

»» Praxisbeispiele aus Deutschland zeigen breites Spektrum an Lösungsansätzen, um Klimaschutzprojekte voranzutreiben

Nr. 490, 13. März 2025

Autorinnen: Dr. Elisabeth Grewenig, Telefon 069 7431-55722, elisabeth.grewenig@kfw.de
Anke Brüggemann, Telefon 069 7431-1736, anke.brueggemann@kfw.de

Der weltweite Temperaturanstieg und seine negativen Auswirkungen stellen eine der größten Herausforderungen unserer Zeit dar. Um die Klimakrise zu bekämpfen, hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, bis 2045 klimaneutral zu werden. Dies erfordert tiefgreifende Veränderungen in allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen. Obwohl es bereits zahlreiche Aktivitäten im Bereich Klimaschutz gibt, gilt es das Engagement nochmals deutlich zu verbreitern. Vor diesem Hintergrund identifiziert eine Studie im Auftrag von KfW Research anhand ausgewählter Projektbeispiele in Deutschland Erfolgsfaktoren, die die grüne Transformation nachhaltig unterstützen können.

Die analysierten Projektbeispiele bieten wertvolle Denkanstöße für die Entwicklung maßgeschneiderter Lösungen in den betrachteten Emissionssektoren Gebäude, Verkehr, Energie und Industrie: So hat sich der Einsatz digitaler Modelle bei der Realisierung von Klimaschutzmaßnahmen vielfach als vorteilhaft für die Steigerung der Kosteneffizienz und die Optimierung von Prozessen erwiesen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Sicherstellung von Akzeptanz aufseiten der direkt betroffenen Bürgerinnen und Bürger, was durch die frühzeitige Berücksichtigung ihrer Anliegen und Bedürfnisse erreicht werden kann. Zudem kann es sinnvoll sein, das vorhandene Knowhow der Mitarbeitenden über Arbeitstechniken und Prozesse bei der Einführung neuer Klimaschutztechnologien aktiv einzubeziehen und durch gezielte Weiterbildung zu stärken. Bei der Planung und Steuerung von Klimaschutzmaßnahmen gilt es außerdem Umsetzungsrisiken frühzeitig zu erkennen und gegebenenfalls geeignete Abmilderungsmaßnahmen zu ergreifen. Eine enge Zusammenarbeit mit Inkubatoren, Acceleratoren und Unternehmensnetzwerken kann die Verbreitung innovativer Klimaschutztechnologien beschleunigen. Schließlich trägt eine gewisse Flexibilität in der Projektentwicklung dazu bei, angemessen auf unvorhergesehene Herausforderungen reagieren zu können.

Daneben zeigt die Studie auch politische Gestaltungsspielräume auf, die für die Schaffung adäquater Rahmenbedingungen zur Umsetzung von Klimaschutzprojekten genutzt werden können. Eine unbürokratische und effektive Förderlandschaft erleichtert den Zugang zu finanziellen Mitteln und baut Investitionshemmnisse ab. Kohärente und anreizkompatible regulatorische Rahmenbedingungen fördern Investitionen in umweltfreundliche Technologien. Wichtig ist, dass bestehende und

neue Regulierungen sowie Anreizmechanismen ineinandergreifen und sich gegenseitig verstärken. Der Ausbau und die Förderung von Mittelstellen, wie z. B. Energieagenturen, Kompetenzzentren oder regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaften, verbessert die Koordination und Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren und unterstützt die Marktdurchdringung innovativer Klimaschutztechnologien. Darüber hinaus ermöglicht es die Bereitstellung und Förderung von Experimentierräumen, wie z. B. Reallaboren, neue Technologien in einem geschützten Umfeld unter realen Bedingungen zu testen und weiterzuentwickeln.

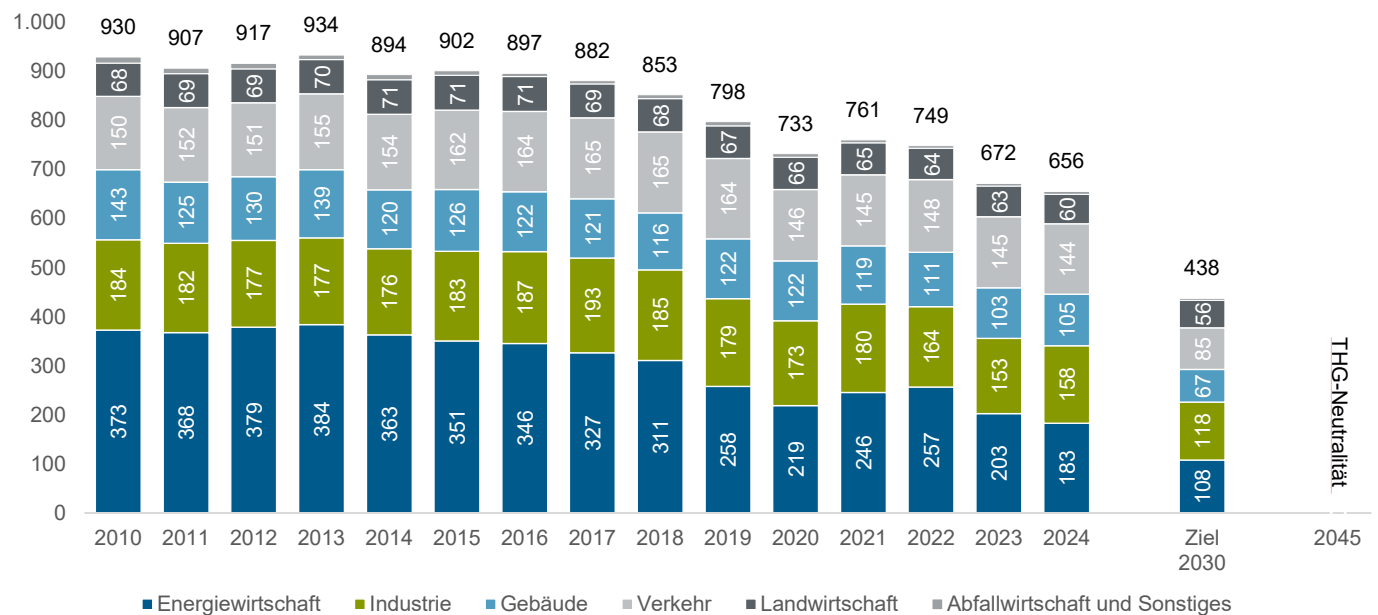
Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen damit eine große Vielfalt an Ansätzen und Maßnahmen, die die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen begünstigen können. Neben finanziellen und technologischen Aspekten erweist sich das Zusammenspiel von regulatorischen, sozialen und organisatorischen Faktoren als förderlich, um die komplexen Herausforderungen der Klimakrise effektiv zu bewältigen.

Der weltweite Temperaturanstieg und seine negativen Auswirkungen auch in Deutschland sind einer der größten Herausforderungen unserer Zeit. Um einen wirksamen Beitrag zur Bekämpfung der Klimakrise zu leisten, hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, seine Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um 65 % ggü. 1990 zu reduzieren und im Jahr 2045 klimaneutral zu werden. Stand 2024 wurden in Deutschland zwar 48 % weniger Treibhausgasemissionen ausgestoßen als im Referenzjahr 1990 (Grafik 1). Projektionsdaten des Expertenrats für Klimafragen zeigen jedoch, dass die bislang eingeleiteten energie- und klimapolitischen Maßnahmen für den Weg zur Treibhausgasneutralität nicht ausreichen.¹

Der Blick auf die einzelnen Wirtschaftssektoren zeigt trotz Fortschritte in der Vergangenheit querschnittlich großen Handlungsbedarf: Dank des Rückgangs der Kohleverstromung und einer höheren Dynamik beim Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor konnte in den letzten Jahren ein deutliches Vorankommen bei der Treibhausgasminderung im Energiesektor erreicht werden. Mit Blick auf die ambitionierten Ziele des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor sowie die notwendige Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung bleiben allerdings die Herausforderungen in der Energiewirtschaft groß.

Grafik 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland (gesamt und nach Sektoren)

In Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente



Quelle: Umweltbundesamt (2025), Emissionen 2024 Schätzungen von Agora Energiewende (2025).

In der Industrie wird die Treibhausgasemissionsentwicklung nach wie vor im Wesentlichen von der konjunkturellen Entwicklung geprägt. Um die Treibhausgasemissionen des Industriesektors nachhaltig senken zu können, ist die Umstellung von Produktionsprozessen hin zu klimaneutralen Verfahren voranzutreiben – dies gilt insbesondere für die energieintensiven Grundstoffindustrien wie Stahl, Chemie, Zement, Glas und Papier. Großer Handlungsbedarf besteht weiterhin im Verkehrs- und im Gebäudesektor. Die Emissionsreduktion geht mit Blick auf die Treibhausgasemissionsziele in beiden Sektoren zu langsam voran.

Von KfW Research beauftragte Studie identifiziert Erfolgsfaktoren für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen

Die Klimatransformation erfordert tiefgreifende Veränderungen in allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen sowie eine enge Zusammenarbeit verschiedenster Akteure. Vor diesem Hintergrund identifiziert eine Studie der Prognos AG im Auftrag von KfW Research auf Basis ausgewählter erfolgreicher Praxisbeispiele in Deutschland Erfolgsfaktoren, die die grüne Transformation nachhaltig unterstützen (siehe Box 1 für Details zur methodischen Projekt-Auswahl). Im Fokus der Studie steht neben einer detaillierten Darstellung der Beispiele insbesondere die Ableitung praxisnaher Impulse, die als Blaupause für künftige Maßnahmen dienen können.²

Box 1: Methodisches Vorgehen bei der Auswahl und Darstellung der Projektbeispiele

Die Auswahl und Darstellung der Praxisbeispiele erfolgten in einem strukturierten zweistufigen Prozess. Im ersten Schritt wurde zunächst eine Longlist von ca. 25 Projekten recherchiert, die die folgenden vorab definierten Mindestanforderungen (Muss-Kriterien) erfüllen mussten: (i) einen klar ersichtlichen positiven Beitrag des jeweiligen Projektes zum Klimaneutralitätsziel, (ii) die Zuordnung zu mindestens einem der vier Emissionssektoren (Gebäude, Verkehr, Energie, Industrie), (iii) die Zusammenarbeit von zwei oder mehr Akteuren aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft

sowie (iv) die Nutzung von Zukunftstechnologien. Die Projekte wurden anschließend in einem Rechercheraster erfasst, das neben den erwähnten Muss-Kriterien auch noch weitere Einschätzungen hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf andere Kontexte (z. B. Regionen oder Branchen), ihres Neuigkeitswerts (wie neue technische bzw. wissenschaftliche Methoden oder neue Formen der Zusammenarbeit) sowie Details über das Ausmaß ihres Beitrags zum Klimaneutralitätsziel beinhaltet. Das so erstellte Rechercheraster diente anschließend als Grundlage für die finale Auswahl der Beispiele.

Im zweiten Schritt wurden 13 Projekte aus der Long-List für die Shortlist ausgewählt und einer vertieften Analyse unterzogen. Diese Analyse umfasste leitfadengestützte Interviews mit Projektvertretern, um detaillierte Einblicke in die Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien der Projekte zu gewinnen. Die Gespräche wurden digital durchgeführt, transkribiert und analytisch ausgewertet. Ergänzende Umfeldrecherchen stellten sicher, dass alle relevanten Informationen berücksichtigt wurden. Auf Basis der Erkenntnisse wurden schließlich Handlungsempfehlungen abgeleitet, die sowohl operativ-umsetzende als auch politisch-strategische Ebenen ansprechen und sich somit an verschiedene Stakeholdergruppen richten.

Verschiedene Ansätze haben sich in der Praxis als förderlich für das Gelingen von Klimaschutzprojekten erwiesen

Insgesamt verdeutlicht die Analyse der erfolgreichen Praxisbeispiele eine große Vielfalt an Ansätzen, die die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen begünstigen. Besonders hervorzuheben sind dabei die im Folgenden dargestellten Maßnahmen, da sie sich jeweils in verschiedenen Kontexten als förderlich für den Projekterfolg erwiesen haben. Auch wenn diese Maßnahmen auf spezifischen Projekten basieren und unterschiedliches Potenzial zur Verallgemeinerung bieten, können sie dennoch wertvolle Denkanstöße für die

Entwicklung maßgeschneiderter Strategien in den jeweiligen Emissionssektoren bieten.

Potenziale digitaler Modelle ausschöpfen

Die Digitalisierung gilt als wichtiger Baustein bei der Umsetzung der grünen Transformation.³ Auch wenn der zunehmende Einsatz digitaler Technologien selbst zu steigendem Energie- und Ressourcenverbrauch führt, werden diesen Technologien zugleich große THG-Minderungspotenziale zugeschrieben. Ihre vielfältigen Anwendungen können auf unterschiedliche Weise wirken – sei es durch eine effizientere Steuerung und Auslastung der Energienetze oder durch eine intelligente und präzise Regelung von Energie- oder Verkehrsflüssen⁴. Digitale Modelle, wie beispielsweise digitale Zwillinge, bieten zudem die Möglichkeit, neue Lösungen vor ihrer praktischen Umsetzung im digitalen Raum zu testen, wodurch Prozesse optimiert und Kosten eingespart werden können. Beim digitalen Zwilling handelt es sich um ein datenbasiertes virtuelles Modell eines physisch real existierenden Objekts. Es wird erstellt, um das Verhalten und die Eigenschaften des Originals in Echtzeit zu simulieren und zu analysieren.

In diesem Zusammenhang verdeutlichen die ausgewählten Projektbeispiele, wie durch den Einsatz digitaler Modelle Effizienzsteigerungspotenziale zum Tragen kommen. Im Rahmen der seriellen Sanierung in Herford kamen beispielsweise moderne Digitaltechnologien zum Einsatz, um die Fassade der zu sanierenden Gebäude mittels eines präzise 3D-Laserscanning zu vermessen. Dies beschleunigte den Sanierungsprozess erheblich und reduzierte die Kosten der energetischen Sanierung (Details zum Projekt Serielles Sanieren in Herford siehe Box 2). Auch bei der energetischen Modernisierung des Margaretenbaus MAGGIE wurde ein digitaler Zwilling erstellt, der es ermöglichte, ein KI-gestütztes Steuerungssystem für das hybride Heizsystem des Mehrfamilienhauses mit realen Daten zu testen und zu optimieren (Details zum Projekt MAGGIE – Energetische Sanierung siehe Box 3).

Box 2: Energiesprong – Serielles Sanieren in Herford

Im seriellen Sanierungsprojekt in Herford wurden vier Mehrfamilienhäuser aus dem Baujahr 1957 nach dem Energiesprong-Konzept saniert – mit dem Ziel, die Gebäude von der Energieeffizienzklasse H auf die Klasse A zu bringen.

Das aus den Niederlanden adaptierte Energiesprong-Konzept nutzt serielle Vorfertigungstechniken für Fassaden- und Dachelemente, die in hoher Qualität vorgefertigt und schnell montiert werden können. Im Vorfeld erfolgt dazu eine präzise Vermessung der Gebäude mit einem 3D-Laserscanner. Die daraus gewonnenen Daten ermöglichen es, die exakten Abmessungen und strukturellen Gegebenheiten des Gebäudes zu erfassen. Anschließend erfolgt die passgenaue Vorfertigung der Bauteile in der Fabrik, was sicherstellt, dass die Elemente exakt auf die vermessenen Gegebenheiten abgestimmt sind. Die vorgefertigten Elemente können dann vor Ort schnell und nahtlos montiert werden, was den Bauprozess erheblich beschleunigt und die Passgenauigkeit optimiert.

Soziale Akzeptanz durch enge Zusammenarbeit mit Betroffenen fördern

Die Unterstützung der Gesellschaft ist ebenfalls ein wesentlicher Faktor für die erfolgreiche Umsetzung der Energie- und Klimawende. Ein zentrales Element dabei ist die Akzeptanz

der Bürgerinnen und Bürger. Denn viele Klimaschutzmaßnahmen werden direkt in ihren Lebensbereichen umgesetzt und greifen somit konkret in den Alltag der Menschen ein. Dies gilt in besonderem Maße auch für den Wohngebäudebereich.⁵ Zwar bieten Vorhaben wie energetische Sanierungen zahlreiche Vorteile – wie eine erhöhte Energieeffizienz, die langfristig zu niedrigeren Heiz- und Stromkosten sowie geringeren CO₂-Emissionen führt. Dennoch sind energetische Modernisierungsmaßnahmen an Wohngebäuden häufig auch mit Herausforderungen für die betroffenen Anwohner verbunden. Dazu gehören sowohl bauliche Veränderungen, die das gewohnte Erscheinungsbild der Gebäude verändern, als auch temporäre Unannehmlichkeiten in Form von Lärm oder Staub. Nicht zuletzt können die anfänglich hohen Investitionskosten von Energiewendemaßnahmen eine erhebliche finanzielle Belastung für die betroffenen Haushalte darstellen, besonders für solche mit niedrigeren Einkommen.⁶

Box 3: MAGGIE – Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau in Regensburg⁷

Das Projekt MAGGIE strebt an, das Wohnquartier Margaretenau aus den 1930er-Jahren klimafreundlich zu modernisieren, ohne das historische Erscheinungsbild zu beeinträchtigen. Im Rahmen eines von 2017 bis 2022 durchgeführten Forschungsprojekts wurde das Potenzial einer energetischen Sanierung zunächst an einem Demonstrator-Gebäude mit 30 Wohneinheiten untersucht. Ein zentraler technischer Aspekt des Projekts war die Kombination von Kraft-Wärme-Kopplung und PV-unterstützter Wärmepumpentechnologie in einem hybriden Heizsystem. Für eine bedarfsgerechte Versorgung mit Warmwasser und Heizungswärme wurde zudem mithilfe eines digitalen Zwillings ein KI-gestütztes Steuerungssystem für das Heizsystem entwickelt, wodurch perspektivisch weitere Energieeinsparpotenziale erschlossen werden können. Für die denkmalgerechte Modernisierung der historischen Fassaden wurde ferner ein solaraktives und solaradaptives Außenputzsystem entwickelt und getestet. Bei der Umsetzung des Projektes wurde außerdem besonderer Wert daraufgelegt, die sozialen Aspekte der Modernisierung zu berücksichtigen und die Bewohnerschaft aktiv in den Prozess miteinzubeziehen. So wurde das Entwicklungsvorhaben von einer Sozialstudie begleitet, im Rahmen derer die Bewohnerschaft hinsichtlich ihrer Interessen und Wünsche in Bezug auf die energetische Sanierung befragt wurden.⁸

Die analysierten Projektbeispiele verdeutlichen, wie wichtig es ist, die betroffenen Gemeinschaften frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen, um die soziale Akzeptanz der Vorhaben zu fördern. Im Rahmen der energetischen Modernisierung des Wohnquartiers Margaretenau wurde von Beginn an eine transparente Kommunikation etabliert, die es den Bewohnern ermöglichte, sich aktiv am Planungsprozess zu beteiligen und ihre Bedenken und Wünsche zu äußern (Details zum Projekt MAGGIE siehe Box 3). Ein zentrales Anliegen der Bewohnerschaft bestand darin, die Sanierung sozialverträglich und wirtschaftlich zu gestalten, ohne die niedrigen Mieten zu erhöhen. Dies wurde letzten Endes erreicht, indem das Gebäude mit weiteren Wohnungen im Dachgeschoss aufgestockt wurde, wodurch die Sanierungskosten auf mehr Parteien verteilt werden konnten. Zusammen mit der hohen Energieeffizienz der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen kam es so zu

keiner Erhöhung der Warmmieten. Um die Belastung für die Bewohnerschaft während der Bauphase zu minimieren, wurden zudem alternative Wohnmöglichkeiten angeboten.

Vorhandenes Knowhow von Beschäftigten einbinden und gezielte Weiterbildungsmaßnahmen ergreifen

Bei Einführung neuer Klimaschutztechnologien oder grüner Geschäftsmodelle in Unternehmen erweist es sich als vorteilhaft, das vorhandene Fachwissen der Beschäftigten von vornherein aktiv miteinzubeziehen. Durch ein frühzeitiges Einbinden der Mitarbeitenden können potenzielle Risiken wie Widerstände, Ineffizienzen und Fehlinvestitionen minimiert werden. Zudem bringt der Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaftsweise häufig neue Anforderungen an die beruflichen Fähigkeiten der Mitarbeitenden mit sich.⁹ In diesem Kontext ist es entscheidend, das bestehende Wissen der Belegschaft nicht nur zu nutzen, sondern auch durch gezielte Fort- und Weiterbildungen auszubauen. Dies gilt nochmal besonders vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangels, der die Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte einschränkt.

Box 4: Schleswiger Stadtwerke – Wärmeversorgung des Neubaugebiets Berender Redder mit Kalter Nahwärme

Das Neubaugebiet Berender Redder in Schleswig ist eines der ersten Quartiere, das mit "Kalter Nahwärme" beheizt wird. Umgesetzt wurde das Vorhaben im Zeitraum von 2014 bis 2019 durch die Schleswiger Stadtwerke. Während klassische Nahwärmenetze Wasser oder Dampf mit hohen Temperaturen transportieren, arbeitet die Kalte Nahwärme mit Medientemperaturen von -5 bis 15°C. Als zentrale Wärmequelle für das Projekt dient oberflächennahe Geothermie, die mittels Erdwärmekollektoren erschlossen wird. Die Erdwärme wird über unisolierte Rohleitungen, die weitere Erdreichwärme aufnehmen, zu den Hausanschlüssen von derzeit rund 200 Gebäuden transportiert. Dort heben jeweils Sole-Wasser-Wärmepumpen die bereitgestellte Energie auf das individuell benötigte Temperaturniveau an. Dem im Berender Redder erbauten Kalte Nahwärmenetz folgten bis heute neun weitere Kalte Nahwärmenetze, die von den Schleswiger Stadtwerken betrieben werden. Kalte Nahwärmenetze zeichnen sich durch geringe Wärmeverluste beim Transport aus und können gleichzeitig insbesondere im Sommer zum Kühlen der angeschlossenen Gebäude genutzt werden. Zudem ermöglicht Kalte Nahwärme die oberflächennahe Geothermienutzung gerade im städtischen Raum, wo häufig Platzprobleme den Einsatz von dezentralen Erdwärmepumpen verhindern.

Dies zeigen auch die Erfahrungen der Schleswiger Stadtwerke, die im Neubaugebiet Berender Redder in Schleswig erstmalig Kalte Nahwärme zur Wärmeversorgung eingesetzt hat. Hier wird oberflächennahe Erdwärme mittels eines Nahwärmenetzes zu den angeschlossenen Haushalten transportiert und mithilfe von Wärmepumpen auf die gewünschte Temperatur für Heizung und Warmwasserbereitung angehoben (siehe Box 4 für Details). Im Rahmen des Projekts wurden die bereits bestehenden Fachkräfte der Schleswiger Stadtwerke für die Installation der neuen Technologien gezielt geschult. Dies erhöhte nicht nur die Akzeptanz für das neue Geschäftsmodell, sondern verringerte auch den Zeitaufwand für die Einarbeitung in die neuen Systeme.

Umsetzungsrisiken frühzeitig identifizieren und geeignete Abmilderungsmaßnahmen ergreifen

Die Umsetzung von Klimaschutzprojekten kann mit verschiedenen Risiken verbunden sein, die die Effektivität und den Erfolg der geplanten Maßnahmen beeinträchtigen. Ein zentrales Risiko stellen dabei immer wieder wirtschaftliche bzw. finanzielle Unsicherheiten dar.¹⁰ Das liegt zum Teil daran, dass die Durchführung von Klimaschutzprojekten hohe Anfangsinvestitionen erfordert. Gleichzeitig hängt die langfristige Rentabilität von externen Faktoren wie der Entwicklung von Marktpreisen (z. B. für Energie und CO₂-Emissionsrechte) oder der Ausgestaltung regulatorischer Rahmenbedingungen ab. Daneben können auch technologische Risiken (z. B. in Form von unerwarteten technischen Problemen) oder soziale Unsicherheiten (z. B. Widerstand lokaler Gemeinschaften) eine Rolle spielen. Der Umgang mit solchen Risiken wird noch komplexer, wenn mehrere Akteure an einem Projekt beteiligt sind und die potenziellen Risiken und Chancen initial ungleich verteilt sind.

Die analysierten Projektbeispiele verdeutlichen, wie wichtig es ist, potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und geeignete Maßnahmen zur Risikominderung zu ergreifen. So war im Projekt zur Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe, bei dem eine Mineralölraffinerie und später eine Papierfabrik an das Fernwärmenetz der Stadt angeschlossen wurden, eine offene und transparente Analyse der Risiken und Chancen vor Projektbeginn entscheidend (siehe Box 5 für Details). Neben technischen Herausforderungen – wie potenziellen Rückkopplungen auf den Produktionsprozess –, bestand eine zentrale finanzielle Unsicherheit darin, wie die hohen Anfangsinvestitionen für den Fernwärmeanschluss gegenfinanziert werden sollten. Da die erzielbaren Erlöse für Wärme marktabhängigen Schwankungen unterliegen, verblieb ein gewisses Restrisiko bezüglich der langfristigen Wirtschaftlichkeit des Projekts. Um dieses Risiko zu mindern, wurden die Investitionen zunächst von den Stadtwerken vorfinanziert. Die Refinanzierung der Investition sowie der Betriebsaufwendungen erfolgt aus einem gemeinsam festgelegten Gegenwert der Wärme.¹¹

Box 5: Nutzung industrieller Abwärme durch die Stadtwerke Karlsruhe

Die Stadtwerke Karlsruhe setzen in einem gemeinsamen Großprojekt mit der Mineralölraffinerie Oberrhein sowie der Maxauer Papierfabrik ungenutzte Prozesswärme zur Fernwärmeversorgung ein. Im Jahr 2010 wurde zunächst die Raffinerie an das Fernwärmenetz angeschlossen, wodurch industrielle Abwärme aus den Prozessanlagen erstmals effizient genutzt werden konnte. Die jährliche Einspeisung der Mineralölraffinerie beträgt rund 520.000 Megawattstunden, was ausreicht, um ca. 45.000 Haushalte sowie zahlreiche Großkunden zu versorgen. Seit 2023 trägt auch die Maxauer Papierfabrik zur Wärmeversorgung bei und soll jährlich rund 50.000 Megawattstunden zusätzliche Wärmeleistung ins Netz einspeisen. Diese Erweiterung ermöglicht die Versorgung von etwa 5.000 weiteren Karlsruher Haushalten mit umweltfreundlicher Fernwärme.

Marktdurchdringung von neuen Technologien durch Einbindung von Inkubatoren, Acceleratoren oder Unternehmensnetzwerke beschleunigen

Unternehmen und öffentliche Einrichtungen stehen oft vor großen Herausforderungen bei der Implementierung neuer Klimaschutztechnologien, wenn es an technischem Knowhow und

Marktkennnissen fehlt. Dies erschwert die Marktdurchdringung dieser Technologien. Um entsprechende Hindernisse zu überwinden und Innovationen erfolgreich voranzutreiben, können Unternehmen und öffentliche Einrichtungen aktiv die Zusammenarbeit mit Inkubatoren, Acceleratoren oder Unternehmensnetzwerken in Erwägung ziehen. Solche Partnerschaften bieten Zugang zu spezialisierten technologischen Fachkenntnissen, sowie umfangreichen Netzwerken und potenziellen Marktpartnern. Energieagenturen, Industrie- und Handelskammern, Branchenverbände oder Forschungseinrichtungen können beispielsweise eine solche Rolle einnehmen.

Box 6: Modellprojekt ZUKUNFT.DE – Etablierung der Elektromobilität in der Paketzustellung

Das vom Bund geförderte Modellprojekt ZUKUNFT.DE zielte darauf ab, die Elektromobilität auf der letzten Meile in der Paketzustellung praktisch zu erproben und wissenschaftlich zu untersuchen. Während der Projektlaufzeit 2018 bis 2021 wurden rund 1.000 voll- und teilelektronische Transporter der 2,8 bis 4,2 t-Klasse in der Paketzustellung eingesetzt. 70 Standorte der Kurier-, Express- und Paketdienstbranche wurden hierzu mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. Während der ursprüngliche Umsetzungsschwerpunkt in Baden-Württemberg, Hamburg und Hessen lag, wurde der Einsatzraum bereits frühzeitig im Projekt auf das gesamte Bundesgebiet ausgeweitet. ZUKUNFT.DE ging weit über die reine Beschaffung von Elektrotransportern und Ladeinfrastruktur hinaus. Die Fahrzeuge wurden im Alltagsgeschäft der beteiligten Logistikunternehmen umfassend getestet, wobei insbesondere Reichweiten, Ladezeiten und die Integration in bestehende Betriebsabläufe im Fokus standen. Parallel dazu wurden die betrieblichen Abläufe an die neuen Anforderungen der Elektromobilität angepasst, was eine Neuplanung der Touren, die Schulung des Fahrpersonals und die Anpassung der Wartungsprozesse erforderte. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen aus ZUKUNFT.DE zeitigen nachhaltige Erfolge. Alle beteiligten Logistikunternehmen treiben die Elektrifizierung ihrer Flotten weiter aktiv voran und gehen dabei über die ursprünglichen Projektziele hinaus.

Das Projekt ZUKUNFT.DE ist ein gutes Beispiel dafür, wie solche Partnerschaften die Etablierung von neuen Technologien beschleunigen können. ZUKUNFT.DE war ein vom Bund gefördertes multizentrisches Modellprojekt, das den Startschuss für den flächendeckenden Einsatz der Elektromobilität auf der letzten Meile in der Paketzustellung gegeben hat (Details siehe Box 6). Koordiniert wurde das Modellprojekt von hySO-LUTIONS – einem öffentlich-privaten Unternehmen aus Hamburg – gemeinsam mit der Landesagentur e-mobil BW und dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen. Dieses Trio spielte eine zentrale Rolle als Vermittler zwischen Politik und Wirtschaft. Durch ihre Expertise und ihre Unabhängigkeit konnten sie als vertrauenswürdige Institutionen zwischen den verschiedenen Akteuren wie Logistikunternehmen, Fahrzeugherstellern, Stromnetzbetreibern und Forschungseinrichtungen agieren und so die Umsetzung des Projekts effektiv unterstützen.

Flexibilität in der Projektentwicklung bewahren

Die Einführung neuer Technologien erfordert Flexibilität in der Projektentwicklung, um auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren zu können. In einer technologisch dynamischen

Landschaft ist es entscheidend, Pläne und Strukturen anpassungsfähig zu gestalten, um innovative Lösungen zu fördern.

Ein prägnantes Beispiel für diese Flexibilität ist das analysierte Projekt zur sortenreinen Rückgewinnung von Aluminiumlegierungen aus Produktionsrückständen durch den Einsatz einer neuartigen Sortieranlage (siehe Box 7 für Details). Die dabei eingesetzte Lasertechnologie wurde ursprünglich zur Verarbeitung von Stahlschrotten in einer Gießerei konzipiert, was sich im weiteren Projektverlauf jedoch als unrentabel erwies. Die OSR GmbH & Co. KG, die zuvor als Lieferant der Gießerei nur beratend in dem Projekt involviert war, entschloss sich daraufhin, die Technologie auf Aluminium umzurüsten und im eigenen Unternehmen einzusetzen. Diese Entscheidung erforderte eine flexible Anpassung der Projektziele und -strukturen, was letzten Endes erst zum langfristigen Erfolg der neuen Technologie führte.

Box 7: OSR GmbH & Co. KG – Einsatz einer neuartigen Sortieranlage zum sortenreinen Aluminiumrecycling

Das Metallrecyclingunternehmen OSR GmbH & Co. KG setzt seit 2023 am Standort Schwäbisch Hall ein neuartiges Verfahren zur Metallsortierung ein. Ziel dieses Verfahrens ist es, Produktionsrückstände aus der Herstellung von gemischten Aluminiumlegierungen so aufzuarbeiten, dass die Aluminiumlegierungen sortenrein wieder verwendet werden können. Um die Aluminiumlegierungen aus den Abfallfraktionen heraus wieder sortenrein zurückzugewinnen, sind hohe Sortiergrade erforderlich. Erreicht wird dies durch die selektive Oberflächenreinigung mithilfe der laserinduzierten Plasmaspektroskopie. Die Oberfläche der Metallschrotte wird dabei zunächst mithilfe eines ersten Lasers „gereinigt“, wodurch unerwünschte Schichten oder Verunreinigungen entfernt werden. Anschließend wird das Material durch eine zweite Lasertechnologie eingehend untersucht und entsprechend sortiert. Derzeit können mit der Anlage bis zu 6.000 t Aluminiumabfälle jährlich verarbeitet werden. Die neue Sortieranlage trägt zur Kreislaufführung von Aluminium bei. Dadurch werden natürliche Ressourcen geschont und Treibhausgasemissionen eingespart. Für das Aluminiumrecycling wird bis zu 95 % weniger an Energie benötigt als für die Herstellung des Metalls aus Primärrohstoffen erforderlich wäre.¹²

Ausführliche Beschreibungen und vertiefende Analysen aller untersuchten 13 Praxisbeispiele können dem Endbericht der Studie entnommen werden.¹³

Neben praxisorientierten Maßnahmen sind auch politische Weichenstellungen entscheidend

KfW-Befragungen zeigen, dass neben konjunkturellen Einflüssen eine Vielzahl von strukturellen Hemmnissen auf die Investitionsbereitschaft der Unternehmen und Haushalte im Bereich Klimaschutz wirken.¹⁴ Um die Energie- und Klimawende erfolgreich voranzutreiben, bedarf es daher eines breiten Mix an Politikinstrumenten, die diese Hemmnisse adressieren. Nur durch ein abgestimmtes Zusammenspiel von Praxis und Politik lassen sich die grüne Transformation meistern und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands langfristig sichern. Vor diesem Hintergrund zeigen die analysierten Projektbeispiele auch politische Gestaltungsspielräume für die Schaffung adäquater Rahmenbedingungen auf.

Etablierung einer unbürokratischen und effektiven Förderlandschaft

Zunächst einmal verdeutlichen die analysierten Beispiele, dass viele Projekte nur dank finanzieller Fördermaßnahmen realisiert werden konnten. Das liegt daran, dass gerade innovative und neuartige Vorhaben häufig spezielle Eigenschaften besitzen, die sie vor besondere Herausforderungen bei der Finanzierung stellen: Marktversagenstatbestände, wie nicht internalisierte Umweltschadenskosten in den Projektkalkulationen von Verursachern von Umweltschäden (externe Effekte) oder asymmetrische Informationsverteilung zwischen Geldgebern und Projektverantwortlichen, können dazu führen, dass Klimaprojekte im Rendite-Risiko-Profil schlechter abschneiden als nicht-grüne Investitionsalternativen. Einige Klimaschutzprojekte erfordern hohe Anfangsinvestitionen, bei denen Kapital langfristig gebunden wird, oder aufgrund verbleibender regulatorischer oder technischer Risiken überschätzen Investoren ihre potenziellen Verluste. In der Folge wird weniger in Klimaschutzprojekte investiert als volkswirtschaftlich wünschenswert wäre.

Ein effektives Zusammenspiel von privatem und öffentlichem Kapital bei der Finanzierung der Transformation ist daher entscheidend. Staatliche Förderprodukte können hier eine Schlüsselrolle übernehmen, indem sie Finanzierungslücken schließen und privates Kapital mobilisieren. Durch die gezielte Allokation von öffentlichem Kapital in nicht-marktreife Technologien kann der Staat zudem marktbildend wirken und zur langfristigen Etablierung grüner Technologien und Produkte beitragen.¹⁵ Spezielle Absicherungsinstrumente, wie Bürgschaften oder Garantien, können außerdem das Risiko für Investoren mindern und damit deren Bereitschaft zur Investition in risikobehaftete Projekte weiter erhöhen. Da komplexe und langwierige Antragsverfahren insbesondere für kleinere Akteure eine Hürde darstellen können, ist bei der Gestaltung der Förderlandschaft auf einfache, unbürokratische und transparente Strukturen zu achten.

Schaffung anreizkompatibler regulatorischer Rahmenbedingungen

Zwar spielen gesetzliche Rahmenbedingungen – z. B. in Form von Ver- und Geboten oder Subventionen – häufig eine zentrale Rolle bei der Förderung von Klimaschutzmaßnahmen, da sie Anreize schaffen, um Investitionen in umweltfreundliche Technologien und Projekte voranzutreiben.^{16 17} Gleichzeitig können jedoch veraltete rechtliche Vorgaben und Normen den Fortschritt bremsen.¹⁸ So zeigen einige der analysierten Projektbeispiele auf, wie bestehende Vorschriften – wie etwa Brand- und Schallschutznormen oder komplexe Energieregulierungen – die erfolgreiche Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen behindern können.

Daher ist es ebenso entscheidend, einen klaren regulatorischen Rahmen zu schaffen, der die wirtschaftlichen Interessen der beteiligten Akteure berücksichtigt und mit den Zielen des Klimaschutzes in Einklang bringt. Ein intensiver Austausch mit Pilot- und Forschungsprojekten kann dabei unterstützend wirken. Die dort gewonnenen Erfahrungen können wertvolle Einblicke bieten, die bei der Ausarbeitung neuer Vorschriften berücksichtigt werden können. Wichtig dabei ist, dass bestehende und neue Regulierungen sowie Anreizmechanismen ineinandergreifen und sich gegenseitig verstärken. Dies gilt auch für die Abstimmung klimapolitischer Maßnahmen zwischen Bund, Ländern und Kommunen. Ein

kohärentes Zusammenspiel dieser Elemente stellt sicher, dass Widersprüche vermieden und Synergien optimal genutzt werden.

Ausbau und Förderung (regionaler) Mittlerstellen

Die analysierten Beispiele verdeutlichen, dass (regionale) Mittlerstellen, insbesondere bei Projekten, die eine Zusammenarbeit über verschiedene Regionen oder Bundesländer hinweg erfordern, eine zentrale Rolle spielen können. Institutionen wie Energieagenturen, Kompetenzzentren oder regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaften sind mit den lokalen Gegebenheiten und Besonderheiten bestens vertraut und können eine effektive Koordination vor Ort unterstützen. Dank ihrer umfassenden Vernetzung mit lokalen Akteuren und ihrer Expertise in Energiefragen sind sie in der Lage, innovative Ansätze voranzutreiben und sowohl Unternehmen als auch öffentliche Einrichtungen bei der Entwicklung und Umsetzung von Pilotprojekten zu begleiten.

Damit Unternehmen und öffentliche Einrichtungen solche Partnerschaften erfolgreich eingehen können, erweist es sich als sinnvoll, den Aufbau und die Stärkung dieser Mittlerstellen zu fördern. Neben der Bereitstellung finanzieller Mittel für die Gründung und den Ausbau solcher Zentren ist es zielführend, den Kontakt zwischen Unternehmen und Mittlerstellen aktiv zu intensivieren. Dies kann bspw. durch die Organisation von Workshops oder die Bereitstellung von Informationsplattformen geschehen, die die Kontaktaufnahmen und den ersten Austausch erleichtern.

Bereitstellung von Experimentierräumen zur Erprobung innovativer Ideen und Lösungen

Nicht zuletzt wurde bei der Analyse der Beispiele an mehreren Stellen deutlich, dass sich die Projektverantwortlichen mehr Mut und Flexibilität von der Politik wünschen. Das gilt insbesondere für die Erprobung innovativer Technologien, die auf experimentelle Methoden setzen. Eine starre Anwendung bewährter Modelle könnte die Experimentierfreude und die Möglichkeit, aus Fehlern zu lernen, einschränken.

Um den Erfolg sehr innovativer Projekte zu fördern, kann es sich daher für die Politik als sinnvoll erweisen, entsprechende Experimentierspielräume bereitzustellen und finanziell zu unterstützen. Diese ermöglichen es, neue Technologien und Geschäftsmodelle zunächst in einem geschützten Umfeld zu testen und weiterzuentwickeln. So können potenzielle Risiken und Herausforderungen frühzeitig erkannt und adressiert werden, bevor eine breite Markteinführung erfolgt. Reallabore spielen hierbei eine wichtige, aber bisher noch selten genutzte Rolle. Sie bieten Entwicklungsumgebungen, in denen neue Technologien, Produkte oder Dienstleistungen unter realen Bedingungen erprobt und weiterentwickelt werden können. Für Innovatoren sind sie ein Werkzeug, um Innovationsprozesse gezielt zu öffnen und zu steuern, ohne die Kontrolle vollständig abzugeben.¹⁹ Besondere Bedeutung kommt dabei auch sogenannten Experimentierklauseln zu. Diese erlauben es Pilotprojekten, von den üblichen regulatorischen Anforderungen abzuweichen, solange sie innerhalb klar definierter Rahmenbedingungen operieren. Die Klauseln ermöglichen es, die Vereinbarkeit neuer Technologien mit bestehenden Gesetzen zu überprüfen und gegebenenfalls die Grundlage für neue Gesetze zu schaffen oder bestehende anzupassen. Dadurch können neue Ideen schneller getestet und umgesetzt werden, ohne dass bürokratische Hürden den Fortschritt hemmen.

Fazit: Innovatives Vorgehen und Koordination ermöglichen die erfolgreiche Umsetzung von Klimaschutzprojekten

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen eine große Vielfalt an Ansätzen und Maßnahmen, die die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen begünstigen. Ausgangspunkt ist dabei häufig zunächst einmal die Entwicklung neuartiger innovativer (technologischer) Lösungen und die Sicherstellung geeigneter Finanzierungskonzepte. Denn viele der analysierten Projektbeispiele wären ohne diese technologischen und finanziellen Voraussetzungen gar nicht erst realisierbar gewesen. Für eine breite Marktdurchdringung von Klimaschutzlösungen müssen in der Regel jedoch noch weitere Faktoren berücksichtigt werden. Soziale Komponenten spielen eine wichtige Rolle, insbesondere wenn bestimmte Bevölkerungsgruppen (wie z. B. Anwohner oder Mitarbeitende) direkt von der Umsetzung von Klimaschutzprojekten betroffen sind. Ebenfalls von großer Bedeutung sind regulatorische Aspekte, da rechtliche

Rahmenbedingungen entweder Anreize schaffen oder die Umsetzung behindern können. Nicht zuletzt sind auch organisatorische Komponenten zu bedenken. Denn gerade die Umsetzung komplexerer Klimaschutzprojekte erfordert häufig eine effektive Koordination und Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren.

Insgesamt bieten die Erkenntnisse der Studie wertvolle Impulse für Entscheidungsträger aus Praxis und Politik, um Strategien zu entwickeln, die sowohl die technischen als auch die finanziellen, sozialen, rechtlichen und organisatorischen Dimensionen der grünen Transformation berücksichtigen. Letztlich ist die Bewältigung der Klimakrise eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, die nur durch entschiedenes Handeln erfolgreich gemeistert werden kann.

¹ Vgl. Expertenrat für Klimafragen (2024). Expertenrat prüft Projektionsdaten: Einhaltung des Klimaziels für 2021 bis 2030 nicht bestätigt. Pressemitteilung vom 03.06.2024.

² Für die vollständige Studie siehe Dietzsch, N., Draeger-Gebhard, J., Lorenz, S., Münch, C. und N. von Petz (2024). Best Practice Klimaschutz. Beispiele für erfolgreiche Projekte zur Umsetzung von Klimaschutz in Deutschland. Prognos AG im Auftrag der KfW.

³ Vgl. A. Brüggemann (2021). Digitalisierung und Klimaschutz im Spannungsfeld. Warum eine nachhaltige Ausrichtung der Digitalisierung wichtig ist, Fokus Volkswirtschaft Nr. 341, KfW Research.

⁴ Vgl. Accenture (2024). Klimaeffekte der Digitalisierung 2.0. Von Bitkom beauftragte Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz in Deutschland.

⁵ Vgl. Deutsche Energie-Agentur (dena, 2024). Soziale Aspekte der Gebäude-Energiewende. Herausforderungen und Möglichkeiten.

⁶ Vgl. Römer, D., und J. Salzgeber (2024). KfW-Energiewendebarmeter 2024 – Energiewende bei Privathaushalten schreitet auch in unsicherem Umfeld voran, KfW Research.

⁷ Vgl. Andrashcke C. et al. (2023). MAGGIE: Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau in Regensburg. Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg.

⁸ Vgl. Haug, S., Vetter, M., Cerullo, L., und K. Weber (2022). Nachhaltige Quartiersentwicklung in der Margaretenau in Regensburg. Abschlussbericht der Sozialstudie zu den Projekten MAGGIE und SAM. Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg Institut für Sozialforschung und Technikfolgenabschätzung.

⁹ Vgl. E. Grewenig (2023). Vielfältiger Kompetenzbedarf zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen – Stellschraube Weiterbildung? Fokus Volkswirtschaft Nr. 444, KfW Research.

¹⁰ Auch in der aktuellen Ausgabe des KfW-Klimabarometers sind laut Angaben der Unternehmen die drängendsten Investitionshürden im Bereich Klimaschutz auf wirtschaftliche und finanzielle Aspekte zurückzuführen. Vgl. Brüggemann, A., Grewenig, E., Rode, J., und M. Schwartz, M (2024). KfW-Klimabarometer 2024 – Schwache Konjunktur dämpft Klimaschutzinvestitionen des Mittelstands – Großunternehmen sorgen dennoch für realen Zuwachs, KfW Research.

¹¹ Vgl. Rink M. (2013). Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen. Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Nutzung industrieller Abwärme durch die Stadtwerke Karlsruhe zur Wärmeversorgung der Stadt Karlsruhe. Abschlussbericht Nr. 70441 – 1/13. Stadtwerke Karlsruhe GmbH.

¹² Prognos (2022). Vergleich der CO₂eq-Emissionen beim Einsatz von Primär- und Recyclingrohstoffen zur Erzeugung der ausgewählten Metalle: Stahl, Kupfer und Aluminium.

¹³ Dietzsch, N., Draeger-Gebhard, J., Lorenz, S., Münch, C. und N. von Petz (2024). Best Practice Klimaschutz. Beispiele für erfolgreiche Projekte zur Umsetzung von Klimaschutz in Deutschland. Prognos AG im Auftrag der KfW.

¹⁴ Vgl. Brüggemann, A., Grewenig, E., Rode, J., und M. Schwartz (2024). KfW-Klimabarometer 2024. Schwache Konjunktur dämpft Klimaschutzinvestitionen des Mittelstands – Großunternehmen sorgen dennoch für realen Zuwachs. KfW Research; Römer, D., und J. Salzgeber (2024). KfW-Energiewendebarmeter 2024. Energiewende bei Privathaushalten schreitet auch in unsicherem Umfeld voran. KfW Research.

¹⁵ Vgl. Schwarz, M. (2023). Green Finance: Der Finanzmarkt als Hebel für die Klimatransformation? Fokus Volkswirtschaft Nr. 413, KfW Research.

¹⁶ Vgl. zum Beispiel: Khanna, M., Deltas, G. und D.R. Harrington (2009). Adoption of pollution prevention techniques: the role of management systems and regulatory pressures. *Environmental and Resource Economics* 44, 85-106.

¹⁷ Vgl. C. Rammer (2024). Umweltinnovationen. Ergebnisse der jährlichen Innovationserhebung für das produzierende Gewerbe und ausgewählte Dienstleistungsbranchen in Deutschland. Ausgabe 2024. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, ZEW Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.

¹⁸ Im KfW-Klimabarometer 2024 benennen 36 % der befragten Unternehmen lange Planungs- und Genehmigungsverfahren als (sehr) relevantes Hemmnis für die Umsetzung von Klimaschutzinvestitionen. Vgl. Brüggemann, A., Grewenig, E., Rode, J., und M. Schwartz (2024). KfW-Klimabarometer 2024. Schwache Konjunktur dämpft Klimaschutzinvestitionen des Mittelstands – Großunternehmen sorgen dennoch für realen Zuwachs, KfW Research.

¹⁹ Vgl. Anduschus P., Bienzeisler B. und V. Prochazka (2023). Innovationsmethode Reallabor: Eine Typologie. Fraunhofer IAO.