

Investieren in Net Zero

Eine Wagniskapitalanalyse
zur Finanzierung von
Klimatechnologie-Start-ups
bis 2030

Danksagungen

Dieser Bericht ist das Ergebnis einer von 1.5° Ventures durchgeführten Analyse mit methodischer Unterstützung von Peter Sweatman, Climate Strategy & Partners. Das Team dankt den Autoren des Capgemini-Berichts *Fit for Net Zero* für die Bereitstellung des Datensatzes und die Beantwortung methodischer Fragen. Der Bericht profitierte im Weiteren von der detaillierten Überprüfung durch mehrere Gutachterinnen und Gutachter, insbesondere René Böhm, Nana von Rottenburg und Michael Müllneritsch von der dena, Philipp Offenberg und Krzysztof Ignaciuk von Breakthrough Energy Europe sowie Sebastian Rink von der Frankfurt School of Finance & Management.

Weitere hilfreiche Hinweise wurden von den Mitgliedern der Tech for Net Zero Allianz bereitgestellt, unter anderem von Extantia, Munich Venture Partners, Planet A und Wermuth Asset Management sowie von Caphenia, Climeworks, Molabo und The Mobility House. Das Team bedankt sich insbesondere bei Simon Bennett und Araceli Fernandez Pales von der Internationalen Energieagentur für die Beantwortung von Fragen zum Bericht *Net Zero by 2050*.

Zusammenfassung und Kernaussagen

Die Skalierung neuer und bestehender Klimatechnologien wird für den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft unerlässlich sein. Der größte Teil der zur Erreichung der Klimaziele für 2030 erforderlichen CO₂-Emissionsreduzierungen wird durch heute bereits verfügbare Technologien geleistet werden.¹ Für eine schnelle Einführung sind jedoch Investitionen in neue Unternehmen erforderlich, die die dringend benötigten Klimatechnologien auf den Markt bringen werden. Darüber hinaus erfordert das Erreichen von Klimaneutralität bis 2050 enorme Innovations-sprünge. Nach der Internationalen Energieagentur (IEA) befinden sich fast die Hälfte der Minderungstechnologien aktuell noch in der Demonstrations- oder Prototypenphase. Innovationen in Bezug auf Klimatechnologien müssen auf allen Ebenen der Technologiereife beschleunigt werden – einige Technologien müssen noch weiterentwickelt werden, andere sind reif für die Demonstrationsphase und weitere stehen bereits kurz vor einer breiten Markteinführung.

Die Dekarbonisierung der gesamten Wirtschaft bietet enorme Chancen sowohl für Climate Tech Start-ups als auch für Investoren. Risikobereite Finanzierungen der Frühphase und im Wachstum können es Start-ups ermöglichen, den üblichen technologischen Reifezyklus neuer Klimatechnologien von 25 auf bis zu 10 Jahre zu verkürzen.² Eine solche Beschleunigung ist notwendig, um die Klimaziele bis 2030 zu erreichen. Gleichzeitig ermöglicht das Wachstum erfolgreicher Klimatechnologie-Start-ups langfristig hohe Erträge. Wagniskapital (engl. *Venture Capital*, VC) kann dazu beitragen, technologische Entwicklungen schneller voranzutreiben und Stückkosten durch Skalierung zu senken, um so insgesamt den Einsatz von Klimatechnologien zu beschleunigen. So kann sich das Potenzial neuer Technologien auch positiv auf Wirtschafts- und Beschäftigungswachstum auswirken.

Als Europas größte Volkswirtschaft und bedeutendster Technologiestandort kommt Deutschland eine besondere Rolle bei der Verwirklichung einer klima-

¹ Internationale Energieagentur, 2021: „Net-Zero bis 2050 – Ein Fahrplan für den globalen Energiesektor“

² Moore 2014, *Crossing the Chasm*, veröffentlicht von Collins Business Essentials.

neutralen Zukunft zu. Einerseits ist Deutschland nach wie vor der größte Treibhausgasemittent in Europa, trotz einer 35-prozentigen Minderung zwischen 1990 und 2019.³ Andererseits ist das Land aufgrund seiner technologischen Forschungsstärke gut positioniert, um bei der Entwicklung und Skalierung einer Vielzahl an bahnbrechenden Technologien eine führende Rolle einzunehmen, nicht zuletzt um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen.⁴ Die Bundesregierung strebt bereits bis 2045 Klimaneutralität an, früher als viele andere Industrienationen. Der ehrgeizige Einsatz von Klimaschutztechnologien kann es Deutschland ermöglichen, eine führende Position im Markt einzunehmen und Exporteur dieser Technologien zu werden.⁵

Dieser Bericht beziffert das Investitionspotenzial in Climate Tech Start-ups in Deutschland bis zum Jahr 2030. Die Analyse stützt sich dabei auf detaillierte Marktprognosen, um die Chancen für Unternehmerinnen und -Unternehmer von Klimatechnologien sowie Wagniskapitalfonds zu ermitteln. Die Klimatechnologien haben sich seit der ersten Clean-Tech-Investitionsrunde in den frühen 2000er-Jahren erheblich weiterentwickelt. Heute wird die Investitionslandschaft von einer breiten Masse von Investoren angetrieben, die Milliarden von Euro verwalten, um die wichtigste globale Bedrohung der Welt zu bekämpfen: den Klimawandel. Die neue Welle von Klimatechnologien wird durch eine erschütternde Zunahme von extremen Wetterereignissen, wie Überschwemmungen und Waldbränden, einen internationalen Vorstoß für Net-Zero-Emissionsziele sowie technologische Durchbrüche befördert.

Das Investitionspotenzial für Wagniskapital in Klimatechnologien wird in Deutschland bis 2030 auf durchschnittlich 22,7 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt. Diese Investitionen werden benötigt, um neue Klimatechnologie-Start-ups aufzubauen und so weit zu entwickeln, dass sie einen effektiven Beitrag zur Dekarbonisierung der Wirtschaft leisten können. Bis 2030 werden neue klimatechnologische Lösungen jährliche Investitionen in Höhe von 5,9 Mrd. Euro im Energiesektor, 6,3 Mrd. Euro im Industriesektor, 3,1 Mrd. Euro im Gebäudesektor,

³ Die Treibhausgasemissionen gingen von 1.249 Mio. Tonnen im Jahr 1990 auf 810 Mio. Tonnen CO₂Äq im Jahr 2019 zurück.

⁴ <https://www.statista.com/statistics/257152/ranking-of-the-20-countries-with-the-most-patent-grants/>.

⁵ Agora, 2021: „Klimaneutrales Deutschland 2045“.

4,5 Mrd. Euro im Verkehrssektor und 3 Mrd. Euro im Landwirtschafts- und Lebensmittelsektor erfordern. Die climatechnologischen Lösungen bieten privaten und öffentlichen Wagniskapitalgebern beträchtliche Marktchancen, sich am schnell expandierenden und hoch innovativen Markt für Climatechnologien zu beteiligen.

Obwohl die Tendenz steigend ist, fließen aktuell weniger als 5 Prozent des in diesem Bericht prognostizierten Investitionsvolumens in Climatechnologie-Start-ups mit Sitz in Deutschland.⁶ Diese immense Investitionslücke zeigt die Chance für Gründerinnen und Gründer sowie Investoren auf und verdeutlicht gleichzeitig die Aufgabe der Politik, wirksame Anreize zu setzen und die notwendigen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Climatechnologien zu schaffen. Darüber hinaus sollte der massive Zufluss von Finanzmitteln aus dem EU-Fonds für Konjunkturbelebung und Resilienz (EU Recovery and Resilience Facility) und dem deutschen Corona-Konjunkturfonds für den groß angelegten Bau der für die Climatechnologien erforderlichen Infrastruktur genutzt werden.⁷ Dazu gehören Investitionen in Netzkapazitäten für erneuerbare Energien, neue Pipelines für den Transport von abgeschiedenem CO₂ sowie die Versorgung von Industriegebieten mit Wasserstoff.

Tabelle 1: Deutschland: Bedarf an Wagniskapitalinvestitionen nach Sektoren, jährlich bis 2030

Wirtschaftssektor	Jährlicher Investitionsbedarf in Milliarden Euro
Energie	5,9
Industrie	6,3
Gebäude	3,1
Transport	4,5
Landwirtschaft und Ernährung	3,0
Insgesamt	22,7

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von Capgemini-Daten

⁶ Eigene Berechnungen auf der Grundlage der von PwC gemeldeten Investitionen, 2020: „The State of Climate Tech 2020: The next frontier for venture capital“.

⁷ [Deutschland erhält 25,6 Mrd. Euro aus dem Konjunktur- und Resilienzfonds](#), wovon 12,5 Mrd. Euro für „Dekarbonisierung insbesondere durch erneuerbaren Wasserstoff“, „klimafreundliche Mobilität“ und „klimafreundliches Sanieren und Bauen“ vorgesehen sind.

Hintergrund

Da die Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre kontinuierlich historische Ausmaße annehmen, wird der Druck zur Dekarbonisierung der Erde immer stärker. Unternehmen und Regierungen verpflichten sich zu ehrgeizigen Net-Zero-Zielen, um den wachsenden Ansprüchen von Verbraucherinnen und Verbrauchern, Bürgerinnen und Bürgern, aber auch Investoren gerecht zu werden, die allesamt Fortschritte bei der Bekämpfung des Klimawandels erwarten. Diese globalen Bestrebungen führen zu einem erneuten Schub für eine Vielzahl von klimatechnologischen Lösungen – für die Sektoren Energie, Industrie, Mobilität und Gebäude bis hin zu Landwirtschaft und Ernährung.

Klimatechnologische Innovationen sind entscheidend, um die Herausforderung der Dekarbonisierung der globalen Wirtschaft zu bewältigen und vor 2050 emissionsfrei zu werden. Besonders akut ist der Bedarf an klimaneutralen Lösungen in Bereichen geworden, in denen es bisher nur wenige praktikable Alternativen gab, etwa in Nutzfahrzeugflotten, in der Seeschifffahrt und in energieintensiven Industrieanwendungen wie der Stahl- und Zementproduktion. Sobald hierfür alternative erneuerbare Energiequellen zur Verfügung stehen, werden sie auch in weiteren Sektoren Anwendung finden. In der Stahlproduktion stehen zur Dekarbonisierung der Hochöfen Wasserstoff und Power-to-Heat-Verfahren für direkte Reduktionen zur Verfügung. Jede neue Energiequelle, von synthetischen Kraftstoffen bis hin zu grünem Wasserstoff, erhöht das Potenzial, Emissionen auf breiterer Basis zu reduzieren. Dies betrifft nicht nur das Verkehrswesen, sondern auch andere, traditionell kohlenstoffintensive Branchen. Neben der Finanzierung von emissionsreduzierenden Technologien sind Investitionen in Technologien zur Kohlendioxidabscheidung (Carbon Dioxide Removal, kurz: CDR) für die Erreichung der Pariser Ziele ebenfalls von entscheidender Bedeutung und werden in Sektoren, in denen die Emissionen nicht verringert werden können, dringend benötigt.

Klimatechnologische Innovationen werden sich auf eine Vielzahl von Märkten in verschiedenen Intensitäten auswirken. Die zur Erreichung der Pariser Klimaziele erforderlichen Technologien werden viele inkrementelle Innovationen beinhalten, die bestehende Prozesse verbessern, wie z. B. die Verwendung von Wasserstoff anstelle

von Kohle in der Stahlherstellung. Darüber hinaus erfordert eine Net-Zero-Welt bahnbrechende Innovationen durch neue Produkte und Prozesse mit einem erheblichen Wettbewerbsvorteil, beispielsweise kohlenstoffneutralen Zement. Insgesamt stützt sich dieser Report auf Szenarien, die sich auf eine schnelle Transformation unter Verwendung bereits weitgehend vorhandener Technologien fokussieren. Die technische Machbarkeit und die Markteinführung sowie die Skalierung bilden die Grundlage der Analyse, wobei der Schwerpunkt, soweit machbar, auf Klimatechnologien mit geringen bis mittleren technischen und wirtschaftlichen Risiken liegt.

Ein Großteil der benötigten Technologie ist bereits vorhanden, um bis 2030 in großem Maßstab im Markt eingesetzt zu werden.⁸ Das Erreichen der deutschen Klimaziele für 2030 ist möglich, da bereits mehr als 80 Prozent der erforderlichen Technologien marktreif sind und in großem Umfang skaliert werden können. Die restlichen Prozentpunkte setzen sich aus frühphasigen Technologien, die sich noch in der Entwicklungsphase (14,9 Prozent) befinden, und aus Verhaltensänderungen bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern (3,3 Prozent), wie z. B. der Reduzierung des Fleischkonsums, zusammen. Jedoch ist in mehreren emissionsintensiven Sektoren, wie der Schwerindustrie und dem Fernverkehr, die Abhängigkeit von frühphasigen Technologien, die sich derzeit noch in der Entwicklung befinden, sehr hoch.

Tabelle 2: Quelle der Emissionsminderungen nach Reifegrad der Klimatechnologie, in Prozent

Quelle der Emissionsminderungen	2030	2050
Technologien im Marktstadium	81.8	49.8
Technologien im Entwicklungsstadium	14.9	45.9
Verhaltensänderungen	3.3	4.3
Insgesamt	100.0	100.0

Quelle: IEA 2021, Net Zero bis 2050

Eine neue Generation von Klimatechnologie-Start-ups entwickelt allmählich tragfähige Geschäftsmodelle für schwer zu dekarbonisierende Sektoren Die Investitionen in Klimatechnologien sind zwischen 2013 und 2019 rasant gestiegen

⁸ Internationale Energieagentur, 2021: „Net Zero by 2050 - Ein Fahrplan für den globalen Energiesektor“.

und haben sich in nur sieben Jahren fast vervierzigfacht.⁹ Im Jahr 2020 kletterten die Investitionen in Klimatechnologie-Start-ups in den USA auf 14 Mrd. US-Dollar, was etwa 6 Prozent des gesamten Venture-Capital-Marktes entspricht.¹⁰ In der ersten Hälfte des Jahres 2021 erreichten die Investitionen einen neuen Höchststand. Klimatechnologie-Start-ups sicherten sich in den USA mehr als 16 Mrd. US-Dollar an Finanzmitteln – mehr als in jedem anderen Sektor.¹¹ Dieses beeindruckende Wachstum wurde durch eine Kombination mehrerer Faktoren angetrieben, darunter fallen die wachsende Nachfrage von Unternehmen sowie Verbraucherinnen und Verbrauchern und eine steigende Anzahl an Gründerinnen und Gründern, die in diesen Bereich eingestiegen sind. Ebenfalls ist die Steigerung auf das erhöhte Interesse von Investoren mit steigendem Investitionsvolumen sowie die sinkenden Infrastruktur- und Technologiekosten (Erhöhung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit) zurückzuführen. Eine strengere Umweltpolitik, einschließlich CO₂-Preisen und anderer regulatorischer Anreizmechanismen, spielt ebenfalls eine Rolle. Trotz dieses beeindruckenden Wachstums in den USA weist die Klimatechnologielandschaft in Deutschland nach wie vor einen niedrigen Reifegrad auf und ist insgesamt weit von der Größenordnung entfernt, die benötigt wird, damit das übergreifende Ziel einer klimaneutralen Wirtschaft vor 2050 Realität wird.

Um die notwendigen Innovationen im Bereich der Klimatechnologie so schnell wie möglich zu skalieren, sind in der Früh- und Wachstumsphase von Klimatechnologieunternehmen erhebliche Finanzmittel erforderlich. Sobald die Grundlagenentwicklung (F&E) abgeschlossen ist, bedarf es einer Marktfinanzierung, die von der Pre-Seed-Finanzierung über die Frühphase bis hin zur Wachstumsfinanzierung reicht. Diese erfolgt parallel zur Infratech-Finanzierung, was zur Verringerung des Risikos bei der Kommerzialisierung von transformativen Technologien beitragen kann. Die Dekarbonisierung der Wirtschaft ist ein Multi-Milliarden-Euro-Markt und bietet eine der größten Investitionsmöglichkeiten dieses Jahrzehnts.¹² Neben der Finanzierung wirken sich mehrere Faktoren auf die allgemeine Erfolgsquote und den Ressourcenbedarf von Start-ups im Bereich der Klimatechnologien aus.

⁹ PWC The State of Climate Tech, 2020.

¹⁰ Climate Tech VC, 2020: Zusammenfassender Bericht.

¹¹ Climate Tech VC, 2021: Halbjahresbericht über Investitionsmaßnahmen.

¹² Carbon 180, Carbontech-Bericht, 2018.

Zu diesen Faktoren zählt neben der Kohlenstoffpreisgestaltung¹³ mit starker Auswirkung auf die Entwicklung brauner Anlagen¹⁴ die Verfügbarkeit von Instrumenten zur Risikominderung, um die Entwicklungsphase zu beschleunigen und das sogenannte „Tal des Todes“ zu überbrücken, und darüber hinaus Forschung und Entwicklung und die damit verbundenen Verbesserungen der technologischen Effizienz sowie die Projektfinanzierung zur Beschleunigung des erforderlichen industriellen Wandels. Ebenso zu diesen Faktoren zählen ein umweltfreundliches öffentliches Beschaffungswesen zur Aktivierung der Märkte, öffentliche Anreize, Regulierungen und Vorschriften, grüne Standards und Labels, die Märkte ermöglichen, sowie handelspolitische Maßnahmen wie die Anpassung der Kohlenstoffobergrenzen.

Dieser Bericht strebt die Bezifferung der Investitionsmöglichkeiten in der gesamten deutschen Wirtschaft bis 2030 an, um ein tieferes Verständnis für die umfassenden Investitionsmöglichkeiten zu erhalten, die eine Skalierung der Klimatechnologie-Start-ups bieten. Ziel ist es, die Finanzierungsmöglichkeiten für Wagniskapital im Bereich der Klimatechnologien aufzuzeigen und Investoren hierüber aufzuklären. Durch die Berechnung des Marktpotenzials sind Investoren besser in der Lage, den allgemeinen Aufschwung eines transformativen Wandels der Gesamtwirtschaft abzuschätzen. Die Analyse gibt einen Überblick über die Investitionsmöglichkeiten für Klimatechnologieunternehmer und Wagniskapitalfonds.

Deutschland will bis 2045 treibhausgasneutral werden, wobei der schwierigste Teil des Weges noch bevorsteht. Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die Emissionen bis 2030 um mindestens 65 Prozent im Vergleich zu 1990 und bis 2040 um 88 Prozent zu senken.¹⁵ Diese Ziele stehen im Einklang mit den europäischen Plänen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Ein Verfehlen dieser Ziele wäre für fortgeschrittene Volkswirtschaften wie Deutschland mit enormen Kosten verbunden – nicht nur in Form von Geldstrafen an die EU, sondern auch in Form von Schäden für

¹³ <https://www.unepfi.org/publications/discussion-paper-on-governmental-carbon-pricing/>.

¹⁴ De Haas, R., Martin, R., Muûls, M. und Schweiger, H. (2021), „Barriers to net-zero: How firms can make or break the green transition“, VoxEU.org, 19. März.

¹⁵ Bundesregierung, 2021: Generationenvertrag für das Klima, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>.

das Ökosystem, die Wirtschaft und den Vermögensbestand des Landes.¹⁶ Gleichzeitig bietet die Dekarbonisierung der Wirtschaft eine enorme Chance, da die EU-Konjunkturfonds die Infrastruktur und die Wachstumsvoraussetzungen für viele dieser Start-ups schaffen werden – vom Laden von Elektrofahrzeugen bis hin zu Wasserstoff. Daher ist es jetzt an der Zeit, in Deutschland in Klimatechnologien zu investieren.

Methodik

Dieser Bericht geht tiefgehend auf die deutsche Start-up-Landschaft und deren Klimatechnologien ein, um den Investitionsbedarf für Klimatechnologien in Deutschland bis 2030 adäquat abzuschätzen. Die Analyse stützt sich auf den methodischen Ansatz und die quantitativen Schätzungen des Capgemini-Berichts Fit for Net Zero aus dem Jahr 2020.¹⁷ Die Daten von Capgemini sind sehr umfangreich und basieren auf einer umfassenden Marktforschung, die einige Hunderte Interviews mit technischen Experten und Branchenspezialisten beinhaltet. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik findet sich im Anhang. Auf der Grundlage detaillierter Technologie- und Marktentwicklungen in ganz Europa hebt die Analyse beispielhafte Technologien und Anwendungsbereiche hervor und schätzt den Gesamtkapitalbedarf ab.

Diese Analyse prognostiziert den Investitionsbedarf angesichts der zu erwartenden Marktentwicklungen, -größe und -struktur sowie der technologischen Reife der wichtigsten Klimatechnologien. Für jeden Sektor reiht die Analyse, auf der Grundlage der Daten von Capgemini, die drei wichtigsten Start-up-Herausforderungen nach ihrem Treibhausgasminderungspotenzial (Megatonnen CO₂-Äquivalente (Mt CO₂Äq)) bis 2030. Anschließend wird die gesamte Investitionssumme für Start-ups bis 2030

¹⁶ <https://www.cleanenergywire.org/news/missing-climate-targets-transport-could-cost-germany-billions-euros-report>.

¹⁷ Capgemini: <https://www.capgemini.com/resources/investments-in-next-generation-clean-technologies/>.

jährlich prognostiziert. Die Analyse stützt sich auf die gesamte Projektinvestitionslücke, die erwartete Marktgröße und das prognostizierte durchschnittliche Verhältnis von Fremd- zu Eigenkapital.

Die technologische Investitionslücke gibt bis 2030 die Differenz zwischen der Gesamtgröße eines Produktmarktes und dem erwarteten Umsatz für das jeweilige Produkt an. Das Marktwachstum bis 2030 stellt die jährlich erwartete Größe des Marktes bis 2030 dar¹⁸. Skaliert auf den deutschen Markt wird der Gesamtfinanzierungsbedarf für die vollständige Entwicklung und den Einsatz der jeweiligen Technologie abgeleitet¹⁹. Anschließend wird der Finanzierungsbedarf für Klimatechnologie-Start-ups anhand der angenommenen Debt-to-Equity Ratio der jeweiligen Technologie berechnet, die wiederum auf der Marktstruktur basiert und berücksichtigt, dass die erwarteten Investitionsvolumina von Risikokapitalgebern kommen und nicht durch Fremdkapital von bestehenden Unternehmen finanziert werden. Zusätzlich zu den drei wichtigsten Technologien pro Sektor wird Wasserstoff als eine eigene Kategorie betrachtet, da er als Schlüsselement in mehreren Sektoren fungiert.

¹⁸ Die von Capgemini entwickelten Marktprognosen stimmen weitgehend mit den Klimaszenarien der IEA überein und berücksichtigen die politischen Veränderungen zur Erreichung der Klimaziele für 2030.

¹⁹ Gegebenenfalls berücksichtigen die Daten von Capgemini die voneinander abhängige Leistung von Climate-Tech-Lösungen in verschiedenen Sektoren.

1. Energie

Die deutsche Energiewirtschaft trägt zu etwa einem Drittel der Treibhausgasemissionen des Landes bei (32 Prozent, 258 Mt CO₂ im Jahr 2019), was über dem weltweiten Durchschnitt von 27 Prozent liegt. Gleichzeitig²⁰ konnten die energiebedingten Emissionen in den letzten 30 Jahren um die Hälfte reduziert werden.²¹ Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, die Emissionen im Energiesektor bis 2030²² um insgesamt 61 Prozent zu reduzieren, was zu einer Verringerung von mindestens 175 Mt CO_{2Äq} pro Jahr im Vergleich zu 1990 führt.²³

Ein erfolgreicher Übergang zu einer Net-Zero-Wirtschaft wird die Abhängigkeit Deutschlands von billigen fossilen Brennstoffen durchbrechen. Um einen Gang zuzulegen, müssen erneuerbare Energien (inklusive Offshore-Windenergie) und nachhaltige Brennstoffe in größerem Umfang eingesetzt werden als bisher. Es wird erwartet, dass bahnbrechende Entwicklungen der nächsten Generation von Solar- und Windenergie zu weiteren Kostendegressionen führen werden. Hierbei gilt es Herausforderungen wie die Flächenverfügbarkeit sowie eine schnellere Planung und Umsetzung zu bewältigen. Darüber hinaus benötigen Probleme wie die Sicherstellung der energetischen Grundversorgung technische Lösungen für die Thematik der Energiespeicher und der flexiblen Energienachfrage.

Im Energiesektor werden zahlreiche neue Vorschriften auf EU- und nationaler Ebene in Verbindung mit einem steigenden CO₂-Preis voraussichtlich das Wachstum der erneuerbaren Energien fördern und gleichzeitig fossile Energieträger aus dem Geschäft drängen.²⁴ Das vielfältige Angebot an verfügbaren und neu entstehenden Technologien muss durch intelligente Stromnetze ergänzt werden, die die Verbraucher mit einer Vielzahl von Energiequellen verbinden.

²⁰ <https://www.breakthroughenergy.org/our-challenge/the-grand-challenges>.

²¹ UBA 2021, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>.

²² https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf.

²³ BMU 2021, Emissionsdaten, URL: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>.

²⁴ Die Regulierung umfasst die Erneuerbare-Energien-Richtlinie III (RED3), das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG).

Tabelle 2: Klimatechnologien im Energiebereich

Energie	Jährlicher Investitionsbedarf in Milliarden Euro
Biomethan	0.55
Schwimmender Offshore-Wind	1.20
Solare Giga-Fabriken	0.06
Andere²⁵	4.11
Insgesamt	5.9

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von Capgemini-Daten

Top 3: Möglichkeiten der Klimatechnologie im Energiebereich

i. Biomethan: Investitionen von 545 Mio. Euro pro Jahr

Aktuelle Forschungsergebnisse sehen in den zu erwartenden bahnbrechenden Entwicklungen in der Biomethanindustrie mit ihrem jährlichen Reduktionspotenzial in Deutschland von 27,6 Mt CO₂Aq die größten Dekarbonisierungspotenziale des Energiesektors.²⁶ Während das Gesamtproduktionsvolumen von Biogas noch relativ gering ist, übersteigt die Nachfrage bereits das Angebot, was Biogas zu einem sehr attraktiven Investitionsbereich macht. Gleichzeitig²⁷ ist Biogas im Hinblick auf die biologische Vielfalt und die Lebensmittelversorgung umstritten, daher müssen Innovationen den Fokus darauf legen, sich Rohstoffe für Biogasanlagen wie z. B. organische Abfälle zu sichern, die Ökosysteme und Lebensmittelketten nicht gefährden.

Es wird erwartet, dass Klimatechnologie-Start-ups die Entwicklung neuer technologischer Anwendungen zur Steigerung der Effizienz von Biogasanlagen anführen und gleichzeitig eine wichtige Rolle bei der Infrastrukturtechnologie für die Biomethanisierung sowie bei der Skalierung verschiedener Technologien für die Biogaserzeugung spielen werden. So bieten sie z. B. Marktplätze für vorgelagerte Rohstoffe und nachgelagerte Energieprodukte an. Neue technologische Durchbrüche werden mittels einer Senkung der Produktionskosten für Biomethan um mindestens 30

²⁵ Dazu gehören Energiespeichertechnologien, direkte Lufterfassung und neue Energieinfrastruktur.

²⁶ Capgemini 2020; Emissionsminderungen für Deutschland auf der Grundlage des jeweiligen Anteils an den europäischen Schätzungen geschätzt.

²⁷ Darüber hinaus könnten Power-to-Methane-Technologien eine Brücke zwischen erneuerbarem Wasserstoff, Kohlenstoffabscheidung und der Nutzung der bestehenden Erdgasinfrastruktur bilden (Sektorenkopplung).

Prozent bis 2025 zu einer groß angelegten Industrialisierung führen. Dies wird auch die Wertschöpfungskette für Biogas weiterentwickeln.

Die industrielle Erzeugung von Biomethan besitzt zurzeit einen mittleren technischen Reifegrad, sodass mit einer beschleunigten Entwicklung und einem Ausbau bis 2030 zu rechnen ist. Angesichts der hohen Investitionskosten und der infrastrukturellen Herausforderungen dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 hoch sein. Es ist davon auszugehen, dass zur weiteren Senkung der hohen Investitionskosten groß angelegte F&E- und Wettbewerbszentren geschaffen werden, die in zunächst geschützten Märkten zu günstigen Stückkosten führen würden. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 545 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.²⁸

ii. Offshore-Windtechnologie: Investitionen von 1,2 Mrd. Euro pro Jahr

Die zweitgrößte Klimawirkung bei der Dekarbonisierung des Energiesektors wird wahrscheinlich von schwimmenden Offshore-Windparks ausgehen – mit einem Reduktionspotenzial in Deutschland von mindestens 15,3 Mt CO_{2Aq} pro Jahr.²⁹ Insgesamt können schwimmende Windkraftanlagen bis zu 80 Prozent des europäischen Offshore-Windpotenzials durch den schnellen Ausbau neuer schwimmender Windkraftanlagen in tieferen Gewässern erschließen. Während der weitere Ausbau der Onshore-Windenergie auf zunehmenden gesellschaftlichen Widerstand stößt, ist die Offshore-Windenergie der Schlüssel zur vollständigen Dekarbonisierung des deutschen Energiesektors und zur Erzeugung erneuerbarer Energie für die dringend benötigte Produktion von grünem Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen.

Das größte ungenutzte Windpotenzial befindet sich in über 60 m tiefen Gewässern – zu tief für herkömmliche Offshore-Windanlagen. Modelle sagen ein schnelles Wachstum in ganz Europa voraus, sodass bis 2030 99 GW und bis 2050 etwa 450 GW an Offshore-Windkraftanlagen errichtet werden.³⁰ Diese Projekte müssen in den Meeren im Norden Europas errichtet werden, wo sowohl tiefe Gewässer als auch hohe Windgeschwindigkeiten reichlich vorhanden sind. Nordsee-Anrainerstaaten wie Deutschland sind Teil eines starken Wissensclusters, in dem die meisten Offshore-

²⁸ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

²⁹ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

³⁰ WindEurope High Scenario: 99 GW bis 2030; 1.5TECH EU Szenario: 450 GW bis 2050.

Windkapazitäten installiert sind und mehrere schwimmende Windprojekte entweder in Betrieb oder im Bau sind.

Der Markt steht erst am Anfang und wird bis zum Jahr 2030 europaweit um mehr als das 20-Fache der derzeitigen Trends wachsen.³¹ Kosteneffizientere schwimmende Technologien, erosionsbeständige Materialien und größere Offshore-Volumina werden entscheidend dazu beitragen, die Kosten bis 2030 um 70–80 Prozent zu senken.³² Insgesamt wird erwartet, dass auf dem Offshore-Windenergiemarkt bis 2030 jährlich bis zu 1,2 Mrd. Euro an Finanzmitteln für Start-ups im Bereich der Klimatechnologie aufgebracht werden.

Die schwimmende Offshore-Windkrafttechnologie besitzt einen mittleren technischen Reifegrad und sie dürfte bis 2030 eine beschleunigte Entwicklung und einen Ausbau erleben. In Anbetracht der konzentrierten Marktstruktur mit großen Akteuren, hoher Kapitalintensität und schwierigen Genehmigungsverfahren dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 niedrig sein. Insgesamt wird der Bedarf an Start-up-Finanzierung auf 1,2 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt.³³

iii. Solarzellen und PV-Module der nächsten Generation: Investitionen von 60 Mio. Euro pro Jahr

Die potenzielle Klimawirkung neuer Solarzellen und PV-Module in Bezug auf die Emissionsreduzierung beträgt bis zu 12 Mt CO₂Äq in Deutschland pro Jahr.³⁴ Während die Solarenergie in den letzten zwei Jahrzehnten bereits eine Kostensenkung von mehr als 80 Prozent erfahren hat, werden Fortschritte in der Photovoltaiktechnologie es zukünftigen Klimatechnologie-Start-ups ermöglichen, sich in einem reifen Solarmarkt zu etablieren. Die deutsche Ingenieurskunst kann eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Technologie für großtechnische Produktionsanlagen zur Herstellung

³¹ Bei den derzeitigen Trends werden bis 2030 voraussichtlich nur 4–5 GW installiert werden. Bis 2050 benötigen wir eine 25-fache Steigerung der Offshore-Windkraft: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/a-2030-vision-for-european-offshore-wind-ports-future-trends-and-opportunities/>.

³² Es wird erwartet, dass die Kosten bis 2030 von etwa 200 Euro/MWh auf 40–60 Euro/MWh sinken.

³³ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

³⁴ Die Emissionsreduzierung basiert auf europäischen Schätzungen (Capgemini 2020).

von Mehrfachzellen spielen, die nachweislich die Erträge um weitere 30 Prozent im Vergleich zur bestehenden Technologie steigern können.³⁵ Sie werden schließlich als bifaziale Module montiert werden, um den Ertrag der Module weiter zu steigern. Darüber hinaus wird eine verbesserte Technologie benötigt, um den CO₂-Fußabdruck bei der Herstellung von Solarzellen zu verringern.

Angesichts der immer besseren Wirtschaftlichkeit von Solarzellen wird erwartet, dass die Nachfrage nach ihnen in ganz Europa um 10–15 Prozent pro Jahr wachsen wird. Deutschland verfügt über das nötige technische Know-how, eine entsprechend intensive Forschung und Entwicklung sowie spezialisierte Hersteller, um den Markt zu erobern. In Deutschland gibt es Solarforschungscluster von Weltrang, die in den Jahren 2022–2025 neue Start-ups hervorbringen werden. Der Markt für Solarmodule wird weitere Finanzierungsrunden in Höhe von bis zu 60 Mio. Euro pro Jahr erleben, wobei der Rest des erforderlichen Wachstumskapitals voraussichtlich fremdfinanziert werden wird.

Die Solartechnik ist technisch ausgereift und wird voraussichtlich bis 2030 schnell wachsen. Da es sich um ein hochgradig standardisiertes Produkt handelt, ist die Marktstruktur sehr homogen und es gibt eine große Anzahl von Akteuren. Es wird von einem mittleren Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 ausgegangen.³⁶

³⁵ Solarmodule der Generation III–V und/oder Perowskite auf Silizium erreichen im Labor einen Wirkungsgrad von 40 Prozent im Vergleich zu den derzeitigen Höchstwerten von 30 Prozent mit der bestehenden Technologie (Capgemini 2020).

³⁶ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

2. Industrie

Der Industriesektor ist die zweitgrößte Quelle von Kohlenstoffemissionen in Deutschland und macht 23 Prozent der Gesamtemissionen aus (187 Mt CO₂Äq im Jahr 2019). Dies liegt unter dem weltweiten Durchschnitt von 31 Prozent.³⁷ Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, die Industrieemissionen bis 2030 um 49 Prozent zu reduzieren, was zu einer jährlichen Emissionsminderung von mindestens 140 Mt CO₂Äq führen würde.³⁸

Während des Produktionsprozesses entstehen die meisten Emissionen durch den Einsatz von Energie, die zur Gewinnung von hoch- und niedrigtemperierter Wärme benötigt wird. Darüber hinaus sind direkte Emissionen aus Produktionsprozessen, wie z. B. der Chemie, Stahl und Zement, eine weitere große CO₂-Quelle. Die Zement- und Stahlproduktion sind die größten Emittenten unter den Industriezweigen, bei denen Wasserstoff und Elektrifizierung zu einer Verringerung der Emissionen beitragen könnten. Der regulatorische Druck und die Anreize zur Dekarbonisierung der Industrie nehmen rasch zu, wodurch große Märkte für neue climatechnologische Anwendungen entstehen.³⁹

Damit Deutschland sein Net-Zero-Ziel erreichen kann, ist die Abscheidung von Kohlendioxid (CDR) erforderlich. Die Klimaszenarien des IPCC für den 1,5 °C-Pfad sowie die Szenarien der Europäischen Kommission für das Erreichen des Net-Zero-Ziels bis 2050 beinhalten einen umfassenden Einsatz der Kohlenstoffabscheidung, -nutzung und -speicherung (CCUS).⁴⁰ Die Modellierung einer aktuellen Studie betreffend den Net-Zero-Pfad für Deutschland geht von 63 Mio. Tonnen CO₂Äq pro Jahr aus, die durch permanente Kohlenstoffabscheidung und -speicherung neutralisiert werden müssen.⁴¹ Während sich die Technologie zur Kohlenstoffabscheidung schnell

³⁷ <https://www.breakthroughenergy.org/our-challenge/the-grand-challenges>.

³⁸ Klimaschutzplan 2050 URL:

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf.

³⁹ Die Regulierung umfasst das Europäische Emissionshandelssystem (ETS 1 und 2), die Richtlinie zur Energiebesteuerung, die Richtlinie zur Energieeffizienz, die Richtlinie über die Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID) und den Mechanismus zur Anpassung der Kohlenstoffgrenzen (CBAM).

⁴⁰ IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C; EUU Climate Strategy, URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en.

⁴¹ Agora 2021 Klimaneutrales Deutschland 2045, URL: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf.

entwickelt, ist die Kohlenstoffspeicherung in Deutschland aufgrund aktueller Vorschriften derzeit nicht möglich.⁴² Finanzierung und Skalierung der Infrastruktur zur Kohlenstoffabscheidung in Deutschland können wichtige Synergien mit anderen CDR-Ansätzen und Emissionsminderungen, insbesondere im Verkehrssektor, erzielen. Nachhaltiges CO₂ aus der direkten Abscheidung aus der Luft kann als Ausgangsstoff für synthetische und nachhaltige Flugkraftstoffe eine Schlüsselrolle bei der Verwirklichung eines sauberen Verkehrs spielen.

Tabelle 3: Klimatechnologien der Industrie

Industrie	Jährlicher Investitionsbedarf in Milliarden Euro
Wärmeversorgung	0.23
Kältemittel	0.05
Zement	0.93
Andere⁴³	5.09
Insgesamt	6.3

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von Capgemini-Daten

Top 3: Chancen für Klimatechnologie in der Industrie

i. Industrielle Wärme: Investitionen von 230 Mio. Euro pro

Bahnbrechende Entwicklungen im Bereich der Industriegwärme haben, laut aktuellen Forschungsergebnissen, mit ihrem jährlichen Reduktionspotenzial von 24,5 Mt CO₂Äq den größten Effekt bei der Dekarbonisierung des Industriesektors.⁴⁴ Industrielle Prozesswärme, sowohl auf hohem (300–1.000 °C) als auch auf niedrigem Niveau (bis zu 300 °C), wird derzeit überwiegend aus fossilen Brennstoffen erzeugt.

Die Erzeugung von Hochtemperaturwärme (>300 °C) stellt eine Herausforderung dar: sie erfolgt in der Regel mit fossilen Brennstoffen, da elektrische Widerstände nicht in der Lage sind, genügend Wärme zu erzeugen. Dies ist ein potenzielles Einsatzgebiet

⁴² Kohlendioxidspeicherungsgesetz (KDSG).

⁴³ Umfasst Wasserstoff in der Schwerindustrie, Kunststoffe und Kreislaufwirtschaft, Energieeffizienz und Technologien zur Kohlenstoffabscheidung.

⁴⁴ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

für Wasserstoff, sobald dieser zu niedrigeren Kosten verfügbar ist. Im Niedrigtemperaturbereich und zur Kühlung könnte die industrielle Wärmeerzeugung weitgehend durch geothermische Energie und Biogas dekarbonisiert werden – dies vor allem dort, wo Letztere Kohle und Gas im niedrigen und mittleren Temperaturbereich ersetzen können.⁴⁵

Es wird von einer Zunahme erneuerbarer Energiequellen wie Erdwärme, Biomasse, Abfällen, Wasserstoff und der Nutzung von Ökostrom als Ausgangsmaterial für die industrielle Wärmeerzeugung ausgegangen. Überdies werden, zusätzlich zu den industriellen Anwendungen von geothermischen Wärmepumpen für den Niedrigtemperaturwärmebedarf, neue Technologien für Hochtemperaturwärme entwickelt. Darüber hinaus wird dem Markt für Nachrüstungen zur Ermöglichung der Symbiose und der zirkulären Wiederverwendung von verschwendeter Hochtemperaturwärme durch Wärmenetze in großen Industrieclustern und Häfen eine wichtige Rolle bei der Verringerung der Gesamtemissionen der Industrie eingeräumt.

Der technische Reifegrad der Prozesswärme ist insgesamt hoch und wird bis 2030 voraussichtlich rasch zunehmen. Angesichts der mittleren Konzentration der Marktstruktur dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 ebenso im mittleren Bereich liegen. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 230 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁴⁶

ii. Nachhaltige Kältemittel: Investitionen von 55 Mio. Euro pro Jahr

Die zweitgrößte Klimawirkung bei der Dekarbonisierung des Industriesektors dürfte die Verringerung der Emissionen von Kältemitteln haben. Hier liegt das Einsparungspotenzial in Deutschland bei mindestens 22,2 Mt CO₂Äq pro Jahr.⁴⁷

Das Treibhauspotenzial von Kältemitteln ist etwa 2.000-mal höher als das von CO₂ und ihre Lebensdauer in der Atmosphäre beträgt mehr als 13 Jahre. Gleichzeitig sind die FKW-Emissionen aufgrund von Kältemitteln seit 1990 jährlich um 10 bis 15 Prozent gestiegen. Während einige der klimaschädlichsten Kältemittel mit dem Montrealer Protokoll von 1987 schrittweise aus dem Verkehr gezogen wurden⁴⁸, ist

⁴⁵ BCG 2018, Klimapfade für Deutschland.

⁴⁶ Berechnungen auf der Grundlage verfügbarer Capgemini-Daten und Markteinschätzungen.

⁴⁷ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

⁴⁸ Reduzierung von 97 Prozent der Fluorchlorkohlenwasserstoffe.

eine neuere Generation von Kältemitteln, die sogenannten HFKW, nach wie vor ein starker Treiber des Klimawandels.⁴⁹ Die EU hat sich 2015 darauf geeinigt, die Verwendung von HFKW bis 2030 für alle Kältemittel auslaufen zu lassen. Der Ausstieg macht erste Fortschritte, sodass der Markt für besonders treibhausgasarme Lösungen wachsen kann. Die Ausweitung des Einsatzes emissionsarmer Kältemittel in allen Sektoren und die Entwicklung alternativer Kältemittel werden zusätzliche Chancen für Start-ups im Bereich der Klimatechnologie bieten.

Der technische Reifegrad der Prozesswärme ist insgesamt relativ weit fortgeschritten und es wird erwartet, dass er bis 2030 schnell zunimmt. Angesichts der mittleren Konzentration der Marktstruktur dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 im mittleren Bereich liegen. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 55 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁵⁰

iii. Dekarbonisierung der Zementproduktion: Investitionen von 930 Mio. Euro pro Jahr

Die Zementproduktion ist für etwa 2 Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich, wobei die Klinkerproduktion alleine zwei Drittel dieser Emissionen verursacht. Durch die Dekarbonisierung der Zementproduktion in Deutschland können jährlich 16,5 Mt CO₂Aq eingespart werden.

Die Substitution von Klinker durch Ersatzstoffe würde es ermöglichen, weniger Klinker pro Zementeinheit zu verbrauchen und dadurch die Emissionen entsprechend den vorliegenden Klimaprognosen um 18 Prozent senken. Durch die Entwicklung alternativer Klinker, die den klassischen Portlandklinker vollständig ersetzen, könnten die CO₂-Emissionen um weitere 17 Prozent gesenkt werden. Darüber hinaus könnte die Ausweitung der Kohlenstoffabscheidung in Zementöfen im industriellen Maßstab dazu beitragen, die zementbedingten Emissionen bis 2030 um weitere 14 Prozent zu senken. Das abgeschiedene CO₂ kann teilweise mit recyceltem Betongranulat wiederverwendet werden, um die Materialfestigkeit zu erhöhen. Verschiedene andere Technologien (z. B. Autogene Brennstoffe) ermöglichen eine Verringerung der Emissionen aus der Zementherstellung, deren Nachfrage im Zuge der Erneuerung der Zementindustrie rasch steigt.

⁴⁹ Hexafluorcarbone.

⁵⁰ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

Der technische Reifegrad der nachhaltigen Zementproduktion ist insgesamt auf einem mittleren Niveau und wird sich voraussichtlich bis 2030 schnell weiterentwickeln und ausweiten. Angesichts der stark konzentrierten, oligopolistischen Marktstruktur wird der Verschuldungsgrad für die Verbreitung dieser Technologie bis 2030 voraussichtlich hoch sein. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 930 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁵¹

3. Gebäude

Der Gebäudesektor ist mit einem Anteil von 15 Prozent (123 Mt CO₂Äq im Jahr 2019) die viertgrößte Quelle für Kohlenstoffemissionen in Deutschland. Dies ist mehr als doppelt so viel wie der weltweite Durchschnitt von 7 Prozent.⁵² Die Bundesrepublik hat sich zum Ziel gesetzt, die Emissionen aus dem Gebäudesektor bis 2030⁵³ um 61 Prozentpunkte zu senken, was zu einer Emissionsminderung von mindestens 70 Mt CO₂Äq pro Jahr führt. Diese Emissionen stammen aus der Energie, die zum Heizen und Kühlen von Gebäuden, zur Warmwasserbereitung und zur direkten Nutzung von Strom verwendet wird.

Die größte Herausforderung bei der Dekarbonisierung des Gebäudesektors liegt in der Nachrüstung des bestehenden Wohnungsbestands, insbesondere in Städten, wo Isolierungen und tiefgreifende Renovierungen sehr komplex sind. Im Durchschnitt sind drei Viertel aller Gebäude in Europa Wohngebäude, wobei mehr als 40 Prozent vor 1960 gebaut wurden, als es noch kaum Vorschriften hinsichtlich Energieeffizienz und dergleichen gab. Entscheidend hierbei ist, dass drei Viertel der heutigen Gebäude auch im Jahr 2050 noch existieren werden. Daher hat die Renovierung des

⁵¹ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

⁵² <https://www.breakthroughenergy.org/our-challenge/the-grand-challenges>.

⁵³ BMU 2021, Emissionsdaten: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>.

bestehenden Gebäudebestands oberste Priorität, um den Status „nahezu emissionsfrei“ zu erreichen.

Neue Vorschriften auf EU- und nationaler Ebene in Verbindung mit beträchtlichen öffentlichen Mitteln ebnen den Weg für die Dekarbonisierung der Emissionen im Gebäudesektor.⁵⁴ Um die Emissionen zu senken, müssen in den meisten Gebäuden mehrere neue Technologien installiert werden, darunter Energieeffizienzmaßnahmen (Isolierung), Vor-Ort-Energieerzeugungsanlagen (PV und geothermische Systeme), Elektrifizierung (Wärmepumpen) sowie intelligente Sensoren und Zähler. Die jährliche Renovierungsrate muss auf mindestens 3 Prozent steigen, um die Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen.

Durch die wachsende Zahl an Vorschriften und Regulierungen, welche die Durchführung von Renovierungen sicherstellen sollen, entstehen schnell wachsende Märkte im Gebäudebereich. Öffentliche Fördermittel in Form von Zuschüssen und Sonderfinanzierungen für Hauseigentümer bieten neuen Klimatechnologieunternehmen die Möglichkeit, sich am Wettlauf um klimaneutrales Wohnen zu beteiligen. Dementsprechend beginnt der Markt für Wärmepumpen, neue Dämmstoffe und tiefgreifende Renovierungen schnell zu wachsen. Darüber hinaus müssen künftige Materialien weitgehend recycelbar sein, um ihren CO₂-Fußabdruck über die gesamte Lebensdauer zu verringern.

Table 4: Klimatechnologien in Gebäuden

Gebäude	Jährlicher Investitionsbedarf in Milliarden Euro
Grüne Energie in Gebäuden	1.31
Tiefgreifende Renovierungen	0.93
Neue Bauprozesse	0.82
Insgesamt	3.1

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von Capgemini-Daten

⁵⁴ Zu den Vorschriften gehören das Europäische Emissionshandelssystem (ETS 1 und 2), das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) und das Gebäudeenergiegesetz (GEG).

Top 3: Möglichkeiten der Klimatechnologie in der Mobilität

i. Warmwasser und Heizung: Investitionen von 1,31 Mrd. Euro pro Jahr

Bahnbrechende Entwicklungen im Bereich der Wärmepumpen haben, laut aktuellen Forschungsergebnissen, mit ihrem jährlichen Reduktionspotenzial für Deutschland von 6,5 Mt CO₂Äq den größten Effekt bei der Dekarbonisierung des Gebäudesektors.⁵⁵ Die Elektrifizierung von Heiz- und Kühlanlagen ist notwendig, um nahezu emissionsfreie Gebäude zu erreichen. Nach Angaben der IEA können Wärmepumpen 50 Prozent der Emissionen im Gebäudesektor und 5 Prozent der Emissionen in der Industrie einsparen. Da Hitzewellen in vielen Regionen zur Normalität werden, wird zudem eine steigende Nachfrage nach Kühltechnik prognostiziert.

Auf der Nachfrageseite sind die Anfangsinvestitionen im Vergleich zu Öl- oder Gasanlagen immer noch relativ hoch, sodass sich neue Start-ups im Bereich der Klimatechnologie auf verbesserte Effizienz, bessere Technologie und schlankere Produktion konzentrieren können, um Anteile an einem wachsenden Markt zu erobern. Der Markt umfasst drei Sektoren: Wohngebäude, gewerbliche Gebäude und industrielle Anwendungen. Darüber hinaus werden kleine Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen in Elektroautos benötigt, wodurch potenzielle Synergien entstehen. Auf gewerbliche Gebäude entfallen etwa 40 Prozent der Nachfrage (inklusive Kühlanlagen), die in den kommenden Jahren voraussichtlich exponentiell ansteigen wird.⁵⁶

Der technische Reifegrad der Warmwasser-, Heiz- und Kühltechnologie ist insgesamt bereits weit fortgeschritten und es ist davon auszugehen, dass der Markt bis 2030 rasch expandieren wird. Angesichts der Struktur des Massenmarktes dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 im mittleren Bereich liegen. Insgesamt wird der Bedarf an Start-up-Finanzierung auf 1,31 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt.⁵⁷

⁵⁵ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

⁵⁶ Capgemini 2020.

⁵⁷ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

ii. Tiefgreifende Renovierung: Investitionen von 930 Mio. Euro pro Jahr

Die zweitgrößte Auswirkung auf das Klima bei der Dekarbonisierung des Gebäudesektors dürfte die Verringerung der wärmebedingten Emissionen durch die Ermöglichung tiefgreifender Renovierungen haben – mit einem potenziellen Ausmaß in Deutschland von jährlich mindestens 2,8 Mt CO₂Aq.⁵⁸ Die Regierungen stehen unter Druck, die Renovierungsrate des europäischen Gebäudebestands in Deutschland und in der gesamten Europäischen Union zu erhöhen, da private und öffentliche Gebäude rund 40 Prozent des Energieverbrauchs in der EU ausmachen. Neue Vorschriften und Förderprogramme führen zu einer immer größeren Nachfrage nach erschwinglichen Sanierungen in einem Markt, der Prognosen zufolge bis zum Jahr 2030 europaweit 110 Mrd. Euro übersteigen wird.

Tiefgreifende Renovierungen erfordern neue Technologien für die Anwendung von Dämmstoffen der nächsten Generation, intelligenteres Heizen und Kühlen mithilfe von Gebäudeoberflächen sowie Alternativen zu herkömmlichen kostenintensiven Verfahren wie Gerüstbau und Dacheindeckung. Neue Technologien müssen sich darauf konzentrieren, die Kosten zu senken, indem sie die monatelangen Projekte zur Gebäudedämmung verkürzen. Die Verwendung industrieller Komponenten wird bei tiefgreifenden Renovierungen eine entscheidende Rolle spielen, um die Kosten pro Quadratmeter zu senken. Darüber hinaus können koordinierte Renovierungsprogramme und der Einsatz digitaler Werkzeuge dazu beitragen, den Renovierungsprozess weiter zu standardisieren und zu industrialisieren. Es wird erwartet, dass diese Technologien zu schnelleren und effizienteren Prozessen sowie zu niedrigeren Stückkosten führen werden.

Der Gebäudesektor ist zersplittert, was den Marktzugang für neue Technologien relativ einfach macht. Der technische Reifegrad von Technologien für die Tiefenrenovierung ist insgesamt ausgereift, so dass der Markt bis 2030 voraussichtlich schnell wachsen wird. In Anbetracht der stark verstreuten Massenmarktstruktur dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 im mittleren Bereich liegen. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf bis zu 930 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁵⁹

⁵⁸ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

⁵⁹ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

iii. Neubauprozesse: Investitionen von 816 Mio. Euro pro Jahr

Die drittgrößte Klimawirkung bei der Dekarbonisierung des Gebäudesektors wird wahrscheinlich von neuen Bauprozessen ausgehen – mit einem Reduktionspotenzial in Deutschland von jährlich mindestens 2,2 Mt CO₂Äq.⁶⁰

Digitale Werkzeuge haben ein großes Potenzial, die Nachhaltigkeit von Gebäuden zu verbessern und die negativen Umweltauswirkungen zu verringern. Neue Start-ups im Bereich der Klimatechnologie, die die Nutzung von Gebäudedatenmodellen durch Drohnenscans, 6D-Merkmale zur Integration von Lebenszyklusinformationen, Gebäudesensoren zur Verbesserung der Energie- und Innenraumleistung und digitale Gebäudeausweise ermöglichen, können eine wichtige Rolle bei der Senkung von Kosten und Emissionen spielen. Darüber hinaus können Bautechniken wie vorgefertigte oder modulare Komponenten, der 3D-Druck von Baumaterialien und die additive Fertigung zu weiteren Rationalisierungen führen.

Vielversprechende neue Dämmtechnologien wie Phasenwechselmaterialien und Wärmerückgewinnungsgeräte werden mit Sicherheit eine rasch wachsende Nachfrage befriedigen, da sie das Heiz- und Kühlmanagement optimieren können. In dichten städtischen Gebieten sind dünne Dämmstoffe erforderlich, um Platz zu sparen und den Wert des Gebäudes zu erhalten. In den Städten ist von einem verstärkten Einsatz von in Fenstern oder Wänden integrierten vertikalen Photovoltaiksystemen auszugehen, um genügend Sonnenenergie zu gewinnen.

Der technische Reifegrad neuer Bauprozesse ist insgesamt auf einem mittleren Niveau, sodass mit einer Beschleunigung und Skalierung bis 2030 zu rechnen ist. In Anbetracht der stark verstreuten Massenmarktstruktur im Bausektor dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 auf mittlerem Niveau sein. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 816 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁶¹

⁶⁰ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

⁶¹ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

4. Mobilität

Der Verkehrssektor ist für mehr als ein Fünftel der Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich (20,2 Prozent; 164 Mt CO₂Äq im Jahr 2019) und liegt damit erheblich über dem weltweiten Durchschnitt von 16 Prozent.⁶² Die meisten dieser Treibhausgase werden im Straßenverkehr emittiert. Flüssige fossile Brennstoffe, die den größten Teil des Verkehrssektors antreiben, haben eine hohe Energiedichte und sind daher nicht leicht durch neue, saubere Alternativen zu ersetzen, die den Aufbau einer neuen Infrastruktur erfordern.

Neue Vorschriften und Finanzierungen auf EU- und nationaler Ebene ebnen den Weg für die Dekarbonisierung der Emissionen im Verkehrswesen.⁶³ Dazu gehört die Förderung von Elektrofahrzeugen, Ladestationen, Zügen, städtischem Verkehr und neuen Mobilitätslösungen. Der erneute Vorstoß soll dem lang anhaltenden Trend entgegenwirken, dass die Emissionen in allen anderen Sektoren in den letzten 30 Jahren zurückgegangen sind, während die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen stagniert oder sogar leicht zugenommen haben. Im Rahmen der aktuellen Gesetzgebung will Deutschland die verkehrsbedingten Emissionen bis 2030⁶⁴ um 40 Prozent reduzieren, was zu einer Verringerung von mindestens 70 Mt CO₂Äq pro Jahr führt.

⁶² <https://www.breakthroughenergy.org/our-challenge/the-grand-challenges>.

⁶³ Die Regulierung umfasst die Richtlinien ReFuel Aviation und ReFuel Maritime; Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG).

⁶⁴ BMU 2021, Emissionsdaten: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>.

Tabelle 5: Möglichkeiten der Klimatechnologie in der Mobilität

Mobilität	Jährlicher Investitionsbedarf in Milliarden Euro
EV-Laden	0.73
E-Treibstoffe	0.32
Elektrifizierter Schwerlastverkehr und Stadtbusse	0.64
Andere ⁶⁵	2.80
Insgesamt	4.5

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von Capgemini-Daten

Top 3: Möglichkeiten der Klimatechnologie in der Mobilität

i. Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge: Investitionen von 730 Mio. Euro pro Jahr

Die größten Auswirkungen auf das Klima bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors werden von den bahnbrechenden Entwicklungen bei den Ladestationen für Elektrofahrzeuge (EV) erwartet – mit einem jährlichen Reduktionspotenzial von 1,83 Mt CO₂Aq in Deutschland.⁶⁶

Es wird erwartet, dass der deutsche Markt für Elektroautos bis 2030 2 bis 2,5 Mio. Einheiten pro Jahr erreichen wird, wobei die meisten Net-Zero-Szenarien davon ausgehen, dass bis 2050 80 Prozent der Pkw elektrisch betrieben werden. Dies erfordert einen enormen Ausbau der privaten und öffentlichen Ladeinfrastruktur sowie den Zugang zu großen Mengen an Batterien der neuesten Generation. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Ladestationen in großem Umfang in Privathaushalten und Büros aufzustellen, um die Akzeptanz und Nutzung der Elektromobilität zu erleichtern. Mit sinkenden Preisen für E-Fahrzeuge, einer zunehmenden Vielfalt von E-Fahrzeugmodellen und wachsenden Reichweiten wird der Hauptengpass für das Wachstum

⁶⁵ Dazu gehören wasserstoffbasierte Kraftstoffe für Luftfahrt, Schifffahrt, Schwerlastverkehr und Regionalzüge, Batterien für Elektrofahrzeuge usw.

⁶⁶ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

des E-Fahrzeugmarktes bald der Zugang zur Ladeinfrastruktur sein. Start-ups aus dem Bereich der Klimatechnologie können dazu beitragen, die Lücke zu schließen, indem sie zusätzliche Ladeinfrastruktur zu Hause und in Büros einrichten, um die Marktdurchdringung von E-Fahrzeugen zu beschleunigen.

Angesichts der nach wie vor bestehenden Heterogenität der Anbieter von Ladestationen haben Fortschritte bei der Normung und Technologie in letzter Zeit die Ladeinfrastruktur gefördert. Das ist eine gute Nachricht, denn die Verbreitung von E-Fahrzeugen hängt eng mit dem Einsatz von Ladestationen zusammen. Bereits heute sind mehr als 90 Prozent der installierten Ladestationen in Europa private Ladepunkte. Die wachsende Nachfrage und der regulatorische Druck, Ladestationen in neue Wohngebäude einzubauen, werden zu einem nachhaltigen Markt führen.

Der technische Reifegrad der Ladeinfrastruktur für Elektroautos ist bereits relativ hoch. Darüber hinaus zielt die Marktoffensive auf fast 14 Mio. Elektroautos in Deutschland bis 2030 ab.⁶⁷ In Deutschland, wo fast zwei Drittel der Haushalte über eine Garage oder einen Stellplatz verfügen, ist die Installation von privaten Ladestationen besonders attraktiv. Angesichts des relativ einfachen Markteintritts und des hohen Verschuldungsgrads für den Ausbau dieser Infrastrukturtechnologie wird der Bedarf an Start-up-Finanzierung für das kommende Jahrzehnt auf 730 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.

ii. Synthetische Kraftstoffe für die Luft- und Schifffahrt: Investitionen von 320 Mio. Euro pro Jahr

Die zweitgrößte Klimawirkung bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors dürfte von der Verringerung der Emissionen aus dem Luft- und Schiffsverkehr ausgehen – mit einem jährlichen Reduktionspotenzial in Deutschland von mindestens 0,99 Mt CO₂Aq.⁶⁸

Verflüssigtes Erdgas (LNG) ist trotz seines erheblichen CO₂-Fußabdruckes derzeit noch der sauberste Schiffskraftstoff auf dem Markt. Biokraftstoffe könnten LNG jedoch irgendwann ersetzen – dafür müssen allerdings die Kosten für Biokraftstoffe durch eine Ausweitung der Produktion weiter gesenkt werden. Alternativ dazu

⁶⁷ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-13/germany-sees-14-million-electric-vehicles-on-its-roads-by-2030>.

⁶⁸ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

könnten sich saubere E-Kraftstoffe für die Luft- und Schifffahrt, wie z. B. synthetisches Methanol, bald zu wettbewerbsfähigen Alternativen entwickeln. Da sich Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität befindet, wird der für die Herstellung von E-Kraftstoffen benötigte CO₂-Rohstoff zunehmend aus nachhaltigen CO₂-Quellen (z. B. direkt aus der Luft) stammen, was relevante Synergien für den Ausbau von Technologien zur Kohlenstoffabscheidung bietet.

Angesichts der großen deutschen Seehäfen werden deutsche Start-ups aus dem Bereich der Klimatechnologie mit Sicherheit zu den führenden Akteuren im Bereich der nachhaltigen Kraftstoffe für die Schifffahrt werden. Hamburg versucht bereits, sich sowohl als wichtiger Eingangshafen für synthetische Schiffskraftstoffe zu positionieren als auch gleichzeitig die Produktion von 1 Mio. Tonnen E-Kraftstoff für seine Frachtschiffe anzustreben. Dafür würden etwa 170.000 Tonnen Wasserstoff⁶⁹ benötigt, die idealerweise von nahe gelegenen Offshore-Wind- und Solarkraftwerken geliefert werden könnten. Diese E-Treibstoffe würden dazu beitragen, den erheblichen CO₂-Fußabdruck der Frachtschifffahrt zu verringern, der die weltweiten Emissionen des Luftverkehrs übersteigt.

Die ersten Technologieunternehmen, die nachhaltige Flugkraftstoffe entwickeln, sind im Entstehen begriffen. Deutschland und Europa sind jedoch noch weit von einer groß angelegten Markteinführung entfernt, da die Nachfrage erst vor Kurzem zu wachsen begann. Sobald sie technologisch ausgereift sind, werden die Start-ups voraussichtlich preislich wettbewerbsfähige alternative Kraftstoffe für den Flugverkehr produzieren, die in Industrieclustern und Verkehrsknotenpunkten weiterwachsen dürften.

Der technische Reifegrad von E-Kraftstoffen in der Luft- und Schifffahrt ist insgesamt noch relativ gering bis mittel. Es wird von einer Beschleunigung der Weiterentwicklung und des Wachstums bis 2030 ausgegangen. Angesichts der konzentrierten, oligopolistischen Marktstruktur sowohl im Luft- als auch im Schiffsverkehr ist der Sektor, trotz der Schwierigkeiten beim Markteintritt, reif für eine Umwälzung. Daher wird der Verschuldungsgrad als niedrig angenommen. Insgesamt wird der Investitionsbedarf für nachhaltige Schiffs- und Flugkraftstoffe auf rund 320 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁷⁰

⁶⁹ Capgemini 2020.

⁷⁰ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

iii. Elektrifizierung des Schwerlastverkehrs und des städtischen Busverkehrs: Investitionen von 635 Mio. Euro pro Jahr

Durch neue Klimatechnologien zur Elektrifizierung von Kurz- und Mittelstrecken-Lkw können in Deutschland durch die damit verbundene jährliche Einsparung von 0,423 Mt CO₂Äq positive Auswirkungen auf das Klima erzielt werden. Schon heute bieten Autohersteller kleine Lkw mit 16 Tonnen Fassungsvermögen und einer Reichweite von 300 km an. Neue Start-ups im Bereich der Klimatechnologie können in diesem Markt wachsen, indem sie Batterietechnologie und Lösungen anbieten, die die Lebensdauer von Elektro-Lkw verlängern. Die Ausweitung des Elektro-Lkw-Verkehrs in Europa kann durch die Nutzung von öffentlich-privaten Investitionsinitiativen finanziert werden. So prognostiziert etwa die Europäische Investitionsbank, dass bis 2030 bis zu 10 Prozent der Lkw-Flotten elektrisch betrieben werden.⁷¹

Außerdem hat sich der Einsatz von Elektrofahrzeugen für den öffentlichen Verkehr, die Müllabfuhr und die Postzustellung in städtischen Gebieten bereits als vielversprechender und leicht zugänglicher Markt erwiesen. Die Elektrifizierung des gesamten städtischen Verkehrs würde nicht nur Emissionen vermeiden, sondern auch die Luftverschmutzung und Lärmbelästigung verringern, die sonst bei Kurzstreckenfahrten entstehen.

Der technische Reifegrad der Elektrifizierung des Schwerverkehrs und des städtischen Busverkehrs befindet sich zwar in der Phase der Beschleunigung und des Wachstums, wird aber voraussichtlich bis 2030 nur langsam zunehmen. Da große Baumaschinen und Lkw für schwere Lasten und Langstreckenfahrten weiterhin nur schwer mit Elektrobatterien betrieben werden können, werden E-Kraftstoffe die gleiche Rolle spielen wie in der Luft- und Schifffahrt. Angesichts der Marktstruktur der Lkw- und Bushersteller und der vorherrschenden öffentlichen Beschaffungssysteme wird der Verschuldungsgrad für die Verbreitung dieser Technologie voraussichtlich hoch sein. Insgesamt wird der Investitionsbedarf voraussichtlich 635 Mio. Euro pro Jahr betragen.⁷²

⁷¹ Capgemini 2020.

⁷² Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

5. Landwirtschaft und Ernährung

Der Anteil des Landwirtschafts- und Ernährungssektors an den Treibhausgasemissionen in Deutschland beträgt 9,6 Prozent (164 Mt CO₂Äq im Jahr 2019) und liegt damit leicht über dem weltweiten Durchschnitt von 7 Prozent.⁷³ Deutschland strebt eine Emissionsminderung in der Landwirtschaft und im Lebensmittelsektor um 61 Prozent bis 2030 an⁷⁴, was zu einer Emissionsminderung von mindestens 58 Mt CO₂Äq führen würde.

Derzeit verursacht der europäische Agrarsektor 430,5 Mt CO₂Äq, wobei 90 Prozent der Emissionen aus der Nitrifikation und Denitrifikation im Boden, der enterischen Fermentation und der Düngewirtschaft stammen. Nur etwa 10 Prozent, d. h. 35,5 Mt CO₂Äq, stammen direkt aus der Lebensmittel- und Getränkeindustrie. Allerdings erwirtschaftet die Lebensmittel- und Getränkeindustrie einen Jahresumsatz von mehr als 1 Bio. Euro, wovon etwa 20 Prozent auf den Fleischsektor entfallen, was die Attraktivität dieses Marktes verdeutlicht.

Die Verringerung der Umweltauswirkungen der gesamten landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette vom Erzeuger bis zum Verbraucher soll die Emissionen bis 2030 um 20 Prozent und bis 2050 um 50 Prozent reduzieren. Dies kann durch neue Technologien, wie die Schaffung alternativer Eiweißquellen und synthetischen Fleisches, erreicht werden, um die Abhängigkeit von der Tierhaltung zu verringern. Darüber hinaus werden die Ausweitung der Landwirtschaft 4.0 und die Anwendung nachhaltigerer Praktiken wie konservierende Landwirtschaft und ökologischer Landbau dazu beitragen, die Emissionen im gesamten Sektor zu verringern. Neue Vorschriften in Kombination mit Finanzierungen auf EU- und nationaler Ebene ebnen bereits den Weg für die Dekarbonisierung der Emissionen aus Landwirtschaft und Ernährung.

⁷³ <https://www.breakthroughenergy.org/our-challenge/the-grand-challenges>.

⁷⁴ BMU 2021, Emissionsdaten: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>.

Tabelle 6: Chancen für Klimatechnologie in Landwirtschaft und Ernährung

Landwirtschaft & Ernährung	Jährlicher Investitionsbedarf in Milliarden Euro
Fleischalternativen	1,01
Nachhaltige Landwirtschaft	0,24
Landwirtschaft 4.0	0,21
Andere⁷⁵	1,54
Insgesamt	3,0

Quelle: eigene Berechnungen auf der Grundlage von Capgemini-Daten

Top 3: Klimatechnologie-Chancen in der Landwirtschaft und bei Lebensmitteln

i. Alternative Fleisch und Molkereiprodukte: Investitionen von 1,01 Mrd. Euro pro Jahr

Der Markt für pflanzliche und zellbasierte alternative Fleischerzeugnisse wird bis 2030 voraussichtlich bis zu 20 Prozent des Fleischkonsums in Europa ersetzen. Darüber hinaus werden die sich ändernden Ernährungsgewohnheiten einen Markt für synthetische Milchprodukte schaffen, der die Entwicklung neuer Milchtechnologien erfordert. Die Veränderung auf dem Milchmarkt wird bis 2030 auf 10 Prozent geschätzt. Zusammengenommen könnten alternative Fleischsorten und synthetische Milchprodukte dazu beitragen, bis zu 51 Mt CO₂Äq pro Jahr einzusparen.

Bisher gibt es nur wenige alternative Fleischprodukte auf pflanzlicher Basis und fast keine zellbasierten Alternativen, was reichlich Möglichkeiten für neue Start-ups im Bereich der Klimatechnologie bietet. Die Marktgröße ist daher gering. Außerdem ist es den Produzenten von Fleischalternativen bis vor Kurzem nicht gelungen, Fleischprodukte erfolgreich zu imitieren. Effektive Forschung und technologische Entwicklung können diese letzten Hürden für die erfolgreiche Markteinführung überwinden und die Entwicklung von alternativen Fleischsorten und synthetischen Milchprodukten beschleunigen. Zwar gibt es bereits pflanzliche Fleischalternativen, doch müssen Qualität und Produktion in ganz Europa noch gesteigert werden. Eine

⁷⁵ Dazu gehören Lösungen zur Verringerung der Methanemissionen durch enterische Fermentation, schneller wachsende Rohstoffpflanzen, weniger düngemittelabhängige Pflanzen usw.

solche Alternative ist kultiviertes Fleisch, das eine hochinnovative Lösung darstellt, aber noch wirtschaftliche Hindernisse überwinden muss, bevor es wettbewerbsfähig wird.

Der technische Reifegrad alternativer Fleisch- und Milcherzeugnisse ist insgesamt noch relativ gering, sodass weitere Entwicklungen und Zertifizierungen erforderlich sind. Daher wird erwartet, dass der Gesamtmarkt für alternative Fleischsorten zunächst langsam wächst, bevor er sich bis 2030 beschleunigt. Angesichts der zersplitterten Marktstruktur und des Entwicklungsstandes dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie niedrig sein. Insgesamt wird der Investitionsbedarf für alternative Fleisch- und Milchprodukte auf 1,01 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt.⁷⁶

ii. Nachhaltige Agrartechniken: Investitionen von 240 Mio. Euro jährlich

Die zweitgrößte Klimawirkung im Bereich Landwirtschaft und Ernährung wird wahrscheinlich vom weiten Feld der nachhaltigen Anbaumethoden ausgehen. Hier liegt der Schlüssel für potenzielle jährliche Reduktionen in Deutschland von mindestens 0,82 Mt CO₂Äq.⁷⁷ Die Landwirtschaft gehört zu den am schwierigsten zu dekarbonisierenden Sektoren, da es bisher nur sehr wenige emissionsarme Alternativen gibt. Konservierende Landwirtschaft und nachhaltige Anbausysteme werden voraussichtlich eine entscheidende Rolle bei der Senkung der landwirtschaftlichen Kosten und der Emissionen spielen. Systematische Ansätze zur Senkung der Treibhausgasemissionen von landwirtschaftlichen Betrieben haben sich zwar als effizient erwiesen, sind aber derzeit noch nicht in allen europäischen Betrieben verbreitet. Es wird prognostiziert, dass bis zum Jahr 2030 nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken durch regulatorischen Druck und finanzielle Anreize weitverbreitet sein werden und die Emissionen in der Landwirtschaft um voraussichtlich ein Fünftel reduzieren werden. Es bedarf einer neuen Generation von Start-ups in der Landwirtschaft, um die neuesten Forschungsergebnisse in neue Technologien umzusetzen. Insbesondere die erprobten Methoden der konservierenden Landwirtschaft und die Entwicklung nachhaltiger Tierhaltungssysteme, die zur Verringerung der Emissionen aus der Fleisch- und Milchwirtschaft beitragen können, bieten Chancen für Start-ups

⁷⁶ Berechnungen auf der Grundlage verfügbarer Capgemini-Daten und Markteinschätzungen.

⁷⁷ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

im Bereich der Klimatechnologie. Ein zu erwartendes EU-Programm für Emissionsgutschriften und andere finanzielle Anreize werden voraussichtlich einen lebensfähigen Markt schaffen. Die Ausweitung nachhaltiger Ackerbau- und Viehzuchtsysteme wird lokale Landwirte dazu ermutigen, nachhaltige Landwirtschaftsmodelle zu übernehmen.

Der technische Reifegrad nachhaltiger Anbaumethoden ist insgesamt auf mittlerem Niveau und wird sich voraussichtlich bis 2030 schnell entwickeln und wachsen. Angesichts der stark zersplitterten Marktstruktur dürfte der Verschuldungsgrad für die Verbreitung dieser Technologie niedrig sein. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 240 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁷⁸

iii. Landwirtschaft 4.0: Investitionen von 210 Mio. Euro pro Jahr

Die drittgrößte Klimawirkung in der Land- und Ernährungswirtschaft dürfte aus dem Bereich der Landwirtschaft 4.0 kommen. Hier liegt der Schlüssel für ein Minderungspotenzial von mindestens 0,581 Mt CO₂Äq in Deutschland pro Jahr.⁷⁹

Digitale Lösungen zur Produktivitätssteigerung bei gleichzeitiger Senkung der Treibhausgasemissionen müssen vorangetrieben werden, um von den 5 Prozent an Vorreitern unter den Landwirten zu einer breiten Anwendung zu gelangen. Innovative Instrumente wie Robotik, IoT, Satelliten und künstliche Intelligenz bieten ein großes, noch nicht ausgeschöpftes Potenzial im Agrarsektor. Die beschleunigte Einführung und Übernahme dieser Instrumente wird dazu beitragen, umweltfreundlichere Praktiken zu entwickeln. Dadurch werden lebenswichtige Betriebsmittel wie Wasser, Düngemittel, Pestizide und andere eingespart, die mit der Landwirtschaft verbundenen CO₂-Emissionen und die Bodenverdichtung verringert sowie die Erträge und die Qualität der landwirtschaftlichen Produktion optimiert.

Der technische Reifegrad der Landwirtschaft 4.0 ist insgesamt auf einem mittleren Niveau und es wird erwartet, dass er bis 2030 zunimmt, sich beschleunigt und ausweitet. In Anbetracht der stark zersplitterten Marktstruktur dürfte der Verschuldungsgrad für die Skalierung dieser Technologie bis 2030 niedrig sein. Insgesamt wird der Investitionsbedarf auf 210 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁸⁰

⁷⁸ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

⁷⁹ Capgemini 2020; die Emissionsreduzierungen basieren auf europäischen Schätzungen.

⁸⁰ Die Berechnungen basieren auf verfügbaren Daten und Markteinschätzungen von Capgemini.

6. Wasserstoff

Investitionen von 660 Mio. Euro pro Jahr

Wasserstoff als Energieträger erstreckt sich aufgrund seines Querschnittscharakters über mehrere Technologien und Sektoren, wie z. B. Energie, Industrie und Verkehr. Schätzungen zufolge beläuft sich das Gesamtinvestitionsvolumen für Start-up-Unternehmen in Deutschland auf etwa 660 Mio. Euro pro Jahr. Die damit verbundenen jährlichen Emissionsminderungen belaufen sich auf 1,8 Mt CO₂Äq.

Zu den von der Analyse erfassten Wasserstofftechnologien gehören neben der großtechnischen Herstellung von Wasserstoff die Wasserstoffreduktion von Eisenerz für sauerstoffhaltige Grundöfen sowie die grüne Vor-Ort-Wasserstoffproduktion in Raffinerien. Ebenso zählt die Umstellung auf Wasserstoff für Kurz- und Mittelstreckenfähren, den schweren Straßenverkehr, den Lkw-Verkehr und Hochgeschwindigkeitszüge im Fernverkehr dazu.

Wasserstoff ist von besonderer Bedeutung für die Dekarbonisierung von Sektoren wie der Stahlproduktion, die 35 Prozent der europäischen Industrieemissionen ausmacht. Wasserstoff wird in Deutschland und Europa künftig größtenteils grün produziert werden – also vollständig mit erneuerbarer Energie erzeugt.⁸¹ Die Produktion im kleinen und großen Maßstab ist machbar und ermöglicht es neuen Klimatechnologie-Start-ups, modulare Insellösungen für die Onshore- und Offshore-Produktion zu entwickeln (z. B. aus Windenergie, Abfall, Biogas usw.). Darüber hinaus wird die Produktion von grünem Wasserstoff in großtechnischen Raffinerien (einige Pilotprojekte in der Anfangsphase waren hier bereits erfolgreich) entscheidend sein, um den notwendigen Übergang zu beschleunigen.⁸² Große Produktionsanlagen für grünen Wasserstoff sind weiterhin notwendig, um die Kosten zu senken.

⁸¹ Blauer Wasserstoff wird wahrscheinlich nicht wettbewerbsfähig sein, da er auf fossilem Gas in Verbindung mit einer teuren Kohlenstoffabscheidung basiert. Regulatorische Beschränkungen erschweren den blauen Wasserstoff zusätzlich, da die Kohlenstoffspeicherung in Deutschland praktisch nicht erlaubt ist. Siehe z. B. KPMG: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/11/the-hydrogen-trajectory.html>.

⁸² Capgemini 2020.

Darüber hinaus erfordert der Ersatz fossiler Kraftstoffe durch grünen Wasserstoff (oder wasserstoffbasierte E-Kraftstoffe) für Fahren, Schwerlasttransporte und Hochgeschwindigkeitszüge entweder eine Nachrüstung bestehender Fahrzeuge oder eine Erhöhung der Transportkosten. Dies bietet weiteren Start-ups im Bereich der Klimatechnologie die Möglichkeit, einen neuen und schnell wachsenden Markt zu gestalten. Die Produktion von Wasserstoff wird zumeist in großen industriellen Zentren – insbesondere in Häfen und Flughäfen entlang der entstehenden Wasserstoffkorridore für den Güterverkehr – stattfinden, die in der Nähe neuer grüner Wasserstoffproduktionsanlagen und erneuerbarer Energiequellen wie Offshore-Windkraftanlagen liegen. Im Bahnverkehr ist Deutschland sogar Vorreiter bei der erfolgreichen Einführung von Wasserstoffzügen, die nicht nur die Emissionen, sondern auch lokale Schadstoffe und Lärm reduzieren.⁸³ Gleichzeitig hängt das Wachstumspotenzial für grünen Wasserstoff von der Verfügbarkeit erneuerbarer Energie – insbesondere vom raschen Ausbau von Offshore-Windparks – ab.

Der technische Reifegrad von Wasserstoff und seinen Anwendungen ist insgesamt auf mittlerem Niveau und wird voraussichtlich bis 2030 zunehmen, sich beschleunigen und ausweiten. Angesichts der oligopolistischen Marktstruktur dürfte der Verschuldungsgrad für die Verbreitung dieser Technologie hoch sein. Insgesamt wird der Bedarf an Start-up-Finanzierung auf 660 Mio. Euro pro Jahr geschätzt.⁸⁴

⁸³ Capgemini 2020.

⁸⁴ Berechnungen auf der Grundlage verfügbarer Capgemini-Daten und Markteinschätzungen.

Anhang: Methodik

Für jeden Sektor werden die drei größten Herausforderungen für Start-ups gereiht. Dies erfolgt nach ihrem Potenzial zur Verringerung der Kohlendioxidemissionen (in Megatonnen) in Europa bis 2030. Anschließend wird das gesamte Investitionspotenzial für Start-up- und Wachstumskapital bis 2030 auf jährlicher Basis prognostiziert.

Die Analyse stützt sich auf die Gesamtprojektinvestitionslücke und die erwartete Marktgröße bis 2030. Die Projektinvestitionslücke gibt die Differenz zwischen der Gesamtgröße eines Produktmarktes und dem erwarteten Umsatz für das jeweilige Produkt im Jahr 2030 an. Das Marktwachstum bis 2030 entspricht der jährlich erwarteten Größe des deutschen Marktes bis 2030, was implizit bedeutet, dass der derzeitige Markt als Null angenommen wird. Wir extrapolieren diese Zahlen von der europäischen Ebene auf den deutschen Markt, indem wir sie mit dem deutschen Exportanteil am europäischen Handel von 37 Prozent multiplizieren. Daraus ergibt sich der deutsche Investitionsbedarf pro Jahr in Milliarden Euro, also die Gesamtfinanzierung, die mobilisiert werden muss, um eine bestimmte Produkttechnologie vollständig zu entwickeln und einzusetzen.

Anschließend berechnen wir den Verschuldungsgrad auf der Grundlage der Marktstruktur in der jeweiligen Technologiekategorie. Wenn die Marktkonzentration sehr hoch ist, sind die Unternehmen in der Regel ausgereift und in der Lage, sich Fremdkapital zu beschaffen, ohne viel Eigenkapital zu benötigen, weshalb ein hoher Verschuldungsgrad von 80 Prozent angenommen wird. Dies ist beispielsweise bei den Klimatechnologien in der Zementindustrie der Fall, die typischerweise das Lehrbuchbeispiel für ein Marktligopol darstellt. Für Märkte, die nur ein mittleres Maß an Konzentration aufweisen, wird ein Verschuldungsgrad von 50 Prozent angesetzt – beispielsweise für viele Solarzellentechnologien. Stark verteilte Märkte mit einer Vielzahl von Akteuren auf der Nachfrage- und der Angebotsseite schließlich ermöglichen die Entwicklung und Skalierung neuer Klimatechnologien durch neu gegründete Unternehmen. In einer solchen Marktstruktur wird der Verschuldungsgrad als relativ niedrig angenommen und auf 20 Prozent festgesetzt, da der Großteil

der Finanzierung durch Eigenkapital aufgebracht wird. Dies ist bei einigen Agrartechnologien der Fall.

Abschließend wird der Finanzierungsbedarf für Klimatechnologie-Start-ups berechnet, wobei der Schwerpunkt auf Klimatechnologien in Deutschland bis 2030 liegt. Dies geschieht durch Multiplikation des Verhältnisses der Nettoverschuldung zu Eigenkapital jeder der drei wichtigsten Klimatechnologien für jeden Sektor mit dem Verschuldungsgrad. Daraus ergibt sich schließlich eine Schätzung des Finanzierungsbedarfs für die Entwicklung und Skalierung von Start-ups im Bereich der Klimatechnologien bis 2030. Die endgültigen Schätzungen geben einen Gesamtüberblick über den Bedarf an Wagniskapital für die Gründung und das Wachstum erfolgreicher Klimatechnologieunternehmen. Beachten Sie bitte, dass es sich hierbei um Eigenkapitalinvestitionen in Unternehmen handelt, die sich von den zuvor geschätzten Projektfinanzierungen unterscheiden, die zur Finanzierung einzelner technologischer Verbesserungen innerhalb jeder Kategorie erforderlich sind.

**TECH FOR
NET ZERO
ALLIANZ**

TECH FOR NET ZERO ALLIANZ

Die Allianz setzt sich aus den führenden Innovationsakteuren in Deutschland zusammen, die gemeinsam die Potenziale von innovativen Technologien zur Erreichung der Klimaneutralität in Deutschland demonstrieren und Impulse für politische Entscheidungsträger definieren. Sie zeigt auf, wo Handlungsbedarf besteht, um Deutschland als technologischen Vorreiter, Treiber der Energiewende und innovativen Wirtschaftsstandort zu festigen.

Mitglieder

1.5° VENTURES
Climate Tech Venture Builder

 Breakthrough Energy

 **CAPHENIA**
Turning CO₂ into fuel

minus CO₂
by carbonauten

 **climeworks**

dena
Deutsche Energie-Agentur

 **epico**
KlimaInnovation

extantia
The Net-Zero Circle

FCA Future
Cleantech
Architects

hydrogenious
LOHC TECHNOLOGIES

 IBB Ventures

IKEM

 **INERATEC**

 **InnoEnergy**
Funded by the
European Union

 **KRAFT
BLOCK**

MOLABO

MVP

planet
VENTURES

powercloud

 **solytic**

SPRIN-D
BUNDESAGENTUR
FÜR SPRUNGINNOVATIONEN

 Strategic Business
Innovator

 **sunfire**

 **THE MOBILITY HOUSE**

UVC UNTERNEHMERTUM
VENTURE CAPITAL

WAM
Wermuth Asset Management

 **WORLD FUND**

Impressum

Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestrasse 128a
10115 Berlin
Tel: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de
www.techfornetzero.de
www.dena.de

Bildnachweis:

Titel – shutterstock/StarLine

Stand:

09/2021

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2021)
„ Investieren in Net Zero -Eine Wagniskapitalanalyse zur Finanzierung von Klimatechnologie-Start-ups bis 2030 “

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Die dena übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet die dena nicht, sofern ihr nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.