



Die Rolle von F&E für die Transformation der Industrie

Internationale Perspektiven und Erfahrungen

SCI4climate.NRW steht für die wissenschaftliche Begleitung der Industrietransformation. Das Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE) hat Ende 2022 das Wuppertal Institut, das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, das Institut der deutschen Wirtschaft, die VDZ Technology gGmbH und die VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH (BFI) beauftragt, Transformationspfade für den klimaneutralen Umbau der Industrie in Deutschland zu erforschen. Nordrhein-Westfalen dient dabei als Modellregion. Die Forschung baut auf den Ergebnissen des Vorgängerprojekts SCI4climate.NRW 2018-2022 auf. Die Institute stehen in engem Austausch miteinander und mit Industrie und Politik in der Initiative IN4climate.NRW.



Bibliographische Angaben

Herausgeber: SCI4climate.NRW
Veröffentlicht: Juni 2025
Autorin: Lena Tholen
Kontakt: lena.tholen@wupperinst.org
Bitte zitieren als: Tholen, L. (2025): Die Rolle von F&E für die Transformation der Industrie - Internationale Perspektiven und Erfahrungen. Ein Bericht aus SCI4climate.NRW.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Forschungsfrage	1
2	Zusammenfassung der bisherigen Forschungsergebnisse aus dem Projekt SCI4climate.NRW	2
3	Methodische Herangehensweise	3
4	Erfahrungen aus anderen Ländern zur Überwindung bestehender Hemmnisse	4
4.1	Tal des Todes	4
4.2	Fehlende Planungssicherheit	6
4.3	Fehlende Risikobereitschaft	7
4.4	Finanzielle Hemmnisse	9
4.5	Fehlende Interdisziplinarität und Vernetzung	10
4.6	Diskrepanz zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.....	11
4.7	Strukturelle Hemmnisse	13
5	Implikationen für NRW	15
6	Fazit.....	17
7	Literatur	18

1 Einleitung und Forschungsfrage

Forschung und Entwicklung (F&E) spielen eine zentrale Rolle beim Erreichen der Klimaziele und der Reduktion von Treibhausgasemissionen: Zwar stehen bereits zahlreiche (technische) Lösungen zur Bewältigung (gesellschaftlicher) Herausforderungen im Kontext der industriellen Dekarbonisierung zur Verfügung, doch befinden sich viele zukunftsweisende Technologien noch in einem frühen Entwicklungsstadium. In der Vorläuferstudie zu diesem Bericht wurde die Relevanz von F&E zum Erreichen der Klimaziele bereits hervorgehoben¹ und weiterhin sind umfangreiche Forschungsanstrengungen notwendig (IEA 2020). Besonders bei der Entwicklung innovativer Ansätze und der Bearbeitung komplexer Fragestellungen kommt – neben unternehmerischen Initiativen – der öffentlichen Forschungsförderung eine entscheidende Bedeutung zu (Wang et al. 2024).

Aufbauend auf der bereits veröffentlichten Studie richtet der vorliegende Bericht nun den Fokus auf den internationalen Raum, um Lösungsansätze aus wissenschaftlichen Studien sowie Good Practice Beispiele politischer Maßnahmen aus dem Ausland zu untersuchen. Ziel ist es, aus internationalen Studien wertvolle Hinweise zur Überwindung der in der Vorstudie identifizierten Hemmnisse zu gewinnen. Die Forschungsfrage, die der Untersuchung zugrunde liegt, lautet daher:

Welche Ansätze und Erfolgsfaktoren werden in der internationalen Literatur genannt, die eine zielgerichtete Forschungsförderung zur Dekarbonisierung der Industrie begünstigen? Welche Erfahrungen haben andere Länder im Umgang mit diesen Herausforderungen gemacht und inwieweit lassen sich diese Aspekte auf Deutschland beziehungsweise auf Nordrhein-Westfalen übertragen?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde eine Literaturrecherche durchgeführt sowie eine Fallstudienanalyse zur Ermittlung von Good Practices. Die Arbeit hat den Anspruch, wissenschaftliche Erkenntnisse zu analysieren und dabei möglichst praxisorientiert zu sein. Die Ergebnisse sollen einen Beitrag dazu leisten, die bestehenden Hemmnisse bei der Forschung zur Dekarbonisierung der Industrie zu überwinden und so eine effektivere Forschungsförderung in diesem Bereich zu ermöglichen.

¹ Die Studie, die als Grundlage für die vorliegende Arbeit genutzt wurde, ist hier zu finden: https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/forschungslandschaft-cr-sci4climatenrw.pdf

2 Zusammenfassung der bisherigen Forschungsergebnisse aus dem Projekt SCI4climate.NRW

Im bereits veröffentlichten Bericht wurde zunächst die Relevanz von Forschung und Entwicklung hervorgehoben, um die Industrietransformation in Deutschland zu unterstützen und die Herausforderungen in Zusammenhang mit der Klimakrise zu bewältigen. Trotz bestehender Anstrengungen und erkennbarer Fortschritte im Bereich F&E wurde gefragt, welche bestehenden Hemmnisse eine wirksame Forschungsarbeit weiterhin beeinträchtigen. Dieses wurde mithilfe einer Literaturrecherche, durch eine Umfrage innerhalb einer Veranstaltung, die im Rahmen von SCI4climate durchgeführt wurde, und anhand von Interviews mit fünf Expert*innen untersucht. Dabei wurden sieben zentrale Herausforderungen identifiziert:

- Tal des Todes: Mit dem Ausdruck „Tal des Todes“ oder „Valley of Death“ wird ausgedrückt, dass die Phase zwischen Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben und der Kommerzialisierung oft nicht überwunden wird bzw. sehr lange Zeit andauert bis sich die innovative Idee ökonomisch rechnet.
- Fehlende Interdisziplinarität und Vernetzung: Lösungen zu komplexen Fragestellungen lassen sich oft besser durch eine Zusammenarbeit von Personen mit unterschiedlichem Fachwissen bearbeiten. Bei der Transformation der Industrie ist es entscheidend, technische, ökologische, soziale und ökonomische Aspekte integriert zu betrachten.
- Diskrepanz zwischen Wissenschaft und Wirtschaft: Wissenschaftliche und wirtschaftliche Interessen gehen nicht immer Hand in Hand und Forschungsaktivitäten sind oft nicht darauf ausgerichtet, ein Geschäftsmodell oder einen Markteinführungsprozess mitzudenken.
- Finanzielle Hemmnisse: Die meisten Forschungsaktivitäten sind von (externen) Fördermitteln abhängig, so dass die (Weiter-)Entwicklung einer Idee oft daran scheitert, dass keine Mittel zur Verfügung gestellt werden.
- Fehlende Risikobereitschaft: Sowohl seitens der Fördermittelgeber als auch der Wissenschaftler*innen herrscht weiterhin ein Streben nach Sicherheit, so dass Ideen mit unsicherem Ausgang häufig nicht weiterverfolgt werden.
- Fehlende Planungssicherheit: Sowohl das Fehlen einer klaren Vision (z.B. für bestimmte Technologiepfade) für die Zukunft als auch kurze Projektlaufzeiten führen dazu, dass das Potenzial von F&E nicht voll ausgeschöpft wird.
- Strukturelle Hemmnisse: Unzureichende Digitalisierung, Bürokratie bei der Beantragung und Umsetzung von Forschungsprojekten, sowie Informationspflichten und Dokumentationsanforderungen sind einige Aspekte, die zu den strukturellen Hemmnissen bei F&E zählen.

Eine ausführliche Betrachtung bestehender Hemmnisse bei F&E-Aktivitäten ist im Bericht „Forschungslandschaft in NRW. Forschung und Innovation für die Industrietransformation“ nachzulesen². Gleichwohl stellen die sieben Hemmnisse nur eine Auswahl der am häufigsten genannten Herausforderungen dar; die Literatur verweist zudem auf weitere.

² Die Studie, die als Grundlage für die vorliegende Arbeit genutzt wurde, ist hier zu finden: https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/forschungslandschaft-cr-sci4climatenrw.pdf

3 Methodische Herangehensweise

In dieser Kurzstudie werden zwei zentrale methodische Ansätze verwendet, um die Fragestellung zu bearbeiten: 1) eine Literaturrecherche und 2) eine Fallstudienanalyse. Beide Ansätze ermöglichen es, sowohl theoretische Überlegungen als auch praxisnahe Lösungsansätze für die Herausforderungen der Industrietransformation in Deutschland, speziell im Bereich der Forschungslandschaft in Nordrhein-Westfalen, zu erarbeiten.

Bei der Literaturanalyse werden wissenschaftliche Publikationen, Fachartikel sowie Berichte und Studien aus verschiedenen Quellen herangezogen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Sichtung von wissenschaftlichen Artikeln, die sich mit Fragestellungen im Bereich F&E bei der Industrietransformation auseinandersetzen. Neben den wissenschaftlichen Publikationen wird auch graue Literatur, also Berichte und Artikel aus Internetquellen hinzugezogen, um weitere Quellen einzubeziehen, die die Herausforderungen, Lösungsansätze und Fortschritte in anderen Ländern oder Regionen beleuchten.

Parallel zur Literaturanalyse wird die Fallstudienanalyse angewendet, um praxisbezogene Einblicke in konkrete Herausforderungen und Lösungsansätze zu erhalten (Borchardt & Göthlich, 2009).

Die Fallstudienanalyse bietet den Vorteil, dass sie spezifische Beispiele untersucht, die reale Problemstellungen aufgreifen und Lösungsansätze für bestehende Herausforderungen zeigen (Crowe et al., 2011). In diesem Zusammenhang werden vornehmlich Fallstudien ausgewählt, die sich auf erfolgreiche politische Maßnahmen konzentrieren. Auch wenn ein Schwerpunkt dieses Berichtes die Transformation der Industrie ist, wird aufgrund unzureichender Literatur kein klarer Fokus auf bestimmte Technologiepfade oder Industrien gelegt.

Eine umfassende Literaturanalyse oder die Berücksichtigung größerer Stichproben oder quantitativen Erhebungen kann in diesem Zusammenhang nicht erfolgen. Dieser Bericht ist als explorative Studie zu verstehen.

Bei der Literaturrecherche und der Fallstudienanalyse liegt der Schwerpunkt darauf, Ansätze abzuleiten, die auf Deutschland, speziell auf Nordrhein-Westfalen, übertragbar sind. Ziel ist es, Lösungen für Herausforderungen zu identifizieren, die durch Vorarbeiten im Projekt SCI4climate.NRW aufgezeigt wurden, wie etwa bürokratische Hürden und die langfristige Finanzierung von Innovationsprojekten. Durch die Untersuchung von Fallstudien aus Regionen, die vergleichbare Herausforderungen erfolgreich bewältigt haben, sollen wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die zur Entwicklung konkreter Handlungsstrategien in Deutschland beitragen. Die Beispiele bieten punktuelle Einblicke, die jeweils einen spezifischen Aspekt des Forschungsthemas hervorheben. Aufgrund dieser Fokussierung auf Einzelbeispiele kann es vorkommen, dass bestimmte Bereiche des Themas nicht hinreichend abgedeckt oder andere Perspektiven nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

Zudem soll darauf hingewiesen werden, dass es auch in Deutschland Bestrebungen und Good Practices gibt, wie die Hemmnisse überwinden werden können. Auch wenn in diesem Bericht in einigen Fällen Ansätze aus Deutschland genannt werden, soll bewusst ein Blick auf internationale Studien und Beispiele gelegt werden.

4 Erfahrungen aus anderen Ländern zur Überwindung bestehender Hemmnisse

Dieses Kapitel fasst Erkenntnisse der Literaturrecherche und der Fallstudienanalyse zusammen und gibt Einblicke, welche Strategien und Ansätze im internationalen Kontext zur Forschungsförderung und zur Überwindung bestehender Hemmnisse vorhanden sind. Dabei wurde keine Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen oder eine Auswahl anhand von definierten Kriterien vorgenommen. Es sollen vielmehr aufgezeigt werden, wie andere Länder diese Herausforderungen adressiert haben und wie die Wissenschaft diese Themen untersucht.

4.1 Tal des Todes

Ein oft benanntes Hemmnis bei Forschungsaktivitäten ist die Lücke zwischen einem frühen Entwicklungsstadium einer Innovation und einem ausgereiften Produkt, das eine Marktreife hat. In der Regel nimmt die staatliche Unterstützung durch Forschungsgelder mit zunehmender Marktreife ab, wobei die Finanzierung im Optimalfall durch private Mittel mit steigender Marktreife zunimmt. Die Zeit zwischen Grundlagenforschung und Kommerzialisierung ist allerdings sowohl für den öffentlichen Sektor als auch für Unternehmen oft wenig attraktiv, da der Nutzen häufig nicht hervorgesehen werden kann, die Investitionssumme in vielen Fällen hoch ist und auch die Akzeptanz, Nachfrage und Zuverlässigkeit oftmals offen sind (Nemet et al., 2018).

Der Begriff „Tal des Todes“ wird oft mit einem bestimmten Level an Technologiereifegrad (technology readiness level, TRL³) verbunden, der bei der Beantragung von Forschungsmitteln häufig vernachlässigt wird. Fördergelder sind in der Regel für TRL-Level 1 bis 6 oder 1 bis 7 verfügbar, wobei die weiterführende Forschung an Technologien, die grundsätzlich im Labor funktionieren, für die Erreichung der Klimaziele von entscheidender Bedeutung ist (Hirzel et al., 2018).

Dieses Hemmnis steht in engem Zusammenhang mit weiteren Herausforderungen, da auch hier Faktoren wie fehlende Finanzierung, unzureichende Risikobereitschaft, strukturelle Hemmnisse und eine unzureichende Vernetzung relevant sind. Die Förderung von Demonstrationsprojekten durch öffentliche Mittel kann dazu beitragen, dieses Hemmnis zu überwinden (Hirzel et al., 2018). Allerdings sind Studien zur Analyse von Programmen zur Schließung der Finanzierungslücke nur begrenzt verfügbar (Rasmussen & Sørheim, 2012).

Bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Überwindung des Tal des Todes betont (Ellwood et al., 2022), dass Klarheit geschaffen werden muss in Bezug auf „objectives, milestones, managing inventor expectation, investment decision criteria, and risks.“ Drei konkrete Arten von Ansätzen zur Überwindung des Tal des Todes präsentiert (Rasmussen & Sørheim, 2012):

³ Technology Readiness Level (TRL) beschreibt den Reifegrad einer Technologie auf einer Skala von 1 (Grundlagenforschung) bis 9 (Nachweis eines erfolgreichen kommerziellen Einsatzes). Es ist ein standardisiertes Bewertungssystem, das häufig in Forschung, Entwicklung und Innovationsprojekten verwendet wird. TRLs helfen dabei, den Entwicklungsstand einer Technologie transparent einzuordnen und Investitions- oder Förderentscheidungen zu unterstützen. Weiterentwickelt wurde der TRL um den „Commercial Readiness Index, der den kommerziellen Reifegrad einer Technologie bewertet und das TRL-Modell ergänzt, indem er Faktoren wie Marktfähigkeit, Geschäftsmodelle und Investorenakzeptanz berücksichtigt werden (Australian Renewable Energy Agency, 2014).

- Proof-of-Concept funding: Ziel ist es, durch Machbarkeitsstudien/industrielle Anwendbarkeit technologische Unsicherheiten zu adressieren
- Pre-seed funding: Ziel ist es, die organisatorische Unsicherheit zu adressieren und die Management- sowie Organisationsaspekte von Projekten zu verbessern (durch z.B. Erstellung eines Geschäftsmodells oder Durchführung einer Markterkundung)
- Seed funding: Ziel ist es, die Finanzierung in der frühen Entwicklungsphase sicherzustellen und das Investitionsrisiko zu minimieren

Um zu entscheiden, welche Projekte das höchste Potenzial haben, von einer Förderung zu profitieren, schlagen (Hirzel et al., 2018) ein multi-staged multi-criteria decision support system (DSS) vor, das auf Grundlage von Kriterien und einer kritischen Überprüfung die Notwendigkeit der Finanzierung bewertet.

Ein konkretes Programm, das das Hemmnis des „Tal des Todes“ adressiert, ist das 2011 gegründete Innovate UK Catapult Network. Es bietet Zugang zu modernen Forschungseinrichtungen und unterstützt die Entwicklung innovativer Ideen – von der Entwicklung bis zur Markteinführung. Mit Bezug zur Industrietransformation wurde das „High Value Manufacturing Catapult“ ins Leben gerufen, das seit der Gründung mit 30.000 Industriepartnern an innovativen Technologien arbeitet, um die Wettbewerbsfähigkeit des Vereinigten Königreichs zu stärken (UK Research and Innovation, 2023). Laut eigener Darstellung verfolgt das Programm das folgende Ziel: „We are the link between academia and industry to apply research, commercialising the UK’s most advanced manufacturing ideas and creating an environment for business to attract inward investment and compete on a global stage.“ Konkret sollen Unternehmen unter anderem bei der Technologieentwicklung, beim Aufbau der Lieferkette und durch Schulungen unterstützt werden. In den Jahresberichten werden Fakten und Projektbeispiele gezeigt (CATAPULT High Value Manufacturing, 2025).

Zur Überwindung des „Tal des Todes“ kann auch die Förderung von Start-Ups beitragen. In diesem Zusammenhang kann ein Beispiel aus Finnland genannt werden. In ELY-Zentren (Zentren für wirtschaftliche Entwicklung, Transport und Umwelt) werden Start-Ups bei den ersten Schritten zur Unternehmensgründung unterstützt. Zum Programm gehört auch die Suche nach Risikokapital oder nach geeigneten Bankkrediten. Darüber hinaus wird in Finnland bereits an Universitäten die unternehmerische Ausbildung durch entsprechende Studienmodule berücksichtigt. In diesen Modulen werden Studierende bei der Entwicklung von Geschäftsideen sowie (im Fall einer Unternehmensgründung) bei der Finanzierung, der Kommerzialisierung und der Internationalisierung unterstützt (Ministerium für auswärtige Angelegenheiten Finnlands, Abteilung für Kommunikation, 2019).

Eine Start-Up Förderung findet auch in Südkorea statt. Das Accelerator Investment-Driven Tech Incubator Program for Startup (TIPS) identifiziert und fördert vielversprechende technologieorientierte Startups, um ihnen den Einstieg in den globalen Markt zu erleichtern. Die Regierung unterstützt das Programm finanziell – auch unter bewusster Inkaufnahme möglicher Misserfolge (vgl. Hemmnis „Fehlende Risikobereitschaft“). Private Akteure - TIPS Partner, meist Angel-Investoren, Inkubatoren oder Acceleratoren – wählen geeignete Start-Ups aus, investieren in sie und begleiten sie durch Mentoring und fachliche Unterstützung. In Erfolgsfall profitieren die Partner durch Unternehmensbeteiligungen. Eine Rückzahlung öffentlicher Mittel ist dann ebenfalls vorgesehen (TIPS, o. J.).

4.2 Fehlende Planungssicherheit

Das Hemmnis der fehlenden Planungssicherheit ist vielschichtig und umfasst in diesem Bericht insbesondere die unsichere politische Rahmensetzung sowie die langfristige Finanzierung von Forschungsprojekten. Politische Rahmenbedingungen unterliegen häufig Veränderungen – beispielsweise durch das Auslaufen von Förderprogrammen oder Modifikationen gesetzlicher Vorgaben, die unter anderem auf Regierungswechsel, internationale Dynamiken oder weitere Einflussfaktoren zurückzuführen sind. Ein aktuelles Beispiel stellt der noch unzureichende Ausbau zentraler Infrastrukturen dar – insbesondere im Bereich der Strom-, Wärme-, Wasserstoff- und CO₂-Transportnetze –, der jedoch essenziell für die Transformation der Industrie hin zur Klimaneutralität ist.

Diese Unsicherheiten können dazu führen, dass Projekte an Bedeutung verlieren oder nicht weiter gefördert werden. Unternehmen und Forschungseinrichtungen sind in solchen Fällen häufig gezwungen, Projekte zu verschieben oder gar nicht erst umzusetzen (Kyaw, 2022).

Für Forscher*innen stellt dies ein erhebliches Risiko dar, da Forschungsergebnisse ins Leere laufen können, wenn sich politische Vorgaben ändern. Auch im Bereich der Finanzierung wirkt sich mangelnde Planungssicherheit negativ aus. Forschungsprojekte erfordern häufig hohe Investitionen, sowohl in Personal als auch in Infrastruktur. In der Forschungspraxis bestehen darüber hinaus weitere Unsicherheiten, etwa im Hinblick auf die Umsetzbarkeit von Förderprojekten innerhalb vorgegebener Fristen: Wenn beispielsweise Fördermittel an Umsetzungszeiträume von bis zu 36 Monaten gebunden sind – während notwendige Infrastrukturen wie Stromanschlüsse oder ausreichende Netzkapazitäten teilweise erst deutlich später, zur Verfügung stehen. Dies führt dazu, dass potenzielle Antragsteller trotz bestehender Dekarbonisierungs-Pläne faktisch vom Förderzugang ausgeschlossen sind. Notwendig erscheint hier eine vorausschauende und langfristige Planung, die unterschiedliche Planungsschritte frühzeitig berücksichtigt.

Neben konkreten Maßnahmen zur Förderung von langfristigen Forschungsaktivitäten können auch Instrumente zur Förderung von grünen Leitmärkten dazu führen, dass ein Markt für innovative Produkte, die sich in einem frühen Entwicklungsstadium befinden, entsteht. Durch eine nachhaltige öffentliche Beschaffung kann ein gesicherter Absatzmarkt für klimafreundliche Technologien geschaffen werden (Fischer & Küper, 2021; Steinmann et al., 2024), der sich positiv auf F&E auswirken kann.

Ein Programm, das das Hemmnis der fehlenden Planungssicherheit adressiert, ist der „Green Innovation Fund“ aus Japan. Dieser Fonds wurde 2021 vom Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) ins Leben gerufen und hat ein Anfangsbudget von ca. 15 Milliarden Euro (2 Billionen Yen). Verwaltet wird der Fonds von der Industrial Technology Development Organization (NEDO). Der Green Innovation Fund zielt darauf ab, Projekte mit einer Laufzeit von zehn Jahren kontinuierlich zu fördern und bietet somit eine langfristige Perspektive für Forscher*innen. Das Programm unterstützt bewusst sowohl Demonstrationsprojekte als auch Technologien, die auf den Markt gebracht werden sollen. Es werden ausschließlich große Projekte mit einer langen Laufzeit gefördert, während Projekte, die nur eine kurzfristige staatliche Unterstützung benötigen, explizit ausgeschlossen sind.

Beispiele von Technologien, die durch das Programm unterstützt werden, sind die Entwicklung von innovativen Solarzellen, der Aufbau einer groß angelegten Wasserstoffversorgungskette, die Wasserstoffnutzung in Stahlherstellungsprozessen oder die Entwicklung einer Technologie zur Herstellung von Beton und Zement unter Verwendung von CO₂ (New Energy and Industrial Technology

Development Organization, 2023). Am Beispiel der Wasserstoffnutzung in Eisen- und Stahlherstellungsprozessen werden die Effekte deutlich: Bis zum Jahr 2030 soll die Technologie (COURSE50) zum Einsatz kommen und etwa 2 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen (bei Kosten in Höhe von etwa 450 Milliarden Yen).

Ein weiteres Projekt ist Co-Creation Business Finland Programm, das Unternehmen und Forschungseinrichtungen in Finnland fördert, um gemeinsam neue Forschungsideen zu bearbeiten mit dem Ziel, „to create significant international business opportunities“. Es werden Projekte bis maximal 100.000 Euro gefördert (Business Finland, o. J.). Ergänzend zum Co-Creation Programm wurde die Co-Innovation Förderung eingeführt, um eine Anschlussfinanzierung zu ermöglichen. Hierbei stehen insbesondere die Exportpotenziale im Vordergrund (Business Finland, o. J.).

Ebenfalls auf das Hemmnis der fehlenden Planungssicherheit zielen Carbon Contract for Difference ab, die bereits in Deutschland umgesetzt werden und „Industrieunternehmen dabei [unterstützen], große, klimafreundliche Produktionsanlagen zu errichten und zu betreiben, die sich andernfalls noch nicht rechnen würden (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2025). Auch der Inflation Reduction Act aus den USA hat neben Steuergutschriften und finanzielle Anreize zur Nutzung klimafreundlicher Technologien einen „advanced energy project credit“ vorgesehen in Höhe von 10 Milliarden US-Dollar, um fortschrittliche Technologien weiter zu fördern. Laut (US Department of Energy, o. J.) werden damit unter anderem „clean energy manufacturing and recycling projects“, „industrial decarbonization projects“ und „critical material projects“ gefördert.

4.3 Fehlende Risikobereitschaft

Ein Bericht der OECD aus dem Jahr 2021 bestätigt die Forderung der wissenschaftlichen Community, „high-risk/high-reward“ (HRHR) Forschung stärker zu fördern, also die Forschungsaktivitäten, die mit einem hohen Risiko verbunden sind, aber auch mit einem hohen potenziellen Nutzen (OECD, 2021).

In dem Bericht werden auch Politikempfehlungen ausgesprochen, wie die Notwendigkeit einer langfristigen politischen Unterstützung risikoreicher Forschungsprojekte, die Formulierung von klaren Verbindlichkeiten und Leitlinien zur HRHR-Forschung und eine Fehler- und Risikotoleranz gegenüber Misserfolgen. In einem Bericht der (Council of Canadian Academies, 2021) wurde zu konkreten Umsetzung empfohlen, die Kriterien zur Bewertung von Anträgen und Projektskizzen zu prüfen und ggf. mit neuen Kriterien zu hinterlegen, da sich die üblichen Maßstäbe häufig für HRHR-Forschungsanträge nicht eignen würden. Auch wurde die Möglichkeit diskutiert, im Reviewverfahren einen anonymen „double-blind process“ umzusetzen oder Reviewern ein „golden ticket“ zur Verfügung zu stellen, um Projektideen, die im Bewertungssystem eigentlich durchgefallen wären, noch eine Chance für eine Finanzierung zu geben (Council of Canadian Academies, 2021).

Ein konkretes Ziel zum Einsatz von Mitteln für HRHR-Forschung wurde in den USA mit dem COMPETES Act von 2007 formuliert. Dort heißt es, dass „each executive agency conducting research in STEM fields should strive to support and promote innovation by setting a goal of allocating an appropriate percentage of its basic research budget toward funding high-risk, high-reward research (United States Government Accountability Office, 2010). Wird ein Ziel formuliert, sollte jährlich berichtet werden, ob dieses auch tatsächlich erreicht wurde. HRHR wird in diesem Zusammenhang durch drei Merkmale definiert:

1. Es müssen grundlegende wissenschaftliche oder technische Herausforderungen adressiert werden,
2. es muss multidisziplinär gearbeitet werden und

3. das Projekt muss einen hohen Innovationsgrad aufweisen.

Die Agencies, die mit der Förderung von Forschungsprojekten beauftragt wurden, kritisierten allerdings Probleme bei der HRHR-Definition und bei der Abgrenzung zu anderen Forschungsaktivitäten. Klare Ziele waren schließlich nur die Ausnahme. Im Jahr 2022 wurde der COMPETES Act überarbeitet, hat aber weiterhin das Ziel, Innovationen durch einen Mix an Maßnahmen zu unterstützen (OECD, 2021). Auch die Advanced Research Projects Agency-Energy aus den USA finanziert HRHR Projekte. Im Programm ist vorgesehen, Unternehmen finanziell, durch technische Beratung und durch Marktkennntnis zu unterstützen. Das Technology-to-Market (T2M) Team unterstützt bei der Netzwerkarbeit zwischen Industrie, Politik und Forschung (Advanced Research Projects Agency - Energy, o. J.).

Bei der Suche nach Evaluationen von Förderprogramme, die einen Fokus auf innovative Ideen haben und mit einem hohen Risiko verbunden sind, musste festgestellt werden, dass hier nur wenige Studien zur Verfügung stehen, womit es schwierig ist, good practices auszuwählen. Die OECD bestätigt dies und weist auf bestehende methodische Schwächen bei der Bewertung der Projekte hin (die zum Teil erst deutlich später eine Wirkung entfalten).

Ein Beispiel, das in dem OECD-Bericht genannt wird, um das Hemmnis der fehlenden Risikobereitschaft zu adressieren, ist das „OH Risque“ Programm aus Frankreich, das 2014 einmalig umgesetzt wurde. Laut Agence Nationale de la Recherche sollte mit OH Risque das Ziel verfolgt werden, „involving a very high level of scientific risk but with strong potential for scientific, technological and possible economic impact“. Im Call for Proposals wurde es noch einmal durch folgende Formulierung unterstrichen: „offering bold researchers the necessary funds to start exploring innovative concepts or new paradigms with very high potential“.

Projekte wurden zunächst über einen Zeitraum von zwei Jahren gefördert und anschließend bewertet. Mit einer positiven Bewertung konnte der Förderzeitraum auf weitere zwei Jahre ausgedehnt werden, wobei hier verbindliche Entscheidungsmeilensteine festgelegt wurden (Agence Nationale de la Recherche, 2014).

Neben den genannten Programmen gibt es weltweit weitere Beispiele für Maßnahmen, die ebenfalls das Hemmnis der fehlenden Risikobereitschaft adressiert

- Mit dem ‚Transformative Research Technologies Programm (TRT)‘ aus dem Vereinigten Königreich sollen kleine und kurze Pilotstudien mit hohem Risiko und hohem Nutzen unterstützt werden. Insbesondere die Technologien sollen dabei erforscht werden, für die bislang nur wenige oder keine belastbaren Daten vorliegen. Dabei wird explizit gesagt, dass keine fertige Technologie erwartet wird, sondern ein Proof-of-Concept oder ein Prototyp (UK Research and Innovation, 2024).
- Das ‚EIC Pathfinder Programm‘, das im Rahmen von Horizon Europe umgesetzt wird, finanziert Projektteams, die sich aus mindestens drei Ländern zusammensetzen, um Grundlagenforschung zu betreiben und Projekte in der frühesten Phase wissenschaftlicher, technologischer oder Deep-Tech Forschung zu fördern (TRL 1-3, „high-risk/high-gain breakthrough research that provides the foundations of the technology that you envisioning“). Neben der Zuschussfinanzierung gibt es auch eine Unterstützung durch Coaches, Mentoren, Schulungen und Kontakt zu globalen Partnern (European Innovation Council, o. J.).

Auch aus Deutschland kommt mit der Initiative „Experiment!“ ein Ansatz, der „radikal neue Forschungsvorhaben aus den Natur-, Ingenieur-, und Lebenswissenschaften“ unterstützen soll. Die Volkswagen Stiftung hat ein Auswahlverfahren für Projektanträge etabliert, bei denen dreiseitige Kurzanträge eingereicht werden, die dann von einem Team bewertet werden (von ca. 600 Anträgen werden 120-140 Anträge als grundsätzlich förderwürdig ausgewählt). Davon erhalten 15 bis 20 Anträge direkt eine Förderung. Zudem kommen alle Anträge in eine Lostrommel, die zufällig Anträge auswählt, die schließlich gefördert werden. Laut Begleitforschung genießt dieses Vorgehen eine hohe Akzeptanz bei den Forscher*innen (Röbbecke & Simon, o. J.).

4.4 Finanzielle Hemmnisse

Ein zentrales Hemmnis für eine zukunftsorientierte Forschungslandschaft stellt der Mangel an ausreichenden finanziellen Ressourcen dar – sowohl im Bereich der öffentlichen Forschungsförderung als auch auf Seiten der Unternehmen. Diese Problematik zeigt sich insbesondere in Feldern mit hoher gesellschaftlicher Relevanz, wie der industriellen Dekarbonisierung, wo komplexe technologische Entwicklungen, lange Innovationszyklen und erhebliche Investitionen erforderlich sind. Die Folgen unzureichender Finanzierung betreffen dabei nicht nur die Anzahl und Qualität der geförderten Projekte, sondern haben auch Einfluss auf weitere Hemmnisse, wie die Planungssicherheit.

Auf staatlicher Ebene führen Haushaltsrestriktionen, Prioritätenverschiebungen und politisch bedingte Unsicherheiten dazu, dass Förderprogramme unterfinanziert werden oder keine Gelder für bestimmte Forschungszweige zur Verfügung gestellt werden. Dies führt dazu, dass viele potenziell vielversprechende Innovationsprojekte gar nicht erst initiiert oder vorzeitig eingestellt werden.

Um dem Hemmnis fehlender finanzieller Mittel wirksam zu begegnen, sind verschiedene Lösungsoptionen denkbar, die auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen. Auf politisch-institutioneller Ebene könnten neue oder reformierte Förderprogramme geschaffen werden, die langfristiger angelegt sind, höhere Flexibilität in der Mittelverwendung ermöglichen und gezielt interdisziplinäre oder risikoreiche Projekte adressieren (OECD, 2019).

Ein weiterer vielversprechender Ansatz besteht in der besseren Verzahnung von öffentlicher und privater Finanzierung durch hybride Fördermodelle, bei denen öffentliche Mittel die unternehmerische Investitionsbereitschaft gezielt stimulieren. Insbesondere können hier Programme aus den USA genannt werden. Es sind zahlreiche Beispiele vorhanden, die zeigen, wie private und öffentliche Mittel gemeinsam eingesetzt werden, um eine Technologie zu fördern oder eine Forschungsfrage zu bearbeiten. Ein Beispiel ist das Advanced Manufacturing Tax Credit Program. Das Programm ermöglicht es Unternehmen, steuerliche Anreize zu erhalten, wenn sie Kapital in innovative Fertigungstechnologien investieren. Unternehmen erhalten Steuererleichterungen, die an die Höhe ihrer Investitionen in fortschrittliche Fertigungstechnologien gebunden sind (IRS, 2024).

Ein weiterer Ansatz sind Steuererleichterungen für Forschungseinrichtungen. Kanada verfolgt mit dem „Scientific research and experimental development“ Programm laut (PwC, 2024a) den Ansatz, „current expenditures on SR&ED can be deducted in the year incurred or carried forward indefinitely to be used at the taxpayer's discretion to minimise tax payable“. Dieses wird in Form von Abzügen bei dem Einkommen oder durch Investitionssteuergutschriften umgesetzt (Government of Canada, 2023). In Frankreich können Forschungsinstitute ebenfalls von Steuererleichterungen profitieren. Hier werden Steuergutschriften auf Grundlage von definierten Kriterien festgelegt und entsprechen 30 % der Summe der Ausgaben bis zu 100 Mio. Euro. Steuergutschriften können bei der Grundlagenforschung,

der angewandten Forschung und bei der experimentellen Entwicklung genutzt werden (Beispiele sind Gehälter von Forscher*innen oder Betriebskosten) (PwC, 2024b).

4.5 Fehlende Interdisziplinarität und Vernetzung

Auch wenn die Zusammenarbeit von Forscher*innen unterschiedlicher Disziplinen mit Herausforderungen verbunden ist, gerade wenn Naturwissenschaftler*innen, Ingenieur*innen und Geisteswissenschaftler*innen zusammen arbeiten (Newman, 2024), gibt es weltweit viele Studien, die sich mit den Vorteilen und der Relevanz von interdisziplinärer Forschung beschäftigen (Misra, 2024; Vladova et al., 2025). Diese umfassen die Notwendigkeit aufgrund immer komplexer werdender Probleme, den Wechsel der Perspektiven, die Weiterentwicklung der eigenen Fachgebiete und die Motivation der

Forscher*innen. Beispielsweise wurde in einer Umfrage mit Hochschulleitungen festgestellt, dass es als vordringliche Aufgabe verstanden wird, Rahmenbedingungen für interdisziplinäre Forschung zu schaffen (Wissenschaftsrat, 2020). Demnach wird Interdisziplinarität mit einer Wissens- und Erkenntnisdynamik und mit einem größeren Innovationspotenzial in Verbindung gebracht. Literatur, die einen klaren Fokus darauf hat, wie Interdisziplinarität bei der Forschungsförderung umgesetzt wird, ist allerdings weitaus weniger vorhanden (Newman, 2024). Ein Grund kann darin liegen, dass bereits heute viele Forschungsprogramme und Politikmaßnahmen einen Wert auf Interdisziplinarität legen und es daher oftmals Teil von Forschungsprojekten ist. Laut Bundesministerium für Bildung und Forschung bezieht sich die Fördertätigkeit des Bundes in über 90 Prozent der Fälle auf interdisziplinäre Verbundvorhaben (Wissenschaftsrat, 2020).

Eine Studie, die sich mit den Rahmenbedingungen für interdisziplinäre Forschung beschäftigt ist (Lyll et al., 2013), die einen großen Einfluss von interdisziplinärer Forschung bei den Entscheidungen von Fördermittelgebern sehen. In der Studie werden Empfehlungen ausgesprochen, wie u.a. die Schulung von Mitarbeitenden in Begutachtungsprozessen, um tatsächlich die festgelegten Ziele und Kriterien an interdisziplinärer Forschung bewerten zu können. Zudem heben sie hervor, dass es ein langfristiger Prozess ist, interdisziplinäre Kapazitäten aufzubauen.

Damit einher geht die schwierige Suche nach konkreten Good Practices. Zwar sind einzelne Fallstudien zu interdisziplinär angelegten Forschungsprojekten durchaus vorhanden und geben Einblicke in die Arbeit in einem Team mit vielen Partner*innen (siehe z.B. (Gardner, 2012)), allerdings gibt es kaum Berichte, die einen Fokus auf Politikinstrumente zur Förderung interdisziplinärer Forschung legen (Leišytė et al., 2022). (Leišytė et al., 2022) sind dieser Frage nachgegangen und haben deutsche Hochschulen untersucht mit dem Ergebnis, dass Hochschulgesetze und individuelle Vereinbarungen eine relevante rechtliche Grundlage dienen, um Ziele zu formulieren und strukturelle Vorgaben (wie fächerübergreifende Doktorandenausbildung) umzusetzen.

Hinweise zu Politikempfehlungen können darüber hinaus anhand von Herausforderungen, die in den Studien zu interdisziplinärer Forschung analysiert werden, gewonnen werden. Vorneweg spielen hier die höheren Kosten eine relevante Rolle, da es aufwändiger sein kann, mit Personen zusammenzuarbeiten, die nicht in derselben Disziplin tätig sind und unterschiedliche Methoden anwenden. Auch wird erwähnt, dass Gutachter*innen von Forschungsanträgen häufig nicht ausreichend Erfahrung mit der Bewertung von interdisziplinären Projekten mitbringen, insbesondere wenn sie in einer bestimmten Disziplin zuhause sind. Als förderlich wird eine lange Projektlaufzeit genannt, da interdisziplinär angelegte Projekte in der Regel länger brauchen, sowie die Berücksichtigung von Schulungen und Trainings, um die verschiedenen disziplinären Perspektiven

miteinander zu verbinden (Newman, 2024; Vladova et al., 2025). (Vladova et al., 2025) fasst die Voraussetzungen zusammen, indem sie sagen, dass „more time for formal and informal exchanges between researchers, long-term support for IDR projects, better instruments and methods to evaluate IDR, in particular in performance evaluation and the appointment of academic staff, and more research on how to best design IDR projects to improve the interdisciplinary problem-solving abilities of individual academics. Lastly, the growing interest in IDR is likely to lead to enhanced training and greater experience for those involved.“

Ein Beispiel aus Europa ist das Horizon Europe Programm, das empfiehlt, ein multidisziplinäres Konsortium aufzubauen, das aus Partner*innen verschiedener Länder besteht, um komplementäres Fachwissen in der Forschung zusammenzubringen (European Commission, 2023). Ein anderes Beispiel kommt aus der Schweiz. Das Sinergia-Programm fördert die Zusammenarbeit von zwei bis vier Forschungsgruppen, die bahnbrechende Forschungsergebnisse („breakthrough research“) in Aussicht stellen (Schweizerischer Nationalfonds, 2023). Mit dem ‚Campus for research excellence and technological enterprise‘ wurde in Singapur eine Institution aufgebaut, die sich nicht klassisch in Disziplinen aufgliedert, sondern in Forschungszentren, die an konkreten Fragestellungen arbeiten und sich aus internationalen Partner*innen und aus unterschiedlichen Disziplinen zusammenstellt (CREATE, o. J.).

In Großbritannien werden im Bereich der „Transformativen Forschung“ so genannte Sandpit Workshops mit Personen aus unterschiedlichen Disziplinen und mit unterschiedlichen persönlichen Eigenschaften (Risikobereitschaft, Kommunikationsfähigkeit, Kreativität) durchgeführt „to drive radical approaches to address research challenges“. Insbesondere die Nutzer*innen der Forschungsergebnisse sollen bei diesem Prozess beteiligt werden. Im Verlauf des Workshops wird darauf geachtet, dass die Teilnehmer*innen eine gemeinsame Sprache finden und ein kreativer, innovativer Denkprozess angeregt wird. Zunächst werden Leitbilder entwickelt und die Fragestellung präzisiert. Mithilfe von Mentoren und Moderatoren entstehen Ideen zur Problemlösung, die abschließend bewertet und strukturiert werden (UK Research and Innovation, 2021).

4.6 Diskrepanz zwischen Wissenschaft und Wirtschaft

Laut (Vanino, 2023) haben Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen das Potenzial, Innovationen zu beschleunigen, Wissenstransfer zu fördern und wettbewerbsfähige Lösungen für gesellschaftliche und technologische Herausforderungen zu entwickeln. Allerdings stellt der Autor auch Herausforderungen dar, wie die Suche nach geeigneten Partner*innen, der Koordinierung und Verwaltung der Netzwerke und opportunistisches Verhalten. Auch wenn das Themenfeld noch Forschungslücken aufweist und insbesondere Good Practices schwer zu finden sind, sind eine Reihe internationaler Studien zur Analyse der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft (University Industry Collaborations, UIC) bzw. zur Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik (Triple Helix, TH) vorhanden (Ankrah & AL-Tabbaa, 2015; Awasthy et al., 2020; Bastos et al., 2021; Hajrizi & Berisha-Shaqiri, 2024) und bieten Analyseergebnisse zur Umsetzung von Forschungsk Kooperationen. Auch in Deutschland sind hier zahlreiche Beispiele zu finden, wie das HIC – Hydrogen Innovation Centre, das eine Brücke schlagen möchte zwischen „wissenschaftlicher Forschung, dem Transfer hin zu disruptiven Wasserstoff-Technologien und einer breiten industriellen Wertschöpfung durch die Zulieferindustrie“ (HZwo e.V., o. J.). Mit Blick auf Erfolgsfaktoren von Kooperationsaktivitäten, wurden bereits zahlreiche Artikel veröffentlicht (Ankrah & AL-Tabbaa, 2015; Barnes et al., 2002; O’Dwyer et al., 2023; Ramli & Senin, 2021; Rybnicek & Königgruber, 2019). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass langjährige Erfahrungen mit

Kooperationen, Kommunikationsfähigkeiten, die Entwicklung eines gemeinsamen Zieles/Vision, die Bereitschaft für Veränderungen, finanzielle Unterstützung, Anerkennung, Managementfähigkeiten sowie (flexible) Regelungen zum Umgang mit geistigem Eigentum zum Erfolg von Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft beitragen.

Mit Blick auf die Rahmenbedingungen stellen (Awasthy et al., 2020; Rybnicek & Königsgruber, 2019) heraus, dass insbesondere die langfristige staatliche Unterstützung, rechtliche Beschränkungen, formelle Vereinbarungen und das Marktumfeld die Kooperationen fördern oder behindern können. Bestehende Netzwerke, Kommunikationskanäle und finanzielle Anreize können die gemeinsame Projektarbeit erleichtern, jedoch können rechtliche Bestimmungen und unklare Ziele und Marktunsicherheiten die Zusammenarbeit erschweren (zum Beispiel zur Regelung des geistigen Eigentums).

Ein konkretes Beispiel, das in diesem Zusammenhang analysiert wurde, kommt aus Malaysia. In dem Land wurden Politikmaßnahmen eingeführt, die eine Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft fördern (Ramli & Senin, 2021; Rasiah & Govindaraju, 2009). Im Jahr 2011 wurde das „Knowledge Transfer Partnership Programme“ eingeführt, das den Wissenstransfer zwischen Forschungsinstituten, der Industrie, Regierungsbehörden und der NGOs fördern soll. Dazu zählen Schulungen, gemeinsame Forschungsaktivitäten und Konferenzen. Zudem werden Trainingsprogramme angeboten, um voneinander zu lernen und zukünftige Berufsmöglichkeiten der Absolvent*innen zu verbessern. Mit dem Konzept der „Research Universities“ werden malaysische Universitäten ausgewählt, die sich besonders durch auszeichnen, dass sie einen starken Fokus auf Forschung und Innovationen haben und die Kommerzialisierung der Ideen stets mit im Blick haben (Sheriff & Abdullah, 2017).

(Salleh & Omar, 2013) haben in dem Zusammenhang nicht nur Kooperation zwischen Unternehmen und Universitäten in Malaysia analysiert, sondern auch die Möglichkeiten der Politik untersucht. Sie empfehlen, dass die Politik Anreize (z.B. in Form von Zuschüssen) schaffen sollte, um Kooperationen zu ermöglichen, Stipendien für Doktorand*innen bereitstellen sollte, die Stärken der einzelnen Universitäten identifizieren und geeignete Kooperationsmöglichkeiten finden sollte sowie eine aktive Rolle (z.B. in Form einer Teilnahme an einem Hochschul-/Industrierat) einnehmen sollte.

Ein weiteres Beispiel kommt aus der EU: Die Knowledge and Innovation Communities (KICs) des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts (EIT) sind themenspezifische Partnerschaften, die Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft sowie von NGOs vereinen. Ein Ziel ist es, den Wissens- und Technologietransfer zu fördern, indem Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle überführt werden. Durch die enge Zusammenarbeit von Unternehmen und Forschungseinrichtungen sollen die KICs einen entscheidenden Beitrag zur europäischen Innovationskraft leisten (European Institute of Innovation & Technology, o. J.). Auch in anderen Ländern wird die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen mit der Industrie gefördert wie in Singapur mit dem „Industry Alignment Fund – Industry Collaboration Project (IAF-ICP), das einen Fokus auf ökonomischen Impact und die Entwicklung von innovativen Lösungen setzt (scientific RESEARCH, o. J.) oder in Schweden mit dem „RISE Research Institutes of Sweden“, das mit internationalen Kollaborationen von Industrie, Forschung und dem öffentlichen Sektor die Wettbewerbsfähigkeit Schwedens fördert (RISE, o. J.).

4.7 Strukturelle Hemmnisse

Strukturelle Hemmnisse stellen eine oft unterschätzte, aber entscheidende Herausforderung für erfolgreiche Forschung dar. Sie betreffen nicht die Inhalte der Forschung selbst, sondern die Rahmenbedingungen, unter denen Wissenschaftler*innen arbeiten. In diesem Bericht fassen wir damit unter anderem unzureichende Digitalisierung, übermäßige Bürokratie bei Antragstellung und Projektumsetzung, sowie umfangreiche Informations- und Dokumentationspflichten zusammen, wobei diese Liste nicht vollständig ist und noch weiter ausgeführt werden könnte. Insbesondere mittelständische Unternehmen sind von regulatorischen Anforderungen betroffen, da in vielen Fällen nur große Unternehmen die Ressourcen bereitstellen können, um sich auf regulative und bürokratische Anforderungen vorzubereiten (Attar et al., 2015).

Umfassende Förderanträgen sind zum Teil sehr arbeitsintensiv und mit einem hohen Aufwand verbunden, wobei hier unterschieden werden muss zwischen der kreativen Arbeit zur Formulierung einer Forschungsfrage und der Zeit, die benötigt wird, um die administrativen Anforderungen zu erfüllen. Zwar muss berücksichtigt werden, dass umfassende Unterlagen dabei helfen, fundierte Förderentscheidungen zu treffen, jedoch wird der Aufwand an Zeit und Ressourcen in der Literatur als sehr hoch eingestuft (Council Of Canadian Academies, 2021). Gerade wenn dieser Faktor mit niedrigen Erfolgsquoten einhergeht, ist dies relevant. Um den administrativen Aufwand zu reduzieren, wurden in der Studie des Council Of Canadian Academies internationale Beispiele auf erfolgsversprechende Ansätze untersucht, von denen ausgewählte Ansätze im Folgenden kurz vorgestellt werden:

- Reduzierung der Anzahl der Projektanträge pro Antragsteller durch Obergrenzen
- Mehrstufige Bewerbungsverfahren: Dadurch können ungeeignete Anträge bereits frühzeitig aussortiert werden und die Informationspflichten, die dann mit den erfolgreichen Anträgen, steigern kann, verringert werden. Hier muss allerdings berücksichtigt werden, dass es für Programmverantwortlichen oftmals ein hoher Aufwand ist, alle Anträge zu sichten und die Möglichkeit, Rückmeldung zum Forschungsansatz zu erhalten bei mehrstufigen Verfahren oft sehr begrenzt ist.
- Selbstevaluation der Förderanträge: Hier werden die Antragsteller gebeten, andere Skizzen zu prüfen

Ein konkretes Beispiel, um bürokratische Hemmnisse zu überwinden, ist das Simpler and Better Funding (SBF) Programm der UK Research and Innovation. Grundlage für die neuen Überlegungen zum Bürokratieabbau ist eine Studie im Jahr 2022, die die Hürden bei der Antragstellung identifiziert hat (Tickell, 2022). Diese Studie hat sieben Prinzipien entwickelt, um unnötige Bürokratie abzubauen:

- Harmonisierung: Reduzierung des Verwaltungsaufwands
- Vereinfachung: Reduzierung der Komplexität
- Verhältnismäßigkeit: Ein angemessenes Verhältnis zwischen Verpflichtungen und Nutzen
- Flexibilität: Exzellenz unterstützen und Offenheit gegenüber neuen Ideen
- Transparenz: Gründe für Bürokratie kommunizieren
- Fairness: Ansätze und Prozesse sollten eine faire Behandlung nicht untergraben
- Dauerhaftigkeit: Schaffung eines langfristigen, effizienten Systems

Einige Ansätze, die in der Studie vorgeschlagen wurden, werden bereits umgesetzt oder getestet, wie ein einheitlicher Fragenkatalog, digitale Plattformen und klare Bewertungskriterien und die die Prüfung, ob (und wann) bestimmte Informationen tatsächlich benötigt werden (UK Research and Innovation, 2022).

Strukturelle Hemmnisse lassen sich zudem durch klare Verantwortlichkeiten überwinden. Eine zentrale Agentur, die im Bereich F&E und speziell bei der Innovationsförderung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen in Israel unterstützt, ist die Israel Innovation Authority. Laut eigener Aussage verfolgt die Behörde das Ziel, „to strengthen the innovation ecosystem and promote innovation, entrepreneurship, and disruptive technologies as leverage for inclusive and sustainable economic growth“. Mehrere Hemmnisse werden mit der Einrichtung adressiert, wie „fehlende Risikobereitschaft“, „finanzielle Hemmnisse“ und „fehlende Planungssicherheit“. In der „Startup Division“ werden Unternehmen in der Frühphase unterstützt und bei der Entwicklung einer Idee bis zum kommerziellen Produkt unterstützt. Durch ausgewählte ‚Venture Incubators‘ werden Möglichkeiten geschaffen für Risikokapitalgründungen und Frühphaseninvestitionen sowie für Beratungen in relevanten Bereichen (technologische, finanzielle, operative Fragen) (Israel Innovation Authority, o. J.-d). Auch eine Anschlussfinanzierung kann bei bestimmten Programmen realisiert werden (Israel Innovation Authority, o. J.-a). In der „Growth and Advanced Manufacturing Division“ werden internationale Unternehmen gefördert, um in Israel Forschungsarbeiten umzusetzen und Arbeitskräfte zu schaffen. Zudem werden sowohl die Entwicklung von Technologien als auch Hochrisikoprojekte mit einem Anteil von 20% bis 50% der F&E-Ausgaben gefördert werden, um die Umsetzbarkeit im industriellen Maßstab und bei relevanten Kund*innen zu prüfen. Das Risiko soll damit minimiert werden, wobei bei einer erfolgreichen Durchführung ein Teil zurückgezahlt werden muss (Israel Innovation Authority, o. J.-b). Weiterhin ist eine professionelle Beratung vorgesehen, um Ideen zu entwickeln, Probleme im Produktionsprozess zu erkennen, die technologische Machbarkeit zu demonstrieren (Israel Innovation Authority, o. J.-c).

5 Implikationen für NRW

Deutschland nimmt weltweit mit 3,1 % des BIP eine führende Rolle bei der Forschungsförderung ein (Destatis, 2022), wobei NRW hierbei die Spitzenposition im Bundesvergleich einnimmt (Destatis, 2024). Diese Investitionen tragen zur Entwicklung einer umfangreichen Forschungslandschaft bei: Mit 68 Hochschulen, darunter zwei Exzellenzuniversitäten und zehn Exzellenzclustern allein im Rheinland, bietet das Land Voraussetzungen für Wissenschaft und Innovation. Zudem ist NRW Heimat von Einrichtungen der Max-Planck-Institute, der Fraunhofer-Institute, der Helmholtz-Gemeinschaft und der Leibniz-Institute sowie des Forschungszentrums Jülich (Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, o. J.). Darüber hinaus verfolgt NRW mit der Innovationsstrategie das Ziel, den Forschungsstandort weiter zu fördern und verfügt über leistungsstarke Innovationscluster, wie BIO.NRW im Bereich der Biotechnologie oder IN4climate.NRW, das Wissenschaft, Wirtschaft und Politik für eine klimaneutrale Industrie zusammenbringt (Fluchs et al., 2021). Reallabore, wie sie u.a. im Rheinischen Revier entstehen, liefern praxisnahe Räume für die Energiewende.

Trotz dieser günstigen Rahmenbedingungen bestehen weiterhin Hemmnisse, die in den geführten Interviews bestätigt wurden und die durch gezielte Maßnahmen weiter abgebaut werden sollten. Im Folgenden werden zentrale Herausforderungen sowie mögliche Lösungen skizziert.

Bei der Überwindung des Hemmnisses „Tal des Todes“ spielen mehrere Faktoren eine Rolle, um die Phase zwischen der Entwicklung einer neuen Technologie und Kommerzialisierung zu überwinden. Dazu zählen die kontinuierliche Sicherung einer Finanzierung, aber auch die Unterstützung bei organisatorischen Fragen und bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen. Ansätze, die in NRW bereits vorhanden sind, wie die Initiative Start-up Transfer.NRW sollten weiterverfolgt und ausgebaut werden. Aus den internationalen Beispielen wurden die Coaching-Angebote als Erfolgsfaktor hervorgehoben, das oft zentral organisiert und durchgeführt wird. Zudem kann es erfolgsversprechend sein, unterschiedliche Perspektiven bei den Trainings zu berücksichtigen, indem Beteiligte aus unterschiedlichen Projekten und Disziplinen zusammen eine Fragestellung bearbeiten oder die Perspektiven wechseln. Bei der fehlenden Planungssicherheit spielt ebenfalls die Finanzierung der Forschungsaktivitäten eine Rolle. Insbesondere die langfristige Finanzierung ist für Forschungsakteure häufig notwendig, um umfassend und intensiv an einer bestimmten Fragestellung oder der Entwicklung einer Technologie zu arbeiten. Ein Beispiel für eine erfolgreiche Lösung dieses Problems ist der „Green Innovation Fund“ aus Japan. Durch die Bereitstellung langfristiger Fördermittel über einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren gibt dieses Programm Unternehmen und Forschungseinrichtungen die nötige Planungssicherheit, um Projekte von hoher Tragweite langfristig umzusetzen. In Deutschland, und insbesondere in Nordrhein-Westfalen sind langfristig angelegte Projekte zwar vorhanden (wie das über zehn Jahre laufende Carbon2Chem Projekt), sollten aber (auch bei Projekten mit einem geringen Volumen) noch stärker umgesetzt werden, um Unternehmen und Forschungseinrichtungen die nötige Sicherheit zu geben, in disruptive Technologien zu investieren, ohne sich mit kurzfristigen politischen oder finanziellen Unsicherheiten auseinandersetzen zu müssen.

Mit den bereits genannten Hemmnissen hängt auch die fehlende Risikobereitschaft zusammen. Die Förderung von high-risk/high-reward Forschung, die mit hohen Unsicherheiten verbunden ist, hat das Potenzial für bahnbrechende wissenschaftliche und technologische Durchbrüche. Der „COMPETES Act“ aus den USA, der seit 2007 darauf abzielt, einen festgelegten Anteil des Forschungsbudgets für risikobehaftete Projekte bereitzustellen, sollte auch als Option für die Forschungsförderung in NRW geprüft werden inklusive der Definition von klaren Kriterien, um riskante Projekte zu identifizieren.

Damit könnte high-risk/high-reward-Forschung noch stärker in den Fokus gelangen. Auch weitere innovative Ansätze, wie die „Experiment!“-Initiative der Volkswagen Stiftung eignen sich, um bestehende Strukturen zu durchbrechen und unkonventionelle Lösungen zu ermöglichen.

Bei allen Forschungsprojekten, die umgesetzt werden, spielt die Finanzierung eine Rolle. Dieser Faktor hängt mit vielen weiteren Hemmnissen zusammen und ist entscheidend, um Fragestellungen zu bearbeiten, wie die Dauer eines Projektes oder die interdisziplinäre Ausrichtung des Forschungsansatzes. Neben der öffentlichen Förderung spielen aber auch private Gelder eine Rolle. Weltweite Ansätze, wie z.B. mit privaten Investoren kooperiert werden kann und wie innovative Anreize zur Finanzierung aussehen können, lassen sich auch auf NRW übertragen. Zum einen könnten bestimmte Programme noch stärker darauf ausgerichtet werden, private Investoren zu mobilisieren, zum anderen kann es sinnvoll sein, Plattformen für den Austausch zwischen Forschung und Kapitalgebern zu schaffen.

Dass die interdisziplinäre Forschung ein Erfolgsfaktor bei Forschungsprojekten darstellt, wurde von zahlreichen Studien belegt. Gerade in den Bereichen der Dekarbonisierung sind technische, ökonomische, gesellschaftliche und politische Fragestellungen miteinander verflochten, was einen interdisziplinären Ansatz notwendig macht. In Deutschland gibt es bereits Programme, die interdisziplinäre Zusammenarbeit unterstützen. So wird in über 90 % der Forschungsförderung des Bundes interdisziplinäre Zusammenarbeit vorausgesetzt. Dennoch bleibt die tatsächliche Umsetzung von interdisziplinären Projekten oft eine Herausforderung. Langfristige Unterstützung, die flexible Projektstruktur, cross-disciplinary trainings und die Schaffung von speziellen Bewertungskriterien, sind notwendige Voraussetzungen, um die Komplexität und das Innovationspotenzial solcher Vorhaben zu fördern und auszuwerten.

Auch wenn die gemeinsame Forschung über Disziplinen hinweg bei vielen Fragestellungen als Erfolgsfaktor bereits umgesetzt wird (wie beispielsweise im Projekt „Innovations- und Technologiezentrum zur stofflichen Nutzung nachhaltiger Kohlenstoffquellen“, bei dem RWE, Fraunhofer UMSICHT und die Ruhr-Universität Bochum zusammenarbeiten), so wurde in den Interviews weiterhin eine Diskrepanz zwischen Wissenschaft und Wirtschaft festgestellt. Ein zentraler Erfolgsfaktor für solche Kooperationen ist ein gemeinsames Ziel und eine Vision der Partner*innen, die Zusammenarbeit auf eine klare und nachhaltige Basis zu stellen. Politische Maßnahmen, die Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft fördern, müssen zum Beispiel transparente Regeln für den Wissenstransfer und die Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen beinhalten. Dies könnte durch öffentliche-privat Partnerschaften (Public-Private Partnerships, PPPs) und spezifische Förderprogramme, wie sie in verschiedenen internationalen Kontexten bereits existieren, unterstützt werden.

Schließlich sind auch strukturelle Hemmnisse dafür verantwortlich, dass Forschungsprojekte nicht erfolgreich durchgeführt werden. Diese Hemmnisse betreffen vor allem die Rahmenbedingungen der Forschung und nicht direkt den Inhalt der Forschung selbst. Insgesamt kann festgehalten werden, dass digitale Plattformen, mehrstufige Bewerbungsverfahren, Selbstevaluationen und klare Bewertungskriterien, dabei helfen können, den gesamten Prozess transparenter und effizienter zu gestalten. Besonders im Bereich der Dekarbonisierung ist es entscheidend, dass Forscher*innen effizient arbeiten können, ohne durch unnötige bürokratische Hürden blockiert zu werden.

6 Fazit

Die Relevanz wissenschaftlicher Arbeiten zur Dekarbonisierung industrieller Prozesse sowie zur Reduktion von Treibhausgasemissionen ist angesichts der sich weiter verschärfenden Klimakrise unvermindert hoch. Zwar sind in den vergangenen Jahren bedeutende Fortschritte erzielt worden – insbesondere durch technologische Entwicklungen in Bereichen wie grüner Wasserstoff, Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS), Elektrifizierung industrieller Prozesse und Kreislaufwirtschaft –, doch zeigen aktuelle Studien und praktische Erfahrungen, dass weiterhin erheblicher Forschungsbedarf besteht, um die Klimaziele zu erreichen. Eine erfolgreiche Transformation hin zu einer klimaneutralen Industrie erfordert nicht nur neue Technologien, sondern auch systemische Innovationen und gezielte politische sowie institutionelle Unterstützung. Gleichzeitig bestehen weiterhin strukturelle Hemmnisse, die eine effektive Forschung erschweren.

Der vorliegende Bericht knüpft an die Erkenntnisse der ersten Analyse zur Forschungslandschaft an, in der zentrale Herausforderungen identifiziert und durch Interviews, Umfragen und Diskussionen untermauert wurden. Aufbauend darauf wurden internationale Studien und Good Practices untersucht, um konkrete Lösungsansätze zu identifizieren. Auch wenn sich diese nicht immer eins zu eins übertragen lassen, bieten sie wertvolle Impulse für die Weiterentwicklung der Forschungsförderung und -praxis.

Dabei wird deutlich, dass einzelne Herausforderungen und Lösungsansätze nicht isoliert betrachtet werden können. Aspekte wie fehlende Planungssicherheit, mangelnde Interdisziplinarität oder die Kluft zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sind zum Beispiel in der Regel eng miteinander verknüpft. Entsprechend sollte die Forschungslandschaft insgesamt betrachtet werden und Maßnahmen zur Überwindung der Hemmnisse so gestaltet werden, dass möglichst viele Herausforderungen adressiert werden. Eine differenzierte Auseinandersetzung mit dieser Frage ist entscheidend, um nicht nur einzelne Projekte erfolgreicher zu machen, sondern die Bedingungen für eine zukunftsorientierte, resiliente und gesellschaftlich relevante Forschung langfristig zu verbessern.

7 Literatur

- Advanced Research Projects Agency - Energy. (o. J.). Fuel the Future. <https://arpa-e.energy.gov/investor-hub>
- Agence Nationale de la Recherche. (2014). OH Risk. <https://anr.fr/en/call-for-proposals-details/call/oh-risk/>
- Ankrah, S., & AL-Tabbaa, O. (2015). Universities–industry collaboration: A systematic review. *Scandinavian Journal of Management*, 31(3), 387–408.
- Attar, S., Bertenrath, R., Conventz, S., Lichtblau, K., Richter, I., Rigall, J., Schleiermacher, T., Schmitt, K., & Tarlatt, A. (2015). Innovationen den Weg ebnen. Eine Studie von IW Consult und SANTIAGO für den Verband der Chemischen Industrie. <https://www.bayerische-chemieverbaende.de/wp-content/uploads/2015/11/vci-innovationsstudie-langfassung-september-2015.pdf>
- Australian Renewable Energy Agency. (2014). Technology Readiness Levels for Renewable Energy Sectors. <https://arena.gov.au/assets/2014/02/Technology-Readiness-Levels.pdf>
- Awasthy, R., Flint, S., Sankarnarayana, R., & Jones, R. (2020). A framework to improve university–industry collaboration. *Journal of Industry-University Collaboration*, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JIUC-09-2019-0016>
- Barnes, T., Pashby, I., & Gibbons, A. (2002). Effective University – Industry Interaction. *European Management Journal - EUR MANAG J*, 20, 272–285. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(02\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(02)00044-0)
- Bastos, E. C., Sengik, A. R., & Tello-Gamarra, J. (2021). Fifty years of University-industry collaboration: A global bibliometrics overview. *Science and Public Policy*, 48(2), 177–199. <https://doi.org/10.1093/scipol/scaa077>
- Borchardt, A., & Göthlich, S. E. (2009). Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. In S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter, & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung* (S. 33–48). Gabler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-322-96406-9_3
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2025). Klimaschutzverträge—Ein neues Förderinstrument. <https://www.klimaschutzvertraege.info/startseite>
- Business Finland. (o. J.). Funding for Research Organizations. <https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/services/funding/cooperation-between-companies-and-research-organizations/co-creation#stored>
- CATAPULT High Value Manufacturing. (2025). Annual Report. <https://hvm.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2025/04/2025-HVM-Catapult-annual-report.pdf>
- Council of Canadian Academies. (2021). Powering Discovery. https://cca-reports.ca/wp-content/uploads/2021/05/Powering-Discovery-Full-Report-EN_DIGITAL_FINAL.pdf
- Council Of Canadian Academies. (2021). Powering Discovery, The Expert Panel on International Practices for Funding Natural Science and Engineering Research.
- CREATE. (o. J.). CREATE Campus for research excellence and technological enterprise. <https://www.create.edu.sg/>

Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., & Sheikh, A. (2011). The case study approach. *BMC Medical Research Methodology*, 11(1), 100. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-11-100>

Destatis. (2022). *Basistabelle Ausgaben für Forschung und Entwicklung*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_FundEAusg.html

Destatis. (2024). *Expenditure on research and development by Land and sector*. <https://www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Education-Research-Culture/Research-Development/Tables/rd-expenditure-states-sectors.html>

Ellwood, P., Williams, C., & Egan, J. (2022). Crossing the valley of death: Five underlying innovation processes. *Technovation*, 109, 102162. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102162>

European Commission. (2023). *Common mistakes to avoid when applying for Horizon Europe fundcoming*. https://rea.ec.europa.eu/news/common-mistakes-avoid-when-applying-horizon-europe-funding-2023-02-09_en?prefLang=de

European Innovation Council. (o. J.). *EIC Pathfinder*. https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-pathfinder_en

European Institute of Innovation & Technology. (o. J.). *About our communities*. <https://www.eit.europa.eu/global-challenges/about-our-communities>

Fischer, A., & Küper, M. (2021). *Green Public Procurement: Potenziale einer nachhaltigen Beschaffung* (No. IW-Policy Paper 23/21). https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Rahmenbedingungen/iw-policy-paper-2021-green-public-procurement-cr-sci4climate-nrw.pdf

Fluchs, S., Wendland, F., & Espert, V. (2021). *IN4climate.NRW als „Intermediär“ Eine empirische Betrachtung der Funktionen von IN4climate.NRW bei der Transformation zur Klimaneutralität der Industrie in Nordrhein-Westfalen*. https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Rahmenbedingungen/sci4climate.nrw-2021-in4climate.nrw-als-intermediaer-cr-sci4climatenrw.pdf

Gardner, S. (2012). *Paradigmatic differences, power, and status: A qualitative investigation of faculty in one interdisciplinary research collaboration on sustainability science*. *Sustainability Science*, 8. <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0182-4>

Government of Canada. (2023). *What are SR&ED tax incentives*. <https://www.canada.ca/en/revenue-agency/services/scientific-research-experimental-development-tax-incentive-program/what-are-sred-tax-incentives.html>

Hajrizi, B., & Berisha-Shaqiri, A. (2024). *Mapping the evolution of university-industry collaboration: A systematic literature review from 2000 to 2022*. *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES*, 11, 157–170. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2024.02.017>

Hirzel, S., Hettesheimer, T., Viebahn, P., & Fishedick, M. (2018). *Bridging the valley of death: A multi-staged multi-criteria decision support system for evaluating proposals for large-scale energy demonstration projects as public funding opportunities*. 105–116.

HZwo e.V. (o. J.). HIC - Hydrogen Innovation Center. <https://hzwo.eu/hic/>

IEA. (2020). *Energy Technology Perspective 2020. Special Report on Clean Energy Innovation*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/04dc5d08-4e45-447d-a0c1-d76b5ac43987/Energy_Technology_Perspectives_2020_-_Special_Report_on_Clean_Energy_Innovation.pdf

IRS. (2024). *Advanced Manufacturing Production Credit*.

Israel Innovation Authority. (o. J.-a). *Ideation (Tnufa) Incentive Program*. https://innovationisrael.org.il/en/programs/ideation-tnufa-incentive-program/#about_route

Israel Innovation Authority. (o. J.-b). *R&D Fund*. <https://innovationisrael.org.il/en/programs/rd-fund/>

Israel Innovation Authority. (o. J.-c). *R&D Preparatory Incentive Program for Companies in the Manufacturing Industry*. https://innovationisrael.org.il/en/programs/rd-preparatory-incentive-program-for-companies-in-the-manufacturing-industry/#goal_route

Israel Innovation Authority. (o. J.-d). *Venture Incubators Funding Program*. https://innovationisrael.org.il/en/programs/technological-incubators-2024/#about_route

Kyaw, K. (2022). *Effect of policy uncertainty on environmental innovation*. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132645. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132645>

Leišytė, L., Rose, A.-L., & Sterk-Zeeman, N. (2022). *Higher education policies and interdisciplinarity in Germany*. *Tertiary Education and Management*, 28(4), 353–370. <https://doi.org/10.1007/s11233-022-09110-x>

Lyll, C., Bruce, A., Marsden, W., & Meagher, L. (2013). *The role of funding agencies in creating interdisciplinary knowledge*. *Science and Public Policy*, 40, 62–71. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs121>

Ministerium für auswärtige Angelegenheiten Finnlands, Abteilung für Kommunikation. (2019). *Klares Bekenntnis zu Start-Ups in Finnland*. <https://finland.fi/de/business-amp-innovation/klares-bekenntnis-zu-start-ups-in-finnland/>

Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. (o. J.). *Kultur und Wissenschaft in Nordrhein-Westfalen. Forschungseinrichtungen*. <https://www.mkw.nrw/themen/wissenschaft/wissenschaftseinrichtungen/forschungseinrichtungen>

Misra, P. (2024). *Fostering Interdisciplinary Research: Benefits and Pathways*. 62, 40–45.

Nemet, G. F., Zipperer, V., & Kraus, M. (2018). *The valley of death, the technology pork barrel, and public support for large demonstration projects*. *Energy Policy*, 119, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.008>

New Energy and Industrial Technology Development Organization. (2023). *Green Japan, Green Innovation. Working towards a carbon-neutral future*. *Green Innovation Fund Projects*. <https://www.nedo.go.jp/content/100957298.pdf>

Newman, J. (2024). Promoting Interdisciplinary Research Collaboration: A Systematic Review, a Critical Literature Review, and a Pathway Forward. *Social Epistemology*, 38(2), 135–151. <https://doi.org/10.1080/02691728.2023.2172694>

O'Dwyer, M., Filieri, R., & O'Malley, L. (2023). Establishing successful university–industry collaborations: Barriers and enablers deconstructed. *The Journal of Technology Transfer*, 48(3), 900–931. <https://doi.org/10.1007/s10961-022-09932-2>

OECD. (2019). Policy initiatives to enhance the impact of public research: Promoting excellence, transfer and co-creation.

OECD. (2021). Effective policies to foster high-risk/high-reward research. *OECD Science, Technology and Industry. Policy Papers No 112*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/05/effective-policies-to-foster-high-risk-high-reward-research_131670a3/06913b3b-en.pdf

PwC. (2024a). Canada. Corporate—Deductions. <https://taxsummaries.pwc.com/canada/corporate/deductions>

PwC. (2024b). France. Corporate—Tax credits and incentives. <https://taxsummaries.pwc.com/france/corporate/tax-credits-and-incentives#:~:text=the%20calendar%20year,-,The%20R%26D%20tax%20credit%20is%20determined%20on%20the%20basis%20of,R%26D%20expenses%2C%20up%20to%20EUR>

Ramli, M., & Senin, A. (2021). FACTORS AFFECTING EFFECTIVE UNIVERSITY INDUSTRY COLLABORATION DURING THE DEVELOPMENT RESEARCH STAGE. *International Journal of Management Studies*, 28, 127–159. <https://doi.org/10.32890/ijms2021.28.2.6>

Rasiah, R., & Govindaraju, C. (2009). University-industry R&D collaboration in the automotive, biotechnology and electronics firms in Malaysia. *Seoul Journal of Economics*, 22.

Rasmussen, E., & Sørheim, R. (2012). How governments seek to bridge the financing gap for university spin-offs: Proof-of-concept, pre-seed, and seed funding. *Technology Analysis & Strategic Management*, 24, 663–678. <https://doi.org/10.1080/09537325.2012.705119>

RISE. (o. J.). The research institute of Sweden. <https://www.ri.se/en/about-rise>

Röbbecke, M., & Simon, D. (o. J.). Riskante Forschung und teilrandomisierte Begutachtungsverfahren: Neue Wege der Förderlinie „Experiment!“ der VolkswagenStiftung (Beiträge zur HOCHSCHULFORSCHUNG 2/2023). Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung. https://www.ihf.bayern.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Beitraege_zur_Hochschulforschung/2023/2023-2-Gesamt.pdf

Rybnicek, R., & Königsgruber, R. (2019). What makes industry–university collaboration succeed? A systematic review of the literature. *Journal of Business Economics*, 89(2), 221–250. <https://doi.org/10.1007/s11573-018-0916-6>

Salleh, Assoc. Prof. Ir. Ts. Dr. M., & Omar, M. Z. (2013). *University-industry Collaboration Models in Malaysia*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102, 654–664. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.784>

Schweizerischer Nationalfonds. (2023). *Sinergia – interdisziplinär, kollaborativ und bahnbrechend*. <https://www.snf.ch/de/HzVMPWm96mz69ZJ8/foerderung/programme/sinergia>

scientific RESEARCH. (o. J.). *Industry Alignment Fund—Industry Collaboration Project (IAF-ICP) Singapore*. <https://www.scientifyresearch.org/grant/industry-alignment-fund-industry-collaboration-projects-singapore/#:~:text=The%20Industry%20Alignment%20Fund%20%E2%80%93%20Industry,industry%2C%20with%20a%20focus%20on>

Sheriff, N. M., & Abdullah, N. (2017). *Research Universities in Malaysia: What beholds?* *Asian Journal of University Education*. <https://education.uitm.edu.my/ajue/wp-content/uploads/2018/02/3.-RESEARCH-UNIVERSITIES-IN-MALAYSIA.pdf>

Steinmann, J., Le Den, X., Witteveen, E., Kovacs, A., & Pirttikoski, K. (2024). *Green Public Procurement in Construction. Driving public purchase towards truly green construction products and materials*. <https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2024/10/Driving-GPP-in-construction-Ramboll-November-2024.pdf>

Tickell, A. (2022). *Independent Review of Research Bureaucracy. Final Report*. Birmingham University. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/62e234da8fa8f5033275fc32/independent-review-research-bureaucracy-final-report.pdf>

TIPS. (o. J.). *Tech Incubator Program for Startup*. https://www.jointips.or.kr/about_en.php

UK Research and Innovation. (2021). *Sandpits*. <https://www.ukri.org/councils/epsrc/guidance-for-applicants/types-of-funding-we-offer/transformative-research/sandpits/>

UK Research and Innovation. (2022). *UKRI reducing unnecessary bureaucracy*. https://www.ukri.org/news/ukri-reducing-unnecessary-bureaucracy/?utm_source=chatgpt.com

UK Research and Innovation. (2023). *Empowering business growth: Catapults are fuelling economic growth*. <https://www.ukri.org/blog/empowering-business-growth-catapults-are-fueling-economic-growth/>

UK Research and Innovation. (2024). *2024 Transformative Research Technologies (24TRT)*. <https://www.ukri.org/opportunity/2024-transformative-research-technologies-24trt/>

United States Government Accountability Office. (2010). *America COMPETES Act: It Is Too Early to Evaluate Programs Long-Term Effectiveness, but Agencies Could Improve Reporting of High-Risk, High-Reward Research Priorities*. <https://www.gao.gov/assets/gao-11-127r.pdf>

US Department of Energy. (o. J.). *Qualifying Advanced Energy Project Credit (48C) Program*. <https://www.energy.gov/infrastructure/qualifying-advanced-energy-project-credit-48c-program>

Vanino, E. (2023). *What Types of R&D Collaborations Work Best?* <https://innovation-research-caucus-uploads.s3.amazonaws.com/production/uploads/2023/10/IRC-Insight-Paper-004-What-types-of-RD-collaborations-work-best.pdf>

Vladova, G., Haase, J., & Friesike, S. (2025). *Why, with whom, and how to conduct interdisciplinary research? A review from a researcher's perspective*. *Science and Public Policy*, 52(2), 165–180. <https://doi.org/10.1093/scipol/scae070>

Wang, J., Lobo, J., Shutters, S. T., & Strumsky, D. (2024). *Fueling a net-zero future: The influence of government-funded research on climate change mitigation inventions*. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 51, 100836. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2024.100836>

Wissenschaftsrat. (2020). *Wissenschaft im Spannungsfeld von Disziplinarität und Interdisziplinarität*. https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8694-20.pdf?__blob=publicationFile&v=3