MÜNCHNER KREIS 1974 - 2024

SCHIRMHERRSCHAFT

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

MÜNCHNER KREIS

ZUKUNFTSSTUDIE IX

DAS **DEEP TECH** MANIFEST:

Weckruf für einen schlummernden Riesen

Wie wir **DEEP TECH** in Deutschland zum nachhaltigen Erfolg führen

FÖRDERPARTNER

HUAWEI

tagueri SCALIAN GROUP

PROJEKTLEITUNG

LMU Ludwig-Maximilians-Universität München

i40

UNTERSTÜTZER

FESTO

MATERNA Information & Communications

SAP

adesso

SIEMENS

TUM CAMPUS HN

Technische Universität München

TUM

Zitationshinweis:
Zitieren Sie diese Studie wie folgt:
MÜNCHNER KREIS e. V. Zukunftsstudie IX: DAS DEEP TECH MANIFEST: WECKRUF FÜR EINEN SCHLUMMERNDEN RIESEN 2024

Bitte beachten Sie sonstige Quellenangaben in der Studie.

Copyright
© MÜNCHNER KREIS e. V., Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, Huawei, Tagueri AG, Ludwig-Maximilians-Universität München, i40 – the future skills company, Materna Information & Communications SE, SAP, Technische Universität München, Festo, adesso SE, Siemens, TUM KrcmarLab, TUM Campus Heilbronn – München 2024

MÜNCHNER KREIS ZUKUNFTSSTUDIE BAND IX

DAS **DEEP TECH** MANIFEST:

WECKRUF FÜR EINEN SCHLUMMERNDEN RIESEN

Wie wir **DEEP TECH** in Deutschland zum nachhaltigen Erfolg führen.

INHALTSVERZEICHNIS

Projektzusammensetzung **6**

Vorwort – Staatsminister Hubert Aiwanger **12**

Vorwort – Prof. Dr. Dr. h. c. Helmut Krcmar **14**

Partner Statements **16**

1. Executive Summary **22**

2. DAS DEEP TECH MANIFEST: Weckruf für einen schlummernden Riesen **34**

3. Einleitung und Hintergrund **56**

4. Methodik **64**

5. Deep Tech Begriff und Narrativ **68**

6. Deep Tech Akteure und Ökosystem **92**

7. Deep Tech und Nachhaltigkeit **228**

Abbildungsverzeichnis..... **246**

Abkürzungsverzeichnis..... **248**

Literaturverzeichnis..... **250**

PROJEKTZUSAMMENSETZUNG

Herausgeber

MÜNCHNER KREIS e. V.

MÜNCHNER KREIS 1974 - 2024

Wissenschaftliche Projektleitung

Prof. Dr. Johann Kranz
Leiter der Professur für Digitale Services und Nachhaltigkeit; Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)

Operative Projektleitung

Dr. Philipp V. Ramin
Gründer und CEO
i40 – the future skills company

EXPERTENPANEL[1]

Forschungseinrichtungen

Prof. Dr. Claudia Doblinger
Professorin für Innovation und Technologiemanagement; TUM Campus Straubing

Prof. Dr. Dominik Grimm
Professor für Bioinformatik
TUM Campus Straubing

Prof. Dr. Bastian Halecker
Professor für Deep Tech Entrepreneurship;
XU Exponential University of Applied Sciences

Prof. Dr. Dietmar Harhoff
Direktor, Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Prof. Dr. Helmut Schönenberger
Co-Founder & CEO
UnternehmerTUM

Prof. Dr. Günther Schuh
Leiter des Lehrstuhls für Produktionssystematik;
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Prof. Dr. Youngjin Yoo
Professorship for Entrepreneurship;
Case Western Reserve University

Christoph Zinser
Referent der Geschäftsführung des Verein für berufliche Integration e. V.

Hochschulprofessor
Technische Hochschule

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Außeruniversitäre Forschungseinrichtung

[1] Anmerkung: Manche der 60 befragten Experten verzichteten auf namentliche Erwähnung.

Öffentliche Hand

Benjamin Brake
Leiter der Abteilung Digital- und Datenpolitik; Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

Dr. Reinhard Brandl
Mitglied des Deutschen Bundestages; Ordentliches Mitglied des Ausschuss für Digitales

Dr. Sabine Donauer
Referatsleiterin Digitaler Innovationsstandort; Europäische Digitalpolitik; Internationales; Bayerisches Staatsministerium für Digitales

Robin Hempel
Referent für Digitalisierung der Wirtschaft; Deep Tech Berlin und Künstliche Intelligenz; Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe

Oliver Hunke
Referatsleiter Bürgschaftsbanken, KfW-Tochtergesellschaften, innovative Gründungen, Warenkreditversicherungen; Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Johannes Kirnberger
Policy Advisor, AI & Sustainability; Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD)

Rafael Laguna de la Vera
Gründungsdirektor; Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIN-D)

Maximilian Lenschow
Stellvertretender Leiter des Referat Gründerland Bayern; Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Dr. Christian Pfrang
Referatsleiter Cloud, Plattformen und Datenmanagement; Bayerisches Staatsministerium für Digitales

Dr. Thomas Sattelberger
Ehem. Mitglied des Deutschen Bundestages und parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung a. D.

Josef Schmid
Mitglied des Bayerischen Landtags

Prof. Dr. Stephan Seiter
Mitglied des Deutschen Bundestages; Obmann des Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

Investoren

Charles Beigbeder
Foundingpartner; Quantonation

Nick de la Forge
Co-Founder & Partner; Planet A Ventures

Sebastian Heitmann
Co-Founder; Extantia Capital

Alexander de Kegel
Chief Investment Officer & Managing Director; Allianz X North America

Ingo Klöckner
Head of Portfolio Strategy & Reporting; Leaps by Bayer

Ulrich Kruse
Investment Manager; TRUMPF Venture

Dr. Ulrich Piepel
CEO; 3P Procurement Ventures

Dr. Elisabeth Schrey
Geschäftsführerin; Deep Tech & Climate Fonds

Fredrick Spalcke

Olivier Tonneau
Partner; Quantonation

Unternehmen

Matthis Berghoff
Digital Strategy Consultant; Materna Information & Communications (Materna)

Stephan Brun
Environment Protection Engineer; Audi

Alfons Dintner
Unternehmensinhaber; DI.OP Organisations- & Prozessberatung

Nicolas Eckardt
Principal Strategy; Camelot Management Consultants

Jan Gilg
President and Chief Product Officer; Cloud ERP, SAP

Dr. Jan Götz
Co-CEO & Co-Founder; IQM Quantum Computers (IQM)

Dr. Matthias Groh
CCO & Co-Founder; Resmonics

Dr. Stefan Groß-Selbeck
Geschäftsführender Inhaber;
SGS Advice

Dr. Annika Hauptvogel
Head of Technology & Innovation Management;
Siemens

Peter Hegedüs
Founder & CEO;
METTA Green Deep Tech

Jens Helmerich
Partner & Senior Manager Leading Strategy;
Tagueri

Dr. Oliver Kemmann
Co-Founder & CEO;
Robotspaceship

Tino Krause
Regional Director Central Europe;
META

Dr. Michael Küpper
Product Manager Capacity & Traffic Management; Deutsche Bahn

Dr. Jan-Rainer Lahmann
IBM Distinguished Engineer;
SAP Customer Success and IBM Quantum TechSales Lead DACH; IBM

Dr. Sicco Lehmann-Brauns
Senior Director Innovation Policy;
Siemens

Dr. André Luckow
Head of Innovation and Emerging Technologies; BMW Group

Karsten Peddinghaus
General Manager Public Funding;
BMW Group

Matthias Siedler
Co-Founder & Managing Partner;
eisbach partners

Eric Somitsch
Senior Director; Agribusiness and Commodity Management; AI-Lead & Solution Owner Farm-to-Consume; SAP

Maja Völkel
Group Corporate Social Responsibility Manager; Materna Information & Communications

Daniel Wiegand
Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme,
Lilium

Lars Wochnik
Head of Strategy, M&A and Ventures;
Testo

Autoren

Prof. Dr. Johann Kranz
Leiter der Professur für Digitale Services und Nachhaltigkeit; LMU

Tim Kraft
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Digitale Services und Nachhaltigkeit; LMU

Co-Autoren

Dr. Philipp V. Ramin
Gründer und CEO;
i40 – the future skills company

Prof. Dr. Dr. h. c. Helmut Krcmar
Professor an der TUM und Leiter des Forschungsausschusses des MÜNCHNER KREIS

Projektkoordination

Dr. Philipp V. Ramin
Gründer und CEO;
i40 – the future skills company

Benedikt Dirscherl
COO; i40 – the future skills company

Anne Koark
Marketing und Presse;
i40 – the future skills company

Leon Hintermeier
Forschung; i40 – the future skills company

Marvin Müller
Forschung; i40 – the future skills company

Nataly Gnezdilova
PMO; i40 – the future skills company

Louisa Hackl, Social Media;
i40 – the future skills company

Dr. Rahild Neuburger
Geschäftsführerin MÜNCHNER KREIS e. V.

Kim Krüger, Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin; TUM

PROJEKTPARTNER

Schirmherrschaft

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Dr. Fabienne Rasel
Stellvertretende Referatsleiterin

Dr. Klaus-Peter Potthast
Leiter Abteilung II – Wirtschaftspolitik, Koordination, Industrie

Design und Layout

Stefanie Murphy, Dipl. Des. (FH)
Murphy Design Solutions
www.murphydesignsolutions.de

Förderpartner

HUAWEI

Dr. Michael Lemke
Chief Security Officer,
Huawei Deutschland

Dr. Michael Lipka
Senior Manager Technology Strategy

tagueri SCALIAN GROUP

Jens Helmerich
Partner & Senior Manager
Leading Strategy

Projektlaufzeit

März – Oktober 2024

Lektorat

Dr. Maria Ponholzer

Unterstützer

MÜNCHNER KREIS 1974 - 2024

Prof. Dr. Michael Dowling, Vorsitzender des Vorstandes

Dr. Rahild Neuburger, Geschäftsführerin

SIEMENS

Dr. Sicco Lehmann-Brauns
Senior Director Innovation Policy

SAP

Stefan Wagner, Geschäftsführer der SAP Labs München

Dr. Katharina Wollenberg, Leiterin der Industrie- und Universitätskooperation

Dr. Michael Wittmann,
KI-Entwicklungsexperte bei SAP BTP Innovation

Krcmar Lab

Prof. Dr. Dr. h. c. Helmut Krcmar
Professor an der TUM und Leiter des Forschungsausschusses des MÜNCHNER KREIS

TUM CAMPUS HN | Technische Universität München | TUM

TUM Campus Heilbronn:

Daniel Gottschald, Geschäftsführer

Prof. Dr. Ali Sunyaev, Vizepräsident des TUM Campus Heilbronn

FESTO

Alfons Riek, Vizepräsident für Technologie und Innovation

Markus Köpschall
Leiter Innovationsmanagement

adesso

Dr. Holger Schmidt, Bereichsleiter

MATERNA
Information & Communications

Dr. Christian Samulewicz
Senior Vice President für Marketing und Kommunikation

Thomas Feld
Vice President für Datenwirtschaft

Vera Gebhardt, Leiterin des Competence Centers für Geoinformationssysteme

GRUSSWORT ZUR ZUKUNFTSSTUDIE „**DEEP TECH** FÜR INNOVATION UND NACHHALTIGKEIT“ DES MÜNCHNER KREIS



Hubert Aiwanger
Bayerischer Staatsminister für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie; Stellvertretender Ministerpräsident

Der MÜNCHNER KREIS hat schon in seinen bisherigen Studien bewiesen, wie vorausschauend und innovativ seine Mitglieder arbeiten.
Mit der aktuellen Studie greift er erneut ein zukunftsweisendes Thema auf: Deep Tech – die Treiber unseres technologischen Fortschritts.

Das Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen ist dabei besonders wichtig. Deshalb hat das Bayerische Wirtschaftsministerium diesen Forschungsansatz gerne unterstützt. Denn wir wissen: Bayerns größtes Potenzial liegt im globalen Wettbewerb darin, Innovationen hervorzubringen. Nur durch mutige Schritte in technologisches Neuland können wir unsere hervorragende Position im internationalen Wettbewerb behaupten. Deshalb legt die Bayerische Staatsregierung so großen Wert auf Forschung und Entwicklung.

Und deshalb stellen wir jedes Jahr entsprechende Mittel bereit und vernetzen gezielt Wissenschaft und Wirtschaft: Wir wollen in den Themenfeldern wie KI, Biotechnologie oder Quantencomputing ganz vorne dabei sein.

In der vorliegenden Studie des MÜNCHNER KREIS geht es nicht nur um die Frage, wie Deep Tech wirkt. Sie will zugleich den Impuls setzen, früher als bisher durch verfeinerte Methoden zukunftsrelevante Technologie abzusehen und einzusetzen.
Die Mitglieder des MÜNCHNER KREIS verfügen über Erfahrung und herausragende Expertise, uns diesem Ziel näherzubringen!

VORWORTE

Ich danke daher dem gesamten Studienteam, allen Teilnehmern an der Studie und dem MÜNCHNER KREIS für die Initiative und die Konzeption.
Ihr langjähriger Einsatz und die Leidenschaft für die Themen der Zukunft sind angesichts der aktuellen Herausforderungen wertvoller denn je.

Gemeinsam legen wir den Grundstein für eine weiterhin erfolgreiche Entwicklung Bayerns!



VORWORT ZUR ZUKUNFTSSTUDIE „**DEEP TECH** FÜR INNOVATION UND NACHHALTIGKEIT“ DES MÜNCHNER KREIS



Prof. Dr. Dr. h. c. Helmut Krcmar
Vorsitzender des Forschungsausschusses MÜNCHNER KREIS

Deutschland war einst ein Vorbild für technische Exzellenz und Ingenieurskunst, und die Welt blickte auf uns, wenn es um Innovation, Forschung und industrielle Produktion ging. Wir waren die Geburtsstätte bahnbrechender Erfindungen, führend in den Bereichen Maschinenbau, Automobilbau und Chemie, und unser Engagement für Präzision und Qualität war unübertroffen – eine Zeit, in der „Made in Germany“ als Gütesiegel galt. Doch in den letzten Jahrzehnten habe ich mit Besorgnis beobachtet, wie andere Nationen – allen voran die USA, aber auch aufstrebende Länder wie China – uns nicht nur eingeholt, sondern in vielen Bereichen überholt haben. Während Deutschland stolz auf seine Traditionen und Errungenschaften blickte, haben wir uns zunehmend in Selbstzufriedenheit gesonnt.

Die Technologien von morgen bieten Lösungen für die drängendsten Herausforderungen unserer Zeit – von der Bekämpfung des Klimawandels über die Gesundheitsversorgung bis hin zur Energiesicherheit. Doch gerade Deep Tech Lösungen erfordern Mut, Entschlossenheit und vor allem ein langfristiges Denken, das über die nächste Konjunkturperiode hinausreicht. Dies setzt die Bereitschaft voraus, alte Denkmuster aufzubrechen und eine neue Generation von Innovatoren zu unterstützen, die bereit sind, die Grenzen des Möglichen zu verschieben und die Zukunft proaktiv zu gestalten.

Diese Studie widmet sich daher der Frage, wie Deutschland zu einer führenden Deep Tech Nation werden kann. Sie beleuchtet den Wirtschaftsstandort Deutschland im Kontext der Deep Tech Revolution und gibt Orientierung für eine nachhaltige Zukunft durch technologische Innovationen. Entscheiderinnen und Entscheider in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft sollen Impulse erhalten, wie Innovationen gezielt gefördert und nachhaltig genutzt werden können.

VORWORTE

Es ist meine Hoffnung, dass die Zukunftsstudie IX des MÜNCHNER KREIS als Weckruf dient – nicht nur für die akademische und industrielle Gemeinschaft, sondern für die gesamte Gesellschaft. Die Ergebnisse dieser Studie sollen dazu beitragen, das Bewusstsein für die Chancen und Herausforderungen von Deep Tech zu schärfen und zugleich den Dialog über die Zukunft unserer technologischen Ausrichtung zu fördern.

Als Vorsitzender des Forschungsausschusses des MÜNCHNER KREIS freue ich mich über das Ergebnis, das durch die enge Zusammenarbeit und den intensiven Austausch zahlreicher Expertinnen und Experten ermöglicht wurde. Mein besonderer Dank gilt allen Teilnehmenden der Studie, der Projektleitung und den Verfassern, die mit ihrem Engagement und ihrer Expertise dazu beigetragen haben, wertvolle Einblicke zu gewinnen und die Grundlage für weiterführende Diskussionen zu legen.

Deutschland war einst Pionier. Es ist Zeit, diesen Geist des Vorreitertums wiederzubeleben.





Staatsminister Hubert Aiwanger · Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

„Deep Tech steht für technologische Innovationen, die unsere Wirtschaft grundlegend verändern können. Wer diese neuen Chancen heute mutig erschließt, wird künftig nachhaltige Erfolge einfahren. Deshalb fördern wir gezielt die Entwicklung und Anwendung dieser Technologien. Die aktuelle Zukunftsstudie des MÜNCHNER KREIS bringt Licht in die Zusammenhänge und Methoden hinter Deep Tech."

Prof. Dr. Dr. h. c. Helmut Krcmar, Leiter des KrcmarLab der TUM School of Computation, Information and Technology, Vorsitzender des Forschungsausschusses MÜNCHNER KREIS

„Als führende Technische Universität tragen wir durch Forschung und Ausbildung aktiv dazu bei, dass technologische Durchbrüche nicht nur entwickelt, sondern auch erfolgreich in die Praxis überführt werden. Um das Potenzial von Deep Tech voll auszuschöpfen, müssen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik gemeinsam handeln – hier bietet die Zukunftsstudie wichtige Orientierung und Handlungsempfehlungen. Besonders im Bereich Deep Tech ist es entscheidend, frühzeitig die nötigen Fähigkeiten zu erlernen und innovative Denkansätze zu entwickeln, um aktiv an der Gestaltung unserer gemeinsamen Zukunft mitzuwirken."





Prof. Dr. Michael Dowling · Faculty of Business, Economics, & Real Estate; University of Regensburg, Vorsitzender des Vorstands MÜNCHNER KREIS

„Deutschland kann eine erfolgreiche ‚Deep Tech'-Nation werden. Dazu müssen verschiedene Ökosysteme für ‚Deep Tech'-Technologien weiterentwickelt werden. Diese Technologien müssen dann erfolgreich in verschiedene Anwendungsfelder implementiert werden. Die MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudie: DAS DEEP TECH MANIFEST hat auf der Basis empirischer Daten und Analysen wichtige Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft entwickelt. Die Studie wird einen wichtigen Beitrag zu den notwendigen Veränderungen in Deutschland leisten."

PARTNER STATEMENTS



Jens Helmerich · Partner & Senior Manager; Leading Strategy@Tagueri

„Deutschland hat alle Fähigkeiten und Ressourcen, um die Lücke zwischen herausragender Forschung und marktfähigen Produkten in Deep Technologies zu schließen. Wir müssen wieder mehr Raum und Begeisterung für innovative Lösungen schaffen und fördern. Vor allem müssen wir aufhören, scheitern als Versagen zu stempeln. Wenn wir Investitionen in Schlüsseltechnologien stärken und vor allem bürokratische Prozesse – und das gilt auch für Unternehmen – abbauen, können wir wieder eine Spitzenposition der globalen Technologielandschaft erreichen."

Ingobert Veith · Vice President und Head of Public Affairs & Communications in der Huawei Technologies Deutschland



„Deep Tech ist essenziell, um viele wichtige Zukunftsfragen anzugehen und zu lösen. Die Bandbreite dabei ist riesig und reicht von einer nachhaltigen Energieversorgung bis hin zur Digitalisierung aller Wirtschafts- und Lebensbereiche. Wir glauben, dass Deutschland mit seiner großen Industrie- und Innovationstradition durch globale Zusammenarbeit in der Forschung, Entwicklung und Umsetzung von Deep Tech gestärkt werden kann."



Dr. Rahild Neuburger, op. Leitung FS Information; Organisation und Management; LMU München und Geschäftsführerin MÜNCHNER KREIS

„Mit Deep Tech widmet sich auch der neunte Teil der MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudien einem Thema von hoher Brisanz für den Standort Deutschland und Europa. Das auf zahlreichen Interviews mit Expertinnen und Experten basierende DAS DEEP TECH MANIFEST bietet Akteuren eine klare Orientierung. Um zukünftige ökonomische und ökologische Herausforderungen zu meistern, ist es entscheidend, in einem Deep Tech Ökosystem zu denken, Kräfte zu bündeln, pfadunabhängig Innovationen voranzutreiben und notwendige Kompetenzen aufzubauen."



Prof. Dr. Johann Kranz, Leiter der Professur für Digitale Services und Nachhaltigkeit
Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)

„Deep Tech Innovationen erfordern, dass wir dem vorherrschenden Diktat der Kurzfristigkeit und Pfadabhängigkeit in Wirtschaft, Politik, Verwaltung, Forschung und am Kapitalmarkt entkommen. Deswegen bringen wir in der Studie die Meinungen von diversen Fachleuten zusammen, um eine Diskussion über bessere Rahmenbedingungen für nachhaltige Deep Tech Innovationen anzustoßen."

Dr. Philipp V. Ramin · Gründer und CEO, i40 – the future skills company

„Unsere Deep Tech Studie zeigt klar: Bildung und Future Skills sind der Schlüssel zum Erfolg von Deep Tech Innovationen in Deutschland. Um die komplexen Herausforderungen zu bewältigen und neue Wettbewerbsvorteile zu schaffen, braucht es einen Ruck durch unsere gesamte Bildungslandschaft: Lernen in allen Lebensphasen, die Entkrustung des Bildungssystems und auf die Zukunft ausgerichtete Aus- und Weiterbildung. Nur so kann Deutschland langfristig in der globalen Deep Tech Landschaft bestehen und eine führende wirtschaftliche Rolle behalten."





Marius Fiebig · Principal Director – Cross Industries, adesso

„Als größter IT-Dienstleister in Deutschland verstehen wir unsere Verantwortung darin, die digitale Zukunft aktiv mitzugestalten. Wir fördern Innovationen, treiben die Entwicklung neuer technischer Standards voran und arbeiten eng mit unseren Partnern aus Wissenschaft und Industrie zusammen, um den Einsatz von Deep Tech Technologien auf das nächste Level zu heben. Unser Ziel ist es, das volle Potenzial dieser Technologien auszuschöpfen, um sowohl den wirtschaftlichen als auch den gesellschaftlichen Fortschritt zu fördern."

PARTNER STATEMENTS



Stefan Wagner · Managing Director SAP Labs Munich

„Die Erkenntnisse der Zukunftsstudie IX des MÜNCHNER KREIS sind zentral, um das volle Potenzial von KI für wirtschaftliches Wachstum und gesellschaftlichen Fortschritt zu nutzen. Deshalb ist es für uns von großer Bedeutung, diese Studie zu unterstützen und aktiv zur ‚Deep Tech Zeitenwende' beizutragen."

Thomas Feld · AI Technology Officer, Materna Information & Communications



„Die öffentliche Hand kann durch gezielte und proaktive regulatorische Maßnahmen die Rahmenbedingungen für Deep Tech Innovationen entscheidend verbessern. Durch eine klare Strategie für die Anwendung bahnbrechender Technologien, insbesondere der Künstlichen Intelligenz, wird Deep Tech zur treibenden Kraft für Gesundheit, Verkehr, Umwelt, Sicherheit und die öffentliche Verwaltung selbst."



Dr. Sicco Lehmann-Brauns · Head of Digital Policy Germany, Siemens

„Die Zukunftsstudie verdeutlicht, wie wichtig die Kooperation in Ökosystemen ist. Dabei besitzt die komplementäre Zusammenarbeit von Industrieunternehmen mit Deep Tech Start-ups großes Potenzial für beide Seiten. So wird die Innovationsfähigkeit des Industriestandortes Deutschland gestärkt."

PARTNER STATEMENTS



Dr. Katharina Wollenberg · Program Manager Industry-University Collaboration & Space Sector Advisor | SAP

„Deutschland bietet beste Voraussetzungen für Deep Tech Innovationen: Exzellente Forschung in KI, Automatisierung, Quantencomputing und Raumfahrt, hochqualifizierte Talente sowie starke Industrieunternehmen, darunter Weltmarktführer. Dennoch gelingt der Transfer von Deep Tech aus dem Labor in die Wirtschaft noch zu selten. Die Zukunftsstudie gibt Orientierung, wie wir unsere Stärken besser nutzen, Hindernisse abbauen und im globalen Wettbewerb bestehen können."

Alfons Riek · Festo, Abteilung KH-GKT, Vice President

„In den letzten Jahren lag der Fokus vieler Industrieunternehmen auf der Entwicklung von Software als Verkaufsprodukt – eine Strategie, die hohe Margen bei überschaubaren Investitionen verspricht. Deep Tech hingegen steht für das genaue Gegenteil: Hohe Investitionen, lange Entwicklungszeiten und erheblicher Kapitaleinsatz prägen den Weg zum Erfolg. Umso mehr freue ich mich, dass wir mit der vorliegenden Studie eine solide Grundlage für Unternehmen bieten, die diesen Weg – sei es aus Notwendigkeit oder strategischen Überlegungen – einschlagen wollen."





Prof. Dr. Ali Sunyaev · Vizepräsident des TUM Campus Heilbronn

„Der TUM Campus Heilbronn verpflichtet sich dem Leitbild ‚for the digital age' und richtet seinen Fokus auf die Zukunft des digitalen Zeitalters. Technologische Innovation steht dabei im Mittelpunkt, doch entscheidender ist der Wille, diese Zukunft aktiv zu formen. Dieser Wille gründet auf dem Vertrauen in die eigene Gestaltungskraft und der Begeisterungsfähigkeit für den digitalen Fortschritt – Fähigkeiten, die wir am TUM Campus Heilbronn in der Persönlichkeitsentwicklung der Studierenden stärken und im Rahmen des Studiums fachlich gezielt entwickeln."



EXECUTIVE SUMMARY

Die Entwicklung von Deep Tech Innovationen in Deutschland ist entscheidend für die zukünftige Innovationskraft, Wettbewerbsfähigkeit und Souveränität unseres Landes. Mit Deep Tech können neue wirtschaftliche Impulse geschaffen und wesentliche gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen gemeistert werden.

Die Befunde unserer Studie zeigen, dass Deutschland (noch) das Potenzial hat, eine internationale Führungsposition bei Deep Tech einzunehmen. Doch dazu ist eine grundlegende Neuorientierung der Forschungs- und Innovationsausrichtung notwendig, um Aktivitäten und Investitionen verstärkt auf Deep Tech zu fokussieren.

Durch die transformative Natur von Deep Tech Innovationen ist deren Erfolg stark von dem komplexen Zusammenspiel der Akteure, bestehend aus öffentlicher Hand, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Investoren, abhängig.

Ähnlich wie in der Natur, trägt jeder dieser Akteure in multiplen Rollen zum Funktionieren des Gesamtsystems bei. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Akteure stark voneinander abhängen. Demnach braucht es zum Erfolg von Deep Tech in Deutschland eine gemeinsame Kraftanstrengung aller Akteure gleichermaßen, denn das schwächste Glied entscheidet über den Erfolg des Gesamtsystems.

Im Folgenden sind die wesentlichen Befunde und Handlungsempfehlungen zusammengefasst. Im Anschluss dieses Executive Summary befindet sich **DAS DEEP TECH MANIFEST der Zukunftsstudie IX des MÜNCHNER KREIS,** mit dem wir den „schlafenden Riesen“ Deutschland aufrütteln wollen.



1. Deep Tech ist kein High- oder Regular Tech

Deep Tech ist die „Brücke zwischen Science-Fiction und der Realität"[2]. Aufgrund des hohen wissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Neuheitsgrads, dem enormen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Transformationspotenzial und der hohen Technologie- und Marktunsicherheiten unterscheiden sich Deep Tech Innovationen grundlegend von „High Tech" oder „Regular Tech" Innovationen. Nicht alle Akteure haben dies verinnerlicht.

Deep Tech-bezogene Forschung und Entwicklung (F&E) benötigt andere Rahmenbedingungen und die Zusammenarbeit der Akteure im Ökosystem. Deep Tech Innovationen haben häufig sog. „**first of a kind**" (FOAK) Charakter, was bedeutet, dass der Entwicklungsprozess unsicher ist, lange Zeit und viel Kapital in Anspruch nimmt, da notwendige Ressourcen, Ökosysteme und Infrastrukturen erst aufgebaut werden müssen. Es ist also ein grundlegender Unterschied, ob ein Unternehmen bahnbrechende Deep Tech Innovationen mit „**High Risk, high reward**"-Profil entwickelt oder auf bestehenden Technologien, Ressourcen, Ökosystemen und Infrastrukturen aufbauen kann.

Dementsprechend ist es dringend notwendig, spezifische F&E Fördermaßnahmen und Unterstützungsstrukturen für Deep Tech zu schaffen und auszubauen, die der Bedeutung und den Chancen durch bahnbrechende Innovationen gerecht werden.

2 Bouarfa (2019) in Startup Insider Redaktion (2023)

2. Deep Tech braucht alle Akteure des Innovationsökosystems

Durch die systemischen und transformativen Auswirkungen von Deep Tech ist das Zusammenspiel des Ökosystems entscheidend für den Erfolg. In jeder Phase des fragilen Entwicklungsprozesses von Grundlagenforschung bis zur Kommerzialisierung benötigt Deep Tech die Unterstützung und Kooperation von verschiedenen Akteuren des Ökosystems. Ohne diese co-evolutionäre Anpassungsfähigkeit und -bereitschaft der Akteure in Bezug auf Technologien, Wissen, Fähigkeiten, Strukturen und Prozessen besteht das Risiko, dass Deep Tech Innovationen hierzulande scheitern.

Zwar hat Deutschland international bedeutende Tech Ökosysteme, doch deren Ausrichtung, Zusammenarbeit und Verzahnung muss sich stärker auf die Anforderungen von bahnbrechenden Deep Tech Innovationen einstellen. Zudem müssen die bestehenden Möglichkeiten der Kollaboration zwischen Start-ups, etablierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen besser genutzt werden. Besonders kleinere und mittlere Unternehmen (KMUs) fokussieren sich zu stark auf ihre traditionellen Märkte, Kompetenzen und Geschäftsmodelle und zeigen geringere Kooperations- und Innovationsbereitschaft. Niederschwellige Förder- und Bildungsprogramme und steuerliche Anreize müssen die Fähigkeiten und den Zugang zu (digitalen) Deep Tech Innovationen bei KMUs verbessern, um bestehende Innovations- und Produktivitätsdefizite anzugehen.

3. Mit Deep Tech raus aus der Mid Tech Falle

Die deutsche Wirtschaft muss erkennen, dass der starke industrielle Kern dringend eines grundlegenden Deep Tech Updates bedarf, um neue Wachstumsimpulse zu schaffen und international konkurrenzfähig zu bleiben. Derzeit ist der gesamte F&E- und Innovationsbereich zu stark auf Technologien (Mid Tech) fokussiert, von denen kein allzu großes Innovations- und Wachstumspotenzial mehr zu erwarten sind. Besonders drastisch ist der Rückstand bei der Entwicklung und Anwendung von digitalen Deep Tech Innovationen, besonders im KI-Bereich.

Um neue Entwicklungs- und Marktchancen in Deep Tech Bereichen zu nutzen, muss stärker in Deep Tech anstatt Mid Tech investiert werden. Die deutsche Wirtschaft muss sich hierfür vom dominierenden Diktat der technologischen Pfadabhängigkeit und wirtschaftlichen Kurzfristigkeit lösen und absolut und relativ mehr in langfristige Deep Tech-bezogene F&E Aktivitäten und die Anwendung von Deep Tech investieren. Auch öffentliche Fördermittel und steuerliche Anreize sollten diesen Prinzipien folgen und bewusst mehr flexible, steuerliche Förderinstrumente mit minimalem Verwaltungsaufwand für Deep Tech einsetzen.

Ferner ist eine engere Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft wichtig, um frühzeitig das Anwendungspotenzial von Forschungsergebnissen zu bewerten und in Kooperationen zu validieren. Die Zusammenarbeit zwischen etablierten Unternehmen, Wissenschaft und Deep Tech Start-ups muss intensiviert werden, um die komplexen Herausforderungen gemeinsam zu meistern und das Wertschöpfungspotenzial kollaborativ zu heben.

4. Deep Tech braucht die öffentliche Hand als strategischen Förderer und aktiven Partner

Aufgrund ihres besonderen Risikoprofils und ihrer transformativen Natur, sind Deep Tech Innovationen zum Durchbruch auf die besondere Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen. Deep Tech Innovationen benötigen aufgrund ihrer tiefgreifenden Auswirkungen auf bestehende Märkte, Ressourcen und Infrastrukturen häufig gesetzlich-regulatorische Anpassungen und die Unterstützung der öffentlichen Hand, da bestehende marktliche und technologische Rahmenbedingungen die Diffusion behindern können.

Die Politik und die Verwaltung müssen sich dieser maßgeblichen Bedeutung für den Erfolg von Deep Tech bewusst sein und durch entschiedenes und flexibles Handeln als Katalysator für Deep Tech im öffentlichen Interesse wirken.

Die Eingriffe sollten möglichst von politikunabhängigen Agenturen und Experten koordiniert bzw. ausgearbeitet werden, die profundes technisches und unternehmerisches Verständnis besitzen. Nur so kann bei den Entscheidungen ein notwendiges Maß an Objektivität, Agilität und Flexibilität sichergestellt werden. Legislaturperioden, politisches Kalkül und langwierige Entscheidungsprozesse dürfen nicht dafür verantwortlich sein, dass Deep Tech Innovationen hierzulande scheitern.

Deep Tech Innovationen entstehen dort, wo sie auf attraktive staatliche Rahmenbedingungen treffen. Dazu gehören besonders steuerliche und finanzielle Unterstützung und die Möglichkeit schneller und unkomplizierter regulatorischer und gesetzlicher Anpassungen, z. B. durch Experimentierklauseln.
Die öffentliche Hand ist auch als früher Nachfrager und Anwender von Deep Tech Innovationen gefordert. Bestehende Hürden für Start-ups bei Ausschreibungen müssen abgeschafft werden.
In der Verwaltung muss eine Abkehr von den innovationshemmenden Praktiken der „Überverrechtlichung“, Risikoaversion und Prozessintegrität erfolgen. Die Verwaltung sollte im Einzelfall pragmatisch, entschlossen und flexibel agieren, um Deep Tech Innovationen zu ermöglichen, anstatt sie zu verzögern und zu behindern.

> In der Verwaltung sollten eine Kultur und Anreize geschaffen werden, die dazu ermutigen, Risiken einzugehen, wenn die Chancen die Risiken einer Deep Tech Innovation überwiegen. Dazu muss die Verwaltung mehr technischen und unternehmerischen Sachverstand aufbauen, z. B. über Querwechsel, und in Sachen Effizienz und Digitalisierung schnell international wettbewerbsfähig werden.

Von diesen Maßnahmen würde eine wichtige, dringend notwendige Signalwirkung für das gesamte Deep Tech Ökosystem ausgehen und Deutschland auch für internationales Kapital und Talente attraktiver machen.

5. Brachliegende Kapital- und Skalierungspotenziale nutzen

Um international im Deep Tech Bereich bestehen zu können, muss ausreichend inländisches Kapital zur Finanzierung von Deep Tech verfügbar sein. Zwar hat sich die Kapitalverfügbarkeit verbessert, doch im internationalen Vergleich ist sie nach wie vor bescheiden.

In Deutschland ist grundsätzlich genügend Kapital vorhanden, nur wird es kaum für Wagnis- und Wachstumsfinanzierung genutzt. Um dies zu ändern, sollten die restriktiven Anlagevorschriften für Versicherungen, die umlagefinanzierten sozialen Sicherungssysteme und steuerlichen Bedingungen für kapitalgebundene Altersvorsorge reformiert werden. Je mehr der Kapitalbedarf für die Finanzierung von Deep Tech im Inland oder innerhalb der EU gedeckt werden kann, desto mehr Kontrolle, Wertschöpfung und Wohlstand verbleibt in Deutschland und Europa. Dazu sollten attraktive Möglichkeiten für private und öffentliche Co-Investments und Matching-Funds geschaffen werden, um mehr Kapital für eine international kompetitive Finanzierung von Deep Tech Innovationen zu mobilisieren. Dies gilt besonders für spätere, kapitalintensive Phasen, in denen deutsche Deep Tech Unternehmen oft Finanzierungsprobleme bekommen. Hierfür sind alternative Fremdfinanzierungsmöglichkeiten, wie Venture Debt, auszubauen.

Ferner muss Deep Tech groß und europäisch gedacht werden. Ein gemeinsamer Binnenmarkt, eine Kapitalmarktunion, eine europäische Wachstumsbörse, EU-weit abgestimmte Förderprogramme und einheitliche rechtliche Vorschriften (wie eine EU-weite Rechtsform für Start-ups) sind entscheidend, um das Skalierungspotenzial zu heben und die europäische Wettbewerbsfähigkeit und Souveränität zu verbessern.

6. Forschungsexzellenz reicht nicht: Auch der Transfer muss exzellent werden

Grundlagenforschung auf internationalem Top-Niveau ist der Nährboden von Deep Tech. Die deutsche Forschungslandschaft ist in vielen Bereichen international kompetitiv. Aber es fehlt an finanziellen und strukturellen Rahmenbedingungen, um weiter in die internationale Spitze vorzudringen, was wichtig für Deep Tech ist. Um internationale Leuchttürme zu schaffen, sollte sich die Exzellenzstrategie deshalb auf die langfristige Etablierung von wenigen internationalen Leuchttürmen konzentrieren. Eine engere Verzahnung universitärer und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen könnte dabei unterstützen.

Doch exzellente Forschung allein reicht nicht aus. Ohne einen effizienten Transfer in die Wirtschaft bleibt sie wirkungslos. Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung ist eine große Schwachstelle. Um den für Deep Tech Innovationen essenziellen Transferprozess zu vereinfachen, sollten innovationsfördernde Standards und Verträge für Ausgründungen, Patentierung und Lizenzierung entwickelt und vorgegeben werden (z. B. IP-Transfer 3.0 Initiative). Dabei muss das langfristige, gesamtgesellschaftliche Interesse gegenüber kurzfristigen, institutionellen Anreizen im Vordergrund stehen. Barrieren für wissensbasierte Ausgründungen wie beihilfe rechtliche Bedenken, unattraktive Ausgründungskonditionen und langwierige Verhandlungen, sollten über eine EU-weite Deckelung der Beteiligungen der Forschungseinrichtungen auf maximal 10 % und eine standardmäßige Beteiligung über virtuelle Anteile ohne Stimmrechte beseitigt werden.

Bestehende Defizite bei den Transferstellen sollten durch langfristige und auskömmliche Finanzierungszusagen der jeweiligen Träger behoben werden, um die Transferprozesse zu professionalisieren und zu beschleunigen. Im Gegenzug sollten Forschungseinrichtungen von den Trägern angehalten werden, die „Dritte Mission“ Technologie- und Wissenstransfer strategisch und operativ stärker zu priorisieren. Dazu sollte die finanzielle Unterstützung von Forschungseinrichtungen vermehrt an messbare Transfererfolge geknüpft werden. Dafür sind wirksame Anreizmechanismen und präzise Kriterien zur Messung und Bewertung der Transferleistungen notwendig. Für eine höhere Gründungsdynamik müssen Forschungseinrichtungen die Ausbildung, Anreize, Anerkennung und Unterstützung von Studierenden und wissenschaftlichem Personal im Entrepreneurship-Bereich verbessern.

7. Nationale Deep Tech Strategie definieren

Aufgrund der hohen Investitionen und langen Entwicklungsprozesse brauchen Deep Tech Akteure stabile, verlässliche Rahmenbedingungen. Damit dies besser gelingen kann, braucht Deutschland keine weiteren Absichtserklärungen und Impulspapiere, sondern eine klare und zeitlich umrissene Deep Tech Strategie. Diese schafft einen klaren strategischen Rahmen, bietet Planungssicherheit und setzt Prioritäten, an denen sich die Deep Tech Akteure orientieren können.

Ein unabhängiges Expertengremium sollte diesen Strategieprozess steuern und die Akteure sowie die Öffentlichkeit einbinden und informieren. Das Gremium sollte regelmäßig das Zukunftspotenzial von Schlüsseltechnologien anhand wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und ökologischer Kriterien für Deutschland identifizieren, bewerten und priorisieren. Damit wird sichergestellt, dass Ressourcen prioritär in Deep Tech Innovationen investiert werden, die aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis und die kürzeste Amortisationsdauer besitzen.

Die Strategie sollte Ziele, Leistungsindikatoren und Meilensteine für öffentliche Fördermaßnahmen vorgeben. Alle direkten und indirekten öffentlichen F&E Fördermaßnahmen sollten unabhängig und transparent auf Basis dieser Kriterien auf ihre Wirksamkeit geprüft werden. Dies ermöglicht evidenzbasiertes Lernen und sorgt für eine zielgerichtete und disziplinierte Allokation der begrenzten Ressourcen.



DAS DEEP TECH MANIFEST: EINEN SCHLUMMERNDEN



WECKRUF FÜR RIESEN



DAS DEEP TECH MANIFEST – Weckruf für einen schlummernden Riesen

In allen Gesprächen und Workshops wurde der dringende Appell formuliert, mit der Studie einen Weckruf zu erzeugen. Die Deep Tech Akteure müssen sich darüber bewusst sein, welch wichtige Rollen und Aufgaben sie für die erfolgreiche Entwicklung von Deep Tech Innovationen haben. Darüber hinaus ist das Verständnis über die besonderen Anforderungen und Erfordernisse von Deep Tech entscheidend.

Alle Akteure sind aufgerufen, etablierte Pfade und Handlungsmuster kritisch zu hinterfragen und, wann immer nötig und möglich, schnell und flexibel an die Erfordernisse von Deep Tech anzupassen. Angesichts der großen internationalen Entwicklungsdynamik und Unterstützung von Deep Tech müssen sich die Akteure in Deutschland und der EU auf die Veränderungskraft in etablierten Industrien und neu entstehenden Bereichen einstellen und diesen Prozess mitgestalten, um die Anwendungspotenziale nutzen zu können. Noch agieren die Akteure hierzulande oft zu zögerlich und langsam.

Das deutsche Deep Tech Ökosystem kann nur so stark sein, wie sein schwächstes Glied. Um die Chancen von Deep Tech zu nutzen, braucht es Akteure in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung, Investoren und eine Zivilgesellschaft, die ambitionierter, risikofreudiger, experimentierfreudiger, pragmatischer, digitaler, offener und fortschrittsbejahender an bahnbrechende, neuartige Deep Tech Innovationen herangehen.

Deep Tech ist *die* Möglichkeit für Deutschland, neue Wachstumsmärkte zu erschaffen, an technologischer Souveränität zu gewinnen und drängende gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen zu meistern. Noch hat Deutschland die Ressourcen, um im Deep Tech Bereich zu den führenden Nationen zu gehören. Doch das „Window of Opportunity“ wird kleiner und der Handlungsbedarf größer.

Dieses Manifest wird den schlafenden Riesen Deutschland aufrütteln, eine Zukunftsvision skizzieren und alle Akteure und die Öffentlichkeit zur Zusammenarbeit an der neuen Deep Tech Nation Deutschland bewegen.

Das Manifest lädt alle Deep Tech Akteure und die Zivilgesellschaft zur Diskussion in der Hoffnung ein, die aktuelle Debatte über ein zukunftsfähiges, fortschrittsorientiertes und innovatives Deutschland weiter anzufachen. Nach Jahren des gefühlten Schlummerzustands ist es Zeit für einen mutigen Neuaufbruch in das Zeitalter von Deep Tech.

1.

Vom kurzsichtigen Ego-System zum langfristig orientierten Ökosystem:

Ob Investitionen in F&E, kurzfristige Gewinnmaximierung oder politische Ziele: Die Fixierung auf schnelle Erfolge ist allgegenwärtig. Um hingegen Deep Tech Innovation erfolgreich über den langen und unsicheren Entwicklungsprozess bis zur Marktreife zu entwickeln, müssen sich alle Innovationsakteure bestehend aus Unternehmen, Wissenschaft, Investoren und öffentlicher Hand als langfristig denkende „Gärtner“ ihres Ökosystems begreifen, die eng zusammenarbeiten, um die seltenen Deep Tech Samen zum Nutzen des gesamten Ökosystems zur Blüte zu bringen. Aufgrund ihres transformativen Charakters benötigen Deep Tech Innovationen ein flexibles und unterstützendes Ökosystem. Wenn maßgebliche Akteure notwendige Veränderungsprozesse aufschieben, sich nicht auf neue technologische und institutionelle Anforderungen einlassen oder bestehendes Wissen und Fähigkeiten nicht anpassen, werden diese Ökosysteme und neuen Wertschöpfungsmöglichkeiten nicht in Deutschland entstehen.

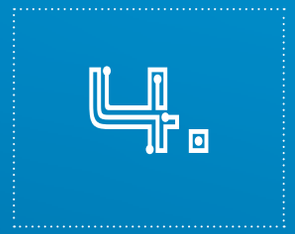
2. Der Staat als Wegbereiter und proaktiver Unterstützer

Die öffentliche Hand muss sich ihrer entscheidenden Rolle bei Deep Tech bewusst sein und entsprechend als Fürsprecher, Kapitalgeber, Wegbereiter und Pionier, Deep Tech von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung entschlossen und vorausschauend fördern und trotz Gegenwinds möglich machen. Die öffentliche Hand ist nicht nur als „ermöglichender" Gesetzgeber gefragt, sondern muss sich als Vorreiter bei der Anwendung und Unterstützung von Deep Tech begreifen und gezielt Nachfrage schaffen, wenn das Ökosystem zu träge ist.



Mehr „Moonshot“-Mentalität wagen

Die Akteure des Ökosystems müssen ihre technologische Zurückhaltung ablegen und sich von der inkrementellen „Kleinschrittigkeit“ verabschieden. Der Fokus muss stärker von der Optimierung bestehender Technologien und Systeme auf radikal neue, zukunftsweisende Technologien mit disruptivem Potenzial ausgerichtet werden, die großes disruptives Potenzial entfachen können. Gepaart mit einer positiven Fehlerkultur, einer stärkeren Zuwendung zu unternehmerischem Risiko und mit einem gesunden Selbstbewusstsein auf Basis vorhandener Stärken wird Deutschland mehr „Moonshot“-Projekte anpacken. Dafür fordern wir eine signifikante Erhöhung der Investitions- und Risikobereitschaft in Deep Tech, unterstützt durch flankierende staatliche Maßnahmen.



Unser industrieller Kern ist eine Chance, aber keine Lebensversicherung

Der Veränderungsdruck in deutschen Kernindustrien wächst. Änderungsmüdigkeit, Verlustängste und mangelnder Veränderungsdruck haben zu jahrelangem Stillstand geführt, das sich nun in niedriger Produktivität und Wachstum niederschlägt. Die deutsche Wirtschaft ist zu statisch geworden und zu wenige neu gegründete Unternehmen schaffen es, den Status quo durchzurütteln und Wachstum zu schaffen. Dafür braucht der industrielle Kern der deutschen Wirtschaft ein Update, insbesondere durch langfristige und umfassende F&E Investitionen in Deep Tech, um sich von der Pfadabhängigkeit zu lösen und das Wertschöpfungspotenzial von Schlüsseltechnologien zu realisieren. Besonders kleinen und mittleren Unternehmen mangelt es häufig an Innovationskraft, Digitalkompetenz und der Ausrichtung auf Zukunftstechnologien. Die deutsche Wirtschaft muss mehr Deep Tech entwickeln und anwenden, um die Produktivität zu steigern und neue Geschäftsmodelle und Absatzmärkte zu erschließen – dies erfordert den Aufbau neuer Kompetenzen und eine entsprechende Lernkultur bei Mitarbeitenden und Führungskräften.



Digitale Defizite bremsen Deep Tech aus

Digitale Technologien beschleunigen sektorübergreifend die Entwicklung von Deep Tech und erweitern den Lösungsraum des bislang Möglichen. Deutschlands digitales Defizit manifestiert sich in mangelnden digitalen Kompetenzen und Infrastrukturen, um die sich bietenden Chancen zu nutzen. Stagnierende Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit und Patentzahlen sind Ausdruck des digitalen Defizits, das sich nicht zuletzt in der seit Jahren kaum spürbaren Verwaltungsmodernisierung äußert. Deep Tech Innovationen entstehen dort, wo der Staat und die Verwaltung effizient funktionieren und technologieaffin sind.



Kein Fortschritt ohne Freiräume

Damit Deep Tech Innovationen ihr wirtschaftliches und gesellschaftliches Fortschrittpotenzial entfalten können, muss die institutionelle und gesellschaftliche Verzagtheit, Bräsigkeit und Risikoaversion aufgebohrt werden. Die Überverrechtlichung, starr gelebte Prozesse, eng ausgelegte Vorschriften und der Ausschluss von unternehmerischen Risiken ersticken bahnbrechende Innovationen im Keim. Es braucht mehr Unterstützung für experimentelles Handeln in der Politik und Verwaltung und risikobereite Unternehmen, die diese Freiräume nutzen.



Ohne Deep Tech keine Souveränität und Sicherheit

Damit Deutschland und seine europäischen Partner angesichts geopolitischer Polykrisen und Unsicherheiten nicht weiter die Gestaltungsfähigkeit in technologischen Schlüsselbereichen einbüßen, muss die Förderung von Deep Tech verstärkt werden. Deep Tech ist ein wichtiger Bestandteil unserer technologischen Souveränität und als Teil der Sicherheitspolitik anzusehen. Dementsprechend sollte die strikte Trennung zwischen militärischer und ziviler Forschung aufgehoben werden. All dies sollte aber nicht zur Abschottung führen, denn Deep Tech braucht wertegeleitete, internationale Zusammenarbeit.



Kapitalblockaden lösen, Risiken teilen, Erfolge multiplizieren

Die traditionelle deutsche Zurückhaltung bei risikoreichen, renditeträchtigen Investitionen erschwert die Deep Tech Finanzierung. Anstelle internationalen Pensionsfonds und Kapitalanlegern die Renditen zu überlassen, sollte mehr Wohlstand im Land bleiben und der hohe Kapitalbedarf von Deep Tech verstärkt über inländisches Kapital gedeckt werden. Hierzu bedarf es dringender Reformen der restriktiven Anlagevorschriften für Versicherungen, der sozialen Sicherungssysteme und steuerlichen Anreize, um mehr Kapital für Investitionen in Deep Tech zu mobilisieren. Es sollte auch ein Staatsfonds nach internationalem Maßstab eingerichtet werden, dessen Mittel u. a. in den Ausbau bestehender staatlicher Investitionsvehikel wie dem KENFO[3], HTGF oder DTCF fließen. Da Deep Tech Innovationen mit hoher Unsicherheit und Risiken verbunden sind, muss die öffentliche Hand bereit sein, diese Risiken gemeinsam mit privaten Investoren zu schultern. Risiko- und Ertragsteilungsmechanismen wie Co-Investments und Matching-Funds mobilisieren mehr Kapital für eine international kompetitive Finanzierung von Deep Tech.

3 Der Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung (KENFO) ist ein staatlicher Fonds in Deutschland, der für die Finanzierung der langfristigen Kosten der nuklearen Entsorgung verantwortlich ist.



Deep Tech braucht keine Breitenförderung, sondern einen Spitzensport-Ansatz

Ähnlich wie im Sport, gibt es nur wenige Deep Tech Unternehmen, die es an die Weltspitze schaffen können. Die Trainingsinhalte, -bedingungen und -unterstützung des Umfelds unterscheiden sich im Spitzensport grundlegend von denen im Breitensport. In der F&E- und Innovationspolitik versuchen wir aber genau dies: Mit Förderung in der Breite, Spitzenforschung im Deep Tech Bereich und bahnbrechende Innovationen hervorzubringen. Um den Forschungsstandort Deutschland für Deep Tech Spitzenforschung attraktiv zu machen, müssen entsprechende finanzielle und strukturelle Bedingungen auf internationalem Top-Niveau geschaffen werden. Das setzt auch eine Mentalität voraus, die auf das Erreichen einer weltweiten Spitzenposition ausgerichtet ist und die seltenen Deep Tech Ideen mit Potenzial konsequent fördert. Dadurch kann eine Erfolgsspirale in Gang gesetzt werden, denn erfolgreiche Deep Tech Innovationen sorgen für eine positive Innen- und Außenwahrnehmung, sorgen für wachsenden Wohlstand und bessere Lebensbedingungen, ziehen mehr Talente an, schaffen Erfahrung und ein Netzwerk aus Innovationsakteuren, die wiederum neue Deep Tech Innovationen fördern und entwickeln.

10.

Positives Fortschrittsnarrativ entstauben

Deep Tech Innovationen werden nur entstehen, wenn sich alle Innovationsakteure dem weit verbreiteten Technikskeptizismus und der zunehmenden Wissenschaftsfeindlichkeit in der Gesellschaft entgegenstellen. Die positiven Auswirkungen des technologischen Fortschritts, aber auch seine Herausforderungen müssen in einem transparenten Dialog offen und wahrnehmbar kommuniziert und abgewogen werden, um Vertrauen, Akzeptanz und Begeisterung zu schaffen. Ebenso sollte betont werden, dass sich technologischer Wandel nicht national aufhalten lässt; wir ihn aber mitgestalten können, wenn wir über das notwendige Wissen, Bereitschaft und Ressourcen verfügen.

11.

Mit Klein, Klein bekommt man Klein, Klein

Das föderale, regionale und nationale Kirchturmdenken ist eine Barriere für Deep Tech Innovationen in Europa. Wir müssen uns eingestehen, dass wir als Land zu klein sind, um in einer polyzentrischen Weltordnung allein zu bestehen. Wir brauchen unsere europäischen Partner, was nicht im Widerspruch zu einer nationalen Stärke im Deep Tech Bereich steht. Dazu müssen regionale und nationale Anstrengungen auf EU-Ebene gedacht werden und stärker zwischen den EU-Mitgliedsstaaten verzahnt werden. Diese Anstrengungen müssen stärker priorisiert und effektiver werden, um sicherzustellen, dass die Mittel in technologisch und wirtschaftlich zukunftsträchtige Deep Tech Bereiche fließen, in denen die EU (in Kooperation mit anderen Wertepartnern) realistisch führend sein kann.

12.

Exzellente Bildung und Forschung heute, ist der Nährboden von Deep Tech morgen

Die Innovationskraft ist die Grundlage unseres Wohlstands. Deren Quelle befindet sich in den Köpfen der Menschen, die hier arbeiten. Dieses Humankapital muss sich systematisch und dynamisch an neue Erfordernisse und Erkenntnisse anpassen. Dies ist nicht nur eine staatliche Aufgabe, auch die Wirtschaft und alle Erwerbstätigen sind gefordert, ihr Wissen und ihre Fähigkeiten kontinuierlich zu erweitern und zu erneuern. Dazu ist auch eine systematische und flächendeckende Weiterbildung („Technology Literacy“) in allen Teilen der Gesellschaft notwendig, um ein besseres Verständnis zu schaffen und übertriebener Skepsis entgegenzuwirken. Auch der jahrelange MINT[4]-Leistungsrückgang verlangt nach grundlegenden Reformen des Schulsystems. Deep Tech braucht begeisterte Spitzentalente aus dem In- und Ausland.

4 Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik

13.

Spitzenforschung ohne Transfer lässt zukunftsweisende Resultate verpuffen

Die finanzielle Unterstützung von Forschungseinrichtungen muss stärker an transparent messbare Transfererfolge geknüpft werden. Die Transferbemühungen der Forschungseinrichtungen müssen dringend professionalisiert, standardisiert und gebündelt werden. Dazu muss die Grundfinanzierung für den Transferbereich erhöht und rechtliche Hindernisse abgebaut werden. Hierzu braucht es auch entsprechende, verbindliche Zielvorgaben, die klare Anreize zum Transfer schaffen.

14.

Nationale Forschungs- und Innovationsziele festlegen und messen:

Einige Länder in Skandinavien erarbeiten zu Beginn einer Legislaturperiode eine nationale Forschungs- und Innovationsstrategie unter Einbezug von breiten, offenen Expertenkonsultationen. Diese Strategien werden mit konkreten Maßnahmen und messbaren Zielen hinterlegt, nicht mit weichen Absichtserklärungen und Impulspapieren. Wir sollten dem Beispiel folgen, denn die Innovationsakteure brauchen Klarheit und Planungssicherheit über die zukünftige strategische Ausrichtung. Forschungsgelder sollen gezielt für die Entwicklung und Anwendung von Schlüsseltechnologien eingesetzt werden, die fortwährend anhand objektiver wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und ökologischer Kriterien bewertet werden. Auch die Öffentlichkeit wird durch diesen Prozess besser einbezogen und informiert. Zur kontinuierlichen Bewertung von Schlüsseltechnologien und Beratung im Umgang mit diesen, sollte ein unabhängiges Expertengremium auf Bundesebene eingerichtet werden und ein kontinuierlicher Arbeitsschwerpunkt in den Gutachten der EFI werden.

15.

Daten als Nährboden und Dünger für Deep Tech Innovationen begreifen

Daten sind eine wichtige Grundlage für Deep Tech Innovationen. Eine hohe Datenverfügbarkeit muss zur Selbstverständlichkeit gehören, um den Anforderungen eines modernen, datengetriebenen Wirtschafts- und Forschungsstandorts zu genügen. Es braucht nicht weniger Datenschutz, sondern eine neue Datenethik, die Datennutzung und -souveränität miteinander vereint. Auch die Nutzung von „Privacy Enhancing“ Technologien hat das Potenzial zu verhindern, dass Datenschutz Innovationen hemmt. Ein klarer rechtlicher Rahmen und Standards für verantwortungsbewusste Nutzung und Freigabe von Daten, sichere Dateninfrastrukturen und Datenallianzen sind notwendig.

16.

Steuerliche Anreize für Deep Tech, statt immer neuer Förderprogramme

Anstatt den Förderdschungel auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene immer weiter auszudifferenzieren, sollten die Zahl der Förderinitiativen verringert und die Mittel gebündelt werden. Außerdem sollte schneller und unbürokratischer gefördert und finanziert werden. Die Förderung von Unternehmen sollte verstärkt über steuerliche F&E Anreize erfolgen, die vornehmlich die Anwendung und Entwicklung von Zukunftstechnologien mit großem Innovationspotenzial fördern. Damit werden Investitionsentscheidungen beschleunigt und entbürokratisiert.

17.

Querwechsel und Quereinstiege fördern!

Um die Vernetzung und den Austausch zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung zu verbessern, sollten temporäre und längerfristige Wechsel zum karriereföndernden Standard gehören. Querwechsel erhöhen das gegenseitige Verständnis und Vertrauen, ermöglichen neue Impulse und Wissenstransfer und schaffen einen Raum für einen kontinuierlichen Dialog und die engere Zusammenarbeit zwischen den Akteuren. Dies bedeutet eine Abkehr von linearen Karrierepfaden, hin zu einem hohen Maß interdisziplinärer Verzahnung und Weiterentwicklung.

18.

Ohne Deep Tech keine nachhaltige Entwicklung

Ohne bahnbrechende Innovationen ist eine Rückkehr in den sicheren Handlungsbereich für die Menschheit unmöglich. Mit Deep Tech können wesentliche gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen adressiert werden. Dazu müssen schon in der frühen Entwicklungsphase von Deep Tech begleitend mögliche soziale, ethische und ökologische Auswirkungen berücksichtigt werden, ohne technologische Entwicklungen verfrüht abzuwürgen. Wir brauchen bahnbrechende Innovationen, die nachhaltige Lösungen in Bereichen wie Energieversorgung, Materialien, Produktionsmethoden, Mobilität, Landwirtschaft oder Gesundheit hervorbringen. Auf Unternehmensseite sollte das Potenzial von Deep Tech im Kontext einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtung (ökologisch, ökonomisch, sozial) stärker in strategische Zielsetzungen integriert und priorisiert werden.

EINLEITUNG UND HINTERGRUND

Das Prinzip „Zukunftsstudie“ des MÜNCHNER KREIS

Der MÜNCHNER KREIS ist ein interdisziplinäres Forum, das sich als neutrale Plattform der Diskussion über die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen der Digitalisierung widmet. Als unabhängige Organisation bringt der MÜNCHNER KREIS Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, öffentlicher Hand und Zivilgesellschaft zusammen, um gemeinsam Zukunftsthemen zu adressieren und praxisnahe Lösungen zu entwickeln. Die Arbeit des MÜNCHNER KREIS zeichnet sich durch eine enge Verzahnung von Forschung und Praxis aus, wobei der Fokus auf der Gestaltung von technologischen und digitalen Innovationen liegt, die sowohl den gesellschaftlichen als auch den wirtschaftlichen Nutzen maximieren.

Im Rahmen seiner Aktivitäten führt der MÜNCHNER KREIS regelmäßig Zukunftsstudien durch, um aktuelle Entwicklungen und Trends in Schlüsseltechnologien zu beleuchten. Der MÜNCHNER KREIS möchte mit dem „Prinzip“ der Zukunftsstudien Orientierung in einer Welt der digitalen Transformation und Disruption geben. Als führende unabhängige Plattform zur Orientierung für Gestalter und Entscheider in der digitalen Welt initiiert und koordiniert der MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudien zu aktuellen oder grundlegenden Fragestellungen, um die **„Zukunft zu gestalten, nicht zu erdulden.“**



Der Blick in die Zukunft geht dabei bewusst über die mittelfristige, kaum noch beeinflussbare Perspektive von drei bis fünf Jahren hinaus, um seinem Ziel der Orientierung und dem Gestaltungsauftrag für unsere Zukunft gerecht zu werden. Mit dieser Zukunftsstudie weitet sich die Perspektive des MÜNCHNER KREIS etwas über die Digitale Transformation hinaus. Einerseits, um der hohen allgemeinen Bedeutung von Deep Tech für die wirtschaftliche und nachhaltige Entwicklung Deutschlands Rechnung zu tragen und andererseits, um die Auswirkungen und Entwicklungspfade digitaler Technologien als Treiber, Beschleuniger und Wegbereiter von Deep Tech Innovationen in diversen Anwendungsbereichen zu beleuchten.

Neben fundamentalen Fortschritten im Feld der digitalen Technologien wie in der Künstlichen Intelligenz (KI), Quanten-Computing, Virtual und Augmented Reality (VR/AR/Blockchain) sind digitale Technologien wesentliche Bausteine für bahnbrechende Durchbrüche in anderen Domänen wie der Medizin, Biologie, Energie, Produktionstechnologien, Robotik oder Materialwissenschaften (siehe Abb. 1). Gerade aus den Gesichtspunkten **interdisziplinärer Konvergenz und Rekombinierbarkeit digitaler Technologien mit anderen vertikalen Wissenschafts- und Industriebereichen** erwächst die Dringlichkeit einer integrativen und holistischen Analyse der notwendigen Rahmenbedingungen, Prioritäten und Leitplanken, um das wirtschaftliche, gesellschaftliche und ökologische Potenzial von Deep Tech zu realisieren und mögliche Zielkonflikte auszubalancieren.

Abbildung 1: **Derzeitige Schlüsselfelder und Beispiele von Deep Tech Innovationen**



Quelle: In Anlehnung an EIT (2023) und McKinsey (2024)

„Es ist also exakt der richtige Zeitpunkt, sich mit den Deep Tech Rahmenbedingungen, Prioritäten und Leitplanken in Deutschland und der EU zu beschäftigen und Entwicklungspfade aufzuzeigen, wie es in Zukunft gelingen kann, Deutschland als einen weltweit führenden Standort für Deep Tech zu etablieren“, konstatiert **Prof. Dr. Dr. h. c. Helmut Krcmar** (Professor an der TU München und Leiter des Forschungsausschusses des MÜNCHNER KREIS).

Dr. Michael Lipka (Senior Manager Technology Strategy, Huawei) fügt hinzu, dass der „*Treiber für den Anspruch der Technologieführerschaft ein gesellschaftlicher Konsens sein muss, der ein Zielbild für zukünftigen Wohlstand beinhaltet. Eine Deep Tech Vision muss aber neben einem Wohlstandsversprechen auch die Sicherheit geben, dass die globalen Herausforderungen zum Schutz des Planeten bewältigt werden können. Somit ist es eine globale Aufgabenstellung.*“

Um die Ziele der Zukunftsstudie IX zu erreichen, haben wir mit führenden Expertinnen und Experten aus dem Kreis der vier zentralen Akteursgruppen des Deep Tech Innovationsökosystems – Forschungseinrichtungen, öffentliche Hand, Unternehmen und Investoren – gesprochen. Anhand der Interviews und Diskussionen im Kreis der Studienpartnerkonsortiums analysiert und zeigt die die Studie auf, welche Maßnahmen erforderlich sind, um Deutschland als international bedeutende Deep Tech Nation zu

neuer wirtschaftlicher Stärke erwachsen zu lassen und drängende soziale und ökologische Herausforderungen zu lösen. Die Studie zeichnet ein Bild des Status quo von Deep Tech für Innovation und Nachhaltigkeit und leitet daraus Maßnahmen für die Zukunft ab, die eine Deep Tech Revolution in Deutschland und der Europäischen Union (EU) ermöglichen.

Ein wichtiges Charakteristikum der Zukunftsstudie ist es, den Forschungsprozess durchgängig gemeinsam mit einem Partnerkonsortium aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik durchzuführen. Den Grundsatz der Interdisziplinarität verfolgt die Zukunftsstudie des MÜNCHNER KREIS bereits seit der ersten Phase im Jahr 2008, weil er zu einer Vielseitigkeit der Betrachtungsweisen und zu kontroversen Diskussionen beiträgt. Im Kreis des Partnerkonsortiums werden die Ergebnisse kontinuierlich diskutiert, weiterentwickelt, verdichtet und um neue Ideen und Ansatzpunkte angereichert. In diesem iterativen Prozess nehmen die Partner bewusst verschiedene Rollen ein, um das Thema aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten.

Mit diesem Ansatz bleibt der MÜNCHNER KREIS seinem Prinzip treu, relevante Themen der digitalen Welt aus unterschiedlichen Perspektiven zu beleuchten, kritisch zu untersuchen und somit Orientierung zu geben. Das Ziel ist es, auf Basis einer Status-quo-Analyse die durch (digitale) Deep Tech Innovationen entstehenden Veränderungen und notwendigen Anpassungen zu analysieren und antizipieren sowie durch kritische Diskussionen mit Experten konstruktive Handlungsempfehlungen zu geben, um die Zukunft proaktiv zu gestalten, nicht passiv zu erdulden.

Der Ausgangspunkt für die Zukunftsstudie IX: Die Deep Tech Chance für Deutschland

Nicht wenige Experten sind der Meinung, dass jetzt der ideale Zeitpunkt für eine Welle von Deep Tech Innovationen gekommen ist. Sowohl die Notwendigkeit als auch Möglichkeiten waren nie größer. Demnach überrascht es nicht, dass Deep Tech in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der Politik, Wirtschaft und Risikokapitalgeber gerückt ist.

Insbesondere für Deutschland ist Deep Tech eine große Chance, die großen zukünftigen Herausforderungen wie die industrielle Transformation und Wettbewerbsfähigkeit, nachhaltige Energieversorgung, Klimaschutz, eine alternde Gesellschaft, und nicht zuletzt die im Lichte der geopolitischen Spannungen grundlegende digitale und technologische Souveränität zu meistern. Ohne technologische Durchbrüche können die (geo-)politischen, gesellschaftlichen und ökologischen Herausforderungen kaum ohne Einbußen bei Wohlstand, Wettbewerbsfähigkeit, Lebensqualität, Sicherheit oder Freiheit gelöst werden.

Deep Tech ist die Triebfeder für die notwendigen bahnbrechenden Innovationen und damit ein entscheidender Hebel für nachhaltige Entwicklung und Resilienz unseres Landes. Die Förderung von Deep Tech Innovationen ist zum zentralen Faktor für die zukünftige Entwicklung des Landes geworden, da sie sowohl neue wirtschaftliche Impulse geben können als auch Anpassungen an sich ändernde geopolitische, soziale und klimabedingte Rahmenbedingungen ermöglichen.

Mit der Zukunftsstudie Phase IX möchte der MÜNCHNER KREIS und seine Partner ein Verständnis für Deep Tech und die besonderen Erfordernisse und Potenziale schaffen. Auf Basis der empirischen Befunde, leitet die Studie konkrete Handlungsimpulse und Maßnahmen ab, um Bedingungen zu schaffen, die das deutsche Deep Tech Potenzial entfesseln. Damit möchte die Zukunftsstudie IX des MÜNCHNER KREIS einen Beitrag dazu leisten, die erforderlichen Veränderungen und einen Diskurs aller Akteure anzustoßen.

METHODIK





Forschungsdesign:

Für die Zukunftsstudie IX wurde ein empirisch-qualitatives Vorgehen gewählt, um tiefgehende Einblicke in das komplexe Zusammenspiel von Motivationen und Handlungen der wesentlichen Akteure des Deep Tech Innovationsökosystems in Deutschland und Europa zu erhalten. Die Methodik umfasste semi-strukturierte Experteninterviews, die es ermöglichen, sowohl tiefgehende fachliche Erkenntnisse als auch persönliche Einschätzungen der Akteure zu gewinnen.



Datenerhebung:

Die Datenerhebung umfasste 60 Experteninterviews und Workshops, die zwischen März und Oktober 2024 durchgeführt wurden. Diese Erhebungen ermöglichten es, eine Vielzahl von Perspektiven aus den vier zentralen Akteursgruppen des Innovationsökosystems einzufangen. Die Interviews wurden semistrukturiert durchgeführt. Spezifische, an die jeweilige Akteursgruppe angepasste Leitfäden fungierten als Basis der Interviews, ließen aber Raum, um flexibel auf die Antworten der Interviewten einzugehen und spontane Nachfragen stellen zu können. Diese Form der Befragungsmethodik ermöglicht es, sowohl festgelegte Themen zu behandeln als auch unerwartete Erkenntnisse zu gewinnen, wodurch ein tieferes Verständnis des Themas möglich ist.

Stichprobe:

Die Teilnehmer der Interviews wurden über ein „Snowball-Sampling“ Verfahren ausgewählt. Ausgehend von einer initialen Gruppe anerkannter Experten wurden durch Empfehlungen weitere relevante Teilnehmer identifiziert. Dieser iterative Prozess wurde fortgesetzt, bis die theoretische Sättigung erreicht war, bei der keine substanziell neuen Erkenntnisse mehr gewonnen wurden.
Die Experten stammten aus unterschiedlichen Bereichen, darunter universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (10 Experten), aus etablierten Unternehmen (27 Experten), Akteure der öffentlichen Hand (14 Experten) sowie private und institutionelle Investoren (9 Experten).

Experteninterviews

Forschungseinrichtungen	**10**	Experten
Unternehmen	**27**	Experten
Öffentliche Hand	**14**	Experten
Investoren	**9**	Experten

Datenanalyse:

Die Interviews wurden wörtlich transkribiert und mithilfe der Software MAXQDA qualitativ und inhaltsanalytisch ausgewertet. Der Analyseprozess umfasste mehrere Schritte: Zunächst wurden relevante Textstellen markiert und mit beschreibenden Codes versehen. Im nächsten Schritt wurden die Codes zu größeren Kategorien zusammengefasst und deren Zusammenhänge untersucht. Abschließend wurden die wichtigsten Themen herausgearbeitet, die für die Studie besonders relevant sind. Diese Themen wurden in weiteren Workshops diskutiert und in den Kontext bestehender Studienergebnisse gestellt. Durch die Triangulation mit zusätzlichen Datenquellen und Fallbeispielen werden die Erkenntnisse vertieft und veranschaulicht.

DEEP TECH BEGRIFF UND NARRATIV

Die präzise Bestimmung und Abgrenzung des Deep Tech Begriffs ist für ein einheitliches Verständnis und eine gezielte, angepasste Förderung von Innovationen mit Deep Tech Charakteristika wesentlich. Insbesondere die Unterscheidung zwischen Deep Tech und High Tech ist aus Sicht der Experten wichtig. Ohne eine klare, einheitliche Definition besteht die Gefahr, dass Förderprogramme, Investitionen oder politische Maßnahmen fehlgeleitet werden und das transformative Potenzial von Deep Tech nicht ausgeschöpft wird. Im Folgenden widmen wir uns der Definition von Deep Tech, der Abgrenzung zu High Tech, den Besonderheiten von Deep Tech Unternehmen und der Sinnhaftigkeit des hinter Deep Tech liegenden Narrativs.



Die sechs zentralen Merkmale von Deep Tech

Ursprünglich stammt eine der ersten wesentlichen Definitionen des Deep Tech Begriffs von Swati Chaturvedi[5], CEO der Deep Tech Investmentplattform propel(x), die mit einem LinkedIn-Post im Jahr 2015 Deep Tech Start-ups von normalen Tech Start-ups abgrenzte, indem sie betonte, dass „Deep Tech Unternehmen auf einer wissenschaftlichen Entdeckung oder einer echten technologischen Innovation beruhen". Ähnlich, aber umfangreicher definiert die europäische Kommission[6] Deep Tech als Innovation, die auf modernster Wissenschaft, Technologie und Ingenieurwesen basiert, die oft auf der Kombination von Fortschritten in physischen, biologischen und digitalen Bereichen basiert, um transformative Lösungen für globale Herausforderungen zu schaffen. Die Europäische Investitionsbank (EIB) beschreibt Deep Tech schlicht als disruptive Innovation, die die Lebensweise der Menschen verändert.

Neben diesem Ausschnitt an Definitionen nahmen im Laufe der Zeit eine Vielzahl von Studien den Begriff auf und entwickelten ihn weiter. Unsere Inhaltsanalyse von 20 zentralen Studien zum Thema Deep Tech ergab sechs wesentliche Merkmale von Deep Tech, die in mindestens 50 % der analysierten Studien genannt wurden.

5 Chaturvedi (2015)
6 European Commission (2024)

1. **Hoher Neuheits- und Innovationsgrad:** Deep Tech umfasst Technologien, die neu und einzigartig sind und bedeutende technologische Fortschritte gegenüber bestehenden Lösungen darstellen.

2. **Hohe Markt- und Technologieunsicherheit:** Die Entwicklung und Einführung von Deep Tech ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, sowohl in Bezug auf die technologische Machbarkeit als auch auf die Marktakzeptanz.

3. **Hoher finanzieller Investitionsbedarf:** Die Entwicklung von Deep Tech erfordert erhebliche finanzielle Mittel über den Innovationsprozess hinweg.

4. **Substanzieller technologischer Fortschritt:** Deep Tech bietet signifikante technologische Vorteile gegenüber bestehenden Technologien und hat das Potenzial, bestehende Märkte grundlegend zu verändern oder neue Märkte zu schaffen.

5. **Lange Entwicklungszeiten bis zur Marktreife:** Die Entwicklung von Deep Tech ist mit großem zeitlichen Aufwand verbunden, bevor die Technologien marktreif sind.

6. **Lösung gesellschaftlicher und ökologischer Herausforderungen:** Deep Tech zielt darauf ab, bedeutende gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen zu lösen, wie z. B. im Bereich Gesundheit, Klimawandel, Energie oder Ernährung.

Abbildung 2:

Zentrale Charakteristika von Deep Tech



Quelle: MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudie IX: DAS DEEP TECH MANIFEST: Weckruf für einen schlummernden Riesen

Als weitere Merkmale von Deep Tech, die knapp unter der 50 %-Schwelle blieben, gehörten die hohen Markteintrittsbarrieren und die Entwicklung von Deep Tech durch (Re-)Kombination von Kenntnissen und Technologien aus unterschiedlichen Disziplinen.

Basierend auf den Ergebnissen der Analyse, definieren wir Deep Tech Innovationen als eine Kategorie von radikalen und disruptiven Technologieinnovationen, die sich durch neues, bahnbrechendes geistiges Eigentum, signifikante technologische Fortschritte, erhebliche Markt- und Technologieunsicherheit, großen Kapitalbedarf und lange Entwicklungszeiten und den Fokus auf zentrale gesellschaftliche und technologische Herausforderungen auszeichnen. Deep Tech ist Revolution, nicht Evolution.

Deep Tech Innovationen und Start-ups unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von Innovationen und Start-ups, die auf etablierten technologischen Ressourcen und Infrastrukturen (tech-based) aufbauen. Technikbasierte Start-ups setzen hauptsächlich auf das Geschäftsmodell als Differenzierungsfaktor und nicht auf einen wissenschaftlichen und technologisch fundierten Wettbewerbsvorteil. Technikbasierte Innovationen stützen sich auf leicht herstellbare oder replizierbare Technologien ohne nennenswerten technologischen Fortschritt. Bei Deep Tech hingegen fungieren bahnbrechende, neue Technologien als Kerntreiber (tech-driven). Folglich können technikgetriebene Deep Tech Innovationen und Start-ups nicht in gleichem Maße auf bestehenden Ressourcen, Ökosystemen und Infrastrukturen aufbauen.

Jedoch können sie auf etablierten Prozessen und Strukturen aufbauen, wie **Dr. Michael Lemke** (Chief Security Officer, Huawei Deutschland) betont:

„Bestehende Ressourcen, Ökosysteme und Infrastrukturen sind dennoch dahingehend fundamental, dass sie im Bereich der etablierten technologischen Prinzipien einen ‚Blueprint' für die Begleitung von Deep Tech-getriebenen Innovationen bieten. Allein das ganze globale System der Vertrauenssicherung in neue Technologien kann als Beispiel dienen, denn alle Themen (von der Digitalisierung, des Autonomen Fahrens, Einführung der KI) stützen sich letztendlich auch auf diese strukturelle Begleitung. Die bewusste Entscheidung über die Anwendung, Weiterentwicklung oder gezielte Neuschaffung von Sicherungsstrukturen in einer Synthese aus wissenschaftlicher Herangehensweise und praktikabler Anwendung ist daher unverzichtbar auch für die Deep Tech Entwicklung."

Befund: Deep Tech Innovationen erfordern signifikante Veränderungen und Anpassungen von Ressourcen, Ökosystemen, Infrastrukturen und des Rechtsrahmens.

Ferner weist Deep Tech im Vergleich zu „Regular Tech"-basierten Innovationen verschiedenartige Merkmale aus (siehe Abb. 3). Deep Tech Innovationen sind durch die Neuartigkeit des wissenschaftlichen oder ingenieurstechnischen Durchbruchs geprägt. Durch den „FOAK"-Charakter ist die Überführung in ein marktfähiges Produkt oder Dienstleitung mit größerem Risiko behaftet als bei technikbasierten Innovationen und bedarf größerer Anpassungen im Innovationsökosystem. Im Gegensatz dazu, ist bei Deep Tech Innovationen das Wettbewerbsrisiko geringer, denn die Eintrittsbarrieren für mögliche Wettbewerber sind durch den Schutz des geistigen Eigentums (Intellectual property, IP) und hohe Anfangsinvestitionen in Infrastruktur, Anlagen und Personal höher. Dafür dauert es länger bis zu einer möglichen Kommerzialisierung von Deep Tech Innovationen. Dazu sorgt die enge Verbindung von Deep Tech Innovationen zu Wissenschaft und Grundlagenforschung sowie deren breite Anwendbarkeit für größere Wissens-Spillover als technikbasierte Innovationen.

Abbildung 3: **Unterschied zwischen Deep Tech und Regular Tech Innovation**



Quelle: In Anlehnung an EU Funding Playbook (2024)

Der risikoreiche Weg von Deep Tech Start-ups: Überleben im Valley of Death

Die Reise von Deep Tech Start-ups bis zur Entwicklung eines marktfähigen, erfolgreichen Produkts oder Dienstleistung ist durch mehrere kritische Phasen geprägt. Noch mehr als Regular Tech ist der Deep Tech Entwicklungsprozess von hoher Unsicherheit und Risiko geprägt; sowohl in der Phase von F&E, in der beträchtliche finanzielle Mittel erforderlich sind und stets das Verwerfen bzw. Scheitern einer Idee droht, als auch hinsichtlich des Marktes, da die Nachfrage nach einer noch unausgereiften Lösung nicht prognostiziert werden kann. Dies stellt besondere Anforderungen an Deep Tech Start-ups, die aufgrund des oft hohen disruptiven Charakters, als wesentliche Motoren von Deep Tech angesehen werden. Zudem haben Deep Tech Start-ups einen erhöhten Bedarf an hochqualifiziertem Personal und ihre Wertschöpfung fußt häufiger auf hardwarebasierten Produkten und geistigem Eigentum.

> Nach **Dr. Jan Götz** (Co-CEO & Co-Founder, IQM Quantum Computers) entsteht das sogenannte Double PhD Problem: *„In Bereichen wie Quantencomputing sehen wir das, was ich das 'Double PhD Problem' nenne: Man braucht Experten, die sowohl tiefes Verständnis für die spezifische Anwendung, sei es Chemie, Physik oder eine andere Disziplin, als auch fundiertes technisches Know-how im Bereich der neuen Technologien haben. Ohne diese Doppelqualifikation wird es zunehmend schwierig, die komplexen Herausforderungen dieser Technologien zu meistern.“*

Die intensiven F&E Prozesse führen zu langen Entwicklungszyklen, die den Markteintritt und das Wachstum im Vergleich zu Regular Tech Start-ups risikoreicher und langwieriger gestaltet. Demnach muss der Anlagehorizont von Deep Tech Investoren langfristiger sein. Besonders kritisch ist innerhalb des Innovationsprozesses die Phase des Valley of Deaths zwischen der Bestätigung des technologischen Funktionsprinzips (Proof-of-Concept) und der Markteinführung neuer Technologien. In dieser kritischen Phase scheitern viele Deep Tech Innovationen, weil es an Finanzierung, Ressourcen und Unterstützung mangelt, um die Technologie zur Marktreife zu bringen. Aus Sicht des technologischen Reifegrads[7] (Technology Readiness Level, TRL) beginnt das Valley of Death typischerweise bei TRL 3–4, wenn die Funktionsfähigkeit der Technologie im Labor demonstriert wurde, und reicht bis TRL 7 oder 8, wenn sie in einer realen Umgebung getestet wird. Besonders ausgeprägt ist das Valley of Death in den Übergangsphasen von TRL 4–6.

Das Valley of Death ist besonders „tief“ bei Deep Tech Innovationen, die nicht nur erhebliche finanzielle Investitionen, sondern auch ein komplexes Innovationsökosystem erfordern.
Unternehmen und Start-ups, die Deep Tech Innovationen kommerzialisieren möchten, müssen neben technologischen und finanziellen Risiken auch kollaborative Herausforderungen meistern, um die Unterstützung durch Lieferanten, Kunden, Partner und Stakeholder zu gewinnen. In dieser Phase scheitern viele Deep Tech Innovationen, da die notwendigen Veränderungen von Infrastrukturen, Gesetzen oder Fähigkeiten nicht oder nicht schnell genug erfolgen. Das bedeutet, dass Deep Tech Start-ups in besonderem Maße auf ein unterstützendes Ökosystem angewiesen sind, wie Abb. 4 in den jeweiligen Entwicklungsphasen verdeutlicht.

[7] NASA (2023)

Abbildung 4: **Deep Tech Innovationsprozess**

TECHNOLOGIE-REIFEGRAD	SCHLÜSSELFAKTOREN	ZIELBILD
Grundlagen-forschung (TRL 1-3)	**KERNAKTIVITÄTEN:** Grundlagenforschung **KRITISCHE RESSOURCEN:** Forschungsinfrastruktur, öffentliche und private F&E Finanzierung	Bestätigung des technologischen Funktionsprinzips (Proof of Concept), Patent
Technologie-validierung (TRL 4-5)	**KERNAKTIVITÄTEN:** Marktorientierte technologische Entwicklung, Schutz des geistigen Eigentums **KRITISCHE RESSOURCEN:** Technologietransfer, Anwendungspartnerschaften, Experimentiermöglichkeiten, privates und öffentliches Wagniskapital, Innovationsbeschaffung	Validierte Technologie, Prototyp
Systementwicklung und -anwendung (TRL 6-7)	**KERNAKTIVITÄTEN:** Marktorientierte Produkt- und Geschäftsentwicklung **KRITISCHE RESSOURCEN:** Pilotanlagen, qualifiziertes Personal, spezialisierte Finanzierungsquellen (inkl. Fremdkapital)	Marktfähiges Produkt, bereit für Skalierung in großem Maßstab (Product-Market-Fit)
Kommerzialisierung (TRL 8-9)	**KERNAKTIVITÄTEN:** Produktionsstart, Markteinführung, Technologie- und Produktoptimierung **KRITISCHE RESSOURCEN:** Produktionsanlagen, Vertriebsnetzwerke, Wachstumsfinanzierung und Exit-Möglichkeiten	Tragfähiges Deep Tech Ökosystem

Quelle: MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudie IX: DAS DEEP TECH MANIFEST: Weckruf für einen schlummernden Riesen, in Anlehnung an Schuh et al. (2023)

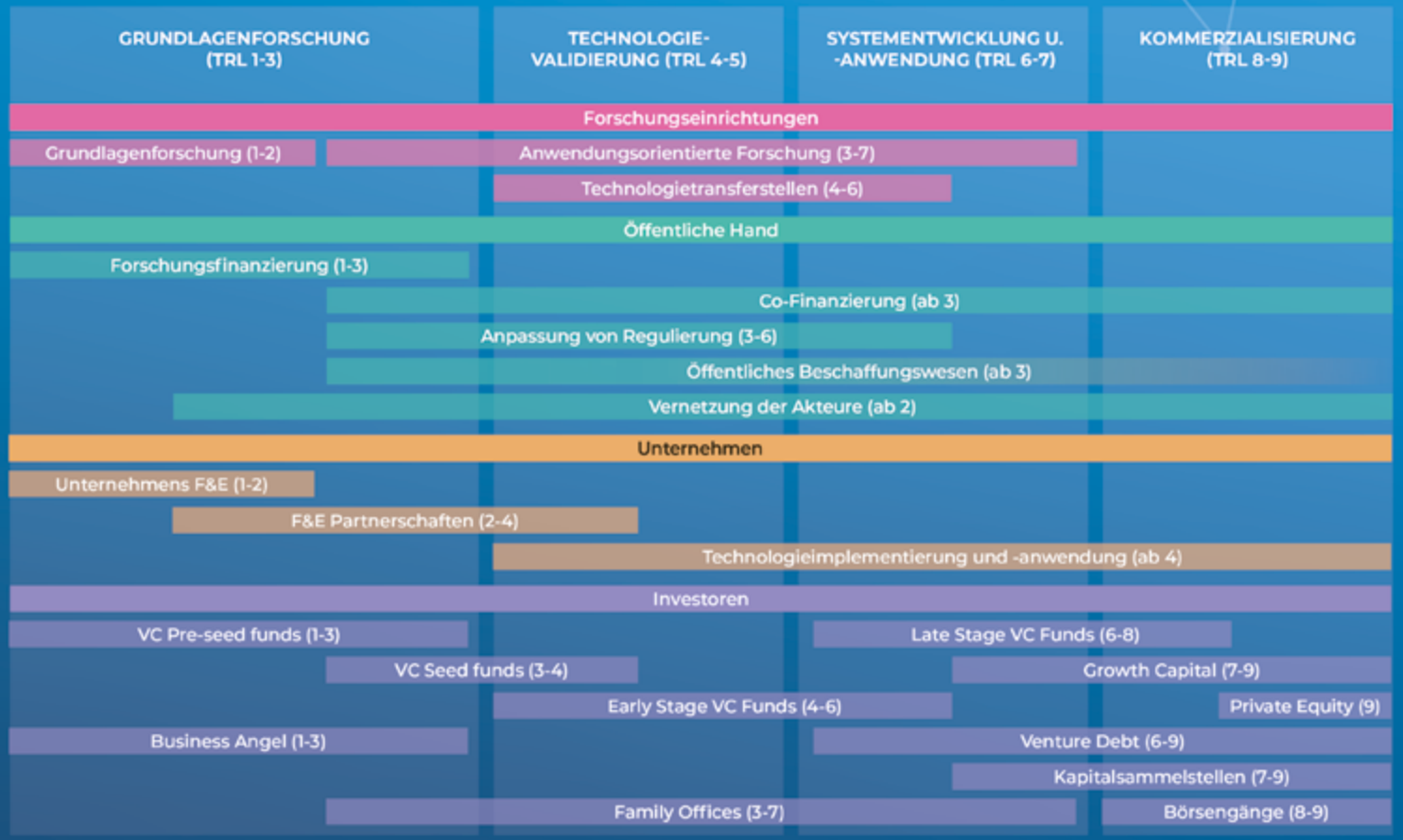
Die zentralen Deep Tech Akteure und ihre Aufgaben

Durch die transformative, systemische Natur von Deep Tech ist das Zusammenspiel von unterschiedlichen Innovationsakteuren viel wichtiger für den Erfolg als bei technikbasierten Innovationen. Wir unterscheiden zwischen vier zentralen Akteuren, deren multiple Rollen sich voneinander abgrenzen lassen, sich teilweise aber auch überschneiden. Die nachstehende Abbildung (siehe Abb. 5) zeigt das komplexe Zusammenspiel und die verschiedenen Rollen der Akteure über den Lebenszyklus einer Deep Tech Innovation hinweg.

Forschungseinrichtungen: Forschungseinrichtungen sind die Quelle vieler Deep Tech Erfindungen und leisten einen bedeutenden Beitrag durch Grundlagen- und angewandte Forschung. Sie umfassen Hochschulen und außeruniversitäre Einrichtungen.

- **Forschung und Entwicklung:** Grundlagenforschung und Entwicklung von neuen technologischen Verfahren, die zur Entstehung von Deep Tech Innovationen führen.
- **Technologietransfer:** Unterstützung von Wissenschaftlern bei der Überführung von Forschungsergebnissen in die praktische Anwendung, v. a. über Spin-offs, Lizenzen, Patente, oder strategische Unternehmenskooperationen.
- **Bildung und Talentförderung:** Ausbildung der Fachkräfte von morgen und Schaffung eines Ökosystems, in dem Talente ihre Fähigkeiten im Bereich Deep Tech weiterentwickeln können.

Abbildung 5: **Rolle der Akteure im Deep Tech Innovationsprozess**



Quelle: MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudie IX: DAS DEEP TECH MANIFEST: Weckruf für einen schlummernden Riesen

Öffentliche Hand: Hierunter subsummieren wir den öffentlichen Sektor auf allen staatlichen Ebenen (EU, Bund, Länder, Kommunen) und seine Institutionen, die durch Steuergelder finanziert werden und der Daseinsvorsorge sowie der Regelung des gesellschaftlichen Lebens dienen. Sie agiert als Träger öffentlicher Aufgaben und verwaltet die finanziellen Mittel des Staates (z. B. Steuern, Abgaben) im Interesse der Allgemeinheit. Die öffentliche Hand spielt eine zentrale Rolle in der Gestaltung von Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Förderung von Deep Tech als:

- **Gesetze und Regulierung:** Gestaltung rechtlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen, wie z. B. Experimentierklauseln.
- **Nachfrager:** Staat kann Nachfrage durch das öffentliche Beschaffungswesen erzeugen und den Markteintritt von Deep Tech unterstützen.
- **Kapitalgeber:** Direkte Bereitstellung und indirekte Förderung von Kapital.
- **Förderer:** Direkte oder indirekte staatliche F&E Unterstützung.
- **Vernetzung:** Förderung von Kooperationen und Austausch zwischen den Akteuren.

Unternehmen: Unternehmen fungieren als die zentralen Innovatoren und Anwender von Deep Tech. Sie treiben die Entwicklung von Deep Tech von F&E bis zur Marktreife voran und investieren auch in andere Deep Tech Unternehmen.

- **Innovatoren:** Start-ups oder grundlagenorientierte Unternehmen forschen an bahnbrechenden, neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und entwickeln bzw. integrieren diese in marktfähige Produkte und Dienstleistungen.
- **Anwendungspartner und Nutzer:** Etablierte Unternehmen fungieren als strategische Anwendungspartner oder nutzen Deep Tech Technologien, um ihre Produkte und Dienstleistungen zu verbessern.
- **Kapitalgeber und Akquisiteur:** Unternehmen beteiligen sich oder übernehmen Deep Tech Start-ups.

Investoren: Investoren stellen Wagnis- und Wachstumskapital und strategische Unterstützung für Deep Tech Unternehmen bereit und tragen so maßgeblich zum Wachstum bei. Zu den Investoren gehören besonders Business Angels, Venture Capital Fonds (VCs), Banken, Pensions fonds, Versicherungen, Investment- und Private Equity Fonds, Stiftungen, Staatsfonds oder Family Offices, die unterschiedliche Investitionsansätze verfolgen.

- **Kapitalgeber:** Investoren stellen das Eigen- und Fremdkapital zur Verfügung, um Deep Tech Unternehmen zu finanzieren.
- **Know-how und Netzwerke:** Besonders Business Angels und Early Stage-Investoren bieten neben finanziellen Mitteln auch Zugang zu Know-how und Netzwerken.

Deep Tech: Noch ein Buzzword oder notwendige Abgrenzung von „High Tech“?

Grundsätzlich haben unsere Interviews gezeigt, dass bei manchen eine gewisse Skepsis gegenüber dem „Deep Tech“ Begriff herrscht. Die Kritiker führen an, dass es mit „High Tech“ eigentlich einen etablierten Begriff für diese Kategorie von Technologien gibt. Jedoch sind sich auch die meisten Kritiker darin einig, dass der Begriff Deep Tech aus mehreren Perspektiven nützlich ist, auch wenn der Unterschied zu High Tech, zumindest in seiner traditionellen Bedeutung, eher graduell als fundamental ist.

> *„Im öffentlichen Diskurs werden die Begriffe High Tech und Deep Tech oft wenig trennscharf und austauschbar verwendet. Bei Deep Tech handelt es sich um grundlegend neue Technologien, die eine hohe Innovationskapazität und einen erheblichen Kapitaleinsatz erfordern. Das umfasst disruptive Technologien wie z. B. Future of Compute und Chip Design, z. B. im Quanten-Computing, Space Tech, Künstliche Intelligenz (KI) und Computational Biology, die oft einen langen Atem, viel Kapital und staatliche Unterstützung benötigen. Deep Tech hat das Potenzial ganze Branchen und tradierte Geschäftsmodelle zu verändern. Das ist etwas anderes als die Entwicklung einer App eines Software-Start-ups.“* – **Dr. Sabine Donauer** (Referatsleiterin Digitaler Innovationsstandort, Europäische Digitalpolitik, Internationales, Bayerisches Staatsministerium für Digitales)

Die Hauptunterschiede zwischen Deep Tech und High Tech sehen die Experten im zeitlichen Verlauf des Entwicklungsstands und der Anwendungsrate von Deep bzw. High Tech.

Deep Tech steht für bahnbrechende, wissenschaftlich fundierte Technologien, die oft komplexe Probleme und Herausforderungen lösen und noch nicht massentauglich sind.

> **Befund:** Diese Technologien haben das Potenzial, den Status quo grundlegend zu verändern. High Tech hingegen umfasst ausgereiftere, fortschrittliche Technologien, die bereits weit verbreitet, akzeptiert und im Alltag integriert sind.

Während Deep Tech die Basis für zukünftige Innovationen legt, repräsentiert High Tech die Phase, in der Innovationen den Übergang zur breiten Nutzung und Kommerzialisierung realisieren.

Den Deep Tech Entwicklungsverlauf bringen Siegel und Krishnan[8] mit mehreren etablierten Modellen der Technologieentwicklung in Zusammenhang, um anhand des Gartner Hype Cycles, des Technology Adoption Lebenszyklus und dem Kano-Modell die Unterschiede und die fließenden Übergänge zwischen Deep Tech, High Tech und Tech zu veranschaulichen.

[8] Siegel & Krishnan (2020)

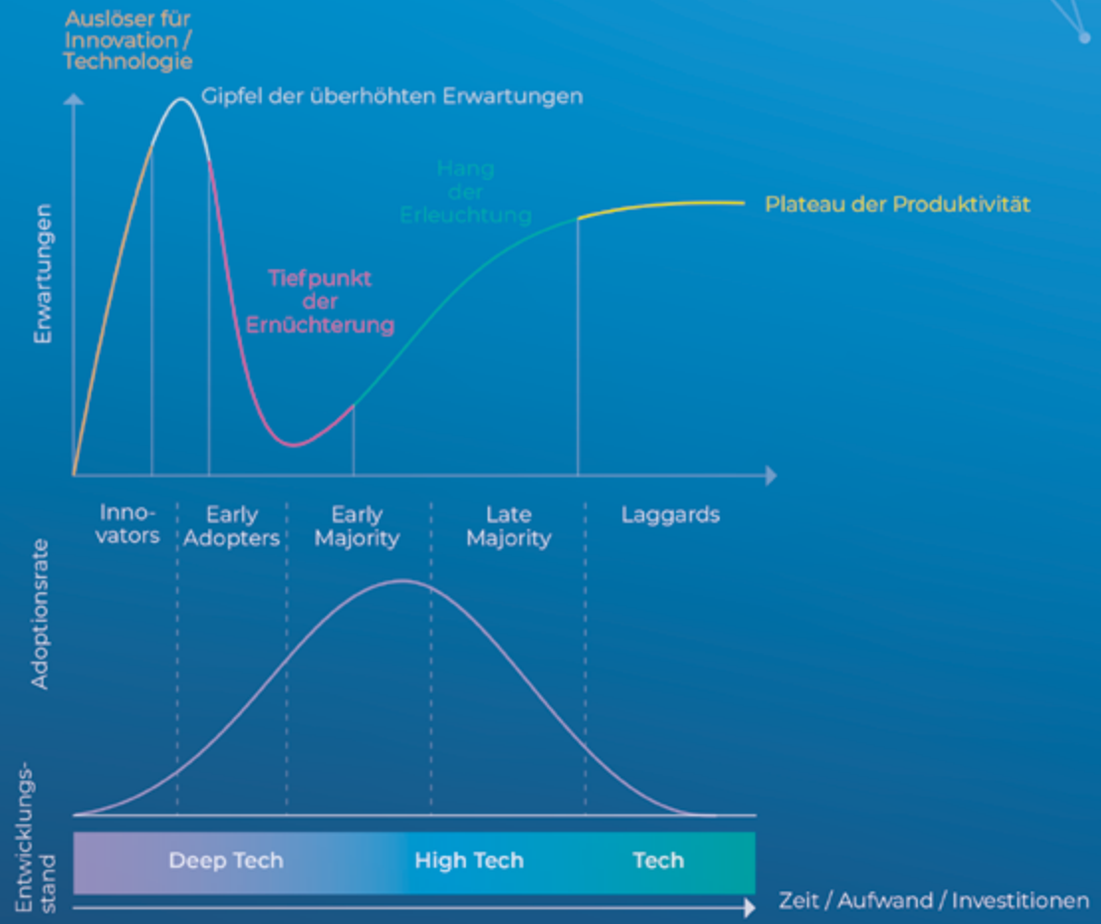
Wie Abb. 6 zeigt, werden unter dem Deep Tech Label Technologien beschrieben, die sich noch in einer frühen Entwicklungsphase befinden, bevor sie möglicherweise in der Zukunft Marktreife und breite Akzeptanz erreichen. Im Gegensatz dazu zeichnet sich High Tech dadurch aus, dass sie schneller von einer breiteren Nutzerbasis adaptiert werden kann. Durch die Anwendung der genannten Modelle wird deutlich, dass sich Deep Tech zunächst durch hohe Erwartungen und technologische Herausforderungen, wie im Gartner Hype Cycle beschrieben, auszeichnet und über die Zeit hinweg in High Tech und schlussendlich in Just Tech oder Regular Tech übergeht, indem es von einer hochinnovativen zu einer grundlegenden Technologie übergeht.

Befund: Ein weiteres Abgrenzungsmerkmal von Deep Tech Innovationen ist, dass sie nicht nur ökonomischen Wert schaffen, sondern auf die Lösung von größeren gesellschaftlichen Herausforderungen abzielen.

Eine Umfrage hat ergeben, dass sich nahezu ausnahmslos alle Deep Tech Innovationen auf mindestens eines der „Sustainable Development Goals“ (SDGs[9]) der Vereinten Nationen fokussieren.[10] Zwar kann auch High Tech sozialen und ökologischen Mehrwert schaffen, jedoch ist es inhärenter Bestandteil des Deep Tech Begriffs, durch technologische Innovationen große Herausforderungen der Menschheit zu lösen und große systemische Veränderungspotenziale und -prozesse auf technologischer, ökonomischer, ökologischer, sozialer und (geo-)politischer Ebene zu bewirken.

[9] Sustainable Development Goals
[10] De la Tour et al. (2021)

Abbildung 6: **Entwicklungsphasen von Deep Tech**



Quelle: MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudie IX: DAS DEEP TECH MANIFEST: Weckruf für einen schlummernden Riesen, in Anlehnung an Siegel und Krishnan (2020)

Nutzen des Deep Tech Narrativs

Befund: Viele Experten sind der Meinung, dass sich der Deep Tech Begriff besser dafür eignet, den tiefgreifenden und grundlegenden technologischen Fortschritt und das wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformationspotenzial stärker zu akzentuieren.

Der Begriff „Deep Tech“ erfüllt somit wichtige Funktionen im Kontext von Marketing und Kommunikation, in dem in der Öffentlichkeit ein besseres Bewusstsein über das besondere Risiko- und Nutzenprofil („High risk, high reward“) von Deep Tech etabliert und damit auch bewusst das mögliche Scheitern von Deep Tech Vorhaben betont wird.

Demzufolge bietet der Begriff auch hier eine prägnantere Abgrenzung zu High Tech für Technologien, die zwar technisch immer noch anspruchsvoll sind, aber einen höheren Reifegrad und Akzeptanz besitzen. Die Betonung der Unsicherheit von Deep Tech ist in der politischen Kommunikation und im öffentlichen Diskurs wichtig und anhand des Begriffs einfach zu vermitteln, findet Prof. Dr. Dietmar Harhoff. Andererseits stellt er fest, dass der Begriff als Verteidigungsnarrativ fungiert, dass die besonderen Herausforderungen bei der Entwicklung und Förderung von Deep Tech hervorhebt und verdeutlicht.

„‚Deep Tech' lässt sich in acht Buchstaben vermitteln und kommuniziert wesentlich effektiver als ein längerer, komplexer Begriff. Er schafft auch eine klare Abgrenzung. Ich sehe ‚Deep Tech' aber auch als eine Art Hoffnungsnarrativ, denn in ‚Deep Tech' ist Deutschland stark. Der Begriff vermittelt also auch Aufbruchstimmung." – **Prof. Dr. Dietmar Harhoff** (Direktor, Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb)

„Das Breitenverständnis der Grundlagenforschung vermittelt die Anwendbarkeit des Verständnisses der Natur als Potenziale für die Nutzbarmachung in der technologischen Anwendung und folgt damit weitgehend einer Definition der National Science Foundation aus dem Jahre 1953. Deep Tech hebt neue Potenziale aus bisher nicht im Ansatz ausgereizter menschengemachter Technologiesysteme, vor allem im Zusammenspiel." – **Dr. Michael Lipka** (Senior Manager Technology Strategy, Huawei)

Befund: „Deep Tech" bietet eine prägnantere Abgrenzung zu „High Tech" und erleichtert die Vermittlung von Unsicherheiten und Herausforderungen in der politischen Kommunikation und im öffentlichen Diskurs.

Insgesamt dient der „Deep Tech“ Begriff dazu, ein wirksames, techno-optimistisches Narrativ zu schaffen, dass die Attraktivität und das Potenzial von Investitionen in tiefgreifende technologische Innovationen unterstreicht sowie das verbundene Risiko und die besonderen Anstrengungen verdeutlicht. Manche mögen dies als nicht wesentlich und unwichtig abtun, allerdings lässt sich zeigen, dass Begrifflichkeiten wichtig sind, um Investoren zu gewinnen und Kapital für innovative Projekte zu mobilisieren.[11]

Handlungsempfehlungen:

1. **Deep Tech Definition vereinheitlichen:** Eine klare und einheitliche Definition von Deep Tech sollte etabliert werden, basierend auf sechs zentralen Merkmalen: Technologien mit hohem Neuheitsgrad, hoher Markt- und Technologieunsicherheit, substanziellem technologischen Fortschritt, hohem finanziellen Investitionsbedarf, langen Entwicklungszeiten bis zur Marktreife und der Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen. Ein einheitliches Begriffsverständnis ist wichtig, um Deep Tech Innovationen gezielt zu fördern.

[11]Rothgang (2017)

2. **Deep Tech als eigenständige Kategorie fördern:** Der Begriff „Deep Tech“ sollte bewusst verwendet werden, um die einzigartigen technologischen Herausforderungen, das hohe Risiko und das transformative Potenzial dieser bahnbrechenden Technologieinnovationen zu betonen. Eine klare Abgrenzung zu High Tech ist entscheidend, indem Unterschiede im Entwicklungsstand, in der Anwendungsrate und im Wirkungspotenzial hervorgehoben werden. Damit können spezifische Fördermaßnahmen und Unterstützungsstrukturen entwickelt werden, die auf die besonderen Anforderungen und Bedürfnisse von Deep Tech ausgerichtet sind.

3. **Deep Tech als Verteidigungsnarrativ etablieren:** Der Begriff „Deep Tech“ dient als Verteidigungsnarrativ, um die besonderen Herausforderungen und Risiken bei der Entwicklung zu verdeutlichen. Dies trägt dazu bei, ein breites Verständnis bei allen Stakeholdern zu etablieren, dass technologische Durchbrüche mit Unsicherheiten verbunden sind und Scheitern ein natürlicher Teil des Innovationsprozesses ist. Durch die bewusste Betonung dieser Unsicherheiten und des „High risk, high reward“-Charakters wird das Narrativ gestärkt, das Investoren und politischen Entscheidungsträgern die Notwendigkeit von langfristiger Unterstützung und hoher Risikobereitschaft verdeutlicht. Gleichzeitig erlaubt dieses Narrativ, technologische Misserfolge als Teil von Lernprozessen zu sehen, anstatt sie als Rückschläge zu betrachten. Dies schafft Rückhalt für mutiges unternehmerisches Handeln der Akteure und fördert eine offene Fehlerkultur, die für den Fortschritt im Deep Tech Bereich unerlässlich ist.

DEEP TECH AKTEURE UND ÖKOSYSTEM





6.1 Forschungseinrichtungen

Die deutsche Forschungslandschaft ist geprägt von einer Vielzahl von öffentlich geförderten Institutionen, die ihren Schwerpunkt auf unterschiedliche F&E Aktivitäten haben. Zu diesen F&E Aktivitäten gehören Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung[12]. Die Verzahnung dieser Aktivitäten ist für den Entwicklungsprozess von Deep Tech auf dem Weg von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu marktreifen Produkten und Dienstleistungen entscheidend.

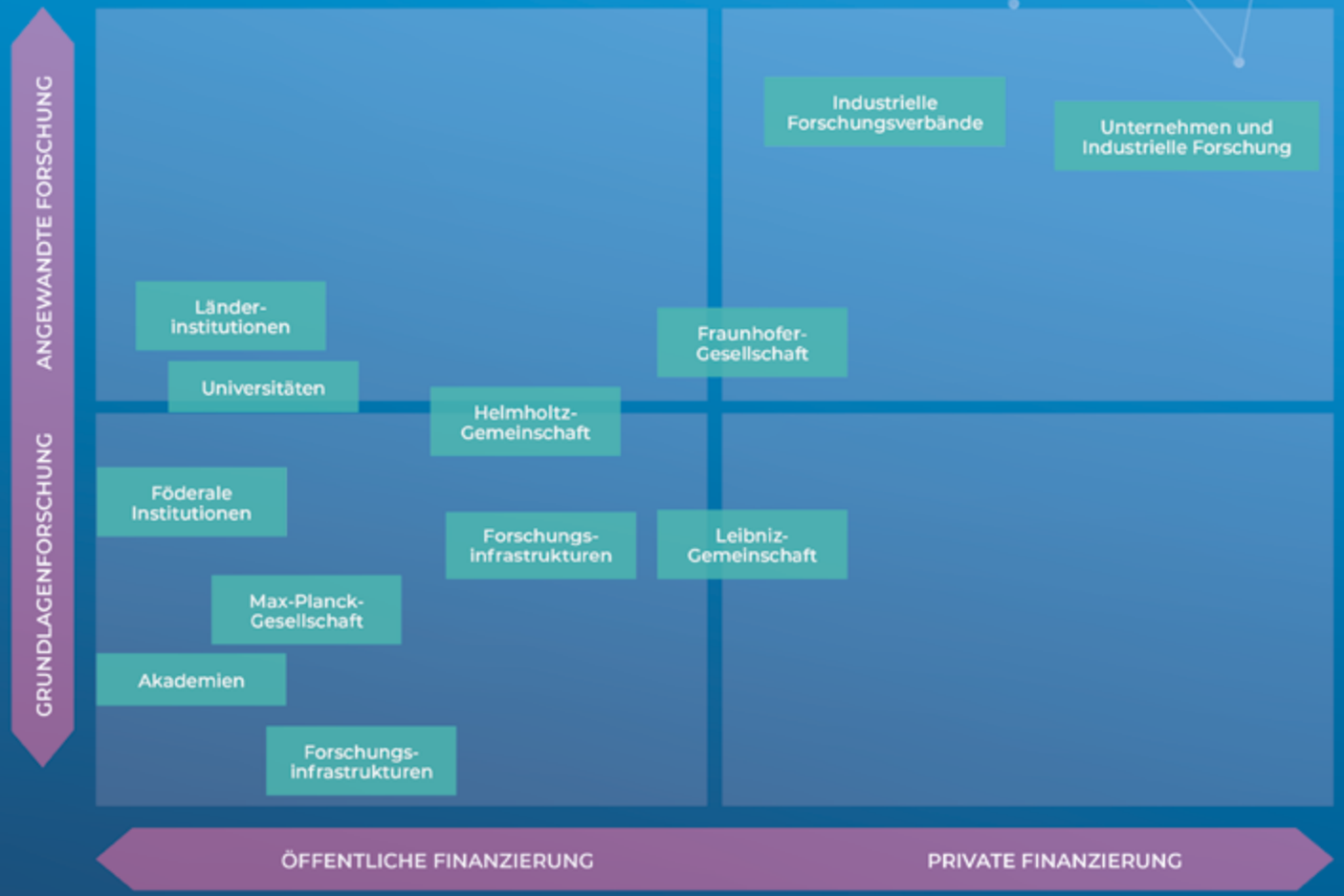
Insgesamt 120 Universitäten und 245 Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAWs) fokussieren sich auf Grundlagenforschung (Universitäten) und anwendungsorientierte F&E für die Wirtschaft (HAWs). Daneben haben sich in Deutschland vier außeruniversitäre Forschungseinrichtungen etabliert, eine Besonderheit im internationalen Vergleich. Die Max-Planck-Gesellschaft und die Helmholtz-Gemeinschaft fokussieren sich auf Grundlagenforschung; die Fraunhofer-Gesellschaft und Leibniz-Gemeinschaft stärker auf angewandte Forschung.

Deutsche Universitätslandschaft: In der Breite top, in der Spitze ausbaufähig

Im internationalen Vergleich ist die Forschungsqualität und -leistung deutscher Universitäten hoch. Unter den weltweiten Top 100 Universitäten liegt Deutschland mit acht Universitäten der Häufigkeit nach auf Rang vier.[13] Auch bei der Produktivität und dem Einfluss der Publikationen schneidet die deutsche Wissenschaft mit Platz 5 weltweit gut ab.

[12] OECD (2015)
[13] Times Higher Education World University Rankings (2024)

Abbildung 7: **Zuordnung und Finanzierung von Forschungseinrichtungen**



Quelle: Deutscher Akademischer Austauschdienst e. V. (DAAD)

Befund: In der Breite ist die deutsche Forschungslandschaft demnach gut aufgestellt, in der Spitze muss nachlegt werden.

Die beiden deutschen Top-Universitäten, die TU und LMU München, liegen international auf den beachtlichen Plätzen 26 und 38 der weltweit besten Universitäten, gemessen an Lehr- und Forschungsumfeld, Forschungsqualität, Industriebezug und internationale Ausrichtung. Auffällig ist in diesem Ranking, dass deutsche Universitäten im Vergleich zu den internationalen Top-Universitäten eine deutlich schlechtere Relation zwischen der Anzahl der Studierenden und dem wissenschaftlichen Personal haben, was auf eine Unterfinanzierung hindeutet. In Stanford beträgt das Verhältnis zwischen Lehrkörper und Student bei 5,9, während es bei der TU München 41,8, bei der LMU München 33,0 beträgt. Dies sind mit Abstand die höchsten Werte in den Top 30.

Die Folge ist, dass deutsche Universitäten und ihr Personal deutlich mehr in der Lehre gefordert sind; zulasten von Forschungs- und Transferaktivitäten. Folglich liegen die beiden besten deutschen Universitäten im weltweiten Publikationsranking „AD Scientific Index“ lediglich auf den Plätzen 131 bzw. 133. Dieses Ranking misst den Anteil der Wissenschaftler einer Institution unter den weltweit Top 10 % aller Wissenschaftler, gemessen am h-Index[14]. Zwar ist die Publikationsleistung nur eine Metrik des wissenschaftlichen Einflusses und der Produktivität, aber es zeigt sich, dass die deutsche Universitätslandschaft ihre Stärken eher in der Breite als in der Spitze besitzt und die Lehranforderungen hoch sind.

[14] Gemessen anhand des h-Index, der die wissenschaftliche Leistung eines Forschers misst, indem er die Anzahl der Publikationen und deren Zitationen kombiniert, sodass ein Forscher einen h-Index von h hat, wenn h seiner Arbeiten jeweils mindestens h Mal zitiert wurden. Stand: 1.10.24

Brain Gain? Brain Drain? Brain Circulation!

Einige Experten bemerken mithin, dass es in Deutschland an internationalen Spitzenuniversitäten fehlt, deren Arbeitsbedingungen, Ausstattung und Renommee in der Lage sind, die weltweit besten Köpfe anzuziehen.

> *„Es ist entscheidend, die weltweit führenden Wissenschaftler zu gewinnen, weil diese neben ihrer Forschungsleistung wieder die weltweit besten Talente nach Deutschland locken, die dann im besten Falle hierzulande an wissenschaftlichen Durchbrüchen arbeiten oder Deep Tech Start-ups gründen."* – **Anonym**

Dies ist dem oben zitierten AD Scientific Index zufolge nicht immer der Fall, obwohl sich die Situation verbessert hat.

Das diesjährige Gutachten der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) kommt zum Schluss, dass sich Deutschland innerhalb der letzten 10 Jahre durch zahlreiche Initiativen vom Nettogeber (Nettowegzug von ca. 4.000 Wissenschaftlern über den Zeitraum von 1996 bis 2011) zu einem Nettoempfänger (Nettozuzug von über 5.000 Wissenschaftlern von 2005 bis 2020) entwickelt hat.[15] Diese Entwicklung ist grundsätzlich positiv zu bewerten, auch wenn mehr besonders leistungsstarke Wissenschaftler in die USA, Frankreich oder das Vereinigte Königreich abwandern. Bei den patentaktiven Erfindern zeigt sich zwar ein Rückgang der Nettoabwanderung im selben Untersuchungszeitraum, jedoch haben von 2000 bis 2020 immer noch 5,6 % mehr Erfinder Deutschland verlassen als zugezogen sind.

[15] EFI (2024)

Die Trends sind insgesamt positiv zu bewerten, auch wenn der Zuzug von Wissenschaftlern und Erfindern absehbar nicht ausreicht, um die demografische Entwicklung und den Fachkräftemangel zu kompensieren. Ferner legt eine Studie der Stiftung Neue Verantwortung am Beispiel von KI nahe, dass es möglicherweise nicht in allen Deep Tech Bereichen gelingt, die gewonnenen Talente auch in Deutschland zu halten: *„Den deutschen Universitäten und Forschungsinstituten gelingt, Nachwuchstalente aus Osteuropa und Asien anzuziehen und auszubilden. Einen gewichtigen Anteil dieser Talente verliert Deutschland dann aber an international führende KI-Standorte wie die USA. Unserer Analyse zufolge ist Deutschland eine Art Mittelmacht, die vom Zufluss profitiert, aber viele ihrer besten Talente nicht halten kann.“*
Der Studie nach gelingt es im KI-Bereich noch zu wenig, Talente nach ihrer akademischen Ausbildung für eine Karriere hierzulande zu begeistern.

Befund: Trotz positiver Entwicklungen gelingt es vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung nicht ausreichend, Forschende und Erfinder für eine Karriere in Deutschland zu begeistern.

Die EFI weist aber zurecht darauf hin, dass die Verengung auf „Brain Gain“ (Zugewinn von Humankapital) und „Brain Drain“ (Rückgang von Humankapital) den Blick zu stark einschränkt. Wie mehrere Studien zeigen, wirkt sich die internationale Mobilität in Wissenschaft und Forschung positiv auf die Leistung und Qualität aus, da Mobilität den Wissenstransfer und die Entstehung neuer Netzwerke fördert. Demnach sind zum Beispiel Rückkehrende aus dem Ausland leistungsstärker als nicht-mobile Wissenschaftler. Insofern ist die Mobilität aus deutscher Sicht für die Qualität von Forschung zu begrüßen, wenn Wegziehende wieder nach Deutschland zurückkehren oder indirekt zu einer Steigerung der Forschungsleistung führen, wenn

[14] Gemessen anhand des h-Index, der die wissenschaftliche Leistung eines Forschers misst, indem er die Anzahl der Publikationen und deren Zitationen kombiniert, sodass ein Forscher einen h-Index von h hat, wenn h seiner Arbeiten jeweils mindestens h Mal zitiert wurden. Stand: 1.10.2024

auswandernde Wissenschaftler und Erfinder weiterhin mit in Deutschland tätigen Wissenschaftlern und Erfindern zusammenarbeiten.

Forschung Top – Transfer Flop

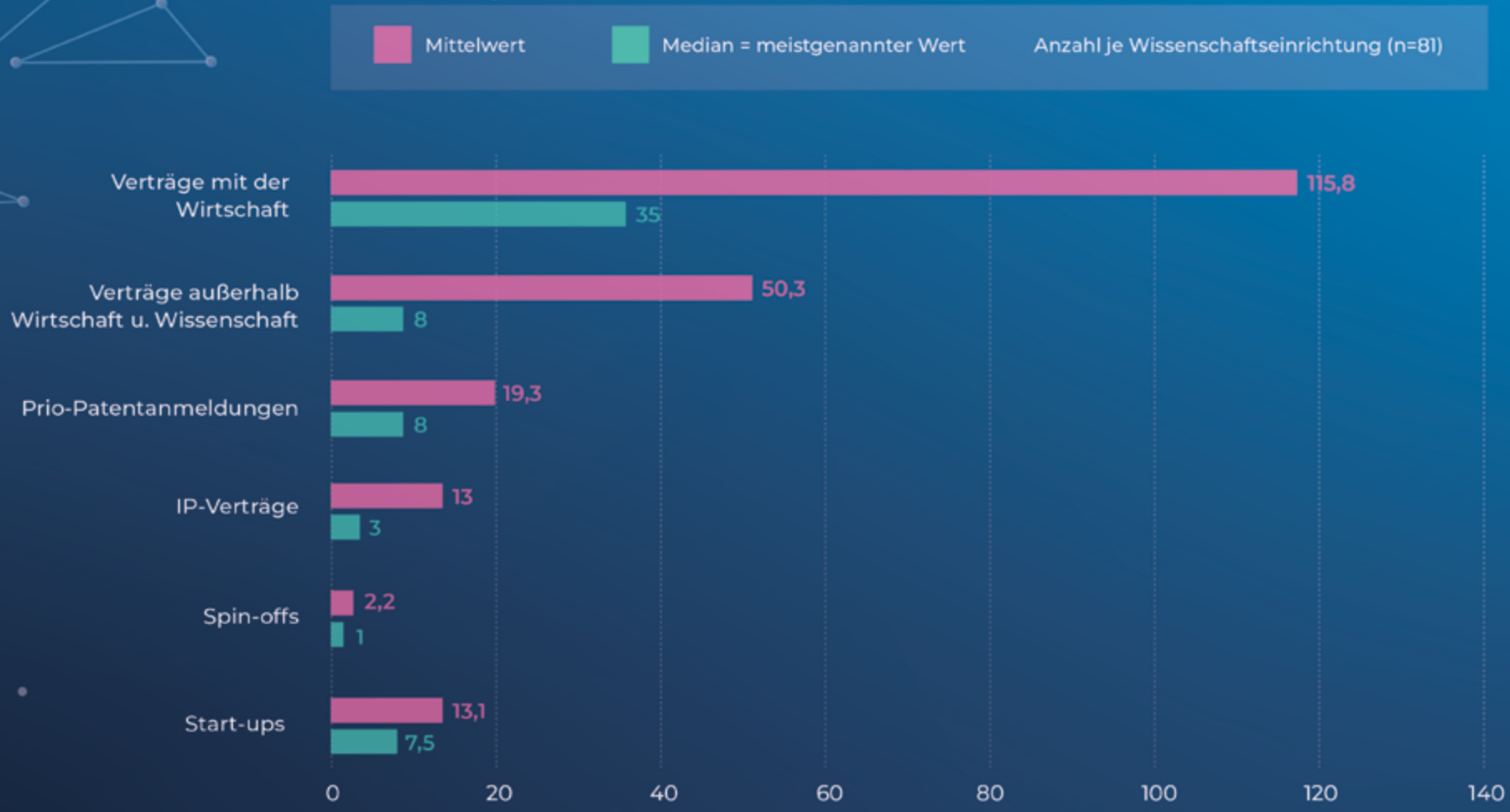
Seit 2002 haben Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen das Recht an Erfindungen von Wissenschaftlern und können das entstandene IP vermarkten. Die Erfinder haben in der Regel einen Anspruch auf eine Vergütung aus den Einnahmen in Höhe von 30 % der Nettoerlöse. Damit kommt den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und ihren Technologietransferstellen („Technology Transfer Offices", TTOs) als Gatekeeper und Vermarkter zu bahnbrechenden Ideen, Wissen und Technologien eine außerordentlich wichtige Rolle im Deep Tech Ökosystem zu. Jedoch mit leidlichem Erfolg.

> **Befund:** Der Technologietransfer von Forschungseinrichtungen bleibt deutlich hinter den Möglichkeiten zurück.

Das Potenzial vieler Erkenntnisse bleibt ungenutzt, so dass einige unserer Experten beklagen, dass sich die exzellente Forschung in Deutschland nicht in entsprechende Wertschöpfung und Fortschritt übersetzt. Quantifizieren lässt sich dies aber nur schwer, denn es gibt wenig belastbare Zahlen zu Input- und Output-variablen beim Thema Technologietransfer. In einer der wenigen Umfragen, an der sich 81 deutsche TTOs beteiligten, gehen teils ernüchternde Zahlen hervor, die die derzeitigen Strukturen und Prozesse zur Verwertung von IP grundsätzlich in Frage stellen (siehe Abb. 8).

[15] EFI (2024)

Abbildung 8: **Transferkennzahlen der Hochschulen und Forschungseinrichtungen**



Quelle: In Anlehnung an EU Funding Playbook (2024)

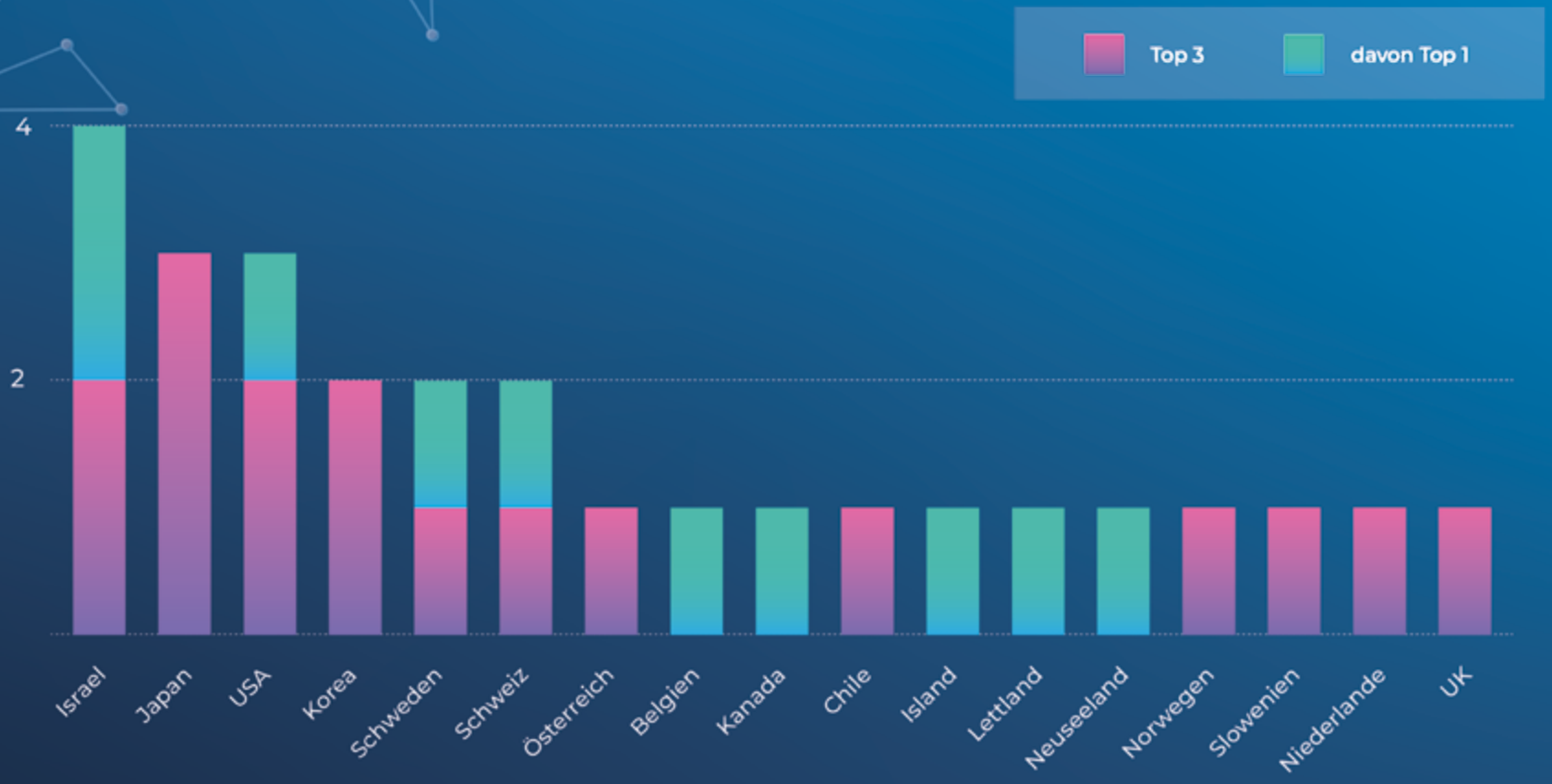
An den meisten Hochschulen führt der Technologietransfer ein Schattendasein. Abgesehen von wenigen Spitzenreitern zeigt sich, dass die meisten Einrichtungen nur wenige Patente anmelden, nur wenig Verwertungsverträge abschließen, im Schnitt nur drei Millionen jährlich einnehmen (Median: 72.000 Euro, Mittelwert ohne den Spitzenreiter mit 114 Mio. Euro liegt pro Einrichtung bei 1,3 Mio. Euro) und nur 2,2 Spin-offs und 13,1 Start-ups hervorbringen. Ferner zeigt sich, dass der Anteil von 2,5 % von Hochschulen angemeldeter Patente in Deutschland im Zeitraum von 2020–2022 im Vergleich zu den USA (7,9 %), UK (8,2 %), China (7,2 %) oder Israel (10,8 %) signifikant geringer ausfällt.

Befund: Der Anteil von Hochschulen angemeldeter Patente in Deutschland ist deutlich niedriger als in führenden Deep Tech Ländern.

Eine Analyse des Centrums für Hochschulentwicklung (CHE) von 1.545 Hochschulen weltweit zeigt, dass deutsche Institutionen bei zentralen Innovationsindikatoren wie Drittmitteln aus der Privatwirtschaft oder Patentanmeldungen nicht zur Spitzengruppe gehören.[16] Insbesondere Israel, Japan und die USA führen das Ranking an, während Deutschland in keinem der ausgewählten Indikatoren unter den Top 3 vertreten ist. Deutschland liegt dennoch im oberen Mittelfeld der OECD-Länder, da es bei den meisten Indikatoren über dem OECD-Durchschnitt liegt. Länder wie die Schweiz haben mit global führenden Institutionen wie der ETH Zürich unverkennbare Leuchttürme im Innovationsbereich. Japan setzt auf einen breiten Innovationsansatz und investiert stark in Forschung, wie das hohe Budget der Japan Science and Technology Agency (JST) zeigt. Dort wird auch verstärkt die gesellschaftliche Bedeutung von Innovation und der Einbezug der Sozial- und Geisteswissenschaften in langfristige Innovationstrategieprozesse betont.

[16] Centrum für Hochschulentwicklung (2022)

Abbildung 9: **Internationale Vorreiter im Technologietransfer**



Die Grafik gibt an, bei wie vielen Transfer-Indikatoren das jeweilige Land unter den Top 3 ist. Ergänzend wird angezeigt, bei wie vielen Transfer-Indikatoren das Land den besten Wert überhaupt hat. Insgesamt wurden neun Transfer-Indikatoren ausgewertet. Berücksichtigt wurden nur Länder, die OECD-Mitglied sind.

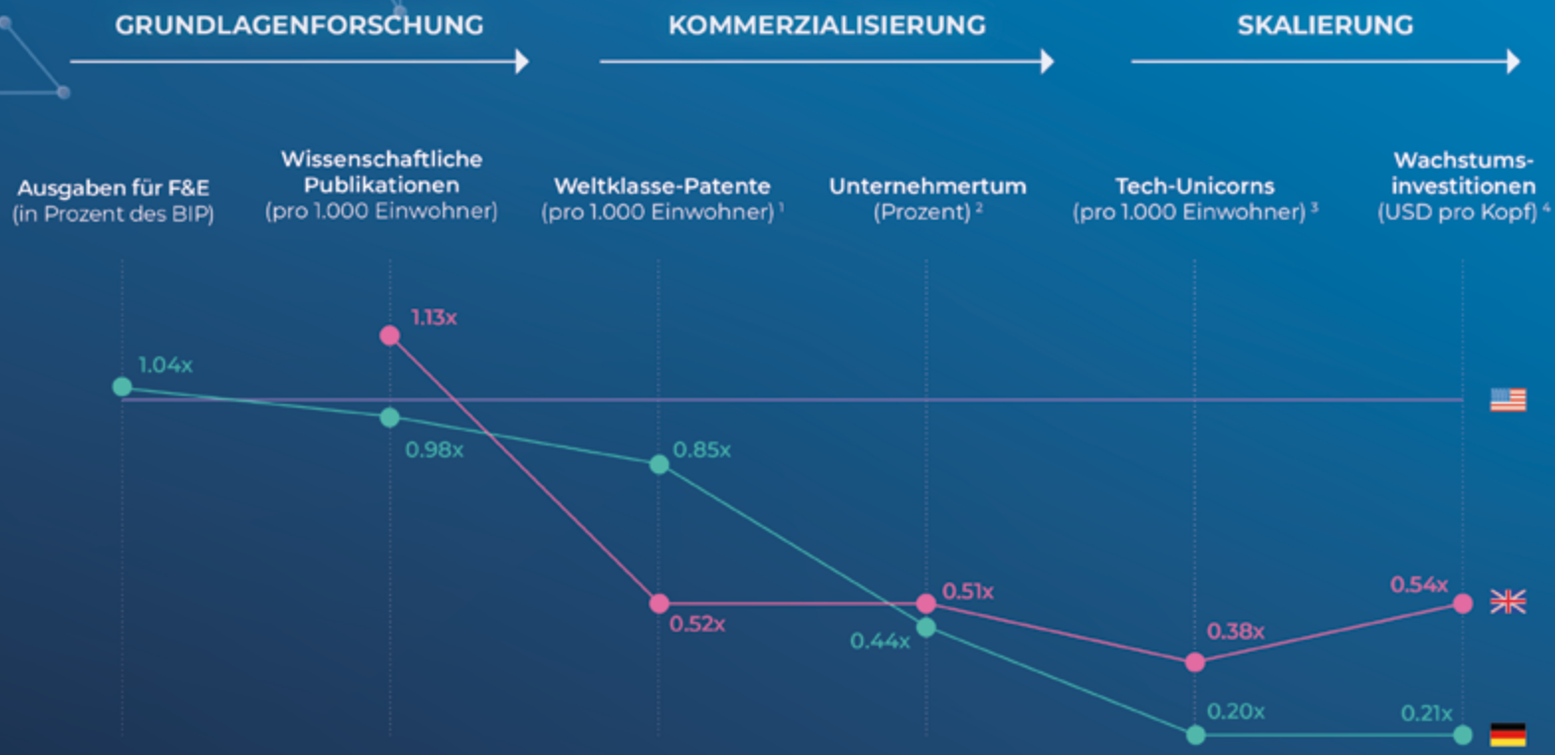
Quelle: U-Multirank (2022)

Auch unter den innovativsten Universitäten der Welt, gemessen in Patenten, befinden sich deutsche Universitäten nicht in der Spitzengruppe um die US-Universitäten Stanford, MIT und Harvard, sondern auf den Plätzen 31 (FAU Erlangen-Nürnberg), 45 (TU München) und 56 (LMU München). Diese Zahlen werden von allen Experten, v. a. angesichts der hohen öffentlichen Forschungsausgaben und -leistung, als nicht zufriedenstellend erachtet.

Befund: Im internationalen Vergleich gelingt es Deutschland nicht, aus den Investitionen in die Forschung und der international wettbewerbsfähigen Wissenschaft genügend Kapital zu schlagen.

Abb. 10 verdeutlicht dies anschaulich. Während die USA, UK und Deutschland bei den wissenschaftlichen Publikationen (pro Kopf) nahezu auf demselben Niveau liegen, fällt Deutschland bereits bei den weltbesten Patenten um fast 50 % hinter die USA zurück. Diese Schwere weitet sich dann in der Skalierungsphase (siehe 5.4 Investoren) noch weiter aus. **Doch warum kommen die wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht in die praktische Anwendung?** Dafür gibt es laut unseren Experten eine Reihe von Gründen.

Abbildung 10: **Deep Tech Entwicklungsindikatoren – Vergleich zwischen USA, UK und Deutschland**



1. Besten 10 % aller Patente im Technologiebereich.
2. Anteil an Einwohner (zwischen 18 und 64 Jahren) in unternehmerischer Tätigkeit.
3. Start-ups mit Unternehmensbewertung von über 1 Milliarde USD mit digitalem Geschäftsmodell in B2B oder B2C in Internet, Software oder Hardware.
4. Investitionen in private Start-ups (ohne öffentliche Unternehmen).

Quelle: Lakestar et al. (2023)

Technologietransferprozess schreckt Gründer und Investoren ab

Befund: Eine zentrale Schwachstelle sind die zu langwierigen, einzelfallbasierten und bürokratischen Verhandlungsprozesse zwischen den potenziellen Gründern, Wagniskapitalgebern und TTOs und unattraktive Gründungskonditionen, die Gründer und Investoren gleichermaßen abschrecken.

Die Konditionen für Gründer und spätestens private Investoren sind zu unattraktiv, da die Forderungen der IP-tragenden TTOs bzgl. Firmenanteilen, fixe oder variable Lizenzgebühren und Umsatzbeteiligungen zu hoch sind, um ein Start-up mit Erfolgschancen gründen zu können. Während in den USA ein einfacher Eigenkapitalanteil mit Verwässerungsschutz von 3–5 % bei der Gründung üblich ist, werden in Deutschland Beteiligungen von bis zu 25 % gefordert. Dies hält Wagniskapitalgeber von einer Investition ab, denn den Gründern und Investoren verbleiben zu wenige Anteile für spätere Investitionsrunden. Diese Erfahrung gilt nicht nur für Hochschulen, auch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, v. a. die mehrfach erwähnte Fraunhofer-Gesellschaft.

Gefordert wird eine „Ermöglichungskultur“ im Technologietransferprozess, die kurzfristige Gewinne und die Bedenken, Technologie unter Wert zu verkaufen, hintenanstellt und Ausgründungen entschlossen fördert. Unisono wurde in unseren Gesprächen ein schnelles und radikales Umdenken gefordert, dass es Gründern ermöglicht, schnell und mit „wenig Ballast“ im Hinblick auf Firmenanteile, Stimmrechte, Lizenzgebühren oder Umsatzbeteiligungen zu gründen; denn ohne Ausgründungen aus den Forschungseinrichtungen heraus *„wird die Pipeline an Deep Tech Innovationen abgewürgt“*, so der Direktor der Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIN-D), **Rafael Laguna de la Vera**.

[16] Centrum für Hochschulentwicklung (2022)

Außerdem fügt er hinzu, sind die TTOs und Patentverwertungsgesellschaften oft aus strukturellen und finanziellen Gründen gezwungen, den kurzfristigen finanziellen Gewinn höher als die langfristigen Chancen für die Institution und den Standort zu gewichten. Dies könne man ihnen aber nicht zum Vorwurf machen, denn die wenigsten dieser Stellen sind ausreichend und nachhaltig finanziert. Ein weiteres Hindernis stellt das EU-Beihilferecht dar. TTOs haben oft Sorge, den Wert des IPs zu niedrig anzusetzen, was als unzulässige Beihilfe gewertet werden könnte. Zwar wurde das europäische Beihilferecht im März 2023 geändert, aber die Unsicherheit ist nach wie vor groß.

Befund: Die Unterfinanzierung der TTOs und Unsicherheiten in Bezug auf das EU-Beihilferecht stehen einem professionellen und zügigen Technologietransfer im Weg.

Dritte Mission der Hochschulen führt ein Schattendasein

Die mangelnde finanzielle Ausstattung und eine nicht marktgerechte Bezahlung führen ferner dazu, dass aus Sicht vieler Experten die TTOs unterbesetzt sind und gerade im Vergleich mit den USA nicht über die nötige Erfahrung im Venture-Bereich und der Industrie verfügen. Unter diesen Bedingungen können *„nicht die Besten der Besten gewonnen werden, die jungen Gründern mit ihrer Erfahrung und ihren Kontakten dabei helfen, erfolgreich auszugründen“*. – **Anonym**. Hier könnte die neugegründete Deutsche Agentur für Transfer und Innovation (DATI) Abhilfe schaffen.

> *„Die meisten deutschen Hochschulen wachen erst langsam auf, die Dritte Mission von Innovation und Gründung auch als ihre zentrale Aufgabe zu sehen. Viele investieren derzeit nur rund 0,1 % ihres Hochschulbudgets in diese dritte Mission."* – **Prof. Dr. Helmut Schönenberger** (Co-Founder & CEO, UnternehmerTUM)

Insgesamt sind sich die Experten einig, dass der Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung (sog. Dritte Mission) bei Hochschulen eine zu geringe Rolle einnimmt. Der Fokus liegt klar auf den beiden anderen Missionen Forschung und Lehre, auch weil die Anreize und Anerkennung für die Dritte Mission auf Ebene der Hochschulen wie auch auf der von einzelnen Wissenschaftlern fehlen. Bei den Universitäten steht Spitzenforschung, die sich in Qualität und Quantität von Veröffentlichungen widerspiegelt, ganz oben auf der Agenda. Für den Transfer der Forschungsergebnisse bleibt beim herrschenden Publikationsdruck und der derzeitigen Anreizstruktur oft nicht die Zeit und Motivation. Zusätzlich mangelt es an institutioneller Unterstützung und Anreizen. Auch die Transferleistung der außeruniversitären Forschungseinrichtungen, wird von den vielen Experten als ausbaufähig eingeschätzt.

„Was mir wirklich fehlt, ist das unternehmerische Denken an den Hochschulen in Deutschland. In den USA sind Universitäten und Unternehmen viel enger vernetzt, da bestehen keine Berührungsängste. In Deutschland gibt es zwar hin und wieder Ausgründungen, aber das müsste viel systematischer ablaufen, fast wie in einer Fabrik – regelmäßig, jede Woche oder jeden Monat eine neue Company. Wir haben großartige Universitäten und Einrichtungen, wie die Max-Planck- oder Fraunhofer-Institute, die auf einigen Gebieten sogar weltweit führend sind. Aber was entsteht wirklich an Wertschöpfung? In meiner Wahrnehmung zu wenig. Aus meiner Sicht müssen diese Institutionen angehalten werden, wirtschaftlicher zu denken, um ihre Finanzierung daran zu knüpfen." – **Tino Krause** (Regional Director Central Europe, META)

Befund: Die dritte Mission ist gegenüber Forschung und Lehre an den meisten Hochschulen nicht ausreichend priorisiert und professionalisiert.

Transfer: Mehr Hürden als Anreize und Unterstützung für die Wissenschaft

Auch die fehlende Anerkennung von unternehmerisch denkenden und handelnden Wissenschaftlern im Wissenschaftssystem und in der Öffentlichkeit lassen viele Wissenschaftler von Transferbemühungen absehen. Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung spielt in wissenschaftlichen

Bewertungskriterien und Anerkennungssystemen nahezu keine Rolle. Immer wieder ziehen unsere Experten die weltweit im Transfer führende Stanford University heran. Dort ist es üblich, dass in Zielvereinbarungen mit Wissenschaftlern Anreize und Unterstützungsleistungen zum Transfer von Forschungsergebnissen aufgenommen werden. Dies kommt auch in der Universitätsstrategie zum Ausdruck. Wissenschaftler werden dort ermutigt und aktiv dabei unterstützt, Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte und Technologien umzusetzen. Dies wird dort auch entsprechend honoriert.
Eine derartige strategische Gewichtung und strukturelle Verankerung des Forschungstransfers fehlen an fast allen deutschen Hochschulen.

Befund: Im Wissenschaftssystem und an Hochschulen fehlt es an adäquaten Anreizen, Unterstützung und Kultur für Wissenschaftler, Forschungsergebnisse in die Praxis zu übertragen.

Stanford gilt als die Wiege des Silicon Valley, dem weltweit erfolgreichsten Innovationsökosystem, das durch die Gründung des Stanford Industrial Park im Jahr 1948 entstand, in dem sich in der Folge immer mehr führende Tech-Firmen angesiedelt haben. Dies führte nach dem berühmten Risikokapitalgeber Arthur Rock dazu, dass sich *„alle energiegeladenen Wissenschaftler um Stanford scharten“*.[17] Etwas Vergleichbares ist in Deutschland an der TU München entstanden. Sie stellt mit der UnternehmerTUM unter Beweis, dass es in Deutschland auch anders geht und hat es an die Spitze des Rankings von 125 europäischen Gründungszentren geschafft.

[17] Lee & Nicholas (2021)

> *„Was ich am Ökosystem der UnternehmerTUM zutiefst bewundere, ist dieses außergewöhnliche Netzwerk, das rund um die TUM als Nukleus aufgebaut wurde. Das ist wirklich bemerkenswert. Die UnternehmerTUM ist eine Errungenschaft, die nicht nur München, sondern ganz Deutschland bereichert. Da wurde Großartiges geleistet. Deutschland braucht genau solche Initiativen nicht nur in München, sondern am besten zehnmal im ganzen Land.“* – **Prof. Dr. Günther Schuh** (Leiter des Lehrstuhls für Produktionssystematik, RWTH Aachen)

Daneben ist zu beobachten, dass Wissenschaftler bei ihrer Forschung oftmals nicht die Verwertung der Ergebnisse berücksichtigen und

> *„die Forschungsergebnisse oft auch nicht reif genug für die Industrie sind, was auch mit der fehlenden Interaktion und Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu tun hat“*, bemerkt **Christoph Zinser** (Referent der Geschäftsführung des Verein für berufliche Integration e. V.)

Auch seien die Vorstellungen über den Wert von Forschungsergebnissen ohne validiertes Anwendungs- und Skalierungspotenzial oft nicht realistisch. Er sieht in diesem Zusammenhang auch die **Exzellenzinitiative kritisch**, weil er auch hier eine stärkere Betonung und Anreize für das Wissenschaftssystem vermisst, die Dritte Mission stärker zu priorisieren. Auch das **bayerische Hochschulinnovationsgesetz hält er in seiner Ausgestaltung für verbesserungswürdig**. Zwar begrüßt er das Ziel des Gesetzes, Ausgründungen zu

fördern, hält aber die Umsetzung für ineffektiv. Die Universitäten können bspw. im Rahmen der Zielvereinbarungen selbst ihre Ziele für die Zahl der Ausgründungen festlegen, anstatt diese Kennzahl über nationale und internationale Benchmarks festzulegen.

Mehr als an Ideen fehlt es am Gründergeist

Es mag verwundern, doch stellten viele der befragten Experten, nicht zuletzt Gründer von Deep Tech Unternehmen, fest, dass das Thema Gründen an deutschen Hochschulen nach wie vor zu wenig präsent ist. Dementsprechend sind die Gründungsneigung und die Anzahl der Gründungen an deutschen Hochschulen im Vergleich zur internationalen Spitze gering. Obwohl in den letzten Jahren einige Unterstützungsangebote wie Gründerzentren initiiert wurden, werden diese nicht ausreichend genutzt und sind oft zu wenig sichtbar.

Der Mangel an Gründergeist im deutschen Hochschulsystem liegt in den Augen der Experten auch darin begründet, dass das Thema Entrepreneurship nicht standardmäßig im Curriculum aller Studierenden und Wissenschaftler verankert ist. Zudem gibt es zu wenig Netzwerkmöglichkeiten mit erfahrenen Unternehmern und Gründungsinteressierten. Viele Experten fordern deshalb einen grundlegenden Kulturwandel an den Hochschulen, der Bewusstsein, Wissen und ein positives, aber realistisches Bild über die Chancen und Risiken von Unternehmertum vermittelt, um das Gründungspotenzial hierzulande besser auszuschöpfen. Anhand einer Stichprobe von 20 deutschen Universitäten und zwei Millionen angebotenen Veranstaltungen, zeigt eine Analyse des Stifterverbands, dass die Anzahl der Entrepreneurship-Kurse zwar steigt, aber der Anteil im Schnitt deutlich unter 0,5 % liegt.

Befund: An deutschen Hochschulen wird zu wenig Gründergeist entfacht, da das Thema Entrepreneurship in den Studienplänen zu kurz kommt und zu wenige Netzwerkmöglichkeiten mit erfahrenen Gründern geschaffen werden.

„Mir hat ein bekannter Universitätsprofessor gesagt, dass es bei ihm nicht so sei, dass jeden Tag Studierende und Doktoranden bei ihm anklopfen und sagen würden „ich will Unternehmer werden und ein Start-up gründen". Diejenigen, die das Potenzial haben und bereit sind, den harten, schweißtreibenden Weg im Deep Tech Bereich zu gehen, sind selten. Oft wird stattdessen mit Start-ups der schnelle Hype gesucht, bei dem mediale Aufmerksamkeit wichtiger wird als der jahrelange, intensive Prozess, eine marktfähige, bahnbrechende Innovation zu entwickeln." – **Anonym**

Die mangelnde Notwendigkeit und den fehlenden Gründergeist beschreibt auch **Tino Krause** (Regional Director Central Europe, META): *„Neulich sagte mir ein Professor, dass es genug Forschungsgelder gebe. Er muss kein Start-up an den Start bringen oder sonst wie wirtschaftlichen Mehrwert erbringen und macht es auch nicht, weil der Prozess zu viel Zeit kosten würde und ihn von der Grundlagenforschung abhält. Da glaube ich, dass die Incentivierung und Schwerpunktsetzung nicht stimmen. Transfer und Ausgründungen müssten viel wichtiger werden."*

Handlungsempfehlungen

1. **Standardisierung des IP-Transfers in forschungsbasierte Ausgründungen:** Forschungseinrichtungen sollten standardmäßig an Ausgründungen über virtuelle Anteile ohne Stimmrechte und mit Verwässerungsschutz bis zur Series A beteiligt werden. Eine Deckelung dieser Beteiligungen auf maximal 10 % sollte EU-weit angestrebt werden, um beihilferechtliche Bedenken auszuräumen und den Transferprozess zu beschleunigen. Um Verhandlungen effizienter zu gestalten, sollte auf standardisierte Verträge zurückgegriffen werden. Dies sorgt für eine klare und transparente Beteiligungsstruktur, die sowohl für die Forschungseinrichtungen als auch für Gründer und Investoren rechtssichere und unkomplizierte Bedingungen schafft.

2. **IP-Transfer 3.0 als Grundlage:** Die Toolbox der IP-Transfer 3.0 Initiative der SPRIN-D sollte weiter ausgebaut und deren Nutzung eingefordert werden. Dies umfasst die Anwendung von Musterverträgen und Entscheidungshilfen wie dem IP-Wahl-O-Meter, um die IP-Situation präzise einzuschätzen, sowie die IP-Scorecard, um eine marktübliche Bewertung von geistigem Eigentum zu gewährleisten.

3. **Dauerhafte Finanzierung der Transferstellen sichern:** Die Länder sollten die Transferstellen an Universitäten und Forschungseinrichtungen für mindestens zehn Jahre finanziell ausreichend unterstützen und damit unabhängig von den Transfereinnahmen machen. Die flächendeckende und enge Zusammenarbeit mit der DATI könnte zusätzlich zur Verstärkung der Transferkapazitäten beitragen.

4. **Leistungsindikatoren und Kopfprämie für erfolgreiche Ausgründungen einführen:** Die Hochschulpolitik sollte reformiert werden, um Leistungsindikatoren für Ausgründungen in die Bewertung von Universitäten aufzunehmen. Durch die Einführung von Transferzielen und einer Bonus-Malus-Regel zwischen Ländern und Universitäten können Anreize für erfolgreiche Ausgründungen geschaffen werden. Zudem sollte eine „Kopfprämie“ (z. B. 250.000 EUR) für jede Start-up-Gründung durch Forschungseinrichtungen eingeführt werden. Für Deep Tech Ausgründungen mit hohem Innovationspotenzial sollte die Prämie verdoppelt werden, um die Gründungsdynamik besonders in diesem Bereich zu stärken.

5. **Datenbasis über Transferleistung verbessern:** Die Erfassung von Informationen über Ausgründungen jeder Forschungseinrichtung sollte systematisch und kontinuierlich erfolgen. Diese Daten sollten öffentlich zugänglich gemacht werden, um Transparenz zu schaffen und die Transferleistung zu steigern.

6. **Transferziele in Zielvereinbarungen aufnehmen:** Der Transfer von Forschungsergebnissen sollte in die Zielvereinbarungen zwischen Ländern, Forschungseinrichtungen und Wissenschaftlern integriert und entsprechend honoriert werden. Dies schafft einen direkten Anreiz für Forschungseinrichtungen und Wissenschaftler, Forschungsergebnisse in marktfähige Innovationen zu überführen.

7. **Exzellenzuniversitäten gezielt fördern:** Die Exzellenzstrategie sollte sich verstärkt auf die langfristige Etablierung von Spitzenforschung an ausgewählten Exzellenzuniversitäten konzentrieren. Klare Zielvereinbarungen müssen in die Exzellenzstrategie aufgenommen werden, um den Transfer von Forschungsergebnissen (Dritte Mission) gleichrangig mit der Forschung zu fördern und so die Innovationskraft dieser Universitäten zu maximieren. Zum Aufbau dieser Leuchtturm-Universitäten mit internationaler Strahl- und Anziehungskraft und hohem Innovationspotenzial sollten Bund und Länder universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen enger verzahnen und dauerhaft gemeinsam finanzieren.

8. **Mehr wissenschaftliches Personal an Exzellenzuniversitäten:** Um die Forschungsqualität zu steigern und im internationalen Vergleich konkurrenzfähig zu bleiben, sollte die Lehrbelastung des wissenschaftlichen Personals an diesen Exzellenzuniversitäten reduziert werden. Hierzu ist eine deutliche Aufstockung des wissenschaftlichen Personals notwendig, um den Anforderungen forschungsbasierter Lehre gerecht zu werden und gleichzeitig Raum für Forschungs- und Transferaktivitäten zu schaffen.

9. **Deep Tech Cluster von Weltrang:** Forschungseinrichtungen, besonders Exzellenzuniversitäten, in international wettbewerbsfähigen und bedeutenden Deep Tech Clustern sollten gezielt gefördert werden. Die Erfahrungen erfolgreicher Modelle wie z. B. der Unternehmer TUM, können als Vorlage für ähnliche Strukturen in anderen Regionen Deutschlands genutzt werden, um Innovation und Transfer in lokalen Deep Tech Clustern zu beschleunigen.

10. **Stipendienprogramme für gründungsinteressierte Studierende und Pflichtveranstaltung Entrepreneurship:** Es sollten spezielle Stipendienprogramme für Studierende mit Gründungsinteresse eingeführt werden, insbesondere im Bereich Deep Tech. Diese Programme fördern die Entwicklung innovativer Gründungen in technologisch anspruchsvollen Bereichen und unterstützen Studierende finanziell und fachlich bei der Umsetzung ihrer Ideen. Gleichzeitig sollte an allen Hochschulen eine verpflichtende Veranstaltung zum Thema Entrepreneurship für alle Studierenden eingeführt werden. Diese Maßnahmen stärken das unternehmerische Denken und Verständnis. Zudem schärfen sie das Bewusstsein für Gründungsmöglichkeiten.

11. **Mobilität der Wissenschaftler und Erfinder EU-weit vereinfachen und fördern:** Die Mobilität von Wissenschaftlern und Erfindern innerhalb der EU sollte durch die Schaffung einheitlicher Regelungen vereinfacht werden. Visa-Anforderungen, Kranken-, Renten- und Sozialversicherungen stellen derzeit erhebliche Hindernisse dar. Durch die Einführung EU-weiter Instrumente und Lösungen können diese Barrieren abgebaut werden, um den grenzüberschreitenden Austausch von Talenten zu erleichtern und die Zusammenarbeit in der europäischen Forschungs- und Innovationslandschaft zu stärken.

12. **Austausch und Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft fördern:** Es wird empfohlen, den Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft durch Querwechsler-Programme und angepasste Berufungspraktiken zu verstärken. Diese Maßnahmen sollen den Übergang von Fachkräften zwischen akademischen Einrichtungen und der Industrie erleichtern und so den Wissens- und Technologietransfer fördern. Geänderte Berufungspraktiken, die den Einstieg von Experten aus der Wirtschaft in die Technikwissenschaft unterstützen, stärken die Zusammenarbeit und Innovationskraft beider Bereiche.

6.2 Öffentliche Hand

Staatliche Institutionen auf Bundes- und Landesebene sowie die EU spielen im Deep Tech Innovationsprozess eine tragende Rolle, die deutlich über die Gestaltung des gesetzlichen und regulatorischen Rahmens hinausgeht. **Unsere Experten wünschen sich eine öffentliche Hand, die den technologischen Fortschritt durch Deep Tech und die notwendigen Wandlungsprozesse als Wegbereiter, Fürsprecher, Impulsgeber und Anwender proaktiv unterstützt, anstatt sie in die eingefahrene risikoaverse und kontrollorientierte Verwaltungslogik zu pressen.**

Zwar erkennen viele der Experten die ersten Schritte der öffentlichen Hand in diese Richtung an, doch insgesamt verläuft ihnen der Rollenwandel der öffentlichen Hand zu schleppend und unentschlossen. Manche Experten stellen die generelle Fähigkeit der öffentlichen Hand, Deep Tech zu fördern und anzuwenden, in Frage; zu risikoavers, inflexibel und träge erscheinen ihnen die dominierenden Herangehensweisen an bahnbrechende Innovationen.

Ohne proaktiven Staat hat Deep Tech wenig Chancen

Aufgrund ihres besonderen Risikoprofils und ihrer transformativen Natur, sind Deep Tech Innovationen zum Durchbruch auf die besondere Unterstützung der öffentlichen Hand angewiesen. Dies beginnt bei der finanziellen Förderung der Grundlagenforschung, beinhaltet aber auch eine fortschritts- und risikobejahende Regulatorik sowie eine innovationsfördernde öffentliche Beschaffungspolitik.

Im Gegensatz zu weniger bahnbrechenden Innovationen, erfordern Deep Tech Innovationen aufgrund ihrer systemischen und tiefgreifenden Auswirkungen auf bestehende Märkte und Infrastrukturen häufig regulatorische Anpassungen und Unterstützung, da bestehende marktliche und technologische Rahmenbedingungen die Diffusion behindern können.[18]

Befund: Bestehende Marktkräfte haben häufig keinen Anreiz für Erneuerung durch Deep Tech und blockieren gezielt deren Verbreitung. Unter diesen Umständen kann die öffentliche Hand gefordert sein, in die Märkte einzugreifen, wenn es sich um eine Deep Tech Innovation im öffentlichen Interesse handelt.

Ohne vorausschauende, kluge staatliche Unterstützung könnten vielversprechende Deep Tech Innovationen bereits im Frühstadium an regulatorischen und marktlichen Hürden scheitern. Folglich fordern unsere Experten, dass die öffentliche Hand im Deep Tech Bereich eine aktivere unterstützende Rolle als derzeit einnimmt.

Befund: Der Staat sollte sich als Schlüsselfigur im gesamten Deep Tech Innovationsprozess begreifen, indem er in allen Phasen des Entwicklungszyklus maßvoll eingreift, um Marktversagen wie Unterinvestitionen in Grundlagenforschung, Forschungstransfer und Start-ups sowie marktliche und infrastrukturelle Diffusionsbarrieren zu korrigieren.

[18] Sreenivasan & Suresh (2023)

Dafür sollte die öffentliche Hand nach dem „Carve-Out-Modell“, die Deep Tech Förderung und Beratung gezielt an unabhängige und unternehmerisch denkende und agierende Agenturen abgeben, die zugleich auch Teil eines Expertengremiums sind, das die Politik im Hinblick auf regulatorische Maßnahmen berät.

Defizite in der Forschungs- und Innovationspolitik sind erkannt, jetzt müssen die Anpassungen beschleunigt und intensiviert werden

Die Förderung von Deep Tech in Deutschland und Europa erfolgt durch eine Vielzahl von Programmen und Initiativen auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene über den gesamten Entwicklungsprozess von Deep Tech Innovationen. Insbesondere in den letzten Jahren sind einige Maßnahmen zur Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit und Souveränität ergriffen worden, um bestehende Defizite anzugehen.

Als größtes europäisches Forschungs- und Innovationsprogramm für Deep Tech deckt Horizon Europe mit seinen drei Säulen („Excellent Science“, „Global Challenges and European Industrial Competitiveness“ und „Innovative Europe“) alle Stufen der technologischen Reife ab. Zu den zentralen Programmen auf europäischer Ebene zählt Horizon Europe, das Initiativen wie den European Research Council (ERC) zur Förderung von Grundlagenforschung, den European Innovation Council (EIC) zur Förderung von bahnbrechenden Innovationen und das European Institute of Innovation and Technology (EIT) zur Stärkung des Wissenstransfers und der Innovationsfähigkeit in Innovationsökosystemen umfasst. Der ERC fördert wissenschaftliche Durchbrüche, das European Innovation Council (EIC) unterstützt disruptive Innovationen, und das EIT fördert Innovationsökosysteme aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen.

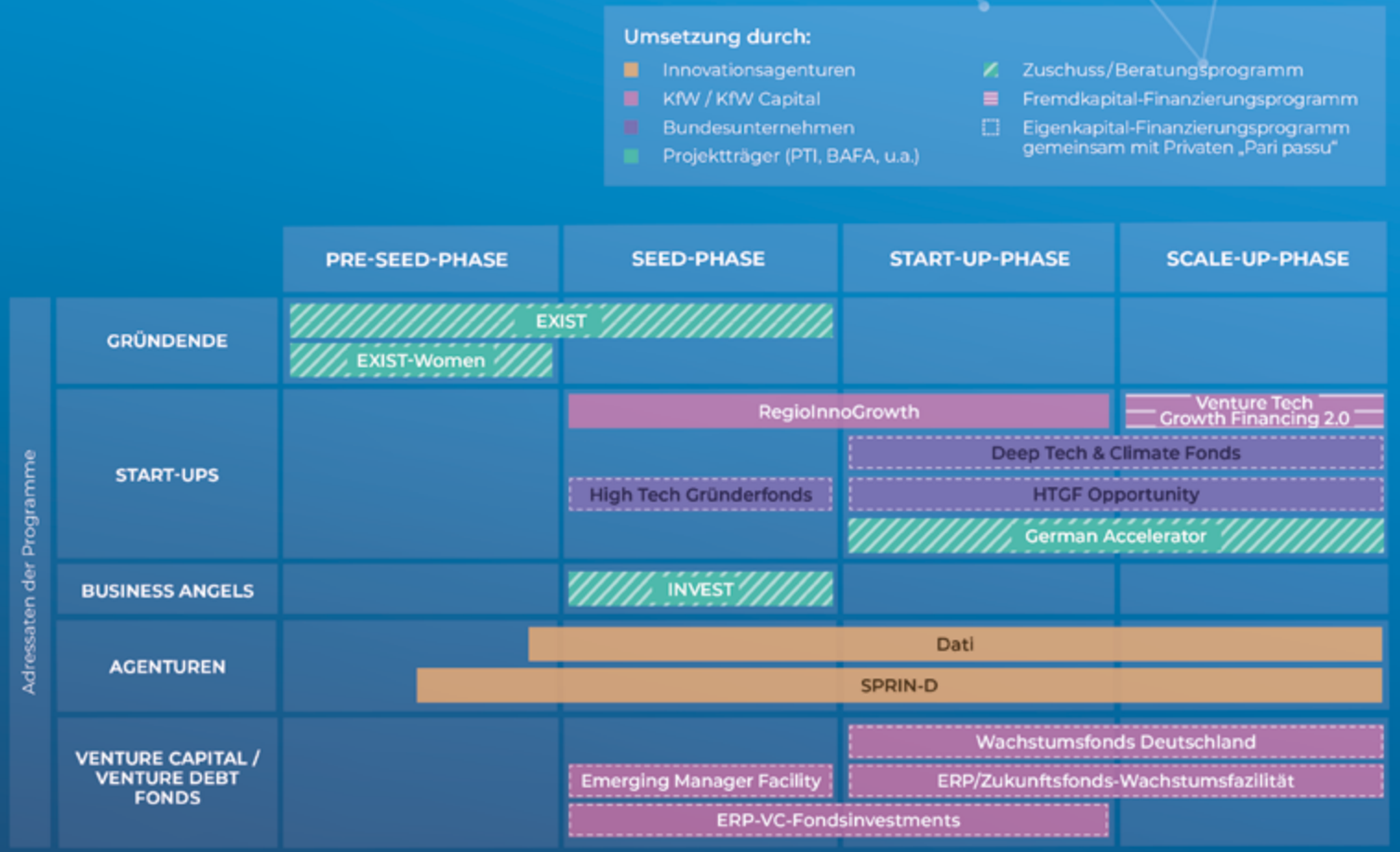
Mit dem mit 7,6 Mrd. Euro ausgestatteten European Investment Fund (EIF) finanziert die European Investment Bank (EIB) Deep Tech Unternehmen im Rahmen der European Tech Champions Initiative (ETCI), fungiert als Ankerinvestor und Wachstumsfinanzierer oder als Investor in spezialisierte Deep Tech Venture Capital Fonds.

National tragen Programme wie das EXIST-Gründerstipendium, Agenturen wie die Agenturen DATI und die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIN-D) sowie staatlich unterstützte Risikokapitalfonds wie der Deep Tech & Climate Fonds (DTCF) und der High Tech Gründerfonds (HTGF) zur Förderung von Deep Tech Unternehmen bei.

Eine weitere Initiative auf nationaler Ebene ist die jüngst angekündigte WIN-Initiative (Wagniskapitalbeteiligung für Innovation und Nachhaltigkeit).[19] Sie zielt darauf ab, die technologische Souveränität und ökologische Transformation der deutschen Wirtschaft durch die Bereitstellung von Risikokapital zu fördern, insbesondere im Deep Tech Bereich. Die WIN-Initiative hat die Absicht, die Rahmenbedingungen für Innovations- und Wagniskapital in Deutschland zu verbessern und dabei bis 2030 rund 12 Mrd. Euro in das deutsche Venture Capital-Ökosystem zu investieren. Ein breites Bündnis aus Wirtschaft, Verbänden und Politik, koordiniert von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), arbeitet daran, steuerliche, rechtliche und finanzielle Hürden zu senken und den Zugang zu privatem Kapital für Start-ups zu erleichtern.

[19] University of Twente: Horizon Europe (2024)

Abbildung 11 **Nationale Innovationsförderung in Deutschland**



Quelle: In Anlehnung am BMWK (2024)

Zusätzlich versucht die Bundesregierung durch eine Reihe von gesetzlichen Initiativen den Weg für bessere Rahmenbedingungen im Innovations- und Technologiebereich für Deep Tech zu ebnen. Zu diesen Initiativen zählen das Wachstumschancengesetz, das Zukunftsfinanzierungsgesetz, das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)-Digitalisierungsgesetz, das Fachkräfteeinwanderungsgesetz, das Reallaborgesetz sowie das Forschungszulagengesetz. Diese Gesetze haben zum Ziel, die Rahmenbedingungen für Innovationen zu verbessern, Investitionen zu fördern, den Fachkräftemangel zu bekämpfen und steuerliche Anreize für F&E zu schaffen.

Neben europäischen und nationalen Programmen unterstützen auch regionale Programme wie etwa die Cluster Offensive Bayern, Hightech Transfer Bayern, Deep Tech Hub Berlin oder das Cyber Valley in Baden-Württemberg, das als eines der führenden Zentren für KI in Europa gilt, maßgeblich die Entwicklung von Deep Tech.

Befund: Die Vielzahl an Förderprogrammen und Initiativen verdeutlicht, dass die öffentliche Hand den dringenden Handlungsbedarf zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für F&E und Innovation erkannt hat. Jedoch sollte das breite Angebot von regionalen, nationalen und europäischen Förderprogrammen dringend stärker miteinander verzahnt und harmonisiert werden.

Durch eine bessere Koordination von Programmen wie Horizon Europe mit nationalen Fördermaßnahmen, könnten Ressourcen effizienter genutzt, ineffiziente Doppelstrukturen abgebaut und der Zugang zu Fördermitteln für Deep Tech Projekte vereinfacht und beschleunigt werden. Die bestehenden

direkten und indirekten Fördermöglichkeiten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebenen sollten dringend transparenter und zugänglicher gemacht werden. Auch die Antragsprozesse sollten vereinheitlicht, vereinfacht und digitalisiert werden, um die Prozesse zu beschleunigen und effizienter zu machen.

> *„Deep Tech Unternehmen sehen sich weiterhin erheblichen beihilfe- und vergaberechtlichen Hindernissen ausgesetzt, die ihre Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft hemmen. Der IPCEI-Ansatz [20] bietet einen vielversprechenden Rahmen, um diese Hürden zu überwinden, jedoch sollte dieser auf weitere Bereiche ausgeweitet werden. Besonders positiv und zukunftsweisend ist die Bündelung von Fördergeldern der EU, des Bundes und der Länder, auf ein gemeinsames Ziel hin. Anstatt dass jede Ebene eigene Förderprogramme betreibt, sollten Deep Tech Start-ups nicht gezwungen sein, sich in verschiedenen Verfahren für unterschiedliche Förderlinien zu bewerben. Ein integriertes, effizientes System ist der Schlüssel, um das volle Potenzial dieser innovativen Unternehmen zu entfalten."* –
> **Dr. Sabine Donauer** (Referatsleiterin Digitaler Innovationsstandort, Europäische Digitalpolitik, Internationales, Bayerisches Staatsministerium für Digitales)

Die Komplexität der Antragsverfahren für Förderprogramme auf europäischer und nationaler Ebene basiert auf unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen auf EU-, Bundes- und Landesebene sowie unterschiedlichen Antragsvoraussetzungen und -pflichten. Eine Standardisierung der Antragspflichten und durchgängige Vernetzung der Förderprogramme über alle Wachstumsphasen hinweg, innerhalb einer

[20] Die IPCEI-Initiative (Important Projects of Common European Interest) fördert strategische Projekte in Schlüsseltechnologien und stärkt damit die europäische Wettbewerbsfähigkeit durch gezielte Unterstützung von Deep Tech Unternehmen.

zentralen Anlaufstelle, könnte die Effizienz der Verwaltung erheblich steigern und die Nutzung der Förderprogramme attraktiver machen. Unternehmen, die bereits in einer Entwicklungsphase erfolgreich gefördert wurden, sollten durch eine bessere Vernetzung der Programme von einem vereinfachten Verfahren für die Folgeförderung profitieren. Dies würde die Erfolgsaussichten für die Kommerzialisierung von Deep Tech Vorhaben erheblich verbessern und gleichzeitig die Förderung effizienter gestalten.

Befund: Standardisierung der Antragsverfahren und Vernetzung der Förderprogramme würden die Effizienz steigern und die Erfolgsaussichten für die Kommerzialisierung von Deep Tech Projekten verbessern.

Mehr Freiräume für Deep Tech

Für den Bereich Deep Tech ist besonders die 2019 von der Bundesregierung gegründete Agentur für Sprunginnovationen, kurz SPRIN-D, relevant. Dies gilt zunächst inhaltlich, aber auch organisatorisch und strukturell gehen von der Einrichtung der SPRIN-D neue Impulse aus. Die SPRIN-D hat die Aufgabe, technologisch bahnbrechende Innovationen voranzutreiben, die wichtige soziale oder ökologische Probleme lösen. Sie wurde gegründet, um die Defizite in der deutschen Innovationsförderung zu beheben, deren Sprunginnovationspotenzial an bürokratischen Hürden, starren Vorgaben und einer pfadabhängigen Technologieförderung leidet.

[19] University of Twente: Horizon Europe (2024)

> *„Die Gründung der SPRIN-D ist ein Versuch, die Defizite in der deutschen Innovationsförderung zu überwinden, die häufig durch bürokratische Hürden und starre Förderstrukturen geprägt sind. Die Agentur soll den Raum für echte Sprunginnovationen schaffen, wo traditionelle Fördermechanismen oft versagen.“* – **Rafael Laguna de la Vera** (Gründungsdirektor, SPRIN-D)

Ihr Vorbild ist die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), die 1958 als eine Agentur des US-Verteidigungsministeriums als Antwort auf den Start des russischen Sputnik-Satelliten gegründet wurde. Im Laufe ihres Bestehens hat die Förderung von hochinnovativer und -riskanter Forschung wesentlich zu bahnbrechenden Innovationen wie dem Internet, GPS oder Drohnentechnologie beigetragen. Die DARPA arbeitet mit flachen Hierarchien und flexiblen, zeitlich befristeten Projektstrukturen. Der Einfluss der Politik ist bewusst sehr geringgehalten.

Die SPRIN-D versucht viele dieser Elemente zu übernehmen. Doch das Konzept stößt die deutsche Politik, den Verwaltungsapparat und die Ministerialbürokratie vor einige Probleme, die exemplarisch für die deutsche Förderlandschaft sind. Einige dieser Probleme konnten durch das SPRIN-D-Freiheitsgesetz gelöst werden, das es der Agentur möglich macht, freier von der Politik und agiler und flexibler als Ministerien zu agieren.

Als zentrales Problem nicht nur bei der SPRIN-D, sondern z. B. auch bei außeruniversitären Forschungseinrichtungen wie der Fraunhofer-Gesellschaft, wird die Fachaufsicht durch Ministerien und politische Amtsträger wahrgenommen. Diese beeinflusst, oft aus politischem und persönlichem Kalkül, inhaltliche Entscheidungen und verzögert Entscheidungsprozesse. Besonders bei risikoreichen und disruptiven Deep Tech Innovationen, ist die enge Fachaufsicht kontraproduktiv, da sie die nötige Flexibilität und Agilität einschränkt.

> *"Das Problematischste überhaupt, worüber selten gesprochen wird, ist die Fachaufsicht des Ministeriums. Fachaufsicht bedeutet, dass im zuständigen Referat des Ministeriums Wochen vor einer Aufsichtsratssitzung der SPRIN-D, minutiös im Detail abgestimmt wird, was diese SPRIN-D überhaupt entscheiden kann und worüber ein Aufsichtsrat abstimmen kann. Das zentrale Problem dieser Agentur ist, dass durch das so genannte SPRIN-D-Freiheitsgesetz die Fachaufsicht nicht wegfällt. Um effektiv zu sein, müsste sie – ähnlich wie die DARPA in den USA oder die britische Innovationsagentur ARIA (Advanced Research and Innovation Agency) – ohne ministerielle Oberaufsicht agieren und nur dem Parlament verantwortlich sein. Das ist bisher erfolgreich verhindert worden."* – **Dr. Thomas Sattelberger** (Ehem. Mitglied des Deutschen Bundestages und parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung a. D.)

Demnach erachten die Experten das Freiheitsgesetz der SPRIN-D als überfällig und unbedingt notwendig, aber auch als wichtiges Signal, dass die **öffentliche Hand erkannt hat, dass die derzeitigen Strukturen und Entscheidungsprozesse, zumindest nicht kurzfristig, mit den Erfordernissen von Deep Tech übereingebracht werden können.**

Befund: Spezialisierte Agenturen mit größeren Freiräumen, wie die SPRIN-D, sind erforderlich, um Deep Tech Innovationsprozesse agil und unbürokratisch voranzutreiben, da traditionelle staatliche Strukturen und Prozesse zu langsam und starr sind.

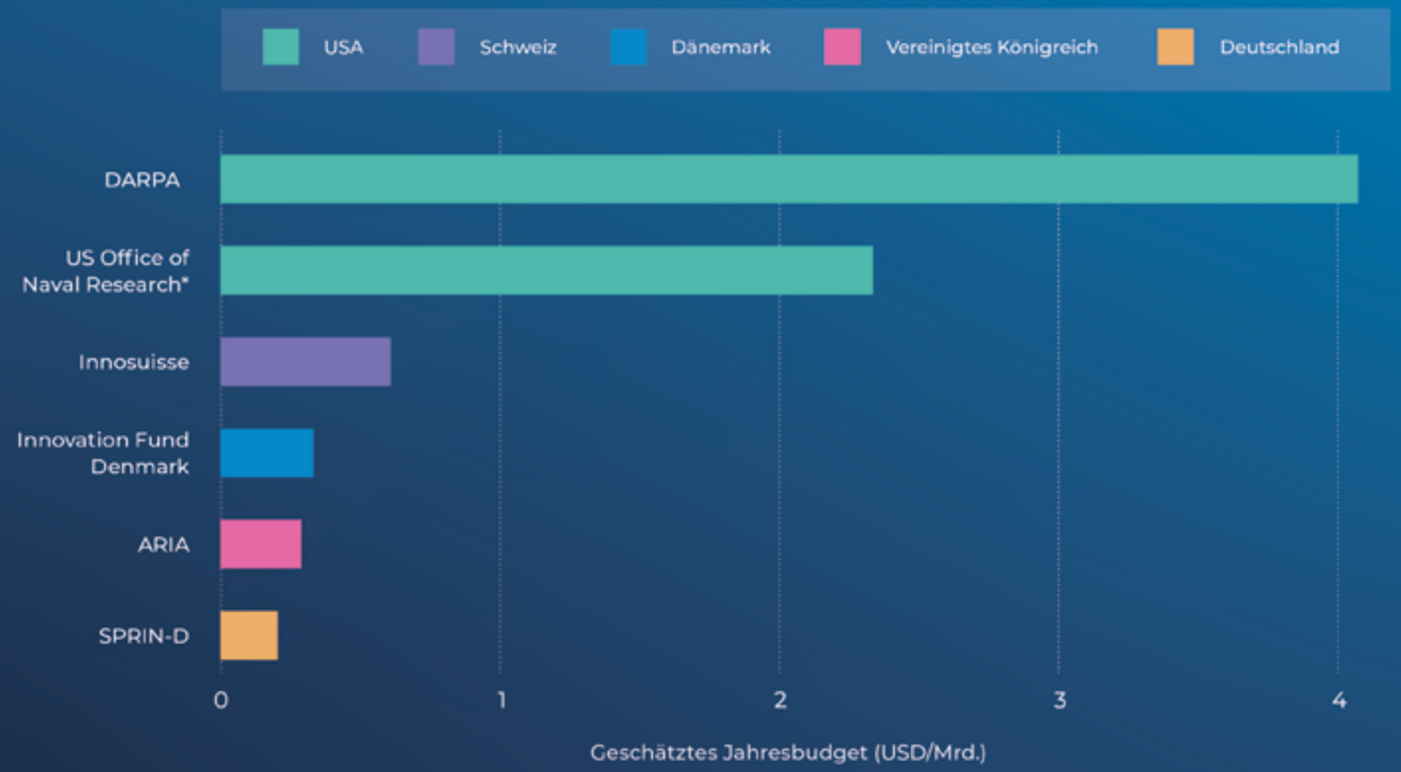
Dennoch äußern viele Experten, dass die SPRIN-D, wie auch öffentlich finanzierte Forschungseinrichtungen, noch weitgehender von politischer Einflussnahme entkoppelt werden sollten. Ansonsten können die Agenturen wie SPRIN-D und DATI nie so frei und unternehmerisch, wie ihre internationalen Vorbilder, agieren.

Auch die finanzielle Ausstattung der SPRIN-D reiche nicht aus und müsste signifikant erhöht werden. Im Vergleich investieren die besonders innovativen, kleineren europäischen Länder Schweiz und Dänemark überproportional mehr als Deutschland in vergleichbare Agenturen (siehe Abb. 12).

Abbildung 12:

Budget der Innovationsagenturen im internationalen Vergleich

Die UK Advanced Research and Invention Agency (ARIA) wurde nach dem Vorbild der berühmten US Defence Advanced Reserach Projects Agency (DARPA) aufgebaut, hat aber ein geringeres jährliches Budget.



* Budgetanfrage für 2025

Quelle: Nature (2024)

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die Planungssicherheit der SPRIN-D durch die Abhängigkeit von Mitteln aus dem Bundeshaushalt limitiert ist. Dies schränkt die Handlungsfähigkeit der Agentur ein und ist auch kein Vertrauen stiftendes Signal für bestehende und zukünftige Projekte.

> *„Die SPRIN-D ist in ihrer Planungssicherheit eingeschränkt, da sie auf jährliche Mittel aus dem Bundeshaushalt angewiesen ist. Diese Abhängigkeit schränkt die Flexibilität und langfristige Planung der Agentur erheblich ein, was sich negativ auf die Umsetzung ihrer Innovationsprojekte auswirkt."* – **Rafael Laguna de la Vera** (Gründungsdirektor, SPRIN-D)

> *„Ein Teil des Haushalts der SPRIN-D muss vom Haushaltsausschuss des Bundestages freigegeben werden, und das ist alles andere als gut planbar. Die fehlende Planungssicherheit führt dazu, dass die SPRIN-D nicht immer in der Lage ist, groß angelegte und risikoreiche Innovationsprojekte langfristig zu fördern. Mit einer stabilen, berechenbaren Finanzierung ließe sich das volle Potenzial der Agentur besser ausschöpfen."* – **Prof. Dr. Dietmar Harhoff** (Direktor, Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb)

Befund: Fehlende Planungssicherheit und Abhängigkeit von jährlichen Haushaltszuweisungen beeinträchtigen die Wirksamkeit der Innovationsagenturen.

Ähnlich sieht die Situation auf europäischer Ebene aus. Nur ein kleiner Teil des Horizon Europe Programms mit einem Gesamtbudget von fast 100 Mrd. Euro wird auf bahnbrechende Innovationen ausgerichtet. Das wichtigste Instrument „Pathfinder" des EIC der EU zur Deep Tech Förderung verfügt nur über ein Budget von 256 Mio. Euro für 2024.[21] Das Programm wird überdies hauptsächlich von EU-Beamten geleitet und nicht von Spitzenwissenschaftlern und Innovationsexperten. Eine kürzlich veröffentlichte Studie von Mario Draghi kommt demnach zum Schluss, dass sich der EIC zu einer europäischen (D)ARPA entwickeln sollte, weitgehend unabhängig von politischer Einflussnahme und mit mehr Budget für bahnbrechende Innovationen.[22] Dazu sollten sich die EU-Mitgliedsstaaten bei Deep Tech besser abstimmen, um größere Teile der nationalen Budgets in europäische Programme zu bündeln. Derzeit beträgt der Anteil der EU-Mittel an den gesamten europäischen F&E Ausgaben nur 10 %, 90 % kommen aus nationalen Töpfen.

Verwaltungsapparat ist nicht Deep Tech-fähig

Befund: Die Verwaltung handelt zu risikoavers, inflexibel und langsam und ist zu sehr auf Prozessintegrität bedacht. Es fehlt an technischem und unternehmerischem Sachverstand und Erfahrung.

[21] European Innovation Council (2024)
[22] Draghi (2024)

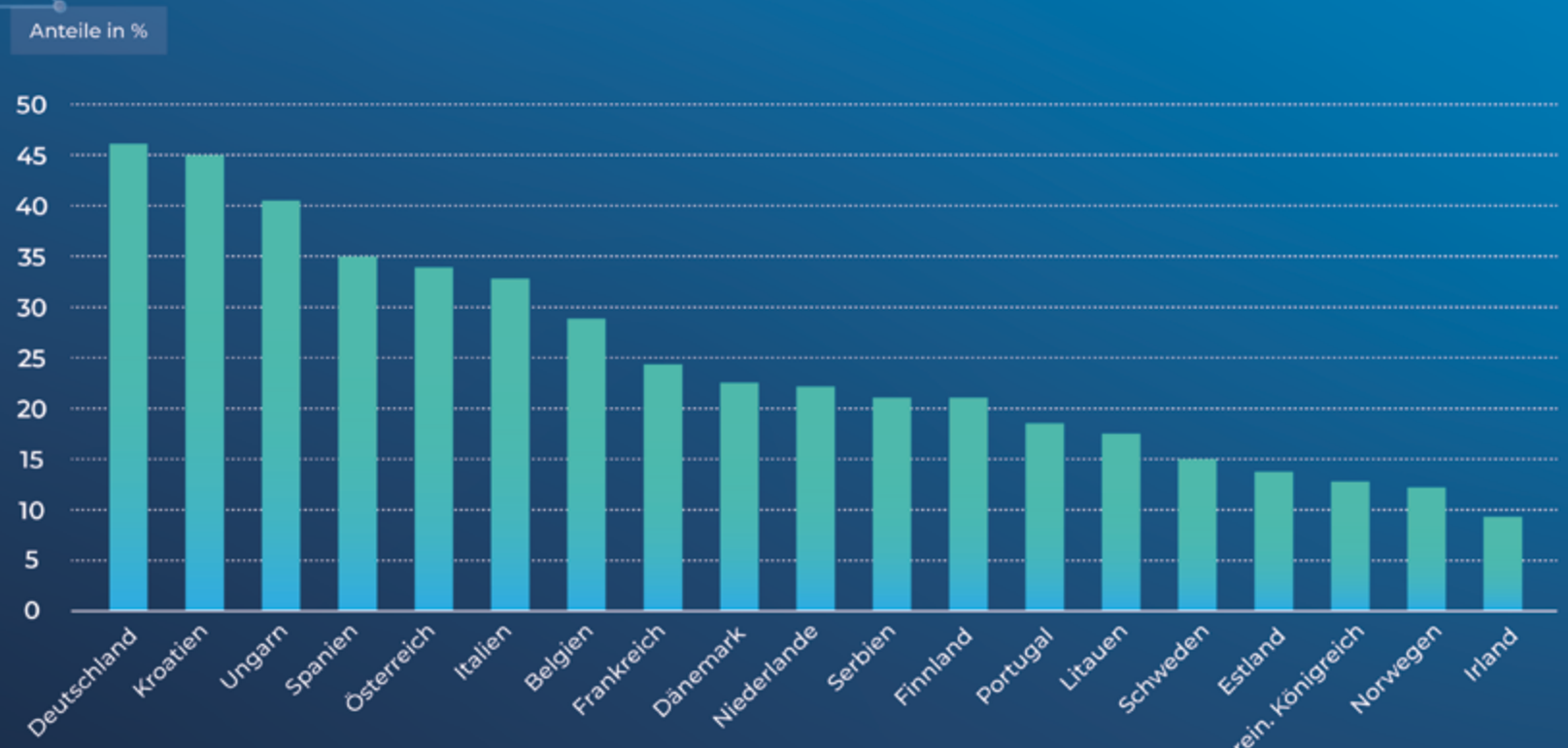
Unsere Experten bemängeln, dass die starke juristische Denkweise der öffentlichen Verwaltung die notwendige Agilität und Flexibilität der Innovationsförderung hemmt. Gerade für Deep Tech Start-ups sollte die öffentliche Hand ein unterstützender Partner sein. Doch Verwaltungs- und Genehmigungsprozesse dauern nicht zuletzt aufgrund des digitalen Defizits der Verwaltung zu lange, Start-ups werden bei öffentlichen Vergaben de facto übergangen und öffentliche Bürgschaften werden aus politischen Erwägungen verwehrt.

> *„Unsere Ministerien sind häufig durch übermäßige Bürokratie und Prozessorientierung belastet. Prozesse nach Plan abzuspulen zählt, Ergebnisse zählen nicht. Diese Überadministration hindert uns daran, effizient auf technologische Entwicklungen zu reagieren. Was wir brauchen, sind spezialisierte Agenturen wie die SPRIN-D, die über die nötigen Freiräume verfügen, um agil, flexibel und ohne die üblichen bürokratischen Hemmnisse zu agieren. Solche Agenturen können gezielt Innovationsprozesse vorantreiben, während herkömmliche staatliche Strukturen oft zu langsam und starr sind, um den dynamischen Anforderungen neuer Technologien gerecht zu werden.“* – **Prof. Dr. Dietmar Harhoff** (Direktor, Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb)

Die deutsche Verwaltung ist stark juristisch geprägt, mehr als 45 % der Führungskräfte in der öffentlichen Verwaltung in Deutschland sind Juristen – ein Anteil, der deutlich über dem europäischen Durchschnitt liegt (siehe Abb. 13). **Die resultierende „Überverrechtlichung“ von Prozessen und Risikoaversion wirken als Innovationsbremse**, denn die Dominanz von Juristen in der Verwaltung liegt auf Prozessintegrität und rechtssicheren Entscheidungen, nicht auf unternehmerischen, pragmatischen Entscheidungen.[23]

[23] Hammerschmid & Hustedt (2020)

Abbildung 13: **Anteil von Juristen in Führungspositionen in der öffentlichen Verwaltung**



Quelle: Lapuente und Suzuki (2020), Acatech (2024)

Um den Anforderungen einer sich dynamisch entwickelnden Technologielandschaft gerecht zu werden, wird eine stärkere Priorisierung von inhaltlicher, unternehmerischer und technologischer Expertise im Personalbestand der Verwaltungen gefordert. Dadurch wird erwartet, dass sich eine bessere Balance einstellt, die rechtliche Vorgaben nicht als starres Korsett, sondern als Leitlinien versteht, die Innovationen im öffentlichen Interesse ermöglichen sollen. Derzeit wird in der Wahrnehmung der Experten das Deep Tech Innovationen inhärente Risiko lieber von vornherein ausgeschlossen, anstatt Risiken einzugehen und wirksam zu managen.

> *„Wir sind träge geworden, was vor allem auf komplexe Verwaltungsverfahren und die Überverrechtlichung des Staates zurückzuführen ist. Um agiler zu werden und Fortschritt zu ermöglichen, ist eine dringende Reduzierung dieser bürokratischen Hürden notwendig."* – **Josef Schmid** (Mitglied des Bayerischen Landtags)

Befund: Eine juristisch geprägte und risikoaverse Verwaltung hemmt durch langwierige Prozesse die notwendige Agilität und Flexibilität, die Deep Tech benötigt.

Ein Hauptgrund dieser Mentalität ist in fehlenden Anreizen der Verwaltung für unternehmerisches Denken begründet. Es gilt, möglichst keine Risiken einzugehen und im Zweifelsfall die Rechtslage eng auszulegen. **Dadurch werden Verwaltungsprozesse unnötig verkompliziert und verlangsamt, was gerade im schnell entwickelnden Technologiebereich, in dem agiles Experimentieren und Flexibilität besonders in der Validierungs- und Prototypenphase gefordert sind, ein K.o.-Kriterium ist.** Generell sind die Experten nicht sehr zuversichtlich, dass unter den aktuellen Strukturen und den vorhandenen Fähigkeiten Anpassungen schnell genug erfolgen können.

Fokus, Ausgestaltung und Erfolgsmessung der Forschungsförderung ändern

Die Einrichtung der SPRIN-D kann auch als Eingeständnis der öffentlichen Hand gesehen werden, dass die bisherigen Förderinstrumente nicht den gewünscht positiven Effekt für Deep Tech Innovationen hatten. Viele Experten fordern, dass die bestehenden Förderansätze radikal verändert und vereinfacht werden sollten.

Die kleinteilige Strukturierung der Förderprogramme wird der Anforderung und den Dimensionen an Deep Tech und dem damit verbundenen Wachstum großer, disruptiver Technologien nicht gerecht. Die Problematik der kleinteiligen Vergabe von Förderprogrammen wird am Beispiel von Lilium deutlich.

> Der Mitgründer eines Deep Tech Start-ups betont: *"Wir hatten uns damals auch auf das Exist-Gründerstipendium beworben. Das Feedback war, dass unser Vorhaben mit einem Volumen von 2 Mio. Euro zu groß ist und damit nicht förderungswürdig. Wenn man diesen Maßstab anlegt, fliegen sämtliche Programme für Deep Tech raus. Egal ob das jetzt Robotik, KI, Kernfusion, Raketen oder Luftfahrt ist, sämtliche diese Projekte werden nicht förderbar sein mit den Maßstäben, die da angelegt wurden."*

Die Förderprogramme sollten demnach stärker als bislang auf Deep Tech Innovationen mit hohem Potenzial für Wertschöpfung, Umwelt und Gesellschaft ausgerichtet werden. Gleichzeitig sollte der Fokus von pfadabhängigen Entwicklungen in etablierten Industrien verringert werden. Eine zentrale Schwachstelle des bestehenden Fördersystems ist der Fokus auf Mid Tech. Hierbei werden vor allem etablierte Industrien gefördert, die zwar derzeit wirtschaftlich bedeutend sind und signifikante F&E Investitionen tätigen, jedoch größtenteils nur marginale Verbesserungen bestehender Technologien erzielen, dessen Wachstumspotenzial weitgehend ausgereizt ist und so nicht auf Zukunftstechnologien und -märkte ausgerichtet sind.[24] So fließen z. B. weniger als 5 % der Fördermittel aus dem Horizon-Europe-Programm[25] in bahnbrechende Innovationen, die das Potenzial haben, neue Märkte zu schaffen und bestehende grundlegend zu erneuern.

[24] Fuest et al. (2024)
[25] Horizont Europa ist die Bezeichnung für das 9. Rahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung (2021-2027).

Befund: Das bestehende Fördersystem konzentriert sich zu sehr auf etablierte Industrien und marginale Verbesserungen, während bahnbrechende Deep Tech Innovationen vernachlässigt werden.

Das Förderwesen in Deutschland wird häufig als zu komplex und bürokratisch wahrgenommen. Die Vielzahl an kleinteiligen Programmen, mehrstufige Genehmigungsverfahren, detaillierte Berichtspflichten und lange Bearbeitungszeiten führen dazu, dass Deep Tech Innovationen nicht oder nicht ausreichend schnell gefördert werden können.

> *„Das aktuelle Förderwesen ist extrem unübersichtlich und stellt ein Innovationshemmnis dar, insbesondere durch kleinteilige Antragsverfahren und Berichtspflichten. Eine mögliche Lösung könnte darin bestehen, Fördermittel stärker zu bündeln, anstatt sie über zahlreiche kleine Programme zu verteilen.“* – **Anonym**

Diese strukturellen Defizite erschweren es Forschenden und Gründern, Projekte agil voranzutreiben und innovative Ansätze zeitnah umzusetzen. Auch die häufig lange Dauer der Genehmigungsprozesse von Förderprogrammen, insbesondere bei EU-Förderungen, wird kritisiert. Diese Verzögerungen stehen im

starken Kontrast zu den Bedürfnissen von Start-ups, die auf eine schnelle Bereitstellung der Mittel angewiesen sind, um international konkurrenzfähig zu sein und Liquiditätsengpässe zu vermeiden.

> *„EU-Fördermittel sind attraktiv, da sie als Zuschüsse vergeben werden, ohne dass Eigenkapital abgegeben werden muss. Allerdings dauert die Bestätigung für solche Programme oft länger als ein halbes Jahr bis zu neun Monaten, was für ein Start-up ein halbes Leben ist.“* – **Dr. Matthias Groh** (CCO & Co-Founder, Resmonics)

> **Befund:** Komplexe Antragsverfahren und lange Genehmigungszeiten bei Förderprogrammen gefährden die Überlebensfähigkeit von Deep Tech Start-ups.

Eine weitere Aufgabe ist der Abbau einer Förderbürokratie. Die Ausgestaltung und Umsetzung der Förderprogramme führt dazu, dass sich nicht zwingend die wirkungsvollsten Projekte durchsetzen, sondern die, die den bürokratischen Aufwand nicht scheuen und einen Wissensvorsprung in der Antragstellung haben. Auch für die Evaluations- und Administrationsprozesse haben sich ganze Dienstleistungsketten entwickelt, die nicht notwendigerweise einen Mehrwert schaffen.

> *„Die Innovationsförderung in Deutschland ist in ihrem bürokratischen Silo gefangen. Wir haben eine Förderlandschaft geschaffen, in der nicht die besten Projekte gewinnen, sondern die, die den bürokratischen Hürdenlauf beherrschen. Anstatt wirkliche Innovation zu fördern, hat sich eine Sequenz aus professionalisierter Antragstellung und bürokratisierter Abwicklung entwickelt, die kaum noch Mehrwert schafft. Wir brauchen dringend nicht nur einen Abbau dieser Strukturen und flexiblere, agilere Verfahren, sondern eine komplette Systemrevision. Die zentrale Frage heißt, was würde sich wirklich verändern, wenn es Fraunhofer nicht mehr gäbe?“* – **Dr. Thomas Sattelberger**
> (Ehem. Mitglied des Deutschen Bundestages und parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung a. D.)

Auch die von den Ministerien mit der Umsetzung von Fördermaßnahmen beauftragten Projektträger sehen in einer kürzlich erschienenen Studie die Notwendigkeit, die Innovationsförderung in Deutschland grundlegend zu reformieren, um die Überregulierung und den hohen Verwaltungsaufwand zu reduzieren.[26] Die Einführung agilerer Verfahren und flexibler Finanzierungsmechanismen sowie eine Reform der Fachaufsicht könnten dazu beitragen, den Innovationsprozess zu beschleunigen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Deep Tech zu sichern. Als Vorbild wird das SPRIN-D-Freiheitsgesetz genannt.

[26] Abrufbar unter https://projekttraeger.dlr.de/sites/default/files/2023-08/documents/Positionspapier-Sprind-Freiheitsgesetz-breiter-denken-PT-Netzwerk.pdf

Insgesamt sehen viele Experten die Notwendigkeit, dass die gewachsenen Förderstrukturen und -verfahren grundlegend auf den Prüfstand gestellt werden sollten und gezielt auf Best Practices wie der schwedischen Innovationsagentur *Vinnova* oder der Schweizer *Innosuisse* zurückgegriffen werden sollte. **Das Ziel aller Bemühungen sollte ein Umdenken der Innovationsförderung, insbesondere im Deep Tech Bereich sein, das bewusst Wagnisse eingeht, flexible Förderinstrumente und minimalen Verwaltungsaufwand entwickelt und Experimente ermöglicht.** Dies beinhaltet naturgemäß auch, dass Projekte scheitern werden und dies auch folgenlos können müssen.

Durch mehr unternehmerisches und flexibles Handeln könnte auch die Attraktivität der Förderkonditionen verbessert werden.

> **Befund:** Vielfach wurde erwähnt, dass die internationalen Förderinstrumente sehr viel flexibler an die Bedürfnisse von Einzelfällen angepasst wurden und zudem großzügiger ausfallen.

Das Motto sei international „klotzen, nicht kleckern", während hierzulande oft der Mut und der Wille der Entscheidungsträger fehlt, ins Risiko zu gehen. Im internationalen Vergleich zeigt sich, dass Deutschland bei der Unterstützung von Unternehmen oft weniger wettbewerbsfähige Konditionen bietet.

> *„In Deutschland wird derzeit eine Kreditbürgschaft von der KfW mit hohen zweistelligen Zinsen in Betracht gezogen, während in anderen Ländern wie Saudi-Arabien mit Zinsen im niedrigen einstelligen Bereich lockt. In den USA gibt es sogar direkte staatliche Zuschüsse (Grants), die nicht zurückgezahlt werden müssen, was für uns im Vergleich zu unserem amerikanischen Konkurrenten zu einer erheblichen Verzerrung des Wettbewerbs führt."* – **Daniel Wiegand** (Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme, Lilium)

Gerade bei einer Flexibilisierung der Förderpolitik sind Leistungsindikatoren zur nachvollziehbaren und transparenten Messung der Wirksamkeit von Maßnahmen wichtiger denn je. Transparenz stärkt Vertrauen und Akzeptanz. Zugleich verdeutlichen spezifische Leistungsindikatoren ex-ante die Projektziele und erlauben ex-post die Effektivität der Fördermaßnahmen nachvollziehbar zu bewerten. Damit steigt die Ausgabendisziplin und evidenzbasierte Entscheidungen werden möglich, anhand derer die Fördermaßnahmen fortlaufend verbessert werden können, um sie so wirksam wie möglich auszugestalten.

Derzeit gibt es diese klaren und transparenten Leistungsindikatoren nicht, was die Erfolgskontrolle staatlicher Fördermaßnahmen meist unmöglich macht. Nicht wenige vermuten, dass dies aus politischem Kalkül passiert, denn niemand möchte für Fehler verantwortlich und rechenschaftspflichtig sein. Die in diesen Fällen häufig einseitig negative Berichterstattung und die nicht fehlerverzeihende und fortschrittsbejahende Kultur in Deutschland tragen ihren zusätzlichen Teil bei. Somit verzichtet man lieber gleich von vornherein auf die Festlegung von geeigneten Messgrößen, anhand derer die Wirkung und der Erfolg der Unterstützung transparent erfasst werden könnte.

> *„Fortschritt in der Innovationsförderung könnte auch durch stärkere Messbarkeit und Zieldefinition erreicht werden. Durch Datenerhebung und Betrachtung der Erreichung gegebener KPIs kann man Wirksamkeit und Nachsteuerbedarfe zielgenauer identifizieren."* – **Dr. Christian Pfrang** (Referatsleiter Cloud, Plattformen und Datenmanagement, Bayerisches Staatsministerium für Digitales)

Doch ohne aussagekräftige Indikatoren bleibt die Erfolgskontrolle der Fördermechanismen oberflächlich und unpräzise. **Dies schränkt die Fähigkeit der Politik und der Verwaltung ein, aus den Ergebnissen zu lernen und ihre Strategien anzupassen.** Übergeordnetes Ziel muss die effiziente und effektive Mittelverwendung sein und dafür ist die Erfolgsmessung entscheidend. Transparente Erfolgsmessung und regelmäßige Evaluation sind zentral, um Vertrauen zu schaffen und zu zeigen, wie öffentliche Gelder verwendet werden. Dies erhöht die gesellschaftliche Akzeptanz und stärkt die Legitimität staatlicher Innovationsförderung.[27]

Befund: Ohne klare Zielsetzungen und Leistungsindikatoren kann der Erfolg von Fördermaßnahmen nicht bestimmt werden, was notwendige Lern- und Anpassungsprozesse behindert.

[27] EFI (2024)

Bedeutung der öffentlichen Beschaffung als Innovationsmotor

Die öffentliche Hand sollte insbesondere in den Bereichen Verteidigung, Sicherheit, Gesundheitswesen oder Energieversorgung früh Nachfrage für Deep Tech Innovationen schaffen. Dies gilt besonders, wenn Deep Tech Innovationen im öffentlichen Interesse sind und die Marktnachfrage gering ist. Durch Ausschreibungen kann die öffentliche Hand Deep Tech Start-ups einen frühen Marktzugang ermöglichen, für finanzielle Stabilität sorgen und damit wichtige Voraussetzungen für die zukünftige Mobilisierung von Kapital in späteren Investitionsrunden schaffen.

Besonders kritisch sind Aufträge im Valley of Death – der kritischen Phase zwischen technischer Validierung und Markteinführung. **Hier kann die öffentliche Auftragsvergabe helfen, indem sie nicht nur finanzielle Unterstützung bietet, sondern auch reale Anwendungsfälle schafft, die den Unternehmen wertvolles Feedback und Marktzugang ermöglichen.** Öffentliche Ausschreibungen, die speziell auf Deep Tech Start-ups ausgerichtet sind, schaffen nicht nur Nachfrage, sondern ermöglichen diesen Unternehmen auch frühzeitig den Zugang zum Markt, der wegen des disruptiven Charakters und infrastrukturellen Anforderungen oftmals problematisch ist.

Vorkommerzielle Auftragsvergaben (Pre-Commercial Procurement) sind ein wichtiges Instrument, um Prototypen unter realen Bedingungen zu testen und den Übergang von der Entwicklung zur Marktreife zu erleichtern. Beispiele wie die Zusammenarbeit des finnischen Staates mit dem Quanten-Computing Start-up

IQM oder die Partnerschaften des Leibniz-Rechenzentrums zeigen, wie öffentliche Aufträge zur Validierung und Weiterentwicklung innovativer Technologien beitragen können:

> *„Von Beginn an haben wir den Fokus auf Produktentwicklung und Kommerzialisierung gelegt und schnell erkannt, dass öffentliche Institutionen, wie große Universitäten und Rechenzentren, als erste Kunden in Frage kommen. Der Verkauf an diese Einrichtungen war jedoch nur möglich, wenn es uns gelang, die entsprechenden Ministerien zu überzeugen, Budgets zu schaffen. Durch gezielte Überzeugungsarbeit konnten wir diese Verkäufe hochskalieren. Besonders hilfreich war, dass Finnland während unserer ersten Finanzierungsrunde die EU-Ratspräsidentschaft übernahm, wodurch wir strategisch eingebunden wurden und unsere Sichtbarkeit auf europäischer Ebene steigern konnten.“*
> – **Dr. Jan Götz** (Co-CEO & Co-Founder, IQM Quantum Computers)

Auch Innovationspartnerschaften zwischen öffentlichen Auftraggebern und Start-ups sind ein vielversprechendes Modell, um durch eine enge Zusammenarbeit innovative Lösungen gemeinsam bis zur Marktreife weiterzuentwickeln und den Start-ups zugleich Planungssicherheit bietet.[28]

Abb. 14 zeigt den Ablauf der vorkommerziellen Auftragsvergabe (PCP) und hebt hervor, in welchen Phasen Innovationspotenzial ungenutzt bleibt. Die Rolle der Innovationspartnerschaften liegt vor allem in den Phasen der kommerziellen Auswertung und der Markteinführung (Phase 4), wo die öffentliche Beschaffung von Innovationen (PPI) ins Spiel kommt.

[28] Wesseling & Edquist (2018)

Diese Partnerschaften bieten eine Möglichkeit, innovative Produkte schneller in den Markt zu bringen, indem sie eine Brücke zwischen Forschung und kommerzieller Nutzung schaffen.

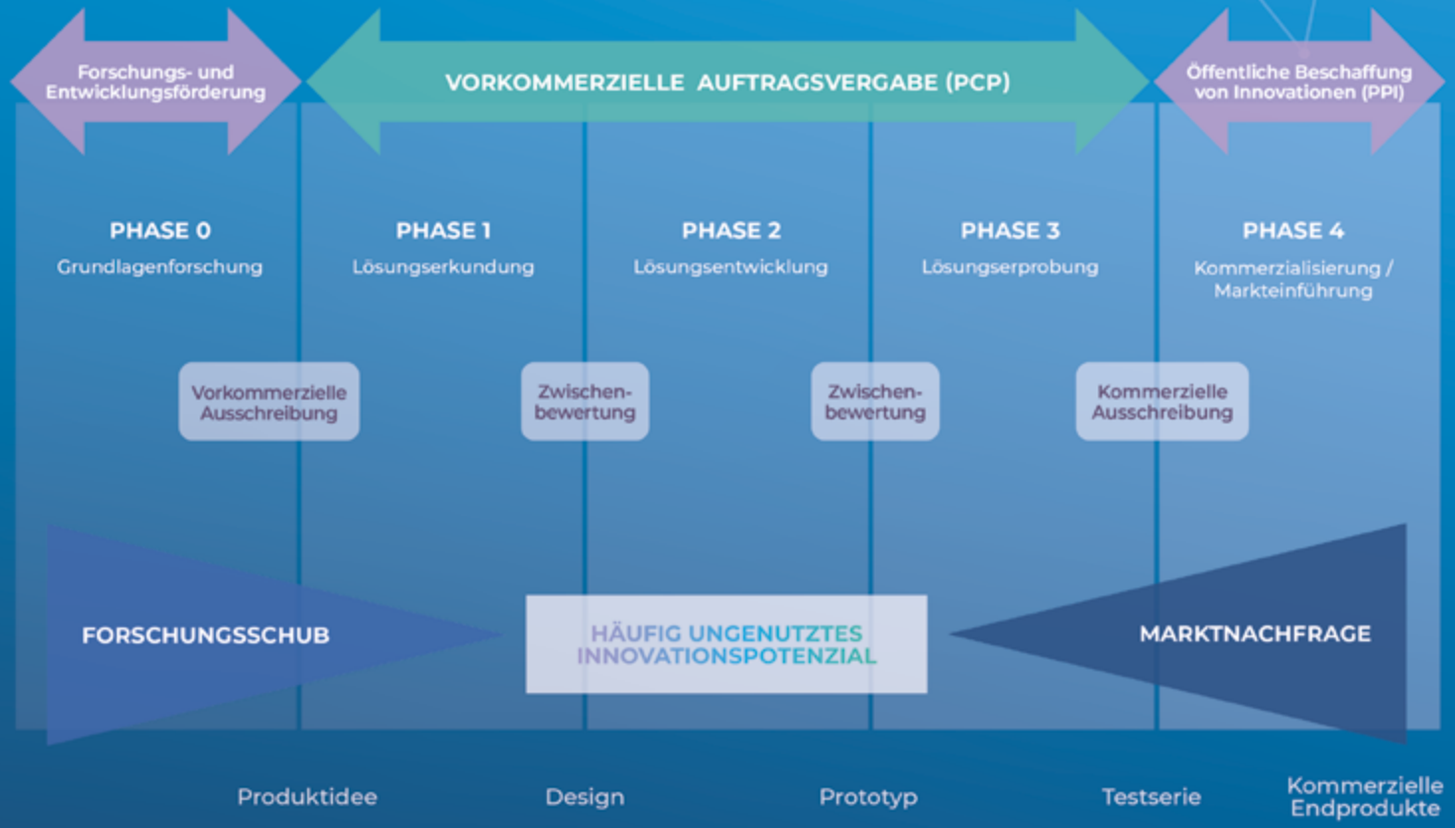
Befund: Die öffentliche Hand sollte gezielt Nachfrage für Deep Tech schaffen, insbesondere, wenn sie im öffentlichen Interesse sind und sich die anderen Akteure zurückhalten.

Die gelebte Praxis des Vergaberechts ist eine große Hürde für Deep Tech Start-ups. Obwohl Deutschland bei der Innovationsbeschaffung Fortschritte gemacht hat, fehlt es an einer umfassenden Strategie mit gezielten Maßnahmen und klar definierten Zielen sowie Anreizen für Beschaffer.[29]

Bürokratische Hürden und strikte Vergabekriterien benachteiligen Start-ups systematisch gegenüber etablierten Unternehmen. Start-ups müssen umfangreiche Nachweise erbringen und scheitern oft an den unrealistischen Anforderungen (z. B. Liquiditätskriterien) und langen Bearbeitungszeiten. So fließen auch nur 20 % der Fördermittel an Start-ups, während etablierte Unternehmen den Großteil der Unterstützung erhalten.

[29] Siehe Innovation Procurement Policy Framework Benchmarking (2024), abrufbar unter: https://ec.europa.eu/assets/rtd/innovation-procurement/country-report-2024-policy-benchm-germany.pdf

Abbildung 14 **Ablauf der vorkommerziellen Auftragsvergabe**



Quelle: Koinno-BMWK (2024)

„Ein strukturelles Problem bei staatlichen Förderprogrammen wie dem Luftfahrtforschungsprogramm in Deutschland ist, dass es so ausgelegt ist, dass etablierte Unternehmen wie Airbus oder Rolls Royce den Großteil der Mittel erhalten, während Start-ups wie Lilium aufgrund hoher formaler Anforderungen und Liquiditätskriterien de facto keinen Zugang haben." – **Daniel Wiegand** (Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme, Lilium)

Untersuchungen zeigen, dass fast 40 % der Start-ups in Deutschland lieber ganz auf die Beantragung von Fördermitteln verzichten, weil der bürokratische Aufwand und die Anforderungen zu hoch sind.[30]
Ein internationaler Vergleich der OECD zeigt, dass Länder wie die USA mit Programmen wie dem Small Business Innovation Research (SBIR)-Programm und Großbritannien mit Innovate UK speziell auf die Bedürfnisse von Start-ups zugeschnittene Fördermodelle bieten. Diese Programme zeichnen sich durch verhältnismäßig schlanke Antragsprozesse und schnelle Bewilligungen aus.

Befund: Bürokratische Hürden und strikte Vergabekriterien benachteiligen Start-ups bei öffentlichen Ausschreibungen.

[30] Bitkom (2018)

Durch die strategische Nutzung von öffentlichen Aufträgen kann die öffentliche Hand gezielt Nachfrage nach neuen Technologien erzeugen. Indem die öffentliche Hand explizit innovative Lösungen in Ausschreibungen verlangt, kann sie einen Absatzmarkt für Deep Tech Unternehmen schaffen. Dies reduziert das finanzielle Risiko und gibt diesen Unternehmen die nötige Stabilität, um die Entwicklungsphase erfolgreich zu durchlaufen und ihre Produkte zur Marktreife zu führen.[31]

Deep Tech in der Zeitenwende

Spätestens mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine sind militärische Dual-Use-Innovationen in den Mittelpunkt der Deep Tech Forschung und Förderung gerückt. Experten betonen, dass Deep Tech Innovationen angesichts der geopolitischen Spannungen und der veränderten Sicherheitslage auch unter sicherheitspolitischen Gesichtspunkten und zur Wahrung nationaler Souveränität betrachtet werden müssen. Technologische Souveränität in Schlüsseltechnologien wie Halbleitern und Quantencomputern ist nicht nur für die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit entscheidend, sondern auch für die Sicherheit und Unabhängigkeit von ausländischen Technologien.

Dual-Use-Technologien haben bereits in der Vergangenheit zivile Fortschritte angetrieben, da sie sowohl für militärische als auch zivile Anwendungen genutzt werden können. Die öffentliche Hand sollte deshalb

[30] Bitkom (2018)
[31] Chicot & Matt (2018)

historische Bedenken in Bezug auf Dual-Use und Militärforschung überdenken, um das Innovationspotenzial so weit wie möglich auszuschöpfen. Staatliche Förderprogramme für Dual-Use-Technologien spielen dabei eine zentrale Rolle, da sie die Entwicklung sowohl ziviler als auch militärischer Innovationen unterstützen.

> *„Militärische Dual-Use-Innovationen treiben häufig zivile Fortschritte an. Angesichts historischer Bedenken in Deutschland ist es wichtig, einen ausgewogenen Dialog über Dual-Use- und Militärforschung zu führen, um langfristig technologische Souveränität und die nationale Sicherheit zu sichern“*, betont **Prof. Dr. Youngjin Yoo** (Professorship for Entrepreneurship, Case Western Reserve University)

> **Befund:** Um das volle Innovationspotenzial von Dual-Use-Technologien zu nutzen, sollte die öffentliche Hand historische Vorbehalte gegenüber Militärforschung überdenken, um das Dual-Use-Potenzial zu nutzen.

Die strikte Trennung zwischen militärischer und ziviler F&E sollte daher aufgelöst werden, um Spillover-Effekte und den „Dual-Use“ zu erhöhen. Projekte, für die es keine zivilen Förder- oder Investitionsmechanismen gibt, könnten so besser unterstützt werden. Internationale Beispiele wie DARPA oder die israelische Unit 8200 zeigen, wie die Kombination von militärischer und ziviler Innovation erfolgreich zur Entwicklung von Tech Hubs führen kann. Auch in Europa ist die Integration des zivilen und militärischen Bereichs angesichts der aktuellen geopolitischen Herausforderungen notwendig.

Erfolg mit Deep Tech ist nicht zuletzt eine Frage der staatlichen Kommunikation und Kultur

Eine nicht zu vernachlässigende Funktion der öffentlichen Hand ist es, den „Appetit“ der zunehmend als träge und fortschrittverneinend empfundenen deutschen Gesellschaft auf Deep Tech zu stärken. Dazu sollte die öffentliche Hand als aktiver Kommunikator auftreten und die Bedeutung und die Notwendigkeit von Deep Tech Innovationen für die zukünftige Entwicklung des Landes und der Welt auf die Agenda setzen.

Wichtig erscheint den Experten hierbei, die Chancen von Deep Tech zur Bewältigung des Klimawandels, der Verbesserung der Gesundheitsversorgung, der Schaffung und Erhaltung von Arbeitsplätzen oder die Stärkung der nationalen Sicherheit zu betonen. Zugleich sollten aber auch die potenziellen Risiken, wie ethische Bedenken, mögliche negative gesellschaftliche, ökologische oder soziale Aus- und Nebenwirkungen und Fragen der technologischen Sicherheit offen kommuniziert und diskutiert werden. Durch die transparente Kommunikation der Chancen und Risiken kann das Vertrauen und die Akzeptanz in der Öffentlichkeit für technologischen Fortschritt und erforderliche Transformationsprozesse gestärkt werden. Eine kürzlich durchgeführte Untersuchung unterstreicht die zentrale Rolle des Staates als Vermittler und Kommunikator dieser Aspekte.[32]

Befund: Die öffentliche Hand sollte aktiv die Bedeutung und Notwendigkeit von Deep Tech kommunizieren, um das Interesse und die Akzeptanz in der Gesellschaft zu stärken.

[32] EFI (2024)

Da Deep Tech Innovationen mit hohen Risiken verbunden sind, muss der Staat bereit sein, diese Risiken einzugehen und eine Kultur zu etablieren, in der Scheitern als unvermeidlichen Teil des Innovationsprozesses akzeptiert wird. Nur mit einer „High Risk, high Return"-Mentalität können potenziell bahnbrechende, aber risikoreiche Projekte zum Erfolg geführt werden. Staatliche Akteure spielen eine Schlüsselrolle bei der öffentlichen Akzeptanz für Risiken im Innovationsprozess und der Etablierung einer positiven Fehlerkultur.[33]
Der Ansatz, staatliche Innovationspolitik stärker auf Risikobereitschaft und Erfolgsmessung auszurichten, wird auch in Studien zur öffentlichen Innovationspolitik als zentral erachtet.[34]

> *„Es reicht nicht aus, nur als Fördergeber aufzutreten. Stattdessen muss unser Staat als aktiver Kommunikator agieren, der seinen Bürgern die Chancen der Zukunftstechnologien verständlich vermittelt. Deep Tech muss als Wohlstandsmotor unserer Zukunft ganz oben auf der Agenda unseres Landes stehen und zur DNA einer neuen ‚Deutschland-Mission' werden. Um hierfür Vertrauen und Akzeptanz bei den Menschen zu schaffen, gilt es Chancen und Risiken neuer Technologien transparent zu kommunizieren. Nur so kann unser Land die Kraft finden, Deutschlands bisweilen ängstliche Regulierungswut durch optimistischen Zukunftsmut zu ersetzen."* – **Dr. Fabian Mehring** (Bayerischer Staatsminister für Digitales)

[33] World Economic Forum (WEF) (2022)
[34] Breznitz & Zehavi (2010)

Handlungsempfehlungen

1. **Stabile Rahmenbedingungen und durchdachte Roadmap:** Alle Akteure des Deep Tech Ökosystems brauchen verlässliche und klare politische und regulative Vorgaben, um ihre F&E Ziele und Investitionen darauf abzustimmen. Ein interdisziplinäres, unabhängiges und erfahrendes Expertengremium sollte eine nationale Forschungs- und Innovationsstrategie in enger Abstimmung mit der EU entwickeln und regelmäßig aktualisieren. Auch die Zivilgesellschaft sollte in den Prozess miteinbezogen und informiert werden. Die Strategie sollte konkrete Maßnahmen, Meilensteine und messbare Ziele definieren, um den Innovationsakteuren Klarheit und Planungssicherheit zu geben.

2. **Experimentierumgebungen für Unternehmen schaffen:** Die Etablierung von Sandboxes und Reallaboren mit klaren rechtlichen Rahmenbedingungen ermöglicht es Unternehmen, Innovationen unter realen Bedingungen zu testen. Durch Pilotprojekte mit weitgefassten Experimentierklauseln in Gesetzen können Unternehmen innovative Produkte schneller zur Marktreife bringen. Eine nationale Anlaufstelle sollte für die Beratung und schnelle Umsetzung geschaffen werden.

3. **Steuerliche Anreize schaffen:** Der Staat sollte die steuerlichen Anreize für F&E sowie Gründungen im Deep Tech Bereich erhöhen. Dazu gehören Steuervergünstigungen auf Einkünfte aus geistigem Eigentum (IP-Box-Regel), um die Entwicklung und Nutzung von geistigem Eigentum voranzutreiben. Ebenso sollte die steuerliche Abzugsfähigkeit von F&E Ausgaben in Deep Tech Schlüsseltechnologien, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und den Digitalbereich ausgebaut werden. Die Förderung von Unternehmen sollte verstärkt über steuerliche F&E Anreize erfolgen, weniger über

immer ausdifferenziertere Förderinitiativen. Der Fokus sollte auf Anreizen zur Anwendung und Entwicklung von Zukunftstechnologien mit großen Innovationspotenzialen liegen.

4. **Politische Einflussnahme begrenzen:** Die Innovationsagenturen SPRIN-D und DATI sowie die außeruniversitären Forschungseinrichtungen sollten so weit wie möglich unabhängig von der Politik agieren dürfen. Zur Stärkung ihrer Unabhängigkeit sollten Aufsichtsgremien technologischen, sozial- und geisteswissenschaftlichen und unternehmerischen Sachverstand und Erfahrung besitzen. Zudem sollten Regelungen zur Selbstbewirtschaftung der Mittel und zur Verwendung selbstgenerierter Einnahmen eingeführt werden, um den Agenturen die nötige Flexibilität zu geben, eigene Finanzmittel zu bewirtschaften. Diese Maßnahmen erhöhen die Agilität und Handlungsfähigkeit der Agenturen und schaffen Raum für unternehmerische Entscheidungen.

5. **Staatliche Garantien und De-Risking-Maßnahmen einführen:** Zur Stärkung des Vertrauens in FOAK-Investments sollten staatliche Garantien, Kreditbürgschaften und De-Risking-Maßnahmen eingeführt werden. Bestehende Kreditabsicherungsprogramme, wie EIB (European Investment Bank) Venture Debt oder NZIA/GDIP, können ausgebaut und durch neue, an französische Programme wie BPI angelehnte Debt-Programme ergänzt werden. Diese Maßnahmen würden private Investitionen in bahnbrechende Technologien anziehen und das Risiko für Investoren mindern.

6. **Öffentliche Beschaffung als Innovationsmotor nutzen:** Die öffentliche Hand sollte aktiv als frühphasiger Kunde von Deep Tech Start-ups auftreten, um deren innovative Lösungen zu fördern und den Marktzugang zu erleichtern. Instrumente wie Innovationspartnerschaften und vorkommerzielle Auftragsvergabe sollten genutzt werden, um vielversprechende Technologien frühzeitig weiterzuentwickeln und in die Anwendung zu bringen.

7. **Überverrechtlichung in der öffentlichen Verwaltung abbauen:** Die öffentliche Verwaltung muss sich vom starren Prozessdenken lösen, um Innovation und Fortschritt nicht unnötig zu hemmen. Übermäßige Bürokratie und der Fokus auf standardisierte, formalisierte Prozesse führen häufig zu Ineffizienz und verlangsamen insbesondere technologische Innovationen. Anstatt auf detaillierte Verfahrensregeln zu bestehen, sollte die Verwaltung verstärkt auf Zielorientierung und Ergebnisverantwortung setzen. Für die Etablierung einer „Ermöglichungskultur“ sind entsprechende Anreize nötig.

8. **Evidenzbasierte Politik und zielorientierte Deep Tech Förderprogramme:** Förderprogramme sollten konsequent an klar definierten Zielen ausgerichtet werden, um mehr Deep Tech Innovationen zu unterstützen. Zusätzlich sollte bei allen Förderprogrammen eine Verpflichtung zur Erfolgsmessung und Bereitstellung von Daten eingeführt werden, um die Maßnahmen transparent evaluieren zu können. Dies ist der Grundstein für eine evidenzbasierte Politikgestaltung und eine kontinuierliche Anpassung der Förderstrategien, um deren Wirksamkeit zu maximieren und Fehlsteuerungen zu vermeiden.

9. **Reform der Förderprogramme und des Vergaberechts:** Internationale Programme wie das SBIR-Programm in den USA oder Innovate UK zeigen, dass unbürokratische Antragsverfahren und spezifische Fördermodelle die Entwicklung von Start-ups maßgeblich unterstützen können. Reformen sollten die Vereinfachung der Antragsverfahren, die Anpassung der Liquiditätskriterien sowie die Einführung von Schnellbewilligungen und Zwischenfinanzierungsmöglichkeiten beinhalten. Zusätzlich sollten spezielle Förderlinien für Deep Tech Start-ups geschaffen werden. Eine Reform des Vergaberechts ist notwendig, um diesen Unternehmen einen fairen Zugang zu öffentlichen Fördermitteln zu ermöglichen und die Innovationskraft zu stärken.

10. **Nationale und europäische Deep Tech Förderung aus einem Guss:** Die Koordination und Integration von Förderprogrammen auf nationaler und europäischer Ebene über alle Phasen des Deep Tech Innovationsprozesses sollte verbessert werden, um Start-ups einen reibungslosen Zugang zu verschiedenen Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten zu ermöglichen und die Ressourcennutzung zu optimieren. Eine engere Verzahnung der Programme führt dazu, dass Fördermittel effizient verwendet werden und Innovationsvorhaben ohne unnötige Verzögerungen vorangetrieben werden können.

11. **Dual-Use-Innovationen ermöglichen:** Vor dem Hintergrund des Ukraine-Kriegs sollte die strikte Trennung zwischen militärischer und ziviler F&E reformiert werden. Militärische Forschung treibt oft technologische Durchbrüche voran, die sowohl militärische als auch zivile Anwendungen

revolutionieren können. Beispiele wie die DARPA (USA) und die Unit 8200 (Israel) zeigen, wie die Kombination militärischer und ziviler Bereiche zu Spillover-Effekten und zum Aufbau nationaler Innovationsökosysteme führt.

12. **Nationales Deep Tech Beratungsgremium einrichten:** Ein zentrales Beratungsgremium sollte den Austausch zwischen Akteuren des Deep Tech Ökosystems und der Politik und Verwaltung fördern. Das Gremium dient als zentrale Schnittstelle, um aktuelle und bevorstehende Entwicklungen im Deep Tech Bereich proaktiv in die Politik einzubringen, zu begleiten und antizipative Entscheidungen zu ermöglichen. Dadurch können Fördermechanismen, Regulierungs- und Gesetzesvorhaben und andere Rahmenbedingungen gezielt angepasst werden, um Deep Tech Innovationen zur Marktreife zu führen.

13. **Aktive Kommunikation und Bewusstseinsbildung:** Die öffentliche Hand sollte die Bedeutung von Deep Tech für gesellschaftliche Herausforderungen betonen. Eine transparente Kommunikation über die Chancen und Risiken stärkt Vertrauen und Akzeptanz für Deep Tech Innovationen. Ferner wird eine Fehlerkultur etabliert, in der Scheitern als notwendiger Teil des Deep Tech Innovationsprozesses anerkannt wird. Nur durch diese offene und proaktive Haltung kann der Staat die Risikobereitschaft fördern, die für den Erfolg bahnbrechender Projekte notwendig ist.

6.3 Unternehmen und ihre Ökosysteme

Bei der Analyse der aktuellen und zukünftig wünschenswerten Rolle von Unternehmen im Deep Tech Ökosystem haben wir mit verschiedenen Akteuren gesprochen, die junge (< 10 Jahre) Unternehmen mit hohem Wachstumspotenzial (Start-ups, Scale-ups und Spin-Offs[35]) und etablierte Unternehmen verschiedener Größe (kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs), familien- und inhabergeführte, größere Unternehmen sowie kapitalmarktorientierte Unternehmen) repräsentieren. So vielfältig die deutsche Unternehmenslandschaft ist, so vielfältig sind auch die Rollen, die die Unternehmensakteure in den verschiedenen Phasen des Deep Tech Innovationsprozesses einnehmen.

Mehr noch als für andere Technologiekategorien, spielen für Deep Tech Innovationen Ökosysteme eine entscheidende Rolle. Ein Unternehmensökosystem ist ein dynamisches Netzwerk von Organisationen, Ressourcen und Akteuren, die sich komplementär ergänzen, die gemeinsam an der Entwicklung und Umsetzung innovativer Technologien arbeiten. Diese Ökosysteme entwickeln sich koevolutionär durch das Zusammenwirken ihrer Mitglieder und bieten eine Plattform für den kooperativen und kollaborativen Austausch von Ideen, Wissen und Ressourcen.

Befund: Unsere Experten betonten stets, dass ein funktionierendes, aktives Unternehmensökosystem die wesentliche Säule des Erfolgs von Deep Tech darstellt.

[35] Nachfolgend vereinfachend als Start-ups bezeichnet

Innovationen entstehen und verbreiten sich durch Verbindungen zwischen verschiedenen, heterogenen Innovationsakteuren.[36] Unternehmen arbeiten in diesen strukturellen Netzwerken gemeinsam auf ein gemeinsames Ziel hin, indem sie ihre unterschiedlichen, zueinander komplementären Fähigkeiten, Kompetenzen und Ressourcen bündeln.[37] Im Gegensatz zu herkömmlichen Wertschöpfungsketten, bei denen jedes Unternehmen als einzelner Akteur in klassischen Lieferanten-Kundenbeziehungen agiert, besteht ein Deep Tech Ökosystem typischerweise aus komplementären Partnern, deren Erfolg voneinander abhängig ist.

It's the Ecosystem, Stupid!

Erfolgreiche Deep Tech Unternehmensökosysteme sind von einer engen Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren wie Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Intermediären, Investoren, Politik, Regulierungsbehörden und öffentlichen Institutionen gekennzeichnet. Obwohl digitale Technologien die Grenzen von Raum und Zeit in der Zusammensetzung von Ökosystemen verschieben, haben Unternehmensökosysteme oft ihren Ursprung in lokalen Technologieclustern, in denen verschiedene Akteure ihre Kompetenzen und Ressourcen bündeln. Um Deep Tech Innovationen entstehen zu lassen, braucht es also eine **hohe Konzentration und Agglomeration von Wissen, Fähigkeiten und Ressourcen in räumlicher Nähe und enge Verbindungen zwischen Unternehmen mit den anderen Innovationsakteuren.**

[36] Rodgers (1962)
[37] Adner (2017)

Besonders forschungsstarke Universitäten bilden den Grundstein für Technologiecluster, weil sie für den Zufluss an hochqualifizierten Talenten und für ungeplante, unkoordinierte Ausbreitung von Wissen und Ideen (sog. Wissens-Spillover) sorgen. Viele Studien zeigen, dass Technologiecluster nicht top-down etabliert werden können, sondern von Seiten der öffentlichen Hand besonders durch Investitionen in Forschungseinrichtungen, niedrige Kosten und Einschränkungen der Experimentiermöglichkeiten und hohe Lebensqualität gefördert werden können.[38] Zudem bilden sich Technologiecluster meist nicht auf der grünen Wiese, sondern bauen auf bestehenden Strukturen auf und erneuern diese, um sich auf neue, bahnbrechende Entwicklungen einzustellen. In Deutschland existieren gewachsene, gut funktionierende lokale Cluster vor allem in traditionellen Bereichen.

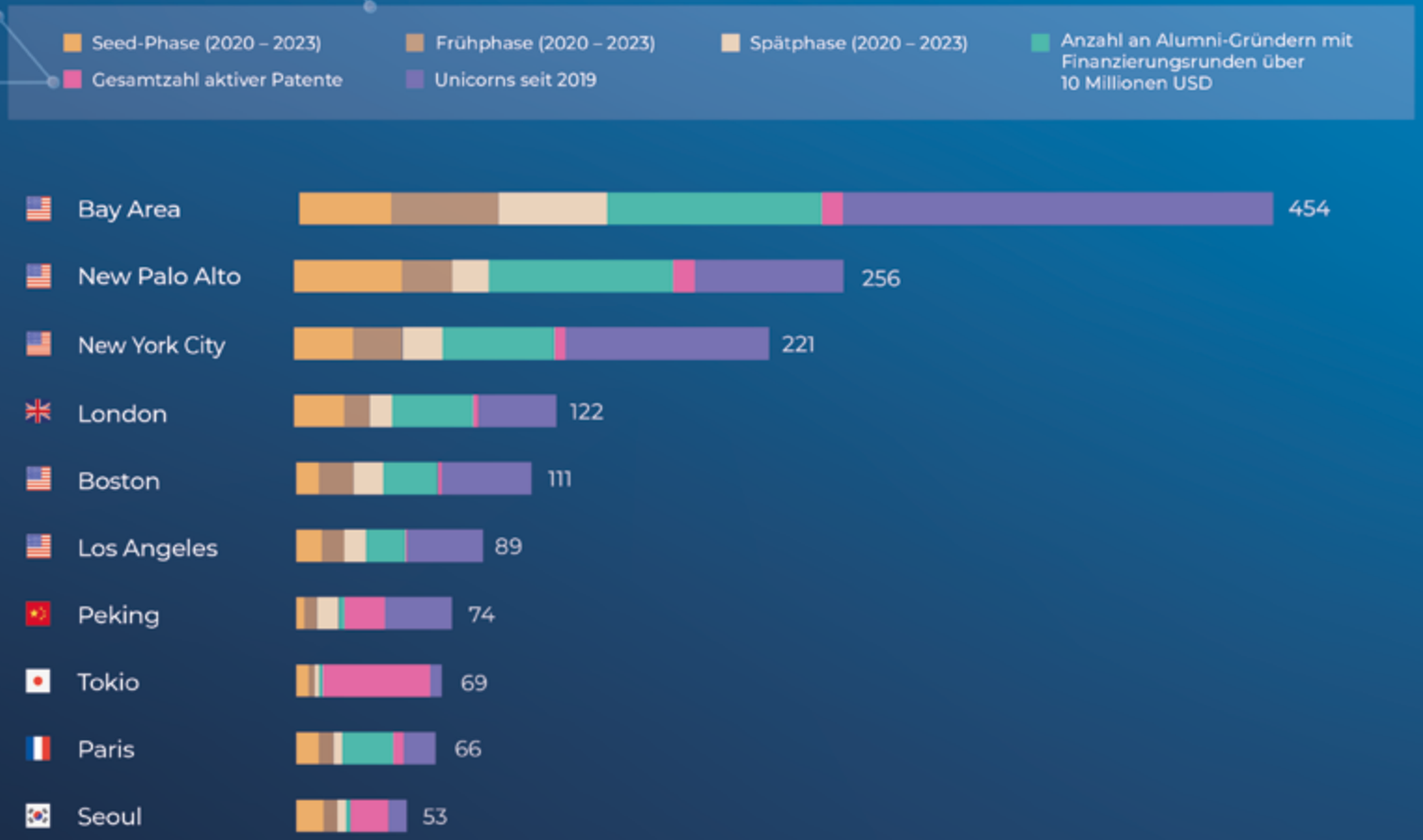
> *„Deutschland hat ein sehr ausdifferenziertes Technologieprofil. Fast alle Technologien sind bei den Unternehmen im Land verfügbar. Die meisten Deep Tech Innovationen erfordern systemische Ansätze, da sie sowohl Digitalisierung als auch physische Produktion umfassen. Es reicht nicht, nur in der Digitalisierung stark zu sein, wenn es an der Hardware oder den Materialien fehlt. Deutschland hat diese interdisziplinären Fähigkeiten und Ressourcen. Wir können High Tech Maschinen in kurzer Zeit entwickeln und produzieren, was andere nicht so schnell hinbekommen."* – **Prof. Dr. Günther Schuh** (Leiter des Lehrstuhls für Produktionssystematik, RWTH Aachen)

[38] Kerr et al. (2014)

Einige Experten machen aber deutlich, dass in grundlegend neuen, zukünftig wegweisenden (sog. path-breaking) Deep Tech Innovationen Verbesserungsbedarf herrscht. Dies gilt vor allem im Bereich der Entwicklung und Anwendung digitaler Universaltechnologien (General Purpose Technologies) wie Künstliche Intelligenz, Blockchain, Quanten-Computing, Internet der Dinge, Augmented und Virtual Reality (AR/VR), 5G/6G, Cybersecurity und abgeleitet auch Robotik, digitale Medizin, intelligente Stromnetze und autonomes Fahren, in denen Deutschland immer mehr den Anschluss verliert. In den Top 10 der weltweit hochinnovativen lokalen Ökosysteme (sog. Scaleup Hubs) befindet sich kein deutsches Tech Cluster (siehe Abb. 15). Im Ranking nach der absoluten Größenordnung der Risikokapitalinvestitionen, der universitären Talente, der Patententwicklung und der Anzahl der Unicorns und der Exits in Höhe von über einer Mrd. USD zeigt sich die Dominanz der USA, mit fünf Tech-Hubs unter den sechs global führenden Ökosystemen. Berlin liegt in diesem Ranking als bestplatziertes deutsches Ökosystem auf Platz 16.

Befund: Deutschland verliert, v. a. bei wegweisenden digitalen Deep Tech Innovationen, den Anschluss und ist in den Top 10 der weltweit innovativsten Tech Ökosysteme nicht vertreten.

Abbildung 15: **Top 10 der weltweit führenden Scaleup Hubs**



Quelle: Dealroom (2024)

„Es braucht ein ganzes Dorf, um ein Deep Tech Unternehmen großzuziehen“

Besonders Deep Tech Innovationen zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht isoliert und friktionslos in bereits bestehende Unternehmensökosysteme integriert werden können. **Durch ihre Neuartigkeit und fehlenden Austausch wissen Zielkunden oft gar nicht, wie die Deep Tech Innovationen in ihren Bereichen angewendet und in bestehende Prozesse, Infrastrukturen und Routinen eingebettet oder für eigene Innovationen genutzt werden können.** Dieses Verständnis ist jedoch nicht nur für die Kommerzialisierung von Deep Tech Innovationen essenziell, sondern auch, um die anderen Akteure im Ökosystem zu überzeugen, in die notwendige Infrastruktur, Köpfe und Anpassungen an eine Deep Tech Innovation zu investieren.

Einen strukturierten Ansatz hierfür verfolgt z. B. IBM im Kontext von Quanten-Computing. **Dr. Jan-Rainer Lahmann** (IBM Distinguished Engineer) beschreibt den Ansatz des IBM Quantum Networks, um Unternehmen, Start-ups, Forschungseinrichtungen und Universitäten mit einer Reihe von Ressourcen und Support bei der Integration von Quanten-Computing in ihre Abläufe zu unterstützen. Mitglieder des Netzwerks, darunter Unternehmen wie Bosch, VW und E.ON, erhalten über das Qiskit Open-Source Programmierframework, die Quanten-Computing-Aufgaben über die IBM Cloud beschleunigt, Zugang zu IBMs Quanten-Computing-Technologie, um sich mit der Technologie vertraut zu machen und Quanten-Anwendungsmöglichkeiten in Bereichen wie Materialwissenschaft, Elektromobilität, KI und fortschrittliche Sensortechnologien zu erforschen.

> *„Wir halten es für ganz wichtig und den richtigen Weg eine flexible, offene Austauschplattform zu schaffen, um Feedback zu bekommen, Wissen und Akzeptanz zu erhöhen und letztendlich schnell die Marktreife zu erlangen“*, so **Dr. Jan-Rainer Lahmann** (IBM Distinguished Engineer)

Dieses Beispiel zeigt, wie zentral für den Markterfolg von Deep Tech Innovationen die Co-Evolution des Ökosystems ist, worunter die Entwicklung von komplementärem Wissen und Fähigkeiten um eine neue Innovation herum verstanden wird.[39] Teilnehmer des Ökosystems müssen ihre Investitionen und Entscheidungen also zunächst anpassen, um mit den veränderten technologischen und institutionellen Anforderungen des entstehenden Ökosystems, das sich um eine neue Deep Tech Innovation bildet, kompatibel zu sein.[40]

Aus dieser Sicht heraus ist auch der Begriff „Ecosystem Value Proposition“ entstanden, der betont, dass das **Wertversprechen (Value Proposition) einer bahnbrechenden Innovation erst im komplexen Zusammenspiel von Akteuren, Technologien und Institutionen entsteht.** Der kommerzielle Durchbruch einer Deep Tech Innovation benötigt ein Netzwerk von Akteuren, die *„spezialisierte, aber komplementäre Ressourcen und/oder Fähigkeiten einbringen oder entwickeln, um (a) gemeinsam zu schaffen und den Endnutzern ein übergreifendes Wertangebot zu unterbreiten, und (b) sich die dabei erzielten Gewinne anzueignen.“*

[39] Moore (1993)
[40] Thomas & Autio (2020)

Man denke nur an E-Autos, die weit mehr als nur Autos mit elektrifizierten Antriebsstrang zum Durchbruch benötigen, sondern auch Ladeinfrastruktur, Batteriezellen oder den Ausbau von Stromnetzen sowie neues Wissen und Fähigkeiten in der Batterietechnik, Produktion oder Anwendung.

Funktionierende Ökosysteme zeichnen sich demnach durch ein dynamisches, industrie- und disziplinenübergreifendes Netzwerk an hierarchisch unabhängigen, aber voneinander abhängigen heterogenen Akteuren aus. Je nach Entwicklungsstadium von Deep Tech arbeiten diese Akteure von der Grundlagenforschung, über Machbarkeitsstudien und Prototypenentwicklung bis hin zur Kommerzialisierung, häufig ohne formale Vertragsbeziehungen, an neuem Wissen, Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Der lokale Charakter und gewachsene Netzwerke zwischen Organisationen und Personen machen diese Form der Zusammenarbeit möglich.

Befund: Der Erfolg von Deep Tech Innovationen hängt maßgeblich von der Co-Evolution des Ökosystems ab, bei der Akteure ihre Investitionen und Fähigkeiten anpassen, um gemeinsam Wert zu schaffen.

Phase 1: Von Forschungsergebnissen zu Anwendungen oder die Kommerzialisierungslücke und Mid Tech Falle

Im initialen Stadium wird in **Wissensökosystemen** (TRL 1–3) an Grundlagen geforscht, erste Anwendungsfelder skizziert und Machbarkeitsstudien durchgeführt. Der Nährboden von Wissensökosystemen sind Universitäten und grundlagenorientierte außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Durch die geografische Nähe dieser Institutionen entstehen kollektive Lern- und Wissensaustauschprozesse, die vorkommerzielles Wissen schaffen, das kein einzelner Akteur unabhängig schaffen könnte.[41] Während die forschungsstarken Großunternehmen neben technologischem, auch über das notwendige Anwendungs- und Marktwissen verfügen, **fällt Universitäten und Wissenschaftlern die Einschätzung und Validierung ihrer Ergebnisse schwer.**

> *„Hier erweisen sich insbesondere Skaleneffekte als nützlich, wenn innerhalb von Großunternehmen der kritische Umfang an Fachwissen, Erfahrung, Abdeckung von wesentlichen Grundlagen wie den naturwissenschaftlichen Grunddisziplinen, Materialwissenschaft, Algorithmen usw., kombiniert mit den ingenieurstechnischen Einblicken in Produktionsprozesse, markt- und betriebswirtschaftliche Expertise mittel- und langfristig konzentriert und orchestriert werden kann. Dabei können Großunternehmen eine besondere Rolle spielen, wenn sie erfolgreich die Balance zwischen kurzfristigen Gewinnoptimierungprozessen und mittel- bis langfristiger Strategie organisieren und mit dem Deep Tech Sektor kooperieren.“* – **Dr. Michael Lemke** (Chief Security Officer, Huawei Deutschland)

[41] Järvi et al. (2018)

Ein aufschlussreiches Beispiel beschreibt ein Experte. Er schilderte den Fall einer biotechnischen Innovation, die eine nachhaltige Alternative zu erdölbasierten Kunststoffen darstellt. Auf Basis eines innovativen Verfahrens hatten es Wissenschaftler biotechnisch geschafft, einen Ersatz für einen zentralen Ausgangsstoff in der Kunststoffproduktion herzustellen. Doch bislang konnte dieses vielversprechende Verfahren nicht in die Anwendung überführt werden. Dem Lehrstuhl mangelt es für die Validierung der komplexen Prozessstufen an finanziellen und personellen Ressourcen, die die Arbeit an der Überführung des Forschungsergebnisses in eine skalierbare, marktfähige Lösung ermöglichen. Von Seiten der Universität gibt es hierfür keine Unterstützung.

> *„Dieses Fallbeispiel zeigt sehr gut, dass es eine Lücke zwischen der akademischen Forschung und der industriellen Anwendung gibt, die geschlossen werden muss, um innovative und nachhaltige Technologien erfolgreich in den Markt zu integrieren."* – **Anonym**

Unternehmen brauchen also Ansprechpartner, die nicht nur die Grundlagenforschung vorantreiben, sondern auch über die Kapazitäten und das Wissen verfügen, um marktfähige und skalierbare Lösungen aus der Grundlagenforschung heraus zu entwickeln.

„Wenn ich bei der Forschung nicht von Anfang an darüber nachdenke, wie sie zu wettbewerbsfähigen Kosten industrialisierbar ist und kein entsprechendes Wissen über Partner oder eigene Aktivitäten aufbaue, wird es schwierig. Gute Ideen allein reichen nicht, ich muss auch darauf achten, wie diese zur marktfähigen Industrialisierung führen können. Hier wird oft auf Einrichtungen wie Fraunhofer verwiesen. Hier braucht es meiner Meinung nach mehr Motivation und klarere Zielvorgaben seitens der Universitäten, um Lehrstühle stärker auf industrielle Anwendbarkeit auszurichten." – **Anonym**

Dr. Annika Hauptvogel (Head of Technology & Innovation Management, Siemens) sieht das ähnlich und betont, dass Wissenschaft und Wirtschaft aufgefordert sind, besser zusammenzuarbeiten. *„Wenn die Forschung nicht betrachtet, was der potenzielle Anwendungsfall einer Entwicklung ist, gestaltet sich der Transfer von Technologien schwierig. Gleichzeitig wird es für die Industrie herausfordernd, Fortschritte zu erzielen, wenn sie sich ausschließlich auf ihre aktuellen Produkte konzentriert und dabei Technologietrends außer Acht lässt. Daher ist es von zentraler Bedeutung, den Dialog zwischen Wissenschaft und Industrie und ein gemeinsames Verständnis zu fördern. Aus diesem Grund haben wir bei Siemens Research and Innovation Ecosystems, beispielsweise in München, Berlin, Aachen, aber auch global gegründet. So kommen wir schon frühzeitig in den Austausch, um gemeinsam strategisch zu überlegen, was sind die Themen, an denen wir gemeinsam arbeiten können. Das ist für uns eine sehr gute Möglichkeit, Kooperationen mit Universitäten zu stärken und den Transfer zu sichern."*

Oft fehlt es der universitären Forschung an Erfahrung und Wissen, die Transferpotenziale der Grundlagenforschung zu erkennen und die Ressourcen diese im Rahmen von Machbarkeitsstudien zu überprüfen. In diesem Zusammenhang wurde das BMBF-Förderprogramm VIP+[42] zur „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung" als wichtiger, erster Schritt gesehen. Das Programm unterstützt Wissenschaftler dabei, das Transferpotenzial ihrer Forschungsergebnisse in die Praxis zu überprüfen.

Start-ups wünschen sich hierbei auch mehr Bereitschaft und Offenheit von etablierten Unternehmen. Diese Unternehmen sähen sich oft außer Stande, sich an Machbarkeitsstudien zu beteiligen, weil sie entweder nur Abnehmer der Endprodukte sind, ungeliebte Veränderungen befürchten oder weil sie schlicht den Aufwand scheuen. Vielfach wurde hier von Seiten der Wissenschaft und Start-ups kritisiert, dass Unternehmen zwar gerne sofort einsetzbare, skalierbare und getestete neue Deep Tech Services und Produkte verwenden, sich aber bei erforderlichen technischen und theoretischen Machbarkeitsanalysen vorab lieber zurückhalten.

Einige Experten regten an, die Wissenschaft und Wirtschaft stärker über Querwechsel zu verzahnen. Der temporäre Personalaustausch existiert bereits zwischen Wirtschaft und Verwaltung und führt zu einem besseren wechselseitigen Verständnis, Wissens- und Kompetenzaustausch und effektiveren Prozessen. Empfohlen wurde auch zu prüfen, ob Wechsel aus der Wirtschaft in die Wissenschaft, auch an Universitäten, insbesondere in angewandten Fächern, nicht stärker erleichtern bzw. gefördert werden könnten.

[42] Siehe https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/zukunftsstrategie/validierungsfoerderung-vip/validierungsfoerderung-vip_node.html

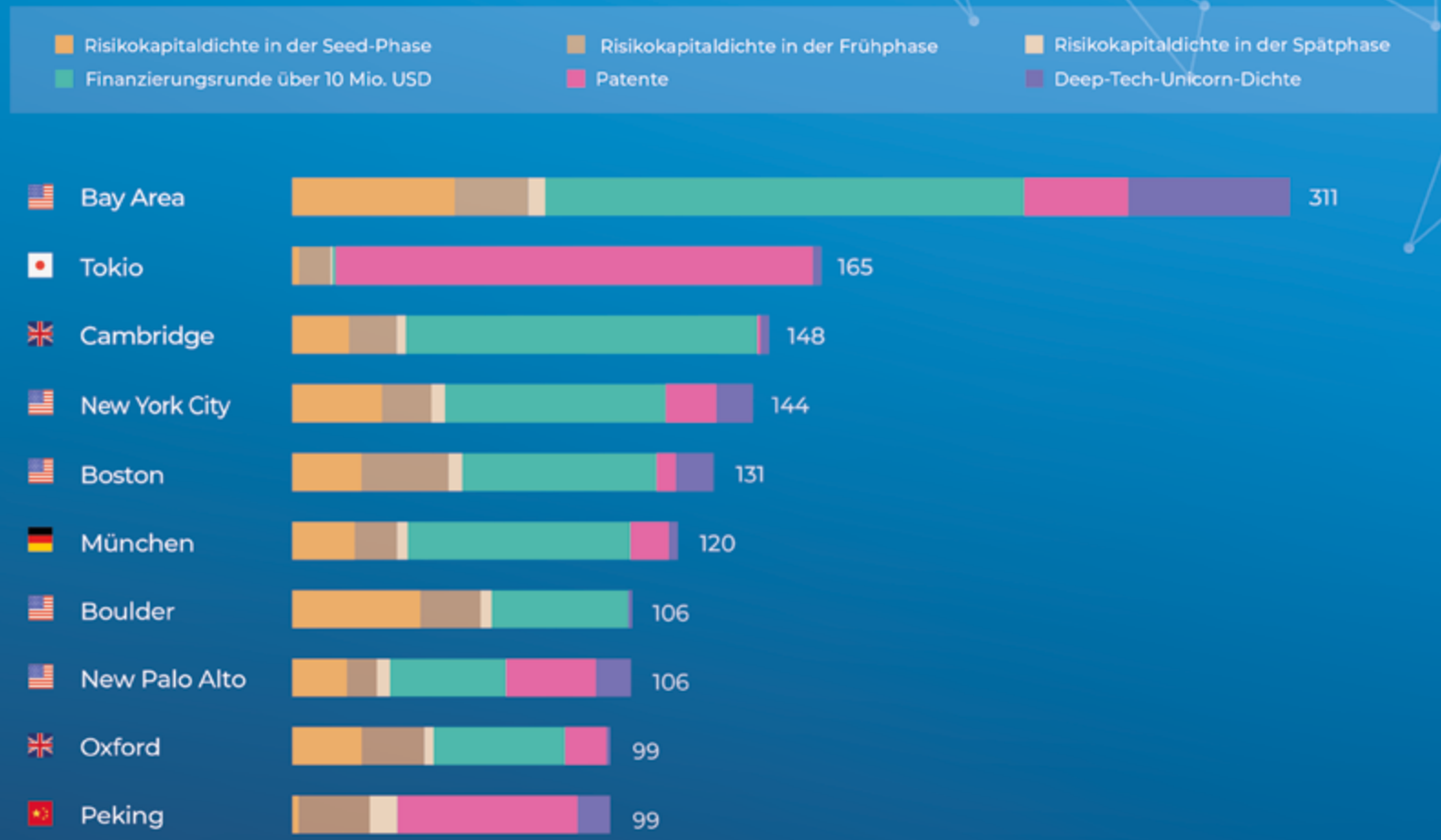
Auffällig wenig war in den Interviews von KMUs die Sprache. Mehrere Vertreter dieser Unternehmen äußerten die regionale Entfernung zu den bedeutenden deutschen Tech Clustern als Hindernis, aber auch die mangelnden Austauschmöglichkeiten und Ressourcen, um gezielt mit der Wissenschaft zu kooperieren. Auch die Industrie- und Handelskammern und Verbände wurden als wenig hilfreich für den Transfer beschrieben. Nicht zuletzt, weil Mittelständler und KMUs in Industrieverbänden oft unterrepräsentiert und nicht aktiv sind.

Befund: Eine stärkere Integration zwischen Wissenschaft und Wirtschaft für ein besseres gegenseitiges Verständnis über Erfordernisse und Ziele ist essenziell für die Entwicklung von Deep Tech.

In der Konsequenz bleibt ein Großteil des von der europäischen Wissenschaft geschaffenen Wissens ungenutzt, da es nicht kommerziell angewendet wird. Angaben des Europäischen Patentamts zufolge wird lediglich ein Drittel der patentierten Erfindungen von europäischen Universitäten oder Forschungseinrichtungen kommerziell verwertet. Als Hauptgrund für dieses Scheitern wurde die unzureichende Integration von Forschern in europäische Tech Cluster identifiziert, die einen maßgeblichen Anteil an der erfolgreichen Kommerzialisierung von hochinnovativen Technologien aufweisen. International kann sich als einziger deutscher Standort München in den Top 10 **der globalen Wissenschafts-Hubs** behaupten (siehe Abb. 16).

Abbildung 16

Top 10 der Wissenschafts Hubs



Quelle: Dealroom (2024)

Deutsche Wirtschaft investiert zu wenig in F&E und steckt in der „Mid Tech Falle“

Die deutsche Wirtschaft unterwirft ihre F&E Aktivitäten in einigen Branchen zu stark dem Diktat der Pfadabhängigkeit und Kurzfristigkeit. Im internationalen Vergleich investiert Europa weniger in F&E Aktivitäten als die USA, Japan oder China. Die Diskrepanz rührt aber nicht von der staatlichen Finanzierung von F&E her, die in der EU (Anteil Deutschland: 40 %) ähnlich hoch ist wie z. B. in den USA (ca. 0,7 % des Bruttoinlandsprodukts, BIP), sondern hat ihren Grund in den geringeren F&E Ausgaben deutscher Unternehmen. In den USA liegt der Anteil an privatwirtschaftlichen F&E Ausgaben bei rund 75 %, in Japan, Südkorea und China gar noch höher, während deutsche Unternehmen lediglich für 69 % der F&E Investitionen verantwortlich sind (siehe Abb. 17).

> *„Viele Unternehmen sind aus der Grundlagenforschung weitgehend ausgestiegen, zugunsten des Shareholder Value und der kurzfristigen Profitmaximierung. Wir glauben, dass auch Grundlagenforschung einen festen Platz in der industriellen Forschung behalten muss. Mit dem Blick auf die langfristige Monetarisierung von Forschungsergebnissen, können Industrieunternehmen den über den bloßen Erkenntnisgewinn hinausgehenden Wert dieser Arbeit strategisch bewerten und sichern. Vor diesem Hintergrund nimmt unser Unternehmen die Spitzenposition in der fertigungsorientierten Industrie, direkt hinter den großen Software-Unternehmen, ein.“* – **Dr. Michael Lipka** (Senior Manager Technology Strategy, Huawei)

Abbildung 17

Bruttoausgaben für F&E in ausgewählten Ländern, nach Sektor und Finanzierungsquelle

Land	F&E Brutto-inlandsausgaben (in Mrd. USD)	Herkunft der F&E Mittel: Anteil am Gesamtbetrag (%)			
		Unternehmen	Staat	Sonstiges Inland	Rest der Welt
Vereinigte Staaten (2019)	668,4	65,0	21,0	6,8	7.2
China (2019)	525,7	76,3	20,5	nicht verfügbar	0,1
Japan (2019)	173,3	78,9	14,7	5,8	0,6
Deutschland (2019)	148,1	64,5	27,8	0,4	7,4
Südkorea (2019)	102,5	76,9	20,7	0,8	1,6
Frankreich (2019)	73,3	56,7	32,5	2,8	8,0
Indien (2018) [1]	58,7	36,8	63,2	0,0	0,0
Vereinigtes Königreich (2019) [2]	56,9	54,8	25,9	5,6	13,7

1 Für Indien ist das jüngste Jahr der verfügbaren Daten für die BAFE und die Verteilung der F&E Leistung das Jahr 2018, während das jüngste Jahr der verfügbaren Daten für die Verteilung der F&E Ausgaben nach Finanzierungsquellen das Jahr 2017 ist.

2 Für das Vereinigte Königreich ist das jüngste Jahr, für das Daten zur Verteilung der F&E Ausgaben nach Finanzierungsquellen vorliegen, das Jahr 2018.

Quelle: In Anlehnung an National Center for Science and Engineering Statistics (2022)

Zwar ist der Anteil der Privatwirtschaft in den letzten Jahrzehnten gestiegen, dennoch besteht weiterhin eine beträchtliche Lücke, um auf das Niveau der führenden Nationen zu kommen. Mehrere Experten nannten den familien- und inhabergeführten Mittelstand wie Trumpf und Festo oder stiftungsgeführte Unternehmen wie Bosch und Zeiss als positive Beispiele für strategische und langfristige Investitionen in Deep Tech Innovationen. Durch ihre langfristig angelegte Strategie haben diese Unternehmen einen längeren Atem, den es für die Entwicklung und Kommerzialisierung von Deep Tech Innovationen braucht.

Deutschland und die EU sind in die Mid Tech Falle getappt. Diese besagt, dass die F&E Investitionen zu einseitig auf etablierte, mitteltechnologische Bereiche wie der Automobil-, Chemie- oder Maschinenbausektor fokussiert sind, deren technologisches und wirtschaftliches Potenzial im Vergleich zu neuen, hochinnovativen Wachstumsbereichen wie den Digitaltechnologien und Biotechnologie begrenzt ist.[43]
Gerade in Deutschland ist die Konzentration der privatwirtschaftlichen F&E Ausgaben auf Branchen- und Unternehmensebene besonders hoch. Fast 80 % der Investitionen in F&E beschränken sich auf fünf Branchen (Automobil, Elektronik, Maschinenbau, Pharma und Chemie) und fast 90 % auf Unternehmen mit 500 und mehr Mitarbeitern. Entsprechend gering fallen die F&E Ausgaben für Informations- und Kommunikationsdienstleistungen und die von KMUs aus.

Diese strukturellen Unterschiede, der über Jahrzehnte hinweg durch technologische und strukturelle Pfadabhängigkeiten verstärkt wurde, hat dazu geführt, dass die deutsche und europäische Wirtschaft in ihren traditionellen Spezialisierungen verharren, während die USA und China zunehmend von hochinnovativen Branchen profitieren. Ein Blick auf die Top-3-Unternehmen in Bezug auf F&E Ausgaben in den

[43] Fuest et al. (2024)

USA, Japan und der EU und ihre jeweiligen Industrien verdeutlicht diese Entwicklung über die letzten 20 Jahre. Während in den USA nur Microsoft zweimal unter den Top 3 erscheint, befinden sich in der EU und Japan Unternehmen wie Volkswagen (VW), Mercedes und Toyota in den letzten 20 Jahren konstant unter den Top 3, wobei auch Panasonic, Bosch und Honda mindestens zweimal vertreten sind. Dies zeigt den Mangel an Industrie- und Innovationsdynamik, die in den USA weit größer ist. Waren dort 2003 noch zwei Unternehmen aus der Automobilindustrie unter den Top 3, hat der Bedeutungsgewinn der Digitalwirtschaft diese und andere bis 2022 verdrängt. Diese Entwicklung manifestiert sich auch darin, dass unter den 50 wertvollsten Tech Unternehmen der Welt nur sechs europäische Unternehmen zu finden sind, und es seit 50 Jahren in Europa nicht gelungen ist, ein neues Unternehmen mit einer Marktkapitalisierung von über 100 Mrd. Euro aufzubauen. In der gleichen Zeit sind in den USA sechs Unternehmen entstanden, die heute eine Bewertung von über einer Billion Euro erreichen.[44]

Die Mid Tech Falle schlägt sich auch in den Patentstatistiken nieder. Zwar liegt Deutschland bei der Anmeldung von internationalen Patenten weltweit auf Rang 5, die meisten Patente werden aber in den beschriebenen Mitteltechnologiefeldern angemeldet. Auch auf EU-Ebene zeigen die Patentstatistiken, dass sich die EU stark auf den Mobilitätssektor konzentriert, während Japan stark in der Elektronik ist und die USA die hochinnovativen Wachstumsbereiche Computer und Digitaltechnik sowie Pharmazeutik und Biotechnologie dominieren. Diese Konzentrationsdynamiken haben sich im Laufe der letzten 30 Jahre sogar noch verstärkt. Aus Sicht der EU und Deutschlands ist diese Dynamik besorgniserregend, denn die Patentanmeldungen in den anderen drei betrachteten Wachstums- und Schlüsselbereichen stagnierten in den letzten 10 Jahren.

[44] Draghi (2024)

Abbildung 18: **Top-3-Unternehmen mit den höchsten F&E Ausgaben im Zeitverlauf**

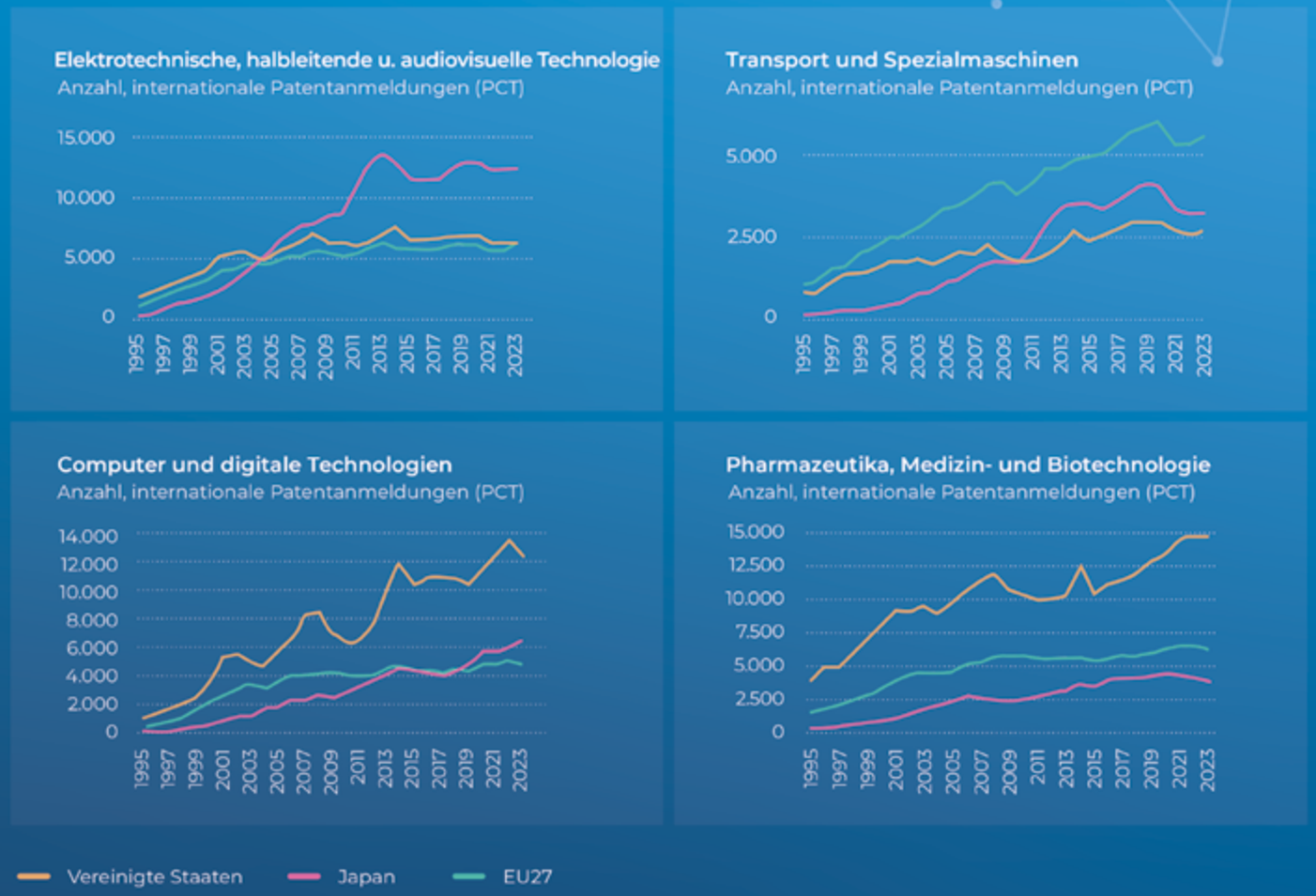
	2003	2012	2022
VEREINIGTE STAATEN	Ford (Auto)	Microsoft (Software)	Alphabet (Software)
	Pfizer (Pharma)	Intel (Hardware)	Meta (Software)
	GM (Auto)	Merck (Pharma)	Microsoft (Software)
EUROPÄISCHE UNION	Mercedes Benz (Auto)	VW (Auto)	VW (Auto)
	Siemens (Elektronik)	Mercedes Benz (Automobil)	Mercedes Benz (Auto)
	VW (Auto)	Bosch (Auto)	Bosch (Auto)
JAPAN	Toyota (Auto)	Toyota (Auto)	Toyota (Auto)
	Panasonic (Elektronik)	Honda (Auto)	Honda (Auto)
	Sony (Elektronik)	Panasonic (Elektronik)	NTT (Telekom)

Quelle: Fuest et al. (2024)

Befund: Deutschland und die EU sind in eine Mid Tech Falle geraten, da sie sich zu stark auf etablierte, mitteltechnologische Branchen aufgrund technologischer und struktureller Pfadabhängigkeiten fokussieren und dadurch Potenziale in hochinnovativen Wachstumsbereichen wie Digitaltechnologien und Biotechnologie vernachlässigen.

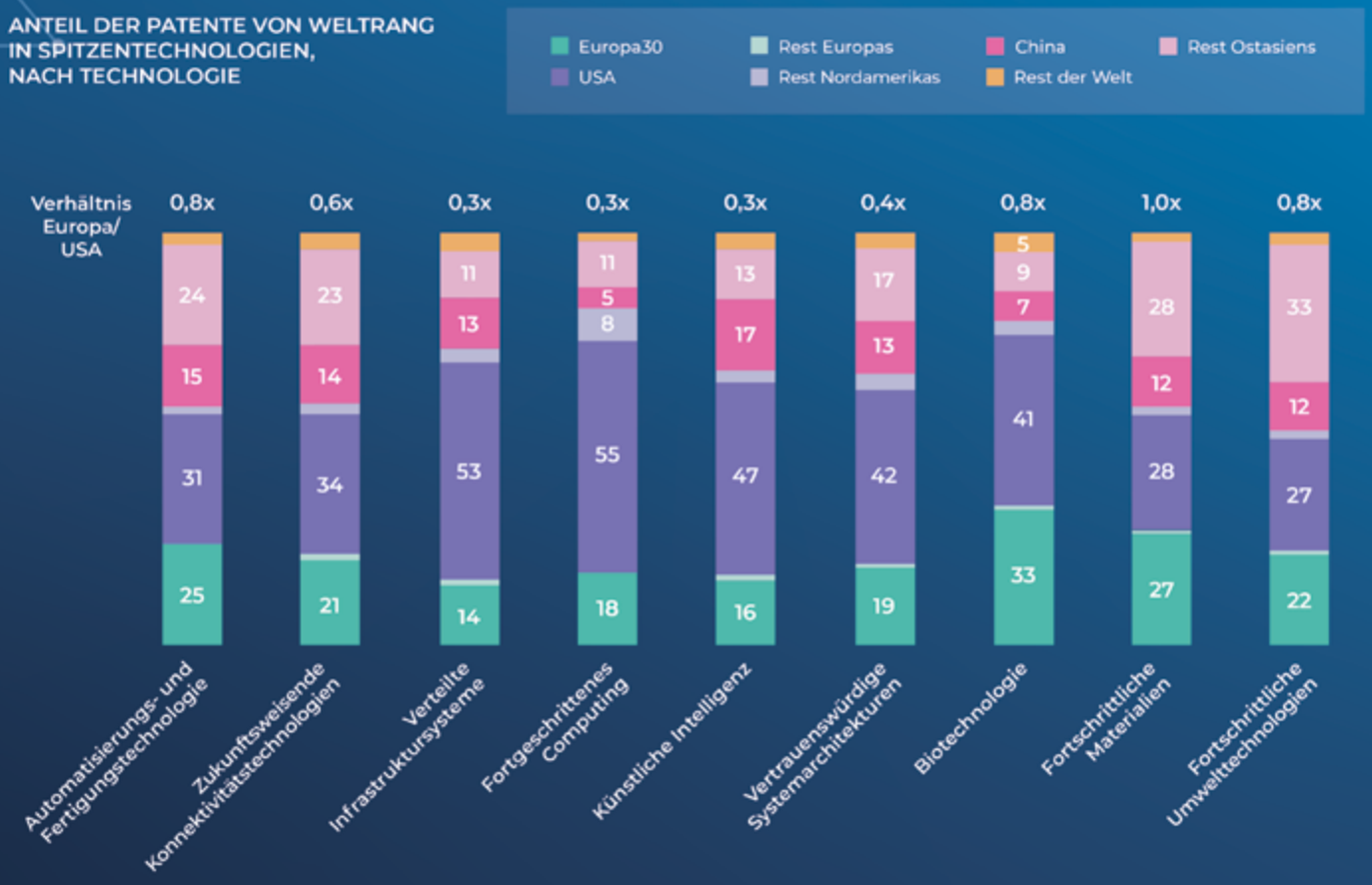
Abbildung 19

Internationale Patentanmeldungen nach ausgewählten Technologieklassen und Ländern



Quelle: WIPO (2024)

Abbildung 20: **Anteil der Weltklasse-Patente in Schlüsseltechnologien**



Quelle: Lakestar et al. (2023)

Wo sind die „Big Bets“ auf Wachstumsmotoren der Zukunft?

Ein wiederkehrendes Thema in unseren Gesprächen war die **langsame Anpassungsgeschwindigkeit etablierter Unternehmen, vor allem im Hinblick auf die digitale Transformation** (siehe „Achillesferse Digitalisierung“ Reloaded). Oft wird aus kurzfristigen Erwägungen gehandelt und zu wenig Risiko in der Umsetzung neuer Ideen eingegangen, vermutlich auch, weil der Innovationsdruck auf etablierte Unternehmen in der Vergangenheit nicht ausreichend hoch war. Doch der Druck steigt, nicht zuletzt aufgrund sinkender Margen durch neue Wettbewerber ohne technologische und strukturelle Altlasten und einer zunehmend geopolitisch geprägten, multipolaren Handels- und Investitionspolitik.

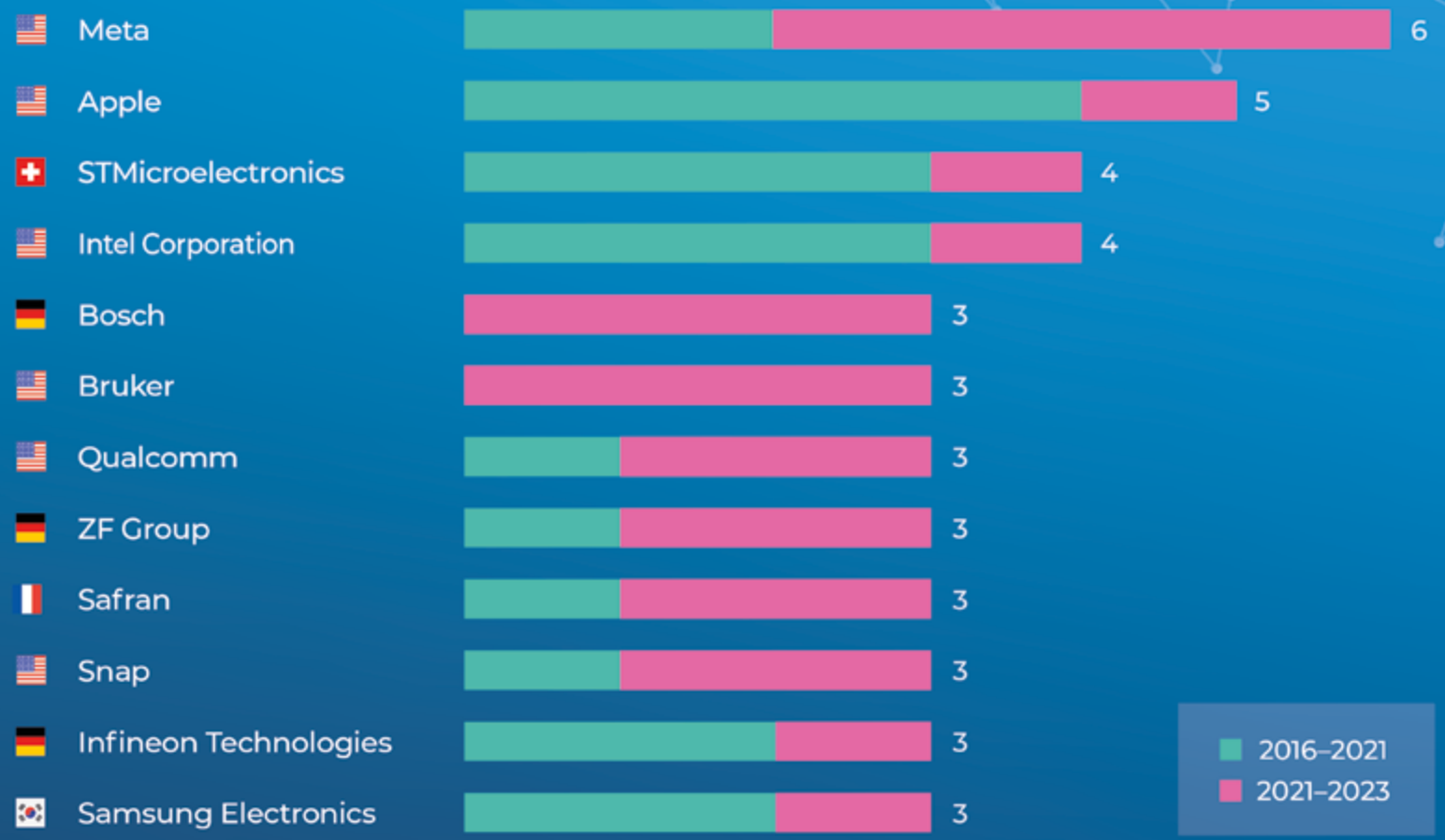
> *„Ich als Deutscher in einem amerikanischen Unternehmen sehe einige Unterschiede, wie man an Innovation rangeht. Die amerikanische Unternehmenskultur ist viel risikofreudiger und innovationsfreundlicher. Sie konzentrieren sich stärker auf Chancen als auf Risiken, während deutsche Unternehmen dazu neigen, Risiken eher erst gar nicht einzugehen. Es könnte ja was schief gehen. Wir bei Meta fragen uns in regelmäßigen Abständen, was sind die zukünftigen Big Bets. Wir starten viele Projekte, auch im Bewusstsein, dass einige scheitern könnten und wir haben regelmäßig den Mut, weniger vielversprechende Vorhaben wieder zu stoppen. Deutsche Firmen hingegen sind oft vorsichtiger und lassen lieber die Finger von riskanten Projekten. Der amerikanische Ansatz ermöglicht es den US-Firmen letztlich, größere Durchbrüche zu erzielen, auch wenn dies gelegentlich Milliarden an Fehlinvestitionen bedeutet.“* – **Tino Krause** (Regional Director Central Europe, META)

Deutsche und europäische Unternehmen sind auch deutlich zurückhaltender, wenn es darum geht, Deep Tech Innovationen durch eine Akquisition von Start-ups im Unternehmen nutzbar zu machen. Nur rund 20 % der Akquisitionen von europäischen Deep Tech Start-ups im Zeitraum von 2016–2023 wurden von deutschen Firmen getätigt. Auf die EU bezogen steigt der Anteil leicht auf knapp 28 %. Diese niedrigen Werte für Deep Tech Innovationen, die vor der eigenen Haustür entstanden sind, verdeutlichen die **weitverbreitete Zaghaftigkeit etablierter Unternehmen gegenüber risikobehafteten Investitionen in Wachstumsbereiche.**

Etablierte, vor allem große Unternehmen beobachten zwar kontinuierlich neue technologische Entwicklungen im Suchfeld der von ihnen als relevant erachteten Technologien (Horizon Scanning). Anhand dieser durchleuchten die Unternehmen die potenzielle Bedeutung und Auswirkungen auf ihr Kerngeschäft und den Reifegrad der Technologietrends im Rahmen von Foresight-Analysen. Doch nicht alle Experten sind der Meinung, dass diese ritualisierten, technologiezentrierten Standardprozesse ausreichen, um der oft digital befeuerten Transformationsgeschwindigkeit, den gesellschaftlichen Dimensionen von Technologieinnovationen und unvorhergesehenen Entwicklungspfaden gerecht zu werden.

Abbildung 21

Top-Unternehmenskäufer Europäischer Deep Tech Unternehmen



Quelle: Lakestar et al. (2023)

> *„Im Rahmen von Strategieprozessen müssen gerade Führungskräfte vom detailreichen Bild, das ihnen Trendanalysen bieten, zurücktreten, um das ganze Bild wahrnehmen zu können. Ein 360-Grad-Blick auf das eigene Unternehmen in der Welt da draußen ist notwendig, um die Rolle des Unternehmens im Kontext zu betrachten, ist entscheidend. Nur so kann man reflektieren, wie das komplexe Wertversprechen von gesellschaftlichen, geopolitischen, umweltbedingten und sozialen Shiftfaktoren mit der Digitalisierung beeinflusst wird. Daraus die richtigen strategischen Konsequenzen zu ziehen, damit die Leute die Perspektive oder auch ein konkretes Endprodukt vom Hocker reißt, ist die große Kunst.“* – **Jens Helmerich** (Partner & Senior Manager Leading Strategy, Tagueri)

Es besteht die Gefahr, dass durch die detailreichen Analysen, disruptive Trends und Chancen übersehen werden. Die etablierten Methoden tendieren dazu, bestehende Trends, Denkmuster und Entwicklungen zu verstärken und konzentrieren sich oft auf Technologien, nicht deren Anwendungspotenziale und gesellschaftliche Strömungen. Zudem führt die übermäßige Abhängigkeit von externen Experten dazu, dass Unternehmen zu wenig eigenständig agieren und risikoreiche, aber revolutionäre Ideen nicht verfolgen.

Phase 2: Entwicklung und Prototyping oder die Suche nach Anwendungspartnern

Beweist eine bahnbrechende, wissenschaftliche Erkenntnis ihre Vorteile und Machbarkeit, gilt es festzustellen, ob die Technologie auch in größerem Maßstab und unter realen Einsatzbedingungen funktioniert und ob Anpassungen für die vollständige Implementierung nötig sind. In dieser Phase sind nicht mehr Universitäten mit der Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse betraut, sondern Start-ups, Spin-Offs oder etablierte Unternehmen. Die Aufgabe dieser Unternehmen ist es nun, im sog. Entrepreneurial Ecosystem Partnerschaften mit etablierten Unternehmen aufzubauen, um die entwickelten Prototypen unter Realbedingungen zu testen und ein tragfähiges Geschäftsmodell zu erarbeiten.

Anwendungspartner dringend gesucht

Befund: Viele Start-ups haben Schwierigkeiten etablierte Anwendungspartner zu finden, um ihre Lösungen zu testen und anzupassen.

Dafür sind neben den offensichtlichen Gründen wie zeitlicher und personeller Aufwand noch weitere Gründe ausschlaggebend. Deep Tech Innovationen wie Quantum-Computing sind häufig erklärungsbedürftig, da sie neuartiges Wissen und Fähigkeiten zur Benutzung erfordern. Für Pilotprojekte müssen die Anwender also zuerst geschult und weiterqualifiziert werden, um mit Quanten-Computern experimentieren zu können. Dies kostet Zeit und Geld, bei unsicherem Nutzen.

> *„Quantencomputer sind kein „easy sell". Deshalb investieren wir viel Zeit und Energie in den Educational Prozess unserer Stakeholder."* – **Dr. Jan Götz** (Co-CEO & Co-Founder, IQM Quantum Computers)

Zweitens erfordert es Vertrauen zwischen Start-ups und Anwendungspartnern, denn beide Seiten müssen gegebenenfalls IP offenlegen. Drittens gibt es auch Fälle, in denen etablierte Unternehmen kein Interesse am Wandel des Status quo haben. Dies kann aus organisationalen Gründen der technologischen Pfadabhängigkeit („haben wir schon immer so gemacht"), Widerstand gegenüber disruptiven Innovationen („Innovator's Dilemma" oder „läuft doch, warum sollen wir etwas ändern"), organisationalem Beharrungsvermögen („haben wir noch nie so gemacht"), dem „Not-invented-here-Syndrom" („das kann bei uns nicht funktionieren") oder mangelnder Offenheit („das ist außerhalb unseres Fachgebiets") erfolgen. Aber auch aus Wettbewerbsgründen, denn je grundlegender eine Deep Tech Innovation traditionelle Geschäftsmodelle in Frage stellt, desto weniger Anreize besitzen etablierte Unternehmen zu Anwendungspartnerschaften. In diesen Situationen des Marktversagens kommt besonders dem Staat als Anwendungspartner eine wichtige Rolle zu, wenn die Deep Tech Innovationen im außerordentlichen nationalen oder gesellschaftlichen Interesse sind (siehe Bedeutung der öffentlichen Beschaffung als Innovationsmotor).

Neue Zusammenarbeitskonzepte braucht das Deep Tech Ökosystem

Auch der Deutscher Startup-Monitor kommt zum Schluss, dass etablierte Unternehmen immer seltener mit Start-ups kooperieren.[45] Im Zeitraum von 2020 bis 2023 reduzierte sich der Anteil von Start-ups, die Kooperationsprojekte mit etablierten Großkonzernen und Mittelständlern durchführten, von 72 % auf nur mehr 61 %. Dies liegt Experten zufolge oft an enttäuschenden Erfahrungen in der Vergangenheit, die nicht zuletzt durch überhöhte Erwartungen an die Lösung selbst und deren zeitliche Entwicklung sowie unterschiedlichen methodischen Entwicklungsansätzen entstehen.

Experten nannten uns vielversprechende Modelle, wie Kooperationen zwischen etablierten Unternehmen und Start-ups funktionieren können. Diese Unternehmen haben erkannt, dass sie hierdurch ihr Wissen aktuell halten und sich durch eine frühe Anwendung Wettbewerbsvorteile verschaffen können. Im Innovations-Hub Maschinenraum, der vom deutschen Mittelständler Viessmann im Jahr 2020 initiiert wurde, arbeiten über 70 Familienunternehmen und Start-ups in regelmäßigen Austauschformaten Erfahrungen, Wissen, Fähigkeiten und Ressourcen aus. Einen anderen Ansatz verfolgt z. B. BMW mit dem Venture-Client-Modell namens „BMW Garage“. Im Gegensatz zu direkten Beteiligungen über einen Corporate VC-Arm oder Inkubations- oder Acceleratoren-Programmen, steht beim Venture-Clienting die inhaltliche Zusammenarbeit an einer Technologie und der Marktzugang für Start-ups im Vordergrund.

[45] Start-Up-Monitor (2023)

> *„Beim Thema Quantum versuchen wir dort zu verstehen, wie sich die Technologie entwickelt, um dadurch die Integrationsmöglichkeiten in unsere Fahrzeuge, Prozesse oder in unser Ökosystem entsprechend vorzudenken.“* – **Dr. André Luckow** (Head of Innovation and Emerging Technologies, BMW Group)

Der Ansatz ermöglicht es Start-ups, ihre Technologien schnell unter realen Bedingungen zu testen und wertvolles Feedback zu erhalten. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kunden, die oft lange brauchen, um eine Kaufentscheidung zu treffen, ermöglicht ein Venture-Client-Start-up einen schnelleren Zugang zum Markt und verkürzt den Entwicklungszyklus. Dies erhöht die Chancen, den Product-Market-Fit schneller zu erreichen, während gleichzeitig die Risiken durch den Praxistest minimiert werden. Venture-Clients profitieren vom schnellen Zugang zu neuen Technologien und Wissen, mit denen sie ihre Herausforderungen besser und schneller lösen könnten.

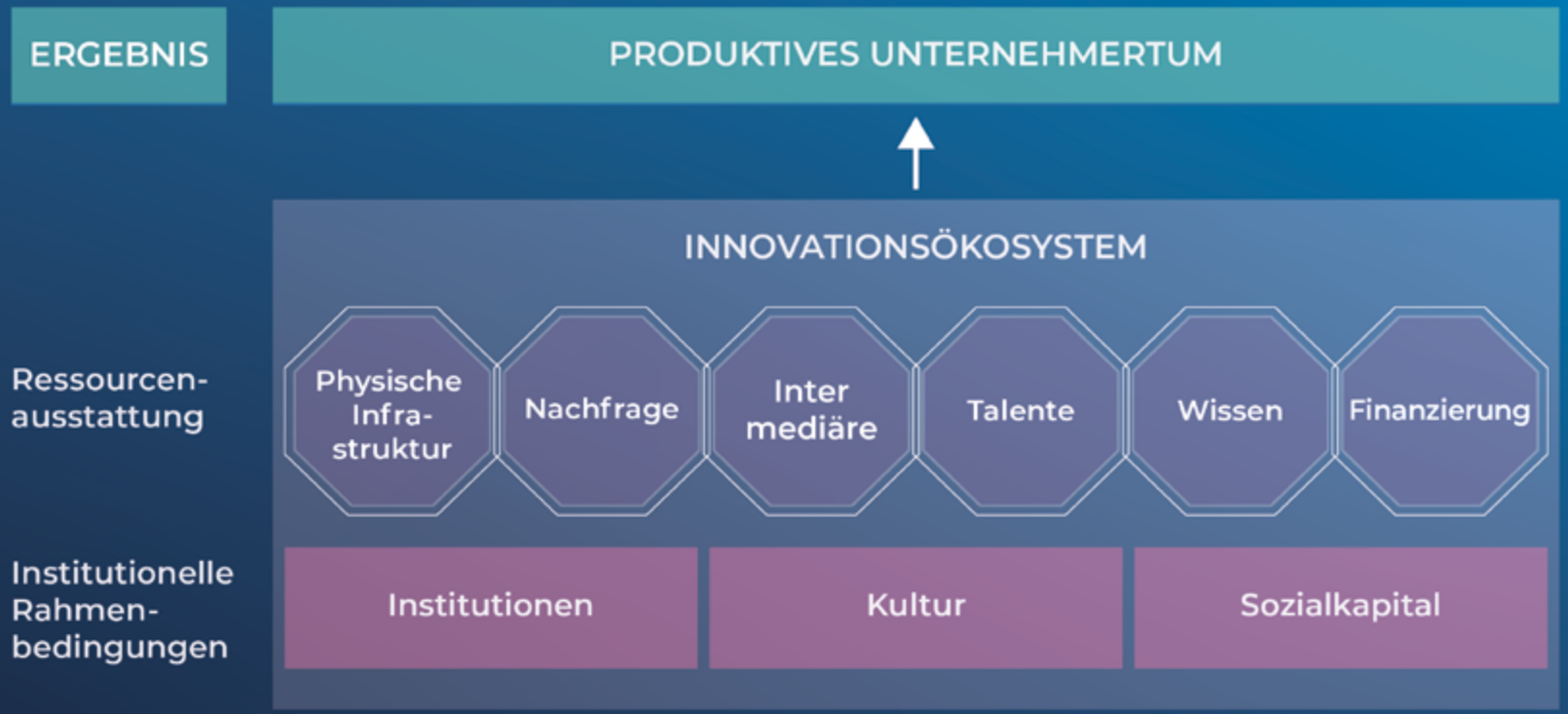
Phase 3: Implementierung und Kommerzialisierung oder die Suche nach den kreativen Zerstörern

Zur finalen Marktreife einer Deep Tech Innovation muss das Zusammenspiel mit anderen Akteuren und Komponenten des Innovationsökosystems unter realen Einsatzbedingungen erreicht werden. Dazu muss zunächst ein kohärentes Wertangebot auf Ökosystemebene geschaffen werden, das sich an bestimmte Zielkunden richtet. Um sich zu koordinieren, setzen technologiezentrierte Innovationsökosysteme auf digitale

Plattformen (Plattformökosysteme) oder kompatible Technologiestandards (Modulare Ökosysteme) als Abstimmungsmechanismus. Gemein ist allen Innovationsökosystemen, dass viele Unternehmen komplementäre Dienste und Produkte anbieten, um ein Ökosystem-Wertversprechen zu schaffen, ohne sich durchgängig in klassischen Kunden-Lieferanten-Beziehungen zu organisieren.

Das Entstehen von Innovationsökosystemen kann aber nur gelingen, wenn genügend Unternehmen gemeinsam ein Ökosystem-Wertversprechen schaffen können, von dem die Unternehmen finanziell profitieren. Die oben genannten Probleme wie technologische Pfadabhängigkeit, mangelnde Veränderungsbereitschaft und das Festhalten an tradierten Methoden und Geschäftsmodellen sind große Barrieren für die breite Adoption und Nutzung von Deep Tech Innovationen. Auch hier kann also ein Marktversagen auftreten, wenn etablierte Unternehmen (beabsichtigt oder unbeabsichtigt) das Entstehen von neuen Innovationsökosystemen rund um eine gesellschaftlich erstrebenswerte Deep Tech Innovation behindern. In solchen Fällen liegt es am Staat, das Marktversagen durch entsprechende Maßnahmen zu korrigieren. In funktionierenden Innovationsökosystemen bringen sich die Unternehmen gemäß dem Open Innovation Konzept in Inside-out- oder Outside-in-Kooperationen auch mit Wettbewerbern ein (Co-Opetition). Dabei bedeutet outside-in, dass externe Ideen und Technologien ins Unternehmen integriert werden, während bei inside-out eigene Innovationen und Technologien nach außen, z. B. an Partner oder Wettbewerber, weitergegeben werden. Die potenziellen Kooperationsvorteile sind vielfach größer als die Nachteile. Zudem kann besonders bei Deep Tech Innovationen das Ökosystem-Wertversprechen nicht von einem Unternehmen allein gestemmt werden.

Abbildung 22: **Rahmenbedingungen für produktives Unternehmertum**



Quelle: In Anlehnung an Stam & Van de Ven (2021)

„Es wird immer wichtiger, das Konzept von „Frenemies“ zu nutzen, also Wettbewerber und Partner zugleich zu sein. In einigen Bereichen konkurrieren wir mit unseren Frenemies, in anderen profitieren beide Seiten von der Zusammenarbeit. Kein Unternehmen, weder wir noch Microsoft, Apple oder Nvidia, wird die komplexen Herausforderungen der Zukunft allein lösen können. Kooperation und Partnerschaft werden in den nächsten zehn Jahren entscheidend über Erfolg oder Misserfolg von Deep Tech Innovationen sein.“ – **Tino Krause** (Regional Director Central Europe, META)

Befund: Kooperation und Partnerschaften, auch zwischen Wettbewerbern, sind entscheidend für den Erfolg von Deep Tech Innovationen, da kein Unternehmen die komplexen Herausforderungen allein bewältigen kann.

Auch die gezielte Zusammenarbeit zwischen Großunternehmen und KMUs ist ein wichtiger Aspekt, damit bestehende Ökosysteme die Chancen von technologisch bahnbrechenden Innovationen nutzen und sich anpassen können. In Deutschland haben sich Initiativen wie das Labs Network Industrie 4.0 e. V. gebildet, in denen Unternehmen wie Siemens, Festo oder SAP gemeinsam mit Verbänden wie Bitkom[46], VDMA[47] oder ZVEI[48] mit dem Ziel zusammenarbeiten, KMUs bei der digitalen Transformation in der industriellen Fertigung zu unterstützen.

[46] Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.
[47] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
[48] Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

„Achillesferse Digitalisierung“ Reloaded

Das digitale Defizit Deutschlands ist in vielerlei Hinsicht alarmierend. Schon die Zukunftsstudie „Digitalisierung: Achillesferse der Deutschen Wirtschaft?“ des MÜNCHNER KREIS kam 2014 zum Schluss, dass *„einige Missstände und zahlreiche Schwachstellen der deutschen Wirtschaft hinsichtlich ihrer Fähigkeit, den Herausforderungen, die das digitale Zeitalter mit sich bringt“* herrscht. Gab man sich damals noch zuversichtlich, dass die „*verantwortlichen Akteure die Weichen in die richtige Richtung stellen werden*“, konstatieren unsere Experten und zahlreiche empirische Fakten, dass der Abstand bei digitalen Schlüsseltechnologien zu den führenden Nationen eher noch gewachsen ist. **Das digitale Defizit ist eine Bedrohung für die Deep Tech Fähigkeit Deutschlands.**

> **Befund:** Deutschland ist im Digitalbereich dabei, seine technologische Souveränität zu verlieren. Zu diesem Schluss kommen viele unserer Experten, denn sie beobachten, dass Deutschland immer mehr den Anspruch und die Fähigkeit aufgibt, digitale Schlüsseltechnologien und -innovationen zu gestalten.

Wenn dann, bemerken unsere Studienteilnehmer etwas zynisch, passiert dies über ausufernde Regulierung auf EU-Ebene. Aber es gibt auch Ausnahmen, wie bei der autonomen Robotik und bei den KI-Diensten, wo rund 22 % bzw. 17 % der weltweiten Aktivitäten in Europa stattfinden.[49]

[49] Draghi, 2024

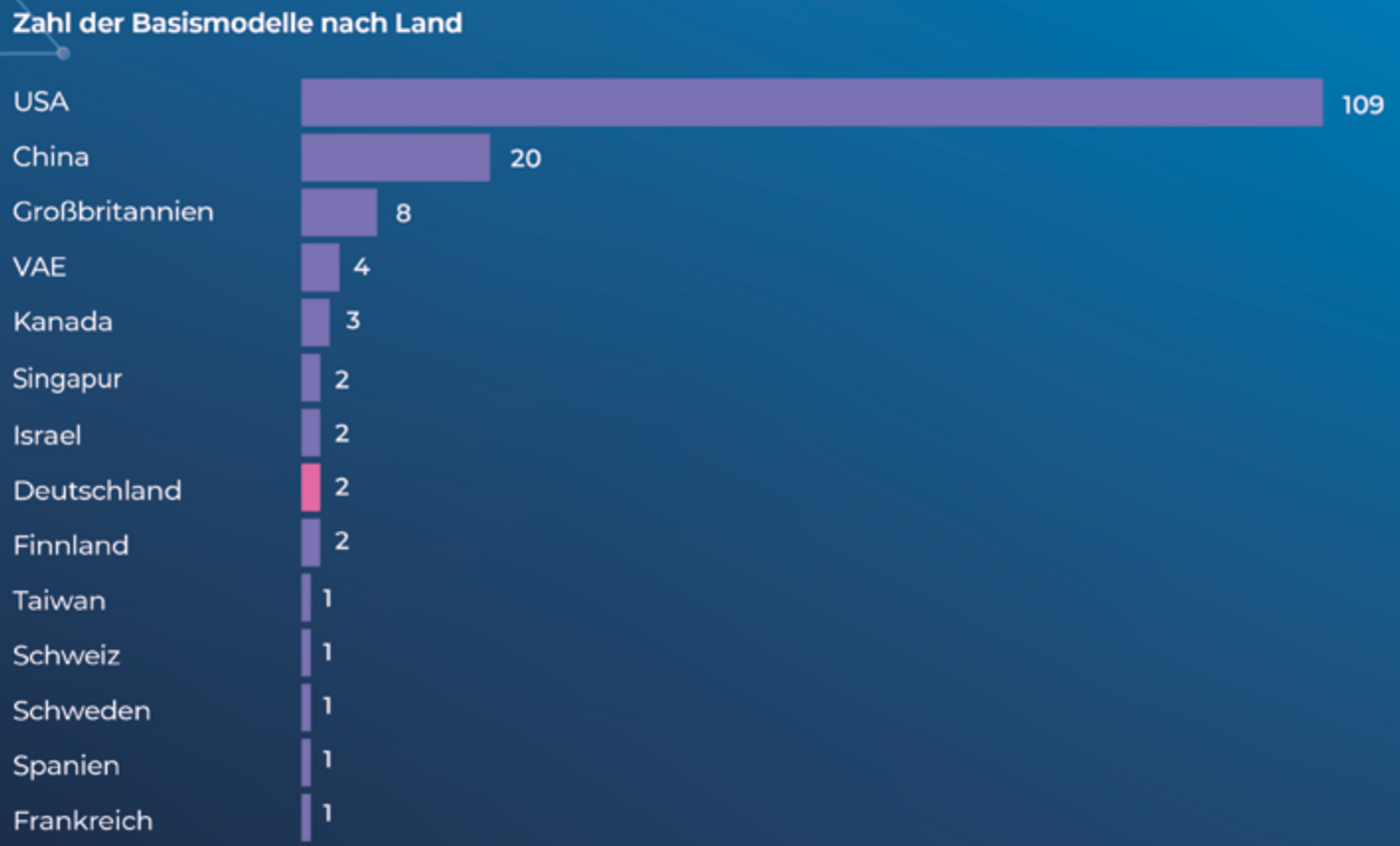
Dennoch ist die deutsche Wirtschaft abhängig von Importen digitaler Technologien. Die relative Handelsbilanz seit 2007 war konstant negativ, d. h., es wurden mehr digitale Waren importiert als ins Ausland abgesetzt. Die Analyse verdeutlicht auch, den Schwerpunkt und die historische Stärke Deutschlands im Bereich der Produktionstechnologien mit einem deutlichen relativen Exportüberschuss im selben Zeitraum.[50]

Auch bei den für Deep Tech Innovationen maßgeblichen KI-Basismodellen spielt Deutschland und Europa nur eine marginale Rolle. Diese Basismodelle sind sehr große KI-Modelle, die auf enormen Datenmengen trainiert wurden (z. B. OpenAI GPT-4, Anthropic Claude 3 oder Google Gemini Ultra). Diese Basismodelle sind eine Art entscheidende Universaltechnologie, da sie eine Vielzahl von Aufgaben im Deep Tech Innovationsprozess übernehmen können. Nachdem der deutschen Wirtschaft die digitalen Tech Giganten fehlen, die diese Investitionen stemmen und über ihre Dienste und Produkte wieder refinanzieren könnten, sind unsere Experten skeptisch, ob deutsche und auch europäische Unternehmen, gerade auch bei den regulatorischen Vorschriften und der Datenlage, je zu den Spitzenreitern aufschließen können.

> *„Für einzelne Unternehmen, die nicht über die Skalen- und Netzeffekte wie die Tech Giganten verfügen, macht eine Investition in ein Basismodell wirtschaftlich keinen Sinn“,* so **André Luckow** (Head of Innovation and Emerging Technologies, BMW Group).

[50] EFI-Kommission (2022)

Abbildung 23: **Anzahl an Basismodellen für Künstliche Intelligenz nach Land**[51]



Quelle: The AI Index Report (2024)

[51] Holzki & Oder (2024)

Jan Gilg (President and Chief Product Officer, Cloud ERP, SAP) sieht den Vorteil der USA auch im regulatorischen Umfeld: *„Die US-Unternehmen tun sich da leichter, weil dort disruptive Technologien sehr viel schneller an den Markt gebracht werden und man dann anfängt zu regulieren, während bei uns halt sehr häufig erstmal reguliert wird und gesagt wird das was, was darf man überhaupt tun."*

Deutschland und Europa fehlen jedoch die groß angelegten Investitionen und die Infrastruktur, um solche Basismodelle zu entwickeln. Während Unternehmen in den USA wie OpenAI, Meta, Google, Microsoft und Anthropic massiv in Rechenleistung und Forschung investieren, hinkt Europa in dieser Hinsicht hinterher. Zwar gibt es in Europa vielversprechende Basismodelle von Mistral (Frankreich) oder Aleph Alpha (Deutschland), doch deren Ressourcen und Reichweite sind gegenüber den führenden Akteuren begrenzt. Wie in den Geschäftsfeldern Internet, Mobile und Cloud ist Europa dabei, auch bei KI den USA das Feld zu überlassen.

Die privatwirtschaftlichen Investitionen in KI in den USA übertreffen die Investitionen Deutschlands um mehr als das 30-Fache. Auch Großbritannien und das verhältnismäßig kleine Israel investieren mehr als deutsche Unternehmen. Somit überrascht es auch nicht, dass Deutschland bei der Anzahl der KI-Neugründungen deutlich hinter den führenden KI-Nationen USA, China und UK und Israel liegt. Bei den KI-Patenten im Zeitraum von 2010 bis 2022 liegt der Anteil der EU bei 2 %. Waren die USA bis 2012 noch führend, zeigt sich seither eine interessante Verschiebung hin zu einem wachsenden Anteil von KI-Patenten aus Ostasien und dem Pazifikraum mit China, Südkorea, Japan und Singapur als Hotspots.

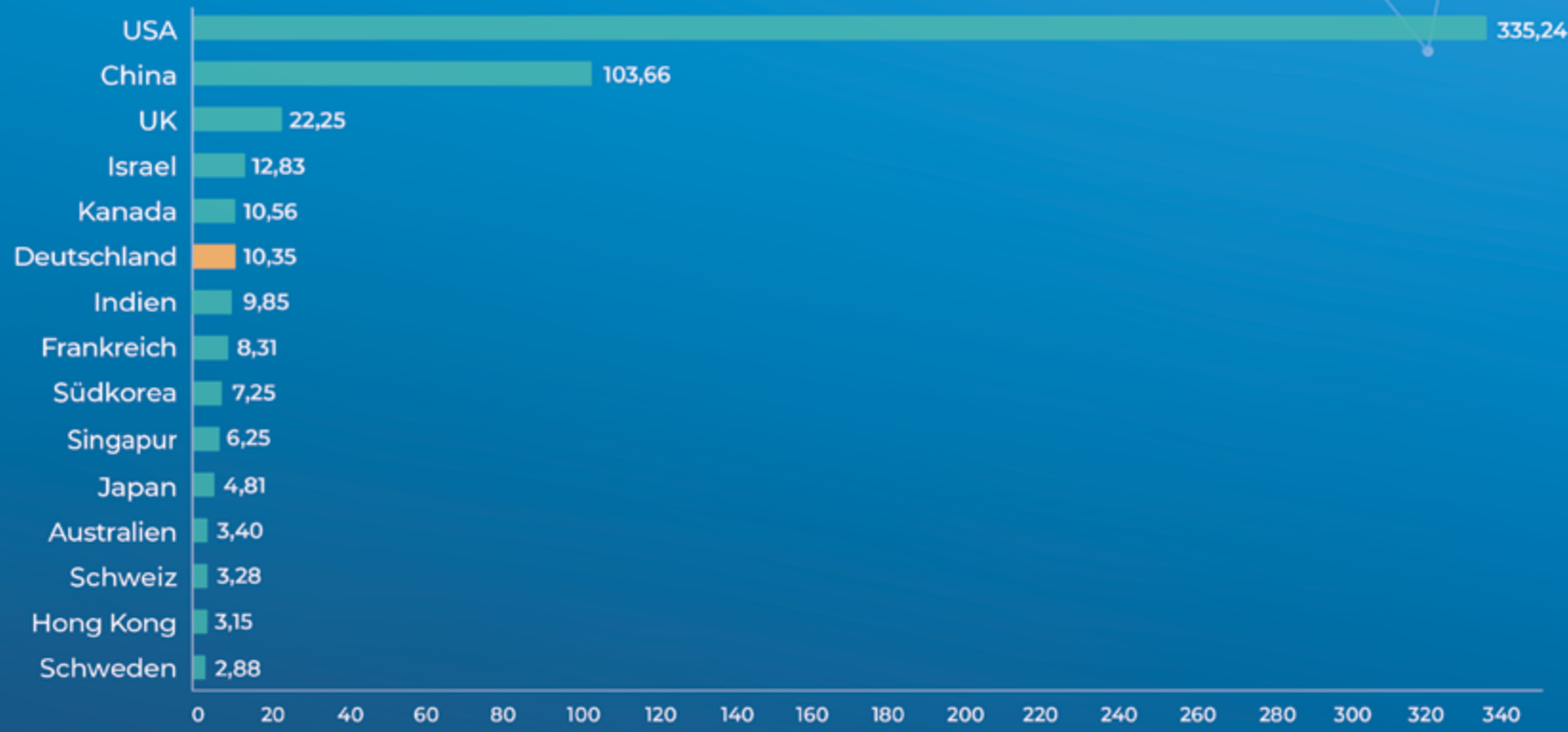
Die deutsche Wirtschaft investiert zu wenig in Fähigkeiten und Ressourcen, um im Digitalbereich wettbewerbsfähig zu sein. Unternehmen in anderen Ländern versuchen sehr viel stärker KI-Experten einzustellen und rekrutieren im Vergleich zur allgemeinen Einstellungsrate sehr viel mehr KI-Experten. Bei dieser KI-Dynamik bekommt man den Eindruck, als befände sich die deutsche Wirtschaft in einem Dornröschenschlaf, während Unternehmen in anderen Ländern, darunter auch EU-Staaten wie Schweden, Italien oder Spanien, versuchen, ihre digitalen Fähigkeiten auszubauen, um auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu sein.

Auch **Prof. Dr. Dietmar Harhoff** hält den Mangel an Digitalkompetenz für fatal, denn dies hemmt die Anwendung von digitalen Deep Tech Innovationen in Unternehmen. Er hält entsprechende Weiterbildungsprogramme für notwendig, damit digitale Technologien schneller in die Anwendung kommen. Das würde besonders KMUs helfen, ihre niedrige Produktivität und Innovationsfähigkeit zu erhöhen. Man könne sich Finnland zum Vorbild nehmen, die im KI-Bereich das Ziel haben, ein Prozent der erbwerbstätigen Finnen in der Anwendung von KI zu schulen.

Wie wichtig diese Qualifizierungsmaßnahmen sind, zeigen mehrere Studien, die zum Schluss kommen, dass die schleppende Einführung von digitalen Technologien in der EU in den späten 1990er- und den 2000er-Jahren besonders bei KMUs auf Qualifikationsdefizite zurückzuführen sind.[52, 53] Die Auswirkungen sind bis heute spürbar.

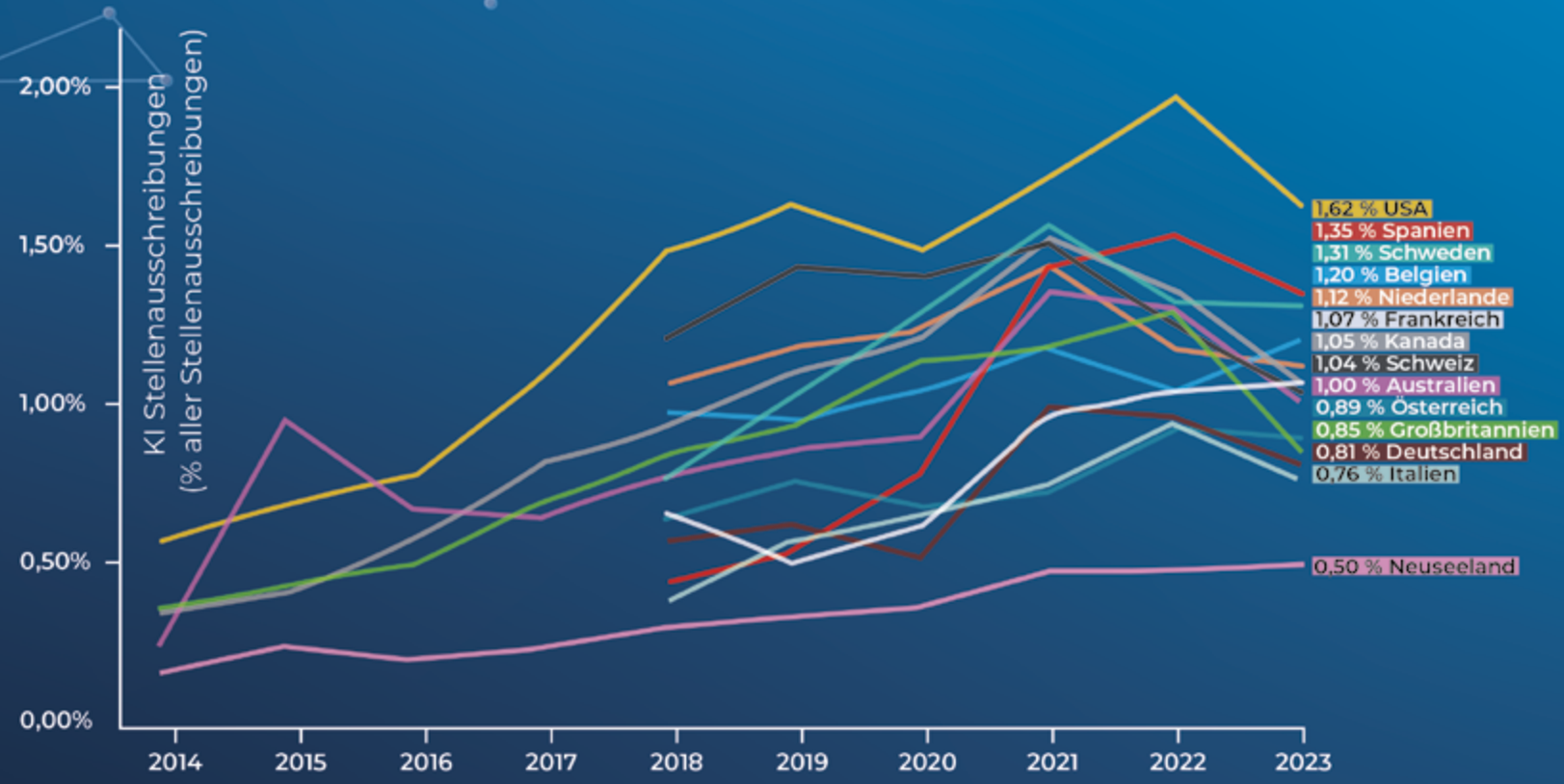
[52] Bloom, Sadun und Van Reenen (2012)
[53] Schivardi and Schmitz (2020)

Abbildung 24: **Private Investitionen in Künstliche Intelligenz nach Ländern**



Quelle: The AI Index Report (2024)

Abbildung 25: **Stellenausschreibungen für Künstliche Intelligenz nach Ländern**



Quelle: THE AI INDEX REPORT (2024) https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/04/HAI_2024_AI-Index-Report.pdf

Derzeit verfügen rund 37 % der erwerbstätigen Europäer nicht über grundlegende digitale Kenntnisse. In Deutschland ist das Niveau der digitalen Kompetenzen im internationalen Vergleich niedrig, insbesondere im Vergleich zu Finnland. Die digitale Kompetenzkluft zwischen verschiedenen Bevölkerungsgruppen – basierend auf Bildung, Alter und Geschlecht – ist in Deutschland besonders stark ausgeprägt. Darüber hinaus hat nur ein geringer Anteil der Deutschen angegeben, seine digitalen Kenntnisse im letzten Jahr verbessert zu haben, was den dringenden Handlungsbedarf für konzertierte Weiterbildungsmaßnahmen unterstreicht.

Viele Industrien wie Automobil, Pharma, Maschinenbau und Industrietechnik, in denen Deutschland nach wie vor zur Weltspitze gehört, werden sich durch KI erheblich wandeln. Um die Wettbewerbsposition zumindest zu halten, ist es entscheidend, dass Unternehmen über die Fähigkeit verfügen, KI-Technologien und -Anwendungen vertikal in alle Ebenen der Wertschöpfungskette zu integrieren, um über alle Prozessstufen die Effizienz- und Innovationspotenziale zu heben. Doch der Status quo zeigt das digitale Defizit auch in der Anwendung von digitalen Technologien, wo Deutschland nur auf Rang 18 der 28 EU-Staaten liegt.

Jedoch wird nicht nur zu wenig in digitale Talente investiert, **auch Investitionen in die IT, gemessen in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP), werden im internationalen Vergleich nicht genügend priorisiert.** In vielen Ländern sind die IT-Ausgaben deutlich höher als in Deutschland. Allein in Frankreich wird 3,3-mal mehr in IT investiert als in Deutschland. Um dieses Niveau zu erreichen, müssten die deutschen IT-Investitionen auf rund 180 Mrd. Euro ansteigen. Für den deutschen Mittelstand würde dies eine Erhöhung der Digitalisierungsausgaben auf etwa 100 Mrd. Euro bedeuten, wie aus dem KfW-Mittelstandspanel hervorgeht.[54]

[54] Zimmermann (2024)

Abbildung 26:

Anwendung von Digitalen Technologien in der Wirtschaft



Quelle: DESI (2020)

Befund: Deutschlands digitales Defizit hemmt die Entwicklung von Deep Tech Ökosystemen.

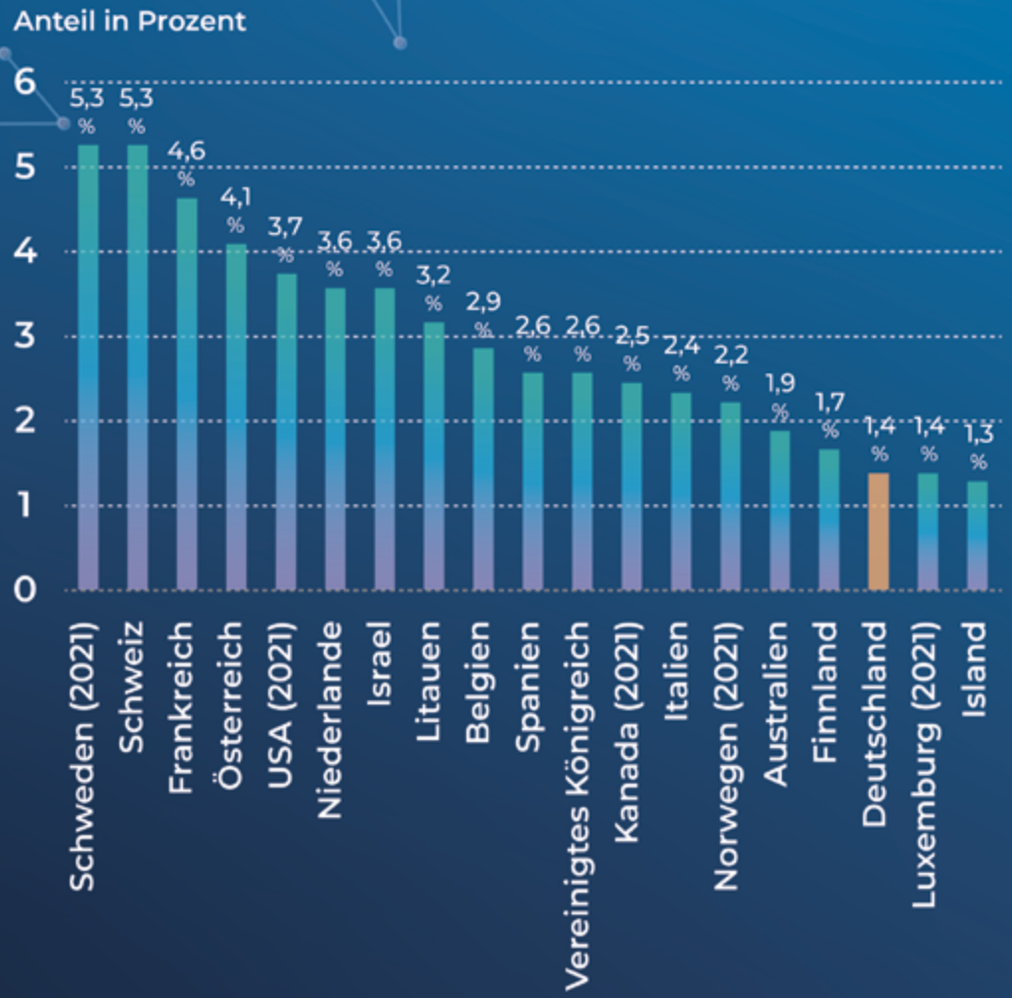
Deutschland hat ein Digitalisierungsproblem und um international erfolgreiche Deep Tech Ökosysteme aufzubauen, *„müssen wir den Finger in die ‚digitale Wunde' Deutschlands legen, um sie zu heilen"*, so **Jens Helmerich** (Partner & Senior Manager Leading Strategy, Tagueri).

Ökosysteme entwickeln sich dort, wo ambitionierte Talente auf exzellente Forschungseinrichtungen, führende und risikofreudige etablierte Unternehmen, geringe Experimentierkosten (z. B. kontrollierte Ausnahmen von rechtlichen Vorgaben und Verboten in Reallaboren) und hohe Lebensqualität treffen. Für all diese Faktoren spielen digitale Infrastrukturen, Fähigkeiten und Wissen auf Weltniveau eine entscheidende Rolle. Doch die Entstehung und Entwicklung von Deep Tech Ökosystemen in Deutschland wird durch die digitalen Defizite aller Innovationsakteure in Forschung (siehe 5.4 Investoren), Wirtschaft und vor allem auch im öffentlichen Sektor (siehe Kapitel 5.1) blockiert. Dies zeigen nahezu alle wichtigen Indikatoren, die von der EU jährlich erhoben werden.[55]

Im Ergebnis kommt unsere Studie zu einem ähnlichen Befund wie die Zukunftsstudie aus dem Jahr 2014. **Deutschland liegt gegenüber den Spitzenreitern im Digitalbereich weit zurück. Dies bremst nicht nur die Produktivität und das Wachstum der Wirtschaft und gefährdet die technologische Souveränität, sondern ist eine ernste Gefahr für den Deep Tech Standort Deutschland und Europa, denn wie in Kapitel**

[55] Siehe https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi/charts/desi-indicators?period=desi_2024

Abbildung 27: **IT-Investitionen bezogen auf das BIP im internationalen Vergleich**



Quelle: KfW (2024) https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/News-Details_820736.html

4 aufgezeigt, sind digitale Technologien die zentralen Beschleuniger und Wegbereiter für die nächste Generation bahnbrechender Innovationen in vielen Sektoren. Deutschlands vielfältiges Technologieprofil bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte für den Einsatz von digitalen Technologien, doch leider wird dieses Wertschöpfungspotenzial nicht hinreichend genutzt.

Anstatt den Abstand zur Spitze in der letzten Dekade zu verringern, ist dieser Abstand zu den führenden Ländern eher größer geworden. Die in 2014 konstatierte Achillesferse hat sich zu einer chronischen Krankheit ausgeweitet und gewaltige Anstrengungen aller Akteure in Deutschland und der EU sind notwendig, dieses digitale Defizit (endlich) wirksam anzugehen.

Handlungsempfehlungen

1. **Unterstützendes Experimentierumfeld für Deep Tech schaffen: :** Etablierte Unternehmen sollten gefördert werden, wenn sie Teil von Sandboxes oder Reallaboren sind, in denen Deep Tech Innovationen unter realen Bedingungen getestet werden können und so schneller Marktreife entwickeln können. Rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen sollten verbessert werden, um Anreize für hochinnovative, bahnbrechende Kooperationsprojekte, vorzugsweise zusammengesetzt aus etablierten Unternehmen und Start-ups oder der Wissenschaft, zu setzen.

2. **Forschungsanreize und -kollaborationen außerhalb von Mid Tech schaffen:** Die F&E Ausgabenförderung sollte besondere Anreize setzen, in hochinnovative Schlüsseltechnologien zu

investieren und diese anzuwenden. Bestehende und neue Förderlinien wie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM), Forschungszulagen, oder die neu geschaffenen Start-up Factories, sollten vorzugsweise Forschungsprojekte mit hohem Innovationsgrad fördern, bei denen hochinnovative Technologien (besonders von Start-ups) zu Entwicklungssprüngen in den jeweiligen Sektoren führen könnten. Auch eine weitere Erhöhung des erstattungsfähigen Betrags bei den Forschungszulagen für Auftragsforschung von Start-ups könnte erhöht werden.

3. **Lokale „Boundary Spanner“ einsetzen:** In bestehenden Tech Clustern sollten lokale Netzwerkmanager eingesetzt werden (z. B. in Zusammenarbeit zwischen der DATI und den Industrie- und Handelskammern), die den Austausch und Wissenstransfer zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen sowie den Transfer in die Anwendung fördern. Diese Vermittler können auch zu forschungs- und transferorientierten Förderprogrammen beraten und somit alle Innovationsakteure besser miteinander verzahnen.

4. **Neue Kooperationsmodelle etablieren:** Innovative Ansätze wie Venture-Clienting, Innovations-Hubs oder Co-Working-Spaces sollten von etablierten Unternehmen und durch öffentlich-private Partnerschaften gefördert werden, um den direkten und systematischen Austausch zu ermöglichen und gemeinsame Innovationsprojekte zu initiieren. Unternehmen sollten dem Open-Innovation-Prinzip und neuen Formen der Zusammenarbeit offener gegenüberstehen, um besseren Zugang zu neuen oder komplementären Fähigkeiten und Wissen zu erlangen.

5. **Niederschwellige Möglichkeit für Validierungsförderung:** In Ergänzung zum Förderprogramm „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung – VIP+“ sollte ein niederschwelliges Angebot für die Wissenschaft geschaffen werden, das es ermöglicht, erste Machbarkeits- und Akzeptanztests für die Überführung von Forschungsergebnissen in die Verwertung in Zusammenarbeit mit vorzugsweise lokalen Unternehmen einfach und schnell durchzuführen. Pauschalbeträge könnten sich an den Erfordernissen der jeweiligen Disziplin ausrichten.

6. **Querwechsel fördern:** Es sollten Rahmenbedingungen geschaffen werden, die einen temporären Wechsel von Angestellten zwischen Wirtschaft und Wissenschaft ermöglichen und attraktiv machen. Dies schafft Verständnis, neue Impulse und Netzwerke und fördert im Sinne des „Open-Innovation-Prinzips“ den Wissens- und Kompetenzaustausch.

7. **Digitale Kompetenzen ausbauen:** Ein nationaler Digitalkompetenz-Aktionsplan für Erwerbstätige mit konkreten Anreizen für Unternehmen und Teilnehmer ist dringend notwendig, um die grundlegende „Digital Technology Literacy“ zu erhöhen, welche die Anwendung digitaler Technologien in der Wirtschaft, besonders in KMUs, hemmt. So weit wie möglich sollte auf bestehenden, niederschwelligen Bildungsangeboten aufgebaut werden.[56]

[56] Beispiele sind der finnische Online-Kurs „Elements of AI“ oder die Kooperation von Digitalunternehmen mit dem bayerischen Digitalministerium in der „Allianz Digitale Kompetenzen“

8. **Anwendung von digitalen Technologien fördern:** Besonders in KMUs wird das Produktivitäts- und Innovationspotenzial von digitalen Technologien nicht ausreichend genutzt. Dies hemmt die Verbreitung von (digitalen) Deep Tech Innovationen. Die Forschungszulage für KMUs sollte ausgeweitet werden, um die Weiterbildung bestehenden Personals und Neueinstellungen im Digitalbereich so attraktiv wie möglich zu machen. Auch öffentliche Programme zum Aufbau von technischem und strategischem Digitalwissen sind ein wichtiger Baustein, um den Transfer von digitalen Lösungen in den Mittelstand zu fördern.[57] Um Kooperationen mit digitalen Deep Tech Start-ups zu fördern, sollten Kooperationsgutscheine und standardisierte Kooperationsverträge für KMUs angeboten werden.

9. **Einfacher Zugang und Skalierung im europäischen Binnenmarkt:** Für hochinnovative Start-ups sollte eine neue EU-weite Rechtsform ähnlich wie die Societas Europaea (SE) geschaffen werden, die es den Unternehmen ermöglicht, über eine digitale Identität einfach und schnell Zugang zum EU-Binnenmarkt und harmonisierten Rechtsvorschriften zu haben. Ein einheitlicher europäischer Binnenmarkt spielt eine entscheidende Rolle für Deep Tech Innovationen, da er nicht nur regulatorische Hürden abbaut, sondern auch die Marktgröße erheblich erweitert. Ein größerer Markt erhöht die Skalierungsmöglichkeiten und macht Investitionen für Investoren attraktiver.

[57] Siehe z. B. das Programm „KI-Transfer Plus“: https://www.ki-transfer-plus.de/

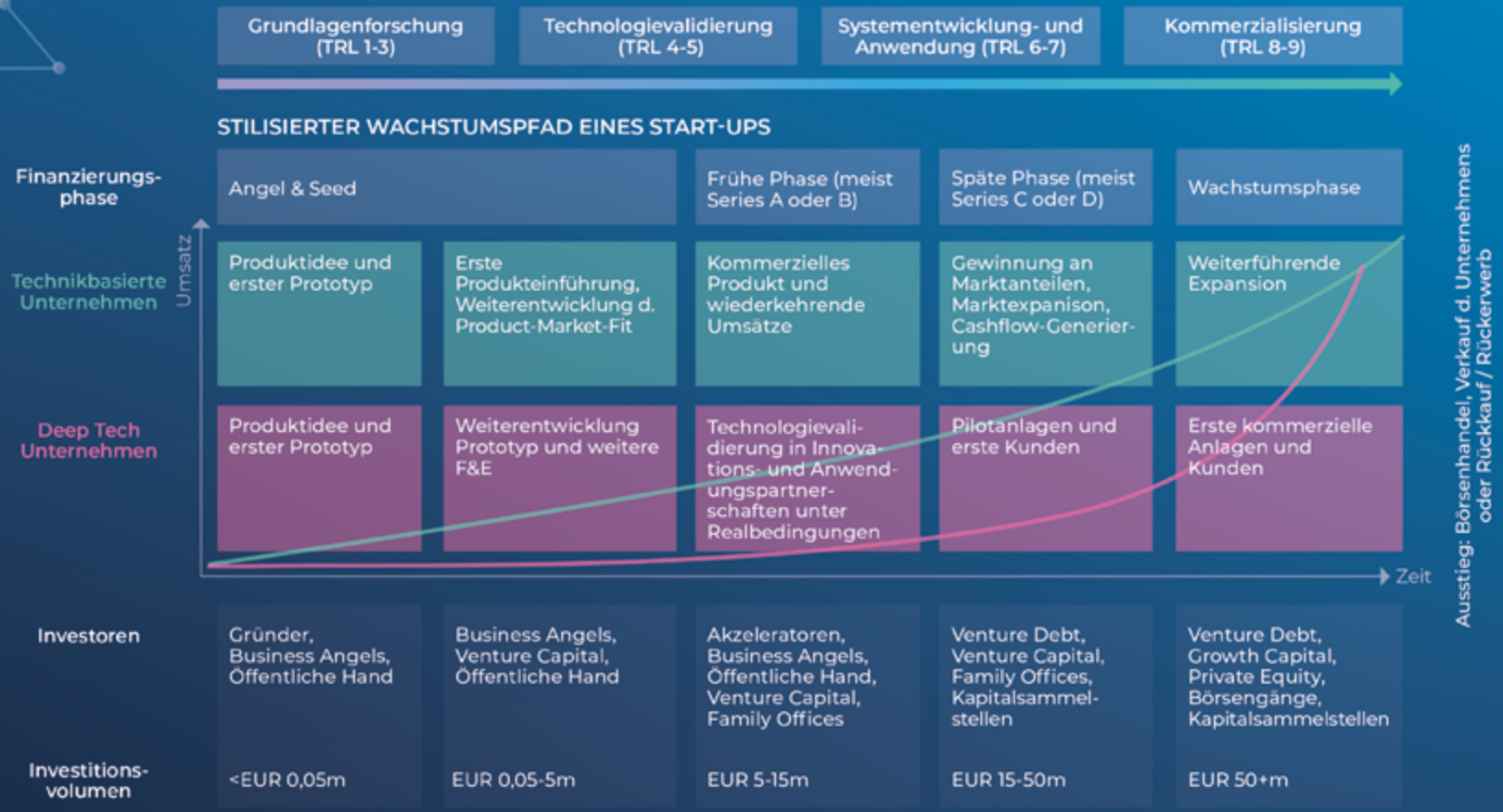
6.4 Investoren

Deep Tech Innovationen haben auf ihrem Weg zur Marktreife einen hohen Bedarf an Wagnis- und Wachstumskapital. Der Kapitalbedarf in den unterschiedlichen TRL-Phasen variiert in der Höhe und wird üblicherweise von verschiedenen Kapitalgebern zur Verfügung gestellt, wie schematisch in Abb. 28 dargestellt. Damit vielversprechende Deep Tech Innovationen entlang des gesamten Innovationsprozesses nicht an Kapitalmangel scheitern, ist auch bei der Finanzierung die Kooperation verschiedener Akteure erforderlich, besonders in den Phasen von TRL 6–7, dem Valley of Death.

Bei der Grundlagenforschung (TRL 1–2) ist die staatliche Förderung von F&E in Unternehmen und besonders die Grundfinanzierung der Hochschulen, nationale oder europäische Forschungsförderung (z. B. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Europäischer Forschungsrat (ERC)) gefragt. Die Investitionen in Grundlagenforschung sind sehr risikobehaftet und der Zeithorizont für traditionelles Wagniskapital ist zu lange und unsicher. Ab TRL 3 können auch Agenturen wie die SPRIN-D und Programme wie VIP+ zum Einsatz kommen, um die potenziellen Gründer bei der experimentellen Bestätigung des technologischen Funktionsprinzips zu unterstützen. Teilweise investieren in den Phasen ab TRL 2–3 auch schon Business Angels.

In den späteren Phasen, typischerweise ab TRL 4–5, kommen zusätzlich weitere öffentliche Förderprogramme wie Horizon Europe oder Investments durch den DTCF oder den halbstaatlichen HTGF in Frage.
Ab diesen technologischen Reifegraden, stellen auch vermehrt spezialisierte Deep Tech Fonds und universelle Venture Capital Fonds Kapital zur Verfügung.

Abbildung 28: **Finanzierungsverlauf von Deep Tech und traditionellen Unternehmen**



Quelle: MÜNCHNER KREIS Zukunftsstudie IX: DAS DEEP TECH MANIFEST: Weckruf für einen schlummernden Riesen, in Anlehnung an DB Research (2024)

Darüber hinaus erhalten Wachstumsunternehmen durch Wagniskapitalgeber in der Regel auch Zugang zu erfahrenen Investorinnen und Investoren, die ihrerseits Know-how und relevante Netzwerke in das jeweilige Unternehmen einbringen („Smart Money“). Auch das neu geschaffene EU-Förderprogramm „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI) unterstützt Deep Tech Innovationen vornehmlich in den Phasen von TRL 5–8 in strategisch wichtigen, grenzüberschreitenden Projekten, die von hoher Bedeutung für die technologische und industrielle Souveränität der EU sind. Dafür werden bei diesem Programm die strengeren EU-Vorschriften für staatliche Beihilfen teilweise gelockert. In den späteren Phasen (TRL 8–9) kommen neben VCs auch Wachstumsfinanzierungen durch Banken, öffentliche Kreditinstitute oder spezielle Fonds in Betracht. In der letzten Phase (TRL 9) nehmen neben klassischen Instrumenten wie Anleihen oder Krediten typischerweise auch Börsengänge zu.

Trotz dieser umfassenden Unterstützungslandschaft identifizierten die Experten in allen Finanzierungsphasen Schwachstellen in den Bereichen der Kapitalmobilisierung, der Verfügbarkeit von Late-Stage-Finanzierungsmöglichkeiten und die beschränkten Exit-Möglichkeiten, die im Folgenden erörtert werden.

Ohne inländisches Wachstumskapital ernten andere die Früchte von Deep Tech

Kapitalverfügbarkeit ist ein wesentlicher Faktor, der darüber entscheidet, wo Deep Tech Innovationen entwickelt und angewendet werden. Fehlen aussichtsreichen Deep Tech Unternehmen das Kapital und attraktive Kapitalaufnahmebedingungen zur Verwirklichung ihrer Ideen, wandern diese ab.

Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, wie in Deutschland und Europa zu beobachten, dass sich Volkswirtschaften erneuern und neue Märkte und Arbeitsplätze in Zukunftstechnologien geschaffen werden. Deep Tech Unternehmen werden entweder gleich im Ausland und nicht in Deutschland und Europa gegründet oder wandern zu einem späteren Zeitpunkt ab. Dies ist bedauerlicherweise häufig bei besonders erfolgreichen Start-ups der Fall. Im Zeitraum von 2008 bis 2021 erreichten 147 Unternehmen in Europa den Status eines Unicorns (Unternehmenswert über einer Mrd. USD), davon verlegten inzwischen fast 30 % ihren Hauptsitz ins Ausland, meist in die USA.

Damit mehr Deep Tech Innovationen in Deutschland und Europa zur Marktreife gelangen und damit auch die Bürger stärker profitieren, ist eine stärkere inländische bzw. europäische Finanzierung von Deep Tech entscheidend. Die generelle Verfügbarkeit von Venture Capital ist in den vergangenen Jahren in Deutschland und Europa von einem niedrigen Niveau ausgehend gestiegen. Auch die Investitionen in Deep Tech wie auch in technikgetriebenen Innovationen in Europa haben signifikant zugenommen. Jedoch sind die Kapitalverfügbarkeit und die VC-Investitionen in den USA (ca. Faktor 5) und Asien (ca. Faktor 2) um ein Vielfaches höher.

Befund: Obwohl die Verfügbarkeit von Venture Capital in Deutschland und Europa gestiegen ist, bleibt die inländische Kapitalverfügbarkeit für Deep Tech Innovationen im internationalen Vergleich deutlich hinter den USA und Asien zurück.

Im innereuropäischen Vergleich zeigt sich, dass in Deutschland proportional zum BIP wenig Venture Capital verfügbar ist. Im Vergleich investieren die besonders innovativen Nationen wie die Schweiz (3 x), UK (2,7 x) oder Dänemark (2,3 x) ein Vielfaches in Wagniskapital. Zudem zeigt sich, dass sich europäische Deep Tech Investitionen stark auf hardwarebasierte Technologien wie Quantentechnologie, Photonik und Wasserstoff konzentrieren und digitale Zukunftstechnologien außer Acht lassen. Dieser Investitionsschwerpunkt verdeutlicht, dass Deutschland weiterhin stärker auf physische Technologien setzt, während in zukunftsweisenden Digitaltechnologien erheblicher Nachholbedarf besteht. Ein weiterer Beleg der deutschen Pfadabhängigkeit. Diese Investitionslücke unterstreicht den dringenden Bedarf, verstärkte Finanzierungsbemühungen in digitalen Schlüsseltechnologien zu unternehmen, um die technologische Lücke zu den führenden Ländern zu schließen und langfristig die Souveränität Deutschlands gerade auch im Digitalbereich zu sichern.

Befund: Deutschlands Venture-Capital-Investitionen konzentrieren sich zu stark auf hardwarebasierte Technologien und vernachlässigen digitale Zukunftstechnologien, was die technologische Lücke zu führenden Ländern vergrößert und die digitale Souveränität gefährdet.

Kapital ist da, es muss „nur“ für Deep Tech mobilisiert werden

Alle Experten sind sich einig: Ein größerer Anteil des in Deutschland und Europa verfügbaren Kapitals muss in Deep Tech Unternehmen investiert werden. Kapitalsammelstellen spielen eine entscheidende Rolle bei der Bereitstellung von Investitionskapital für wachstumsstarke und innovative Unternehmen. Zu den Institutionen gehören Pensionsfonds, Versicherungen, Investment- und Private Equity Fonds, Stiftungen, Staatfonds oder Family Offices. Sie alle sammeln Kapital von Anlegern ein und investieren es, um langfristige Renditen zu erwirtschaften.

Deutschland und Europa verfügen über einen hohen Kapitalstock. Deutsche Versicherungen verwalten etwa über zwei Bio. Euro, deutsche Pensionskassen verfügen über etwa 700 Mio. Euro. In Europa verwalten Pensionskassen rund sieben Bio. Euro. Weniger als ein Prozent dieses Kapitalstocks würde ausreichen, um Europa zu den VC-Investitionen in den USA aufschließen zu lassen.

> *„Europa verfügt über ein riesiges, für innovative Initiativen ungenutztes Kapitalreservoir in Versicherungen und Pensionsfonds, den so genannten Kapitalsammelstellen, das sich auf Billionen von Euro beläuft. Wenn wir auch nur einen kleinen Prozentsatz davon mobilisieren, könnten wir die Venture-Capital-Investitionen massiv steigern und mit den USA annähernd gleichziehen, was Innovation und Wirtschaftswachstum erheblich fördern würde.“* – **Dr. Thomas Sattelberger** (Ehem. Mitglied des Deutschen Bundestages und parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung a. D.)

Internationale Beispiele zeigen den Weg, wie Pensionskassen und institutionelle Investoren gezielt in den Venture Capital Markt investieren, um Wachstumskapital für innovative Unternehmen zu mobilisieren. In Kanada wurde mit dem „Venture Capital Action Plan“ eine Initiative gestartet, die den Zugang zu Wachstumskapital erheblich verbessert, indem Pensionskassen verstärkt in Risikokapital investieren. Singapur verfolgt mit der „SGInnovate“-Initiative einen ähnlichen Ansatz, indem ein staatlicher Fonds geschaffen wurde, der aktiv in Deep Tech Start-ups investiert und internationale Investoren anzieht. Schweden erhöhte durch eine Änderung der Regulierung den erlaubten Anteil „alternativer Investments“ von Pensionskassen von 5 auf 40 %, was zu einem bedeutenden Kapitalzufluss in Wachstumsbereiche führte.
Amerikanische Rentenkassen investieren bereits etwa 1 % in diese Assetklasse.

> Am Beispiel der Vermögensaufteilung von Pensionsfonds zeigt sich, dass deutsche Pensionsfonds im internationalen Vergleich einen sehr niedrigen Anteil an Eigenkapital und alternativen Investments, wie Private Equity und Risikokapital, aufweisen. *„Insbesondere fehlt es an Kapital aus großen Fonds, wie Pensionskassen, die in anderen Ländern deutlich freizügiger investieren können und wollen. Wir brauchen dringend sowohl eine Lockerung der Anlagevorschriften als auch eine Motivation der oft risikoaversen Entscheider, um das Potenzial dieser Gelder für die Innovationsförderung voll zu nutzen."* – **Dr. Thomas Sattelberger** (Ehem. Mitglied des Deutschen Bundestages und parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung a. D.)

Europa ist mit langfristigem Kapital unterversorgt, da nur ein geringer Teil der Altersvorsorge in Pensionsfonds angelegt wird. So betrug das Pensionsvermögen in der EU im Jahr 2022 nur 32 % des BIP, während sich das Gesamtvermögen in den USA auf 142 % des BIP und in UK auf 100 % des BIP belief. Die in Europa weit verbreiteten umlagefinanzierten Sozialversicherungssysteme wie in Deutschland erweisen sich als nachteilig. Nur wenige EU-Staaten wie die Niederlande, Dänemark und Schweden setzen auf kapitalgedeckte Systeme und kommen insgesamt auf einen stark überproportionalen Anteil am EU-Rentenvermögen von 62 %. Ein wichtiger Hebel für die Mobilisierung von mehr Kapital in produktive Investitionen liegt also im Umbau des Rentensystems und der Aktivierung der hohen Ersparnisse.

Auch deutsche Versicherungen und Investmentfonds investieren vorwiegend in sichere Anlageklassen wie festverzinsliche Wertpapiere. Eine Lockerung der Anlagevorschriften könnte diese Institutionen dazu ermutigen, mehr Kapital in innovative und wachstumsstarke Sektoren zu investieren. In anderen Ländern wird bereits ein größerer Anteil der Gelder in Venture Capital und Private Equity investiert, wodurch die Innovationskraft der Wirtschaft gestärkt wird.

Private Equity Fonds und Family Offices zeigen grundsätzlich Interesse an Investitionen in Deep Tech, sehen jedoch erhebliche Herausforderungen, die großen riskanten Investitionen im Alleingang zu realisieren. Zusätzlich schränken die Rahmenbedingungen, insbesondere steuerliche und regulatorische Hürden, das

Potenzial für erfolgreiche Exits, wie z. B. durch Börsengänge, erheblich ein. Diese Hürden mindern die Attraktivität für große Kapitalinvestitionen.

> **Daniel Wiegand** (Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme, Lilium): *„Family Offices scheuen größere Investitionen aufgrund unattraktiver Rahmenbedingungen und fehlendem Vertrauen in das Potenzial des deutschen Marktes. Um das Kapital für Wachstum Deep Tech Start-ups zu mobilisieren, müssen gezielt Anreize geschaffen werden und die Rahmenbedingungen für Investitionen deutlich verbessert werden."*

Staatsfonds können ebenfalls einen größeren Beitrag zur Förderung von Deep Tech leisten. Aufgrund ihrer langfristigen Anlagehorizonte sind sie prädestiniert dafür, in disruptive Technologien zu investieren.

> **Befund:** Die allgemeine Zurückhaltung deutscher Kapitalsammelstellen bei Investitionen in Deep Tech stellt ein bedeutendes Hindernis dar, da es an langfristigem und risikofreudigem Kapital mangelt.

Dies ist hauptsächlich auf die restriktivere Regulierung und die konservative Anlagementalität zurückzuführen.

Die eingeschränkte Verfügbarkeit von Wagnis- und Wachstumskapital bremst die Entwicklung und Skalierung von Deep Tech Unternehmen und stellt somit ein erhebliches Hindernis für die Förderung bahnbrechender Technologien in Deutschland dar.

Achillesferse Late Stage Finanzierungsmöglichkeiten

Mehrfach wiesen Experten darauf hin, dass Deep Tech Start-ups zwar Zugang zu ausreichender Frühphasenfinanzierung haben, aber wenn es um große Finanzierungsrunden in den späteren Phasen geht, stoßen sie an Grenzen. In diesen Phasen (Series B oder C) steht die Finanzierung der Markteinführung im Mittelpunkt.

> **Befund:** Da es sich bei Deep Tech häufig um FOAK-Innovationen handelt, müssen die Unternehmen häufig Produktionskapazitäten und Infrastruktur aufbauen, die es nicht in der benötigten Form gibt. Demnach ist der Kapitalbedarf von Deep Tech Start-ups in dieser Phase enorm hoch.

Eine Analyse zeigt die Verschiebung des Investorenstandorts über die Finanzierungsphasen hinweg (siehe Abb. 29). Während europäische Deep Tech Start-ups in den frühen Finanzierungsphasen überwiegend von inländischen Investoren unterstützt werden, verschiebt sich diese Dynamik in den späteren Finanzierungs-

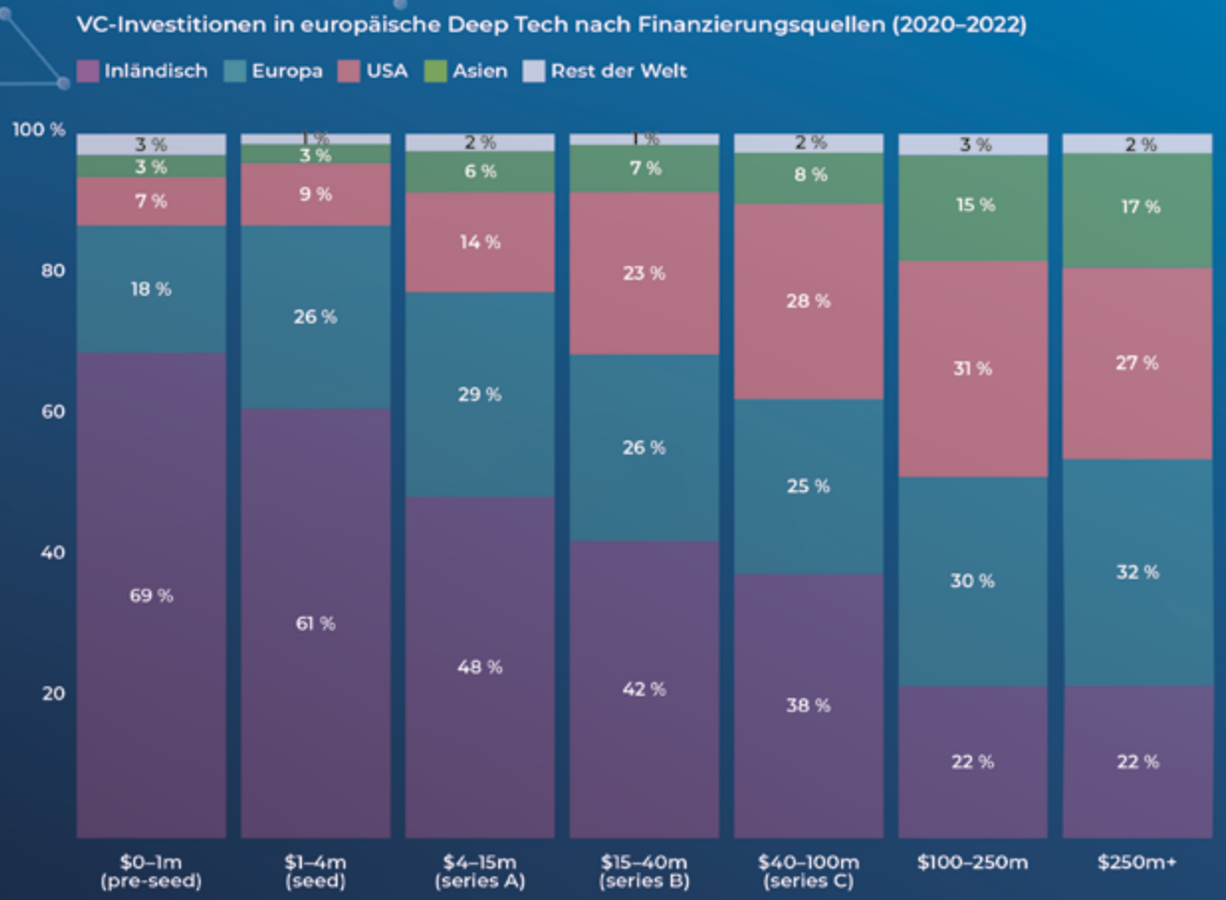
phasen dramatisch in Richtung von Kapital aus den USA und Asien. Dies ist eine spezifische Schwachstelle von Deep Tech Finanzierung in Deutschland und Europa.

Befund: Zwar ist es nützlich und hilfreich, ausländisches Kapital anzuziehen, doch die inländische Unterfinanzierung gefährdet die technologische Unabhängigkeit und geistiges Eigentum und die Kontrolle über vielversprechende Deep Tech Unternehmen wandern bei späteren Finanzierungsrunden ins Ausland ab.

> *„Es ist zwar vorteilhaft, ausländische Investitionen zu nutzen, aber damit riskieren wir unsere technologische Unabhängigkeit. Die Kontrolle über geistiges Eigentum und Schlüsseltechnologien könnte durch große Finanzierungsrunden ins Ausland abwandern, was langfristig zu einer Abhängigkeit von externen Akteuren führen kann."* – **Daniel Wiegand** (Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme, Lilium)

Vielfach warnten die Experten vor den Konsequenzen des Mangels an inländischem Kapital für spätere Finanzierungsrunden. Ein zentrales Problem ist der Wertschöpfungsverlust ins Ausland. Gewinne, Kontrollrechte und Eigentum gehen an ausländische Investoren, was dazu führt, dass Deutschland die Rendite und

Abbildung 29: **VC-Investitionen in europäische Deep Tech Unternehmen nach Herkunft des Kapitals**



Quelle: Dealroom (2024)

einen maßgeblichen Anteil der Wertschöpfung verliert, bis dahin aber einen Großteil der Grundlagenforschung und früheren Phasen finanziert hat. **Zudem droht der Verlust strategischer Kontrolle, da ausländische Investoren die Möglichkeit haben, Schlüsseltechnologien und wertvolles Wissen ins Ausland zu transferieren. Dies schwächt die Innovationskraft und Souveränität Deutschlands.**

> *„Wir müssen Deep Tech Unternehmen nicht nur in der frühen Phase unterstützen, sondern auch den Übergang zur Skalierung ermöglichen. Der DTCF ist ein Schritt in die richtige Richtung, aber es braucht noch mehr Kapital in späteren Phasen."* – **Rafael Laguna de la Vera** (Gründungsdirektor, SPRIN-D)

Ein weiterer Effekt ist die **Schwächung des Innovationsökosystems**. Wenn die Reinvestitionen aus erfolgreichen Exits in neue Start-ups ausbleiben, weil die Gewinne ins Ausland abfließen, wird die **Dynamik des lokalen Deep Tech Ökosystems reduziert**. Hinzu kommt der **Verlust von Steuereinnahmen**. Gewinne, die nicht in Deutschland versteuert werden, führen zu geringeren Einnahmen, die für wichtige öffentliche Aufgaben nicht zuletzt für Infrastruktur und Forschung notwendig sind.

Schließlich besteht die Gefahr der Standortverlagerung. Ausländische Investoren können die Verlagerung ins Ausland forcieren, was nicht nur den Verlust von Arbeitsplätzen, sondern auch von wertvollem Know-how in Deutschland zur Folge hätte. Diese Entwicklungen verdeutlichen die dringende Notwendigkeit, mehr Wachstumskapital in Deutschland und Europa zu mobilisieren. Nur so kann die technologische Souveränität bewahrt und die volkswirtschaftlichen Risiken eines zunehmenden Abhängigkeitsverhältnisses minimiert werden.

Venture Debt: Ein unterschätztes Finanzierungsinstrument

Neben der Finanzierung über Venture Capital gegen die Abgabe von Anteilen und Stimmrechten, wiesen die Experten mehrfach auf die Finanzierung durch Venture Debt, eine alternative Form der Fremdfinanzierung, speziell in späteren Finanzierungsphasen, hin. Besonders für Deep Tech Unternehmen, die in dieser Phase einen hohen Kapitalbedarf haben, sei Venture Debt eine attraktive Alternative, da zusätzliches Kapital ohne signifikante Verwässerung der Unternehmensanteile aufgenommen werden kann. Es kommt dabei also nicht zu einem Verlust der Kontrolle über die Geschäftsentwicklung.[58] Zudem ist die Renditeerwartung der Venture Debt-Geber geringer als die von VCs.

In den USA hat sich Venture Debt als eine bedeutende Finanzierungsquelle etabliert. Das Volumen in den USA lag im Jahr 2022 bei rund 30 Mrd. USD, was einem erheblichen Anteil an der gesamten Wachstumsfinanzierung von Start-ups (Series B und C) entspricht.[59] In Europa hingegen lag das Volumen deutlich niedriger, wobei Deutschland im internationalen Vergleich noch hinter Ländern wie Großbritannien und Frankreich zurückbleibt.

Befund: Venture Debt ist für Deep Tech Unternehmen in der späten Wachstumsphase eine attraktive Finanzierungsalternative, da es zusätzliches Kapital zu günstigen Konditionen bietet, ohne die Eigentumsanteile und Kontrollrechte zu verwässern.

[58] Kraemer-Eis et al. (2017)
[59] Pitch-Book (2023)

Die geringe Nutzung von Venture Debt in Deutschland und Europa ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen. Einerseits ist das Verständnis und die Akzeptanz für diese Finanzierungsform unter Investoren und Unternehmen noch gering. Es fehlt an spezialisierten Anbietern und einem etablierten Marktumfeld, das Venture Debt als sinnvolle Ergänzung zu Eigenkapitalfinanzierungen positioniert.[60] Außerdem sind regulatorische Hürden und die konservative Risikokultur in Deutschland Hindernisse, die den Einsatz von Venture Debt einschränken.

Im Vergleich zu den USA fehlt es in Deutschland zudem an erfahrenen Kreditgebern, die die spezifischen Risiken und Anforderungen von Start-ups verstehen und diese mit flexiblen Finanzierungslösungen unterstützen können. Unternehmen haben oft Schwierigkeiten, Kapital aus Venture Debt zu erhalten, weil Banken zu risikoavers sind und keine maßgeschneiderten Lösungen für die dynamischen Wachstumsbedarfe und die Bewertung von Deep Tech Start-ups bieten.[61]

Um die Innovationskraft und das Wachstumspotenzial der deutschen und europäischen Start-up-Szene voll auszuschöpfen, ist eine verstärkte Nutzung von Venture Debt unerlässlich. Die Integration von Venture Debt kann helfen, die Finanzierungslücken in späteren Wachstumsphasen zu schließen. Dies würde nicht nur die Skalierung und Internationalisierung von Deep Tech Unternehmen erleichtern, sondern auch das gesamte Innovationsökosystem stärken, indem es Start-ups Zugang zu dringend benötigtem Kapital verschafft.[62]

[60] KfW Research. (2023)
[61] Gompers & Lerner (2020a)
[62] European Investment Fund (2021)

Exits, wir brauchen Exits!

In Europa fehlt es an großen Exits, die für einen funktionierenden Kreislauf der Reinvestitionen in das Start-up-Ökosystem essenziell sind. Ohne Exitmöglichkeiten wird das Wachstum und die Nachhaltigkeit des Ökosystems gefährdet, da Investoren weniger Anreize haben, Kapital in neue oder bestehende deutsche Deep Tech Unternehmen zu investieren.

> **Alexander de Kegel**, Chief Investment Officer & Managing Director, Allianz X North America betont: *„Der Mangel an großen Exits in Europa unterbricht den Kreislauf der Reinvestitionen in das Start-up Ökosystem. Es ist entscheidend, Anreize für Exits und Reinvestitionen zu schaffen, um das Wachstum und die Nachhaltigkeit des Ökosystems langfristig zu sichern.“*

> **Dr. Jan Götz** (Co-CEO & Co-Founder, IQM Quantum Computers) ergänzt: *„Wir haben in Deutschland ein echtes Problem mit den Exit-Möglichkeiten, gerade im Vergleich zu den USA. Die fehlende Liquidität und die geringe Anzahl an potenziellen Käufern machen es für Deep Tech Start-ups enorm schwer, den richtigen Exit zu finden. Das schreckt auch Investoren ab, die hierzulande nicht die gleichen Renditechancen sehen wie in anderen Ländern.“*

Diese Aussagen verdeutlichen die strukturellen Herausforderungen des europäischen Marktes und zeigen auf, warum die Einführung einer europäischen Wachstumsbörse notwendig ist.

Vielfach verwiesen die Experten auf den **Mangel an einem Pendant zur US-amerikanischen NASDAQ**. Eine europäische Wachstumsbörse nach dem Vorbild der National Association of Securities Dealers Automated Quotations (NASDAQ) könnte auf die besonderen Bedürfnisse von Deep Tech Unternehmen eingehen. Aktuell fehlt es an einer spezialisierten Börse, die den Anforderungen dieser Unternehmen gerecht wird und sie dabei besonders in späteren Finanzierungsrunden zu unterstützen. In der Folge sind viele europäische Unternehmen gezwungen, auf ausländische Börsen, vor allem in den USA, auszuweichen, um die notwendigen finanziellen Mittel zu beschaffen.

Befund: Der Mangel an Exitmöglichkeiten reduziert die Attraktivität Deutschlands für Kapital und schwächt den Kreislauf von Reinvestitionen in das Deep Tech Ökosystem und gefährdet dadurch dessen Wachstum und Nachhaltigkeit.

> *„Wir haben uns damals für den Gang an die NASDAQ entschieden, weil es in Europa keine Börse gibt, die den Anforderungen von Deep Tech Unternehmen gerecht wird. Die deutsche Börse und andere europäische Handelsplätze bieten nicht die nötige Unterstützung für hochinnovative Unternehmen in den späteren Finanzierungsphasen. Ohne eine spezialisierte europäische Wachstumsbörse nach dem Vorbild der NASDAQ sind wir gezwungen, auf ausländische Börsen auszuweichen, um die notwendigen Mittel zu beschaffen und international wettbewerbsfähig zu bleiben.“* – **Daniel Wiegand** (Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme, Lilium)

Eine auf junge Wachstumsunternehmen spezialisierte, europäische Börse könnte den Zugang zu Kapital für Unternehmen erheblich verbessern und eine breitere Investorenbasis schaffen, was deren langfristigen Erfolg unterstützt.[63] Dies würde die Abhängigkeit von ausländischem Kapital verringern und die Skalierung europäischer Unternehmen erleichtern.[64] Gleichzeitig würde eine solche Börse die technologische Souveränität Europas stärken, indem sie strategisch wichtige Technologien im europäischen Raum hält und ein innovationsfreundliches Ökosystem fördert. Risikokapitalgeber würden von besseren Exit-Möglichkeiten und einem stabileren Marktumfeld profitieren, was weitere Investitionen anregen könnte.

Eine europäische Wachstumsbörse würde zudem die Sichtbarkeit europäischer Unternehmen erhöhen und sie für internationale Investoren attraktiver machen, wodurch mehr private F&E Investitionen mobilisiert werden könnten.[65] Einheitliche und vereinfachte Regulierungen könnten die Fragmentierung der Kapitalmärkte überwinden, die Kosten für Börsengänge senken und mehr Unternehmen motivieren, diesen Schritt zu gehen.[66]

[63] Sachverständigenrat (2024)
[64] European Union (2022)
[65] Deutsche Börse (2021)
[66] ESMA Report (2024)

Zum Vergleich: Die NASDAQ bietet durch flexible Notierungsvoraussetzungen, hohe Liquidität und ein breites Netzwerk institutioneller Investoren eine attraktive Plattform für wachstumsorientierte Technologieunternehmen. Diese Marktmechanismen schaffen ein Umfeld, in dem Technologieunternehmen schneller wachsen und leichter Kapital beschaffen können, was insbesondere für Deep Tech Start-ups essenziell ist. Eine europäische Wachstumsbörse könnte somit eine zentrale Rolle bei der Schließung von Finanzierungslücken für innovative Unternehmen spielen und das Potenzial europäischer Deep Tech Start-ups besser ausschöpfen. Durch den Aufbau eines leistungsfähigen Kapitalmarktes könnte Europa seine technologische Souveränität stärken und eine neue Innovationsdynamik entfalten. Dies könnte einen positiven Feedbackzyklus von Reinvestitionen in Gang setzen.

Kapitalmarktunion: Ein entscheidender Hebel für die Finanzierung von Deep Tech in Europa

Die Integration und Harmonisierung der Kapitalmärkte in Europa halten die Experten für dringend geboten, um Investitionen zu erleichtern und den Zugang zu Kapital für Deep Tech Unternehmen zu verbessern. Besonders Deep Tech Start-ups mit ihrem hohen Kapitalbedarf über längere Zeiträume würde eine Kapitalmarktunion den Zugang zu einem größeren Investorenpool erleichtern und damit die Finanzierungsbedingungen für hochinnovative Unternehmen verbessern.[67]

[67] Deutscher Bundestag (2024)

Derzeit behindern fragmentierte Märkte und unterschiedliche Regulierungen die Kapitalverfügbarkeit und -mobilität. Eine bessere Integration der Kapitalmärkte könnte diese Hürden abbauen. Trotz Fortschritten bestehen jedoch weiterhin Herausforderungen wie uneinheitliche steuerliche Rahmenbedingungen und mangelnde Harmonisierung bei der Wertpapierregulierung. Maßnahmen wie die Vereinheitlichung der Prospektregeln und die Förderung des Zugangs zu börsennotierten Märkten sollen Investitionen erleichtern,[68] lassen jedoch noch auf sich warten.

Befund: Fragmentierte Märkte und unterschiedliche Regulierungen behindern den grenzüberschreitenden Kapitalfluss in der EU und damit die Finanzierung von Deep Tech.

„Die Fragmentierung der europäischen Kapitalmärkte ist eine der größten Hürden für Deep Tech Start-ups. Eine starke Kapitalmarktunion würde nicht nur grenzüberschreitende Investitionen erleichtern, sondern auch die Skalierung innovativer Unternehmen in Europa unterstützen. Es ist entscheidend, dass wir Barrieren abbauen und einen einheitlichen Markt schaffen, um das volle Potenzial des europäischen Innovationssektors zu nutzen." – **Alexander de Kegel** (Chief Investment Officer & Managing Director, Allianz X North America)

[68] European Commission (2020)

Schätzungen zufolge, verringert die fehlende Kapitalmarktintegration die Finanzierungsmöglichkeiten von Start-ups in Europa um bis zu 30 %.[69] Ein verstärkter Fokus auf die Umsetzung der Kapitalmarktunion könnte diese Finanzierungslücke schließen. Für Deutschland bietet die Kapitalmarktunion die Chance, die konservative Investitionskultur aufzubrechen und den Zugang zu europäischem Kapital zu verbessern. Deutsche Unternehmen leiden im Vergleich zu anderen europäischen Ländern besonders unter dem eingeschränkten Zugang zu grenzüberschreitenden Investitionen, was sich negativ auf ihr Wachstum und ihre Internationalisierung auswirkt.[70]

Die vollständige Umsetzung der Kapitalmarktunion ist daher ein zentraler Baustein, um den Zugang zu Kapital für Deep Tech Start-ups zu erleichtern. Durch die Beseitigung regulatorischer Barrieren könnte die Kapitalmarktunion Investitionen in zukunftsträchtige Technologien fördern und so die Wettbewerbsfähigkeit Europas auf dem globalen Markt stärken. Die Harmonisierung der Kapitalmärkte würde das Potenzial europäischer Innovationen ausschöpfen und eine nachhaltige Wachstumsfinanzierung sichern.

[69] McKinsey & Company (2024)
[70] Deutscher Bundestag (2024)

Handlungsempfehlungen

1. **Kapitalsammelstellen aktivieren:** Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen, wie der Anlageverordnung und Solvency-II-Richtlinien, um institutionellen Investoren einen höheren Anteil an Investitionen in Risikokapital zu ermöglichen. Dies würde Pensionsfonds, Versicherungen und Investmentfonds erlauben, einen höheren Anteil (z. B. 5 %) in Venture Capital und Wachstumskapital zu investieren.

2. **Kapitalgedecktes Rentensystem:** Deutschland sollte schrittweise auf ein kapitalgedecktes Rentensystem, z. B. über einen staatlichen Pensionsfonds, umstellen. Damit könnte ein Teil der Altersvorsorge in produktive Investments wie Venture Capital gelenkt werden, ähnlich wie es in Ländern wie Schweden oder Kanada praktiziert wird. So kann Deutschland vorhandene Ersparnisse gezielt einsetzen, um die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft zu stärken und gleichzeitig für eine stabile Altersvorsorge sorgen.

3. **Steuerliche und regulatorische Anreize für private Investoren schaffen:** Einführung von Steuervergünstigungen wie Investitionsabzugsbeträge oder Steuerstundungen für Investitionen von Family Offices, Stiftungen und vermögenden Privatpersonen in Deep Tech Start-ups. Die Vereinfachung von Beteiligungsprozessen und der Abbau von Compliance-Anforderungen können Investitionen attraktiver machen und zusätzliche private Mittel für Deep Tech mobilisieren.

4. **Aufstockung bestehender Innovationsfonds:** Staatlichen Investitionsvehikeln wie dem DTCF oder HTGF und den Innovationsagenturen SPRIN-D und DATI sollte mehr Kapital zur Verfügung stehen, um insbesondere in Phasen, in denen Start-ups Schwierigkeiten haben, Kapital zu beschaffen (Valley of Death) und Finanzierungslücken zu schließen. Oft entscheidet die Höhe des eingesammelten Kapitals in den jeweiligen Finanzierungsrunden, welches Deep Tech Start-up sich international durchsetzt.

5. **Venture Debt etablieren:** Einführung staatlicher Garantien, Co-Finanzierungsmöglichkeiten oder Absicherungen für Venture Debt Investitionen, um das Risiko für private Kreditgeber zu reduzieren und somit den Markt für Venture Debt zu fördern. Ziel muss es sein, Deep Tech Start-ups attraktive alternative Fremdfinanzierungsmöglichkeiten für besonders kapitalintensive Entwicklungsphasen zu bieten.

6. **Europäische Kapitalmarktunion:** Harmonisierung von Prospektanforderungen und Wertpapiergesetzen innerhalb der EU, um grenzüberschreitende Investitionen zu erleichtern. Ausbau der Kompetenzen der Europäischen Wertpapier- und Marktaufsichtsbehörde (ESMA) zur zentralen Überwachung bestimmter Finanzmarktbereiche. Der Aufbau einheitlicher Systeme für Clearing und Settlement steigert die Effizienz der Finanzmärkte und erleichtert Unternehmen den Zugang zu Kapital. Ein integrierter EU-Kapitalmarkt würde die Fragmentierung reduzieren und Deep Tech Unternehmen einen größeren Investorenpool eröffnen.

7. **Staatliche Co-Finanzierungsprogramme:** Entwicklung staatlicher Co-Finanzierungsprogramme, die private Investitionen ergänzen. Klare Kriterien und Risikoteilungsmodelle sollen eingeführt werden, um die Effektivität dieser Programme sicherzustellen. Dies stärkt das Vertrauen von Investoren und erleichtert größere Investitionen in risikoreiche Technologien, indem es das finanzielle Risiko auf mehrere Schultern verteilt.

8. **Exit-Möglichkeiten für Start-ups durch Anpassung bestehender Börsenstrukturen verbessern:** Anpassung der Zulassungsbedingungen an bestehenden europäischen Börsen oder Etablierung eines neuen Segments, um sie für Deep Tech Wachstumsunternehmen attraktiver zu machen. Unterstützung von Start-ups bei der Vorbereitung auf einen Börsengang erhöht die Chancen auf erfolgreiche Exits und stärkt den Investitionskreislauf, indem Kapital aus erfolgreichen Exits wieder in neue Start-ups reinvestiert wird.



DEEP TECH UND NACHHALTIGKEIT

Deep Tech ist der Schlüssel für eine nachhaltige Zukunft

Keiner der befragten Experten bezweifelt, dass Deep Tech Innovationen notwendig sind, um die gewaltigen globalen Herausforderungen des „Anthropozäns“ zu lösen. Unter dem Begriff Anthropozän werden die menschengemachten Veränderungen in Atmosphäre (z. B. Klimawandel), Biosphäre (z. B. Verlust der Biodiversität) und Geosphäre (z. B. Bodenerosion und -verschmutzung) subsummiert. Diese haben im Jahr 2023 zum Überschreiten von sechs der neun zentralen „planetaren Grenzen“ geführt.[71] Die planetaren Grenzen umfassen neun bio-physikalische Systeme und Prozesse, die das Funktionieren lebenserhaltender Systeme auf der Erde bestimmen und zum Messen der Gesundheit unseres Planeten an Land, im Meer und in der Luft herangezogen werden.[72] Das Überschreiten jeder dieser planetaren Grenzen (siehe Abb. 30) führt dazu, dass die Menschheit den sog. „sicheren Handlungsraum“ mit kontrollierbaren Risiken für die Menschheit verlässt. Demnach wächst mit der Überschreitung jeder planetaren Grenze das Risiko irreversibler Schäden, die nicht nur die Umwelt, sondern auch unsere Grundlagen des sozialen und wirtschaftlichen Zusammenlebens gefährden.

[71] Richardson et al. (2023)
[72] Rockström et al. (2009)



Digitale Technologien verschieben Entwicklungsgrenzen

Um wieder in den sicheren Handlungsraum für die Menschheit zurückzukehren, sind enorme Anstrengungen notwendig. Der technologische Fortschritt, gerade im Bereich von Deep Tech Innovationen, nimmt hier eine zentrale Rolle ein. In allen wichtigen treibhausgasemittierenden Sektoren wie Energie (z. B. Kernfusion, Carbon Capture and Storage), Industrie (z. B. Nanotechnologie, Robotik), Verkehr (z. B. Festkörperbatterien), Gebäude (z. B. nachhaltige Materialien) oder Landwirtschaft (z. B. CRISPR und Genom-Editing), aber auch der Medizin (z. B. Biotechnologie, Quantensensorik) gibt es eine Vielzahl von Beispielen, die zeigen, wie digitale Technologien nachhaltige Innovationen ermöglichen und beschleunigen können. Allein der potenzielle Beitrag digitaler Technologien bei der Reduzierung von CO_2-Emissionen wird für Deutschland auf rund 25 %, bezogen auf das Klimaziel 2030, geschätzt.[73]

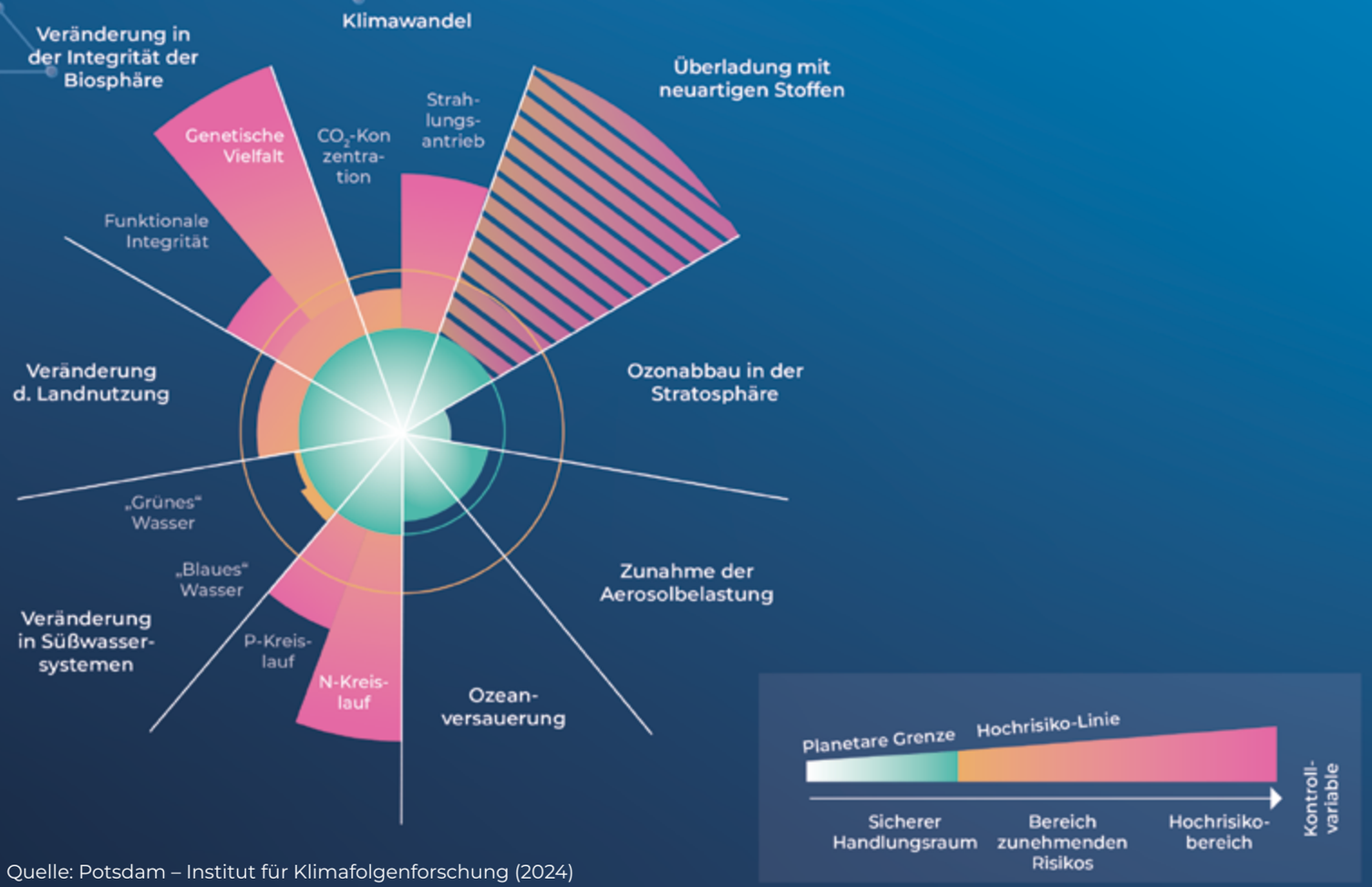
Ein Beispiel unter vielen zur Verdeutlichung des Potenzials liefert **Prof. Dr. Dominik Grimm** vom TUM Campus Straubing und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Er schätzt, dass das durch Alphabet bzw. Google in 2024 veröffentlichte KI-Modell AlphaFold 3 zu großen Durchbrüchen in der Bioinformatik und Strukturbiologie führen wird. Durch die Fähigkeit, präzise und schnell Proteinstrukturen vorherzusagen, könnte die Entwicklung neuer biobasierter Technologien und Produkte erheblich beschleunigt und optimiert werden. Dies könnte eine biobasierte Wirtschaft ermöglichen, in der fossile Rohstoffe durch nachwachsende biologische Ressourcen ersetzen werden.

[73] Bitkom (2024)

„KI-Modelle wie AlphaFold 3 bieten einen gigantischen Mehrwert bei der Suche nach neuen Enzymen oder Proteinen. Durch generative KI-Modelle kann der enorme Suchraum an potenziellen Kandidaten eingeengt und optimiert werden und der Prozess deutlich schneller und effizienter als durch herkömmliche Laboransätze gemacht werden. Dies wird ein wichtiger Baustein sein, von einer erdölbasierten Industrie wegzukommen hin zu einer biobasierten Industrie.“ –
Prof. Dr. Dominik Grimm (Professor für Bioinformatik, TUM Campus Straubing)

Auch in anderen Bereichen sind sich viele Experten einig, dass durch das Zusammenspiel mit digitalen Technologien mithilfe von KI oder Machine Learning, Sensorik, Aktoren, VR/AR, Robotik, oder Quanten-Computing zunehmend neue, vernetzte Lösungsräume über einst getrennte Disziplinen hinweg entstehen. Nicht zuletzt aufgrund der oft digital-getriebenen Konvergenz und Rekombinierbarkeit von technologischen Durchbrüchen, wächst der Lösungsraum für nachhaltige Deep Tech Innovationen und verändert den Innovationsprozess, indem Deep Tech Innovationen günstiger und schneller entwickelt und getestet werden können.

Abbildung 30: **Planetare Grenzen – Ein sicherer Handlungsraum für die Menschheit**



Quelle: Potsdam – Institut für Klimafolgenforschung (2024)

Befund: Wissenschaftliche Durchbrüche, gepaart mit digital-getriebener Konvergenz und Rekombinierbarkeit, fungieren demnach als Katalysator für nachhaltige Innovationen in den drei Säulen der Nachhaltigkeit.

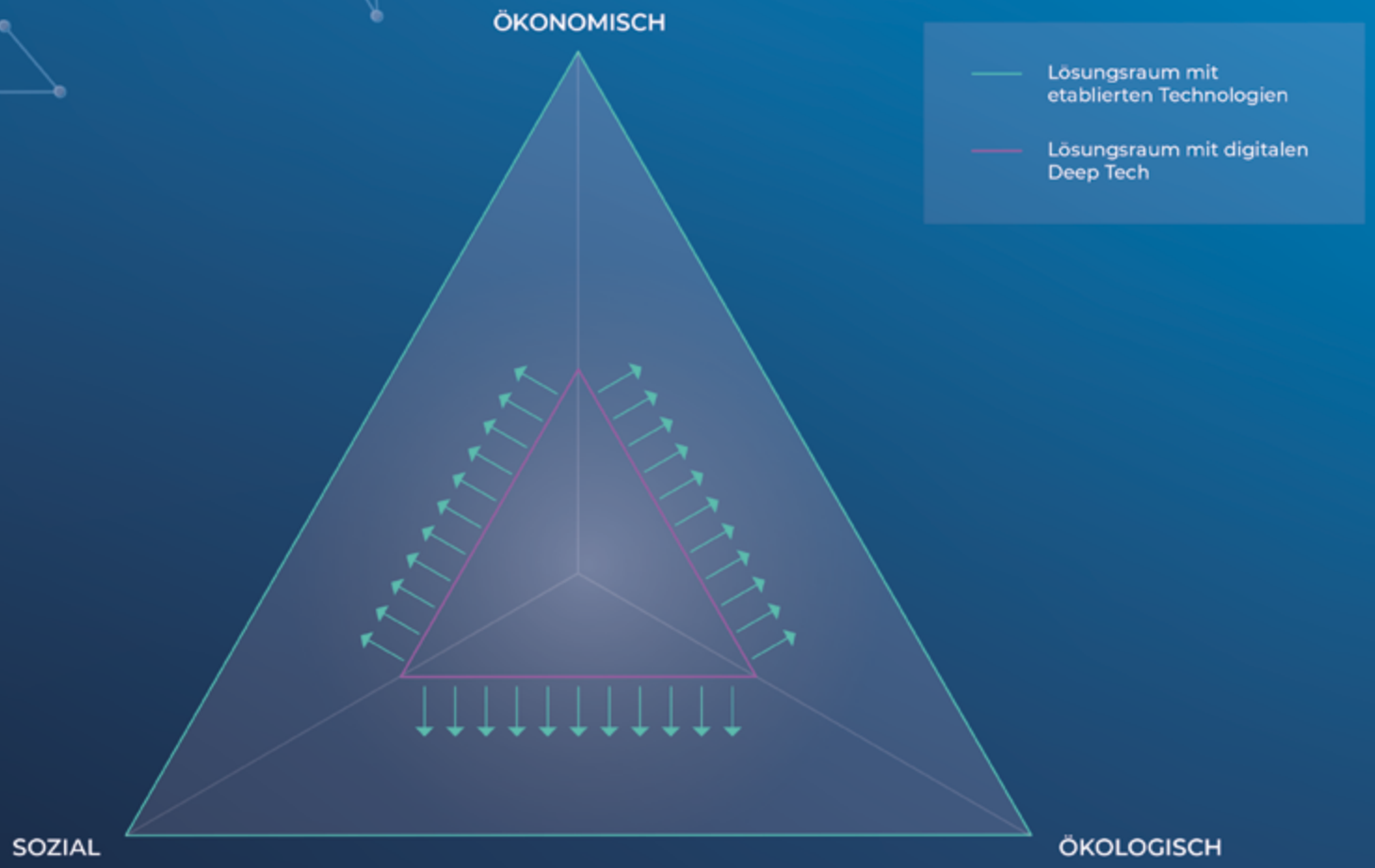
Während die Technologien des 20. Jahrhunderts diese Grenzen nur in begrenztem Maße verschieben konnten, eröffnen digitale Technologien Deep Tech neue Dimensionen und Wirkungsmöglichkeiten.[74] Doch der Zugang zu Rechenkapazitäten und Daten ist in Deutschland stark eingeschränkt.

Ganzheitliche Ansätze und Erfolgskontrolle in Deep Tech erforderlich

Nachdem die Zeit drängt und die finanziellen, personellen und infrastrukturellen Ressourcen beschränkt sind, um in den beschriebenen sicheren Handlungsraum zurückzukehren, ist es notwendig, die Chancen und Risiken von Deep Tech Vorhaben zu verstehen, um sie bewerten und entsprechend priorisieren zu können. Dies erfordert eine systematische und kontinuierliche Bewertung von Deep Tech Vorhaben in allen drei Säulen der Nachhaltigkeit (ökonomisch, ökologisch, sozial) und in allen Entwicklungsstufen. Allerdings erfordert der Bewertungsprozess interdisziplinäres Wissen und Kompetenzen und damit die Integration von breit gestreuten daten- und expertengestützten Erkenntnissen.

[74] Tekic et al. (2023)

Abbildung 31: **Deep Tech als Katalysator für nachhaltige Innovationen.**



Quelle: Peña und Oganda (2023)

Der Bewertungsprozess ist demnach zeit- und kostenintensiv und die Ergebnisse sind, v. a. in frühen Entwicklungsstadien, zwangsläufig mit Unsicherheit behaftet.

Unsere Interviews und Workshops legen nahe, dass aus diesen Gründen die Akteure des Deep Tech Ökosystems oft keine umfassenden und kontinuierlichen Nachhaltigkeitsanalysen durchführen, besonders in Bezug auf soziale und ethische Aspekte.

> Dabei hat **Alfons Dintner** in seiner jahrzehntelangen Erfahrung als Produktionsleiter und Vorstand im Audi-Konzern die Erfahrung gemacht, dass *„bei technologischen Innovationen stark auf physikalische Prozesse und wirtschaftliche Effizienz geachtet wird, während soziale Bedürfnisse und menschliche Aspekte vernachlässigt werden. Es fehlt an einem tieferen Verständnis dafür, wie Menschen und Gesellschaften auf diese Technologien reagieren. Besonders in Bereichen wie der Digitalisierung in Fabriken sehen wir, dass das Schaffen eines Sozialgefüges, das bereit ist, diese Veränderungen zu akzeptieren und zu unterstützen, oft zu wenig Beachtung findet. Hier fehlt es noch deutlich an Ansätzen, die die soziale Dimension ausreichend berücksichtigen.“*

Die geringe Verbreitung von Nachhaltigkeitsanalysen heißt allerdings nicht, dass die Akteure dies nicht für sinnvoll oder gar für nicht notwendig erachten und die Potenziale und Auswirkungen auf die drei Säulen der Nachhaltigkeit nicht berücksichtigen.

Vielmehr verlassen sie sich aus genannten Gründen eher auf subjektive und eher intuitive Beurteilungen der Nachhaltigkeitseffekte. Diese basieren oft auf selbstgewählten und tendenziell vagen ESG[75] oder SDG-Kriterien, keiner und nicht auf einer systematischen, objektiven Analyse der vielschichtigen Auswirkungen.

Viele Experten betonen, dass ein breit akzeptierter, integrativer und szenario- oder simulationsbasierter Ansatz wichtig wäre, der die ökonomischen (z. B. Bruttowertschöpfungspotenzial, Arbeitsmarkt), sozialen (z. B. Ungleichheit, Sicherheit, Gesundheit, Ethik) und ökologischen (z. B. Ressourcenbedarf, Emissionen, Biodiversität) Potenziale und Auswirkungen von Deep Tech bewertbar und vergleichbar macht. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Ressourcen nicht zielführend im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung eingesetzt werden; auch wenn sich die Experten einig sind, dass eine genaue und vollständige Vergleichbarkeit und Bewertung naturgemäß nicht vollends erreicht werden können.

Befund: Der Mangel an kontinuierlichen integrativen und systemischen Bewertungsansätzen birgt die Gefahr, dass Ressourcen nicht prioritär in Deep Tech Innovationen investiert werden, die aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis und die kürzeste Amortisationsdauer besitzen.

[75] Environmental, Social, and Governance

Dies gilt besonders für systemische Effekte zweiter oder gar dritter Ordnung, die über die unmittelbaren und offensichtlichen Auswirkungen hinausgehen. Jedoch sind gerade diese Effekte zweiter und dritter Ordnung entscheidend für eine umfassende Bewertung und Strategie für Deep Tech, um unerwünschte Konsequenzen, wie z. B. sog. Rebound-Effekte, zu vermeiden und effektive (Gegen-)Maßnahmen zu entwickeln. Diese systemischen Effekte zeigen auch die Komplexität und Vernetztheit von Systemen in Wirtschaft, Umwelt, Technologie und Gesellschaft und die vielfältigen Feedbackschleifen und Interdependenzen, die die Bewertung und Priorisierung von Deep Tech Vorhaben erschweren. Jedoch gibt es Akteure im Deep Tech Ökosystem, wie z. B. Planet A Ventures, die integrative und systemische Ansätze zur Messung der ökologischen Nachhaltigkeitsperformance verwenden.

„Auf der Grundlage unserer Analysen kommen wir zu Aussagen über die generierte Impact-Einheit pro erwirtschaftete Umsatzeinheit, insbesondere in den Bereichen CO_2-Äquivalente, Treibhausgasemissionen, Müllvermeidung, Ressourceneinsparung und Biodiversitätsschutz. Es müssen nicht immer alle vier Dimensionen positiv beeinflusst werden, aber es ist wichtig, dass mindestens einer dieser Bereiche signifikant positiv beeinflusst wird, ohne dabei in einem anderen Bereich signifikanten Schaden zu verursachen. Eine weitere Besonderheit ist, dass wir sogenannte sequenzielle Lebenszyklusanalyse (LCA) anwenden. Das bedeutet, dass wir nicht nur die Primäreffekte betrachten, sondern auch Sekundär- und Tertiäreffekte berücksichtigen. Zum Beispiel, wenn für die Herstellung von biologisch abbaubarem Plastik ein Rohstoff verwendet wird, der bisher in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt wurde und nun anderweitig genutzt wird, müssen wir auch die Substitution dieses Düngemittels und dessen Auswirkungen in unsere Lebenszyklusanalyse einbeziehen." – **Nick de la Forge** (Co-Founder & Partner, Planet A Ventures)

Besonders das Konzept der Impact-Einheit pro erwirtschaftete Umsatzeinheit, mit dem gemessen wird, wie viel positiver oder negativer Einfluss (Impact) ein Unternehmen pro Umsatzeinheit erzeugt, ist bemerkenswert. Die Kennzahl erlaubt es den ökologischen oder sozialen Nutzen, den eine Deep Tech Innovation erzeugt, zum finanziellen Erfolg in Beziehung zu setzen. Das Konzept kann auch für Investitionen genutzt

werden, in dem Impact-Einheiten in Relation zur Investitionssumme gesetzt werden. Dadurch kann der ökologische und soziale Beitrag eines Deep Tech Vorhabens in Bezug zur Investition bewertet priorisiert werden.

Es gibt auch etablierte Ansätze, die für die Bewertung von Deep Tech herangezogen und angepasst werden können. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass derzeit v. a. spezialisierte Methoden, die sich auf die Bewertung einzelner Nachhaltigkeitssäulen konzentrieren (z. B. Life Cycle Assessment für Ökobilanzierung oder soziale Wirkungsanalyse für soziale Effekte) angewandt werden. Integrative Ansätze, die alle Dimensionen der Nachhaltigkeit integrativ und systemisch betrachten (z. B. Sustainability Balanced Scorecard, Multikriterien-analysen) werden kaum eingesetzt.

Auch die Technikfolgenabschätzung spielt eine wichtige Rolle, um die potenziellen Auswirkungen von Deep Tech Vorhaben auf Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft zu analysieren. Jedoch ist zumindest auf Bundesebene zu konstatieren, dass der Prozess der Technikfolgenabschätzung von Entscheidungsträgern noch zu wenig systematisch, vorausschauend und proaktiv eingesetzt wird und im Diskurs vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit zuteil wird.

„Wir haben zwar in dieser Legislaturperiode durchgesetzt, dass es immer wieder Vorstellungen von Berichten und Diskussionen zu Technikfolgenabschätzungen im Plenum gibt, aber Lösungen, um alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu erreichen, sollte die Politik noch stärker damit verbinden." – **Prof. Dr. Stephan Seiter** (MdB, Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung und Berichterstatter Technikfolgenabschätzung)

Zielbildgeleitete Deep Tech Strategie

Auf Basis des Koalitionsvertrags hat das BMBF folgende sechs nachhaltigkeitsorientierte Missionen für die Forschungs- und Innovationspolitik abgeleitet:

1. Ressourceneffiziente und auf kreislauffähiges Wirtschaften ausgelegte wettbewerbsfähige Industrie und nachhaltige Mobilität ermöglichen
2. Klimaschutz, Klimaanpassung, Ernährungssicherheit und Bewahrung der Biodiversität voranbringen
3. Gesundheit für alle verbessern

4. Digitale und technologische Souveränität Deutschlands und Europas sichern und Potenziale der Digitalisierung nutzen
5. Raumfahrt stärken, Weltraum und Meere erforschen, schützen und nachhaltig nutzen
6. Gesellschaftliche Resilienz, Vielfalt und Zusammenhalt stärken.

Zwar stoßen diese Missionen bei den Experten auf breite Akzeptanz, allerdings fehlt es ihnen an der nötigen Klarheit über die Ziele und damit verbundenen Maßnahmen und Leistungsindikatoren. Auch eine konkrete zeitliche Planung und mögliche Inkonsistenzen und Konflikte zwischen den Zielen werden nur unzureichend berücksichtigt.

Befund: Viele Akteure des Deep Tech Ökosystems vermissen eine ziel- und zeitgeleitete Priorisierung von Deep Tech Vorhaben, die als besonders relevant für eine angestrebte Zukunftsvision sind und unter den gegebenen infrastrukturellen Bedingungen und aus IP-Sicht auch machbar sind.

Mehrere Experten bemerken, dass es in Deutschland an einer strategischen Herangehensweise fehlt, die zielgeleitet, realistisch und mit konkreten, zeitlich und inhaltlich aufeinander abgestimmten Schritten und messbaren Meilensteinen hinterlegt ist.

> *„In Deutschland fehlt ein gesellschaftlicher Konsens darüber, wohin wir uns entwickeln wollen und welche Mittel dafür notwendig sind. Wir wünschen uns Sicherheit, verlassen uns dabei aber auf andere, wie die USA. Wir haben nicht erkannt, dass Sicherheit Technologieführerschaft und wirtschaftliche Stärke erfordert, die wiederum Unternehmertum, Innovation und Investitionen voraussetzen. Ohne diesen Konsens ist es für Politiker schwer, die notwendigen Maßnahmen umzusetzen, da sie dafür oft Kritik ernten. Doch ohne entschlossene Investitionen bewegen wir uns nicht von der Stelle.“* – **Daniel Wiegand** (Gründer und Leitender Ingenieur für Innovation und Zukunftsprogramme, Lilium)

Dies birgt, besonders bei etablierten Unternehmen, auch die Gefahr, dass radikale neue Deep Tech Ansätze unter Umständen zu wenig Aufmerksamkeit bekommen, weil Entscheidungen ausgehend vom Status quo und nicht von der Perspektive des gewünschten Ergebnisses aus getroffen werden und damit oft zu hoher Pfadabhängigkeit führen. Ein Beispiel ist die Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien gegenüber dem Status quo (z. B. Reduzierung von x-Prozent CO_2 im Vergleich zum Status quo), nicht aber gegenüber der angestrebten Zukunftsvision (z. B. Differenz zur Klimaneutralität).

Zwar sind Effizienzsteigerungen grundsätzlich positiv, sie können jedoch dazu führen, dass risikoreichere und kapitalintensivere Deep Tech Projekte mit transformativem Potenzial vernachlässigt werden.

Dies geschieht oft, wenn knappe Ressourcen bevorzugt auf berechenbare, weniger kostenintensive Vorhaben verteilt werden, die kurzfristig einfacher zu realisieren sind.

Handlungsempfehlungen

1. **Nachhaltigkeit muss im Mittelpunkt aller Bemühungen stehen:** Deep Tech Innovationen zeichnen sich dadurch aus, dass sie große gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen lösen. Trotzdem müssen sie so gestaltet werden, dass sich im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung möglichst alle Säulen der Nachhaltigkeit profitieren und sich keine verschlechtert. Dazu sollte schon in frühen Entwicklungsphasen von Deep Tech begleitend mögliche soziale, ethische und ökologische Auswirkungen berücksichtigt werden, um mögliche negative Auswirkungen auszuschließen oder zu minimieren. Ausgangspunkt für die Bewertung aller Deep Tech Bemühungen sollte der gewünschte, zukünftige Zielzustand, wie z. B. CO_2-Neutralität, sein.

2. **Integrative Betrachtung aller Nachhaltigkeitsdimensionen:** Standardisierte und integrative Nachhaltigkeitsbewertungen sind für die Priorisierung essenziell. Deep Tech Projekte sollten anhand ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte bewertet und priorisiert werden. Gerade auch die

Bedeutung sozialer und ethischer Aspekte von Deep Tech Innovationen muss von den Innovationsakteuren bedacht werden. Hierzu muss in Bildung, Forschung und öffentlichen Einrichtungen ein Bewusstsein geschaffen werden, damit die Wirtschaft und Investoren diese Aspekte von Anfang an berücksichtigen, um Deep Tech Innovationen möglichst nachhaltig und verantwortungsvoll zu gestalten.

3. **Strategische Ressourcenallokation und effektive Mittelverwendung:** Insbesondere die Vergabe von öffentlichen Mitteln sollte in Abhängigkeit des Nachhaltigkeitspotenzials von Deep Tech Innovationen priorisiert werden. Die finanziellen und personellen Ressourcen des Deep Tech Innovationssystems sind begrenzt und die Zeit, um in den sicheren Handlungsraum der Menschheit zurückzukehren ebenfalls. Dies erfordert, dass die Ressourcen auf Grundlagenforschung und Deep Tech Innovationen allokiert werden, die den größten und schnellsten Effekt für die nachhaltige Entwicklung des Landes und global haben und das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Impact-Kennzahlen wie „Impact-Einheit pro Umsatzeinheit“ können hierbei behilflich sein.

4. **Aufbau von Wissen und Fähigkeiten:** Die öffentliche Hand sollte Ressourcen zur Verfügung stellen, um das Wissen und die Fähigkeiten von Unternehmen und Investoren in Bezug auf Nachhaltigkeitsfragen und -bewertung zu verbessern. Niederschwellige Online-Kurse und die Zusammenarbeit mit Bildungseinrichtungen und Branchenverbänden können die Reichweite und Effektivität der

Maßnahmen erhöhen. Interdisziplinäre Teams mit Experten aus Technik, Umwelt, Wirtschaft, Sozialwissenschaften und Ethik sollten Werkzeuge wie Leitfäden, Frameworks und Checklisten entwickeln, die den Innovationsakteuren eine effektive, vergleichbare Analyse erlauben.

5. **Verpflichtende Nachhaltigkeitsangaben in Ausschreibungen etablieren:** Nachhaltigkeitskriterien sollten fest in öffentlichen Ausschreibungen und Förderprogrammen verankert werden, indem wenige, maßgebliche Angaben zu Nachhaltigkeitsaspekten eingeführt werden, um unnötige Bürokratie zu vermeiden. Diese Anforderungen sollten sich an bestehenden Rahmenwerken wie der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und der EU-Taxonomie orientieren, um Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Derzeitige Schlüsselfelder und Beispiele von Deep Tech Innovationen **59**

Abb. 2: Zentrale Charakteristika von Deep Tech **72**

Abb. 3: Unterschied zwischen Deep Tech und Regular Tech Innovation **76**

Abb. 4: Deep Tech Innovationsprozess **79**

Abb. 5: Rolle der Akteure im Deep Tech Innovationsprozess **81**

Abb. 6: Entwicklungsphasen von Deep Tech **87**

Abb. 7: Zuordnung und Finanzierung von Forschungseinrichtungen **95**

Abb. 8: Transferkennzahlen der Hochschulen und Forschungseinrichtungen **100**

Abb. 9: Internationale Vorreiter im Technologietransfer **102**

Abb. 10: Deep Tech Entwicklungsindikatoren – Vergleich zwischen USA, UK und Deutschland **104**

Abb. 11: Nationale Innovationsförderung in Deutschland **121**

Abb. 12: Budget der Innovationsagenturen im internationalen Vergleich **128**

Abb. 13: Anteil von Juristen in Führungspositionen in der öffentlichen Verwaltung **132**

Abb. 14: Ablauf der vorkommerziellen Auftragsvergabe **145**

Abb. 15: Top 10 der weltweit führenden Scaleup Hubs **160**

Abb. 16: Top 10 der Wissenschafts Hubs **169**

Abb. 17: Bruttoausgaben für F&E in ausgewählten Ländern, nach Sektor und Finanzierungsquelle **171**

Abb. 18: Top-3-Unternehmen mit den höchsten F&E Ausgaben im Zeitverlauf **174**

Abb. 19: Internationale Patentanmeldungen nach ausgewählten Technologieklassen und Ländern **175**

Abb. 20: Anteil der Weltklasse-Patente in Schlüsseltechnologien **176**

Abb. 21: Top-Unternehmenskäufer Europäischer Deep Tech Unternehmen **179**

Abb. 22: Rahmenbedingungen für produktives Unternehmertum **186**

Abb. 23: Anzahl an Basismodellen für Künstliche Intelligenz nach Land **190**

Abb. 24: Private Investitionen in Künstliche Intelligenz nach Ländern **193**

Abb. 25: Stellenausschreibungen für Künstliche Intelligenz nach Ländern **194**

Abb. 26: Anwendung von Digitalen Technologien in der Wirtschaft **196**

Abb. 27: IT-Investitionen bezogen auf das BIP im internationalen Vergleich **198**

Abb. 28: Finanzierungsverlauf von Deep Tech und traditionellen Unternehmen **204**

Abb. 29: VC-Investitionen in europäische Deep Tech Unternehmen nach Herkunft des Kapitals **214**

Abb. 30: Planetare Grenzen – Ein sicherer Handlungsraum für die Menschheit **232**

Abb. 31: Deep Tech als Katalysator für nachhaltige Innovationen **234**

Abkürzungsverzeichnis

AR: Augmented Reality

ARIA: Advanced Research and Innovation Agency

Bitkom: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.

BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMWK: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive

DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency

DATI: Deutsche Agentur für Transfer und Innovation

DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft

DTCF: Deep Tech & Climate Fonds

EFI: Expertenkommission Forschung und Innovation

EIB: European Investment Bank

EIC: European Innovation Council

EIF: European Investment Fund

EIT: European Institute of Innovation and Technology

ERC: European Research Council (Europäischer Forschungsrat)

ESG: Environmental, Social, and Governance

ESMA: European Securities and Markets Authority

ETCI: European Tech Champions Initiative

EU: Europäische Union

F&E: Forschung und Entwicklung

FOAK: First of a Kind

HTGF: High-Tech Gründerfonds

IP: Intellectual Property

IPCEI: Important Projects of Common European Interest

KI: Künstliche Intelligenz

KfW: Kreditanstalt für Wiederaufbau

KMU: Kleine und mittlere Unternehmen

LCA: Life Cycle Assessment

MINT: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik

NASDAQ: National Association of Securities Dealers Automated Quotations

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

PPI: Öffentliche Beschaffung von Innovationen

SBIR: Small Business Innovation Research

SPRIN-D: Bundesagentur für Sprunginnovationen

SDGs: Sustainable Development Goals

TRL: Technology Readiness Level

TTO: Technology Transfer Office (Technologietransferstelle)

UK: United Kingdom

USA: United States of America

VCs: Venture Capital Fonds

VDMA: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

VIP+: Förderprogramm des BMBF zur Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung

VR: Virtual Reality

WIN: Initiative Wagniskapitalbeteiligung für Innovation und Nachhaltigkeit

ZVEI: Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Literaturverzeichnis

- **Acatech (2024)**. Innovationssystem Deutschland: Effizienz und Agilität der öffentlichen Verwaltung erhöhen. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.acatech.de/publikation/innovationssystem-verwaltung/
- **Adner, R. (2017)**. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. Journal of Management, 43(1), 39-58. https://doi.org/10.1177/0149206316678451
- **AI Index Report (2024)**. Stanford-Index. Abgerufen am 17.10.24 von https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2024/04/HAI_2024_AI-Index-Report.pdf
- **Autio, E., & Thomas, L. D. (2020)**. Value co-creation in ecosystems: Insights and research promise from three disciplinary perspectives. In Handbook of digital innovation (pp. 107-132). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781788119986.00017
- **Bitkom (2018)**. Jedes dritte Start-up verzichtet auf Geld vom Staat. Abgerufen am 20.10.24 von https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Jedes-dritte-Start-up-verzichtet-auf-Geld-vom-Staat.html
- **Bitkom (2024)**. Bitkom Studie – Klimaeffekte und Digitalisierung. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.bitkom.org/sites/main/files/2024-02/bitkom-studie-klimaeffekte-der-digitalisierung-2.pdf
- **BMWK (2024)**. Unternehmensgründungen und Wagniskapital. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Technologie/wagniskapital-und-gruendungen.html
- **Bouarfa (2019)**. In Start-up Insider Redaktion (2023). Deeptech: Was ist das und warum ist es wichtig für Startups und Venture Capital? Abgerufen am 17.10.24 von https://www.startup-insider.com/article/deeptech
- **Breznitz, D., & Zehavi, A. (2010)**. The limits of capital: Transcending the public financer–private producer split in industrial R&D. Research Policy, 39(2), 301-312. https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.12.010
- **Centrum für Hochschulentwicklung (2022)**. U-Multirank 2022: Deutsche Hochschulen Weltklasse in der internationalen Ausrichtung. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.che.de/2022/u-multirank-2022/
- **Chaturvedi, S. (2015)**. So what exactly is deep technology? LinkedIn. https://www.linkedin.com/pulse/so-what-exactly-deep-technology-swati-chaturvedi/
- **Chicot, J., & Matt, M. (2018)**. Public procurement of innovation: A review of rationales, designs, and contributions to grand challenges. Science and Public Policy, 45(4), 480-492. https://doi.org/10.1093/scipol/scy012
- **Dealroom.co. (2022)**. The next generation of tech ecosystems: Actionable benchmarks from 201 tech ecosystems based on investment, innovation, talent, and outcome. Deal-

room.co. https://dealroom.co/uploaded/2022/12/The-next-generation-of-tech-ecosystems-Dealroom.pdf

- **Dealroom.co. (2023)**. The European Deep Tech Report 2023. Dealroom.co. Abgerufen am 17.10.24 von https://dealroom.co/reports/the-european-deep-tech-report-2023
- **Deutscher Akademischer Austauschdienst e. V. (DAAD)**. Forschungseinrichtungen. https://www.research-in-germany.org/de/forschungslandschaft/forschungseinrichtungen.html
- **Deutscher Akademischer Austauschdienst (2015)**. VIP+: Technologische und gesellschaftliche Innovationspotenziale erschließen. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/zukunftsstrategie/validierungsfoerderung-vip/validierungsfoerderung-vip_node.html
- **Deutsche Bank Research (2024)**. Strong risk capital markets: Vital for unlocking green & digital innovations. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_EN-PROD/Strong_risk_capital_markets%3A_Vital_for_unlocking_g/RPS_EN_DOC_VIEW.calias?rwnode=PROD0000000000435631&ProdCollection=PROD0000000000531634
- **Deutsche Börse (2021)**. Strategien zur nachhaltigen Finanzierung der Zukunft Deutschlands. https://www.deutsche-boerse-cash-market.com/resource/blob/2782450/2060ad27facf5bb6e0f6515da2042469/data/Studie_Strategien%20zur%20nachhaltigen%20Finanzierung%20Deutschlands.pdf
- **Deutscher Bundestag (2024)**. Jahreswirtschaftsbericht 2024 der Bundesregierung
- **Draghi, M. (2024)**. The future of European competitiveness: A competitiveness strategy for Europe (Report No. 2024/EC/001). European Commission. Abgerufen am 15.10.24, von https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en
- **European Commission (2020)**. Capital markets union 2020 action plan: A capital markets union for people and businesses. Abgerufen am 18.10.24 von https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/capital-markets-union/capital-markets-union-2020-action-plan_en
- **European Commission (2024)**. Germany – COUNTRY PROFILE – Benchmarking of national policy frameworks for innovation procurement. Abgerufen am 17.10.24 von https://ec.europa.eu/assets/rtd/innovation-procurement/country-report-2024-policy-benchm-germany.pdf
- **European Commission (2024)**. Directorate-General for Research and Innovation, European Innovation Scoreboard 2024, Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2777/779689
- **European Commission (2024)**. Digital Decade DESI visuali-

sation tool. Abgerufen am 17.10.24 von https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/s/w81252Qk4xoGO/

- **European Innovation Council (EIC) (2022)**. Work Programme 2022. European Innovation Council. https://eic.ec.europa.eu/eic-work-programme-2022_en
- **European Investment Fund (2021)**. EIF Venture Capital Survey 2021: Market sentiment. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.eif.org/files/records/eif_working_paper_2021_74.pdf
- **European Securities and Markets Authority** (2024). ESMA Market Report – EU carbon markets 2024. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/2024-10/ESMA50-43599798-10379_Carbon_markets_report_2024.pdf
- **European Union (2022)**. A New European Innovation Agenda. European Commission. Abgerufen am 16.10.24 von https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733655/EPRS_BRI(2022)733655_EN.pdf
- **Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). (2024).** Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. EFI. https://www.e-fi.de/fileadmin/Assets/Gutachten/2024/EFI_Gutachten_2024_24124.pdf
- **Fuest, C., Gros, D., Mengel, P.-L., Presidente, G., & Tirole, J. (2024)**. EU innovation policy: How to escape the middle technology trap. EconPol Policy Report, ifo Institute. Abgerufen am 15.10.24 von https://www.econpol.eu/publications/policy_report/eu-innovation-policy-how-to-escape-the-middle-technology-trap
- **Gaind, N. (2024)**. The UK's $1-billion bet to create technologies that change the world (Vol. 633, pp. 512–514). Vol. 633, pp. 512–514. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.nature.com/articles/d41586-024-02995-1 https://www.nature.com/articles/d41586-024-02995-1
- **Hammerschmid, G., & Hustedt, T. (2020)**. Querwechsler als Impulsgeber für die Verwaltung von morgen: Kurzstudie über Potenzial, Kompetenzen und Erfahrungen von Querwechslern (Nr. 6537/234). Institut für Kommunikationswissenschaft. Abgerufen am 15.10.24 von https://www.hertie-school.org/fileadmin/2_Research/2_Research_directory/Research_Centres/Centre_for_Digital_Governance/Papers/Studie_Querwechsler_Hammerschmid_Hustedt_2020.pdf
- **Holzki, L. & Oder, L. (2024)**. Stanford-Index – Fünf Grafiken zeigen den KI-Wahnsinn. Handelsblatt. https://www.handelsblatt.com/technik/ki/kuenstliche-intelligenz-stanford-index-fuenf-grafiken-zeigen-den-ki-wahnsinn/100030941.html
- **Järvi, K., Almpanopoulou, A., & Ritala, P. (2018)**. Organization of knowledge ecosystems: Prefigurative and

partial forms. Research policy, 47(8), 1523-1537. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.05.007

- **Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., ... & Rockström, J. (2023)**. Earth beyond six of nine planetary boundaries. Science advances, 9(37), eadh2458. https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458
- **Kerr, W. R., Nanda, R., & Rhodes-Kropf, M. (2014)**. Entrepreneurship as experimentation. Journal of Economic Perspectives, 28(3), 25-48. https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257%2Fjep.28.3.25&
- **KfW Research (2023)**. Venture Debt in Deutschland und Europa: eine Bestandsaufnahme. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2023/Fokus-Nr.-441-November-2023-Venture-Debt.pdf
- **KOINNO – Kompetenzzentrum für innovative Beschaffung. (2017)**. Whitepaper: Vorkommerzielle Auftragsvergabe (PCP) oder Innovationspartnerschaft? Koinno – BMWK. https://teams.live.com/l/message/19:uni01_4zxbrglciwmsyc4xtbgrlhz5zhm72tw6hjb6zwevsvd4gkelwya@thread.v2/1729284531103?context=%7B%22contextType%22%3A%22chat%22%7D
- **Kraemer-Eis, H., Botsari, A., Gvetadze, S., Lang, F., & Torfs, W. (2017).** European Small Business. Finance Outlook. European Investment Fund. https://www.eif.org/files/records/eif-wp-46.pdf
- **Kraemer-Eis, E., Botsari, A., Lang, F., Pal, M., & Pavlova, E. (2021).** European Venture Capital: Market insights 2021.
- **Lapuente, V., Suzuki, K., Van de Walle, S. (2020).** Goats or Wolves? Private Sector Managers in the Public Sector. In: Governance, 33, 599–619. https://doi.org/10.1111/gove.12462
- **Lee, J. & Nicholas, T. (2012).** "The origins and development of Silicon Valley." Harvard Business School Case 813-098. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=43895
- **McKinsey & Company (2024).** European Deep Tech – Opportunities and Discoveries: An investment perspective. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.mckinsey.de/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/publikationen/2024-07-25%20european%20deep%20tech/deeptech_myths_mckinsey_report_vf.pdf
- **Munich Startup (2018).** Hürde Bürokratie: Jedes dritte Startup verzichtet auf Geld vom Staat. https://www.munich-startup.de/38595/jedes-dritte-startup-verzichtet-auf-geld-vom-staat/
- **Münchner Kreis (2014).** Digitalisierung. Achillesferse der deutschen Wirtschaft? Abgerufen am 17.10.24 von https://www.muenchner-kreis.de/wp-content/uploads/fileadmin/dokumente/_pdf/Zukunftsstudien/2014_Digitalisierung_

Achillesferse_der_deutschen_Wirtschaft.pdf

- **NASA (2023).** Technology Readiness Levels. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/#:~:text=Sep%2027%2C%202023,based%20on%20the%20projects%20progress.
- **National Center for Science and Engineering Statistics (2022)**. Cross-National Comparisons of R&D Performance. Abgerufen am 17.10.24 von https://ncses.nsf.gov/pubs/nsb20225/cross-national-comparisons-of-r-d-performance
- **OECD (2015)**. Frascati Manual 2015 – Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. Abgerufen am 18.10.24 von https://www.oecd.org/sti/inno/Frascati-Manual.htm
- **Peña, I & Jenik, M. (2023)**. Deep Tech: The New Wave. http://dx.doi.org/10.18235/0004947
- **Pitch-Book (2023).** 2023 Annual Global Private Debt Report. Abgerufen am 18.10.24 von https://pitchbook.com/news/reports/2023-annual-global-private-debt-report
- **Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder; P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P.& Foley, J. A. (2009)**. A safe operating space for humanity. nature, 461, 472-475. https://www.nature.com/articles/461472a.pdf
- **Rothgang, M., Cantner, U., Dehio, J., Engel, D., Fertig, M., Graf, H., ... & Töpfer, S. (2017).** Cluster policy: insights from the German leading edge cluster competition. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 3(3), 18. https://doi.org/10.1186/s40852-017-0064-1
- **Sachverständigenrat. (2024)**. Jahresgutachten – Kapitalmarkt in Deutschland und der EU: Potenziale besser nutzen. https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg202324/JG202324_Kapitel_3.pdf
- **Schivardi, F., & Schmitz, T. (2020).** The IT revolution and southern Europe's two lost decades. Journal of the European Economic Association, 18(5), 2441-2486. https://doi.org/10.1093/jeea/jvz048
- **Schuh, G., Latz, T., & Jakob, T. (2023).** Reference-phase Model for the Transfer Process of Deep Tech Innovations. Journal of Production Systems and Logistics, 3 (2023), 3. https://doi.org/10.15488/13791
- **Siegel, S., J. & Krishnan. (2020)**. Cultivating Invisible Impact with Deep Technology and Creative Destruction. Journal of Innovation Management, 8(3), 6–19. https://doi.

org/10.24840/2183-0606_008.003_0002

- **Sreenivasan, A., & Suresh, M. (2024)**. Can we unlock deep-tech in Indian startups for long-term success?. Technological Sustainability, 3(1), 68-75. https://doi.org/10.1108/TECHS-01-2023-0001
- **Stam, E., & Van de Ven, A. (2021)**. Entrepreneurial ecosystem elements. Small business economics, 56(2), 809-832. https://doi.org/10.1007/s11187-019-00270-6
- **Tekic, Z., Abuelez, A., & Tekic, A. (2023)**. Technological synergies as antecedents of sustainable development: deep-tech versus shallow-tech perspective. Technology Analysis & Strategic Management, 1-15. https://doi.org/10.1080/09537325.2023.2220828
- **Times Higher Education (2024)**. World University Ranking 2024. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2024/world-ranking
- **Thomas, L. D. W., & Autio, E. (2020)**. Innovation ecosystems in management: An organizing typology. Oxford University Press
- **University of Twente (2024)**. Horizon Europe. Abgerufen am 17.10.24 von https://www.utwente.nl/en/service-portal/research-support/funding-research/finding-grants-and-collaborations/grants-landscape-in-europe/horizon-europe#general-rules-and-features-of-horizon-europe-consortium
- **Wesseling, J. H., & Edquist, C. (2018)**. Public procurement for innovation to help meet societal challenges: a review and case study. Science and Public Policy, 45(4), 493-502. https://doi.org/10.1093/scipol/scy013
- **Wipo (2024)**. Internationale Patentanmeldungen nach Ursprungsland (PCT-System). Abgerufen am 18.10.24 von https://www.wipo.int/export/sites/www/pressroom/de/documents/pr-2023-899-annexes.pdf#page=1https://www.wipo.int/export/sites/www/pressroom/de/documents/pr-2023-899-annexes.pdf#page=1
- **World Economic Forum (2022)**. The global risks report 2022 (17th ed.). World Economic Forum. https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022
- **Zimmermann, V. (2024)**. Deutschlands Position bei der Digitalisierung im internationalen Vergleich. KfW. (469). Abgerufen am 17.10.24 von https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2024/Fokus-Nr.-469-September-2024-Digitalisierung-D.pdf

MÜNCHNER KREIS 1974 - 2024

Herausgeber:

MÜNCHNER KREIS e. V.

www.muenchner-kreis.de