



Fachbereich WD 5

Zukunftstechnologien identifizieren und priorisieren I

Bewertungsansätze und Auswahlkriterien im Vergleich

Zukunftstechnologien identifizieren und priorisieren I
Bewertungsansätze und Auswahlkriterien im Vergleich

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 101/26
Abschluss der Arbeit: 2. September 2026
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft, Energie und Klima

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien	6
2.1.	Technologie- und signalorientierte Suchansätze	6
2.2.	Quantitative und datenbasierte Verfahren	8
2.3.	Experten- und Beteiligungsverfahren	10
2.4.	Fazit	11
3.	Zielstellungen bei der Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien	13
3.1.	Unterschiedliche Zielstellungen der Technologieanalyse	13
3.2.	Fazit	16
4.	Übersicht zu konkreten Bewertungskriterien von Zukunftstechnologien	16
5.	Beispiele von Technologiebewertungen und -priorisierungen der verschiedenen Akteure im Forschungs- und Innovationssystem	22
5.1.	Eine neue nationale Forschungs- und Innovationsstrategie: Die Hightech Agenda Deutschland mit ihren Technologie-Roadmaps	24
5.2.	Europäische Union: Von breiten Technologiefeldern zur strategischen Priorisierung der „Key Enabling Technologies“ und „Future and Emerging Technologies“	27
5.2.1.	Key Enabling Technologies: Querschnittswirkung, Transfer und Wertschöpfung	28
5.2.2.	Erweiterung um gesellschaftliche Herausforderungen und Wirkung	29
5.2.3.	Technologische Souveränität als neue Bewertungsdimension	30
5.2.4.	Von der Technologiepriorisierung zur integrierten Umsetzungslogik	31
5.3.	Private Investoren: Bewertungslogiken bei der Auswahl von Deep-Tech-Startups	32
6.	Gesamtfazit	33
7.	Anhang	34

1. Einleitung

Zukunfts- bzw. Schlüsseltechnologien¹ sind ein wichtiger Faktor für künftiges Wirtschaftswachstum, industrielle Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität. Sie können neue Märkte eröffnen, bestehende Industrien verändern und zugleich Abhängigkeiten in strategisch wichtigen Bereichen verringern. Das wirtschaftliche Potenzial ist laut dem Beratungsunternehmen Boston Consulting Group (BCG) und dem Wissenschafts- und Gründungsnetzwerk UnternehmerTUM erheblich: Sie schätzen den weltweit adressierbaren Markt der sechs von ihnen untersuchten Fokustechnologiefelder für 2026 auf rund 4,1 Billionen Euro. Bis 2030 könnte er auf etwa 7,2 Billionen Euro wachsen.² Für deutsche Unternehmen sei davon 2030 grundsätzlich ein Marktvolumen von rund 1,7 Billionen Euro erreichbar. Auch für Europa werden mit Deep Tech große Wachstumschancen verbunden. Dem Beratungsunternehmen McKinsey zufolge könnte ein stärkeres europäisches Deep-Tech-Ökosystem bis 2030 bis zu eine Billion US-Dollar zusätzlichen Unternehmenswert und bis zu eine Million Arbeitsplätze hervorbringen. Gleichzeitig könnten eigene technologische Fähigkeiten die europäische Handlungsfähigkeit unter anderem in Energie, Verteidigung oder Ernährung stärken.³

Diese Chancen treffen auf einen intensiven internationalen Wettbewerb. Europa verfügt über eine starke Forschungslandschaft, qualifizierte Fachkräfte und eine breite industrielle Basis, hat aber insbesondere bei der Skalierung technologieorientierter Unternehmen gegenüber den USA Nachteile. Als Hemmnisse gelten unter anderem fragmentierte Märkte, begrenztes Wachstumskapital und regulatorische Unterschiede. Für Deutschland besteht die Herausforderung dabei nicht nur darin, neue Technologien zu entwickeln, sondern sie auch frühzeitig wirtschaftlich anzuwenden. Es gibt daher den Wettlauf um **Entwicklung, Skalierung und Bereitstellung einer Technologie** sowie den Wettlauf um ihre **Anwendung und Wertschöpfung** in Produkten, Prozessen und Geschäftsmodellen.⁴

1 Im Folgenden werden Begriffe wie Zukunftstechnologien, Schlüsseltechnologien oder Emerging Technologies – wie auch in der breiten politischen und wirtschaftlichen Debatte – weitgehend synonym verwendet. Für eine **kompakte Beschreibung** der einzelnen Fachbegriffe siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Grundlegende Konzepte des Technologie- und Innovationsmanagements vor dem Hintergrund von Zukunftstechnologien I – Konzeptsteckbriefe zu Technologiebegriffen und -typen, WD 5-037/26. Für eine **Analyse der Verwendung** der Technologiebegriffe siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Zukunftstechnologien identifizieren und priorisieren II – Strukturierung und Kategorisierung von Technologiefeldern, WD 5-102/26.

2 BCG (Boston Consulting Group) & UnternehmerTUM (2026), Wachstumspfade für Deutschland - Roadmap zur wettbewerbsfähigen Hightech-Nation, https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/50809/wachstumspfade_fr_deutschland.9a17fb08f341.pdf.

3 Erntell, Berger-de León, Flötotto, Bout, Henz, Olanrewaju & Musai (2025), Europe's deep-tech engine could spur \$1 trillion in economic growth, <https://www.mckinsey.com/capabilities/business-building/our-insights/eu-ropes-deep-tech-engine-could-spur-1-trillion-in-economic-growth>.

4 BCG (Boston Consulting Group) & BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.) (2025): Deep Tech für den Industriestandort Deutschland - Wie Zukunftstechnologien Wachstum und Resilienz stärken können, <https://web-assets.bcg.com/1f/a9/0d43419a48bdad302d71149b61f7/bcg-bdi-deeptech.pdf>.

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung im Juli 2025 die **Hightech Agenda Deutschland** beschlossen.⁵ Sie soll Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik stärker auf Wertschöpfung, Wettbewerbsfähigkeit und technologische Souveränität ausrichten und konzentriert sich zunächst auf sechs Schlüsseltechnologien: Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Mikroelektronik, Biotechnologie, Fusion und klimaneutrale Energieerzeugung sowie Technologien für klimaneutrale Mobilität. International verfolgen eine Reihe von Staaten diese Strategie der Forschungs- und Industriepolitik.⁶ Die damit verbundene Fokussierung verdeutlicht eine grundlegende Herausforderung strategischer Technologiepolitik: Staaten können nicht sämtliche technologischen Entwicklungen mit gleicher Intensität verfolgen. Sie müssen entscheiden, **welche Technologien besonders relevant sind, wo eigene Stärken ausgebaut werden sollen und auf welche Felder begrenzte Ressourcen konzentriert werden.**

Damit stellt sich zunächst die übergeordnete Frage, **wie Zukunfts- und Schlüsseltechnologien identifiziert, bewertet und priorisiert werden können.** Eine solche Priorisierung setzt jedoch bereits voraus, dass ein breites Technologiespektrum strukturiert und in handhabbare Felder überführt wird. Denn die Art der Strukturierung beeinflusst damit, welche Technologien sichtbar werden, wie sie miteinander verglichen werden können und auf welcher Ebene politische Prioritäten gesetzt werden.

Die vorliegende Ausarbeitung untersucht daher speziell, **wie der Auswahlprozess von zukünftigen Technologien strukturiert wird und welche Rolle insbesondere** Bewertungsansätze und konkrete Auswahlkriterien **spielen.** Im Mittelpunkt stehen folgende Leitfragen:

- Welche methodischen Ansätze werden genutzt, um potenzielle Zukunftstechnologien zu identifizieren, zu analysieren und miteinander zu vergleichen?
- Welche Bewertungskriterien werden dazu verwendet?

Kapitel 2 untersucht hierzu technologie- und signalorientierte Suchansätze, quantitative und datenbasierte Verfahren sowie Experten- und Beteiligungsformate. Im Vordergrund steht nicht die isolierte Betrachtung einzelner Methoden, sondern ihr Zusammenwirken. Kapitel 3 geht auf die Zielstellungen solcher Analysen ein. Es zeigt sich, dass Technologiebewertungen je nach Auftrag und Akteur unterschiedliche Funktionen erfüllen können und Ziele verfolgen. Damit wird zugleich deutlich, dass sich auch Auswahl- und Bewertungslogiken mit dem jeweiligen Verwendungszweck verändern. Kapitel 4 systematisiert die Bewertungskriterien von Zukunftstechnologien und ordnet sie in verschiedene technologische, wirtschaftliche, gesellschaftliche und strategische Dimensionen ein. Kapitel 5 veranschaulicht die Veränderung von Bewertungskriterien aus der Sicht verschiedener Akteure im Forschungs- und Innovationssystem. Illustrativ dienen die Hightech Agenda Deutschland, die Technologiepriorisierung der Europäischen Union und die Bewertungslogiken privater Deep-Tech-Investoren als Beispiele. Kapitel 6 bündelt die Ergebnisse

5 <https://hightech-agenda-deutschland.de/>.

6 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf, S. 15 ff.

und leitet Schlussfolgerungen für eine transparente und nachvollziehbare Technologieauswahl ab.

Diese Ausarbeitung ist Teil einer Reihe zu Zukunftstechnologien und zum Technologie- und Innovationsmanagement. Ergänzende Veröffentlichungen behandeln grundlegende Technologie- und Innovationskonzepte (WD 5-037/26, WD 5-097/26, WD 5-098/26 und WD 5-099/26), Verfahren der strategischen Vorausschau (WD 5-100/26) sowie die Strukturierung und Kategorisierung von Technologiefeldern (WD 5-102/26).

2. Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien

Die Identifizierung und Auswahl von zukünftig relevanten Technologien erfolgen in der Praxis überwiegend als **mehrstufiger, iterativer und methodisch kombinierter Prozess**. Wie Methoden der strategischen Vorausschau (Foresight) gestaltet sind, um Akteure und Informationen zusammenzubringen, wurde bereits in einem anderen Sachstand der Wissenschaftlichen Dienste detaillierter beleuchtet.⁷

Ausgangspunkt ist häufig die Erzeugung eines möglichst **breiten Suchraums**, in dem potenzielle Technologien, sogenannte „schwache Signale“⁸ oder Entwicklungsfelder zunächst gesammelt werden. Daran schließen sich Verfahren der **Strukturierung, Verdichtung, Bewertung und Auswahl** an. Die untersuchten Ansätze in den vorliegenden Studien zeigen dabei keine einheitliche Standardmethode. Vielmehr variiert das methodische Design danach, ob:

- neue technologische Entwicklungen möglichst offen erkannt wurden,
- bereits bekannte Technologiefelder vergleichend bewertet werden oder
- Technologien für einen spezifischen politischen, wirtschaftlichen oder regionalen Zweck ausgewählt werden sollen.⁹

2.1. Technologie- und signalorientierte Suchansätze

Ein häufiges Grundmuster besteht in der Zusammenstellung einer **breiten Ausgangsliste durch Sekundärforschung** (sammeln und bewerten vorhandener Informationen in Datenbanken, Studien oder Berichten) **einzelner Technologien**, Literatur- und Studienauswertungen zum

7 Siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), „Erkennen und bewerten von zukünftigen Technologien durch strategische Vorausschau (Foresight)“, WD 5-100/26.

8 „Weak Signals“ oder auch „Tech Signals“ beschreiben in der Trend- und Zukunftsforschung sowie im strategischen Management frühzeitige Indikatoren, konkrete Beobachtungen oder Ereignisse, die auf eine beginnende technologische Veränderung oder einen entstehenden Trend hinweisen (van Veen & Ortt (2021), Unifying weak signals definitions to improve construct understanding, Futures, 134, 102837).

9 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf; Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.

Auffinden schwacher Signale.¹⁰ Dazu werden Trends z. B. durch die Analyse von Online-Foren, Social Media Plattformen, Patentanmeldungen, Vorabveröffentlichungen auf Pre-Print-Servern, Themen von Aktivisten, in der Kunst oder Subkulturen oder das Auftreten neuer Startups oder getätigter Investitionen identifiziert. Z. B. aktualisieren Langkau et al. eine bereits bestehende Liste von etwa 200 potenziellen Zukunftstechnologien durch gezielte Recherche und ergänzen diese durch Expertenworkshops.¹¹ Stehnken et al. gleichen eine zunächst vorgegebene Technologieliste mit bestehenden Übersichten zu Schlüsseltechnologien ab und präzisiert sie anhand weiterer Studien sowie fachlicher Abstimmungen.¹² Schmoch et al. ziehen nationale und internationale Zukunftsstudien, Technologien im Kontext gesellschaftlicher Herausforderungen sowie interne und externe Expertise heran, um eine Liste von 32 Zukunftstechnologien zusammenzustellen.¹³ Gemeinsam ist diesen Verfahren, dass die Suche nicht vollständig offen beginnt, sondern an bereits vorhandene Technologielisten, Studien oder politisch und fachlich etablierte Kategorien anschließt.

Davon unterscheiden sich stärker **signalorientierte Verfahren**, die zunächst eine große Zahl einzelner Hinweise auf technologische Entwicklungen erfassen. Farinha et al. werten mehr als 50 Berichte und Websites sowie wissenschaftliche Artikel, Nachrichtenbeiträge und weitere dokumentierte Quellen aus und erfassen auf dieser Grundlage über 1.000 schwache Signale, die anschließend schrittweise auf 42 und schließlich 30 Signale verdichtet werden.¹⁴ Bailey et al. verwenden ebenfalls ein Horizon Scanning und eine Literatursauswertung von mehr als 50 Berichten und Websites, berücksichtigen über 1.300 Technologiesignale und reduzieren diese in einem iterativen Prozess zunächst auf 80, dann auf 46 und schließlich auf 30 ausgewählte Signale.¹⁵ Diese Verfahren richten die Aufmerksamkeit weniger auf bereits klar abgegrenzte Technologien als auf

-
- 10 Wissenschaftliche Dienste (2026), „Erkennen und bewerten von zukünftigen Technologien durch strategische Vorausschau (Foresight)“, WD 5-100/26, Kap. 3.1.
 - 11 Langkau, Kamamia, Maisel, Beck, Bodenheimer, Bregadze, Deubzer, Döscher, Eberling, Haendel, Khamashta, Krail, Kunze, Loibl, Marwede, Neef, Rostek, Rückschloss, Shirinzadeh, Tercero Espinoza & Tippner (2026), Rohstoffe für Zukunftstechnologien, DERA Rohstoffinformationen 67, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/SharedDocs/Downloads/Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-67_vorversion.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
 - 12 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
 - 13 Schmoch, Beckert, Reiß, Neuhäusler & Rothengatter (2020), Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland, Fraunhofer ISI, <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a3c358ed-ff97-4a99-8741-5aef777b3b61/download>.
 - 14 Farinha, Vesnic Alujevic, Alvarenga, & Polvora (2023), Everybody is looking into the future! – A literature review of reports on emerging technologies and disruptive innovation, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/144730>.
 - 15 Bailey, Farinha, Mochan, Riveong & Pólvara (2025), Eyes on the future – Signals from recent reports on emerging technologies and breakthrough innovations to support European Innovation Council strategic intelligence, Volume 3, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1104283>.

frühe, heterogene und teilweise noch unscharfe Hinweise, aus denen erst im weiteren Analyseprozess technologisch relevante Themen gebildet werden.

Damit lassen sich zwei grundlegende Suchlogiken unterscheiden. Bei einer **technologieorientierten Logik** werden bekannte oder vorab definierte Technologiefelder überprüft, ergänzt und vergleichend analysiert. Bei einer **signalorientierten Logik** werden zunächst zahlreiche Einzelbeobachtungen gesammelt, aus denen sich Technologiefelder oder Entwicklungsschwerpunkte erst durch Auswahl und Clusterung ergeben. Beide Logiken können ineinandergreifen. Bestehende Technologielisten strukturieren den Suchraum und erhöhen die Vergleichbarkeit, können aber neue oder kategorieübergreifende Entwicklungen übersehen. Ein breiter Signaltrichter erhöht demgegenüber die Sensitivität gegenüber neuen Entwicklungen, erzeugt jedoch einen erheblichen Bedarf an qualitativer Einordnung und Abgrenzung.¹⁶

2.2. Quantitative und datenbasierte Verfahren

Ein zweites methodisches Cluster umfasst quantitative, datenbasierte Verfahren. Zu den etablierten **Datenquellen zählen wissenschaftliche Publikationen, Patente, Forschungsprojekte, Handels- und Produktionsdaten sowie Marktstudien**. Zum Beispiel nutzt Deloitte gemeinsam mit EconSight eine qualitätsorientierte Patentanalyse zur Standortbestimmung Deutschlands bei ausgewählten Zukunftstechnologien der fortgeschrittenen Digitalisierung. Analysiert wurden weltweite aktive Patentbestände von 2010 bis 2024. Entscheidend war nicht die Anzahl, sondern die Patentstärke, gemessen anhand internationaler Länderabdeckung und Zitierungshäufigkeit. Die jeweils stärksten zehn Prozent eines Technologiefeldes wurden als „Weltklassepatente“ definiert, Ländern zugeordnet und international verglichen. Die Methode bewertet somit die technologische Leistungsfähigkeit bereits definierter Zukunftstechnologien und bildet eine Grundlage für technologiepolitische Handlungsempfehlungen.¹⁷

Eulaerts, Grabowska und Bergamini kombinieren scientometrische Indikatoren¹⁸ und Text-Mining-Verfahren auf einem Datenkorpus aus wissenschaftlichen Publikationen, Patenten und EU-geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Ziel ist es, schwache Signale wissenschaftlicher und technologischer Entwicklung frühzeitig zu erkennen und anhand von Aktivität, zeitlicher Persistenz, Publikations- und Patentanteilen sowie regionalen Spezialisierungsmustern zu

16 Farinha, Vesnic Alujevic, Alvarenga, & Polvora (2023), Everybody is looking into the future! – A literature review of reports on emerging technologies and disruptive innovation, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/144730>; Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schluesselforschung_54409433.pdf.

17 Deloitte (2025), Digitale Technologien made in Germany - Deutschland im Rennen um die globale Innovationsführerschaft, <https://www.deloitte.com/de/de/Industries/government-public/research/deutschland-im-globalen-technologiewettbewerb.html>.

18 Scientometrisch = Quantitative Wissenschaftsindikatoren, welche genutzt werden, um wissenschaftlichen Output und Forschungsdynamik messbar zu machen (siehe auch <https://de.wikipedia.org/wiki/Szientometrie>).

charakterisieren.¹⁹ Zusätzlich werden u. a. Akteursstrukturen, Zitationswirkungen, Patentanmeldungen und internationale Kooperationsnetzwerke ausgewertet, wodurch die Identifikation technologischer Signale mit einer Analyse ihrer institutionellen und geografischen Einbettung verbunden wird.²⁰

Schmoch et al. entwickeln für vorab ausgewählte Technologien spezifische Recherchestrategien für Patente, Publikationen und Marken und verdichten die daraus gewonnenen Einzelindikatoren zu einem Composite Indicator, der ein Ranking der technologischen Position Deutschlands ermöglicht.²¹ Ergänzend werden Marktstudien und patentbasierte Schätzungen des Marktwerts verwendet. Der Vergleich zeigt, dass eine Bewertung nach technologischer Kompetenz zu anderen Rangfolgen führen kann als eine Bewertung nach wirtschaftlicher Relevanz. Die Methode dient hier daher nicht primär der offenen Entdeckung neuer Technologien, sondern der mehrdimensionalen Bewertung bereits ausgewählter Felder.

Auch Stehnken führt für 14 zuvor definierte Technologien Publikations- und Patentanalysen durch, ergänzt diese aber durch Auswertung von Stellenanzeigen, um die arbeitsmarktseitige Nachfrage nach technologischen Kompetenzen explorativ abzubilden.²² Hofmann et al. ordnen solche Ansätze in einen breiteren Methodenmix ein, der neben Publikationen und Patenten auch Forschungsförderungsdaten, Start-up-Daten, Handels- und Produktionsdaten, Investitionsinformationen, LinkedIn-Daten und Text Mining von Unternehmenswebsites einbeziehen kann.²³ Damit erweitert sich der **datenbasierte Zugriff entlang der Innovationskette**: Forschungsanträge können frühe wissenschaftliche Dynamiken anzeigen, Publikationen die Entwicklung von Wissensfeldern, Patente technische Erfindungsaktivitäten, Start-ups frühe Kommerzialisierung, Investitionsdaten die Erwartung zukünftiger Marktchancen und Handelsdaten bereits realisierte Produktions- und Exportfähigkeit.

19 Eulaerts, Grabowska & Bergamini (2025), Weak signals in science and technologies 2024 – Technologies at an early stage of development that could impact our future, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/6571994>.

20 Ebd.

21 Schmoch, Beckert, Reiß, Neuhäusler & Rothengatter (2020), Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland, Fraunhofer ISI, <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a3c358ed-ff97-4a99-8741-5aef777b3b61/download>.

22 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?_blob=publicationFile&v=1.

23 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.

Neuere datengetriebene Foresight-Ansätze²⁴ gehen über klassische Datenbanken hinaus. Eulaerts, Grabowska und Bergamini²⁵ nennen Web Scraping von Nachrichten und sozialen Medien sowie den Einsatz von maschinellem Lernen und Large Language Models in Verbindung mit Scientometrie, um technologische Signale in umfangreichen und heterogenen Datenbeständen zu erkennen. Das methodische Potenzial liegt in der Skalierbarkeit und in der Möglichkeit, Muster über unterschiedliche Quellen hinweg zu identifizieren. Zugleich bleibt die Aussagekraft datenbasierter Verfahren zeit- und datenabhängig. Wissenschaftliche Publikationen und Patente werden erst mit Verzögerung sichtbar, weshalb scientometrische Verfahren für retrospektive Analysen häufig belastbarer sind als für die unmittelbare Erkennung sehr früher Entwicklungen.²⁶

2.3. Experten- und Beteiligungsverfahren

Ein drittes zentrales Methodencluster bilden Experten- und Beteiligungsverfahren. Workshops, Round Tables, Interviews und strategische Beratungsgremien werden **in nahezu allen untersuchten Ansätzen** eingesetzt, jedoch mit unterschiedlichen Funktionen. Langkau et al. nutzen zwei Expertenworkshops, um Vorschläge deutscher Industrieverbände sowie Expertise wissenschaftlicher Institutionen und europäischer Rohstoffverbände in die Aktualisierung und Auswahl der Technologielliste einzubeziehen.²⁷ Stehnken et al. verwenden Round Tables zur Ergänzung und Reduktion der Technologielliste, zur Definition von Teiltechnologien und Schlüsselwörtern sowie zur Auswahl potenziell relevanter Anwendungsfelder.²⁸ BCG und UnternehmerTUM ergänzen wissenschaftliche Beiträge, Praxisstudien, Marktanalysen und Ökosystemdaten durch mehr als 100 leitfadengestützte Experteninterviews, um technologische Reife, regulatorische Zugänglichkeit, industrielle Umsetzbarkeit und Marktpotenziale einzuordnen.²⁹

-
- 24 Siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Erkennen und bewerten von zukünftigen Technologien durch strategische Vorausschau (Foresight), WD 5-100/26.
- 25 Eulaerts, Grabowska & Bergamini (2025), Weak signals in science and technologies 2024 – Technologies at an early stage of development that could impact our future, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/6571994>.
- 26 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schluessseltechnologien_54409433.pdf.
- 27 Langkau, Kamamia, Maisel, Beck, Bodenheimer, Bregadze, Deubzer, Döscher, Eberling, Haendel, Khamashta, Krail, Kunze, Loibl, Marwede, Neef, Rostek, Rückschloss, Shirinzadeh, Tercero Espinoza & Tippner (2026), Rohstoffe für Zukunftstechnologien, DERA Rohstoffinformationen 67, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/SharedDocs/Downloads/Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-67_vorversion.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- 28 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schluessseltechnologien-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- 29 BCG (Boston Consulting Group) & UnternehmerTUM (2026), Wachstumspfade für Deutschland - Roadmap zur wettbewerbsfähigen Hightech-Nation, https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/50809/wachstumspfade_fr_deutschland.9a17fb08f341.pdf.

Expertenverfahren übernehmen damit mindestens **vier methodische Funktionen**: Sie erweitern den Suchraum, validieren vorläufige Ergebnisse, schärfen die Abgrenzung von Technologiefeldern und interpretieren quantitative Befunde. Besonders wichtig sind sie dort, wo statistische Kategorien die technische Realität nur unvollständig abbilden. Patent-, Publikations- oder Handelsdaten beruhen auf Klassifikationen und Suchstrategien, deren Zuordnung zu konkreten Technologien fehleranfällig sein kann. Interviews mit Forschenden, Unternehmen oder Branchenvertretern können solche Fehlzuordnungen korrigieren und kontextbezogenes Wissen ergänzen.³⁰ Zugleich können Experteneinschätzungen selbst selektiv und interessengeleitet sein. Stehnken et al. weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Auswahl bestimmter Use Cases ausschließlich auf Expertenwissen beruhte und nicht zusätzlich empirisch fundiert wurde, weshalb auf eine weitergehende wirtschaftliche Potenzialbewertung verzichtet wurde.³¹

2.4. Fazit

Übergreifend erkennbar ist eine Trichterlogik, bei der große Ausgangsmengen schrittweise reduziert werden. Dies kann durch Longlists, Shortlists und finale Auswahllisten erfolgen, wie bei Farinha et al.³² und Bailey et al.,³³ oder durch die schrittweise Präzisierung und Reduktion einer vorgegebenen Liste, wie bei Stehnken et al.³⁴ Die einzelnen Verdichtungsstufen verbinden unterschiedliche Verfahren: Literaturrecherche erzeugt Kandidaten, qualitative Bewertungen reduzieren diese, Deep Dives (Tiefenanalysen) prüfen ausgewählte Signale vertieft, und Expertenverfahren validieren die Ergebnisse. Iteration ist dabei nicht nur ein technischer Zusatz, sondern ein konstitutives Merkmal, da Suchbegriffe, Kategorien, Technologiedefinitionen und Auswahlentscheidungen im Verlauf mehrfach angepasst werden können.³⁵

-
- 30 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.
- 31 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, <https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?blob=publicationFile&v=1>.
- 32 Farinha, Vesnic Alujevic, Alvarenga, & Polvora (2023), Everybody is looking into the future! – A literature review of reports on emerging technologies and disruptive innovation, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/144730>.
- 33 Bailey, Farinha, Mochan, Riveong & Pólvara (2025), Eyes on the future – Signals from recent reports on emerging technologies and breakthrough innovations to support European Innovation Council strategic intelligence, Volume 3, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1104283>.
- 34 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, <https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?blob=publicationFile&v=1>.
- 35 Bailey, Farinha, Mochan, Riveong & Pólvara (2025), Eyes on the future – Signals from recent reports on emerging technologies and breakthrough innovations to support European Innovation Council strategic intelligence, Volume 3, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1104283>.

Die stärkste Gemeinsamkeit der Ansätze liegt im Methodenmix. Quantitative Verfahren erhöhen Nachvollziehbarkeit, Vergleichbarkeit und Reichweite, während qualitative Verfahren Kontextwissen, Zukunftsorientierung und Interpretationsfähigkeit einbringen. Die Verknüpfung kann sequenziell erfolgen, etwa wenn qualitative Verfahren zunächst Technologien auswählen und quantitative Analysen anschließend deren Position, Dynamik oder Marktpotenzial untersuchen.³⁶ Sie kann auch umgekehrt verlaufen, wenn datenbasierte Verfahren zunächst Signale erkennen und Experten diese anschließend bewerten oder bündeln.³⁷ Daneben treten parallele Designs, bei denen Markt-, Publikations-, Patent-, Investitions- und Interviewdaten nebeneinander ausgewertet und in einer Gesamtbewertung zusammengeführt werden.³⁸

Methodisch problematisch bleiben die Abgrenzung und Granularität von Technologien. Sammelbegriffe, einzelne Technologien, Anwendungsfelder und gesellschaftliche Konzepte liegen häufig auf unterschiedlichen Aggregationsebenen. Stehnken et al. versuchen daher, unscharfe Begriffe wie „Life Sciences“ oder „Industrie 4.0“ zu vermeiden und möglichst klar voneinander abgrenzbare Technologien zu definieren.³⁹ Kroll et al. zeigen zugleich, dass unterschiedliche Betrachtungszeiträume, Aggregationsebenen und Bewertungsmethoden zu unterschiedlichen Einschätzungen führen, welche Technologien als General Purpose Technologies oder Schlüsseltechnologien gelten.⁴⁰ Frantz und Warta betonen entsprechend, dass sich aus Kriterien allein keine scharfe und dauerhaft gültige Abgrenzungsmethode ableiten lässt, weil Technologien ihre strategische Rolle erst im Zeitverlauf entwickeln oder wieder verlieren können und die geeignete Methode vom konkreten Verwendungszweck abhängt.⁴¹

Insgesamt ist die Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien daher weniger als einmalige Klassifikationsaufgabe denn als fortlaufender Foresight- und Bewertungsprozess zu

-
- 36 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, <https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schluesseeltechnologien-endbericht.pdf?blob=publicationFile&v=1>; Schmoch, Beckert, Reiß, Neuhäusler & Rothengatter (2020), Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland, Fraunhofer ISI, <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a3c358ed-ff97-4a99-8741-5aef777b3b61/download>.
- 37 Eulaerts, Grabowska & Bergamini (2025), Weak signals in science and technologies 2024 – Technologies at an early stage of development that could impact our future, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/6571994>.
- 38 BCG (Boston Consulting Group) & UnternehmerTUM (2026), Wachstumspfade für Deutschland - Roadmap zur wettbewerbsfähigen Hightech-Nation, https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/50809/wachstumspfade_fr_deutschland.9a17fb08f341.pdf.
- 39 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, <https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schluesseeltechnologien-endbericht.pdf?blob=publicationFile&v=1>.
- 40 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.
- 41 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

verstehen. Belastbare Verfahren kombinieren offene Suche und bestehende Technologierahmen, quantitative Signalerkennung und qualitative Interpretation, breite Ausgangsmengen und mehrstufige Verdichtung. Die methodische Qualität hängt dabei nicht von der größtmöglichen Zahl eingesetzter Instrumente ab, sondern von ihrer Kombination, der Transparenz der Auswahlstufen und der Passung zwischen Datenquellen, Zeithorizont, Aggregationsebene und Untersuchungsziel.

3. Zielstellungen bei der Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien

Studien zur Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien verfolgen unterschiedliche, häufig miteinander verbundene Zielsetzungen. Die Erkennung neuer Technologien ist dabei selten Selbstzweck. Sie erzeugt vielmehr eine Wissensgrundlage für Monitoring, Standortbewertung, Förderentscheidungen, strategische Priorisierung oder die Entwicklung konkreter politischer und wirtschaftlicher Maßnahmen. Welche Zielstellung dominiert, hängt wesentlich vom Arbeitsauftrag, vom institutionellen Kontext und von den Informationsbedürfnissen des Auftraggebers ab. Entsprechend können dieselben methodischen Elemente – etwa Patentanalysen, Experteninterviews oder Marktstudien – für unterschiedliche Erkenntniszwecke eingesetzt werden.

3.1. Unterschiedliche Zielstellungen der Technologieanalyse

Eine erste Gruppe von Arbeiten zielt vor allem auf die **theoretische und methodische Operationalisierung** von Schlüssel- beziehungsweise Zukunftstechnologien. Im Mittelpunkt steht die Frage, nach welchen Merkmalen Technologien abgegrenzt, eingeordnet und hinsichtlich ihrer strategischen Bedeutung bewertet werden können. Kroll et al. untersuchen hierzu unter anderem den Ansatz der General Purpose Technologies⁴² und diskutieren Kriterien wie Verbesserungspotenzial, Anwendungsbreite, Nutzungsvielfalt und Komplementarität.⁴³ Zugleich zeigen sie, dass die Auswahl davon beeinflusst wird, ob gesamtwirtschaftliche Relevanz bereits als Definitions- und Auswahlkriterium dient oder erst im Anschluss als Wirkung der Technologie analysiert wird. Thielmann entwickelt demgegenüber ein Technologieevaluationsmodell, das unterschiedliche Technologiefunktionen entlang von Wertschöpfungsstufen und zeitlichen Entwicklungsprozessen verortet. Ziel ist weniger die Erstellung einer abschließenden Technologieliste als ein systematischer Bewertungsrahmen, mit dem Bedeutung, Funktion und Wirkung von Schlüsseltechnologien eingeordnet werden können.⁴⁴ Auch sind Kriterien nicht als Instrument einer dauerhaft

42 Auch Basis- oder Querschnittstechnologien im Deutschen bezeichnet; siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Grundlegende Konzepte des Technologie- und Innovationsmanagements I – Konzeptsteckbriefe zu Technologiebegriffen und -typen, WD 5-037/26.

43 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.

44 Thielmann (2025), Zur Bedeutung von Schlüsseltechnologien für die Wertschöpfung der Zukunft, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/cdda7d84-b45f-4cf0-ad66-1b74a78fa49c>.

scharfen Abgrenzung zu verstehen, sondern als Grundlage für situationsbezogene Zuordnungen, Monitoring und die Analyse von Positionen im Innovationsökosystem.⁴⁵

Eine zweite Zielstellung besteht in der **Bewertung technologischer Positionen, Potenziale und Entwicklungspfade**. Hier werden meist bereits definierte oder vorausgewählte Technologiefelder untersucht. Schmoch et al.⁴⁶ erfassen die technologische Position Deutschlands anhand von Publikationen, Patenten und Marken und stellen sie wirtschaftlichen Marktpotenzialen gegenüber. Ziel ist damit nicht allein die Bestimmung relevanter Technologien, sondern die Einschätzung, ob wirtschaftliche Chancen mit den vorhandenen technologischen Kompetenzen korrespondieren. Stehnken et al.⁴⁷ untersuchen Kompetenzen, Akteursstrukturen, regionale Konzentrationen, Arbeitsmarktnachfrage und Entwicklungspfade ausgewählter Schlüsseltechnologien in Ostdeutschland. Die Technologieanalyse dient hier vor allem einer regionalen Zustandsbeschreibung und bildet zugleich eine Grundlage für Szenarien und strategische Diskussionen. BCG und UnternehmerTUM analysieren im Rahmen der High Tech Agenda Deutschland Technologielandschaften, Marktpotenziale, internationale Wettbewerbspositionen, Start-up-Ökosysteme und strategische Wendepunkte für die ausgewählten Schlüsseltechnologien.⁴⁸ Deloitte nimmt ebenfalls eine Standortbestimmung bei verschiedenen Zukunftstechnologien für Deutschland vor (teilweise in Anlehnung an die Schlüsseltechnologien der HTAD, aber auch darüber hinaus).⁴⁹ Damit verbinden beide Untersuchungen eine Bestandsaufnahme mit einer Einschätzung zukünftiger Wachstums- und Umsetzungschancen.

Auf einer dritten Zieldimension lassen sich die **anwendungsbezogenen Zielstellungen** unterscheiden. Einige Studien (in dieser Auswahl vorrangig aus dem EU-Umfeld) erzeugen zunächst Orientierungswissen über neue Technologietrends. Hier endet die Arbeit unmittelbar nach der Identifikation, da deren Arbeit Grundlage für andere Akteure darstellt, wie z. B. für die Europäische Kommission und diverse EU-Programme. Lediglich eine technische Bewertung wird u. U. ergänzt. Farinha et al. und Bailey et al. identifizieren und verdichten technologische Signale, um Förderorganisationen und politischen Entscheidungsträgern in unsicheren und wenig

-
- 45 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.
- 46 Schmoch, Beckert, Reiß, Neuhäusler & Rothengatter (2020), Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland, Fraunhofer ISI, <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a3c358ed-ff97-4a99-8741-5aef777b3b61/download>.
- 47 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schluesseeltechnologien-endbericht.pdf?_blob=publicationFile&v=1.
- 48 BCG (Boston Consulting Group) & UnternehmerTUM (2026), Wachstumspfade für Deutschland - Roadmap zur wettbewerbsfähigen Hightech-Nation, https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/50809/wachstumspfade_fr_deutschland.9a17fb08f341.pdf.
- 49 Deloitte (2025), Digitale Technologien made in Germany - Deutschland im Rennen um die globale Innovationsführerschaft, <https://www.deloitte.com/de/de/Industries/government-public/research/deutschland-im-globalen-technologiewettbewerb.html>.

erschlossenen Technologiefeldern handlungsrelevante Informationen bereitzustellen.⁵⁰ Eulaerts et al. zielen mit der Erkennung schwacher Signale darauf, politische Akteure frühzeitig auf technologische Entwicklungen, mögliche Auswirkungen und regulatorischen Anpassungsbedarf vorzubereiten.⁵¹ Die Autoren der Deutschen Rohstoffagentur verfolgen dagegen einen spezifischeren Auswahlzweck. Im Mittelpunkt stehen hier Technologien, von denen bis 2045 außergewöhnliche Auswirkungen auf die Rohstoffnachfrage und insbesondere auf den Bedarf an Spezialmetallen erwartet werden.⁵²

Andere Analysen gehen über Orientierung und Zustandsbeschreibung hinaus und dienen unmittelbar der **Strategieentwicklung**. Bei BCG und UnternehmerTUM sowie anderen Akteuren, die beispielweise bei der Formulierung der High Tech Agenda Deutschland in einem Stakeholder-Prozess mit eingebunden waren, münden die Analysen in Handlungsempfehlungen, Roadmaps (Meilensteinpläne, geeignete Kennzahlen) und einer Rollenverteilung zwischen Staat, Wirtschaft und Forschung.⁵³ Die Studie von Fraunhofer und Prognos führt die Ergebnisse der Technologie-, Kompetenz- und Trendanalysen für Ostdeutsche Regionen in einer STEEP-Analyse⁵⁴ und einem Strategie-Workshop zusammen, aus denen konkrete Strategien abgeleitet werden.⁵⁵ Die Identifikation und Bewertung von Technologien werden hier als Vorstufe konkreter Interventionen verstanden.

-
- 50 Farinha, Vesnic Alujevic, Alvarenga & Polvora (2023), Everybody is looking into the future! – A literature review of reports on emerging technologies and disruptive innovation, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/144730>; Bailey, Farinha, Mochan, Riveong & Pólvara (2025), Eyes on the future – Signals from recent reports on emerging technologies and breakthrough innovations to support European Innovation Council strategic intelligence, Volume 3, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1104283>.
- 51 Eulaerts, Grabowska & Bergamini (2025), Weak signals in science and technologies 2024 – Technologies at an early stage of development that could impact our future, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/6571994>.
- 52 Langkau, Kamamia, Maisel, Beck, Bodenheimer, Bregadze, Deubzer, Döscher, Eberling, Haendel, Khamashta, Krail, Kunze, Loibl, Marwede, Neef, Rostek, Rückschloss, Shirinzadeh, Tercero Espinoza & Tippner (2026), Rohstoffe für Zukunftstechnologien, DERA Rohstoffinformationen 67, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/SharedDocs/Downloads/Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-67_vorversion.pdf?__blob=publicationFile&v=3.
- 53 BCG (Boston Consulting Group) & UnternehmerTUM (2026), Wachstumspfade für Deutschland - Roadmap zur wettbewerbsfähigen Hightech-Nation, https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/50809/wachstumspfade_fr_deutschland.9a17fb08f341.pdf; BCG (Boston Consulting Group) & BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie) (2025), Deep Tech für den Industriestandort Deutschland - Wie Zukunftstechnologien Wachstum und Resilienz stärken können, <https://web-assets.bcg.com/1f/a9/0d43419a48bdad302d71149b61f7/bcg-bdi-deeptech.pdf>.
- 54 Analysemethode der sozialen (social), technologischen (technological), wirtschaftlichen (economic), ökologischen (environmental) und politischen (political) Faktoren.
- 55 Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

3.2. Fazit

Die Zieldimensionen sind nicht trennscharf. Eine Studie kann zugleich neue Trends identifizieren, einen Standort bewerten und strategische Maßnahmen ableiten. Entscheidend ist, welche Funktion die Technologieanalyse für die jeweils auftraggebende Institution oder für die Durchführenden erfüllt. Förderorganisationen benötigen Hinweise auf neue und unsichere Entwicklungsfelder, wirtschafts- und regionalpolitische Auftraggeber eher Aussagen zu Kompetenzen, Abhängigkeiten und Handlungsmöglichkeiten, während strategisch ausgerichtete Studien zusätzlich Prioritäten, Umsetzungswege und Verantwortlichkeiten bestimmen. Darüber hinaus können Studien aufeinander aufgebaut sein. Die Auswahl von Zukunftstechnologien ist deshalb stets zweckgebunden: Untersuchungsraum, Bewertungstiefe und Ergebnisform werden wesentlich durch den Auftraggeber und die beabsichtigte Verwendung der Ergebnisse geprägt.⁵⁶

4. Übersicht zu konkreten Bewertungskriterien von Zukunftstechnologien

Die Identifikation von Zukunfts- beziehungsweise Schlüsseltechnologien setzt voraus, abstrakte Zuschreibungen wie „zukunftsrelevant“, „strategisch“, „emergent“ oder „wirtschaftlich bedeutsam“ in nachvollziehbare Bewertungskriterien zu übersetzen. Die **zuvor dargestellten Foresight-Methoden**⁵⁷ erzeugen hierfür unterschiedliche quantitative und qualitative Informationen über technologische Entwicklungen. Damit diese Befunde für eine vergleichende Bewertung und eine anschließende Aufnahme oder Positionierung in einem **Technologieportfolio**⁵⁸ bzw. einer Technologieprioritätenliste⁵⁹ genutzt werden können, müssen die grundlegenden Vorstellungen von Zukunftsrelevanz in Kriterien und empirisch beobachtbare Indikatoren übersetzt werden. Eine solche Operationalisierung ist jedoch nicht klar abgrenzbar. Technologien können erst im Zeitverlauf strategische Bedeutung erlangen, diese wieder verlieren oder je nach Betrachtungsebene unterschiedlich bewertet werden. Neue Technologien können auftauchen, aber auch wieder verschwinden oder permanent in einem Frühstadium verweilen (wie z. B. die Fusionsforschung der letzten Jahrzehnte). Kriterien dienen daher vor allem dazu, Bewertungsentscheidungen zu strukturieren, transparent zu machen und an einen konkreten Untersuchungszweck anzupassen.⁶⁰

Die Notwendigkeit einer mehrdimensionalen Bewertung ergibt sich bereits aus der Heterogenität der von den Autoren vorher zugrunde gelegten Technologiekonzepte (sofern sie sich dazu

56 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf; Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.

57 Siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Erkennen und bewerten von zukünftigen Technologien durch strategische Vorausschau (Foresight), WD 5-100/26.

58 Ebd., Kap. 3.7.

59 In dieser Arbeit werden die Begriffe Technologieübersichten, -raster, -prioritätenlisten, -portfolio, -aufzählungen und -felder synonym verwendet.

60 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

äußern). Z. B. werden General Purpose Technologies (als Grundverständnis von Schlüsseltechnologien) insbesondere durch ihre breite Nutzbarkeit und ihre Komplementarität zu anderen Technologien charakterisiert.⁶¹ Andere Ansätze betonen die Funktion einer Technologie innerhalb von Wertschöpfungs- und Innovationssystemen, etwa als Enabler, Accelerator, Plattform-, Industrie- oder Anwendungstechnologie.⁶² Wieder andere Studien wählen Technologien aufgrund ihres erwarteten Marktpotenzials, ihrer Bedeutung für bestimmte Regionen, ihrer Auswirkungen auf Rohstoffmärkte oder ihrer Relevanz für gesellschaftliche und politische Herausforderungen aus.⁶³ Damit existiert kein einzelnes Merkmal, das für alle Untersuchungen gleichermaßen als feststehendes Auswahlkriterium gelten kann.

Für die Systematisierung ist zunächst zwischen **Identifikation**, **Bewertung** und **Priorisierung** zu unterscheiden. **Identifikationskriterien** sollen anzeigen, ob eine technologische Entwicklung neu entsteht oder an Dynamik gewinnt. Hierzu werden etwa Zuwächse bei Publikationen, Patenten oder Forschungsaktivitäten, die zeitliche Persistenz eines Signals oder das Auftreten neuer Themen in Förder- und Investitionsdaten herangezogen.⁶⁴ **Bewertungskriterien** richten sich dagegen auf die Eigenschaften und Potenziale eines bereits abgegrenzten Technologiefeldes, etwa seine wissenschaftlich-technologische Leistungsfähigkeit, sein Marktvolumen, seine Anwendungsbreite oder die vorhandenen Kompetenzen und Akteursstrukturen.⁶⁵ **Priorisierungskriterien** beantworten die Frage, weshalb eine Technologie im Vergleich zu anderen besondere strategische

-
- 61 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.
- 62 Thielmann (2025), Zur Bedeutung von Schlüsseltechnologien für die Wertschöpfung der Zukunft, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/cdda7d84-b45f-4cf0-ad66-1b74a78fa49c>.
- 63 Langkau, Kamamia, Maisel, Beck, Bodenheimer, Bregadze, Deubzer, Döscher, Eberling, Haendel, Khamashta, Krail, Kunze, Loibl, Marwede, Neef, Rostek, Rückschloss, Shirinzadeh, Tercero Espinoza & Tippner (2026), Rohstoffe für Zukunftstechnologien, DERA Rohstoffinformationen 67, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/SharedDocs/Downloads/Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-67_vorversion.pdf?__blob=publicationFile&v=3; Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1; Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.
- 64 Eulaerts, Grabowska & Bergamini (2025), Weak signals in science and technologies 2024 – Technologies at an early stage of development that could impact our future, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/6571994>; Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.
- 65 Schmoch, Beckert, Reiß, Neuhäusler & Rothengatter (2020), Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland, Fraunhofer ISI, <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a3c358ed-ff97-4a99-8741-5aef777b3b61/download>; Stehnken, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

Aufmerksamkeit erhalten soll. Hier können unter anderem technologische Souveränität, wirtschaftliche Abhängigkeiten, gesellschaftliche Problemlösungsbeiträge, Rohstoffrelevanz oder die Passung zu politischen Transformationszielen entscheidend sein.⁶⁶

Damit kommt **den Auswahlkriterien eine zentrale Rolle** für das Ergebnis des Gesamtprozesses zu: Während Foresight-Methoden den technologischen Suchraum erschließen und Bewertungsdimensionen die Eigenschaften und Potenziale einzelner Technologiefelder erfassen, lassen sich die Ergebnisse anschließend in eine Prioritätenliste oder ein Technologieportfolio überführen. Die **Priorisierung entsteht dabei** nicht durch die Portfolio-Darstellung selbst, sondern bereits **durch die vorgelagerte Auswahl, Operationalisierung und gegebenenfalls Gewichtung der verwendeten Kriterien.**

Allerdings muss bei den Kriterien darauf geachtet werden, dass sie bezüglich ihrer Aussagekraft tatsächlich das messen, was gemessen werden sollen. Ein starkes Wachstum wissenschaftlicher Publikationen kann auf ein emergentes Feld hinweisen, belegt aber noch keine wirtschaftliche Bedeutung. Ein großes globales Marktpotenzial sagt wiederum wenig darüber aus, ob ein Land oder eine Region über die Kompetenzen verfügt, dieses Potenzial zu erschließen. Schmoch et al. zeigen entsprechend, dass Rankings nach technologischer Leistungsfähigkeit und wirtschaftlichem Marktwert zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.⁶⁷ Ebenso kann eine Technologie gesellschaftlich oder geopolitisch prioritär sein, obwohl sie nicht in besonders vielen Branchen eingesetzt wird. Beispielsweise unterscheiden Hofmann et al. deshalb zwischen einer querschnittsbezogenen Enabler-Funktion und einer spezifischen gesellschaftlichen Problemlösungsfunktion, etwa im Bereich des Klimaschutzes.⁶⁸

Für die Bewertung kann außerdem noch differenzierter zwischen Kriterien und Indikatoren unterschieden werden: **Kriterien** bezeichnen die inhaltlichen Eigenschaften, anhand derer Zukunftsrelevanz beurteilt wird, etwa Anwendungsbreite, Komplementarität, Neuartigkeit, Marktpotenzial oder kritische, strategische Anforderungen. **Indikatoren** sind empirisch beobachtbare Größen, mit denen diese Eigenschaften näherungsweise erfasst werden. So kann technologische Dynamik durch Wachstumsraten von Publikationen oder Patenten operationalisiert werden, wirtschaftliche Relevanz durch Marktstudien, Unternehmens- und Investitionsdaten und regionale

66 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf; Langkau, Kamamia, Maisel, Beck, Bodenheimer, Bregadze, Deubzer, Döschner, Eberling, Haendel, Khamashta, Krail, Kunze, Loibl, Marwede, Neef, Rostek, Rückschloss, Shirinzadeh, Tercero Espinoza & Tippner (2026), Rohstoffe für Zukunftstechnologien, DERA Rohstoffinformationen 67, https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/SharedDocs/Downloads/Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-67_vorversion.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

67 Schmoch, Beckert, Reiß, Neuhäusler & Rothengatter (2020), Identifizierung und Bewertung von Zukunftstechnologien für Deutschland, Fraunhofer ISI, <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a3c358ed-ff97-4a99-8741-5aef777b3b61/download>.

68 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.

Kompetenz durch Publikations-, Patent-, Akteurs- oder Arbeitsmarktdaten.⁶⁹ Ein einzelner Indikator bildet ein Kriterium jedoch meist nur unvollständig ab. Publikationszahlen erfassen wissenschaftliche Aktivität, aber nicht unmittelbar industrielle Umsetzung; Patente zeigen Erfindungstätigkeit, aber nicht zwingend Markterfolg; Handelsdaten setzen bereits vorhandene Produktions- und Exportfähigkeit voraus und sind deshalb für sehr frühe Technologien nur begrenzt geeignet.⁷⁰

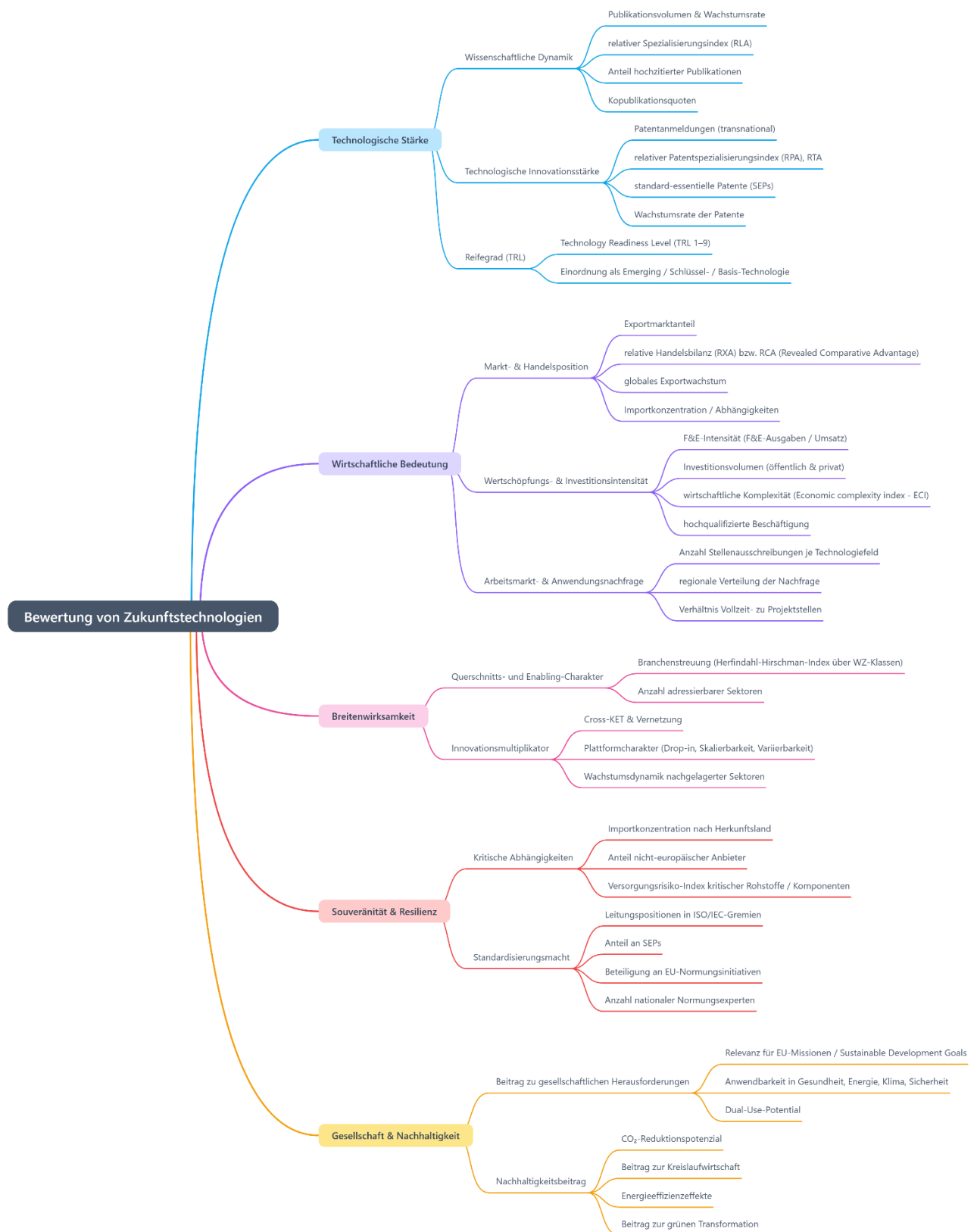
Methodisch kommt der Operationalisierung die Frage der **Granularität** bzw. der Aufschlüsselung hinzu. Zu breite Sammelkategorien von Technologien, wie Digitalisierung, Life Sciences oder Industrie 4.0 liegen auf einer anderen Abstraktionsebene als einzelne Technologiekonzepte oder konkrete Anwendungen. Werden unterschiedliche Aggregationsebenen miteinander verglichen, können Bewertungsergebnisse verzerrt werden. Stehnen et al. versuchen daher, Sammelbegriffe zu vermeiden und möglichst klar voneinander abgrenzbare Technologiefelder zu bilden.⁷¹ Kroll et al. weisen zugleich darauf hin, dass unterschiedliche Aggregationsebenen, Betrachtungszeiträume und Bewertungsmethoden dazu führen können, dass Studien zu abweichenden Technologielisten oder Prioritäten gelangen.⁷²

Die Formulierung der Analyseeinheit ist damit selbst ein zentraler Bestandteil der Operationalisierung. Die Granularität bei Technologiefeldern kann insbesondere bei der Einbindung von externen Expertinnen und Experten (z. B. bei der Evaluation) zu unterschiedlichen Bewertungen führen, insbesondere wenn verschiedene Technologiefelder gegeneinander bewertet werden sollen, teilweise aber miteinander verknüpft sind (z. B. Fusionsforschung und Künstliche Intelligenz). Eine Kriterienmatrix sollte folglich nicht den Anspruch erheben, Zukunftstechnologien unabhängig von Kontext und Zweck eindeutig zu bestimmen. Ihr Nutzen liegt vielmehr darin, **unterschiedliche Bewertungslogiken offenzulegen und systematisch miteinander zu verbinden**. Sie kann sichtbar machen, welchen Schwerpunkt eine Analyse hat. Zugleich ermöglicht sie, Kriterien und Indikatoren dem jeweiligen Auftrag zuzuordnen und Gewichtungen nachvollziehbar zu begründen.

Die nachfolgende Abbildung 1 illustriert verschiedene Bewertungsdimensionen der aus der Theorie und Praxis stammenden Literatur, ohne eine abschließende oder universell gültige Auswahl

-
- 69 Siehe z. B. Eulaerts, Grabowska & Bergamini (2025), Weak signals in science and technologies 2024 – Technologies at an early stage of development that could impact our future, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/6571994>; BCG (Boston Consulting Group) & UnternehmerTUM (2026), Wachstumspfade für Deutschland - Roadmap zur wettbewerbsfähigen Hightech-Nation, https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/50809/wachstumspfade_fr_deutschland.9a17fb08f341.pdf.
- 70 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlueseltechnologien_54409433.pdf.
- 71 Stehnen, Aminova & Klement (2022), Schlüsseltechnologien und technologische Zukunftsfelder in Ostdeutschland - Bestandsaufnahme und Potenziale, Fraunhofer IMW, prognos, <https://www.ostbeauftragte.de/ostb/Content/DE/Downloads/Themen/studie-schlueseltechnologien-endbericht.pdf?blob=publicationFile&v=1>.
- 72 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.

vorzugeben. Sie ist nicht mit einem einzelnen Technologieportfolio gleichzusetzen, sondern bildet illustrativ eine breite Kriterienübersicht. Eine ausführliche Tabelle mit den Kriterien, Beispielen und Quellenangaben befindet sich im Anhang (siehe S. 35, Tabelle 1).

Abbildung 1: Bewertungsindikatoren von Zukunftstechnologien (eigene Darstellung)⁷³

5. Beispiele von Technologiebewertungen und -priorisierungen der verschiedenen Akteure im Forschungs- und Innovationssystem

Technologien werden im Forschungs- und Innovationssystem nicht von einem einzelnen Akteur und auch nicht nach einer einheitlichen Bewertungslogik priorisiert. Vielmehr treffen unterschiedliche Akteursgruppen jeweils vor dem Hintergrund eigener Zielsetzungen, Zeithorizonte und Handlungslogiken Entscheidungen darüber, welche Technologien als besonders relevant, forschungsweisend, förderwürdig oder strategisch bedeutsam gelten. Die Bandbreite reicht von staatlichen Akteuren und öffentlichen Forschungseinrichtungen über Hochschulen, Forschungsorganisationen und intermediäre Einrichtungen bis hin zu Unternehmen, privaten Investoren und internationalen Institutionen. Die Abbildung 2 zu den Akteuren des deutschen Forschungs- und Innovationssystems verdeutlicht diese institutionelle Vielfalt und zeigt zugleich, dass Forschung, Finanzierung, Beratung, Koordination und wirtschaftliche Verwertung auf unterschiedliche Organisationen verteilt sind. Diese unterschiedlichen Rollen prägen auch die Bewertung von Zukunfts- und Schlüsseltechnologien.

Abbildung 2: Akteure des deutschen Forschungs- und Innovationssystems⁷⁴

Die folgenden drei Beispiele sollen diese Unterschiede in der Praxis verdeutlichen und zugleich zeigen, dass Bewertungslogiken nicht statisch sind, sondern sich mit politischen, wirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen verändern können. Die **Hightech Agenda Deutschland** steht für die aktuelle nationale Priorisierung ausgewählter Schlüsseltechnologien und deren Konkretisierung über Technologie-Roadmaps. Die Entwicklung der „Key Enabling Technologies“ und „Future and Emerging Technologies“ der **Europäischen Kommission** zeigt, wie sich europäische Priorisierungsansätze im Zeitverlauf von breiten technologischen Ermöglichungsfunktionen hin zu stärker strategisch und souveränitätsorientierten Auswahlentscheidungen entwickelt haben. Die Bewertungslogiken privatwirtschaftlicher **Deep-Tech-Investoren** bilden schließlich einen Fall, bei dem technologische Qualität mit Marktpotenzial, Skalierbarkeit, Kapitalbedarf und Investitionsrisiken verknüpft wird. Zusammengefasst illustrieren die drei Beispiele, wie stark Technologiepriorisierung von Akteur, Entscheidungskontext und Zielsetzung abhängt.

74 <https://www.bundesbericht-forschung-innovation.de/interaktive-angebote/fui-system/>.

5.1. Eine neue nationale Forschungs- und Innovationsstrategie: Die Hightech Agenda Deutschland mit ihren Technologie-Roadmaps

Die im Juli 2025 vom Bundeskabinett beschlossene **Hightech Agenda Deutschland (HTAD)** richtet die deutsche Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik auf die Ziele Wettbewerbsfähigkeit, Wertschöpfung und technologische Souveränität aus.⁷⁵ Sie soll technologische Forschung schneller in industrielle Anwendungen überführen und den Aufbau eigener Technologie- und Produktionskapazitäten in Deutschland und Europa unterstützen. Die Agenda ist als ressortübergreifender Handlungsrahmen angelegt und verbindet drei Säulen: sechs prioritäre Schlüsseltechnologien, fünf strategische Forschungsfelder und neun strukturelle Hebel zur Verbesserung der Innovationsbedingungen.

Zu den sechs Schlüsseltechnologiebereichen⁷⁶ zählen Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Mikroelektronik, Biotechnologie, Fusion und klimaneutrale Energieerzeugung sowie Technologien für klimaneutrale Mobilität. Ergänzend adressieren die strategischen Forschungsfelder⁷⁷ Luft- und Raumfahrt, Gesundheit, Sicherheit und Verteidigung, Meeres-, Klima- und Nachhaltigkeitsforschung sowie Geistes- und Sozialwissenschaften. Die neun Hebel⁷⁸ betreffen unter anderem Technologietransfer, Förderbürokratie, Finanzierung, Fachkräfte, internationale Kooperation, kritische Rohstoffe und Forschungsinfrastrukturen. Damit beschränkt sich die HTAD nicht auf die Förderung einzelner Technologien, sondern verbindet technologische Prioritäten mit Anwendungsfeldern und systemischen Rahmenbedingungen.

Die Auswahl der Schlüsseltechnologien wird in den veröffentlichten Darstellungen vor allem über ihre erwartete Bedeutung für technologischen Fortschritt, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, gesellschaftliche Anwendungen, Versorgungssicherheit und Souveränität begründet.

Die anfängliche Priorisierung wurde anschließend durch einen partizipativen Roadmapping-Prozess konkretisiert. Von Januar bis April 2026 fanden 26 Partnerdialoge statt,⁷⁹ in denen Ressorts, Länder, Wissenschaft, Wirtschaft und weitere Stakeholder technologiespezifische Entwicklungspfade, Handlungsbedarfe und Umsetzungsmöglichkeiten diskutierten. Auf dieser Grundlage wurden die Roadmaps ressortübergreifend ausgearbeitet und im Mai 2026 zunächst für Künstliche Intelligenz, Quantentechnologien, Mikroelektronik, Biotechnologie, Fusion und

75 Vgl. im Folgenden <https://hightech-agenda-deutschland.de/inhalt/>.

76 <https://hightech-agenda-deutschland.de/schluesseeltechnologien/>.

77 <https://hightech-agenda-deutschland.de/strategische-forschungsfelder/>.

78 <https://hightech-agenda-deutschland.de/hebel/>.

79 <https://hightech-agenda-deutschland.de/partnerdialoge/>.

Batterietechnologie als Version 1.0 veröffentlicht.⁸⁰ Dazu gab es eine Online-Konsultation (Abbildung 3) mit einem Rücklauf von 1.000 Teilnehmenden, deren Ergebnisse aktuell ausgewertet werden.⁸¹

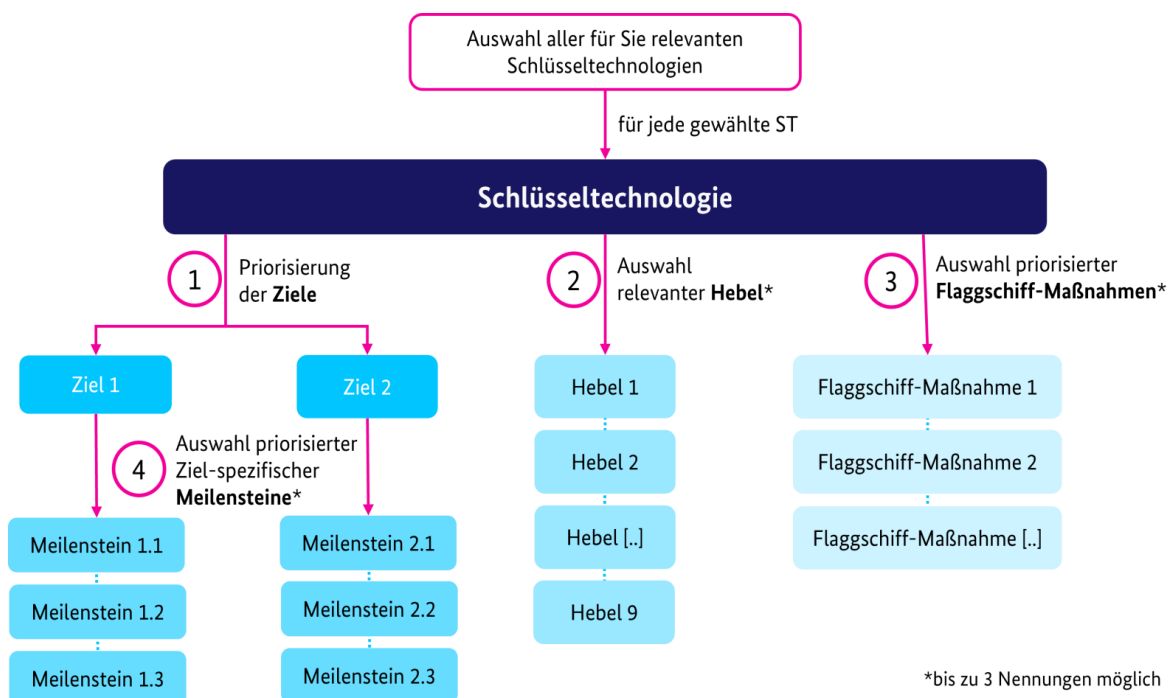


Abbildung 3: Aufbau der Umfrage zur Fragestellung zu den Schlüsseltechnologien der HTAD⁸²

Die Roadmaps übersetzen die übergeordneten Zielsetzungen der HTAD in technologiespezifische Maßnahmen, Zeitpfade und Meilensteine.⁸³ Sie sollen damit politische Zielbilder mit konkreten Entwicklungsschritten von Forschung und Infrastruktur über Transfer und Skalierung bis zur Anwendung verbinden. Zugleich sind sie ausdrücklich als fortzuschreibende Arbeitsdokumente angelegt: Umsetzungspartner, Stakeholder und Öffentlichkeit sollen über Konsultationen an ihrer Weiterentwicklung beteiligt werden. Weitere Roadmaps und verwandte Strategiedokumente, unter anderem zu Wasserstoff und Robotik, erweitern diesen Prozess. Die Roadmaps sollen somit keine abschließende Evaluation, sondern ein adaptives Steuerungsinstrument bilden, mit dem technologische Prioritäten regelmäßig überprüft, konkretisiert und in koordinierte

80 <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2026/05/20260520-bundesregierung-roadmaps-der-hightech-agenda-deutschland-starten-in-die-umsetzung-mit-wirtschaft-wissenschaft-und-laendern.html>.

81 <https://hightech-agenda-deutschland.de/prozess/konsultation/>.

82 BMFTR (o.D.), Hightech Agenda Deutschland – Inhalt der Online-Konsultation, <https://d486.keyingress.de/multimedia/document/1175.pdf>.

83 Vgl. im Folgenden https://hightech-agenda-deutschland.de/fileadmin/Redaktion/Media_Kit/Roadmaps_PDF/HTAD-Roadmap1.0_Kuenstliche-Intelligenz.pdf, S. 16.

Umsetzungspfade überführt werden. Die fortlaufende Überprüfung soll mit Hilfe eines 360-Grad-Hightech-Monitoring erfolgen.⁸⁴

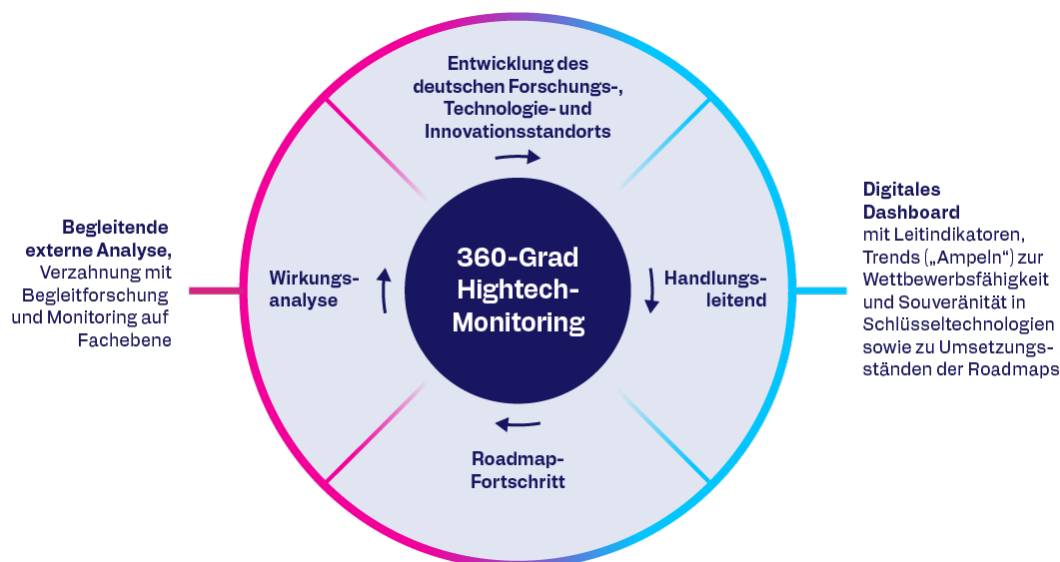


Abbildung 4: 360-Grad Monitoring-Konzept der HTAD⁸⁵

Eine Bewertung der HTAD erfolgte von der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), die dem Ansatz in seiner Initialphase eine positive Bewertung ausstellte und konkrete Hinweise zur Weiterentwicklung und zum Monitoring gab.⁸⁶

Die Nachvollziehbarkeit des Auswahlprozesses bleibt allerdings begrenzt. Auf eine Kleine Anfrage der Fraktion Die Linke zu den Gründen für die Priorisierung der sechs Schlüsseltechnologien, zu geprüften Alternativen und zur Nichtaufnahme anderer Technologiefelder aus den vorhergehenden Technologieagenden der Vorgängerregierungen („HightechStrategie 2025“ von 2018 und der „Zukunftsstrategie Forschung und Innovation“ von 2023) nannte das BMFTR keine konkreten Auswahl- oder Ausschlusskriterien. Stattdessen verwies sie auf deren besondere Kritikalität in der „neuen geopolitischen Realität“ sowie auf eine künftig fortlaufende Überprüfung und Weiterentwicklung des Portfolios.⁸⁷ Ab 2026 soll das Portfolio anhand eines noch zu entwickelnden Kriterienkatalogs und unter Einbindung von Expertinnen und Experten überprüft und

84 Deutscher Bundestag (2026), Unterrichtung durch die Bundesregierung Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit, Deutschlands 2025 Drucksache 21/4100, <https://dserver.bundestag.de/btd/21/041/2104100.pdf>; <https://www.bmftr.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2026/01/htad-update.html>.

85 https://www.bmftr.bund.de/DE/Technologie/HightechAgenda/DossierHightechAgenda/Dossier_HightechAgenda/documents/9_ausblick.html.

86 EFI (2026), Jahresgutachten 2026 – Anhang A1 Umsetzung der Hightech Agenda Deutschland, https://www.efi.de/fileadmin/Assets/Themenverzeichnis/Inhaltskapitel_2026/EFI_Jahresgutachten-2026_A1.pdf.

87 Deutscher Bundestag (2026), Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion Die Linke, Drucksache 21/3433, Hightech Agenda der Bundesregierung <https://dserver.bundestag.de/btd/21/039/2103915.pdf>, Fragen 8 bis 9.

weiterentwickelt werden. Dabei soll grundsätzlich das gesamte Technologiespektrum betrachtet werden; leitend sind die Ziele technologischer Souveränität sowie die Stärkung von Wettbewerbsfähigkeit und Wertschöpfung in Deutschland.

Unterstützt werden soll der Prozess durch datenbasierte Monitoringinstrumente. Das BMFTR nutzt hierfür ein Technology Monitoring Dashboard, das internationale Entwicklungen anhand von Indikatoren wie Publikationen, Patenten, Gründungen, Wagniskapital und Außenhandel analysieren soll.⁸⁸ Ergänzend befindet sich ein KI-gestützter Prototyp eines Emerging Technologies Radars⁸⁹ im internen Testbetrieb, der neu aufkommende Technologien identifizieren und bewerten soll. Damit soll ein kontinuierlicher Monitoring- und Anpassungsprozess angelegt sein; wie Kriterien, Expertenurteile, Vorausschau und datenbasierte Verfahren konkret zusammengeführt werden und ob dabei auch die bestehenden sechs Prioritäten systematisch überprüft werden, soll 2026 ausgestaltet werden.⁹⁰

5.2. Europäische Union: Von breiten Technologiefeldern zur strategischen Priorisierung der „Key Enabling Technologies“ und „Future and Emerging Technologies“

Die europäische Diskussion über Schlüssel- und Zukunftstechnologien hat sich seit Mitte der 2000er Jahre mehrfach verändert.⁹¹ Dabei wandelten sich nicht nur die jeweils priorisierten Technologiefelder, sondern vor allem die Kriterien, nach denen Technologien als strategisch relevant eingeordnet wurden. Wettbewerbsfähigkeit und technologische Leistungsfähigkeit blieben durchgehend wichtige Bezugspunkte. Hinzu kamen jedoch schrittweise weitere Bewertungsdimensionen: zunächst die ermöglichende Wirkung für andere Innovationen und der Transfer in die wirtschaftliche Anwendung, später Beiträge zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen und schließlich technologische Souveränität, Resilienz und die Kontrolle kritischer Wertschöpfungsketten.

Einen frühen Ausgangspunkt bildet die 2005 eingesetzte „High-Level Key Technologies Expert Group“.⁹² Sie untersuchte 15 von der Europäischen Kommission vorgegebene Schlüsseltechnologiefelder hinsichtlich ihres Beitrags zur Wettbewerbsfähigkeit und ihrer gesellschaftlichen Wirkung. Das zugrunde liegende Technologieverständnis war vergleichsweise breit: Neben naturwissenschaftlich-technischen Feldern wurden auch angewandte Forschungsbereiche etwa in Landwirtschaft, Energie, Verkehr, Umwelt, Gesundheit und Sicherheit berücksichtigt und darüber

88 Ebd.; https://www.bmftr.bund.de/DE/Technologie/HightechAgenda/DossierHightechAgenda/Dossier_HightechAgenda/documents/9_ausblick.html#sprg-3

89 Siehe Wissenschaftliche Dienste (2026), Erkennen und bewerten von zukünftigen Technologien durch strategische Vorausschau (Foresight), WD 5-100/26.

90 Deutscher Bundestag (2026), Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion Die Linke, Drucksache 21/3433, Hightech Agenda der Bundesregierung <https://dserver.bundestag.de/btd/21/039/2103915.pdf>, Fragen 8 bis 9.

91 Vgl. im Folgenden Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

92 Vgl. ebd.

hinaus auch Geistes- und Sozialwissenschaften. Entscheidend war damit nicht allein das Potenzial konkreter Technologien, sondern auch die Fähigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft, wissenschaftliche Erkenntnisse aufzunehmen und nutzbar zu machen. Die Bewertung war dabei – damals wie heute – vor allem durch die Frage geprägt, wie Europa seine Forschungsstärken nutzen und seine Position im internationalen Wettbewerb verbessern kann.

5.2.1. Key Enabling Technologies: Querschnittswirkung, Transfer und Wertschöpfung

Mit der Einführung der Key Enabling Technologies (KETs) ab 2009 wurde dieser **breite Ansatz stärker technologisch fokussiert**. Die Europäische Kommission konzentrierte sich auf sechs Felder: Mikro- und Nanoelektronik, Nanotechnologie, Photonik, fortschrittliche Fertigungstechnologien, Materialwissenschaften und industrielle Biotechnologie.⁹³ Schlüsseltechnologien wurden nun insbesondere durch hohe Wissens- und F&E-Intensität, schnelle Innovationszyklen, hohen Kapitalbedarf und einen hohen Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften charakterisiert. Besonders hervorgehoben wurde der Querschnitts- beziehungsweise „enabling“-Charakter. Der volkswirtschaftliche Nutzen sollte nicht auf den technologieproduzierenden Sektor begrenzt bleiben, sondern Innovationen in zahlreichen Produkten, Prozessen und Anwenderbranchen anstoßen.⁹⁴

Damit **verschoob sich zugleich die Bewertungslogik**. Entscheidend war nicht mehr allein, ob ein Forschungsfeld wissenschaftlich oder gesellschaftlich relevant erschien. Im Vordergrund stand stärker die Frage, ob Technologien eine Hebelwirkung für Wertschöpfung und Innovation entfalten und entlang des Innovationsprozesses in wirtschaftliche Anwendungen überführt werden können.⁹⁵ Damit gewann die Koordination europäischer und nationaler Fördermaßnahmen entlang des gesamten Entwicklungsprozesses an Bedeutung. Insbesondere sollte das „Valley of Death“ (also das „Tal des Todes“ neuer Technologien zwischen exzellenter Forschung und ihrer Umsetzung in Produkte und Dienstleistungen) damit überwunden werden.⁹⁶ Die Konzentration auf wenige KETs ermöglichte dabei eine stärkere Bündelung von Initiativen sowie den Aufbau gemeinsamer Kapazitäten und europaweiter Skaleneffekte.

Die Festlegung auf sechs Technologien zeigte allerdings auch die Grenzen statischer Technologiepriorisierungen. Die Auswahl wurde hinsichtlich ihrer Vollständigkeit kritisiert. Insbesondere digitale Technologien und Software wurden zunächst nur unzureichend berücksichtigt. Zudem

93 Vgl. im Folgenden Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

94 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.

95 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf; Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.

96 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

unterschieden sich die einzelnen KETs erheblich hinsichtlich Produktionsvolumen, Beschäftigung und zukünftiger empirischer Messbarkeit.⁹⁷ Parallel etablierte sich deshalb ein breiterer Methodenmix zur Identifikation und Beobachtung von Schlüsseltechnologien. **Neben Publikations-, Patent-, Handels- und Produktionsdaten wurden qualitative Foresight-Verfahren eingesetzt.** Im Advanced-Technologies-for-Industry-Projekt kamen später zusätzlich Unternehmensbefragungen, Investitionsdaten, LinkedIn-Daten und Text-Mining von Unternehmenswebseiten zum Einsatz und Technologieportfolios wurden durch ein kontinuierlicheres Monitoring technologischer Entwicklungen ergänzt.⁹⁸

5.2.2. Erweiterung um gesellschaftliche Herausforderungen und Wirkung

Eine **weitere Verschiebung setzte mit der stärkeren Problem- und Missionsorientierung** der europäischen Forschungsförderung ein. Bereits das Großforschungsprogramm Horizon 2020 verband wissenschaftliche Exzellenz und wirtschaftliche Führungsposition stärker mit gesellschaftlichen Herausforderungen und europäischen politischen Prioritäten.⁹⁹ Die 2018 vorgelegte Überarbeitung des KET-Ansatzes griff diese Entwicklung auf. Neben einer starken Betonung technologieorientierter Merkmale wie F&E- oder Kapitalintensität traten eher weiche Kriterien wie gesellschaftlicher **Impact und Relevanz, Schlüsselkapazität und Enabling Power.**¹⁰⁰

Gleichzeitig wurden die Technologiefelder angepasst: Künstliche Intelligenz sowie „Security and Connectivity“ kamen hinzu, bestehende Bereiche wurden zusammengeführt oder breiter gefasst. Die Veränderung der Liste folgte damit einer veränderten Bewertungslogik. Technologien sollten nicht mehr ausschließlich danach beurteilt werden, welche sektorübergreifenden Innovationen sie ermöglichen, sondern zunehmend auch danach, welchen **Beitrag sie zur Lösung gesellschaftlicher und politischer Herausforderungen** – z. B. in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Nachhaltigkeit, grünem Wachstum und Kreislaufwirtschaft – leisten können.¹⁰¹

97 Hofmann, Janger, Strauss-Kollin, Uhl, Unterlass, Hartmann & Schütz (2024), Schlüsseltechnologien - Position und Potenzial Österreichs, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, https://www.wifo.ac.at/wp-content/uploads/upload-5002/s_2024_schlüsseltechnologien_54409433.pdf.

98 Ebd.

99 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

100 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.

101 Ebd.; Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

Diese Logik spiegelte sich auch in der Förderarchitektur wider. In Horizon Europe besteht **keine eigenständige Säule für Schlüsseltechnologien** mehr.¹⁰² (Allerdings wird in einzelnen EU-Förderprogrammen weiterhin mit einigen Technologieschwerpunkten gearbeitet.)¹⁰³ Parallel wurden **langfristige Großinitiativen für „Future and Emerging Technologies“** aufgebaut. Die europäischen Flagship-Programme bündeln Forschung, Wissenschaft, Industrie und nationale Programme über längere Zeiträume und adressieren beispielsweise Batterien, Graphen, Quantentechnologien oder das menschliche Gehirn.¹⁰⁴ Solche Instrumente illustrieren die zunehmende Verbindung technologiebezogener Förderung mit langfristigen wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zielsetzungen.

5.2.3. Technologische Souveränität als neue Bewertungsdimension

Seit Beginn der 2020er Jahre gewinnt eine weitere Dimension erheblich an Gewicht: **technologische Souveränität**. Geopolitische Veränderungen, Erfahrungen aus der Covid-19-Pandemie und Zollstreitigkeiten rückten Abhängigkeiten von außereuropäischen Anbietern, Ressourcen und Produktionskapazitäten stärker in den Mittelpunkt.¹⁰⁵ Technologische Souveränität bezeichnet in diesem Zusammenhang die Fähigkeit Europas, kritische Technologien selbst zu entwickeln, bereitzustellen, zu schützen und dauerhaft zu erhalten und damit seine Handlungsfähigkeit in einem globalisierten Umfeld zu sichern. Bewertet werden entsprechend auch ökonomische und regulatorische Dimensionen.

Strategische Relevanz ergibt sich nun auch daraus, welche **Abhängigkeiten** mit einer Technologie verbunden sind, welche **Stellung Europa innerhalb ihrer Wertschöpfungskette** besitzt und ob zentrale **Entwicklungs- und Produktionskapazitäten** innerhalb Europas verfügbar sind.¹⁰⁶ Neben breiten Technologiefeldern treten spezifische Anwendungen, Produktionszusammenhänge und industrielle Kapazitäten stärker hervor. EU-Programme, wie der European Chip Act und die Initiative „Advanced Materials for Industrial Leadership“, sollen zur Souveränität der Produktionskapazitäten beitragen.¹⁰⁷

102 Kroll, Berghäuser, Blind, Neuhäusler, Scheifele, Thielmann & Wydra (2022), Schlüsseltechnologien, Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2022, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Studien/2022/StuDIS_07_2022.pdf.

103 Siehe z. B. Strategic Technologies for Europe Platform (STEP) (https://strategic-technologies.europa.eu/about/step-scope_en).

104 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/flagships>.

105 Vgl. Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

106 Ebd.

107 Ebd.

Diese Entwicklung setzt sich in der jüngsten europäischen Technologiepolitik fort. Das im Juni 2026 vorgestellte European Technological Sovereignty Package¹⁰⁸ adressiert Halbleiter, KI, Cloud Computing und Open-Source-Software und verbindet mehrere legislative und strategische Initiativen.

Das zugrunde liegende Problem der (digitalen) Abhängigkeiten wird nicht mehr lediglich als wirtschaftliche Ineffizienz, sondern als strategische Verwundbarkeit gesehen. Die **zunehmende Bedeutung von Souveränität und damit Resilienz** verändert damit nicht nur die Auswahl strategischer Technologien, sondern auch die Begründung staatlicher Intervention jenseits von Forschungs- und Entwicklungsförderung.

5.2.4. Von der Technologiepriorisierung zur integrierten Umsetzungslogik

In der Gesamtschau zeigt die europäische Entwicklung daher weniger eine lineare Ablösung einzelner Technologiefelder als eine schrittweise Erweiterung der **Bewertungsdimensionen von Zukunfts- und Schlüsseltechnologien**. Auf Wettbewerbsfähigkeit und wissenschaftlich-technologische Stärke folgten die Querschnitts- und Enabling-Wirkung, Transferfähigkeit und wirtschaftliche Anwendung, gesellschaftlicher Impact und Missionsbezug sowie Souveränität und Resilienz.

Parallel dazu hat sich die Förderung ausdifferenziert. Die aktuelle EU-Architektur verbindet Forschungsfinanzierung, Deep-Tech- und Scale-up-Finanzierung, Technologieplattformen, industrielle Produktionspolitik sowie regulatorische Kapazitätsziele miteinander. Programme wie Horizon Europe¹⁰⁹ adressiert Forschung, EIC¹¹⁰ und STEP¹¹¹ Translation und Wachstum, technologie-spezifische Initiativen schaffen Infrastruktur- und Pilotkapazitäten,¹¹² während industriepolitische Instrumente Produktion und Markteinführung¹¹³ unterstützen.

Förderpolitisch folgt daraus eine Kopplung unterschiedlicher Instrumente entlang des Innovations- und Wertschöpfungsprozesses. Die europäische Entwicklung verdeutlicht, dass sich die Bewertung von Schlüsseltechnologien nicht auf die Frage reduzieren lässt, **welche Technologien** strategisch bedeutsam sind. Ebenso entscheidend ist, **aufgrund welcher Wirkung, Fähigkeit oder**

108 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-proposes-tech-sovereignty-package-strengthen-europes-digital-autonomy-and-resilience>.

109 https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en.

110 https://eic.ec.europa.eu/index_en.

111 https://strategic-technologies.europa.eu/index_en.

112 Z. B. Chips Act 2.0 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/chips-act-2>; European High Performance Computing Joint Undertaking <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/high-performance-computing-joint-undertaking>.

113 Z. B. EU AI Act (<https://artificialintelligenceact.eu/>).

Abhängigkeit ihnen strategische Bedeutung zugeschrieben wird und welche Form staatlicher Förderung daraus abgeleitet wird.¹¹⁴

5.3. Private Investoren: Bewertungslogiken bei der Auswahl von Deep-Tech-Startups

Die Bewertung von Deep-Tech-Unternehmen, also jungen Unternehmen, deren Geschäftsbasis eine Zukunftstechnologie ist, folgt einer anderen Logik als die allgemeine Identifizierung strategisch relevanter Technologiefelder.¹¹⁵ Investoren müssen wissenschaftlich-technologische Komplexität mit Kapitalallokation, Investitionszeitpunkt und Finanzierungsumfang abschätzen können. Dabei verändern sich die Evaluationskriterien mit dem Technologie- und Marktreifegrad des Unternehmens und der Technologie. Eine statische Bewertung anhand einheitlicher Maßstäbe wird den mehrstufigen Entwicklungsverläufen von Deep-Tech-Unternehmen daher nicht gerecht.

In frühen Phasen dominieren wissenschaftliche und technologische Risiken. Entscheidend ist, ob die wissenschaftlichen Grundlagen tragfähig sind, sich die Technologie aus dem Labor in reale Anwendungen übertragen lässt und welche technischen Hürden noch bestehen. Hinzu kommen Fragen zum geistigen Eigentum, zur Qualität des Gründungsteams und zur Fähigkeit, technische Expertise mit unternehmerischer Orientierung zu verbinden. Gerade wissenschaftsgetriebene Ausgründungen können dazu neigen, die Technologie stärker in den Mittelpunkt zu stellen als das zu lösende Problem. Frühphasige Evaluation im Technologietransferprozess prüft deshalb nicht nur die technische Funktionsfähigkeit, sondern auch Problemrelevanz, Anwendungskontext und Entwicklungsperspektive.

Mit zunehmender Reife verschiebt sich der Fokus auf Engineering, Stückkosten, industrielle Herstellbarkeit, Skalierbarkeit und Kommerzialisierung. Da ein großer Teil der Deep-Tech-Unternehmen physische Produkte entwickelt, müssen spätere Finanzierungsrunden vor allem die wirtschaftliche Tragfähigkeit und skalierbare Umsetzung belegen. Gleichzeitig steigt der Kapitalbedarf deutlich. Investoren bewerten daher auch den weiteren Finanzierungsbedarf, die Gewinnung späterer Kapitalgeber sowie realistische Zeithorizonte und Exit-Möglichkeiten. Die Evaluation entwickelt sich damit von der Prüfung wissenschaftlicher Validität über technische Realisierbarkeit hin zu industrieller und wirtschaftlicher Skalierbarkeit.

Um die Komplexität zu reduzieren, grenzen Investoren ihren Suchraum strategisch ein. Ausgangspunkt kann das zu lösende Problem sein: Welche großen gesellschaftlichen, technologischen oder wirtschaftlichen Herausforderungen sollen adressiert werden, und welche Technologiesegmente eignen sich dafür? Anschließend werden Felder priorisiert, bei denen der Zugang zu

114 Frantz & Warta (2025), Entwicklung von Kriterien zur Definition und Auswahl von Schlüsseltechnologien (Endbericht), BMK, Technopolis, https://repository.fteval.at/736/1/Schl%C3%BCsseltechnologien_Endbericht_BMK.pdf.

115 Vgl. im Folgenden Lake Star, Walden Catalyst, Dealroom.co & hello tomorrow (2025), The 2025 European Deep Tech Report, https://content.dealroom.co/uploaded/2025/03/2025_Dealroom-Deeptech-Report.pdf?x98550; Bobier, Coulin, Morez, Emerson, Wagle & Gourévitch (2023), An Investor's Guide to Deep Tech, Boston Consulting Group, <https://web-assets.bcg.com/a8/e4/d3f2698b436aa0f23aed168cd2ef/bcg-an-investors-guide-to-deep-tech-nov-2023-1.pdf>.

Netzwerken und Partnerökosysteme entweder existiert oder aufgebaut werden kann. Technologien werden nicht isoliert, sondern im Zusammenhang mit Anwendungen, Märkten und den Fähigkeiten des Investors bewertet. Fünf Prüfperspektiven können dabei eine Rolle spielen:

- Das **disruptive Potenzial** betrifft die Frage, welche Anwendungsfälle grundlegend verändert werden können.
- Die **Investitionsmöglichkeiten** erfassen die Wachstumsdynamik von Start-ups, die Breite der Investmentpipeline und die Aktivität des Transaktionsmarktes.
- **Time to Value** bewertet Technologiereife, verbleibende Risiken und den Weg zur wirtschaftlichen Verwertung.
- Die **bestehenden Fähigkeiten** beziehen sich auf Expertise, Ressourcen und Netzwerke.
- Die Dimension **Ökosystem** berücksichtigt das Unternehmensumfeld (Rolle staatlicher Akteure, gesetzliche Rahmenbedingungen und weitere Kapitalgeber).

Die Investitionsentscheidung fällt mit einer Evaluation von Technologiesegmenten, der Anwendungsfälle und der konkreten Investitionsgelegenheiten. Entscheidend ist nicht allein das daraus abgeleitete Marktpotenzial, sondern ob Entwicklungsrisiko, Kapitalbedarf, Zeithorizont und Skalierungspfad zur Strategie und Risikotragfähigkeit des Investors passen.

6. Gesamtfazit

Die Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien ist **kein einzelner methodischer Schritt, sondern ein mehrstufiger, zweckgebundener Prozess zur Schaffung von Entscheidungsgrundlagen**. Die untersuchten Ansätze verbinden typischerweise die Erschließung eines breiten technologischen Suchraums mit dessen schrittweiser Strukturierung, Bewertung und Verdichtung. Dabei erfüllen unterschiedliche Methoden jeweils spezifische Funktionen. Literatur- und Studienauswertungen, Horizon Scanning, Patent- und Publikationsanalysen sowie Markt- und Investitionsdaten werden mit qualitativen Verfahren wie Experteninterviews, Workshops oder Round Tables kombiniert. Datenbasierte Verfahren ermöglichen insbesondere, technologische Dynamiken, berufliche oder technologische Spezialisierungen sowie Akteursstrukturen systematisch zu erfassen und vergleichbar zu machen. Qualitative Verfahren ergänzen demgegenüber den Suchraum, unterstützen die Abgrenzung von Technologiefeldern, helfen bei der Interpretation statistischer Ergebnisse und ermöglichen Einschätzungen zu künftigen Anwendungsmöglichkeiten. Der Einsatz eines Methodenmixes ist damit nicht lediglich eine pragmatische Kombination verschiedener Instrumente. Er trägt vielmehr der **hohen Unsicherheit und Dynamik Rechnung, die mit einer ungewissen technologischen Entwicklung verbunden ist**.

Welche Methoden zum Einsatz kommen und welche Technologien schließlich ausgewählt werden, wird wesentlich **durch die Zielstellung der jeweiligen Analyse** bestimmt. Einige Arbeiten konzentrieren sich auf die **methodische Operationalisierung** und entwickeln Begriffe, Kriterien oder Bewertungsmodelle für Technologieerkennung und Monitoring. Andere richten den Blick auf die **technologische und wirtschaftliche Position von Ländern oder Regionen** und untersuchen vorhandene Kompetenzen, Marktpotenziale, Akteurslandschaften oder internationale Wettbewerbspositionen. **Signalorientierte Studien** zielen dagegen darauf, Unternehmen,

Förderorganisationen und politischen Entscheidungsträgern Orientierungswissen über neue Technologietrends bereitzustellen. Stärker anwendungsbezogene Untersuchungen wählen **Technologien hingegen mit Blick auf konkrete Problemstellungen** wie Rohstoffbedarf, Souveränität oder gesellschaftliche Transformation aus. **Strategisch ausgerichtete Berichte** führen solche Analysen schließlich weiter und überführen sie in Handlungsempfehlungen, Meilensteine und Zuständigkeiten oder umfassende Roadmaps. Die verschiedenen Zielstellungen können sich dabei überlagern. Welche von ihnen im Vordergrund steht, wird jedoch maßgeblich durch den Auftraggeber und den beabsichtigten Verwendungszweck der Analyse bestimmt.

Für die vergleichende Auswahl von Zukunftstechnologien oder die Erstellung eines Technologieportfolios müssen die **zugrunde liegenden Ziele und Erwartungen in geeignete Kriterien und Indikatoren übersetzt werden**. Dabei ist zwischen Identifikation, Bewertung und Priorisierung zu unterscheiden, da diese Schritte unterschiedliche analytische Funktionen erfüllen. Indikatoren zur Erfassung technologischer Dynamik beantworten andere Fragen als Kriterien, die auf Marktpotenzial, wissenschaftliche Kompetenz, gesellschaftliche Wirkung oder strategische Kritikalität zielen. Entsprechend kann **weder ein einzelnes Kriterium noch ein einzelner Indikator die Bedeutung einer Zukunftstechnologie vollständig abbilden**. Die Ausgestaltung der Bewertung hängt zudem wesentlich vom gewählten Zeithorizont, von der Granularität beziehungsweise Aufschlüsselung der Technologiefelder sowie von der Verfügbarkeit geeigneter Daten ab.

Die drei ausgewählten Beispiele (Hightech Agenda Deutschland, strategische Priorisierung – EU – und Private Investoren) zeigen, dass die Bewertung und Auswahl von Zukunftstechnologien **keine objektive Bestimmung** einer dauerhaft gültigen Prioritätenliste ist. Vielmehr handelt es sich um eine **gestaltbare Bewertungsentscheidung**, die strategische Schwerpunktsetzungen vorbereitet und deren Umsetzung strukturiert. Belastbarkeit entsteht vor allem durch ein klares Begriffsverständnis, die Verbindung qualitativer und quantitativer Verfahren sowie die transparente Offenlegung von Kriterien, Gewichtungen und Unsicherheiten. Die **Festlegung von Technologiefeldern** ist dabei kein Selbstzweck. Sie **schaftt einen Orientierungsrahmen**, um Ressourcen zu bündeln, Akteure zu koordinieren und politische oder unternehmerische Ziele auszurichten. Entscheidend ist die **anschließende Übersetzung dieser Prioritäten in Programme, Instrumente und konkrete Aktivitäten**. Wie die Entwicklung auf EU-Ebene zeigt, ist auch diese Umsetzungsarchitektur nicht statisch. Sie muss fortlaufend an technologische Entwicklungen, veränderte politische Zielsetzungen, neue Abhängigkeiten und geopolitische Rahmenbedingungen angepasst und neu strukturiert werden.

7. Anhang

Tabelle 1: Bewertungsindikatoren – detaillierte Übersicht (eigene Darstellung)

Bewertungsdimension	Kriterium	Mögliche Indikatoren	Kurzbeschreibung	Quellen
Technologische Stärke	Wissenschaftliche Dynamik	Publikationsvolumen & Wachstumsrate	Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen als Output-Indikator für die Forschungsdynamik	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024), Frantz & Warta (2025)
		relativer Spezialisierungsindex (RLA)	Maß für die relative Stärke/Schwäche eines Landes in einem Technologiefeld im Vergleich zum Weltniveau	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024), Frantz & Warta (2025)
		Anteil hochzitatierter Publikationen	Indikator für den wissenschaftlichen Impact einer Forschung	Kroll et al. (2022)
		Kopublikationsquoten	Maß für die internationale wissenschaftliche Vernetzung.	Kroll et al. (2022)
Technologische Innovationsstärke	Technologische Innovationsstärke	Patentanmeldungen (transnational)	Anzahl von Patentfamilien (EPO/PCT) als Output-Indikator für technologische Leistungsfähigkeit	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024), Frantz & Warta (2025)
		relativer Patentspezialisierungsindex (RPA), RTA	Maß für die relative Stärke einer technologischen Spezialisierung	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024), Frantz & Warta (2025)
		standard-essentielle Patente (SEPs)	Patente, die für die Anwendung eines Standards zwingend erforderlich sind; Indikator für Standardisierungsmacht	Kroll et al. (2022)

Bewertungsdimension	Kriterium	Mögliche Indikatoren	Kurzbeschreibung	Quellen
		Wachstumsrate der Patente	Dynamik der erfinderischen Aktivität über Zeit.	Kroll et al. (2022)
	Reifegrad (TRL)	Technology Readiness Level (TRL 1–9)	Skala (1-9) zur Bewertung des Reifegrads einer Technologie von der Idee bis zur Marktreife	Thielmann (2025)
		Einordnung als Emerging / Schlüssel- / Basis-Technologie	Klassifikation nach Reifegrad und ökonomischer Bedeutung.	Kroll et al. (2022)
Wirtschaftliche Bedeutung	Markt- & Handelsposition	Exportmarktanteil	Anteil eines Landes am globalen Export eines Technologiefeldes als Maß für Wettbewerbsfähigkeit	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024), Frantz & Warta (2025)
		relative Handelsbilanz (RXA) bzw. RCA (Revealed Comparative Advantage)	Differenz zwischen Exporten und Importen als Maß für Wettbewerbsfähigkeit	Kroll et al. (2022)
		globales Exportwachstum	Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit auf Weltmärkten.	Kroll et al. (2022)
		Importkonzentration / Abhängigkeiten	Messung der Abhängigkeit von einzelnen Herkunftsländern (z.B. mittels HHI).	Kroll et al. (2022)
	Wertschöpfungs- & Investitionsintensität	F&E-Intensität (F&E-Ausgaben / Umsatz)	Kennzahl zur Einordnung von F&E-Ausgaben im Verhältnis zum globalen BIP	Hofmann et al. (2024), Frantz & Warta (2025)

Bewertungsdimension	Kriterium	Mögliche Indikatoren	Kurzbeschreibung	Quellen
Arbeitsmarkt- & Anwendungsnachfrage		Investitionsvolumen (öffentlich & privat)	Finanzielle Mittel für FuE und industrielle Anwendung.	Hofmann et al. (2024), Thielmann (2025)
		wirtschaftliche Komplexität (Economic complexity index - ECI)	Maß für Diversität und Ubiquität der Exporte eines Landes	Kroll et al. (2022)
		hochqualifizierte Beschäftigung	Anteil der Beschäftigten mit akademischem Abschluss in relevanten Feldern	Frantz & Warta (2025)
		Anzahl Stellenausschreibungen je Technologiefeld	Ergänzung der Kompetenzanalyse durch Darstellung technologiespezifischer Stellenangebote	Stehnken et al. (2022)
		regionale Verteilung der Nachfrage	Analyse von Absatzmärkten und Anwendungsgebieten.	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024)
		Verhältnis Vollzeit- zu Projektstellen	Indikator für die Stabilität der Forschungsfinanzierung (Grundfinanzierung vs. befristete Mittel).	Hofmann et al. (2024)
Breitenwirksamkeit	Querschnitts- und Enabling-Charakter	Branchenstreuung (Herfindahl-Hirschman-Index über WZ-Klassen)	Maß für die Streuung von Patenten über NACE/WZ-Klassen; zeigt, ob Entwicklung breit aus verschiedenen Sektoren erfolgt, NACE: Nomenclature statistique des activités	Kroll et al. (2022)

Bewertungsdimension	Kriterium	Mögliche Indikatoren	Kurzbeschreibung	Quellen
			économiques dans la Communauté européenne, WZ: Klassifikation der Wirtschaftszweige	
		Anzahl adressierbarer Sektoren	Breite der Anwendungsfelder einer Technologie.	Kroll et al. (2022)
		Innovationsmultiplikator	Maß für die interdisziplinäre Vernetzung; Analyse der technologischen Breite und der Einbettung in verschiedene Sektoren. KET = Key Enabling Technologies	Kroll et al. (2022), Frantz & Warta (2025)
		Plattformcharakter (Drop-in, Skalierbarkeit, Variierbarkeit)	Beschreibt das Potenzial von Technologien zur systemischen Integration.	Thielmann (2025)
		Wachstumsdynamik nachgelagerter Sektoren	Analyse der Wachstumsraten von Technologien über den Zeitverlauf.	Thielmann (2025)
Souveränität & Resilienz	Kritische Abhängigkeiten	Importkonzentration nach Herkunftsland	Identifikation kritischer Lieferanten (z.B. China, USA).	Kroll et al. (2022)
		Anteil nicht-europäischer Anbieter	Maß für technologische Souveränität/Abhängigkeit.	Kroll et al. (2022), EFI (2026)
		Versorgungsrisiko-Index kritischer Rohstoffe / Komponenten	Operationalisiert als Importkonzentration nach Herkunftsland (mittels HHI); je höher der	Kroll et al. (2022)

Bewertungsdimension	Kriterium	Mögliche Indikatoren	Kurzbeschreibung	Quellen
	Standardisierungsmacht		Konzentrationsgrad, desto stärker die Abhängigkeit	
		Leitungspositionen in ISO/IEC-Gremien	Indikator für Einfluss auf Standardisierung.	Kroll et al. (2022)
		Anteil an SEPs	Standard-essentielle Patente als Machtinstrument.	Kroll et al. (2022)
		Beteiligung an EU-Normungsinitiativen	Aktive Mitgestaltung europäischer Rahmenbedingungen.	Kroll et al. (2022), Hofmann et al. (2024)
		Anzahl nationaler Normungsexperten	Indikator für personelle Präsenz in Normungsgremien.	Kroll et al. (2022)
Gesellschaft & Nachhaltigkeit	Beitrag zu gesellschaftlichen Herausforderungen	Relevanz für EU-Missionen / Sustainable Development Goals	Beitrag zu gesellschaftlichen Zielen und Missionen.	Hofmann et al. (2024), BCG & UnternehmerTUM (2026), Thielmann (2025)
		Anwendbarkeit in Gesundheit, Energie, Klima, Sicherheit	Systemische Relevanz für gesellschaftliche Herausforderungen.	BCG & UnternehmerTUM (2026), Frantz & Warta (2025), Thielmann (2025)
		Dual-Use-Potential	Eignung für zivile und militärische Anwendungen.	BCG & UnternehmerTUM (2026), Thielmann (2025)
	Nachhaltigkeitsbeitrag	CO ₂ -Reduktionspotenzial	Beitrag zu gesellschaftlichen Nachhaltigkeitszielen	Frantz & Warta (2025), Stehnken (2022)
		Beitrag zur Kreislaufwirtschaft	Ressourceneffizienz und Stoffkreisläufe.	BCG & UnternehmerTUM (2026), Stehnken (2022), Hofmann et al. (2024)

Bewertungsdimension	Kriterium	Mögliche Indikatoren	Kurzbeschreibung	Quellen
		Energieeffizienzeffekte	Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs.	BCG & UnternehmerTUM (2026), Stehnken (2022)
		Beitrag zur grünen Transformation	Beitrag zum Klimaschutz und zur Dekarbonisierung.	BCG & UnternehmerTUM (2026), Hofmann et al. (2024)

* * *