Vergleich

	AT		DE		DK		FI		NL		SE		EU	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)														
ATI Gesamt	0,58	0,68	(-0.05)	0,50	(0.01)	0,51	(-0.02)	1,01	(0.06)	0,44	(-0.03)	0,57	(-0.02)	
nicht klassifiziert	1,05	1,04	(0.01)	1,06	(0.00)	1,06	(0.00)	1,00	(-0.01)	1,06	(0.00)	1,05	(0.00)	
Ebene 1														
Materialtechnologien (2)	1,75	1,48	(0.05)	0,45	(-0.09)	1,38	(0.01)	0,93	(-0.03)	1,10	(0.09)	1,15	(-0.07)	
Biotechnologie (3)	1,59	0,91	(0.14)	6,24	(0.57)	2,11	(0.03)	1,55	(0.34)	0,15	(0.03)	1,06	(0.18)	
Produktionstechnologien (1)	0,71	0,84	(-0.13)	0,46	(0.06)	0,49	(-0.10)	1,29	(0.30)	0,36	(-0.09)	0,63	(-0.01)	
Digitale Technologien (4)	0,37	0,51	(-0.05)	0,28	(0.00)	0,35	(-0.02)	0,77	(-0.07)	0,37	(-0.02)	0,46	(-0.03)	
Ebene 2														
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	1,81	1,51	(0.05)	0,47	(-0.10)	1,44	(0.01)	0,94	(-0.03)	1,15	(0.09)	1,13	(-0.08)	
Industrielle Biotechnologie (3.1)	1,59	0,91	(0.14)	6,24	(0.57)	2,11	(0.03)	1,55	(0.34)	0,15	(0.03)	1,06	(0.18)	
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	1,55	1,33	(-0.23)	0,88	(0.07)	0,94	(-0.05)	3,55	(1.27)	0,62	(-0.18)	1,02	(0.01)	
Photonik (1.2)	0,77	1,08	(0.07)	0,65	(0.22)	0,41	(0.02)	0,86	(0.38)	0,50	(0.00)	0,62	(0.07)	
IT für Mobilität (4.3)	0,70	0,88	(-0.13)	0,93	(0.21)	0,65	(0.11)	0,58	(0.06)	0,68	(-0.17)	0,77	(0.03)	
Nanotechnologie (2.2)	0,66	1,80	(0.29)	0,51	(-0.17)	0,20	(0.03)	1,75	(-0.33)	1,10	(-0.48)	1,32	(-0.11)	
Internet der Dinge (4.4)	0,62	0,68	(-0.05)	0,55	(0.06)	0,71	(0.04)	1,21	(-0.06)	0,88	(-0.04)	0,69	(-0.03)	
Robotik (1.3)	0,39	0,59	(-0.13)	0,39	(0.02)	0,42	(-0.18)	0,51	(-0.14)	0,30	(-0.13)	0,49	(-0.04)	
Big data (4.2)	0,26	0,54	(0.08)	0,27	(0.05)	0,22	(0.01)	1,13	(-0.05)	0,29	(0.01)	0,62	(0.01)	
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	0,25	0,36	(-0.04)	0,08	(0.02)	0,15	(-0.02)	0,39	(-0.02)	0,06	(0.00)	0,28	(0.01)	
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,18	0,38	(-0.04)	0,14	(-0.03)	0,19	(-0.01)	0,55	(-0.13)	0,16	(0.02)	0,36	(-0.03)	
Cybersicherheit (4.6)	0,15	0,20	(-0.01)	0,08	(-0.01)	0,14	(-0.03)	0,24	(-0.08)	0,14	(-0.01)	0,17	(-0.04)	
Umwelttechnologien														
Gesamt	1,24	1,76	(0.06)	1,68	(-0.24)	1,12	(-0.01)	0,93	(0.17)	1,16	(0.05)	1,27	(0.03)	
nicht klassifiziert	0,98	0,94	(0.00)	0,95	(0.02)	0,99	(0.00)	1,01	(-0.01)	0,99	(0.00)	0,98	(0.00)	
Ebene 1														
Erneuerbare Energietechnologien	1,48	1,48	(0.11)	1,59	(-0.40)	1,26	(-0.13)	1,12	(0.31)	1,08	(0.03)	1,28	(0.11)	
Umwelttechnikgüter	1,12	1,92	(0.03)	1,74	(-0.15)	1,05	(0.05)	0,83	(0.10)	1,20	(0.06)	1,26	(-0.01)	

Q: Gaulier & Zignago (2010), European Commission (2020); WIFO-Berechnungen. (1) $\bar{\Delta}2021-2022$; (2) $\Delta2017/2018-2021/2022$.

Übersicht A 12: Österreichs Handelsspezialisierung im globalen Vergleich

	AT	CH		CN		JP		KR		US	
	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)											
ATI Gesamt	0,58	0,31	(-0.05)	1,55	(0.04)	1,80	(0.11)	2,64	(-0.18)	0,89	(-0.10)
nicht klassifiziert	1,05	1,08	(0.01)	0,94	(-0.01)	0,91	(-0.01)	0,81	(0.02)	1,01	(0.01)
Ebene 1											
Materialtechnologien (2)	1,75	0,48	(-0.03)	1,48	(0.15)	2,72	(0.42)	0,98	(0.03)	1,05	(-0.04)
Biotechnologie (3)	1,59	1,76	(-0.17)	1,94	(0.28)	0,64	(0.09)	0,64	(0.11)	1,19	(0.17)
Produktionstechnologien (1)	0,71	0,49	(-0.10)	1,26	(0.09)	2,79	(0.15)	2,63	(-0.28)	1,15	(0.00)
Digitale Technologien (4)	0,37	0,15	(-0.02)	1,65	(0.03)	1,21	(0.09)	2,89	(-0.08)	0,78	(-0.14)
Ebene 2											
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	1,81	0,46	(-0.04)	1,51	(0.14)	2,70	(0.41)	0,99	(0.09)	1,07	(-0.03)
Industrielle Biotechnologie (3.1)	1,59	1,76	(-0.17)	1,94	(0.28)	0,64	(0.09)	0,64	(0.11)	1,19	(0.17)
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	1,55	1,24	(-0.28)	0,42	(0.07)	6,24	(0.67)	1,67	(-0.24)	1,80	(0.07)
Photonik (1.2)	0,77	0,68	(0.04)	1,96	(0.27)	2,82	(0.18)	1,94	(-1.52)	0,95	(0.03)
IT für Mobilität (4.3)	0,70	0,36	(0.07)	1,83	(0.02)	0,97	(-0.06)	2,88	(0.11)	0,83	(-0.06)
Nanotechnologie (2.2)	0,66	0,76	(-0.15)	1,34	(0.38)	2,78	(0.28)	0,90	(-0.10)	0,69	(-0.16)
Internet der Dinge (4.4)	0,62	0,27	(-0.03)	2,00	(-0.15)	0,86	(-0.02)	1,92	(0.60)	0,84	(-0.21)
Robotik (1.3)	0,39	0,24	(-0.06)	1,21	(0.05)	1,56	(0.13)	3,26	(0.35)	1,02	(-0.03)
Big data (4.2)	0,26	0,12	(0.04)	1,43	(-0.32)	0,24	(-0.07)	0,33	(-0.63)	0,92	(-0.06)
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	0,25	0,08	(0.00)	1,35	(0.29)	1,51	(0.08)	4,19	(-0.72)	0,71	(-0.10)
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,18	0,08	(0.00)	1,38	(0.05)	1,18	(0.12)	3,79	(-0.19)	0,77	(-0.07)
Cybersicherheit (4.6)	0,15	0,07	(-0.03)	1,61	(0.22)	2,04	(0.37)	8,52	(-0.74)	0,55	(-0.09)
Umwelttechnologien											
Gesamt	1,24	0,75	(-0.01)	1,40	(0.14)	1,63	(0.05)	0,95	(-0.35)	1,10	(-0.09)
nicht klassifiziert	0,98	1,02	(0.00)	0,97	(-0.01)	0,95	(0.00)	1,00	(0.03)	0,99	(0.01)
Ebene 1											
Erneuerbare Energietechnologien	1,48	0,51	(-0.04)	1,58	(0.03)	1,37	(-0.04)	0,86	(-0.86)	0,86	(-0.05)
Umwelttechnikgüter	1,12	0,88	(0.02)	1,31	(0.19)	1,78	(0.11)	0,99	(-0.08)	1,23	(-0.11)

Q: Gaulier & Zignago (2010), European Commission (2020); WIFO-Berechnungen. (1) \varnothing 2021-2022; (2) Δ 2017/2018-2021/2022.

Übersicht A 13: Österreichs Handelsspezialisierung in Hochpreissegmenten (bei qualitativ höher stehenden Produkten)

	RCA				Weltmarkt-anteil (in %)	Export-anteil (in ‰)
	ø2017- 2022	ø2017- 2018	ø2021- 2022	Δ2017/2018- 2021/2022	ø2017-2022	ø2017-2022
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)						
ATI Gesamt	0,51	0,50	0,54	0,04	0,48	16,88
nicht klassifiziert	1,67	1,66	1,64	-0,02	1,55	193,96
Ebene 1						
Biotechnologie (3)	1,46	0,77	2,57	1,80	1,34	0,70
Materialtechnologien (2)	1,33	1,72	0,95	-0,77	1,23	0,83
Produktionstechnologien (1)	0,56	0,55	0,59	0,04	0,52	7,30
Digitale Technologien (4)	0,31	0,29	0,33	0,05	0,28	8,76
Ebene 2						
Industrielle Biotechnologie (3.1)	1,46	0,77	2,57	1,80	1,34	0,70
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	2,61	2,82	2,44	-0,37	2,42	5,13
IT für Mobilität (4.3)	1,00	0,61	1,33	0,72	0,92	0,87
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	1,31	1,70	0,93	-0,77	1,22	0,77
Photonik (1.2)	0,62	0,61	0,72	0,11	0,57	1,18
Internet der Dinge (4.4)	0,65	0,54	0,70	0,16	0,60	2,39
Big data (4.2)	0,41	0,25	0,58	0,32	0,38	0,43
Nanotechnologie (2.2)	0,72	0,74	0,55	-0,19	0,67	0,16
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	0,24	0,24	0,25	0,02	0,22	5,35
Robotik (1.3)	0,16	0,13	0,20	0,07	0,15	1,50
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,12	0,13	0,12	-0,01	0,11	2,75
Cybersicherheit (4.6)	0,05	0,06	0,05	-0,01	0,05	0,49
Umwelttechnologien						
Gesamt	1,32	1,47	1,23	-0,24	1,23	9,28
nicht klassifiziert	1,42	1,42	1,39	-0,03	1,32	201,56
Ebene 1						
Umwelttechnikgüter	1,38	1,50	1,29	-0,21	1,28	6,91
Erneuerbare Energietechnologien	1,19	1,41	1,09	-0,32	1,10	2,37

Q: Gaulier & Zignago (2010), European Commission (2020); WIFO-Berechnungen.

Übersicht A 14: Österreichs Hochpreis-Handelsspezialisierung im europäischen Vergleich

	AT	DE		DK		FI		NL		SE		EU	
	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)													
ATI Gesamt	0,54	0,39	(-0.08)	0,28	(0.03)	0,50	(-0.12)	0,97	(0.36)	0,24	(-0.19)	0,43	(0.03)
nicht klassifiziert	1,64	1,66	(-0.21)	1,86	(0.11)	1,40	(-0.23)	1,21	(-0.31)	1,87	(-0.03)	1,58	(0.02)
Ebene 1													
Biotechnologie (3)	2,57	1,11	(0.63)	1,58	(0.54)	0,14	(-0.05)	0,25	(0.01)	0,14	(0.07)	1,02	(0.56)
Materialtechnologien (2)	0,95	2,26	(0.67)	1,04	(-0.44)	4,80	(-0.12)	1,06	(-0.42)	5,16	(1.65)	1,47	(0.07)
Produktionstechnologien (1)	0,59	0,42	(-0.20)	0,49	(0.13)	0,50	(-0.31)	2,26	(1.16)	0,23	(-0.15)	0,61	(0.09)
Digitale Technologien (4)	0,33	0,27	(-0.04)	0,10	(-0.01)	0,40	(-0.09)	0,19	(0.00)	0,08	(-0.19)	0,30	(0.01)
Ebene 2													
Industrielle Biotechnologie (3.1)	2,57	1,11	(0.63)	1,58	(0.54)	0,14	(-0.05)	0,25	(0.01)	0,14	(0.07)	1,02	(0.56)
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	2,44	0,86	(-0.57)	1,93	(0.23)	1,41	(-0.74)	12,25	(5.27)	0,77	(-0.80)	1,78	(0.26)
IT für Mobilität (4.3)	1,33	0,44	(-0.67)	1,37	(0.52)	0,99	(0.34)	0,24	(-0.02)	0,49	(-0.25)	0,73	(-0.18)
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	0,93	2,32	(0.74)	1,11	(-0.48)	5,13	(-0.13)	1,06	(-0.47)	5,51	(1.75)	1,53	(0.09)
Photonik (1.2)	0,72	0,68	(-0.26)	1,11	(0.29)	0,63	(0.01)	0,33	(-0.20)	1,01	(-0.04)	0,58	(-0.03)
Internet der Dinge (4.4)	0,70	0,62	(-0.04)	0,61	(0.06)	2,26	(0.51)	0,29	(-0.14)	0,34	(-1.03)	0,72	(0.08)
Big data (4.2)	0,58	0,55	(0.05)	0,11	(0.00)	0,43	(-0.17)	1,22	(-0.57)	0,19	(-0.25)	0,80	(-0.02)
Nanotechnologie (2.2)	0,55	3,94	(1.12)	0,95	(-0.70)	0,08	(-0.02)	0,94	(-1.68)	0,43	(0.17)	1,27	(-0.16)
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	0,25	0,17	(0.01)	0,00	(0.00)	0,12	(-0.09)	0,11	(0.08)	0,02	(-0.01)	0,19	(0.03)
Robotik (1.3)	0,20	0,28	(-0.10)	0,36	(0.18)	0,29	(-0.33)	0,32	(0.23)	0,10	(-0.05)	0,36	(0.04)
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,12	0,21	(0.00)	0,03	(0.01)	0,15	(-0.09)	0,17	(0.02)	0,04	(-0.02)	0,23	(0.02)
Cybersicherheit (4.6)	0,05	0,11	(0.03)	0,02	(-0.01)	0,03	(-0.03)	0,04	(-0.01)	0,04	(-0.01)	0,06	(-0.01)
Umwelttechnologien													
Gesamt	1,23	1,01	(-0.46)	1,91	(-0.57)	2,10	(0.02)	0,53	(-0.16)	2,29	(0.22)	1,03	(-0.06)
nicht klassifiziert	1,39	1,38	(-0.21)	1,46	(0.08)	1,14	(-0.25)	1,18	(-0.18)	1,45	(-0.12)	1,32	(-0.02)
Ebene 1													
Umwelttechnikgüter	1,29	0,88	(-0.65)	2,11	(0.05)	2,31	(-0.13)	0,55	(-0.12)	2,45	(0.15)	0,99	(-0.08)
Erneuerbare Energietechnologien	1,09	1,34	(0.01)	1,40	(-2.03)	1,50	(0.27)	0,49	(-0.27)	1,90	(0.39)	1,16	(0.03)

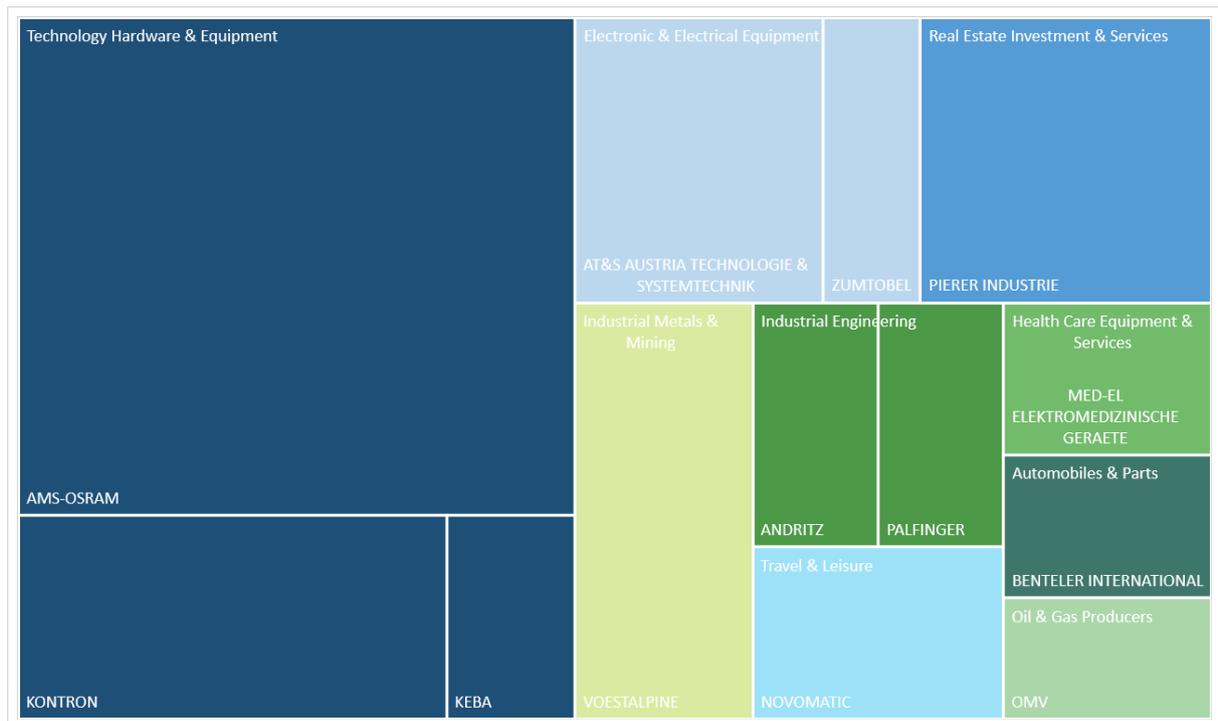
Q: Gaulier & Zignago (2010), European Commission (2020); WIFO-Berechnungen. (1) \varnothing 2021-2022; (2) Δ 2017/2018-2021/2022.

Übersicht A 15: Österreichs Hochpreis-Handelsspezialisierung im globalen Vergleich

	AT	CH		CN		JP		KR		US	
	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Fortgeschrittene Technologien für die Industrie (ATI)											
ATI Gesamt	0,54	0,42	(-0.14)	0,93	(0.05)	1,67	(-0.08)	5,78	(0.39)	0,89	(-0.02)
nicht klassifiziert	1,64	3,89	(0.43)	0,39	(-0.03)	1,71	(0.01)	0,85	(0.23)	1,05	(0.12)
Ebene 1											
Biotechnologie (3)	2,57	3,09	(0.30)	0,23	(-0.02)	1,60	(0.54)	1,16	(0.66)	2,13	(1.37)
Materialtechnologien (2)	0,95	1,66	(-0.05)	0,31	(-0.05)	2,97	(0.01)	0,66	(-0.14)	1,46	(0.42)
Produktionstechnologien (1)	0,59	0,63	(-0.22)	0,71	(0.43)	1,95	(0.11)	4,09	(1.64)	1,40	(0.03)
Digitale Technologien (4)	0,33	0,22	(-0.02)	1,03	(0.05)	1,52	(-0.02)	6,43	(0.37)	0,77	(-0.12)
Ebene 2											
Industrielle Biotechnologie (3.1)	2,57	3,09	(0.30)	0,23	(-0.02)	1,60	(0.54)	1,16	(0.66)	2,13	(1.37)
Fortschrittliche Produktionstech. (1.1)	2,44	1,83	(-1.80)	0,06	(-0.18)	2,11	(-1.13)	0,52	(0.02)	1,86	(0.99)
IT für Mobilität (4.3)	1,33	1,32	(0.41)	0,08	(-0.04)	0,75	(-0.13)	3,93	(3.79)	1,68	(0.09)
Fortgeschrittene Werkstoffe (2.1)	0,93	1,54	(-0.11)	0,33	(-0.05)	2,59	(-0.16)	0,66	(-0.10)	1,47	(0.43)
Photonik (1.2)	0,72	1,13	(0.11)	0,26	(-0.08)	4,71	(1.46)	1,77	(-0.60)	1,10	(-0.15)
Internet der Dinge (4.4)	0,70	0,98	(-0.01)	0,31	(-1.35)	2,17	(0.61)	6,65	(5.92)	0,87	(0.35)
Big data (4.2)	0,58	0,42	(0.25)	0,56	(-0.70)	0,24	(-0.52)	2,11	(-3.56)	0,28	(-0.36)
Nanotechnologie (2.2)	0,55	0,70	(-0.41)	0,55	(0.06)	4,61	(0.58)	0,27	(-0.55)	0,35	(-0.07)
Mikro- & Nanoelektronik (4.5)	0,25	0,08	(0.02)	1,17	(0.42)	1,38	(-0.11)	6,85	(-0.69)	0,75	(-0.24)
Robotik (1.3)	0,20	0,27	(-0.04)	0,93	(0.65)	1,39	(0.12)	5,37	(2.57)	1,29	(-0.19)
Künstliche Intelligenz (4.1)	0,12	0,09	(0.03)	1,14	(0.27)	1,27	(-0.17)	7,15	(-0.25)	0,73	(-0.20)
Cybersicherheit (4.6)	0,05	0,05	(-0.02)	1,97	(0.39)	1,80	(0.18)	12,53	(-1.09)	0,23	(0.03)
Umwelttechnologien											
Gesamt	1,23	3,56	(0.01)	0,14	(-0.03)	3,89	(-0.10)	0,99	(-0.56)	1,39	(0.40)
nicht klassifiziert	1,39	3,04	(0.22)	0,54	(0.01)	1,59	(0.00)	2,06	(0.46)	0,99	(0.07)
Ebene 1											
Umwelttechnikgüter	1,29	4,04	(0.05)	0,11	(-0.05)	4,15	(-0.24)	1,08	(-0.13)	1,30	(0.44)
Erneuerbare Energietechnologien	1,09	2,35	(-0.18)	0,23	(0.03)	3,22	(0.15)	0,73	(-1.61)	1,64	(0.35)

Q: Gaulier & Zignago (2010), European Commission (2020); WIFO-Berechnungen. (1) \emptyset 2021-2022; (2) Δ 2017/2018-2021/2022.

Abbildung 3: **Österreichische Unternehmen unter den Top-2500 F&E-Investoren 2022**



Q: EU Industrial R&D Investment Scoreboard; WIFO.

7.3 Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität - Priorisierung und Förderung im internationalen Vergleich

Schlüsseltechnologien und technologische Souveränität werden aktuell in allen großen Wirtschaftsräumen thematisch und programmatisch adressiert (Rat für Technologische Souveränität, 2023). Übersicht A 16 bietet eine Übersicht über die Anzahl der Ziel-Schlüsseltechnologiefelder, zugehöriger Strategien, beteiligter Institutionen, genannter Ziele, entsprechender Investitionen und ausgewählter Fördermaßnahmen für sechs betrachtete Staaten bzw. Staatengemeinschaften. Übersicht A 16 listet die konkreten Schlüsseltechnologiefelder.

In der Zusammenschau zeigt sich dabei eine relativ große Übereinstimmung der Technologielisten aller dargestellten Länder. Priorisiert werden insbesondere die Themen künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Biotechnologie, Mikroelektronik/Halbleiter, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Produktionstechnologien/Industrie 4.0. Die untersuchten Länder fokussieren somit weitestgehend auf jene Technologiefelder, von denen künftig hohe Wertschöpfungsbeträge erwartet werden. Die Zahl der adressierten Technologiefelder variiert dabei stark. Werden die indikativ angeführten ausgewählten Fördermaßnahmen betrachtet, so zeigt sich, dass die dafür budgetierten Mittel durchwegs beachtliche Größe aufweisen. Diese Volumina weisen damit auf die damit verbundenen Ambitionen hin.

Auch wenn es bei den Schwerpunktsetzungen innerhalb der Technologiefelder gewisse Unterschiede zwischen den Ländern gibt, ist es doch diskussionswürdig, inwieweit bei der Auswahl

die Stärken einzelner Länder in spezifischen Technologiefeldern und mögliche Spezialisierungsvorteile berücksichtigt werden. Denn technologische Souveränität muss nicht bedeuten, alle Technologien selbst (weiter) zu entwickeln. Vielmehr sollte der Zugang zu zentralen Technologien jederzeit gewährleistet sein (Rat für Technologische Souveränität, 2023).

Übersicht A 16: **Übersicht über die Anzahl konkret gelisteter Schlüsseltechnologiefelder, zugehöriger Strategien, beteiligter Institutionen, genannter Ziele, entsprechender Investitionen und ausgewählter Fördermaßnahmen für sechs betrachtete Staaten bzw. Staatengemeinschaften**

	Deutschland	EU	USA	China	Japan	Südkorea
Anzahl der Schlüssel-technologiefelder	12 „Schlüsseltechnologien“	10 „critical technology areas Mit jeweils 4-5 Technologien (insg. 42 Technologien	19 „critical and emerging technologies“ Mit jeweils 2-15 “Critical and Emerging Technology Subfields” (insgesamt 103 subfields)	7 „Spitzenbereiche der Wissenschaft und Technologie“ Mit jeweils 3-5 Spezifizierungen (insgesamt 28)	20 „technologies as critical fields“	12 „strategic technologies“
Strategien	„Technologisch souverän die Zukunft gestalten“, Impulspapier des BMBF, April 2021	Empfehlung der Kommission zu sicherheitsrelevanten Technologiebereichen, Oktober 2023	“United States Government National Standards Strategy for Critical and Emerging technology“, Mai 2023	14. Fünfjahresplan, März 2021	“Economic Security Strategy“, Februar 2022	“National Strategic technology Nurture Plan“, Oktober 2022
Institutionen	Distinkte Projekte und Initiativen in auf Bundesebene: BMBF, BMWK, BMDV, Bundeskanzleramt	Steering Board of Sovereignty	Office of Science and technology Policy in the White House Special Envoy for Critical and Emerging Technology	Ministry of Science and Technology of the People’s Republic of China	Council of Experts on Economic Security Legislation Japan Science and Technology Agency	Ministry of Science and ICT National Strategic Technology Special Committee
Zentrales Ziel	Werte wahren, Wohlstand und Arbeitsplätze sichern	Stärkung der wirtschaftlichen Basis und Wettbewerbsfähigkeit, Schutz vor Risiken (disruptive Technologien, Dual Use, Risiko des Missbrauchs)	Wirtschaftliche Führung in Zukunftstechnologie, nationale Sicherheit und Autarkie in ausgewählten Technologiebereichen	„Self Reliance“	Wirtschaftliche Sicherheit	Technologische Hegemonie
Investitionen (Schätzung 2019)	\$19 Milliarden PPP (0,41% BIP)	n.a.	\$84 Milliarden PPP (0,39% BIP)	\$406 Milliarden PPP (1,73% BIP)	\$27 Milliarden PPP (0,5% BIP)	\$15 Milliarden PPP (0,67% BIP)
Ausgewählte Fördermaßnahmen	\$5,4 Milliarden bis 2025 für die KI Strategie \$3,3 Milliarden bis 2026 in Quantencomputer	\$294 Milliarden für den “Green Industrial Deal” \$141,5 Milliarden für “NextGenerationEU” \$762 Millionen für 5G Infrastruktur (Horizon 2020) \$980 Millionen für Smarte Netzwerke und Services	\$369 Milliarden IRA \$230 Milliarden zur Herstellung von Halbleitern \$140 Milliarden für elektrische Fahrzeuge und Batterien \$20 Milliarden für Biomanufacturing	\$1.400 Milliarden für neue Infrastruktur: 5G, KI, IoT, etc. \$150 Milliarden für einen Entwicklungsplan der nächsten KI Generation	Investitionen sollen vornehmlich aus dem privaten Sektor kommen. Hinzu sollen \$1,05 Billionen aus öffentlich-privaten Partnerschaften in den nächsten 10 Jahren kommen.	\$262 Milliarden für Halbleiter bis 2026 \$10 Milliarden für Biotechnologien bis 2026 \$73 Milliarden für Mobilität/Fahrzeuge bis 2026 \$1,3 Milliarden für Robotik bis 2026

Q: Rat für Technologische Souveränität, 2023

Übersicht A 17: **Schlüsseltechnologien, die international gefördert werden**

Land	Schlüsseltechnologien
Deutschland ¹	Next-generation electronics; information and communication technologies; software and artificial intelligence; data technologies; quantum computing; production technologies; recycling technologies (circular economy); material innovations; battery research; green hydrogen; vaccine re-search and development; photonic technologies and quantum technologies; biotechnology; environmental technologies; analytical technologies and metrology; IT security research; high performance and supercomputing; research for civil security
EU ²	Advanced semiconductor technologies; artificial intelligence technologies; quantum technologies; biotechnologies; advanced connectivity, navigation and digital technologies; advanced sensing technologies; space & propulsion technologies; energy technologies; robotics and autonomous systems; advanced materials, manufacturing and recycling technologies
USA ³	Advanced Computing; Advanced Engineering Materials; Advanced Gas Turbine Engine Technologies; Advanced Manufacturing; Advanced and Networked Sensing and Signature Management; Advanced Nuclear Energy Technologies; Artificial Intelligence; Autonomous Systems and Robotics; Biotechnologies; Communication and Networking Technologies; Directed Energy; Financial Tech-nologies; Human-Machine Interfaces; Hypersonics; Networked Sensors and Sensing; Quantum In-formation Technologies; Renewable Energy Generation and Storage; Semiconductors and Micro-electronics; Space Technologies and Systems
China ⁴	Quantum Information; Photonics and Micro-Nano Electronics; Network Communication; Artificial Intelligence; Biomedicine; Advanced Energy Systems; Integrated Circuits; Life and Health; Brain Research; Biological Breeding; Aerospace Science and Technology; Deep Sea and Earth; Safety from Infectious Diseases and Biosafety Risks; Pharmaceuticals and Medical Devices; New Generation of Artificial Intelligence; Quantum Information; Integrated Circuit; Brain science and brain-inspired research; Genes and biotechnology; Clinical medicine and health; Space, deep earth, deep sea and polar exploration; New high-end materials; Major engineering equipment; Intelligent manufacturing and robotics; Aircraft engines and gas turbines; Beidou industrial application; New energy vehicles and intelligent connected vehicles; High-end medical devices and innovative drugs; Agricultural machinery and equipment
Japan ⁵	Biotechnology; medical and public health technology; artificial intelligence and machine learning; advanced computing; microprocessor and semiconductor technology; data science, analysis, stor-age and management; advanced engineering and manufacturing technology; robotics; quantum information science; advanced surveillance, positioning and sensing technology; neurocomputing and brain interface technology; advanced energy and energy storage technology; advanced infor-mation, communication and networking technology; cybersecurity; space technology, marine technology; transport technology; hypersonics; chemical, biological, radiation and nuclear tech-nology; and advanced materials science
Korea ⁶	Semiconductor and display; secondary cells; leading-edge mobility; next generation nuclear energy; leading edge bio; aerospace and marine; hydrogen; cybersecurity; AI; next generation communications; leading edge robotics and manufacture; quantum

Q: Rat für technologische Souveränität, 2024

¹ https://www.bmbf.de/bmbf/de/europa-und-die-welt/innovationsstandort-deutschland/technologische-souveraenitaet/technologische-souveraenitaet_node.html

² https://defence-industry-space.ec.europa.eu/commission-recommendation-03-october-2023-critical-technology-areas-eus-economic-security-further_en

³ <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>

⁴ https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm (übersetzt mit DeepL)

⁵ <https://www.pp.u-tokyo.ac.jp/en/graspp-blog/japans-new-tech-policy-for-an-age-of-economic-weaponisation/>

⁶ <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=11&mPid=9&pageIndex=&bbsSeqNo=47&ntfSeqNo=10&searchCtgy=&searchOpt=ALL&searchTxt=>

7.4 Expert:inneninterviews

- Bewertung der Analyseergebnisse

Das Lagebild der quantitativen Analysen wird im Allgemeinen als korrekt betrachtet, weist jedoch einige Einschränkungen auf. Es gibt deutliche Abgrenzungs- und Überlappungsprobleme zwischen den Advanced Technologies Initiatives (ATIs) wie "Advanced Materials", "Advanced Manufacturing", "Photonik", Umwelttechnik und Künstlicher Intelligenz (KI). Einige Leitunternehmen werden aufgrund ihres Headquarterkonzepts falsch zugeordnet, was zu Verzerrungen führt. Spezifische Stärken Österreichs in Bereichen wie Sensorik und Leistungselektronik werden nicht angemessen berücksichtigt [sind Teilbereich der Mikro- und Nanoelektronik, Anm. d. Autor:innen]. Zudem gibt es Überschneidungen zwischen KI, Robotik und Advanced Manufacturing. Schlüsseltechnologien haben viele Schnittmengen und die Analyse berücksichtigt nicht adäquat neue Technologien wie Quantencomputing. Die Abgrenzung von Nanotechnologie und Advanced Materials ist unklar, da relevante Forschungsthemen in verschiedenen Technologiefeldern auftauchen. Insgesamt wird die Genauigkeit der quantitativen Analysen bestätigt, jedoch sind Verbesserungen hinsichtlich der Differenzierung und Berücksichtigung neuer Technologien erforderlich.

- Themen mit hohem Zukunftspotenzial

Als mögliches langfristig erreichbares Hoffnungsfeld werden vor allem Quantencomputer und Quantensensoren genannt. Wobei hier in der Forschung ein Zusammenspiel von fortgeschrittenen Werkstoffen und Produktionsmethoden mit Photonik und 3D-Druck notwendig wäre. Die Verwendung von Lichtquanten könnte hier das Kühlungsproblem bestehender Technologieansätze überwinden und den Weg für Quantencomputing bei Zimmertemperatur ebnen.

Im Bereich zukünftiger Technologieentwicklung geht aber auch darum, bestehende Stärken weiter zu stärken, dies betrifft vor allem den Bereich der Leistungselektronik und der Sensormodule und Systeme, aber auch die Technologiefelder „Embedded Software for Cyber-Physical Systems“, sowie HF-Elektronik und Kommunikation. Auch im Zusammenspiel von Biotechnologie, KI und Big Data werden große Potenziale für Akteure aus Österreich gesehen. Hier lassen sich zwei Themenbereiche umreißen: Erstens in der Verbindung von Künstlicher Intelligenz mit Edge Computing, autonomen Systemen und der Mensch-Maschinen Interaktion; zweitens im Bereich von optischen Sensorik und Photonic integrated circuits. Besonders letztere werden als hochgradig zukunftsrelevant eingestuft, da sie bestehende Probleme der weiteren Miniaturisierung von Chips (z.B. elektromagnetische Interferenz) lösen können. Österreich verfügt hier derzeit sowohl über starke bestehende Kompetenzen (z.B. AMS OSRAM), als auch über einen technologischen Vorsprung gegenüber Mitbewerbern.

Im Bereich von Künstlicher Intelligenz sind vor allem Edge AI, Neuromorphic Computing und Trustworthy AI für Österreichs Industrie hat on hoher Relevanz. Weiters sind im Überlappungsbereich von Künstlicher Intelligenz und Sensorik große zukünftige Entwicklungspotenziale gegeben. Im Bereich der Produkt- und Geschäftsmodellentwicklung bietet KI große Potenziale für die Komprimierung von Innovationszyklen (bspw. im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik), sowie für die Personalisierung (d.h. Engineering mit Feedbackschleife) von Produkten im Son-

dermaschinenbau auf Basis von maschinellem Lernen in Big Data Anwendungen der Betriebsdaten. Weiters liegen im Bereich Industrial IoT und Digital Twins mit real time datasharing wichtige Anknüpfungspunkte für die Produktion. Zukunftsthemen sind hier darüber hinaus digitale Assistenzsysteme und Mensch-Maschinen-Schnittstellen bzw. -interaktion sowie technische Unterstützungssysteme wie Exoskelette und XR.

Wichtige Themen liegen aber auch außerhalb der klassischen Technologieförderung. So sind etwa die organisatorischen Voraussetzungen für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Bereich der Haftung und Letztverantwortung zu adressieren. Es wird darauf verwiesen, dass sich auch die Art wie F&E betrieben wird, besonders unter dem Einfluss von Künstlicher Intelligenz bereits massiv zu wandeln beginnt. Dies betrifft zu einen die Geschwindigkeit von F&E Prozessen und zum anderen die Zugänglichkeit von Instrumenten kleinere und mittlere Spieler (Kosten für Zugänge). Dies führt zu folgenden Herausforderungen: Zum einen muss die Anpassungsfähigkeit der Mitarbeiter:innen für neue Methoden sichergestellt werden, zum anderen müssen Daten entlang der Wertschöpfungskette geteilt werden. Neuen Technologien im Bereich der Industrie 4. werden dabei auch massive Auswirkungen auf die betriebliche Aufbau- und Ablauforganisation zugeschrieben. Eine mögliche Folge ist das Auflösen von bestehenden hierarchischen Organisationskonzepten und die Herausbildung neuer Berufsbilder, die aber erst entwickelt werden müssen.

Als weiteres wichtige Zukunftsthemen werden zum einen der anhaltende Trend zu Mass Customization genannt, zum anderen innovative Anwendungen im Bereich Construction genannt; hier können die Technologiefelder „Advanced Materials“ und „Umwelttechnik“ sinnvoll verbunden werden und auf bestehende Stärken in Österreich aufsetzen.

- Technologische Souveränität und Twin Transition

Das Thema technologischer Souveränität sollte in der EU auf EU-Ebene diskutiert werden, da Österreich alleine zu klein ist. Maßnahmen könnten die Festlegung von Normen und Standards für Photonik-Integrierte Schaltkreise umfassen. Es wird auch betont, wie wichtig es ist, das „Valley of Death“ zu überwinden, um die Produktion neuer Produkte zu erleichtern. Bisher wurden wichtige Schritte mit IPCEI und dem Chips Act unternommen, aber es sind weitere Anstrengungen erforderlich. Es ist wichtig, europäische Ökosysteme zu stärken, wie es am Beispiel von RISC V gezeigt wurde. Österreich sollte das Engagement für den Chips Act beibehalten, um Planbarkeit zu gewährleisten. Es wird auch vorgeschlagen, die steigenden Personalkosten angemessen zu berücksichtigen und Strategien zur Sicherung von Fachkräften zu implementieren. Es sollten aber auch Themen wie Open Source Software und das geplante IPCEI Next Generation Cloud Infrastructure and Services (IPCEI CIS) von der Politik und Unternehmen als strategische Themen aufgegriffen werden. Wichtige Themen liegen aber auch außerhalb der klassischen Technologieförderung. So sind etwa die organisatorischen Voraussetzungen für den Einsatz von KI im Bereich der Haftung und Letztverantwortung zu adressieren. Kreislauforientierte Ansätze im Bereich der fortgeschrittenen Produktionstechnik können über dies Beiträge zur Twin-Transition leisten. Auch hier ist eine adäquate Skill-Entwicklung in den Unternehmen erforderlich. 3D-Druck in der Produktion kann ebenfalls einen Beitrag zur Technologiesouveränität liefern: Er ermöglicht kürzere Wertschöpfungsketten und kann dazu beitragen den Trend zur globalen Fragmentierung der Produktion umkehren. Für die Absicherung der technologischen

Souveränität sollte im Bereich der Digitalisierung auf EU Ebene vor allem auf Regulierungen und Standards gesetzt werden.

- Wünsche an die FTI Politik

Betreffend der für die Schlüsseltechnologie relevanter Politikoptionen lassen sich zwei gewünschte Hauptstoßrichtungen orten: Zum einen sollte Zukunftsthemen wie bspw. Photonic integrated circuits oder Quantencomputer massiv im Bereich Forschung gefördert werden. Grundsätzlich sollte das bestehende Instrumentarium der Forschungsförderung beibehalten werden, wobei eine Stabilität in den bestehenden Prioritäten sinnvoll ist; so kann sowohl in Unternehmen als auch in Forschungseinrichtungen eine mittelfristige Planungssicherheit geschaffen werden. Thematische Calls sollten dabei in laufende Programme eingebracht werden, wobei als Format das klassische kooperative F&E-Projekt aufgrund seiner generellen Einsetzbarkeit gewünscht wird. Für die technologische Positionierung Österreichs wird ein Ansatz der Exzellenz in Nischen als sinnvoll gesehen. Im Bereich von fortgeschrittenen Werkstoffen und der Fertigung sollten auch Unterstützungsmaßnahmen für die Überwindung des „Valley of Death“ gesetzt werden.

Seitens der österreichischen FTI Politik wird auch eine Verstärkung der innovativen öffentlichen Beschaffung gefordert, um für innovativen Lösungen im Bereich Big Data /KI den kleinen Heimmarkt als „Living Lab“ vor dem Rollout auf internationale Märkte zu nutzen. Basis Services im Bereich der Datenplattformen sollten kurzfristig durch die öffentliche Hand gefördert werden und dann rasch in den Markt überführt werden. Auf diesem Wege kann auch eine aktive Unterstützung der Leitunternehmen im Bereich Beleuchtung (bspw. Zumtobel, AMS OSRAM), erreicht werden. Eine solche Maßnahme würde dabei eine Doppeldividende einbringen: Zum einen würde ein massiver Beitrag zur Klimapolitik erfolgen, zum anderen die industrielle Basis in Österreich unterstützt.

Im Bereich der Künstlichen Intelligenz sollten erstens strukturbildende Maßnahmen für den weiteren Aufbau eines österreichischen Ökosystems mit engen Verknüpfungen zu anderen Schlüsseltechnologien (d.h. Big Data, Advanced Manufacturing, Cybersecurity) gesetzt werden, wobei hier besonders auch die Agilität und Selbstorganisationfähigkeit der Spieler:innen zu achten ist. Zweitens sind massive Anstrengungen im Bereich Bildung und Ausbildung mit Hinblick auf KI zu setzen. Dies betrifft zum einen das Fördern des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich KI, zum anderen aber auch die Vermittlung von Skills im betrieblichen Bereich. Darüber hinaus sollten Unternehmen für die Vorteile und Möglichkeiten des Einsatzes vor allem von spezifischer KI und des Wertes von Daten für die unternehmerische Wettbewerbsfähigkeit sensibilisiert werden. Nur so kann das Bewusstsein für sinnvolle Umsetzung geschaffen werden. Das Beispiel des digitalen Produktpasses, der ab 2027 stufenweise eingeführt, macht deutlich wie wenig vor allem Klein- und Mittelunternehmen auf Herausforderungen im Bereich der Digitalisierung vorbereitet sind. Drittens sollte das Angebot an Rechnerinfrastruktur noch weiter ausgebaut und auf EU Ebene vernetzt werden, um speziell KMU und RTO die Zugänge zu erleichtern.

Österreich FTI Politik sollte rund um Industrie 4.0 in den kommenden Jahren zwei Stoßrichtungen verfolgen: Zum einen sind Förderungen und Investitionen in neue Produktionstechnologien erforderlich, um die Produktivität abzusichern. In Verbindung damit ist auch hinsichtlich der Rah-

menbedingungen für die Produktion ein Level Playing Field mit den internationalen Mitbewerbern herzustellen; dies betrifft vor allem die noch immer zu hohen Energiepreise. Zum anderen müssen Anreize gesetzt werden, bestehende Technologien rascher zu integrieren und so die Diffusionsgeschwindigkeit zu erhöhen. Weiterer Handlungsbedarf durch die österreichische FTI Politik findet sich zu einen bei dem Aufbau von Normen und Standardisierungen; hier besteht vor allem bei mobilen Roboteranwendungen für den industriellen Bereich noch eine große Lücke. Zum anderen sollte der Entwicklung der technologischen Wissensbasis besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dies betrifft sowohl die Aus- und Weiterbildung in den MINT Fächern, als auch entsprechende Qualifikation auf allen Ebenen der betroffenen Betriebe. Weiters sollte die Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit robotischer Systeme für den Einsatzkontext vor allem in KMU beforscht werden.

Seitens der österreichischen FTI Politik wird auch eine verstärkte Förderung von Projekten mit großem Risiko gewünscht; solche Projekte könnten nach einer Laufzeit von ein bis zwei Jahren (nach Erreichen eines vorab definierten Meilensteins) entweder gestoppt, oder in einer zweiten Runde weitergeführt werden. Als wichtige Rahmenbedingungen für solche Projekte werden vor allem schnelle Förderentscheide und eine einfache Administration für die Förderwerber:innen gewünscht.