

Stellungnahme zu den Technologie Roadmaps der HTAD

Schlüsseltechnologien industriesensibel navigieren

27. Juli 2026

Allgemeine Einschätzung der Roadmaps

Deutschland zählt zu den führenden Industriestandorten der Welt, verliert jedoch zunehmend an Wettbewerbsfähigkeit. Mit der Hightech Agenda Deutschland (HTAD) setzt die Bundesregierung daher wichtige Impulse in der Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik zur Stärkung unseres Industriestandorts. Durch die gezielte Förderung von Schlüsseltechnologien und zusätzliche Investitionen in fünf strategische Forschungsfelder wird ein zentraler Beitrag geleistet, um die Wettbewerbsfähigkeit, Wertschöpfung sowie technologische Souveränität Deutschlands und Europas durch Forschung und Innovation nachhaltig zu sichern und damit auch das Investitionsumfeld zu stärken. Entscheidend wird hierbei der Transfer von der Forschung in die industrielle Anwendung sein, dem die Bundesregierung mit der Transferinitiative F.A.S.T bereits einen ersten Impuls verliehen hat. Als BDI wurden wir an einem Großteil der Partnerdialoge beteiligt, wobei die thematische Tiefe dieser Dialoge je nach Schlüsseltechnologie variierte. Dies spiegelt sich auch in den Roadmaps.

Erfreulich ist, dass die Bundesregierung mit diesen ersten Roadmaps zentrale Technologien adressiert, die für die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland von herausragender Bedeutung sind. Angesichts der kurzen Innovationszyklen sowie des scharfen internationalen Wettbewerbs ist es dabei erfolgskritisch, die Roadmaps laufend fortzuentwickeln, um dem technologischen, wirtschaftlichen und geopolitischen Geschehen Rechnung zu tragen. So fehlen aus Sicht des BDI noch einzelne Themenbereiche, die in der HTAD gesetzt wurden, die künftig unbedingt auch in den Roadmappingprozess mit aufgenommen werden sollten. Die Bundesregierung kündigte in der HTAD unter anderem konkrete Maßnahmen zur Sicherung der Technologieführerschaft im Fahrzeugbau, bei alternativen Antrieben, erneuerbaren Kraftstoffen sowie im Bereich autonomes und vernetztes Fahren an. Diese Instrumente sind ein entscheidender Hebel für eine klimaneutrale Mobilität. Auch Produktionstechnologien sollten im Rahmen der HTAD stärker berücksichtigt werden, um eine wertschöpfungsorientierte Agenda zu schaffen. Ebenfalls konzentriert sich die HTAD im Bereich klimaneutrale Energieerzeugung (Strom und Wärme) bisher ausschließlich auf Fusion, wobei weitere Technologien unbedingt einbezogen werden müssen. Dies gilt insbesondere für die etablierten erneuerbaren Energietechnologien, wie Windenergie, Photovoltaik, Geothermie und Wasserstoff, die das Rückgrat der Energiewende darstellen.

Die HTAD muss daher neben der Fusionsforschung auch Forschungs- und Innovationsbedarfe entlang der gesamten Wertschöpfungskette dieser Technologien adressieren: Von der Systemintegration über Speichertechnologien bis hin zu zirkulären Ansätzen für Anlagenkomponenten.

Bisher besteht der Eindruck, dass ausschließlich Roadmaps veröffentlicht wurden, die thematisch überwiegend in der Kompetenz des BMFTR liegen. Wir haben die Ressortabstimmungen zu den Roadmaps zur Kenntnis genommen, möchten aber anregen, dass eine HTAD der Bundesregierung auch noch weitere Felder aus den Kompetenzbereichen der anderen Ressorts beinhalten sollte. Ein „Whole-of-government-Ansatz“ ist erforderlich. **Vor dem Hintergrund der thematischen Relevanz und den Zielen des Koalitionsvertrages sollten weitere Roadmaps zum autonomen und vernetzten Fahren sowie zu Molekülen zeitnah folgen.** Als Zukunftstechnologie mit Alltagsrelevanz ist der Themenkomplex autonomes Fahren nicht mehr wegzudenken. Zu Recht will die Koalition Deutschland zum Leitmarkt für autonomes Fahren entwickeln. Insoweit ist die Anfang Juni 2026 unterschriebene gemeinsame Absichtserklärung mit sechzehn weiteren Mitgliedstaaten eine wichtige Initiative, um die Entwicklung und den Einsatz autonomer Fahrzeuge im regulären Verkehr europaweit besser zu koordinieren. Dies muss auch politisch begleitet und aufbereitet werden, sodass Deutschland dahingehend keine Abhängigkeiten von Drittstaaten aufbaut. Hinsichtlich klimaneutraler Mobilität sowie Wärmeversorgung darf der Fokus nicht allein auf Batterietechnologie beschränkt bleiben. Vielmehr bedarf es eines holistischen Ansatzes, der insbesondere eine Roadmap für die Molekülwende umfassen sollte. Eine entsprechende sektorenübergreifende Roadmap sollte Forschungs-, Innovations- und Skalierungsbedarfe entlang der gesamten Wertschöpfungskette adressieren und die Verzahnung der verschiedenen Anwendungsfelder stärken.

Die Einbeziehung von Wissenschaft und Wirtschaft in die Erarbeitung der Roadmaps unterstreicht, dass es sich bei der Umsetzung der HTAD um **gemeinsame Verantwortung von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft handelt. Dieses Element des gemeinsamen Handelns muss als zentraler Motor verstärkt und verstetigt werden.** Die hohe Ambition der Roadmaps möchte die Industrie mittragen und verwirklichen. Dazu bedarf es allerdings eines stärkeren gemeinsamen Verständnisses von Wissenschaft, Industrie und Politik hinsichtlich der Rollenverteilung zur erfolgreichen Realisierung. Die Integration industrieller Perspektiven und daraus folgend eine stärkere Einbindung der Industrie als bisher ist Voraussetzung für den Wertschöpfungserfolg der HTAD. Auf Basis der vorliegenden Entwürfe ergibt sich für mitwirkungswillige Unternehmen noch kein klares Bild, wie sie sich konkret einbringen können, um den Erfolg gemeinsam zu gestalten. Damit die deutsche Industrie einen aktiven Part besetzen kann, bedarf es in den Roadmaps entsprechend klarer kommunizierter Aufgabenteilung über alle Technologien hinweg und Kooperationsformate, um die Wirtschaftskraft und Wertschöpfung direkt anzukurbeln.

So muss u. a. der Schutz geistigen Eigentums (Intellectual Property, IP) stärker als strategisches Element verankert werden. Ohne eine nationale IP-Strategie sind viele der angestrebten Entwicklungsergebnisse nicht genügend geschützt. Geistiges Eigentum und dessen Schutz sind das Fundament für Innovation und damit für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas. Um im internationalen Wettbewerb mithalten zu können, müssen Unternehmen ihre Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen schnell und effektiv in marktfähige Produkte umsetzen und ihren Wettbewerbsvorsprung absichern. Besonders für Start-ups und KMU ist die Förderung von IP-Schutz entscheidend.

Gemeinsam vorangehen und unsere Zukunft intersektoral gestalten

Wir empfehlen daher, neben den Ergebnissen des Konsultationsprozesses weitere fachlich ausgerichtete, vertraulichen Gesprächsrunden einzurichten, in denen tragfähige Verständigungen und verbindliche Zusagen erzielt werden können. „Innerhalb dieser Runden sollten fachlich hochkarätige und beteiligungswillige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Industrievertreterinnen und Industrievertreter unter gezielter Einbindung von Forschungsorganisationen mit dem BMFTR Verantwortlichkeiten und Zeitrahmen festlegen. Dabei sollten bei Bedarf auch internationale Expertinnen und Experten eingebunden werden, um Lock-in-Effekte zu vermeiden und wichtige Perspektiven und Learnings einzubeziehen. Durch die Unterfütterung der Roadmaps durch multidimensionales Stakeholder-Engagement wird aus ihnen ein dynamischer, transformativer Handlungsleitfaden. Des Weiteren empfehlen wir, die Verantwortlichkeiten innerhalb des BMFTR noch transparenter zu machen und darüber hinaus auch das BMWi stärker einzubinden, da die industrielle Skalierung der Schlüsselfaktor zum Erfolg ist. Die zentrale Steuerung ist bereits sehr gut kommuniziert und aus Sicht des BDI nun auch strukturell richtig verortet.

Die klare Zuweisung von Verantwortlichkeiten für die einzelnen Roadmaps sollte der nächste Schritt sein, damit für Wissenschaft und Wirtschaft dauerhaft klare Ansprechpartner bestehen und die Unternehmen wissen, wie sie sich einbringen können. Ferner empfehlen wir eine übergreifende Kooperation bei Themen wie Start-up-Förderung und Transfer, um insulare Bearbeitung zu vermeiden und Best Practices breitenwirksamer zu realisieren. Handlungsbedarf besteht hinsichtlich der Führungsrolle der Industrie, um nachhaltig globales skalierbares Geschäft aus Deutschland heraus zu generieren.

Instrumente als Stellschrauben für Erfolg

Zentral für den Erfolg der HTAD ist es, die formulierten Roadmaps schnellstmöglich umzusetzen und eine umfangreiche Einbindung aller beteiligten Akteure sicherzustellen. Zusätzlich müssen regulatorische Rahmenbedingungen so ausgestaltet werden, dass sie der Skalierung dienen und diese nicht beeinträchtigen. Die Auswahl der Instrumente ist entscheidend für die Umsetzung der HTAD. Bisher wird in den Roadmaps nur an einzelnen Stellen erkennbar, mit welchen Instrumenten die Ziele und Meilensteine umgesetzt werden sollen. Hier ist die Expertise der SPRIND unbedingt miteinzubeziehen. Die Erfahrungen mit schneller und agiler Förderung sowie modernen Instrumenten zur schnellen Weiterentwicklung von Innovation müssen Einzug in alle Ebenen des BMFTR halten.

Ebenfalls finden sich Querschnittsthemen wie „**Transfer-Prozess**“ und „**Start-up-Förderung**“ in allen Roadmaps wieder. Da es sich bei diesen Themen um **technologieübergreifende Ziele handelt, ist es wichtig, sie als ebensolche zu adressieren und entsprechend wertschöpfungsorientiert zu verbinden**. Eine insulare Betrachtung auf Technologieebene würde zu einer ungleichen und insgesamt verlangsamten Entwicklung führen. Daher eignet sich die Einbeziehung der angedachten Transferhubs im Rahmen der neuen Transferinitiative¹ F.A.S.T.² des BMFTR besonders zur bereichsübergreifenden Förderung. Ähnlich wie bei der Errichtung der LNG-Terminals ist hier Zeit der wichtigste Faktor. Die Transferhubs müssen innerhalb weniger Monate arbeitsfähig sein, sodass das Momentum der HTAD nicht in Überbürokratisierung und mangelhaften Strukturen versackt. Zudem kann

¹ Die neue Transferinitiative wurde am 04.05.26 veröffentlicht und sieht den Aufbau von 6 technologieoffenen Transferhubs, zugeschnitten auf die Schlüsseltechnologien der HTAD vor. Diese sollen als „verlängerter Arm“ des BMFTR für Matchmaking und Scouting zuständig sein. Die Transferhubs sind an einem mehrstufigen Trichter mit klaren Abbruchkriterien ausgerichtet und sollen „Mini-Grants“ schnell vergeben können.

² BDI-Positionspapier 2026: [Leitlinien für industriellen Transfer und die Transferinitiative F.A.S.T.](#)

diese Initiative nur ihre volle Wirkung entfalten, wenn sie in die Transferstrukturen der anderen Ressorts eingebettet wird (Mittelstand-Digital Zentren, Start-up Factories usw.).

Kein Ziel ohne Zielmarke

Während die Roadmaps hinsichtlich der Meilensteine ambitioniert sind, fehlt an einigen Stellen eine deutliche Präzisierung der Erfolgskriterien, auf die Wissenschaft und Industrie hinarbeiten können und anhand derer die Politik den Erfolg ihrer Maßnahmen bemessen kann. Es bedarf expliziter Ziele, die eigenständig verständlich, umsetzbar und anschlussfähig sind. Zudem bedarf es Teil- und Etappenzielen, um Unzulänglichkeiten frühzeitig zu erkennen und den Kurs zu korrigieren. Für die Konzeption solcher Ziele ist ein stärkerer Einbezug der Praxis nötig, sodass aus ambitionierten, aber teilweise generalisierten Aspirationen klare Bemessungspunkte entstehen, die die Roadmaps dann zu echten Technologie-Roadmaps machen.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Einschätzung der Roadmaps.....	1
Roadmap 1: Künstliche Intelligenz.....	6
Einschätzung der Meilensteine	6
Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine.....	8
Finanzierung und Instrumente.....	9
Roadmap 2: Quantentechnologien.....	10
Einschätzung der Meilensteine	10
Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine.....	12
Finanzierung und Instrumente.....	12
Roadmap 3: Mikroelektronik	13
Einschätzung der Meilensteine	13
Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine	15
Finanzierung und Instrumente.....	16
Roadmap 4: Biotechnologie.....	17
Einschätzung der Meilensteine	17
Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine.....	19
Finanzierung und Instrumente.....	19
Roadmap 5: Fusion	20
Einschätzung der Meilensteine	20
Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine.....	22
Finanzierung und Instrumente.....	22
Roadmap 6: Batterietechnologie	23
Einschätzung der Meilensteine	23
Impressum	25

Roadmap 1: Künstliche Intelligenz

Die KI-Roadmap greift zentrale industriepolitische Hebel der Hightech-Agenda auf, bleibt aber hinter den BDI-Handlungsempfehlungen zurück, da industrielle Skalierung, verlässlicher Daten- und Infrastrukturzugang sowie wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen bislang nicht ausreichend konkretisiert und unterlegt sind.

Als eine der disruptivsten Breitentechnologien hat KI das Potenzial, als zentraler Treiber für Wertschöpfung und Produktivität zu wirken. Das Ziel technologischer Souveränität bis 2030 bedarf jedoch der Ansiedlung neuer Frontier Modelle innerhalb Europas, deren Systeme von Hardware bis Software „Made in Europe“ sind. Deutschland hat hier großes Potenzial, sich als global wettbewerbsfähiger KI-Standort zu etablieren. Denn **souveräne KI lebt von einer Vielzahl an Einzelelementen**, deren Aus- und Aufbau in Europa zwar kompetitiv, jedoch noch nicht entschieden ist. Zielbild muss es sein, Deutschland bis 2030 durch lokale, energieeffiziente, sichere und vertrauenswürdige KI-Lösungen gezielt zum Leitmarkt für Physical und Edge-AI aufzubauen. Im Bereich der Recheninfrastruktur, Datenverarbeitung, Softwareentwicklung, Chipherstellung sowie insbesondere im Anwendungsfeld Physical AI hat Deutschland erhebliches Potenzial und Wissen, um sich in diesen Segmenten von anderen europäischen und globalen Mitbewerbern abzusetzen. Hier zügig in die Umsetzung zu kommen, ist entscheidend für den Erfolg und die Gesamtwirkung von KI auf die deutsche Industrie. Der **Anspruch wettbewerbsfähiger Rahmenbedingungen**, die Innovation und Umsetzung in den Fokus stellen und attraktiv für Innovatorinnen und Innovatoren sowie Investorinnen und Investoren gleichermaßen sind, ist vor diesem Hintergrund sehr begrüßenswert.

Einschätzung der Meilensteine

Die in der Roadmap formulierten Meilensteine sowie der umfassende Ökosystemansatz, der eine enge Verzahnung und gleichzeitige Förderung von Forschung, Transfer und Anwendung vorsieht, sind grundsätzlich konsistent mit den Forderungen und Empfehlungen des BDI. Besonders positiv ist dabei hervorzuheben, dass dieser integrierte Ansatz die verschiedenen Phasen des Innovationsprozesses systematisch miteinander verbindet und so eine tragfähige Grundlage für die Entwicklung eines leistungsfähigen KI-Standorts schafft. Gleichzeitig bleibt der zugrunde liegende Forschungsbegriff teilweise unscharf und sollte stärker entlang der gesamten Innovationskette – von anwendungsnaher Forschung über Entwicklung bis hin zur industriellen Skalierung – differenziert werden, um die Anschlussfähigkeit für die Wirtschaft zu erhöhen. Die erkennbare Einbindung industrieller Perspektiven stärkt die Wahrnehmung, dass die Bundesregierung die Belange von Industrie und Wissenschaft bei der Ausgestaltung der Roadmap berücksichtigt hat. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass in den weiterentwickelten Roadmaps eine deutlich klarere industriepolitische Priorisierung inklusive einer Strategie zum Abbau von Doppelregulierungen und Rechtsunsicherheiten insbesondere im Bereich der europäischen Digitalrechtsakte erforderlich ist. Der derzeitige Ansatz bleibt bzgl. der Maßnahmen in Teilen zu breit, sodass die Roadmap ihr volles Potenzial als strategisches Instrument zur gezielten Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit nur eingeschränkt entfalten kann. Der Fokus auf die industrielle Skalierung im globalen Wettbewerb sollte hingegen noch vorangetrieben werden.

Erfolgreich:

- Der in der Roadmap verankerte ganzheitliche Ansatz entlang der gesamten Wertschöpfungskette, über Infrastruktur, KI-Modelle und Anwendungen, entspricht den Forderungen des BDI. Es ist eine gelungene Illustration von KI als Gesamtsystem mit verschiedenen angegliederten Industrien. Dieser integrierte Ansatz vermag es, die verschiedenen Phasen des Innovationsprozesses syste-

matisch miteinander zu verbinden und so eine tragfähige Grundlage für die Entwicklung eines leistungsfähigen KI-Standorts zu erschaffen.

- Die klare Betonung industrieller KI, Physical AI und domänenspezifischer Systeme als strategische Stärkefelder reflektiert die Auseinandersetzung mit industriellen Bedarfen im Bereich der KI-Anwendungen. Insbesondere im Bereich Robotik lassen sich noch erhebliche Wettbewerbsvorteile erzielen, wenn diese Anwendungsausrichtung die notwendige Förderung erhält.
- Der Einsatz von Reallaboren, Testbeds und Transfer-Leitprojekten zur Förderung des „Lab-to-Market“-Ansatzes fördert die Anwendungstranslation und ist auf Linie mit den Forderungen des BDI. Die Grundidee der Reallabore ist gut. In der Vergangenheit haben sich jedoch Reallabore oft als zu komplex und bürokratisch erwiesen mit sehr langen Genehmigungs- und Umsetzungsphasen. Hier bedarf es bedarfsgerechter regulatorischer Anpassungen und einer festen rechtlichen Verankerung in EU- und nationalem Recht (Bundeserprobungsgesetz).
- Die grundsätzliche Anerkennung der Bedeutung von Datenzugang, insbesondere im Gesundheitsbereich, ist sowohl für Wissenschaft als auch Industrie ein signifikanter Zugewinn. Die Verzahnung von KI mit bestehenden Forschungs- und Gesundheitsprojekten hat das Potenzial, ganz neue Märkte zu erschließen. Dafür müssen das Forschungsdatengesetz und die Digitalgesetze so weiterentwickelt werden, dass der forschenden Industrie ein diskriminierungsfreier Zugang zu Versorgungsdaten garantiert wird.
- Die Roadmap erkennt die zentrale Bedeutung leistungsfähiger Recheninfrastrukturen ausdrücklich an und adressiert diese mit der vorgesehenen Rechenzentrumsstrategie als eigenständigen Hebel für den Standort Deutschland. Die geplante Stärkung Deutschlands als führender Rechenzentrumsstandort sowie der deutliche Ausbau von HPC- und KI-Kapazitäten sind grundsätzlich zu begrüßen.

Entwicklungspotenzial:

- Bisherige vorgesehene Maßnahmen verbleiben häufig auf Projekt- und Pilotniveau; eine klare **Skalierungslogik in Richtung industrieller Anwendung** – sowohl zur Förderung entsprechender Marktangebote, aber auch über eine regulatorisch induzierte Nachfrage – fehlt. Die durch Projekte und Pilotvorhaben realisierten Innovationen und Entwicklungen müssen industriell anschlussfähig sein. Hier bedarf es klarer Nachjustierung zugunsten innovations- und industrie-freundlicher Gesamtwirkung und Bereitstellung entsprechender Fördermechanismen (CAPEX und OPEX).
- Vorhaben wie „KI-Basismodelle“ oder „Frontier AI“ sind strategisch relevant. Für eine sinnvolle Umsetzung muss aber noch Arbeit in die Entwicklung von Algorithmen und effizienten Trainingsmethoden gesteckt werden, damit dies in einem sinnvollen **Verhältnis zu verfügbaren Investitionen, Energie- und Infrastrukturkapazitäten steht**. Um schnell in der Umsetzung zu sein, energieeffizient zu arbeiten und auf die für Deutschland wichtigen Branchen zu fokussieren, sollte auf domänenspezifische (Sprach-)Modelle gesetzt werden, die mit Industriedaten trainiert werden. Die unklare Umsetzbarkeit ambitionierter Ziele wirkt als Bremse, die durch eine klare Fokussierung auf einen (Teil-)Bereich zu lösen wäre.
- Insbesondere im Gesundheitsbereich bleibt offen, wie ein **praktikabler und rechtssicherer Industriezugang im Rahmen von Datenräumen** wie dem EHDS ausgestaltet werden soll. Ohne regulatorische und rechtskräftige Absicherung der Roadmap bleiben diese Vorhaben nur das: Vor-

haben. Hier braucht es regulatorische Klarheit und einen geeigneten Rechtsrahmen. Doppelregulierung, etwa durch MDR/IVDR und AI-Act, gefährdet die Translation in die Anwendung. Zudem fehlt in der Roadmap ein konkreter Fahrplan zur Unterstützung von Unternehmen bei der Konformitätsbewertung insbesondere von Hochrisiko-Einstufungen nach dem AI-Act, der die Unternehmen in der praktischen Umsetzung der neuen europäischen Vorgaben unterstützt. Andernfalls besteht die Gefahr, dass innovative KI-Anwendungen nicht für die Patientinnen und Patienten zur Verfügung stehen und die bestmögliche Versorgung nicht gewährleistet werden kann. Die Translation in Anwendungen ist von geeigneten Rahmenbedingungen abhängig. Gerade im Gesundheitsbereich fehlt eine klare **ressortübergreifende Finanzierung** und Governance-Struktur. Um die föderale Datenschutz-Fragmentierung – den Flickenteppich aus unterschiedlich ausgelegten Länderregelungen – zu beenden, müssen z. B. nationale Gesundheitsdaten-Ökosystemprojekte dringend in die zentrale Kompetenz des Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI) übergeben werden.

- Die Rolle des Mittelstands wird anerkannt, aber nicht ausreichend mit konkreten Instrumenten und Zugangsmechanismen unterlegt. Die **Förderlogiken sind bisher nicht hinreichend auf KMU zugeschnitten**; zu oft besteht der Fokus auf die Fertigung oder Erschaffung eines Gesamtoutputs. Es fehlt hingegen an gezielten Verbesserungen der globalen Wettbewerbsfähigkeit der Produkte und Lösungen durch KI und Maßnahmen, diese zeitnah in die Anwendung zu überführen.
- Es wird entscheidend sein, die **Umsetzung der Rechenzentrumsstrategie stärker mit den energie- und industriepolitischen Rahmenbedingungen zu verzahnen**. Insbesondere bei Fragen der Energieversorgung, Netzinfrastruktur und Standortkosten braucht es eine noch engere und klar sichtbare Einbindung des BMWi, um wettbewerbsfähige Betriebsbedingungen und attraktive Förderrahmen für Rechenzentren sicherzustellen. Nur so kann der Ausbau tatsächlich in industriell relevante Skalierung überführt und die internationale Standortattraktivität Deutschlands gestärkt werden. Die HTAD ist hierfür ein geeigneter Rahmen, da sie das Potenzial hat, Ressorts und Arbeitsstränge im Sinne einer effizienten und beschleunigten Umsetzung ganzheitlich zusammenzuführen.
- Zentrale **Zukunftsthemen wie Advanced/ General Purpose AI (AGI) bleiben bislang unterrepräsentiert**. Gerade vor dem Hintergrund zunehmender sicherheitsrelevanter Anwendungen stellt sich die Frage, wie Deutschland und Europa eigene Kompetenzen im Bereich vertrauenswürdiger und sicherer KI systematisch aufbauen wollen. Eine mögliche Verankerung entsprechender Strukturen – etwa in Form eines europäischen bzw. deutschen „AI Safety Institute“ – sollte geprüft werden.

Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine

Die Roadmap ist in ihrer Grundstruktur anschlussfähig an industriepolitische Zielsetzungen, bleibt jedoch in der operativen Ausgestaltung nicht konsequent industriegetrieben. Positiv ist hervorzuheben, dass die Bedeutung funktionierender Ökosysteme, internationaler Vernetzung und eines verbesserten Transfers grundsätzlich erkannt wird. Gleichzeitig fehlt eine klare Priorisierung entlang technologischer Schlüsselbereiche mit hoher strategischer Relevanz. Diese fehlende Fokussierung auf wenige technologische „Must-haves“ zugunsten breiter Themenabdeckung sorgt jedoch auch für eine zu breite Finanzierungslandschaft, die das Risiko birgt, viele Bereiche punktuell, aber keinen ausreichend zu fördern (Gießkannenprinzip).

Wettbewerbsrelevante Rahmenbedingungen durch wettbewerbsfähige Energiepreise, Kapitalmarktzugang und regulatorische Effizienz werden nicht konsequent als Voraussetzung für Zielerreichung integriert. Dabei sind sie entscheidend, sowohl aus Unternehmenssicht mit Blick auf Standortentscheidungen als auch um die Attraktivität Deutschlands für Kapitalinvestorinnen und -investoren und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu erhöhen. Gerade hier besteht eine hohe internationale Standortkonkurrenz. Diese wird zwar benannt, jedoch nicht in konkrete industriepolitische Strategien übersetzt. Auch bedarf es einer Nachschärfung im Hinblick auf den Schutz geistigen Eigentums und konkret das Patentrecht bei KI-generierten Erfindungen. Da das aktuelle Patentrecht eine rein menschliche Erfinderpersönlichkeit voraussetzt, droht hier ein massives Investitionshemmnis für den Einsatz von Frontier-Modellen in Deutschland. Insgesamt bleibt damit unklar, unter welchen realwirtschaftlichen Bedingungen die gesetzten Ziele erreicht werden sollen und wie Deutschland gezielt Wettbewerbsvorteile aufbauen kann und sich von den Mitbewerbern absetzt.

Finanzierung und Instrumente

Positiv ist zunächst der breite Instrumentenmix hervorzuheben, der von klassischen Förderinitiativen über IPCEI-Formate bis hin zu Reallaboren, Wettbewerben und Infrastrukturprojekten reicht und damit grundsätzlich eine flexible Unterstützung unterschiedlicher Innovationsphasen ermöglicht. Allerdings ist es zwingend erforderlich, dass IPCEI- und Reallaboranträge vereinfacht und die Genehmigungsdauer von eingereichten Anträgen erheblich beschleunigt wird. In der Vergangenheit haben sich diese Förderinstrumente oft als zu komplex und bürokratisch erwiesen. Die häufig sehr langen Genehmigungs- und Umsetzungsphasen erscheinen in der derzeitigen Form nicht als das geeignete Mittel für eine schnelle KI-Anwendungstranslation. Allgemein sind mehrjährige Genehmigungs- und Umsetzungszeiträume insbesondere im KI-Bereich problematisch, da sich Technologien und Marktbedingungen deutlich schneller entwickeln als klassische Industrieprojekte. Trotz der Vielzahl an benannten Instrumenten lässt die Roadmap jedoch offen, wie **Public-Private-Partnership-Modelle** systematisch zur Skalierung mobilisiert werden sollen, um im globalen Wettbewerb mithalten zu können. Gerade im Bereich kapitalintensiver Infrastruktur- und Plattformvorhaben sind klar definierte Kooperationsmodelle zwischen Staat, Industrie und Finanzakteuren notwendig, um Investitionsrisiken zu reduzieren und Planungssicherheit zu schaffen.

Die Finanzierung bleibt in der Roadmap jedoch überwiegend implizit und wird nicht systematisch priorisiert oder ausreichend konkret hinterlegt. Es ist unklar, welche der definierten Meilensteine tatsächlich im Bundeshaushalt abgesichert sind und an welchen Stellen zusätzlicher Finanzierungsbedarf besteht. Dies betrifft insbesondere kapitalintensive Vorhaben wie den Aufbau von AI-Gigafactories oder leistungsfähigen Rechenzentrumsinfrastrukturen. Darüber hinaus wird nicht deutlich, wie private Investitionen systematisch mobilisiert werden sollen, obwohl diese für die notwendige Skalierung im KI-Bereich eine zentrale Rolle spielen.

Schließlich zeigt sich, dass die bestehenden Fördermechaniken weiterhin stark projektbezogen ausgestaltet sind. Für eine erfolgreiche industrielle Skalierung und breite Anwendung wäre jedoch eine **stärkere Ausrichtung auf nachfrageorientierte Instrumente** erforderlich (z. B. staatliche Beschaffung von KI-Lösungen für Mobilität und Infrastruktur, Investitionsanreize für Rechenzentren und Hochleistungsrechner, Förderung von KI-Anwendungen bei Zulieferern und Mittelstand, regulatorische Rahmenbedingungen), die schnellere Vergabeprozesse sowie eine **höhere Planungssicherheit über längere Zeiträume** ermöglichen. Insgesamt wird deutlich, dass die Roadmap eine solide Grundlage bietet, jedoch in ihrer industriepolitischen Zuspitzung, finanziellen Unterlegung und operativen Umsetzungslogik noch weiter geschärft werden muss, um ihre volle Wirkung entfalten zu können.

Roadmap 2: Quantentechnologien

Die Roadmap enthält grundsätzlich gute Ansätze, die jedoch konkreter und anwendungsfreundlicher gestaltet werden sollten. Ferner sollte die Roadmap auch die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für Quantensysteme als Möglichkeit der Wertschöpfung entlang der Lieferkette in den Fokus rücken.

Positiv hervorzuheben ist, dass die vier zentralen Ziele der Hightech Agenda beibehalten und mit entsprechenden Meilensteinen unterlegt wurden. Der derzeitige Zeitplan sieht eine Umsetzung dieser Meilensteine und Maßnahmen bis zum Jahr 2032 vor, was grundsätzlich eine langfristige strategische Planung ermöglicht. Aus Industriesicht wäre es jedoch wichtig zu überprüfen, ob das Jahr 2032 als Zeitpunkt des Erreichens des Quantenvorteils nicht zu unambitioniert gewählt wurde. Ein weiterer Schwerpunkt der Roadmap liegt auf der starken Einbindung von Instituten und Forschungseinrichtungen, denen eine zentrale Rolle bei der Umsetzung zugeschrieben wird. Industrieakteuren werden hingegen nur periphere Rollen zugeteilt. Demgegenüber bleiben die anwendungsorientierten Meilensteine unspezifisch formuliert, wodurch die praktische Umsetzung, Schutz und Nutzung von geistigem Eigentum sowie der Transfer in wirtschaftliche Anwendungen weniger klar umrissen sind als die organisatorische Aufgabenverteilung. Zudem wurde erkennbar versucht, bestehende Maßnahmen, Förder Richtlinien sowie Initiativen auf nationaler und europäischer Ebene in die Roadmap zu integrieren. Allerdings fällt in diesem Zusammenhang auf, dass relevante Initiativen wie die DLR-QCI-Initiative bislang keine Betrachtung finden. **In dieser Hinsicht ist ein zentrales Projekt- und Qualitätsmanagement für die vorgeschlagenen Förderprogramme unerlässlich.** Dies wurde durch die Roadmap bisher nicht berücksichtigt.

Darüber hinaus sollte die Gewährleistung der europäischen Souveränität innerhalb der Roadmap deutlicher hervorgehoben werden. Dies erfordert eine stärkere und transparentere Darstellung der Verknüpfungen mit europäischen Programmen, beispielsweise im Rahmen der Pilotlinien der Joint Undertakings „Chips“ (etwa im Meilenstein QT-QC3). Ebenso sollten bestehende Kooperationen mit europäischen Partnerländern, wie etwa Frankreich oder den Niederlanden, explizit benannt sowie Perspektiven zu deren weiterer Vertiefung aufgezeigt werden. Technologien wie Quanten bedürfen einer engen intereuropäischen Zusammenarbeit, sowohl in Forschung als auch in Anwendung. Auch sollte die **stärkere Verzahnung der verschiedenen Technologiebereiche** mehr Aufmerksamkeit erfahren. Insbesondere die Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Quantentechnologien – etwa zwischen Quantenkommunikation und Quantencomputing – müssen als integraler Bestandteil der Agenda verstanden und entsprechend berücksichtigt werden, um Synergien optimal nutzen zu können. Unter geopolitischen Gesichtspunkten sollte zudem die **aktive Mitgestaltung internationaler Normungs- und Standardisierungsprozesse** als Komponente eines strategischen Ziels aufgenommen werden. Der Ausbau der Roadmap hinsichtlich technologischer Führung in den für Quantencomputer benötigten Schlüsseltechnologien sollte perspektivisch stärker berücksichtigt werden, um in Deutschland die Möglichkeit zu schaffen, sich als Zulieferer für Quantenbauteile und -elemente zu etablieren.

Einschätzung der Meilensteine

Die Meilensteine spiegeln grundsätzlich ein ganzheitliches Verständnis der Quantentechnologien wider, weisen jedoch in zentralen Punkten erhebliche Defizite hinsichtlich Konkretisierung, Messbarkeit und Anwendungsbezug auf.

Erfolgreich:

- Wir begrüßen die Berücksichtigung des gesamten Software-Stacks im Bereich Quantencomputing und damit ein erweitertes Technologieverständnis über Hardware hinaus.
- Grundsätzliche Abdeckung der zentralen Technologiefelder wie Computing, Sensorik, Kommunikation.
- Die Einbindung vorhandener Programme und Initiativen als Ausgangsbasis für weitere Entwicklung ist eine gute Wahl und verschlankt die aktuelle Förderlandschaft erheblich.

Entwicklungspotenzial:

- Unklare Anwendungsorientierung in der Roadmap behindert industrielle Planung. Maßnahmen zur praktischen Nutzung und Kommerzialisierung bleiben häufig unscharf und bieten keine klare Perspektive für industrielle Umsetzung. Dies betrifft auch die Anbindung an bestehende HPC-Zentren (quantenzentriertes Supercomputing).
- Viele Kennzahlen sind unspezifisch und nicht technologieadäquat. Es fehlt beispielsweise an einer Definition von Qubit-Zahlen, TRL-Levels oder konkreten Leistungsparametern. Die abstrakten Indikatoren gilt es, in den Folgeroadmaps deutlich zu konkretisieren und idealerweise auch mit Etappenzielen zu unterfüttern.
- Auswahl und Ausgestaltung der Indikatoren wirken teilweise willkürlich. Eine stärkere Einbindung von Expertinnen und Experten ist erforderlich, um die realwissenschaftlichen und realwirtschaftlichen Potenziale auszuloten.
- Zu geringe Ambition und zu hohe Konzentration auf Einzelmaßnahmen spiegeln nicht die Größenordnung von Quantentechnologien wider. Zielgrößen, wie etwa die Anzahl geplanter Scale-ups, erscheinen weder strategisch hergeleitet noch ausreichend ambitioniert.
- Im Bereich der Quantensensorik ist die Erweiterung der Anwendungsfelder positiv zu bewerten. Gleichzeitig sollte die Rolle der Verteidigungsindustrie als potenzieller Treiber für Entwicklung und Anwendung stärker berücksichtigt werden, insbesondere vor dem Hintergrund regulatorischer Anforderungen und potenzieller Spillover-Effekte. In diesem Fall sind einige Unternehmen schon in einer „Fab-to-scale“ Phase.
- Im Zuge der Einbindung der Sicherheits- und Verteidigungsindustrie ist auch Dual-Use zu adressieren. Dabei gilt es, Sicherheitsanforderungen und Exportkontrollen wirtschaftsverträglich zu gestalten.
- In der Quantenkommunikation wird die zentrale Rolle von Kryptografie bislang nicht ausreichend betont. Gleichzeitig konzentrieren sich viele Meilensteine auf die Fortschreibung bestehender Initiativen, ohne klare Impulse für neue Anwendungen oder Kommerzialisierung zu setzen.

Die Meilensteine bleiben häufig auf einer rein quantitativen und begrifflichen Ebene (z. B. Anzahl von Projekten), ohne ausreichend technologischen Tiefgang. Es fehlt an klaren Aussagen zu Reifegraden, Anwendungsdomänen und Skalierungsperspektiven.

Im Bereich der Fachkräftesicherung sind die vorgesehenen Maßnahmen grundsätzlich sinnvoll, weisen jedoch ebenfalls Optimierungspotenzial auf. Eine stärkere Einbindung der Industrie (im Besonderen auch des Maschinenbaus) sowie eine engere Verzahnung mit europäischen Initiativen wie der Quantum Skills Digital Academy sind erforderlich, um Bedarfe besser abzubilden und Synergien zu nutzen.

Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine

Grundsätzlich adressiert die Roadmap zentrale technologische Entwicklungen, bleibt jedoch in der industriellen Perspektive hinter den Anforderungen zurück. Insbesondere fehlt ein klarer Fokus auf die Kommerzialisierung und die Überführung in marktfähige Anwendungen. Die Rolle des Staates sollte dabei deutlich breiter gedacht werden: Neben der Funktion als Fördermittelgeber kann der Staat auch als Ankerkunde, Anwender und Testumgebung eine zentrale Rolle spielen, was derzeit zwar als Hebel für die Roadmap erwähnt wird, in den Maßnahmenpaketen aber eine stärkere Präsenz wiederfinden könnte. Eine solche aktive Nachfragepolitik ist entscheidend, um früh Märkte zu schaffen und Skalierung zu ermöglichen.

Darüber hinaus fehlt eine konsequente Anbindung an zentrale industrielle Schlüsseltechniken und -branchen wie Kryotechnik, Laser- und Photoniksysteme sowie Chemie, Gesundheitswirtschaft, Logistik, Finanzwesen oder industrielle Fertigung. Industriegeführte Leuchtturmprojekte könnten hier eine wichtige Rolle spielen, indem sie konkrete Anwendungsfälle demonstrieren und Skalierungspotenziale sichtbar machen. Dies muss in den geplanten Meilensteinen und Maßnahmen eindeutig erkennbar sein.

Gleichzeitig besteht erhebliches Potenzial im Ausbau von Enabler-Technologien sowie spezifischen Stärkefeldern wie der Quantensensorik. Diese sollten gezielt gefördert werden, um eine nachhaltige Positionierung im internationalen Wettbewerb zu sichern.

Ein weiterer zentraler Aspekt ist der Zugang zu Quantensystemen. Niedrigschwellige Nutzungs- und Erprobungsmöglichkeiten für Unternehmen sind essenziell, um die Anwendung zu verbreitern. Hier besteht insbesondere Unsicherheit hinsichtlich der Fortführung bestehender Initiativen (z. B. DLR-Quantencomputing-Initiative, DLR-QCI). Fehlende Perspektiven gefährden Planungssicherheit und Kontinuität. Für die erfolgreiche Entwicklung und Fortführung der Förderprogramme ist eine effektive Steuerung entscheidend. Zu diesem Zweck sollte ein zentrales Projektmanagement auf Industrieneiveau etabliert werden.

Finanzierung und Instrumente

Die Roadmap baut bislang stark auf etablierten Förderlogiken auf, die sich insbesondere für langfristige Forschungsprojekte eignen. Für die beschleunigte Kommerzialisierung von Quantentechnologien reichen diese Ansätze jedoch nicht aus. Um die industrielle Umsetzung zu stärken, sollten verstärkt **agile und wettbewerbsorientierte Förderinstrumente** etabliert werden. Insbesondere Challenge-basierte Ansätze nach dem Vorbild von SPRIND bieten die Möglichkeit, Innovationen zielgerichtet und anwendungsnah voranzutreiben. Die im Rahmen der Transferinitiative F.A.S.T. vorgeschlagenen Funken „Quantum Sense Exploration“ und „Quantum Driven Intelligence“ können hier gute Startimpulse setzen. Auch im Bereich der Quantentechnologie ist eine Erweiterung um Venture Capital beziehungsweise Growth Financing dringend angeraten, um die erforderlichen Summen zur Förderung zu mobilisieren. Dabei gilt es, Venture Capital Investments auch steuerlich attraktiver zu gestalten.

Darüber hinaus ist eine klare Zuordnung von Förderinstrumenten zu konkreten Meilensteinen notwendig. Nur so lassen sich Wirkung, Effizienz und Skalierbarkeit der eingesetzten Mittel sicherstellen und eine Fragmentierung der Förderlandschaft vermeiden. Insgesamt bedarf es einer **stärkeren Fokussierung auf Skalierung und industrielle Wertschöpfung**, um die vorhandenen technologischen Potenziale tatsächlich in wirtschaftliche Stärke zu überführen.

Roadmap 3: Mikroelektronik

Die Roadmap für die Mikroelektronik setzt die richtigen Prioritäten und steckt sich Ziele, deren Erreichung für die Zukunft der Halbleiterbranche von großer Bedeutung sind. Es bedarf jedoch Verbesserungen übergeordneter Standortbedingungen, einer besseren Verfügbarkeit von Fachkräften und einem leichteren Zugang zu Fördermitteln.

In ihrer Stoßrichtung ist sie konsistent mit einem innovations- und missionsorientierten Ansatz: technologiegetriebene Entwicklung, enge Verzahnung von Forschung und Anwendung sowie der Aufbau von Skalierungsstrukturen. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass zentrale **Instrumente und Umsetzungsmechanismen noch nicht ausreichend an die Geschwindigkeit und Wettbewerbsdynamik der Halbleiterindustrie und der verarbeitenden Industrie angepasst** sind. Insbesondere bei langwierigen Förderprozessen bei Großinstrumenten, wie IPCEI oder First-of-a-kind-Kredite (FOAK), sollte mehr Dynamik und eine frühzeitigere Nutzbarkeit von Zwischenergebnissen vorangetrieben werden.

Positiv hervorzuheben ist der Fokus auf Chipdesign, industriellem Transfer, dem Aufbau leistungsfähiger Ökosysteme sowie die Stärkung von Lieferkettenresilienz und Versorgungssicherheit. Diese Schwerpunkte greifen die wesentlichen strukturellen Herausforderungen des europäischen Halbleiterökosystems auf. Im Bereich Chipdesign wird zu Recht darauf gesetzt, Hochschulen und Forschungseinrichtungen stärker in wertschöpfungsnahe Entwicklungsprozesse einzubinden und damit die Talentbasis zu erweitern. Alternative Formulierung: Open Source kann insbesondere bei Standards, Reduced Instruction Set Computer Five (RISC-V)-Elementen, Chiplet-Ökosystemen und dem Chipdesign einen wichtigen Beitrag zur digitalen Souveränität sowie zur Reduzierung strategischer Abhängigkeiten leisten. Es ersetzt jedoch keine industriereifen vollumfassenden Lösungen, die über einen jahrelangen Entwicklungsvorsprung verfügen. Dies gilt insbesondere für Werkzeuge zur Electronic Design Automation (EDA), Support, Haftung und qualifizierte Prozessdesign-Kits (PDKs). Die Entwicklung spezialisierter Prozessoren in enger Kooperation zwischen Industrie und Forschung ist ebenfalls wichtig. Bereiche wie Automotive Anwendungen dabei gezielt zu fördern, ist zwingend notwendig, allerdings bestehen ebenfalls Bedarfe in Bereichen wie Maschinenbau, Medizintechnik, Verteidigungsindustrie, etc., welche ebenfalls gezielt adressiert werden müssen.

Einschätzung der Meilensteine

Die Schwerpunktsetzung, insbesondere Chipdesign, Advanced Packaging und Lab-to-Fab-Transfer, ist industriepolitisch richtig gewählt und strategisch hoch relevant. Dennoch würde die Roadmap von einer weiteren Eingrenzung profitieren.

Erfolgreich:

- Die Priorisierung von Chipdesign, Advanced Packaging und dem sogenannten Lab-to-Fab-Transfer ist grundsätzlich richtig gewählt, da diese Bereiche zentrale Enabler für Wertschöpfung, technologische Souveränität und die industrielle Skalierung darstellen. Deutschland und Europa verfügen hier bereits über relevante Kompetenzen und industrielle Stärken, an die gezielt angeknüpft werden muss.
- Die Stärkung der Verbindung von Forschung und industrieller Anwendung adressiert eine Schwäche im deutschen Innovationsökosystem. Diese zu schließen, wird sich positiv auf Skalierbarkeit und neue angewendete Technologien auswirken. Hier bietet es sich an, auf etablierte Infrastrukturen wie die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) zurückzugreifen, um KMUs und Start-ups niedrigschwelligen Zugang zu modernsten Forschungsinfrastrukturen wie Reinräu-

men und Testumgebungen zu bieten. Für einen einfachen Zugang zu diesen Infrastrukturen sollten verstärkt bürokratiearme Instrumente angeboten werden. Erfolgreiche Challenge-Ansätze, wie bei den „FMD-Spaces“, können als Vorlage dienen³.

- Der Aufbau strukturierender Institutionen wie des „Kompetenzzentrum Chipdesign“ und der Microtec Academy sind hervorragende Möglichkeiten, die Wissenslandschaft zu bündeln und so auch gezielt zu fördern und durch explizite Bedarfe zu fordern. Diese Institutionen haben das Potenzial zentraler Ansprechpartner der Industrie zu sein und so die Erkenntnisse der Wissenschaft kanalisiert in die industrielle Anwendung zu bringen.
- Die Bedeutsamkeit der Lieferkettenresilienz wird richtigerweise in den Roadmaps berücksichtigt. Mit der Errichtung eines nationalen „Chips Office“ Kompetenzen im Bereich Forschung und Entwicklung zu bündeln, Risikomonitoring zu verbessern und Bund, Länder, Verbände sowie europäische Akteure besser zu koordinieren ist ein guter Ansatz. Die Verzahnung mit EU-Ansätzen ist hierbei besonders wichtig. Dies darf aber nicht zu weiteren bürokratischen Pflichten führen und eine Geschäftsordnung muss einen klaren Plan zu den Aufgaben eines solchen Offices geben.
- Die Integration europäischer Instrumente wie des EU Chips Act 2.0 und verschiedener Pilotlinien spiegelt die Einbettung der Maßnahmen und Meilensteine in das europäische Ökosystem wider. Diese Konsistenz mit der europäischen Stoßrichtung ist bei den aktuellen Herausforderungen und dem globalen Investitionswettrennen auf dem Halbleitermarkt zwingend erforderlich, reicht aber nur dann aus, wenn auch internationale Kooperationen integriert werden.

Entwicklungspotenziale:

- Die zeitlichen Zielsetzungen der Mikroelektronik-Roadmap sind aus Forschungssicht ambitioniert, aus wirtschaftlicher Sicht jedoch häufig zu unambitioniert und wirken teilweise willkürlich. Es bedarf einer konkreten, offen kommunizierten Timeline für die Umsetzung der gesetzten Ziele. Die Roadmap muss insgesamt noch stärker in Richtung konkreter Projektpläne ausgebaut werden, inklusive Zuweisung von Verantwortlichkeit, Governance, Reporting und angegliederten administrativen Elementen. Dazu gehört auch ein fair und transparent gestalteter Ausschreibungsprozess bei der Umsetzung von Projekten und ein regelmäßiges Monitoring in Bezug auf die industrielle Relevanz und Umsetzbarkeit.
- Insgesamt fällt eine starke Orientierung an nominalen Maßnahmen als evaluierbare Erfolgsindikatoren der Roadmap auf. Die langfristige Wirkung auf das Innovationsökosystem bleibt unklar.
- Die starke Abstützung auf IPCEIs als Fördermittel ist kritisch zu bewerten. Diese Instrumente sind **zu langsam, zu komplex und schwer zugänglich – vor allem für Start-ups, Scale-ups und KMU – und zu wenig agil für die Dynamik der Halbleiterindustrie**. Sie eignen sich für großskalige Industrieprojekte, müssen jedoch durch Instrumente ergänzt werden, die schnelle Innovationszyklen, Design-Iterationen und technologieoffene Entwicklung ermöglichen.

³ Bei den FMD-Spaces können sich KMUs und Start-ups mit einem einfachen Pitchdeck, etwa für die Prototypenentwicklung, bewerben. Geeignete Forschungsinstitute werden anschließend zugeordnet und die Projekte durch eine Jury evaluiert. Bei positiver Bewertung werden vorab festgelegte Fördermittel ohne weiteren Antrag freigegeben, sodass der Industriepartner das Projekt gemeinsam mit der angewandten Forschung direkt umsetzen kann.

- Auch **Förderentscheidungen und Genehmigungsprozesse sind nicht kompatibel mit den Entwicklungszyklen der Branche**, die deutlich schneller verlaufen als aktuelle Genehmigungsprozesse. Hier wird Potenzial ausgebremst und ein Wettbewerbsnachteil deutlich.
- Zu wenig adressiert werden außerdem die hohen Energiekosten und die Gewährleistung einer soliden Fachkräftebasis. Vor allem bei der Priorisierung des Chipdesigns braucht es viele gut ausgebildete Fachkräfte. Dafür braucht es einen langfristigen Plan, wie diese in Deutschland ausgebildet werden und wie qualifizierte Fachkräfte leichter gewonnen werden können.
- Eine zu starke Orientierung an Pilotlinien und Forschung birgt die Gefahr, dass der **Übergang in industrielle Skalierung nicht gelingt**. Industrielle Anwendungsperspektiven, Bedarfe und Möglichkeiten zur Hochskalierung sollten immer mitgedacht und Anwenderbedarfe zwingend berücksichtigt werden. Bisher fehlen dafür die Strukturen: Es gibt keine strukturierte Beteiligung der Industrie an Entscheidungen zur Finanzierung, thematischen Schwerpunkten und Ausrichtung der Pilotlinien. Zudem mangelt es an tragfähigen Konzepten und industriebezogenen KPIs. Auch für die Überführung von Pilotierung in Scale-up- und Volumenproduktion mangelt es an Transferstrukturen.
- Im Bereich der Lieferkettenresilienz ist man bisher zu stark auf Monitoring fokussiert, wodurch Aspekte wie Risikomapping oder Szenarienplanung auf der Strecke bleiben. Darüber hinaus gibt es zu **wenig konkrete Maßnahmen zur Sicherung kritischer Rohstoffe, Materialien und Vorprodukte**. In Zeiten geopolitischer Unsicherheit müssen Abhängigkeiten langfristig abgebaut werden. Dafür ist es unerlässlich, diese bei neuen Technologien von Anfang an zu minimieren und kontinuierlich zu evaluieren.
- Die Nachfrageseite könnte im Rahmen der bestehenden Maßnahmen noch stärker berücksichtigt und die nachfragenden Industrien stärker beteiligt werden. Eine verstärkte Nachfrage nach europäischen Lösungen, insbesondere in strategisch relevanten Technologiebereichen wie der Verteidigungsindustrie und der PCB-Technologie, könnte einen Beitrag zur Stärkung der Resilienz und zur Verringerung strategischer Abhängigkeiten leisten. Hierfür könnten sowohl steuerliche Anreize als auch künftige Weiterentwicklungen des European Chips Act Ansatzpunkte bieten.
- Bisher fehlt es an einer **strukturellen Anbindung an bestehende europäische Exzellenzcluster wie zum Beispiel dem Interuniversity Microelectronics Centre (IMEC) und FMD**. Mikroelektronik entwickelt sich nicht insular; eine Anbindung und Orientierung an globalen und europäischen Exzellenzclustern ist unerlässlich und muss aufgegriffen und gefördert werden. Dabei gilt es die Bereiche, in denen Deutschlands (angewandte) Forschung führend ist, sinnvoll mit den Stärken europäischer Player zu matchen und so ein wettbewerbsfähiges gesamteuropäisches Stärkenprofil zu entwickeln.

Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine

Grundsätzlich besteht eine hohe Übereinstimmung mit industriepolitischen Zielsetzungen, insbesondere hinsichtlich der Stärkung von Wertschöpfung, technologischer Souveränität und industrieller Skalierung. Die Ziele Chipdesign und Transfer mit Fokus auf Advanced Packaging sind aus Industriesicht ausdrücklich zu begrüßen. Gleichzeitig bleibt die **Roadmap in der industriellen Umsetzung noch nicht konsequent genug**. Insbesondere fehlt eine klare strategische Verankerung eines zentralen, international wettbewerbsfähigen Ökosystems im Bereich Chipdesign. Ein zentraler blinder Fleck ist hierbei das **Fehlen einer strukturellen Anbindung an bestehende europäische Exzellenzcluster**

wie IMEC oder FMD. IMEC fungiert heute als zentraler Knotenpunkt für vorwettbewerbliche Forschung, industrielle Kooperation und Systemintegration in der globalen Halbleiterindustrie. Die dort vorhandenen Netzwerke, Prozesse und Kompetenzen sind entscheidend für die Frage, wie sich Akteure erfolgreich in globale Wertschöpfungsketten integrieren. Im Zuge der geplanten **Beteiligung an der Umsetzung des Chips Act 2.0 muss dieser Aspekt zwingend berücksichtigt** werden.

Pilotlinien wie die in Deutschland umgesetzte APECS-Pilotlinie sind ein wichtiger Baustein, wenn es darum geht, den Transfer und die Anschlussfähigkeit an die Industrie zu unterstützen. Diese Strukturen vernetzen europäische Player und stellen sicher, dass europäische Innovationsökosysteme eng zusammenarbeiten und ausgebaut werden können. Internationale Netzwerke (bspw. Forschungsk Kooperationen mit gleichgesinnten Ländern wie Taiwan oder Japan) und industrielle Anschlussfähigkeit sind von zentraler Bedeutung und trotz des Ziels einer stärkeren Souveränität nicht zu vernachlässigen. Nur so kann sichergestellt werden, dass Deutschland nicht isolierte Strukturen aufbaut, sondern aktiv in bestehende globale Innovations- und Produktionsnetzwerke integriert wird.

Darüber hinaus bleibt die Logik der Förderinstrumente zu stark projekt- und forschungsgetrieben. Der für die Industrie entscheidende Schritt – der Übergang zur Skalierung in marktfähige Produktion – muss immer berücksichtigt werden, da sonst wichtiges Potenzial ungenutzt bleibt. Hier bedarf es stärker agiler, industriegetriebener Ansätze, die sich an missionsorientierten Formaten wie SPRIND orientieren.

Finanzierung und Instrumente

Die Finanzierung der Roadmap basiert implizit auf einem Dreiklang aus öffentlichen Mitteln, industrieller Ko-Finanzierung und privatem Kapital, ohne dass diese Komponenten bislang in eine klare, belastbare Gesamtarchitektur überführt werden. Öffentliche Förderinstrumente – insbesondere im Rahmen des EU Chips Act 2.0, nationaler Programme und IPCEIs – bilden derzeit die zentrale Grundlage, sind jedoch **überwiegend projektgetrieben und nicht ausreichend auf die zeitnahe Skalierung** in marktfähige Produkte ausgelegt. Die vorgesehene Beteiligung der Industrie erfolgt punktuell, etwa bei großen Verbundprojekten, ist jedoch nicht systematisch strukturiert oder mit verlässlichen Ko-Finanzierungsmodellen hinterlegt. Gleichzeitig bleibt die Mobilisierung privaten Kapitals, das für hochinvestive Bereiche wie Fertigungskapazitäten, Design-Infrastruktur und Schlüsselausrüstung entscheidend ist, unterentwickelt. Es **fehlen klare Anreize, um private Investitionen in ausreichendem Umfang zu aktivieren**. Insgesamt entsteht damit eine Finanzierungslücke zwischen Forschung, Aufbau von Kapazitäten und industrieller Skalierung, die durch eine kohärente Finanzierungsstrategie geschlossen werden muss.

Roadmap 4: Biotechnologie

Der vorliegende Entwurf zur HTAD-Roadmap Biotechnologie geht in die richtige Richtung. Er greift zentrale Forderungen des BDI zur Hightech Agenda Deutschland auf, bleibt jedoch bei Priorisierung, Skalierung, Finanzierung und Regulatorik hinter den realistischen Anforderungen der industriellen Umsetzung in der Praxis zurück.

Darüber hinaus sollte die Biotechnologie-Roadmap stärker auf reale industrielle Exzellenz, Skalierbarkeit und Umsetzungsfähigkeit in regulierten (biotechnologischen) Produktionsumfeldern eingehen. Wichtig ist, dass Souveränität, Resilienz und internationale Wettbewerbsfähigkeit nicht abstrakt sind, sondern aktiv über Roadmaps, Instrumente, Partnerschaften und industrielle Anschlussfähigkeit auch zu anderen Schlüsseltechnologien gestaltet werden müssen.

Die Einordnung der Biotechnologie als Schlüssel- und Querschnittstechnologie über die Bereiche Medizin, Industrie und Landwirtschaft hinweg ist richtig. Ebenso überzeugt der entlang der HTAD-Logik entwickelte, outcome-orientierte Ansatz, der die gesamte Wertschöpfungskette von Forschung über Translation und klinische Entwicklung bis hin zu Skalierung und Markt adressiert und auch in dieser Biotechnologie-Roadmap aufgegriffen wird.

Inhaltlich setzt die Roadmap sinnvolle Schwerpunkte, etwa bei Gen- und Zelltherapien, klinischen Studien und Dateninfrastrukturen, KI-gestützter Diagnostik und Wirkstoffentwicklung sowie in der industriellen und landwirtschaftlichen Biotechnologie. Die geplante Einbindung von Bund, Ländern, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die Ausgestaltung als „lebender Prozess“ sind ebenfalls zu begrüßen.

Gleichzeitig **fehlt es an einer klareren Fokussierung sowie an konkreten Umsetzungs- und Finanzierungsstrategien**, um die identifizierten Potenziale tatsächlich in industrielle Wertschöpfung zu überführen. Es fehlen klare Umsetzungsvorschläge, wie Industrie und Forschung zusammenarbeiten können, um wirklich skalierbare Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Einschätzung der Meilensteine

Die Meilensteine sind entsprechend des übergeordneten Ziels gut gewählt. Wir empfehlen, dass die Roadmap im Hinblick auf Skalierbarkeit der Meilensteine, Priorisierung von Schlüsseltechnologien wie beispielsweise der sogenannten „Synthetic Biology“ sowie regulatorischer bzw. politischer Entwicklungen nachjustiert wird.

Erfolgreich:

- Inhaltlich sinnvoll und grundsätzlich industriepolitisch richtig ausgerichtet, jedoch in Teilen noch zu unambitioniert.

Entwicklungspotenzial:

- Die Zeitachsen für die Umsetzung der Meilensteine der Roadmap Biotechnologie (2028–2030) sind **oftmals nicht kompatibel mit Verfahrens- und Investitionszyklen, Genehmigungs- und Skalierungsrealitäten sowie den Zeitplänen europäischer Gesetzgebung**.
- Die Roadmap ist im Bereich der Gesundheitsforschung derzeit stark auf Gen- und Zelltherapien ausgerichtet. Diese Schwerpunktsetzung ist fachlich nachvollziehbar, sollte jedoch nicht zu einer Verengung des innovationspolitischen Blicks führen. **Neben Zell- und Gentherapien sollten be-**

reits heute weitere relevante Technologieplattformen und Arzneimittelklassen wie mRNA-Therapeutika, PROTACs und andere neuartige Modalitäten berücksichtigt werden.

- Gesellschaftliche Akzeptanz ist nicht flächendeckend erreicht. Bereits bestehende Biotechnologie-Fortschritte wie mRNA-Impfstoffe und Gentherapien stoßen in Teilen der Gesellschaft noch auf Skepsis und Ablehnung. Um Technologiefortschritte auch marktfähig zu machen, ist, besonders bei endanwendungsorientierten Technologien, gleichzeitig die gesellschaftliche Akzeptanz über gezielte Programme zu fördern. Insbesondere das Modellvorhaben Genomsequenzierung gemäß § 64e SGB V sieht vor, dass die Genomsequenzierungskapazitäten für die Erforschung von innovativer personalisierter Diagnostik und Therapie in Deutschland ausgebaut werden sollen.
- Skalierung: Aktuell ist das Skalierungspotenzial der aufgeführten Ziele und deren industrielle Umsetzung zu wenig konkretisiert und zum Teil nur vage beschrieben. Gerade die bei der Biotechnologie bedeutenden klinischen Studien sind ohne signifikante Aufbereitung digitaler „Fast-Track-Genehmigungsverfahren“ kaum zeitnah zu realisieren. Verfahrensunterbrechungen sind dringlichst zu vermeiden. Die in der Roadmap angekündigte zentrale Koordinierungsstelle muss zwingend an bundesweit bindende Musterverträge geknüpft werden, um die lähmenden Vertragsblockaden mit den Universitätskliniken aufzulösen. Ebenso wäre ein einheitliches Vergütungsmodell hilfreich.
- Die Abhängigkeiten von regulatorischen Reformen und politischen Prozessen, wie beispielsweise die erfolgreiche und schnelle MDR/IVDR-Revision sowie deren Abgrenzung zu konkurrierender Gesetzgebung wie dem AI-Act, sind bisher noch nicht ausreichend einkalkuliert. Die daraus entstehenden veränderten politischen und vor allem regulatorischen Rahmenbedingungen könnten einen großen Einfluss auf die Meilensteine haben und sollten entsprechend mitgeplant und „eingepreist“ werden. Insbesondere das Ziel, Entwicklungszeiten in der Biotechnologie (z. B. durch KI-Biofoundries) zu halbieren, muss durch eine proaktive Harmonisierung der nationalen Regulatorik mit kommendem EU-Recht – spezifisch dem EU-Pharmapaket und der EU-HTA (Health Technology Assessment) – investitionssicher flankiert werden.
- Unternehmensgetriebene Skalierung, wie „Good Manufacturing Practice“ (GMP)-Kapazitäten, Produktionsanlagen und industrielle Bioprozesse, bleiben zu wenig einbezogen. Die Industrie muss bei den Meilensteinen stärker in den Fokus gerückt werden; denn dort werden die Meilensteine letztlich in Kapital und die physische Anwendung (d. h. in die Innovation) übersetzt.
- Bisher ist die Lieferkettenabhängigkeit bei biologischen Grundstoffen und biobasierten Chemikalien nicht hinreichend adressiert. Es bedarf einer Sicherungsstrategie für biopharmazeutische Schlüsselkomponenten, um die Handlungsfähigkeit der hiesigen Forschung und Produktion im Krisenfall abzusichern. Die bestehenden Abhängigkeiten von Drittstaaten sind zeitnah aufzubrechen.
- Die Schnittstelle zwischen Biotechnologie, Medizintechnik und medizinisch relevanten Anlagen sollte stärker berücksichtigt werden, da sie wesentlich zur Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte, Diagnostik und patientennahe Versorgung beiträgt. Insbesondere der Ausbau der Point-of-Care-Diagnostik kann Therapieentscheidungen durch schnellere Diagnosen beschleunigen, erfordert jedoch agile Zulassungsverfahren und eine nahtlose Integration in die klinische Versorgung.

Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine

Grundsätzlich besteht eine hohe Übereinstimmung mit den BDI-Handlungsempfehlungen. Wir begrüßen die Stärkung der Biotechnologie als eine künftige zentrale Wachstums- und Schlüsseltechnologie Deutschlands sowie den klaren Fokus auf Translation von Forschung in die Anwendung. Die Anerkennung des BMFTR hinsichtlich der Bedeutung der Rolle von Datenverfügbarkeit und der Verarbeitung von Daten, wie sie bspw. durch den European Health Data Space (EHDS) und Forschungsdatennutzungsgesetz erfolgen sollen, ist ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zum Biotechnologie-Standort Deutschland. Darüber hinaus sind sie auf Linie mit unserer Forderung nach einem kohärenten, innovationsfreundlichen regulatorischen Rahmen, der konkurrierende Gesetzgebung rechtssicher klärt. Auch die Betonung der Bedeutung von Public-Private Partnerships und potenziellen IPCEI Ansätzen (bspw. Aufbau eines EU-weiten IPCEI Biotech) spiegelt die BDI-Position wider.

Dennoch bleiben **die BDI-Forderungen zu Planungssicherheit, De-Risking und künftigen Leitmärkten nur teilweise berücksichtigt**. Hier bedarf es einer Nachjustierung, um auch im Hinblick auf zukünftige Innovationen risikobereinigt agieren zu können. Die industrielle Anwendung erfordert zudem eine moderne End-to-End One Governance. Da hochinnovative Therapien die Grenzen zwischen Arzneimitteln, Diagnostika (z. B. Biomarker) und digitalen Instrumenten aufheben, muss die behördliche Aufsicht über diese Zulassungs- und Regulierungsprozesse in einem einzigen, integrierten System zusammengeführt werden, anstatt sie regulatorisch zu zersplittern. So kann eine schnellere Patientenversorgung gewährleistet werden. Auch Unternehmensentscheidungen und Unternehmenslogik, wie zum Beispiel bei der Standortwahl, sind bisher nicht hinreichend reflektiert und aufgegriffen. Um Deutschland im Biotech-Bereich zu fördern, gilt es, attraktiver Standort für Biotech-Unternehmen zu sein. Das muss sich in der **Regulatorik, in den Forschungsfreiheitsgraden und in der Erprobung** spiegeln.

Finanzierung und Instrumente

Während die Roadmap wesentliche Instrumente grundsätzlich benennt, wie Infrastruktur-Förderung, Flagship-Instrumente der HTAD, IPCEI, europäische Initiativen/Programme (z. B. PPP), Bundes- und Länderprogramme, ordnet sie diese bisher nicht hinreichend zu. Es bleibt offen, welches Förderinstrument welchem Meilenstein zugeordnet ist. Weitere **Unklarheiten bestehen bei Fördervolumina, Laufzeiten und Anschlussfinanzierung**. Die fragmentierte Förderungs- und Finanzierungslandschaft birgt die Gefahr kleinteiliger Projektförderung statt skalierbarer Industrieprojekte. Die Umsetzung sollte aber über offene und wettbewerbliche Formate erfolgen, damit die führenden Institutionen der deutschen Innovationslandschaft ihre Kompetenzen einbringen können.

Roadmap 5: Fusion

Die Roadmap ist ein ambitionierter und vielversprechender Ansatz, der im Erfolgsfall die internationale technologische Spitzenstellung Deutschlands befördert, zu einer wertvollen Ergänzung der klimaneutralen Energieversorgung beiträgt und einen Impuls von Aufbruch in Wirtschaft und Gesellschaft sendet.

Der klare Fokus auf die wesentlichen technischen Herausforderungen ist zu begrüßen: beginnend mit der Etablierung von Hubs für Magnet- und Laserfusion ab 2026, über einen Entscheidungspunkt zur Konzentration auf Laser- oder Magnetfusion in der zweiten Hälfte der 2030er Jahre bis hin zur Inbetriebnahme eines Demonstrationskraftwerks („first of a kind“) in den 2040er Jahren. Der Zeitplan ist angesichts des aktuellen Stands der Forschung hochambitioniert, gleichwohl ist es richtig, ihn mit viel Ehrgeiz zu gestalten. Dies zeigt ein Blick in internationale Wettbewerberländer wie die USA, wo teilweise noch ambitioniertere Zeitpläne aufgestellt wurden.

Zugleich greift dies den Impuls aus dem Koalitionsvertrag auf, der explizit den Anspruch formuliert, das erste Fusionskraftwerk der Welt „in Deutschland“ zu bauen. Allerdings müssten dann auch die **Bau- und Genehmigungsprozesse** erheblich – und für Deutschland eher ungewohnt – beschleunigt werden, um bei entsprechendem Fortschritt der Forschung auch bezüglich dieser Aspekte rechtzeitig ins Ziel zu kommen. Diesen Zielen müssen selbstverständlich die Steigerung des Technologiereifegrades wesentlicher Technologien aus den Bereichen Brennstoffkreislauf und Materialentwicklung als Grundsteine für den Bau eines Fusionskraftwerkes in Deutschland, aber auch als frühzeitige Wertschöpfungsmöglichkeiten außerhalb der Fusion vorangestellt werden. Auch die Schaffung von Voraussetzungen, die es im Vorfeld des eigentlichen Baus eines Fusionskraftwerkes bedarf, wie etwa den Aufbau von Kommunikation zu Chancen und Potenzialen der Fusion, aber auch die Regulierung der Fusion im Strahlenschutzgesetz, benötigt rasche Ergebnisse und mehr Anerkennung. Schließlich kann die Nutzung bestehender Energie- und Kraftwerksstandorte – einschließlich ehemaliger Kernkraftwerksstandorte – erhebliche Zeit-, Kosten- und Risikovorteile bieten. Sie sind ein wichtiger Standortvorteil für Fusionshubs, Demonstrationsanlagen und spätere kommerzielle Anwendungen und sollten daher systematisch geprüft und genutzt werden.

Insgesamt ist die Finanzierung ein zentraler Erfolgsfaktor für die Fusion. Neben der reinen Mittelbereitstellung wird es entscheidend sein, eine klare Systemverantwortung für das Demokraftwerk unter industrieller Führung bereits heute zu vergeben. Daneben müssen industrielle **Förderinstrumente stärker auf Skalierung und langfristige Investitionssicherheit ausgerichtet werden**. Nur so kann sichergestellt werden, dass die ambitionierten Ziele der Roadmap tatsächlich in industrielle Wertschöpfung und technologische Führung überführt werden.

Einschätzung der Meilensteine

Die definierten Meilensteine adressieren zwar übergeordnete grundsätzliche technologische Herausforderungen. Es fehlt jedoch ein systemischer Meilensteinplan, der ausgehend vom Fertigstellungsdatum des Demokraftwerkes (rückwärts bis heute) das Zusammenspiel der wesentlichen Gewerke reflektiert. Insbesondere ist auch offen, wer die klare Systemverantwortung für den Kraftwerks-Meilensteinplan hat.

- Gerade bei langfristigen Technologien wie der Fusion ist es essenziell, Zwischenziele so zu definieren, dass sie sowohl technologischen Fortschritt messbar machen als auch wirtschaftliche Ver-

wertbarkeit ermöglichen. So entsteht Erfolg und Wirtschaftlichkeit bereits im Prozess, was industrielle Attraktivität und Kapitalmobilisierung stärkt.

- Positiv: Die langfristige Zielarchitektur vom Aufbau von Forschungs- und Entwicklungsstrukturen bis hin zum Demokraftwerk für die kritischen Fusionstechnologien ist zu begrüßen.
- Der Fokus auf Technologien wie Brennstoffkreislauf und Materialentwicklung als zentrale Voraussetzungen für funktionierende Fusionssysteme illustriert, dass die Roadmap sowie die Technologie einen Fokus auf die kritischen Bereiche haben.
- Die strukturierte Bündelung von Maßnahmen durch Fusions-Hubs, IPCEI-Ansätze, Fachkräfteprogramme und Einbindung bestehender Großforschung wie Wendelstein 7-X verschafft einen besseren Überblick über die bestehende Forschungs-, Transfer- und Industrielandschaft. Allerdings ist es zwingend erforderlich, dass Anträge vereinfacht und die Genehmigungsdauer von eingereichten IPCEI Anträgen **erheblich** beschleunigt wird.
- Die ersten Berücksichtigungen regulatorischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen zeigen ebenfalls, dass sich dem Thema mehrdimensional und reflektiert genähert wurde. Darauf ist nun weiter aufzubauen.

Entwicklungspotenzial:

- Die Zeitachsen – insbesondere im Hinblick auf ein Demokraftwerk – erscheinen nach heutigem Stand **nicht konsistent mit realistischen Genehmigungs- und Bauprozessen**. Hierzu sind unbürokratische, wesentlich vereinfachte und schnellere Genehmigungsverfahren erforderlich.
- **Potenziale für wirtschaftlich nutzbare Zwischenanwendungen.** Dual-Use-Technologien werden bislang nicht systematisch adressiert, obwohl sie zentral für Attraktivität von Investoren und industrielle Beteiligung sind und weniger abhängig oder behindert durch Regulatorik oder intensive, zeitaufwändige Bauvorhaben.
- Die Zieldefinition eines Demokraftwerks ist **zu wenig auf ein vollständiges Gesamtsystem ausgerichtet**; insbesondere ist eine klare systemische Gesamtverantwortung sowie eine klare Definition der Anforderungen / Spezifikation für die Hauptkomponenten des Demokraftwerkes von Beginn an erforderlich. Es braucht einen strukturierten Prozess, der die Förderkulisse der Fusions-Hubs gezielt unterstützt, von Beginn an auf industrielle Umsetzbarkeit ausgerichtet ist und eine belastbare Entscheidungsgrundlage für Demokraftwerke in Laser- und Magnetfusion schafft. Der Prozess muss sich an etablierten industriellen Vorgehensweisen orientieren und gezielt auf den Fusionskontext zugeschnitten werden; er muss entlang von meilensteinbasierten Kriterien und im Kraftwerksgeschäft üblichen Stage-Gate-Modellen die Besicherung der späteren Angebotsfähigkeit zum Bau der Demokraftwerke sicherstellen.
- **Regulatorische Voraussetzungen**, Kommunikationsstrategien und gesellschaftliche Akzeptanz werden zwar adressiert, aber noch **nicht ausreichend operationalisiert**. Die Kernfrage, wie diese Herausforderungen breitenwirksam angegangen und zivilgesellschaftlich kommuniziert werden können, bleibt bisher unbeantwortet.
- **Normung und Regulatorik:** Industrielle Entwickler arbeiten auf Basis geltender Normen und Standards. Für wesentliche Bereiche der Fusion sind diese heute noch nicht verfügbar. Daher

müssen – neben der Regulatorik – auch technische Normen auf dem Weg zum Demokraftwerk begleitend entwickelt werden.

Industrielle Anschlussfähigkeit der Meilensteine

Die Roadmap ist grundsätzlich anschlussfähig an die industriepolitische Perspektive und wird auch aus Sicht der Industrie durch den BDI positiv bewertet. Die Einordnung der Fusion als potenzielle Schlüsseltechnologie mit langfristiger Relevanz für Energiesysteme und industrielle Wertschöpfung wird ausdrücklich geteilt.

Gleichzeitig zeigt sich, dass die erforderlichen Randbedingungen für eine großskalige industrielle Beteiligung noch nicht gegeben sind. Insbesondere ist unklar, wem die Systemverantwortung zugeordnet ist und wie Risiken für industrielle Teilnehmer auf ein erträgliches Maß begrenzt werden. Da ein skalierendes Kraftwerksgeschäft und entsprechende Erträge voraussichtlich erst in mehr als 20 Jahren zu erwarten sind, kann ein intensives Engagement der Industrie nur bei signifikanten Förderquoten (CAPEX und OPEX) erfolgen.

Klare Perspektiven sind erforderlich, wie Industrieakteure entlang der Wertschöpfungskette frühzeitig eingebunden und wirtschaftlich eingebettet werden können. Ein zentraler Hebel liegt in der Entwicklung von Zwischenwertschöpfungspfaden. Technologien aus der Fusionsforschung – etwa in den Bereichen Materialwissenschaften, Hochleistungslaser oder Neutronentechnologien – bieten bereits vor der Realisierung eines Kraftwerks erhebliche Anwendungspotenziale in anderen Industrien. Diese sollten gezielt identifiziert und gefördert werden, um frühzeitige industrielle Beteiligung und Skalierung zu ermöglichen.

Finanzierung und Instrumente

Die Finanzierung der Fusionsforschung hat in den vergangenen Jahren eine deutliche Dynamik erfahren. Sowohl auf staatlicher Seite als auch im privaten Sektor ist ein wachsendes Engagement zu beobachten. Der zunehmende Zufluss privaten Kapitals auf globaler Ebene, einschließlich Investitionen in deutsche Fusions-Start-ups, muss gefördert werden. Die Aufnahme der Fusion in die Hightech Agenda Deutschland und die Erstellung der Roadmap sendet ein politisches Signal für eine langfristige Priorisierung der Fusion als Zukunftstechnologie, welche Industrie und Wissenschaft Sicherheit vermittelt.

Zudem muss der Staat eine aktive Rolle übernehmen: Er beteiligt sich an dem Prozess, definiert die Zielerfordernisse mit und schafft die notwendige Planungssicherheit durch die Übernahme von Risiken, die wirtschaftenden Unternehmen nicht allein zuzumuten sind.

Und dennoch: Die **langfristigen Finanzierungsbedarfe sind bislang nur schwer abschätzbar**, was Planungssicherheit erschwert. Für die Skalierung wird privates Kapital essenziell sein; hierfür müssen attraktivere Investitionsbedingungen geschaffen werden. Auch sind öffentliche Förderinstrumente und private Investitionen bisher nicht systematisch aufeinander abgestimmt. Zwischen Staat, Wirtschaft und Wissenschaft bedarf es gezielter Maßnahmen zur Risikoreduzierung, um private Investitionen in einem kapitalintensiven und langfristigen Technologiefeld zu ermöglichen.

Roadmap 6: Batterietechnologie

Die Roadmap Batterietechnologie setzt unterstützenswerte Ziele, ist aber noch keine stringente Strategie mit adäquaten Maßnahmen für eine deutsche Technologieführerschaft bei Batterietechnologien.

Die Roadmap setzt mit den Handlungsfeldern Batterieforschung, Spezial- und Massenmärkte Schwerpunkte, in denen eine starke deutsche Wettbewerbsposition elementar ist, um am internationalen Wachstumsmarkt der Batterien zu partizipieren. Die Stärkung der Batterieforschung und Skalierungsfähigkeit durch den Erhalt und Ausbau von Kompetenzen im Bereich der Produktionstechnologien mit Fokus auf Innovationspotenziale in bestehenden Batterietechnologien sowie Technologien für die Batterien der nächsten Generation, wie Festkörperbatterien und Zellsysteme auf Natrium-Ionen und Schwefelbasis, ist Voraussetzung für Innovationen in den Bereichen Mobilität, Verteidigung und Energieversorgung. Dazu sollen das Wissenschaftssystem gestärkt, die Fachkräftegewinnung erleichtert, die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie über erleichterten Zugang zu Forschungsinfrastrukturen für KMU und Transfer in höhere TRL verbessert sowie europäische und internationale Forschungs- und Technologiekooperationen ausgebaut werden. Eine Einbettung nationaler Maßnahmen in bestehende europäische Initiativen ist sicherzustellen. Der **Aufbau von Fertigungskapazitäten in Deutschland und Europa ist im Hinblick auf High-Volume Manufacturing unerlässlich** und dringend voranzutreiben. Die in der Roadmap bereits angelegten Meilensteine zur Industrialisierung von Batterietechnologien, insbesondere bei Batterien der nächsten Generation, müssen rasch in konkrete Maßnahmen übersetzt und mit höchster Priorität verfolgt werden, um die Technologieführerschaft Deutschlands in der Entwicklung neuer Batterien, beim Bau von Produktionsanlagen und in der Herstellung zu sichern. Voraussetzung für eine erfolgreiche Industrialisierung ist deutlich mehr Tempo bei der Entwicklung, Planung und Genehmigung sowie dem Bau von Produktionsanlagen. All diese Maßnahmen zählen auf die strategische Souveränität Deutschlands ein.

Die Sicherung der Technologieführerschaft bei Spezialanwendungen ist mit Blick auf die führenden globalen Wettbewerber ein besonders förderungswürdiger und auch schützenswerter Teilbereich. Hier muss der Industrie ein deutlich schnellerer Transfer auf Massenmärkte ermöglicht werden. Der Industrietransfer soll durch die Vertikalen Applikationsallianzen Batterie (VAAB) entlang der gesamten Wertschöpfungskette beschleunigt werden, was wir unterstützen. Dennoch ist darüber hinaus eine kritische Auseinandersetzung mit bestehenden Hindernissen im Skalierungsbereich dringend erforderlich.

Einschätzung der Meilensteine

Die Roadmap bildet Industrieinteressen und -ziele ab. Dennoch fehlt ein überzeugender Ansatz für die Industrialisierung deutscher Kompetenzen in Zukunftsmärkten. Die Bundesregierung sollte sich unter enger Einbindung der Industrie für attraktive Investitionsbedingungen in Deutschland einsetzen. Dafür sind neben Förderinstrumenten allgemeine Standortfaktoren wie eine Energieversorgung zu international wettbewerbsfähigen Preisen und Rohstoffverfügbarkeiten entscheidend. Die Bundesregierung sollte zudem den Anspruch haben, Wertschöpfungsanteile in Sektoren wie der Automobilindustrie zurückzugewinnen und sich nicht allein auf Spezialanwendungen zu fokussieren. Das sichert Wertschöpfung, Arbeitsplätze und stärkt die Resilienz des Standorts. Zukünftige Roadmaps sollten Massenmärkte stärker in den Fokus nehmen. Denn gerade im Mobilitätssektor sind Deutschland und Europa vermehrt von Drittstaaten abhängig. Diese Abhängigkeiten gilt es zu reduzieren und den Standort Europa zu stärken. Um dieses Ziel zu erreichen, braucht es maximale Geschwindigkeit bei der Umsetzung der Roadmap. Ziel muss sein, dass noch in dieser Legislaturperiode deutliche Fortschritte erzielt und die zeitlichen Vorgaben der Meilensteine übererfüllt werden.

Erfolgreich:

- Die Roadmap setzt unterstützenswerte Ziele. Der Weg zu deren Realisierung muss aber von der Grundlagenforschung bis hin zum Markthochlauf weiter konkretisiert und mit ambitionierteren Timelines versehen werden, damit Deutschland im internationalen Wettbewerb Schritt halten kann.

Entwicklungspotenzial:

- Ein stärkerer Fokus auf die Industrialisierung von Batterietechnologien mit konkreten Maßnahmen ist dringend erforderlich. **Die angedachte Batteriestrategie darf sich nicht auf die Definition von Zielbildern beschränken.** Aktuell sind mit den Vertikalen Applikationsallianzen Batterie (VAAB – BatSB3) und dem Handlungsfeld Technologieführerschaft (Bat-SB2) lediglich zwei Meilensteine vorgesehen, für die sich das BMFTR als zentraler Umsetzungspartner versteht. Zielmarken werden für die kommende Legislaturperiode definiert. Wie konkret eine Technologieführerschaft bei Spezialanwendungen und Wachstumsmärkten wie stationären Speichern erreicht werden soll, bleibt unklar.
- Die Konzentration auf Spezialanwendungen kann dazu führen, dass **Deutschland bei Batterietechnologien und deren Industrialisierung im internationalen Wettbewerb weiter an Boden verliert.** Eine Ausklammerung der Automobilindustrie beinhaltet das Risiko, dass deutsche Unternehmen am tiefgreifenden Transformationsprozess eines Sektors mit immensen Wachstumspotenzialen und hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung nicht in ausreichendem Maßstab teilhaben. Nur so lassen sich Wertschöpfung und Beschäftigung am Standort erhalten.
- Deutschland muss bei der **Fertigung von Batteriezellen und Batterien resilienter und unabhängiger von globalen Lieferketten** werden. Eine große Importabhängigkeit bei lithiumbasierten Batteriezellen im Bereich der Batteriespeicher ist für die kritische Netzinfrastruktur und Wehrtechnik sicherheitspolitisch riskant. Dieses Sicherheitsrisiko findet noch zu wenig Beachtung. Zielsetzung neuer Batterietechnologien sollte sein, kritische Rohstoffe zu vermeiden oder zu ersetzen und dazu beispielsweise innovative neue Materialien zu entwickeln und zu nutzen. Auch Recycling sollte im Zuge dessen bereits Teil des Innovationsrahmens sein. Deutschland braucht eine umfassende Strategie für den konsequenten Aufbau eines Batterieökosystems über alle Wertschöpfungsstufen hinweg. Im Rahmen der angekündigten Batteriestrategie sollte gemeinsam mit den beteiligten Akteuren ein Zukunftsbild und eine Strategie für das Batterieökosystem entwickelt werden.
- Ein erfolgreiches Batterieökosystem benötigt wettbewerbsfähige industriepolitische und regulatorische Rahmenbedingungen, um ein kreislauffähiges System mit Wertschöpfung vor Ort zu ermöglichen und zu stärken. Maßnahmen wie der Abbau von Bürokratie, attraktive steuerliche Regelungen und effiziente Fördermaßnahmen können die Standortbedingungen verbessern. Die Batteriezellproduktion ist energieintensiv. Für den Sektor sind deshalb Maßnahmen zur Herstellung eines international wettbewerbsfähigen Strompreisniveaus erforderlich.

Impressum

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI)
Breite Straße 29, 10178 Berlin
www.bdi.eu
T: +49 30 2028-0

Lobbyregisternummer: R000534

Redaktion

Johanna Klein
Referentin Innovation, Sicherheit und Technologie
T: +49 30 2028-0000
j.klein@bdi.eu

Tabea Sophie Winzer
Praktikantin Innovation, Sicherheit und Technologie
T: +49 30 2028-1604
t.winzer@bdi.eu

BDI Dokumentennummer: D 2330