

I/I MHP

A PORSCHE COMPANY

STUDIE

GreenTech Made in Germany

Sind die Weichen für Deutschland
als GreenTech-Exportnation richtig gestellt?

JULI 2022

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
Vorwort	7
Executive Summary	8
1. Über die GreenTech-Studie	14
1.1 Problemstellung	16
1.2 Fragestellungen der Studie	16
1.3 Studiendesign & methodischer Ansatz	17
1.3.1 Meta-Analyse und Ableitung eines GreenTech Referenzmodells	17
1.3.2 Expertenbefragung	17
1.3.3 Iterativer Vergleich mit der politischen Agenda der neuen Bundesregierung	17
2. GreenTech Referenzmodell	18
2.1 Das GreenTech Referenzmodell	21
2.2 Das Konzept GreenTech	21
2.2.1 GreenTech: Definition und Abgrenzung	21
2.2.2 GreenTech: Relevante Technologien	23
2.2.3 Die Rolle digitaler Technologien	25
2.3 Der Impact von GreenTech	29
2.3.1 Ökologische Effekte	29
2.3.2 Ökonomische Effekte	33
2.3.3 Soziale Effekte	34
2.4 Growth durch GreenTech	36
2.4.1 Status-Quo der GreenTech-Branche	36
2.4.2 Umweltökonomische Wachstumsmodelle	37
2.4.3 Ausgangslage für GreenTech-Unternehmen	38
2.4.4 Bedeutung digitaler Technologien	38
2.4.5 Politische Maßnahmen	38
2.4.6 Sektorale Maßnahmen	39
2.4.7 Internationale Zusammenarbeit	43
2.4.8 Gesellschaftlicher und kultureller Wandel	43

3. Evaluation der politischen Agenda	45
3.1 Globale und europäische Initiativen	46
3.2 Die politische Agenda der neuen Bundesregierung	46
3.3 Evaluation im Kontext des GreenTech Referenzmodells	51
4. Expertenbefragung	54
4.1 GreenTech und relevante Technologien	57
4.2 Die Rolle digitaler Technologien	59
4.3 Ökologische Effekte von GreenTech	63
4.4 Ökonomische Effekte von GreenTech	67
4.5 Soziale Effekte von GreenTech	75
4.6 Evaluation der politischen Agenda der neuen Bundesregierung	76
4.7 Evaluation der Anwendung von GreenTech durch Unternehmen	81
4.8 Zentrale Erfolgsfaktoren	84
5. GreenTech – Made in Germany	89
5.1 Technologie als Schlüsselfaktor zur Bewältigung der Klimakrise	91
5.2 Digitale Transparenz als Grundbedingung der Circular Economy	91
5.3 Vision und Masterplan für eine nachhaltige Umsetzung	91
5.4 Ausbalancieren der drei Nachhaltigkeitsdimensionen	91
5.5 Deutliche Zunahme der Umsetzungsdynamik	92
5.6 Fokus auf digitale Geschäftsmodelle	92
5.7 Technologie alleine reicht nicht aus	92
5.8 Einfache Finanzierungsmodelle für Startups und KMU	92
5.9 Überprüfung und Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen	93
5.10 Spezifische Messung von Nachhaltigkeitseffekten	93
6. Literaturverzeichnis	96

Abbildungs- verzeichnis

Abb. 1: Das GreenTech Referenzmodell	20
Abb. 2: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern im Vergleich 1990 zu 2021 [1]	22
Abb. 3: CO ₂ e-Einsparpotenzial digitaler Technologien bis 2030 [16]	26
Abb. 4: Daten aus dem Produktlebenszyklus als Grundlage zur Schaffung nachhaltiger Produkte (eigene Abbildung)	28
Abb. 5: Globales Marktvolumen der sieben Leitmärkte für GreenTech [11]	37
Abb. 6: Entwicklung der Treibhausgasemissionen und beschlossene zulässige Jahresemissionsmengen nach Sektoren bis 2030 [8]	39
Abb. 7: Klimaschutzgesetz erfordert Treibhausgasneutralität bis 2045 [39]	41
Abb. 8: Zusammensetzung der Stichprobe nach Organisationsformen	56
Abb. 9: Zusammensetzung der Stichprobe nach Hierarchieebenen	56
Abb. 10: In Experteninterviews aufgeführte GreenTech-Technologien	58
Abb. 11: Wichtigkeit digitaler Technologien zur Erschließung von GreenTech Wachstumspotenzialen	62
Abb. 12: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Industriesektor	69
Abb. 13: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Verkehrssektor	70
Abb. 14: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Gebäudesektor	71
Abb. 15: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Energiesektor	74
Abb. 16: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Landwirtschaftssektor	75
Abb. 17: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Abfallsektor	76
Abb. 18: Einschätzung der Befragten zu Zielen und Maßnahmen der Bundesregierung	77
Abb. 19: Einschätzung der Befragten zu Zielen und Maßnahmen von Unternehmen	82
Abb. 20: Abbildung der Befragten zu Zielen und Maßnahmen der eigenen Organisation	85
Abb. 21: Einschätzung von Zielen und Maßnahmen der Bundesregierung, von Unternehmen und des eigenen Unternehmens im Vergleich	86
Abb. 22: Zuordnung der Handlungsempfehlungen zum Referenzmodell	94

Autoren

Nikolas Bradford
Head of Sustainability Services
nikolas.bradford@mhp.com



Simon Alexander Appel
Senior Sustainability Expert
simon-alexander.appel@mhp.com



Sponsor

Oliver Kelkar
Associated Partner
Head of Market Intelligence
and Innovation



Die Studie „GreenTech – Made in Germany sowie deren Zusammenfassung wurde herausgegeben von:
MHP Gesellschaft für Management- und IT-Beratung mbH

Erstellung der Studie durch:
Hochschule Reutlingen | Alteburgstr. 150 | 72762 Reutlingen
Prof. Dr. Alexander Rossmann
Stephanie Göring
Yusuf Bozkurt
Konstantin Garidis
Gerald Stei

Alle Rechte vorbehalten!

Vervielfältigung, Mikroverfilmung, Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Medien sind ohne Zustimmung der Herausgeber nicht gestattet. Die Inhalte dieser Publikation sind zur Information für unsere Kunden und Geschäftspartner bestimmt. Sie entsprechen dem Kenntnisstand der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Für die Lösung einschlägiger Probleme greifen Sie bitte auf die in der Publikation angegebenen Quellen zurück oder wenden Sie sich an die genannten Ansprechpartner. Meinungsbeiträge geben die Auffassung der einzelnen Autoren wieder. In den Grafiken kann es zu Rundungsdifferenzen kommen.

Vorwort

Weichenstellung Richtung Zukunft?

Die öffentliche Wahrnehmung von Nachhaltigkeit hat sich in den vergangenen Dekaden mehrfach verschoben. Allgemein werden unter **Nachhaltigkeit** die Dimensionen **Ökologie**, **Ökonomie** und **Soziales** verstanden.

Während der wirtschaftlichen Boomjahre der Nachkriegszeit bis zum 21. Jahrhundert stand Ökonomie dominant im Vordergrund. Wohlstand für alle war das Motto. Bereits im populärwissenschaftlichen Fernsehen berichtete Prof. Hoimar von Ditfurth 1978¹ eindrücklich über die Folgen für Umwelt und Klima. Jedoch wurde erst 1992 mit dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro, dem Vorläufer der UN-Klimakonferenzen und der 1994 in Kraft getretenen Klimarahmenkonvention über mögliche Folgen und Maßnahmen auf politischer Ebene diskutiert. Mit dem 21. Jahrhundert rückte die ökologische Perspektive in der öffentlichen Wahrnehmung stärker in den Vordergrund und führte politisch zu Vereinbarungen – oder retrograd betrachtet wohl eher zu Willensbekundungen – um dem als bedrohlich wahrgenommenen Klimawandel zu begegnen. Mit dem Angriffskrieg auf die Ukraine am 24. Februar 2022 rückte die soziale Perspektive dramatisch und massiv in den Vordergrund. Der als Selbstverständlichkeit wahrgenommene Frieden in Europa wurde hinweggefegt, Freiheit, Versorgungssicherheit, Wohlstand und soziale Gerechtigkeit ließen die anderen Dimensionen verblasen.

Die Erkenntnis aus diesen Verschiebungen muss sein, dass das **magische Dreieck der Nachhaltigkeit** nur in einer ausgewogenen Balance der drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales eine erfolgreiche, generationengerechte Zukunft verspricht.

Verzicht ist kein Muss und evolutionär weder erstrebenswert noch hinreichend durchsetzbar. Angebote statt Verbote ist traditionell ein Erfolgsmodell für die menschliche Psyche. Neben Angeboten für **nachhaltige System- und Verhaltensänderungen** bei Menschen und Unternehmen verspricht adäquat eingesetzte Technologie eine signifikante Wirkung für einen ausbalancierten Dreiklang. Es geht um ihren Einsatz bei der Substitution fossiler Energieträger sowie dem schonenden Umgang mit Umwelt und Ressourcen.

Diese Technologien werden als **GreenTech** bezeichnet und setzen sowohl bei der Energieerzeugung, deren Management und Verteilung, sowie ihrem Verbrauch und der Ressourcenschonung an. Sie eröffnen Möglichkeiten auch für industrielle Wohlstandsnationen, den **Earth Overshoot Day** von der 1. Jahreshälfte auf das Jahresende zu verschieben².

Deutschland trägt zwar direkt „nur“ mit etwa 2 % CO₂e-Ausstoß³ zu den weltweiten Emissionen bei, dient vielen nach Wohlstand strebenden Nationen aber als Orientierung. Und wenn Deutschland bzw. Europa es schafft, **Prosperität im Einklang mit Nachhaltigkeit** zu erreichen, dann spricht nichts dagegen, diesem Weg zu folgen. Das wiederum offeriert neue wirtschaftliche Chancen für unseren Standort. In dieser Studie soll der Frage nachgegangen werden, ob die Weichen für diese Vorreiterrolle und den neuen Exportschlager GreenTech in Deutschland richtig gestellt sind.

Ich wünsche Ihnen weitreichende Erkenntnisse und viel Erfolg bei deren Umsetzung – für mehr Nachhaltigkeit, für mehr Zukunft.

Dr. Oliver Kelkar

Associated Partner, Head of Market Intelligence and Innovation, MHP

¹ Hoimar von Ditfurth, Querschnitt – Der Ast auf dem wir sitzen, 2-teilige Sendung im ZDF, 1978.

² Am 28. Juli 2022 hat die Menschheit alle natürlichen Ressourcen aufgebraucht, welche die Erde innerhalb eines Jahres wiederherstellen und damit nachhaltig zur Verfügung stellen kann. Für Deutschland ist der Earth Overshoot Day am 4. Mai 2022.

³ Anmerkung: Die indirekten Emissionen entlang den Lieferketten sind um ein Vielfaches höher.

Executive Summary

MACHEN

Unter dem Label „**GreenTech**“ werden Technologien zusammengefasst, die einen Beitrag zu Nachhaltigkeitszielen leisten. Daher ist das Konzept an der Schnittstelle zwischen Technologie und Nachhaltigkeit angesiedelt. Aus globaler Sicht erfolgt häufig eine Verknüpfung von Technologien wie z. B. Wasserstoff, Solartechnologie, Windkraft oder Künstlicher Intelligenz mit den **Sustainable Development Goals (SDGs)** der Vereinten Nationen (UNO). Derartigen GreenTech-Technologien wird großes Wachstumspotenzial und damit ein erheblicher Effekt für den Wohlstand einer Nation und den Arbeitsmarkt bescheinigt.

Aufgrund der proklamierten Effekte von GreenTech hat das Thema auch für die neue Bundesregierung **hohe Relevanz**. Die Strategie der neuen Bundesregierung ist eng in europäische und globale Initiativen eingebunden, wie z. B. das **Klimaabkommen von Paris**, der **European Green Deal** oder die jüngste **Klimakonferenz in Glasgow (COP26)**. GreenTech nimmt in der Bekämpfung des Klimawandels eine wesentliche Bedeutung ein. Die neue Koalition setzt entsprechend auf die parallelen Effekte von Nachhaltigkeit durch Technologie und ein starkes wirtschaftliches Wachstum in Verbindung mit einer starken GreenTech-Strategie. Derartige Konzepte sind zum einen für den **deutschen Binnenmarkt**, zum anderen jedoch auch für den **Export** maßgeblich.

Das Handeln der Bundesregierung ist u. a. durch den Koalitionsvertrag geprägt. Daher hebt die vorliegende Studie auf den Koalitionsvertrag ab und analysiert die an dieser Stelle definierten Ziele und Strategien in Bezug auf GreenTech für den Standort Deutschland. Konkret stellt sich die Frage, ob die gefasste Strategie der neuen Bundesregierung hinreichend ist, um **Deutschland als GreenTech-Exportnation** im internationalen Wettbewerb erfolgreich aufzustellen.

In diesem Sinne ist für die vorliegende Studie relevant, wie der Begriff GreenTech definiert ist und welche Rolle digitale Technologien bei der Umsetzung von GreenTech spielen. Neben der Konzeptebene werden die ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte von GreenTech in Form eines **Referenzmodells** zusammengefasst. Dies beschreibt darüber hinaus die Stellhebel aus Sicht von Politik und Wirtschaft, um GreenTech – Made in Germany im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu positionieren. Aus methodischer Sicht basiert die vorliegende Studie auf einem mehrstufigen Ansatz. Auf Basis vorhandener Literatur in Form von Studien, wissenschaftlichen Veröffentlichungen wie Arbeitspapieren und Webseiten zum Thema GreenTech wird zunächst eine ausführliche **Meta-Analyse** bereits vorhandener **Studien, wissenschaftlicher Publikationen, Berichte** und **Webseiten** präsentiert.

Genau wie andere Schlagwörter der Gegenwart ist auch der Begriff GreenTech nicht genau abgegrenzt. Allgemein werden unter dem Label „GreenTech“ diverse Technologien zusammengefasst, die einen Beitrag zu Nachhaltigkeitszielen leisten. Daher ist das Konzept an der Schnittstelle zwischen Technologie und Nachhaltigkeit angesiedelt. Je nach Perspektive wird GreenTech unterschiedlich diskutiert. Digitale Technologien werden je nach Betrachtungsweise als Querschnittstechnologie, Enabler oder eigenständige Sparte für

GreenTech verstanden. Unsicherheiten liegen auch in Bezug auf die ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte von GreenTech vor. Die konzeptionelle Unschärfe und vage Definition der Technologien und Wirkungseffekte von GreenTech erschwert eine wirkungsvolle Evaluation der politischen Agenda für den Standort Deutschland. Daher dient die vorliegende **Meta-Analyse als Referenzrahmen** für eine Standortbestimmung.

Das Referenzmodell lässt sich in drei Bereiche segmentieren: **Concept, Impact** und **Growth**. Der Bereich „Concept“ befasst sich mit der Definition von GreenTech, wesentlichen Technologien und der Verbindung zwischen Klimatransformation und digitaler Transformation. Mit dem Bereich „Impact“ wird der Stand der Forschung in Bezug auf ökologische, ökonomische und soziale Effekte von GreenTech zusammengefasst. Abschließend thematisiert der Bereich „Growth“ die Ziele und Maßnahmen von Politik und Industrie zur Förderung der mit GreenTech verbundenen Wirkungseffekte. Eine daran ansetzende **Evaluation des Koalitionsvertrags** führt zu folgendem Befund: Allgemein beinhaltet der Koalitionsvertrag viele Ziele und Maßnahmen, die sich in das Referenzmodell einordnen lassen. Allerdings wird der Begriff GreenTech selbst innerhalb des Koalitionsvertrags nicht thematisiert. Dabei kommt dem **Zusammenhang zwischen Klimawandel und Technologie** zu wenig Bedeutung zu. Für den Umbau in Richtung einer sozial-ökologischen Marktwirtschaft hat dies zentrale Bedeutung. Ökologische Effekte, wirtschaftliches Wachstum und ein sozialer Ausgleich sollen quasi gleichzeitig geschaffen werden. Das Zusammenspiel dieser Dimensionen muss deutlicher geschärft und in Form eines Masterplans konkretisiert werden.

Ein vergleichbarer Befund lässt sich für das Thema Digitalisierung konstatieren. Wesentliche Gestaltungsbereiche der Digitalisierung werden durch den Koalitionsvertrag angesprochen. Angesichts der Bedeutung digitaler Technologien für die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft ist jedoch eine **stärkere Betonung der Bedeutung digitaler Technologien für Wachstum** und für die **Erzielung ökologischer Effekte** wünschenswert. Positiv hervorzuheben sind die skizzierten Ansätze in Bezug auf eine Bündelung der Kompetenzen der Bundesregierung und der Förderung von IT-Schlüsseltechnologien. Leider wird der Zusammenhang zwischen digitaler Transformation, Klimawandel und GreenTech zu wenig adressiert. Aus ökologischer Sicht betont die neue Bundesregierung **Ziele und Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels**. Dies ist vor dem Hintergrund der Pariser Klimaschutzziele und des European Green Deal dringend erforderlich. Dabei sind die einzelnen Bausteine des Koalitionsvertrags sinnvoll gesetzt. Aus ganzheitlicher Perspektive werden die **ökonomischen und sozialen Effekte von GreenTech zu wenig thematisiert**. Insgesamt bleiben die Aussagen zu den ökonomischen und sozialen Effekten oberflächlich. Besonders das Zusammenspiel zwischen den drei Nachhaltigkeitsdimensionen wird wenig thematisiert. Bei der Diskussion um Wachstumsstrategien setzt die neue Bundesregierung Schwerpunkte in den **Sektoren Mobilität und Energie** sowie bei der **Förderung von Startups**. Die skizzierten Ziele und Maßnahmen in diesen Bereichen sind

sehr gut formuliert und deutlich ausgeprägt. Damit bietet der Koalitionsvertrag eine gute Grundlage für die weitere Operationalisierung. Besonders positiv hervorzuheben sind der starke Fokus der Bundesregierung mit Hinblick auf die Förderung von Startups und die Planungen hinsichtlich der **Vereinfachung des Zugangs zu Risikokapital**. Deutlich schwächer fallen hingegen die Aussagen des Koalitionsvertrags in Bezug auf die Förderung und **Transformation des Mittelstands** aus.

Darüber hinaus fällt auf, dass der Koalitionsvertrag in Bezug auf weitere Sektoren wie die Industrie, Landwirtschaft und Gebäudewirtschaft eher wenig Inhalte anbietet. Der **Fokus liegt klar auf der Energiewende, dem Ausbau erneuerbarer Energien, der Gestaltung von Energienetzen** und der **sektoralen Anpassung der Automobilindustrie**. Maßnahmen in den Bereichen Energie- und Ressourcenschonung oder Kreislaufwirtschaft sowie einer entsprechenden Implementierung in den weiteren Sektoren der Wirtschaft sind schwach ausgeprägt.

Als letzte Phase der vorliegenden Studie wird eine **Befragung von 40 Expert_innen aus Politik und Wirtschaft** vorgestellt. Der methodische Ansatz folgt einem explorativen Forschungsdesign. Die Datenerhebung basiert auf Einzelinterviews, die online als Videokonferenz oder telefonisch durchgeführt wurden. Der Befund der Expertenbefragung unterstützt das vorliegende Referenzmodell. Digitale Technologien werden durchgehend von den befragten Expert_innen als **wesentlicher Erfolgsfaktor** für GreenTech definiert. Digitale Technologien sind das Fundament für GreenTech. Sie ermöglichen Datenanalysen, schaffen Transparenz, steuern Systeme und vernetzen. Einige Expert_innen sehen digitale Technologien sogar als Kern von GreenTech an.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Befragten den GreenTech-Technologien grundsätzlich ein **hohes ökologisches Potenzial** zusprechen und eine Vielzahl klimafreundlicher Wirkungen identifizieren. Die **Quantifizierbarkeit dieses ökologischen Potenzials** sehen die meisten Expert_innen aus heutiger Sicht als sehr schwierig an.

50%

der Befragten erwarten positive Wachstumseffekte durch grüne Technologie

An erster Stelle der von den Expert_innen genannten ökonomischen Effekte stehen **positive Wachstumseffekte**. Diese werden von fast 50 % der befragten Expert_innen durch grüne Technologien erwartet. Dies korrespondiert mit der **allgemeinen Wachstumsdynamik** der GreenTech-Branche. Die Expert_innen erwarten dynamische Wachstumsraten in den kommenden Jahren und prognostizieren, dass der Anteil von GreenTech am deutschen Bruttoinlandsprodukt kurz-, mittel- und langfristig steigen wird. Mit dem wirtschaftlichen

Wachstum der GreenTech-Branche ist ein **positiver Effekt auf dem Arbeitsmarkt** verbunden. Zusätzlich zu der allgemeinen Einschätzung der ökonomischen Effekte wurden die Expert_innen gebeten, eine **Einordnung der Sektoren Industrie, Verkehr, Gebäude, Energiewirtschaft, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft** entlang der Dimensionen ökonomische Wachstumseffekte durch GreenTech und praktisches Umsetzungspotenzial bis 2030 vorzunehmen. Die stärkste Transformation durch GreenTech erwarten die befragten Expert_innen in den Sektoren Energie und Verkehr, gefolgt von der Industrie und mit einigem Abstand von der Gebäude- und Landwirtschaft.

In Bezug auf die Evaluation der politischen Agenda der neuen Bundesregierung erfahren die Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung zur **Förderung von GreenTech Zustimmung**. Insgesamt knapp **60 % der Befragten** stufen die Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung als grundsätzlich geeignet ein, um GreenTech zu fördern. Gleichzeitig wird jedoch festgestellt, dass insbesondere die **Umsetzung konkreter Maßnahmen noch ausstehend oder ausbaufähig** sind. Der **Großteil der Befragten** schätzt die Ziele und Maßnahmen zur Förderung der Substitution fossiler Primärenergiequellen als **noch lange nicht ausreichend** ein. Die im Koalitionsvertrag verankerten Ziele wurden durchaus positiv bewertet, konkrete Maßnahmen sind hingegen erst in Ansätzen zu erkennen. **Am geringsten** scheinen aktuell Bemühungen der Regierung zur Förderung der **Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft** wahrgenommen zu werden. Hingegen sind aus Sicht der befragten Expert_innen Ziele und Maßnahmen zur **Positionierung von Deutschland als Exportnation** durchaus erkennbar. Fast die Hälfte (43 %) der Befragten sehen Ziele und Maßnahmen, wenngleich auch hier die Ziele wieder präsenter sind als die Maßnahmen.

Abschließend wurden die Expert_innen nach den **wichtigsten Erfolgsfaktoren** gefragt, die notwendig sind, um GreenTech bis 2030 zu fördern. Die meisten Expert_innen identifizierten wesentliche Erfolgsfaktoren, insbesondere in den **Bereichen Finanzierung und Förderung, politische Rahmenbedingungen sowie Forschung und Entwicklung**. Die Mehrheit der Befragten sieht die **Finanzierung und Förderung** von GreenTech als zentrales Gestaltungselement. Von der Politik erhoffen sich die Expert_innen verlässliche und ambitionierte Ziele und Rahmenbedingungen. Im Vordergrund steht dabei die Planbarkeit durch eine langfristige, stabile und berechenbare politische Strategie. Auch die **Entbürokratisierung** wird als Erfolgsfaktor genannt, denn wie im Bereich der Förderung und Finanzierung fordern die Expert_innen schnellere Entscheidungen. Außerdem legen die Expert_innen großen Wert auf die großen Ziele, die notwendig sind, um Innovationen voranzutreiben. Der European Green Deal wird als gutes Beispiel genannt, das dazu beiträgt, ein gemeinsames Ziel zu erreichen. Dies ist auch wichtig, um langfristige Effekte zu erzielen. Denn gerade private und industrielle Investitionsentscheidungen brauchen ein klar definiertes Umfeld und damit eine **klar definierte Strategie**. Das liegt nicht nur an der Politik und der Bundesregierung, sondern auch an einzelnen Unternehmen, die sich im Bereich GreenTech positionieren wollen.

10 Handlungsempfehlungen

- HE 1 Technologie als Schlüsselfaktor zur Bewältigung der Klimakrise
- HE 2 Digitale Transparenz als Grundbedingung der Circular Economy
- HE 3 Vision und Masterplan für eine nachhaltige Umsetzung
- HE 4 Ausbalancieren der drei Nachhaltigkeitsdimensionen
- HE 5 Deutliche Zunahme der Umsetzungsdynamik
- HE 6 Fokus auf digitale Geschäftsmodelle
- HE 7 Technologie alleine reicht nicht aus
- HE 8 Einfache Finanzierungsmodelle für Startups und KMU
- HE 9 Überprüfung und Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen
- HE 10 Spezifische Messung von Nachhaltigkeitseffekten

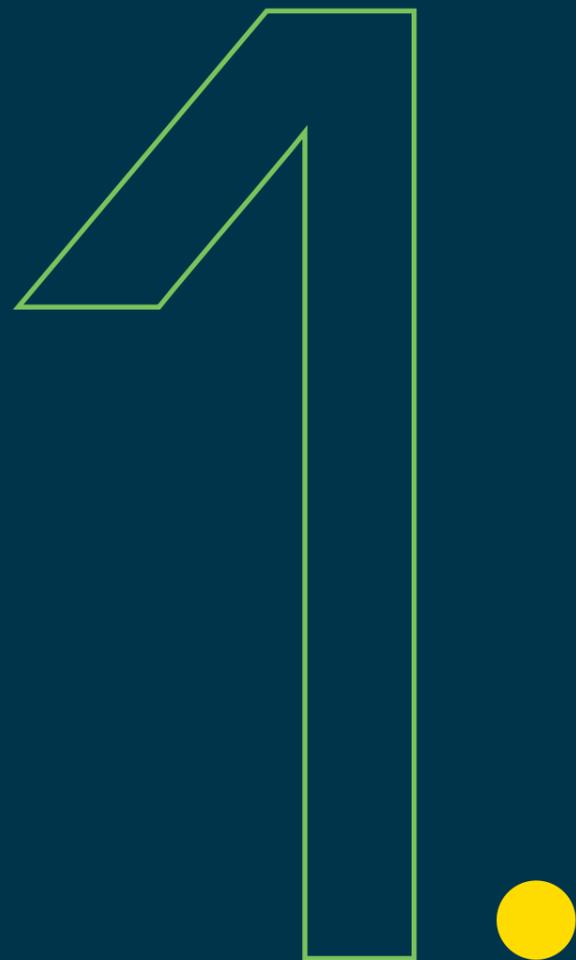
Ohne die richtigen Partner im Boot ist es jedoch nicht einfach, ambitionierte Ziele zu erreichen. Die Expert_innen setzen auf die **Vernetzung der Akteure**, denn es reicht nicht mehr aus, erfinderisch zu sein. Es braucht ein gemeinsames Verständnis und internationale Partner, damit Deutschland auf dem internationalen Markt bestehen kann. International funktionierende Wertschöpfungsketten und -modelle sind längst unverzichtbar für den Erfolg.

Um der Umweltverschmutzung und dem verschwenderischen Umgang mit Ressourcen entgegenzuwirken, sehen die Expert_innen die Notwendigkeit, den **Ressourcenverbrauch zu bepreisen und zu steuern**. Eine CO₂-Bepreisung mit verlässlichen Steigerungsraten wird als geeignetes Instrument dafür gesehen. Auch der CO₂-Fußabdruck von Produkten und Unternehmen soll mit allen finanziellen Faktoren in den Unternehmensbericht aufgenommen werden, denn Ökologie ist genauso wichtig wie der erwirtschaftete Umsatz.

Abschließend lassen sich aus Referenzmodell, Analyse des Koalitionsvertrags und Expertenbefragung **10 Handlungsempfehlungen** ableiten, die grundsätzlich für eine erfolgreiche Weiterentwicklung von GreenTech relevant sind:

Die dargestellten **10 Handlungsempfehlungen** lassen sich aus dem Befund der Analyse von Referenzmodell, Koalitionsvertrag und Expertenbefragung ableiten. Die gesetzten Schwerpunkte sind jedoch nicht als abschließende Analyse zu betrachten. Aus der Lektüre der Einzelergebnisse lässt sich eine Vielzahl weiterer Empfehlungen definieren, die für Politik und Unternehmen relevant sind. Dies macht deutlich, dass die weitere Entwicklung von GreenTech durch eine hohe Komplexität geprägt ist. Die Dichte der relevanten Gestaltungsparameter ist hoch. Referenzmodelle sind ein wesentliches Werkzeug, um komplexe Systeme vereinfacht darzustellen. Daher lassen sich auf der Grundlage des GreenTech-Referenzmodells und der Impulse aus Meta-Analyse und Expertenbefragung weitere Impulse für eine nachhaltige Entwicklung ableiten.





Über die GreenTech- Studie

- 1.1 Problemstellung
- 1.2 Fragestellungen der Studie
- 1.3 Studiendesign und methodischer Ansatz

1.1

Problemstellung

Unter dem Label „**GreenTech**“ werden allgemein Technologien zusammengefasst, die einen Beitrag zu Nachhaltigkeitszielen leisten. Daher ist das Konzept an der Schnittstelle zwischen Technologie und Nachhaltigkeit angesiedelt. Aus globaler Sicht erfolgt häufig eine Verknüpfung von Technologien wie z. B. Wasserstoff, Solartechnologie, Windkraft oder Künstlicher Intelligenz mit den **Sustainable Development Goals (SDGs)** der Vereinten Nationen (UNO). Derartigen GreenTech-Technologien wird großes Wachstumspotenzial und damit ein erheblicher Effekt für den Wohlstand einer Nation und den Arbeitsmarkt bescheinigt.

Aufgrund der proklamierten Effekte von GreenTech-Konzepten hat das Thema für die neue Bundesregierung hohe Relevanz. GreenTech nimmt in der Bekämpfung des **Klimawandels** eine wesentliche Bedeutung ein. Die neue Koalition setzt entsprechend auf die parallelen Effekte von Nachhaltigkeit durch Technologie und ein starkes wirtschaftliches Wachstum in Verbindung mit einer starken GreenTech-Strategie. Derartige Konzepte sind zum einen für den **deutschen Binnenmarkt**, zum anderen jedoch auch für den **Export** maßgeblich. Daher stellt sich die Frage, ob die Strategie der neuen Bundesregierung hinreichend ist, um Deutschland als **GreenTech-Exportnation** im internationalen Wettbewerb richtig aufzustellen.

Die **Strategie der Bundesregierung** ist u. a. durch den Koalitionsvertrag geprägt. Die vorliegende Studie hebt auf den Koalitionsvertrag ab und analysiert die an dieser Stelle definierten Ziele und Strategien in Bezug auf GreenTech für den Standort Deutschland. Die im Koalitionsvertrag dokumentierten Vorhaben werden laufend durch die Bundesregierung bzw. entsprechende Arbeitsgruppen konkretisiert. Die Studie bezieht daher alle Maßnahmen, die bis zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie im Mai 2022 definiert wurden, in die Analyse ein. Daneben wird im Rahmen der Studie evaluiert, welche Technologien insgesamt aus GreenTech-Perspektive relevant sind und welche Wirkungen sich damit auf die **Substitution fossiler Primärenergiequellen, Ressourcenschutz und -effizienz bzw. die Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft** realisieren lassen. Ein besonderer Fokus richtet sich an dieser Stelle auf die **Diskussion der Rolle der Digitalisierung** für das schnellere Erreichen einer nachhaltigen Wirtschaft, d. h. der Effekt der Digitalisierung auf die Wirkung von GreenTech wird besonders berücksichtigt.

Neben der allgemeinen Diskussion von GreenTech-Technologien und der Darstellung der Zusammenhänge zum Thema Nachhaltigkeit liegt ein weiterer Fokus der Studie auf der Bewertung der vorliegenden Strategien zur Positionierung von Deutschland als **GreenTech-Exportnation** und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur.

Dies bezieht sich auf die Analyse der Zusammenhänge zwischen **ökonomischen, ökologischen** und **sozialen Effekten im Kontext GreenTech** bzw. auf eine ausgewoge-

ne Gestaltung zwischen Technologie, Verantwortung und Vertrauen. Hier ist insbesondere relevant, ob die Ziele und Strategie der Bundesregierung sich im Sinne von ESG- (Environmental-Social-Governance) Anlagekriterien mittel- und langfristig positiv auf den Kapitalmärkten und für den wirtschaftlichen Erfolg des Standorts Deutschland auszahlen – oder ob politische Konzepte den Erfolg nicht sogar behindern.

1.2

Fragestellungen der Studie

Für die Wirtschaftsstruktur Deutschlands ist relevant, welche Sektoren für die Entwicklung und Nutzung von GreenTech eine bedeutende Rolle spielen. Gemäß der Definition des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz werden in der vorliegenden Studie die Sektoren **Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft** betrachtet [1]. Beispielsweise wird der Erfolg von Deutschland als Exportnation im Kontext Maschinenbau noch immer stark vom heimischen Mittelstand geprägt. Untersucht wird, ob der **Erfolg von GreenTech Made in Germany** analog von und mit dem deutschen Mittelstand erzielt wird oder ob hier parallel ein zusätzlicher Wandel der Wirtschaftsstruktur erfolgt. Schließlich soll die Studie auch die Zeitschiene im Sinne der Klimaziele des Koalitionsvertrages diskutieren und Ideen sowie Empfehlungen zur weiteren Gestaltung aufzeigen.

In diesem Sinne sind für die geplanten Studien die folgenden Fragestellungen handlungsleitend:

- Wie ist der Begriff GreenTech definiert und welche Technologien werden unter der Bezeichnung GreenTech zusammengefasst? (Kapitel 2.2.1 und 2.2.2)
- Welche Rolle spielt die Digitalisierung für die Wirkung von GreenTech? (Kapitel 2.2.3)
- Welche ökologischen Wirkungen hat GreenTech (Fokus: Substitution fossiler Primärenergiequellen, Ressourcenschutz und -effizienz, Kreislaufwirtschaft)? (Kapitel 2.3.1)
- Welche gesamtwirtschaftlichen Implikationen hat GreenTech bzw. wie lässt sich die Balance zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen im Kontext von GreenTech argumentieren? (Kapitel 2.3.2)
- Welche sozialen und gesellschaftlichen Effekte lassen sich durch GreenTech beobachten? (Kapitel 2.3.3)
- Wie lassen sich Erschließungs- und Wachstumsmodelle für GreenTech auf nationaler und internationaler Ebene darstellen? Welche Veränderung der Wirtschaftsstruktur in Deutschland ist mit GreenTech verbunden? (Kapitel 2.4)

- Welche Ziele und Strategien verfolgt die Bundesregierung in Bezug auf die Förderung von GreenTech und wie sind diese zu bewerten (v. a. im Hinblick auf die Balance zwischen Ökonomie und Ökologie und die zeitlich angemessene Realisierung der politischen Zielsetzungen)? (Kapitel 3)
- Wie kann sich Deutschland auf Basis der Ziele und Strategien der Bundesregierung als Exportnation für GreenTech im internationalen Wettbewerb etablieren? (vgl. Kapitel 5)

Alle aufgezeigten Fragestellungen sind auch Gegenstand der durchgeführten **Expertenbefragung** (Kapitel 4).

1.3

Studiendesign und methodischer Ansatz

Aus methodischer Sicht basiert die Studie auf einem mehrstufigen Ansatz:

1.3.1

Meta-Analyse und Ableitung eines GreenTech-Referenzmodells

Auf Basis vorhandener Literatur in Form von Studien, wissenschaftlichen Veröffentlichungen wie Arbeitspapieren und Webseiten zum Thema GreenTech wurde zunächst eine ausführliche **Meta-Analyse bereits vorhandener Studien, wissenschaftlicher Publikationen, Berichte und Webseiten** erstellt. Ziel der Analyse war die Ableitung eines Referenzmodell für GreenTech (vgl. Kapitel 2). Entsprechend der oben skizzierten Fragestellungen skizziert das Referenzmodell folgende Elemente:

- Begriffliche Eingrenzung des Labels „GreenTech“ und Definition relevanter Technologien
- Analyse der Rolle der Digitalisierung für den Einsatz von GreenTech
- Analyse der Wirkungen von GreenTech auf die Substitution fossiler Primärenergiequellen, Ressourcenschutz und -effizienz bzw. die Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft
- Analyse der Vereinbarkeit von Ökologie und Ökonomie durch GreenTech
- Analyse gesellschaftlicher und sozialer Aspekte von GreenTech
- Analyse von Wachstumsmodellen für Technologieführerschaft und der Implikation von GreenTech auf die Veränderung der Wirtschaftsstruktur in Deutschland

1.3.2

Expertenbefragung

Zur Durchführung der Experteninterviews wurden **40 Expert_innen** in halbstrukturierten Interviews befragt. Die Stichprobe setzt sich aus Expert_innen, die sich in ihrem beruflichen Alltag in unterschiedlichen Funktionen und Ausprägungen mit dem Thema GreenTech beschäftigen, zusammen. Um ein breites Bild abzudecken, wurden Interviewpartner aus verschiedenen Organisationsformen und Sektoren befragt. Folgende Organisationen werden abgedeckt:

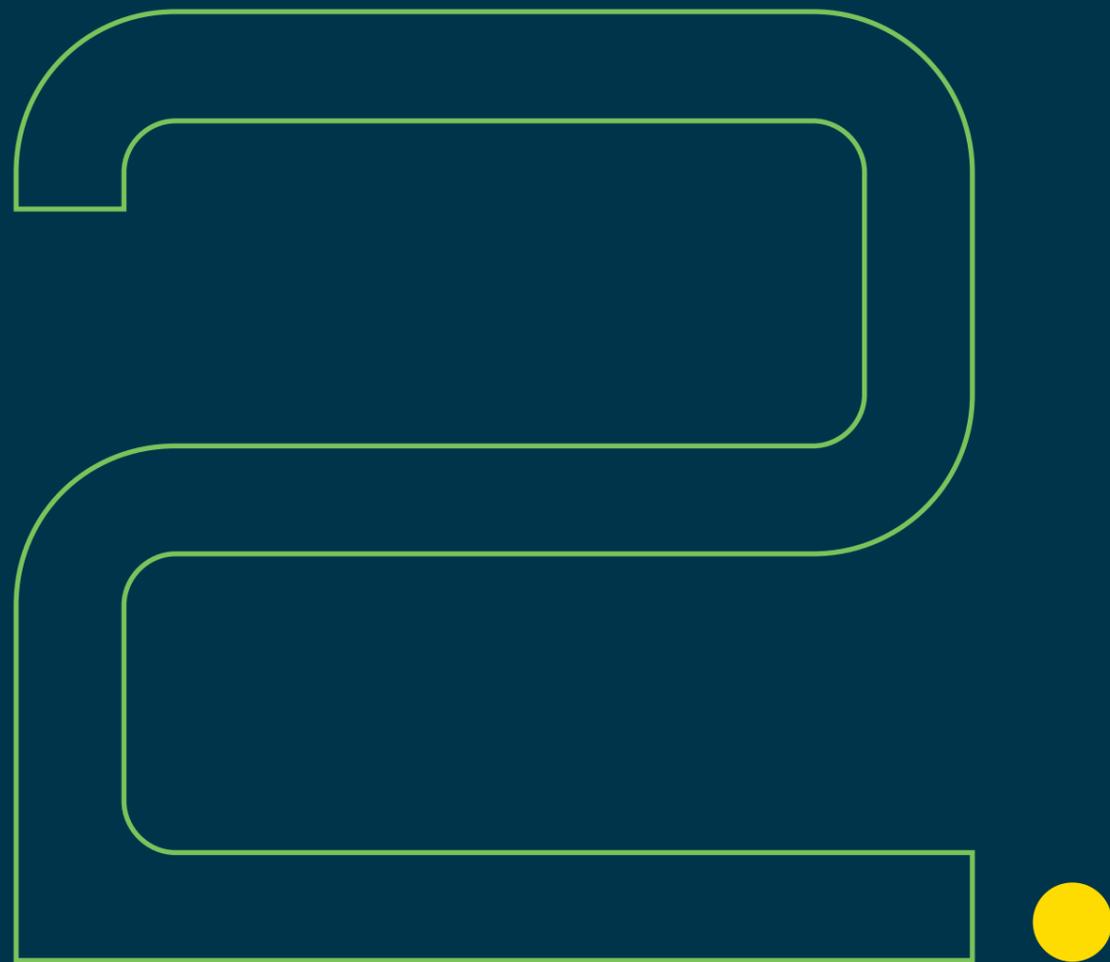
- Industrieunternehmen
- Unternehmen der GreenTech-Branche
- NGOs (Non-Governmental Organizations)
- Öffentlicher Sektor
- Forschung
- Risikokapitalgeber
- Beratungsunternehmen

In Kapitel 4 wird ausführlich auf die Zusammensetzung der Stichprobe eingegangen. Die Interviews wurden telefonisch oder per Videokonferenz durchgeführt, als Audio-Datei aufgenommen und anschließend transkribiert. Mit Hilfe einer **qualitativen Textanalyse in MAXQDA** wurden die Aussagen anschließend codiert und ausgewertet. Daraus lässt sich der in Kapitel 4 dargestellte Ergebnisbericht ableiten.

1.3.3

Iterativer Vergleich mit der politischen Agenda der neuen Bundesregierung

Die politische Agenda der seit Herbst 2021 amtierenden Bundesregierung ist in erster Linie im **Koalitionsvertrag** festgehalten. Mit Hilfe des erstellten Referenzmodells werden die im Koalitionsvertrag definierten Ziele und Strategien in Bezug auf GreenTech für den Standort Deutschland analysiert. Konkretisierungen der definierten Ziele und Strategien bspw. in Form von Maßnahmenpaketen werden in die Analyse einbezogen. Darüber hinaus werden die Einschätzungen aus der Expertenbefragung den Zielen und Maßnahmen der aktuellen politischen Agenda gegenübergestellt. Abschließend lassen sich daraus die in Kapitel 5 aufgezeigten Empfehlungen ableiten.



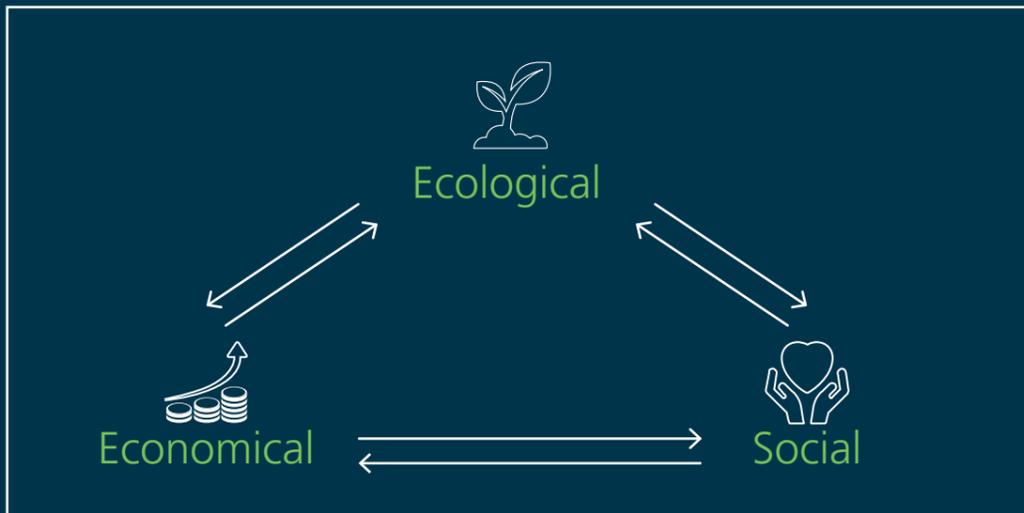
GreenTech- Referenz- modell

- 2.1 Das GreenTech Referenzmodell
- 2.2 Das Konzept GreenTech
- 2.3 Der Impact von GreenTech
- 2.4 Growth durch GreenTech

GROWTH



IMPACT



CONCEPTS



Abb. 1: Das GreenTech-Referenzmodell

Genau wie andere Schlagwörter der Gegenwart ist auch der Begriff GreenTech nicht genau abgegrenzt. Allgemein werden unter dem Label „GreenTech“ diverse „grüne“ Technologien zusammengefasst, die einen Beitrag zu Nachhaltigkeitszielen leisten. Daher ist das Konzept an der **Schnittstelle zwischen Technologie und Nachhaltigkeit** angesiedelt. Je nach Perspektive wird GreenTech unterschiedlich diskutiert. Die Rolle digitaler Technologien im Kontext von GreenTech ist diffus. Digitale Technologien werden ja nach Betrachtungsweise als **Querschnittstechnologie, Enabler** oder **eigenständige Sparte** für GreenTech dargestellt. Unsicherheiten liegen auch in Bezug auf die ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte von GreenTech vor.

Die konzeptionelle Unschärfe und vage Definition der Technologien und Wirkungseffekte von GreenTech erschwert eine wirkungsvolle Evaluation der politischen Ziele und Maßnahmen für den Standort Deutschland. Daher dient die vorliegende Meta-Analyse bereits vorliegender Studien, Arbeitspapiere und Webseiten zum Thema GreenTech einer Standortbestimmung. Als Kernergebnis der Meta-Analyse wird das GreenTech-Referenzmodell abgeleitet.

Referenzmodelle sind heute in verschiedenen Handlungsbereichen etabliert und bilden häufig eine Grundlage zur Diskussion und Bewertung von Konzepten. Für den Bereich GreenTech fehlt ein derartiges Referenzmodell. Daher liefert Kapitel 2 einen wesentlichen Beitrag zur Fundierung der Diskussion rund um geeignete Ziele und Maßnahmen zur Förderung der mit GreenTech verbundenen Wirkungseffekte.

2.1

Das GreenTech-Referenzmodell

Das GreenTech-Referenzmodell ist in drei wesentliche Bereiche segmentiert: Concept, Impact und Growth. Der Bereich „**Concept**“ befasst sich mit der Definition von GreenTech, wesentlichen Technologien und der Verbindung zwischen Klimatransformation und digitaler Transformation. Mit dem Bereich „**Impact**“ wird der Stand der Forschung in Bezug auf ökologische, ökonomische und soziale Effekte von GreenTech zusammengefasst. Abschließend thematisiert der Bereich „**Growth**“ die Ziele und Maßnahmen von Politik und Industrie zur Förderung der mit GreenTech verbundenen Wirkungseffekte.

2.2

Das Konzept GreenTech

Das Konzept GreenTech wird aktuell durch unterschiedliche Entwicklungen tangiert. Das folgende Kapitel befasst sich folglich mit **begrifflichen Grundlagen**. Dabei wird zunächst der Begriff GreenTech definiert und abgegrenzt. Anschließend erfolgt eine Aufzählung der Technologien, die im Rahmen der vorliegenden Meta-Analyse mit dem Label GreenTech in Verbindung gebracht werden. Schließlich wird die **Rolle digitaler Technologien** im Kontext von GreenTech diskutiert.

2.2.1

GreenTech: Definition und Abgrenzung

Eine eindeutige Definition von GreenTech existiert in der Fachliteratur nicht [2]. Vielmehr ist GreenTech nach seinen Einsatz- und Wirkungsfeldern einzugrenzen [3]. Das GreenTech-Label umfasst Technologien, die zu nationalen und internationalen Nachhaltigkeitszielen beitragen [4]. Die Nachhaltigkeitsziele können durch verschiedene Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen angegangen werden, weshalb das GreenTech-Konzept in einen 6-stufigen Handlungsrahmen mit folgenden Schwerpunkten gegliedert ist:

- (1) **Energiequellen und Energieträger,**
- (2) **Energieerzeugung, -verteilung und -speicherung,**
- (3) **Energieeffizienz,**
- (4) **Nachhaltige Materialien und Produkte,**
- (5) **Nachhaltiges Produktdesign, Produktions- und Wertschöpfungsprozesse,**
- (6) **Kreislaufwirtschaft und Produktlebenszyklen**

Im Gegensatz zu konventionellen, nicht-grünen Technologien **spart GreenTech Ressourcen und Energie** bei gleichzeitiger Reduzierung der Umweltbelastung [5]. Dabei spielt es keine Rolle, ob GreenTech in Produkten, Dienstleistungen oder Prozessen eingesetzt wird, um die wesentlichen Effekte zu erzielen [6]. GreenTech ist **sektorübergreifend** und in fast allen Lebensbereichen präsent [3], [7]. Dabei ist der Weg zu GreenTech durch das **Zusammenwirken von Wissenschaft, Wirtschaft und Technik** vorgezeichnet.

Energiequellen und Energieträger

Energiequellen werden zur Erzeugung von Nutzenergie wie z. B. Strom oder Wärme eingesetzt und durch verschiedene Energieträger nutzbar gemacht. Das Bundesministerium für Energie und Wirtschaft führt **neun Primärenergieträger** auf, die in der Bundesrepublik Deutschland zur Primärenergieversorgung eingesetzt werden. Seit Beginn der 1990er Jahre ist der Anteil erneuerbarer Energien wie z. B. Wasser- und Windkraft am Primärenergieverbrauch stark gewachsen und lag 2021 bei 16 % (siehe Abbildung 2) [1]. 2020 konnte erstmals mehr Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen werden als aus fossilen Energiequellen wie Kohle, Erdöl und Erdgas [8]. Infolge des aktuell herrschenden Ukraine-Krieges

und dem damit verbundenen starken Anstieg der Energiepreise wird von einer Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien und der Produktion von grünem Wasserstoff ausgegangen. Als kurzfristige Überbrückungslösungen werden derzeit Kohle und Atomstrom diskutiert.

Unabhängig davon, ob es sich um fossile, erneuerbare oder nukleare Energieträger handelt, kann GreenTech bereits bei der Gewinnung dieser Energieträger eingesetzt werden, indem Prozesse oder Produkte effizienter gestaltet werden. Neben der **optimalen Nutzbarmachung bestehender Energiequellen** kann GreenTech auch die **Entwicklung und Einführung neuer und sauberer Energiequellen** fördern. Ein Beispiel dafür liegt in der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger, mit den damit verbundenen Wechselwirkungen zur globalen Dekarbonisierung [9].

Energieerzeugung, -verteilung und -speicherung

Energieerzeugung beschreibt den Prozess, in dem die oben genannten Energiequellen in Nutzenergie umgewandelt

werden. GreenTech kann die **Effizienz in komplexen Prozessen** steigern, indem z. B. die Menge an Rohenergieträgern reduziert und eine nachhaltige Energieerzeugung ermöglicht wird. Ein prominentes Beispiel für GreenTech in der Energieverteilung sind **Smart Grids**, bei denen Informations- und Kommunikationstechnik zur Vernetzung von Kraftwerken, Speichern und Verbrauchern eingesetzt wird, um Stromschwankungen auszugleichen. Dabei werden Erzeugung, Verteilung und Speicherung an die aktuelle Netzsituation angepasst [9]-[11].

Energieeffizienz

Im Allgemeinen beschreibt die **Energieeffizienz** das Verhältnis eines bestimmten Nutzens zu seinem Energieeinsatz (z. B. Bereitstellung von Licht oder Wärme). Je weniger Energie aufgewendet werden muss, desto energieeffizienter ist ein Produkt oder eine Dienstleistung. Im Rahmen der Energiewende ist aber nicht die Energieeffizienz allein entscheidend, sondern die **Reduzierung des absoluten Energiebedarfs** [4], [12].

Daher muss der entstehende **Rebound-Effekt** berücksichtigt werden. Dieser besagt, dass eingesparte Ressourcen an anderer Stelle bspw. durch zusätzlichen Konsum oder Energieverbrauch eingesetzt und damit ursprünglich erzielte Einsparungen eventuell konterkariert werden. Der Rebound-Effekt gilt als ein wichtiger Faktor, der sich langfristig auf die CO₂-Emissionen auswirkt und daher bei der Berechnung von Einsparpotenzialen berücksichtigt werden muss. Bei auftretenden Rebound-Effekten sollte sich der Schwerpunkt der umweltbezogenen Technologien von der Energieeffizienz auf die **Verringerung von Ökosystemschäden** verlagern, z. B. auf die Abscheidung, Speicherung und Entsorgung von verschmutzter Luft oder Abfällen [13], [14].

Nachhaltige Materialien und Produkte

Zur Erreichung der Klimaziele müssen nachhaltige Materialien in einem ganzheitlichen Ansatz betrachtet werden. GreenTech spielt eine zentrale Rolle bei der **Herstellung und Anwendung nachhaltiger Materialien** in einer Vielzahl von Branchen, z. B. in der Bauindustrie, Automobilindustrie oder Textilindustrie mit Leinen, Hanf oder recyceltem Polyester [9], [15].

Nachhaltiges Produktdesign, Produktions- und Wertschöpfungsprozesse

GreenTech umfasst Produkte, Verfahren und Services, die erneuerbare Energieerzeugung, grüne Antriebstechnologien und Infrastrukturen, Material-, Rohstoff- und Energieeffizienz sowie Umwelt- und Wassermanagement umfassen und signifikante Effekte erzielen. Dabei geht es vor allem darum, Technologien zu entwickeln, die **nachhaltig sind und die Umwelt schützen**, aber auch solche, die **in ihrer Produktion nachhaltig** sind. Dazu gehört auch, dass die Lieferketten umweltfreundlich sind. Somit ist auch das Design von Produkten von GreenTech betroffen. Der Schwerpunkt liegt auf dem **Cradle-to-Cradle-Design** bzw. der Beendigung des Cradle-to-Grave-Kreislaufs von hergestellten Produkten [2], [16].

Kreislaufwirtschaft

Hinter dem Konzept der Kreislaufwirtschaft steht die Idee einer **vollständig regenerativen Wertschöpfungskette**, die ohne den Verbrauch endlicher Ressourcen auskommt und die Entstehung von Abfall verringert [17]. Zentrale Bestandteile und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft sind z. B. zirkuläre Geschäftsmodelle, ein zirkuläres Produktdesign, Langlebigkeit, Nachrüstung, Leih- und Sharing-Modelle, Reparieren und Re- bzw. Upcycling. Der Weg zu einer erfolgreichen Kreislaufwirtschaft lässt sich mit den neun R-Strategien bewerkstelligen [18]. Grüne Technologien können insbesondere bei der Gestaltung von nachhaltigem Produktdesign, Effizienzsteigerungen im Produktionsprozess oder durch Recycling von Altprodukten einen wesentlichen Beitrag auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft leisten [19], [20].

2.2.2

GreenTech: Relevante Technologien

GreenTech-Technologien finden sich in allen Bereichen und Sektoren. Ihre ökologischen Effekte unterscheiden sich je nach Anwendungsgebiet. Die folgende Übersicht zeigt einen Ausschnitt relevanter GreenTech-Technologien in verschiedenen Einsatzgebieten bzw. Sektoren, wie sie in den Studien der vorliegenden Meta-Analyse zu finden sind.

Erneuerbare Energien

Zu den **erneuerbaren Energien** gehören Technologien zur Energiegewinnung, die ohne den Einsatz fossiler Brennstoffe und ohne oder mit stark reduzierten Emissionen einsetzbar sind. Erneuerbaren Energien erreichen ihr ökologisches Potenzial nur mit optimierter Energieeffizienz, verbesserter Netze und Verteilung sowie Speichertechnologien [9], [11], [21]. Dazu zählen insbesondere folgende Technologien:

- Photovoltaik
- Solarthermische Kraftwerke
- Solarthermie
- Windkraft (Onshore, Offshore)
- Wasserkraft
- Geothermie
- Biogas
- Biomassekraftwerke
- Grüner Wasserstoff
- Liquefied natural gas (LNG)

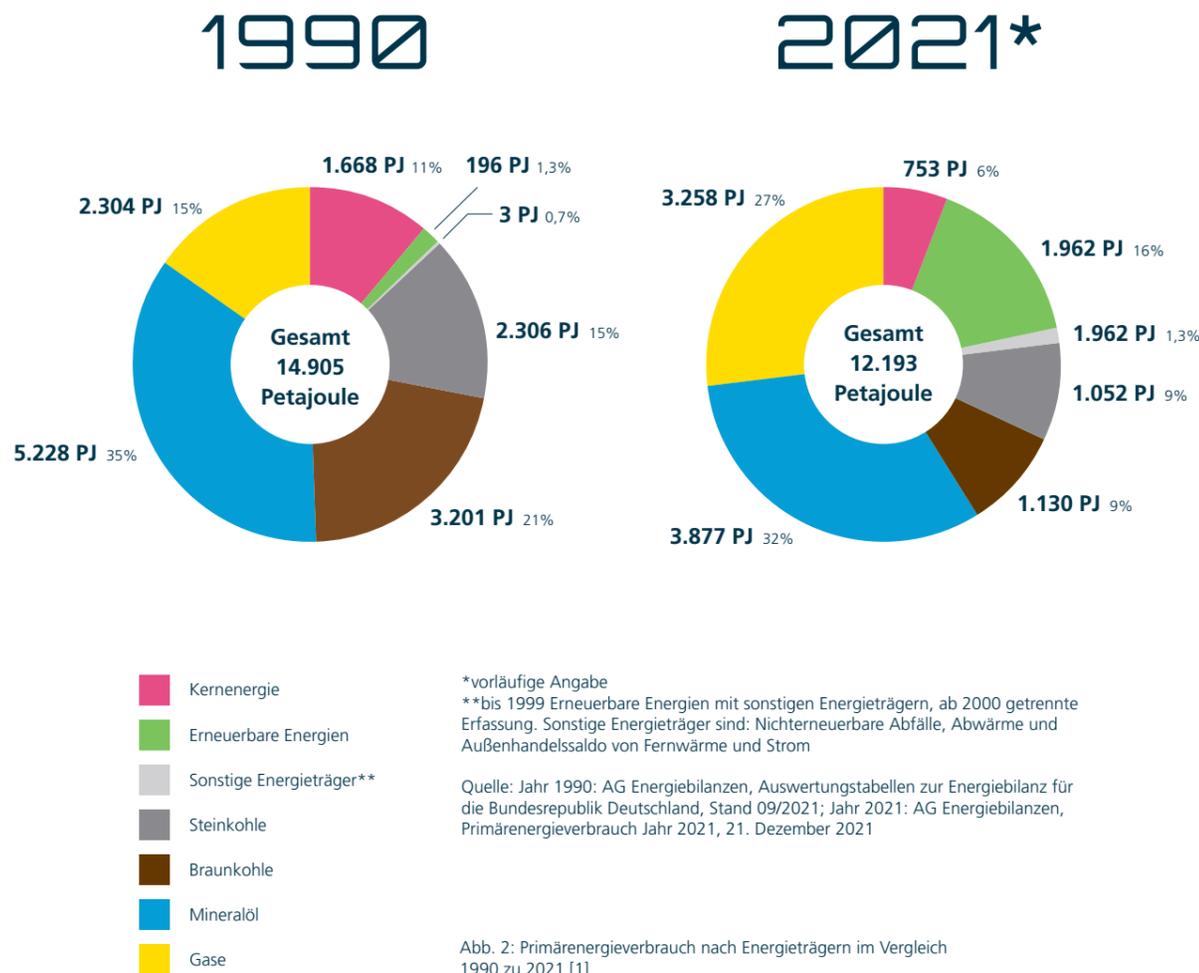
Energieeffizienz

Zur Energieeffizienz tragen Technologien bei, die den **Energieverbrauch oder Energieverlust** reduzieren. Dazu gehören energieeffiziente Produktionsverfahren, energetische Gebäudetechnologien und Energieeffizienz von elektronischen Geräten [11], [13], [21], [22].

- Effiziente Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik
- Passivhäuser/Plus-Energiehäuser
- Smart Buildings
- TopoActive Vehicles
- Wärme- und Kältenetze
- Wärmepumpen
- Blockheizkraftwerke
- Abwärmenutzung
- Energieeffiziente Beleuchtung (bspw. LED)
- Hocheffizienzmateriale

Energienetze, Verteilung und Speicherung

Um die Energiegewinnung möglichst vollständig auf erneuerbare Energien umstellen zu können, ist eine **Anpassung der Energienetze und -speicherung** nötig. Denn anders als bspw. bei Kohlekraftwerken ist die Gewinnung von erneuerbaren Energien abhängig von Umweltbedingungen. Somit sind eine optimierte Verteilung und Speicherung der gewonnenen Energie nötig, um die Energie an den Orten und zu den Zeitpunkten einzusetzen, an denen sie benötigt



werden [7], [10]. GreenTech im Bereich Energie ist demnach ein **Zusammenspiel** aus Energiegewinnung, Energieeffizienz und der Verteilung und Speicherung der Energie [6], [23]. Technologien, die diese Optimierung verfolgen, sind:

- Langzeitenergiespeicher
- Erweiterte Steuerungssysteme
- Software und Kommunikation
- Vehicle-to-Grid-Integration
- Buildung-to-Grid-Integration
- Grüner Wasserstoff
 - Wasserstoff als Kraftstoff für Straßentransport, Luftfahrtkraftstoff, Wasserfahrtkraftstoff
 - Wasserstoff zur Ammoniakproduktion
 - Wasserstoff zur Stahlproduktion
 - Wasserstofftransport
- Smart Grids
- (Smarte) Zähl- und Verbrauchsmessgeräte

Wasser und Wasseraufbereitung

Für die Nutzung von Wasser und der Wasseraufbereitung sind GreenTech-Technologien meist zur **Optimierung der bestehenden Prozesse** im Einsatz [2], [6]. Doch auch die Verteilung von Wasser gestaltet sich durch GreenTech ökologischer [3], [24]. Relevante Einsatzfelder für GreenTech in diesem Bereich sind:

- Wassergewinnung und -aufbereitung
- Wassernetze, Leak Detection
- Qualitätsfrüherkennung
- Digitale Zwillinge: selbstlernende, flexible und adaptive Wassersysteme
- Reduzierung der Nutzung fossiler Ressourcen im Bau und Betrieb wasserwirtschaftlicher Anlagen
- Smarte Optimierung und Absicherung der Wasserversorgung
- Abwassersammlung und -transport
- Abwasserreinigung, Schlammbehandlung, Energiemanagement
- Kläranlagen, Rückgewinnung von Stoffen bei der Abwasserbehandlung
- Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung
- Neuartige Sanitärsysteme

Nachhaltige Mobilität

Im Bereich der nachhaltigen Mobilität setzt GreenTech auf **emissionsfreie Antriebe bzw. die Reduktion von Emissionen herkömmlicher Antriebe** [7], [10]. Darüber hinaus ist die Vermeidung von gefahrenen Kilometern durch den **optimierten Individualverkehr** und **effizienten ÖPNV** Teil der grünen Technologien im Bereich Mobilität [11], [16]. Hierunter fallen:

- Öffentlicher Nahverkehr, E-Busse
- E-Laster, E-Bikes
- Hybridantrieb
- Brennstoffzellenantrieb
- Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur

- Batterietechnologien, Batteriekontrollsysteme
- Smart-City-Lösungen
- Ladeinfrastruktur
 - Smart und Shared Mobility
 - Verkehrssteuerung und -optimierung, Verkehrslichtsteuerung (auch für die Schiene)
 - Vernetzter Individualverkehr
- Intelligente Logistik
- Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren, Leichtbautechnologie, energiesparende Reifen

Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft

In der Agrar- und Forstwirtschaft zielt der Einsatz grüner Technologien auf die **Effizienzsteigerung in der Lebensmittelproduktion** ab [16], [25]. Dies geschieht in erster Linie durch den Einsatz **digitaler Technologien** [6], [11], [26]. Aber auch die **Produktion von Ersatzprodukten** gehören in diesem Kontext zu den grünen Technologien.

- Präzisionsanlagen
 - Roboter
 - Drohnen zum automatisierten Säen von Samen, präziser Düngung und Insektenschutz
 - Sensortechnik
 - Smarte Bewässerung
- Vertical Farming
- Blockchain-Technologien zur Schaffung von Transparenz und Sicherstellung von Umwelt- und Sozialstandards
- Künstliche Intelligenz bspw. zur Verringerung der Verschwendung durch Prognostizierung der Nachfrage
- Fleischersatzprodukte
- Methanhemmstoffe
- Anaerobe Gülleverarbeitung
- Bioengineering
- Energieeffiziente Gefrierware
- Geotechnologien und Landmanagement
- Bodenschutz
- Lärmschutz
- Grundwasser- und Gewässerschutz
- Naturschutz und Landschaftspflege

Nachhaltige Industrie

In der Industrie kommen grüne Technologien in unterschiedlichen Bereichen und Sektoren zum Einsatz [9], [27], [28]. Besonders in der **Produktion** sind die Möglichkeiten vielseitig [6], [16]. Auch hier spielt die **Digitalisierung** eine wichtige Rolle:

- Digitaler Zwilling
- Automatisierung in Produktion und Logistik
- Mobiles Arbeiten
- Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Prozessleittechnik
- Pumpensysteme
- Ventilatoren
- Elektrische Antriebe
- Wärmetauscher
- Kompressoren
- Mehrfach-/Pfandverpackungen

- Druckluft- und Vakuum-Technik
- Material- und Lieferkettentransparenz

Nachhaltige Gebäudewirtschaft

Grüne Technologien in der Gebäudewirtschaft zielen vor allem auf die **energetische Optimierung** und auf **emissionsreduzierte Baumaterialien** ab [6], [9]. Nennenswert sind hier insbesondere die Energietechnik, die digitale Steuerung sowie Materialtechnologien [16]:

- Smart Home
- Gebäudeautomation
- Vernetzte Gebäude
- Internet of Things und Energiemanagement
- Wärmedämmung
- Building Information Modeling (BIM)
- Augmented Reality zur Reduktion von Nacharbeiten, Materialverbrauch usw.
- Lichttransport (natürliche Beleuchtung)
- Bepflanzte Verkleidung und Außenwände
- Integrierte Photovoltaik

Digitale Technologien

Digitale Technologien spielen für zahlreiche GreenTech-Technologien eine entscheidende Rolle. Sie werden daher als Querschnittstechnologie betrachtet und aufgrund ihrer hervorstechenden Bedeutung für GreenTech in Kapitel 2.2.3 ausführlich betrachtet.

Rohstoffe und Materialien

Eine nachhaltige Rohstoff- und Materialwirtschaft nutzt technologische Ansätze zur **effizienten Gewinnung, Produktion und Verwertung** von Rohstoffen und Materialien [6]. Ansätze von GreenTech in diesem Bereich dienen damit nicht nur dem effizienteren Umgang mit Rohstoffen und Materialien, sondern sind die Grundvoraussetzung zur Schaffung einer **Kreislaufwirtschaft** [11], [21].

- Grüne Materialien, Dekarbonisierung der Grundstoffindustrie
- Materialeffiziente Produktionsverfahren
- Nachwachsende Rohstoffe
- Schutz von Umweltgütern
- Grüner Bergbau
- Ocean-Tech (nachhaltige Nutzung der Meeresressourcen)
- Herstellung von Materialerzeugnissen und Kunststoffwaren
- Verfahren in der Chemieindustrie
- Papier- und Zellstoffproduktion
- Biotechnologie, Nanotechnologie, organische Elektronik
- Naturdämmstoffe
- Biokunststoffe
- Verbundwerkstoffe
- Packaging 4.0, Verhinderung von Verschwendung bei der Herstellung von Verpackung bis hin zum Produktverlust durch effektive Verpackungen
- Nachhaltige Smartphones

Carbon Capture

Der Begriff Carbon Capture umfasst Technologien, die zum Ziel haben, CO₂ aus der Luft zu sammeln, zu binden und teilweise auch wiederzuverwerten [13], [20]. Ebenso fallen hierunter Technologien, die CO₂ bereits bei der Entstehung an der Emissionsquelle auffangen [10], [29]. Hierunter fallen folgende Technologien:

- Nachverbrennungstechnologien
- Direct air capture
- Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -speicherung
- Biokohle
- Kohlenstoffangereicherter Zement

Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft hat zum Ziel, möglichst alle gebrauchten Ressourcen wieder in den **Verwertungskreislauf** zurückzuführen [17]. Das ultimative Ziel ist der ressourcen-neutrale Verbrauch [20]. Technologien in diesem Bereich gehören bspw. zum klassischen Recycling oder zur Produktgestaltung [30]:

- Recycling
- Abfallsammlung, -transport und -trennung
- Stoffliche und energetische Verwertung
- Rohstoffliche Verwertung
- Waste-to-Energy
- Kunststoffstraßen
- Circular-by-Design

2.2.3

Die Rolle digitaler Technologien

Wechselseitige Beziehung

Digitale Technologien werden als äußerst bedeutend für die Umsetzung von GreenTech gesehen, da sich die Nutzung von Digitalisierungstechnologien durch fast alle Anwendungsfelder von GreenTech zieht [6]. **GreenTech und Digitalisierung** werden häufig in wechselseitiger Beziehung betrachtet. Die im März 2020 veröffentlichte Umweltpolitische Digitalagenda des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz verdeutlicht, dass die zwei Megatrends des 21. Jahrhunderts, **Digitalisierung und der Schutz von Umwelt und Klima**, zusammengebracht werden müssen [11], [31]. **Nachhaltigkeit muss durch Technologie gefördert werden** – und umgekehrt: Bisher konzentrierte sich die Nutzung von Daten, Technologien und digitalen Lösungen bei Nachhaltigkeitsinitiativen hauptsächlich auf Effizienzgewinne, zum Beispiel um die Energie- und Ressourcennutzung zu verringern, Entscheidungen durch KI zu verbessern oder Materialien und Waren entlang der Lieferkette transparent nachzuverfolgen [15].

Querschnittstechnologie

Digitale Innovationen ermöglichen in vielen Bereichen erst den Einsatz bzw. die Anwendung nachhaltiger, grüner Technologien. Häufig wird die Digitalisierung daher als **Enabler von GreenTech** gesehen [5], [11], [30], [32], [33]. Diese Abhängigkeit ist in bestimmten Anwendungsbereichen so weit ausgeprägt, dass digitale Technologien mit GreenTech gleichzusetzen ist [34]. Da sich die Nutzung von Digitalisierungstechnologien durch fast alle Themenfelder von GreenTech zieht, wird die Digitalisierung grundsätzlich als sehr bedeutend für den Einsatz von GreenTech gesehen und als **Querschnittstechnologie** bezeichnet.

Beschleunigungsfaktor

Durch die Ermöglichung von neuen Geschäftsmodellen und Plattformlösungen erweist sich die **Digitalisierung als Beschleunigungsfaktor** in allen Sektoren [11], [17]. Weitergehend treiben digitale Technologien auch im Bereich Emissionsvermeidung und Effizienzsteigerung Innovationen an. Sie schaffen Transparenz in Produktionsprozessen und Lieferketten. Durch die geschaffenen Erkenntnisse sind Optimierungsmöglichkeiten oft erst erkennbar [15]. **GreenTech entwickelt sich daher mit Hilfe digitaler Technologie immer schneller weiter.** Die Nutzung digitaler Lösungen für Arbeiten, Einkaufen und Freizeit und der zugrundeliegenden Infrastrukturen ist in kurzer Zeit signifikant angestiegen und hat den ohnehin angelegten langfristigen Wachstumstrend dadurch noch bestärkt. Die Bedeutung der Dateninfrastruktur und die Verfügbarkeit einer leistungsstarken Breitbandversorgung für die gesamte Bevölkerung, die Wirtschaft und Gesellschaft wird unterstrichen.

Treiber und zentrale Komponente

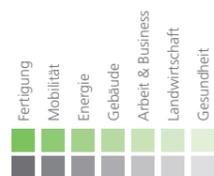
Bei vielen GreenTech-Initiativen **treiben digitale Lösungen Innovationen** voran [17]. Aber auch als zentrale Komponente vieler Lösungen sind digitale Technologien zu finden. Automationen oder smarte Lösungen wie Smart Farming beinhalten digitale Techniken als zentrale Funktion, um Einsparpotenziale oder Effizienzsteigerungen zu realisieren

[21], [35]. Beispielsweise wären viele Konzepte, die Künstliche Intelligenz einsetzen, ohne den Einsatz der KI mit den aktuellen technischen Voraussetzungen unmöglich. Innovative Technologien werden im Kampf gegen den Klimawandel mit großer Hoffnung gesehen. Berechnungen zufolge können **digitale Technologien 58 % zum deutschen Klimaziel 2030** beitragen und somit unsere Fähigkeit, die Agenda 2030 zu erreichen, grundlegend verändern [16]. Eine sinnvoll gestaltete, umweltgerechte Digitalisierung wird daher als Werkzeug für den sozialökologischen Umbau betrachtet, in dem nachhaltige Formen des Wirtschaftens, Wohnens, Arbeitens und Zusammenlebens ausgestaltet werden.

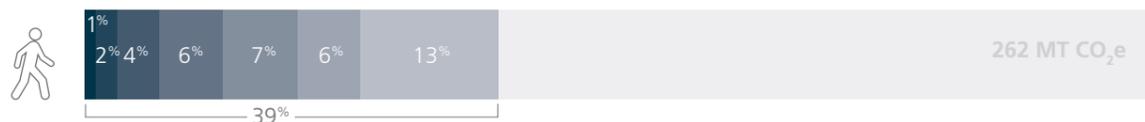
Anwendungsbereiche

Digitale Technologien ermöglichen es Unternehmen, ihre **Prozesse effizient und flexibel zu gestalten** und somit Kapazitäten zu schaffen. Der wichtigste organisatorische Vorteil digitaler Fähigkeiten ist die **Erstellung von Daten über den Ressourcenverbrauch** und die Produktion sowie deren Analyse [15]. So kann die Digitalisierung zur Ressourceneffizienz beitragen. Durch die automatisierte Verarbeitung von Informationen werden viele Effizienzsteigerungen erst realisierbar [33]. Ein zentraler Anknüpfungspunkt sind außerdem unternehmensweite Kennzahlensysteme, die die in den Unternehmens- und Digitalstrategien formulierten Nachhaltigkeitsziele messbar machen und transparent darstellen. Digitale Technologien können einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, indem sie in Echtzeit die Überwachung eines Produkts über den **gesamten Produktlebenszyklus** ermöglichen. Im Herstellungsprozess betrifft dies die Übertragung aktueller Verbrauchsdaten oder die Prognose zukünftiger Verbrauchsdaten mithilfe von Big Data- und KI-Lösungen. Die Übertragung und Analyse von Daten in der anschließenden Nutzungsphase ist zur Gewinnung von Informationen über das Nutzerverhalten für Unternehmen von größter Relevanz. Um Produkte nachhaltig zu gestalten, werden Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg benötigt. Digitale Lösungen zur Erfassung, Verarbeitung und Analyse von Daten ermöglichen damit die Schaffung nachhaltiger Produkte.

CO₂e-Einsparpotenzial digitaler Technologien in 2030 pro Bereich in Prozent



Moderate Digitalisierung



Beschleunigte Digitalisierung

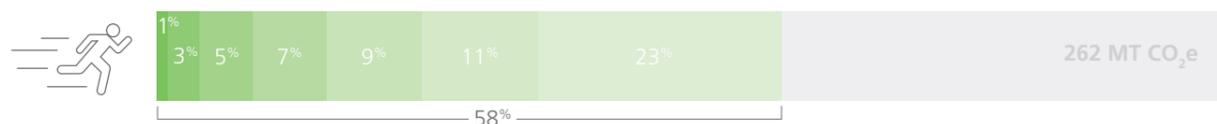


Abb. 3: CO₂e-Einsparpotenzial digitaler Technologien bis 2030 [16]

58%

Berechnungen zufolge können **digitale Technologien 58 % zum deutschen Klimaziel 2030** beitragen und somit unsere Fähigkeit, die Agenda 2030 zu erreichen, grundlegend verändern. [16]



Produkte, Services, Kunden

Digitale Technologien verwandeln Unternehmen in intelligente Systeme, die **intelligente Produkte und Dienstleistungen** herstellen. Digitalisierung wird außerdem als Informations- und Kommunikationstool eingesetzt und ermöglicht neue Formen der Information und Kommunikation.

Geschäftsmodelle

Durch digitale Technologien entstehen nicht nur neue Produkte und Services, sondern auch neue Geschäftsmodelle. Sie ermöglichen eine **Shared Economy und reduzieren dadurch den individuellen Konsum**. Dementsprechend sind derartige Shared-Economy-Beispiele mit einer Verminderung des Ressourcenverbrauchs sowie einer gesteigerten Ressourceneffizienz verbunden [15]. Das wohl bekannteste Beispiel einer Shared Economy ist die Möglichkeit des Car-Sharing, bei der die Nutzer im Bedarfsfall auf ein Fahrzeug zugreifen können, ohne ein eigenes zu besitzen. Weitere bedarfsorientierte Modelle mit dem Ziel, Verschwendung zu vermeiden und Produkte nur auf Bestellung zu produzieren, sind Made-to-Order oder Abomodelle.

Circularity, Produktions- und Konsummuster

Digitale Technologien können bestehende **Produktions- und Konsummuster in allen Wirtschaftsbereichen** so verändern, dass signifikante Effizienzsteigerungen realisiert werden können [17]. Durch digital gestützte Produktionsprozesse können Industriebetriebe die eingesetzten Materialien, Rohstoffe und Energie stetig am Konsummuster orientieren. Somit transformieren digitale Technologien **Unternehmen zu intelligenten Systemen**, die smarte Lösungen in Form von Produkten und Services schaffen [15]. Die dadurch gewonnenen Daten ermöglichen es, den Einsatz von Ressourcen und Produktion in Echtzeit zu analysieren. Über diese Mechanismen bei Produktion und Konsum unterstützen digitale Systeme die Unternehmen beim Übergang zur Kreislaufwirtschaft im Produktlebenszyklus [17].

Daten erfüllen Informationsbedürfnisse



Wir brauchen Informationen zu jedem Zeitpunkt des Lebenszyklus, um Produkte nachhaltig zu gestalten.

Abb. 4: Daten aus dem Produktlebenszyklus als Grundlage zur Schaffung nachhaltiger Produkte (eigene Abbildung)

2.3

Der Impact von GreenTech

Der Impact von GreenTech bezieht sich auf den Beitrag entsprechender Technologien zu **Nachhaltigkeitszielen**. Dabei müssen neben ökologischen Effekten auch die ökonomischen und sozialen Implikationen von GreenTech berücksichtigt werden. Entsprechend ist die Meta-Analyse zur Darstellung der Effekte von GreenTech entlang dieser Dimensionen aufgebaut. Die aufgeführten Schwerpunkte innerhalb der drei Nachhaltigkeitsdimensionen ergeben sich aus der Analyse der vorhandenen Inhalte der analysierten Studien.

2.3.1

Ökologische Effekte

Der Einsatz von GreenTech kann zu einer **Vielzahl ökologischer Effekte** führen und somit einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung von ökologischen Zielen leisten. Drei zentrale Aspekte stehen hierbei im Fokus: Die **Substitution fossiler Primärenergiequellen**, der **Ressourcenschutz und -effizienz** sowie die Transformation zu einer **Kreislaufwirtschaft** [5], [9].

Allgemeines Potenzial

Das Potenzial des Einsatzes von GreenTech wird in vorliegenden Studien als hoch eingeschätzt [13], [36]. Allerdings lassen sich spezifische Beiträge von GreenTech zum Umweltschutz kaum quantifizieren [33]. Häufig **mangelt es an spezifischen Messmodellen** und nachvollziehbaren Verfahren für die quantifizierbare Wirkung von GreenTech.

Bei der **Substitution fossiler Primärenergiequellen** kann GreenTech zur Schonung natürlicher Ressourcen und Umweltbelastungen beitragen. So wird durch die Umstellung auf erneuerbare Energiequellen eine Reduktion von 55 % der Emissionen bis 2050 möglich [37]. Dies kann einen zentralen Beitrag zur Erreichung der **Nachhaltigkeitsziele** der Vereinten Nationen leisten [9]. Auch in Bezug auf Ressourcenschutz und -effizienz gehen Studien davon aus, dass grüne Innovationen eine wichtige Rolle spielen, etwa bei der Reduktion von Umweltverschmutzungen, bei der Herstellung von Industriegütern oder bei der Verbesserung der Effizienz von Produktionsprozessen [38]. Zudem ermöglicht GreenTech vielerorts erst die Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft mit entsprechenden umweltbezogenen Effekten. Es wird davon ausgegangen, dass Kreislaufwirtschaftsaktivitäten einen wichtigen Beitrag bei der Reduktion der verbleibenden 45 % Emissionen versprechen [37]. Innovationen in GreenTech können somit als Katalysator bei der Gestaltung einer grünen Wirtschaft bezeichnet werden und einen zentralen Beitrag bei der grünen Transformation leisten.

Technologie und Klima

Der Einsatz von GreenTech kann ein mächtiger **Hebel im Kampf gegen den Klimawandel** sein. Dadurch können die

Reduktion der Treibhausgas-Ausstoßes über diverse Sektoren hinweg und entsprechende Klima-Effekte realisiert werden. Technologischer Fortschritt wird als ein gewichtiger Faktor für die Reduktion von Treibhausgasen gesehen [15], [27].

Natürliche CO₂-Speicher spielen bei Klimafragen eine zentrale Rolle. Sie können Kohlenstoff aufnehmen und in biologischen und chemischen Prozessen binden [39]. GreenTech-Technologien können diese CO₂-Speicher durch Reduktion der Emissionen entlasten. Grüne Innovationen in Technologien, Prozessen und Produkten ermöglichen somit die Erreichung strenger Kohlenstoff-Emissions-Ziele. Im Vergleich zum Niveau der industriellen Revolution lässt sich durch den konsequenten Einsatz von GreenTech eine **60%ige Reduktion der Treibhausgasemission** erreichen [36].

Effekte der Substitution fossiler Primärenergiequellen

Ein Effekt des Einsatzes von GreenTech-Technologien bezieht sich auf die **Substitution fossiler Primärenergiequellen** (etwa Kohle, Öl oder Gas). GreenTech zielt darauf ab, die Nutzung fossiler Brennstoffe zu reduzieren oder gar zu ersetzen. Durch Reduktion oder Vermeidung der Nutzung fossiler Energiequellen können entsprechend Treibhausgas-Emissionen vermieden werden [9], [11].

Effekte auf Ressourcenschutz und -effizienz

GreenTech-Technologien können positive Effekte auf den Schutz und den effizienteren Einsatz von Ressourcen haben. Durch die umfangreiche Nutzung nachwachsender Rohstoffe kann ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz entstehen. In bestehenden Produktionsanlagen können GreenTech-Technologien zudem zur Erhöhung der Ressourcen-Effizienz beitragen, etwa bei der produktiven Nutzung von Abwärme [38], [40].

Effekte auf die Kreislaufwirtschaft

GreenTech-Technologien versprechen ökologische Effekte im Rahmen von Modellen der Kreislaufwirtschaft. Dabei werden Ressourcen wiedergewonnen und erneut in den Produktionsprozess eingebracht. Dadurch können Emissionen vermieden werden, die bei der Neubeschaffung dieser Ressourcen anfallen würden. Durch den Einsatz von GreenTech lassen sich zudem Materialien optimieren, so dass sie dem Produktionsprozess erneut zugeführt werden können. Alternative grüne Materialien können auch an Stelle der bisher verwendeten Materialien treten und entsprechende positive Umwelt-Effekte auslösen [17].

Sektorspezifische Effekte

Wie bereits erwähnt, finden sich GreenTech Anwendungen über alle Sektoren hinweg in diversen Bereichen von Unternehmen, aber auch im öffentlichen Leben und in privaten Anwendungen. Im Folgenden werden beispielhaft einige sektorspezifische Anwendungen sowie deren ökologischer Effekt in den folgenden Sektoren betrachtet:

Durch die Umstellung
auf erneuerbare
Energiequellen wird
eine Reduktion von

55%

der Emissionen bis
2050 möglich
[37].



**Industrie/Produktion****Mobilitätswirtschaft****Gebäudewirtschaft****Energiewirtschaft****Landwirtschaft****Abfallwirtschaft****Industrie/Produktion**

GreenTech-Technologien ermöglichen eine Erhöhung der Effizienz des industriellen Produktionsprozesses und damit verbundene ökologische Effekte. Effizienzsteigerungen können dabei insbesondere durch den Einsatz grüner Produktions-Technologien erreicht werden [40]. Ein besonderer Fokus sollte auf die Substitution fossiler Primärenergiequellen gelegt werden – ein entscheidender Schritt zur Einhaltung der Klimaziele bis 2030. Insbesondere die Nutzung digitaler Innovationen zur Umsetzung von GreenTech weist ein enormes ökologisches Potenzial auf. So führt der digitale Zwilling zu einer verbesserten Produktionsqualität, geringeren Durchlaufzeiten und einem reduzierten Ressourceneinsatz bei physischen Produkten und Prozessen. Im Ergebnis ließen sich in einem Fallbeispiel zur Berechnung des Einsparungspotenzials bei der Fertigung von Medikamenten durch den Einsatz eines digitalen Zwillings ca. 80 % des Energieverbrauchs und ebenfalls ca. 80 % der CO₂e⁴-Emissionen reduzieren [16]. Nicht nur im Herstellungsprozess, sondern insbesondere auch in der anschließenden Nutzungsphase ermöglicht der digitale Zwilling die Sammlung und Analyse wertvoller Daten und trägt somit über den gesamten Lebenszyklus zu nachhaltigen Entscheidungen bei. Jedoch auch die Nutzung von **grünen Chemikalien** in der Produktion kann entsprechende Umwelteffekte aufweisen. Zudem liegt ein großes Potenzial in der **Nutzung von Abwärme** von Produktionsanlagen mit entsprechenden gesamtwirtschaftlichen ökologischen Effekten [41].

**Mobilitätswirtschaft**

Bei der Weiterentwicklung der Mobilität finden GreenTech-Technologien ebenfalls ihren Platz. Um Treibhausgas-Reduktionen zu erreichen, erscheint die Betätigung mehrerer Stellhebel sinnvoll. So kann etwa der Einsatz von GreenTech und Digitalisierung zu erhöhter Effizienz in der **urbanen Verkehrssteuerung** führen [16]. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende städtische Infrastruktur. Auch neue, innovative **Mobilitätsformen bzw. -dienstleistungen** wie Fahrradverleihsysteme und Car-Sharing zielen darauf ab, individuelle Mobilität nachhaltig zu gestalten und sind eng mit der Stadtgestaltung verbunden. GreenTech findet auch im Rahmen der herkömmlichen Individualmobilität seinen Einsatz. So lassen Innovationen bei Verbrennungsmotoren auf Effizienzsteigerungen hoffen. Zudem kommt eine große Rolle den alternativen Antriebsformen zu. Etwa die

Weiterentwicklung von Elektro- oder Wasserstoff-Antrieben kann bei der Fahrzeug-Nutzung zu gewichtigen Treibhausgas-Einsparungen führen. Eine entsprechende Elektro- und Wasserstoff-Infrastruktur ist dafür die Voraussetzung. Große Hoffnung für die Energiewende im Verkehrssektor liegt außerdem im sogenannten Power Fuel, bei dem mit Hilfe neuester Technologien CO₂ in klimafreundlichen Kraftstoff verwandelt wird und somit strombasierter Kraftstoff aus Kohlendioxid entsteht [41].

**Gebäudewirtschaft**

Smarte GreenTech-Technologien zum **Energiemanagement** (etwa Smart Meters) können zu einer Reduktion von Emissionen von Gebäuden führen. Durch den kombinierten Einsatz von GreenTech und Digitalisierung im Rahmen von Smart Home lassen sich Energieverbräuche von Gebäuden und entsprechende Emissionen vermeiden [16]. GreenTech bietet außerdem ökologisches Potenzial bei der Isolierung von Gebäuden sowie bei der Einsparung umweltfeindlicher Chemikalien beim Bau und Betrieb von Gebäuden. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft wird beim Bau von Gebäuden außerdem zunehmend auf die Wiederverwendbarkeit von Baustoffen geachtet. Dies ist zum Beispiel durch Fertigungsmethoden wie Stecken und Schrauben statt Verkleben möglich. Auch die Umstellung auf grüne Energiequellen ist ein wesentlicher Aspekt von GreenTech im Gebäudesektor [41].

**Energiewirtschaft**

In der Energiewirtschaft gibt es vielfältige ökologische Effekte durch den Einsatz von GreenTech. Durch den Aufbau von **Smart Grids** können Emissionen im Energienetz reduziert werden [16]. Der Einsatz von fortgeschrittenen Energiespeicher-Technologien kann einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der Strom-Last leisten. Zudem versprechen GreenTech-Lösungen die Erhöhung der Flexibilität des Stromnetzes [41].

**Landwirtschaft**

GreenTech können zum Schutz von landwirtschaftlichen Ökosystemen eingesetzt werden und zu einem bewussten Schutz dieser Systeme beitragen. Etwa bei der Umstellung von landwirtschaftlichen Praktiken kann sich die Kombination aus GreenTech und Digital-Technologien als vorteilhaft erweisen [16]. Durch Effizienzsteigerungen in der Nutztierhaltung und der Bodenbewirtschaftung kann eine Reduktion der Emissionen erreicht werden. Zudem kann eine Reduktion oder Umstellung von Chemikalien sich als umweltschonend erweisen [42].

**Abfallwirtschaft**

In der Abfallwirtschaft lassen sich ökonomische Effekte durch den Einsatz von GreenTech beobachten. So ermöglicht das Recycling von Wertstoffen etwa die Reduktion von Emissionen. Zudem kann die Nutzung von durch Abfallverbrennung entstandener Abwärme in Form von Fernwärme dazu beitragen, dass Emissionen in Städten reduziert werden [16].

Rebound-Effekt

Vor dem Hintergrund des sogenannten Rebound-Effekts ist der Umgang mit den skizzierten ökologischen **Einsparungspotenzialen durch GreenTech kritisch zu hinterfragen** (vgl. Kapitel 2.2.1). Im Zusammenspiel von GreenTech und digitalen Technologien können die durch die Anwendung von GreenTech-Technologien erzielten Effizienzsteigerungen zu einer erhöhten Nachfrage und damit zu einer Ausweitung des Konsums auf Marko-Ebene führen [33]. Dieser Effekt führt dazu, dass das Einsparungspotenzial von Effizienzsteigerungen gesamtwirtschaftlich betrachtet nicht (voll) ausgeschöpft wird oder gar konterkariert wird. Aus diesem Grund wird es als wichtig angesehen, auf das Konsumverhalten der Menschen einzuwirken, um die Effizienzgewinne im Kleinen nicht durch Mehrkonsum zu torpedieren, was die Erreichung der Klimaziele gefährdet [16]. Eingesetzte Technologien können außerdem zu einem erhöhten Energieverbrauch führen.

2.3.2**Ökonomische Effekte****Makroökonomische Effekte**

Vor dem Hintergrund des steigenden Umweltbewusstseins der Deutschen und den zu erreichenden nationalen und internationalen Klimaschutzzielen steigt der **Bedarf an intelligenten GreenTech-Technologien**. Dies führt zu einem dynamischen Wachstum des gesamten GreenTech-Marktes. GreenTech-Unternehmen in Deutschland rechnen bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 9,9 % [11]. Bis 2030 wird sich das aktuelle heimische Marktvolumen von 2020 auf 856 Milliarden Euro mehr als verdoppeln. Das weltweite Marktvolumen hatte 2020 die Marke von 4 Billionen Euro überschritten. Für das Jahr 2030 wird der GreenTech-Branche ein globales Marktvolumen von 9,38 Billionen Euro prognostiziert [11].

Somit ist zu erwarten, dass die Verfolgung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zu einer **Stärkung der deutschen GreenTech-Branche** führt, was wiederum zu positiven volkswirtschaftlichen Effekten im Sinne eines Beitrags zum Bruttoinlandsprodukt, zur Sicherung von Arbeitsplätzen und entsprechendem Wohlstand führen kann [9]. Möglicherweise ist jedoch eine Verlagerung von Arbeitsplätzen in die GreenTech-Branche die Folge [9].

Eine ebenfalls hohe Bedeutung kommt **Startups** der GreenTech-Branche zu. Diese Startups ermöglichen mit ihren Geschäftsmodellen die Schaffung hochinnovativer GreenTech-Produkte und sind aufgrund ihrer Flexibilität im Stande, schnell auf sich ändernde Marktbedingungen und Kundenbedürfnisse zu reagieren. Durch diese technologischen Entwicklungen übernehmen sie eine wichtige Rolle in der Volkswirtschaft und leisten einen wichtigen Beitrag zu deren Innovationsdynamik [9].

Weiterhin ermöglicht der Einsatz von GreenTech-Technologien auch **Effizienzsteigerungen** in etablierten Branchen.

Dieses Mehr an Effizienz setzt finanzielle Ressourcen frei, die wiederum an anderer Stelle für eine Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit genutzt werden können. Zudem kann GreenTech zur Stabilisierung von Branchen führen. Insbesondere in Zeiten unerwünschter Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen können diese stabilisierenden Effekte von volkswirtschaftlich großer Wichtigkeit sein.

Auf makroökonomischer Ebene können GreenTech-Technologien zudem Marktchancen für die GreenTech-Branche generieren. Die Leistungsfähigkeit der Branche kann zu einem **Wettbewerbsvorteil** im internationalen Vergleich führen. Dies wiederum verspricht Exportchancen mit entsprechenden ökonomischen Renditen, die dem Industriestandort Deutschland zugute kämen. Um diese Chancen zu nutzen, ist es wichtig, dass die Politik gemeinsam mit den Unternehmen in Deutschland schnelle Handlungsmöglichkeiten für die Umsetzung und Anwendung neuester Technologien findet, um im internationalen Wettbewerb mithalten zu können [11], [43].

Mikroökonomische Effekte

Auch auf der Ebene einzelner Unternehmen lassen sich positive wirtschaftliche Effekte durch den Einsatz von GreenTech beobachten. So zeigt sich, dass aus Unternehmenssicht vor allem wirtschaftliche Überlegungen eine Rolle spielen, wenn es um die Entscheidung hin zu GreenTech geht. Unternehmen agieren in der Regel nachhaltiger, wenn sich dadurch ein **ökonomischer Nutzen** realisieren lässt [44].

Unternehmen können durch den Einsatz von GreenTech-Technologien ihre **Wettbewerbsfähigkeit** erhöhen. Insbesondere grüne Innovationen versprechen positive Effekte im Wettbewerb. So lassen sich unter Zuhilfenahme von GreenTech verglichen mit Wettbewerbern überlegene Marktpositionen aufbauen, die sich dann in ökonomischen Renditen niederschlagen. Mitunter ermöglichen GreenTech erst die Entwicklung von innovativen Produkten, die die sich **veränderten Kundenbedürfnisse** bedienen können [27].

Der GreenTech-Einsatz kann sich somit in verschiedenen finanziellen Zielgrößen von Unternehmen niederschlagen. So können sich GreenTech-Aktivitäten etwa in einem **erhöhten Return-on-Investment**, einem höheren Umsatz oder auch in Zugewinnen des Unternehmenswertes auswirken [9].

Als wichtig für die Realisierung dieser Effekte wird eine rasche Adoption von GreenTech-Technologien angesehen. Der **First-Mover-Vorteil** erlaubt es Unternehmen, als erste die

Potenziale von GreenTech zu heben und somit als erste die neue Wettbewerbsposition einzunehmen und zu festigen. Diese Position wird typischerweise ebenfalls von Kunden wie auch Investoren honoriert [4], [19].

Zudem können Unternehmen mit der Durchführung von GreenTech-Aktivitäten auch den **veränderten Kundenbedürfnissen** Rechnung tragen. In Zeiten erhöhter Aufmerksamkeit von Umweltschutz-Themen verlangen immer mehr Kunden, dass sich Unternehmen diesem Thema widmen, und richten ihre Kaufentscheidungen darauf hinaus. Gerade im Endkundengeschäft ist es für Unternehmen von großer Wichtigkeit, ihre GreenTech-Aktivitäten durchzuführen und diese für die Kunden auch kenntlich zu machen. Gleiches gilt für die zunehmende Relevanz ökologischer und sozial verträglicher Aspekte bei der Kapitalvergabe [4], [19].

Sektorale ökonomische Effekte

Erneut kann zwischen (1) Industrie/Produktion, (2) Mobilitätswirtschaft, (3) Gebäudewirtschaft, (4) Energiewirtschaft, (5) Landwirtschaft und (6) Abfallwirtschaft unterschieden werden.

Industrie/Produktion

GreenTech-Technologien in Verbindung mit digitalen Technologien ermöglichen in produzierenden Unternehmen **Weiterentwicklungen der Wertschöpfung**. Bei komplizierten Wertschöpfungsketten können durch derartige Technologien Emissionen erst transparent gemacht werden und diese anschließend über die gesamte Wertschöpfungskette optimiert bzw. reduziert werden. Insofern lassen sich für Unternehmen Effizienzeffekte generieren, die finanzielle Vorteile nach sich ziehen können [43], [45].

Mobilitätswirtschaft:

Durch den Aufbau von **zukunftsorientierten Mobilitätstechnologien** können sich Unternehmen Marktpositionen sichern, die sich zukünftig auszahlen. So besteht weltweit ein Bedarf nach Vernetzung verschiedener Mobilitätsangebote, die von Unternehmen bedient werden können [9], [11].

Gebäudewirtschaft

Veränderte Verbraucherbedürfnisse machen die Entwicklung von GreenTech-Technologien ökonomisch interessant. Sowohl beim **Bau wie auch beim Betrieb von Gebäuden** kann

GreenTech Lösungen liefern, die Verbraucher_innen überzeugen und somit die Unternehmens-Profitabilität erhöhen [46].

Energiewirtschaft

Integrierte Energiemanagement-Lösungen können in der Energiewirtschaft Nutzen stiften. Fragen nach dem Ort der Energie-Erzeugung wie auch dem Transport von Energie sind oftmals unbeantwortet. Die Entwicklung etwa von Energiespeichertechnologien birgt deshalb große ökonomische Potenziale für GreenTech-Unternehmen [11].

Landwirtschaft

Vor dem Hintergrund von Effizienzdruck in der Landwirtschaft sind GreenTech-Technologien in diesem Sektor sehr erwünscht. Landwirte stehen dem Einsatz von derartigen Technologien grundsätzlich offen gegenüber – landwirtschaftliche prozessuale Effizienzverbesserungen sind somit ein lukrativer Markt [42].

Abfallwirtschaft

Ungelöste Problemstellungen des Umgangs mit Abfall bieten für GreenTech-Unternehmen ein interessantes Marktsegment. Durch umweltfreundliche Technologien können derartige Problemstellungen angegangen werden, was der Markt entsprechend honoriert [11].

2.3.3

Soziale Effekte

Der Impact von GreenTech muss in seiner Multidimensionalität betrachtet werden: Neben den ökologischen und ökonomischen Auswirkungen ist auch die **soziale und gesellschaftliche Dimension** von GreenTech betroffen. So zeichnet sich auf gesellschaftlicher Ebene seit Jahren eine wachsende Nachfrage nach neuen, nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweisen ab, wobei grüne Produkte aufgrund des steigenden Umweltbewusstseins bei den Konsument_innen sehr beliebt sind.

Gesellschaftliches Umweltbewusstsein

Das **Umweltbewusstsein** hat einen hohen Stellenwert in der Gesellschaft. Laut der Umweltbewusstseinsstudie des Umweltbundesamtes, welche vor dem Ausbruch des Krieges in der Ukraine und dem explosionsartigen Anstieg der Inflation durchgeführt wurde, halten 65 % der Deutschen den Umwelt- und Klimaschutz für sehr wichtig [47]. Dies spiegelt sich in der zunehmenden Beliebtheit umweltfreundlicher Produkte wider.

Zukunftsfähigkeit

Die grüne Transformation sichert die **Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft**. Die Sorge um den hohen Ressourcenverbrauch unserer Lebens- und Wirtschaftsweise und den

Klimawandel ist längst oben auf der Agenda der internationalen Politik angekommen. Auch große Teile der Wirtschaft engagieren sich stark für einen besseren Umweltschutz und treiben aus vitalem Eigeninteresse vielfältige Initiativen voran [13]. Gelingt es Deutschland, rechtzeitig die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen und die Umstellungspfade konsequent zu beschreiten, können wir die Klimawende nicht nur rechtzeitig, sondern auch gesamtgesellschaftlich kostenneutral vollziehen. Über alle Sektoren hinweg sind bei zügiger und konsequenter Umsetzung der Klimawende zur Erreichung der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 Zusatzinvestitionen für Sachgüter in Höhe von 40 Mrd. Euro pro Jahr erforderlich. Dies entspricht ungefähr 1 % des BIP. Diesen Mehrinvestitionen stehen erhebliche Einsparungen insbesondere in den Sektoren Gebäude und Verkehr gegenüber, so dass die aggregierten Einsparungen aus der Umstellung die zuvor entstandenen Kosten im Betrachtungszeitraum bis 2045 amortisieren können [9].

Gesunde Lebensräume

Die **zunehmende Urbanisierung** von Lebensräumen bringt zahlreiche Herausforderungen mit sich. Vor allem Kommunen haben mit direkten Umweltproblemen wie schlechter **Luftqualität**, komplexer **Abfallwirtschaft** oder **Wasserversorgung** zu kämpfen. So sind die Menschen tagtäglich direkten belastenden Faktoren in ihrem Lebensraum ausgesetzt. Technologien, die dafür sorgen, dass diese Umweltbelastungen aus den Lebensräumen der Menschen entfernt oder reduziert werden, tragen zu einem gesunden Lebensumfeld bei. Umweltorientierte Projekte und Produkte müssen genau in den Lebensraum der Betroffenen integriert werden, unabhängig davon, ob es sich um Wohnräume, Schulen oder Betriebe handelt [4].

Zukunft der Arbeit

Die globalen Nachhaltigkeitsziele und die Pariser Klimaziele greifen in alle Bereiche unseres täglichen Lebens ein. Digitale Technologien haben während der COVID 19 Pandemie ermöglicht, dass Mitarbeiter_innen auf mobiles Arbeiten umstellen konnten und somit der reguläre Betrieb in vielen Branchen weiterlaufen konnte. Darüber hinaus eröffnen digitale Technologien die Möglichkeit einer flexiblen

Zeitplanung, niedriger Betriebskosten und eines geringen Verkehrsaufkommens beim mobilen Arbeiten. Erhebungen der Universität Mannheim zeigen, dass vor allem gut verdienende Arbeitnehmende mit hohem Bildungsniveau einen Job haben, der auch im Home Office gut funktioniert. So können 10 % aller Pendelfahrten dauerhaft durch den Ausbau des Home Office und 30 % aller Geschäftsreisen durch virtuelle Meetings ersetzt werden [31]. Mobiles Arbeiten erfordert jedoch IT-Ressourcen, weshalb die Rechen- und Kommunikationszentren konsequent auf Energie- und Ressourceneffizienz sowie eine nachhaltige Energieversorgung ausgerichtet werden sollten [9].

Soziale Gerechtigkeit

Laut einer Studie des Bundesumweltministeriums wird das **Spannungsfeld zwischen sozialer Gerechtigkeit und Umweltschutz** immer relevanter. Viele Befragte befürchten, dass umweltpolitische Maßnahmen und die Energiewende vor allem Geringverdienende finanziell zu stark belasten könnten. Allerdings ist die Tatsache, dass Umweltschutzmaßnahmen auch positive soziale Auswirkungen haben, weniger bekannt. So profitieren ärmere Menschen, die eher in einer stärker belasteten Umwelt leben und mit sozialen sowie gesundheitlichen Folgekosten zu kämpfen haben, überdurchschnittlich von Umweltschutzmaßnahmen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass Umweltschutz mitunter auch direkt zu Kostensenkungen führt, z.B. durch eine höhere Energieeffizienz (z.B. durch Einsatz digitaler Technologien). Klimalösungen können die soziale und wirtschaftliche Gerechtigkeit fördern, wenn sie sinnvoll und richtig eingesetzt werden. Dabei stellt sich die Frage, wer entscheidet, wer davon profitiert und wie etwaige Nachteile abgemildert werden. Hier ist zu klären, wie viel Geld eine bestimmte Lösung im Vergleich zum Status-Quo der Technologie oder Praxis, die sie ersetzt, kosten oder einsparen wird. Dringende Aufgabe der Politik ist es daher zu vermeiden, dass Folgen aus nicht-nachhaltigem Handeln weiterhin sozialisiert, die Kosten von Nachhaltigkeit jedoch individualisiert werden. Geeignete umweltpolitische Instrumente hierfür sind CO₂-Abgaben in angemessener Höhe und eine Beschränkung des Emissionshandels.



2.4

Growth durch GreenTech

Der Bereich „Growth durch GreenTech“ des Referenzmodells bezieht sich auf den **Status-Quo der GreenTech-Branche in Deutschland** sowie auf **geeignete Maßnahmen von Politik und Unternehmen** zur Stärkung der Wachstumsdynamik. Dabei umfasst der Begriff „Wachstum“ eine Ausweitung der mit GreenTech verbundenen ökologischen, ökonomischen und sozialen Effekte. Wachstum wird in diesem Sinne ganzheitlich interpretiert.

2.4.1

Status-Quo der GreenTech-Branche

Die mit GreenTech verbundenen Technologien finden großteils in allen Sektoren der Gesamtwirtschaft Anwendung. Die GreenTech-Unternehmen bilden eine **Querschnittsbranche** ab. Die Unternehmen dieser Branche wachsen nach wie vor dynamisch.

In Deutschland belief sich das **GreenTech-Marktvolumen im Jahr 2020 auf 392 Milliarden Euro**. In der deutschen GreenTech-Branche bildet der Bereich „Energieeffizienz“ mit einem Anteil von 30 % den größten Leitmarkt. 2020 betrug sein Marktvolumen 117 Milliarden Euro. Der zweitgrößte Leitmarkt „Nachhaltige Mobilität“ brachte es auf ein Volumen von 91 Milliarden Euro. Dabei macht sich unter anderem die starke Position deutscher Hersteller und Zulieferer im Bereich Technologien zur Effizienzsteigerung, etwa bei Verbrennungsmotoren, bemerkbar. Das Marktvolumen des Leitmarkts Rohstoff- und Materialeffizienz lag 2020 bei 78 Milliarden Euro [11]. Global und national liegen die **Wachstumsprognosen bis 2030 durchschnittlich bei 7,3 %**, in einigen Leitmärkten sogar noch deutlich höher. Innovationen in den Bereichen Elektrifizierung und Wasserstoff, Circular Economy oder Smart-City-Anwendungen schaffen auch für die deutsche GreenTech-Branche langfristige Wachstums- und Absatzchancen auf dem globalen Markt.

8,1%

In Deutschland wird GreenTech das Marktvolumen bis 2030 mit einer **jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 8,1 %** ausweiten.

Das **globale Marktvolumen** der GreenTech Branche beträgt im Jahr 2020 **4.628 Milliarden Euro** und wird bis ins Jahr 2030 voraussichtlich auf **9.383 Milliarden Euro** anwachsen (siehe Abbildung 5). Mit einem Volumen von 1.224 Milliarden Euro (2020) ist die „Energieeffizienz“ auch global der größte grüne Leitmarkt. In Deutschland wird GreenTech

das Marktvolumen bis 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 8,1 % ausweiten. Damit fällt das **Expansions tempo der GreenTech-Branche in Deutschland etwas höher aus** als im globalen Maßstab.

Die **große Nachfrage auf dem Heimatmarkt** bietet den in Deutschland ansässigen GreenTech-Unternehmen gute Chancen: Sie sind wesentlich näher an ihren Kunden und können neue Technologien gemeinsam mit den Anwendern auf individuelle Bedürfnisse zugeschnitten entwickeln. Die Kooperation im Heimatmarkt fördert außerdem systemische Ansätze in der GreenTech-Branche. Gerade Anbieter aus Deutschland können durch ihre systemische Lösungskompetenz und das technologische Know-how sowohl international erfolgreich sein als auch große Anteile des deutschen Marktvolumens für sich gewinnen.

Der Blick auf die **einzelnen Leitmärkte** zeigt in der globalen Perspektive, dass die **Geschwindigkeit des Wachstums** innerhalb des Gesamtmarkts unterschiedlich ausfällt. Das größte Tempo bei der Expansion legt der Leitmarkt „Nachhaltige Landwirtschaft“ vor. Er entwickelt sich zwischen 2020 und 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 11,3 %. Auf Rang zwei folgt mit einem Wachstum von 8,7 % der Leitmarkt „Nachhaltige Mobilität“. Eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors spielen alternative Antriebstechnologien. Das Wachstum dieses Marktsegments sorgt für Rückenwind bei der starken Entwicklung des gesamten Leitmarkts. Auch die Wachstumsraten der Leitmärkte „Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie“ sowie „Rohstoff- und Materialeffizienz“ liegen mit 8,5 und 8,4 % über dem Durchschnitt der GreenTech-Branche insgesamt. Im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz spielen vor allem nachwachsende Rohstoffe eine wichtige Rolle, etwa Brenn- oder Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen oder nachwachsende Rohstoffe als Rohstoff für die chemische Industrie.

Der Leitmarkt „Energieeffizienz“ zeigt auf hohem Niveau ein moderates Wachstum, was auch darauf zurückzuführen ist, dass insbesondere in energieintensiven Branchen bereits viele Maßnahmen umgesetzt wurden. Die „Kreislaufwirtschaft“ ist der Leitmarkt mit dem kleinsten Volumen. Er verzeichnet eine im Vergleich zur Gesamtbranche leicht unterdurchschnittliche Entwicklung (5,9 %). Eine Ursache dafür sind die langen Innovationszyklen, insbesondere bei neuen Recyclingverfahren (zum Beispiel Kunststoffrecycling, Batterierecycling) und in der Komplexität der Änderung von grundsätzlichen Produktions- und Konsummustern. Wie schnell sich diese in der Praxis durchsetzen, hängt stark vom Markt und vom politischen Umfeld ab. Wie in Kapitel 2.3.1 erläutert, kann eine etablierte Kreislaufwirtschaft zu beachtlichen 45 % zur CO₂-Reduktion beitragen. Insofern sollte auch dieser momentan im Vergleich zu anderen Sektoren unscheinbare Markt mit geringen Wachstumsraten größte Berücksichtigung finden [48].

Weltweit bilden derzeit die Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Energieeffizienz mit 26,4 % den größten An-

Globales Marktvolumen der GreenTech Branche gesamt 4.628 Milliarden Euro

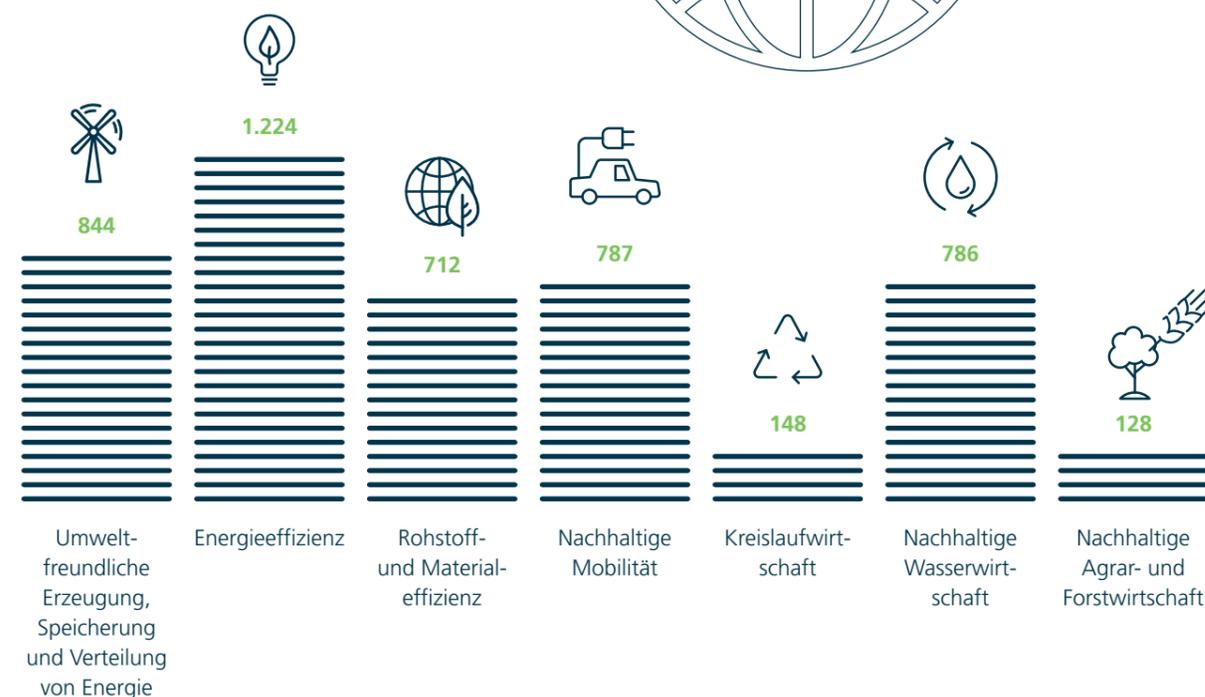


Abb. 5: Globales Marktvolumen der sieben Leitmärkte für GreenTech [11]

teil am Gesamtvolumen der GreenTech-Branche. Mit 18,2 % folgen der Leitmarkt „Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie“ sowie mit 17 % gleichauf die Leitmärkte „Nachhaltige Wasserwirtschaft“ sowie „Rohstoff- und Materialeffizienz“. Bedingt durch die unterschiedlichen Wachstumsraten der einzelnen Leitmärkte werden sich deren Anteile am globalen GreenTech-Markt bis 2030 verändern.

Neben der Einschätzung des Umsatzwachstums ist auch die **weitere Entwicklung der Beschäftigtenzahlen** ein wichtiger Wachstumsindikator. Die Unternehmen der GreenTech-Branche erwarten bis 2025 insgesamt einen **Anstieg der Mitarbeitendenanzahl von jährlich durchschnittlich 6,8 %**. Die Unternehmen mit Leitmarktfokus Energieeffizienz haben dabei ambitionierte Ziele: Sie gehen davon aus, dass die Beschäftigtenzahl jahresdurchschnittlich um 8,7 % wächst. Am niedrigsten sind die Erwartungen bei Unternehmen mit Leitmarktfokus Kreislaufwirtschaft: Die Befragten rechnen hier bis 2025 mit einem Wachstum der Anzahl der Mitarbeitenden von jahresdurchschnittlich 4,5 % [11].

2.4.2

Umweltökonomische Wachstumsmodelle

Wachstumsmodelle für die GreenTech-Branche werden auf Basis umweltökonomischer Theorien entwickelt, die sich auf

politische Rahmenbedingungen für den Schutz natürlicher Ressourcen, institutionelle Regulatorien und ökonomische Innovationstheorien konzentrieren. Aus Sicht der Politik geht es dabei um die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für den Ressourcenschutz durch Regeln und technologische Innovationen.

Dabei kommt dem Konzept der Innovation bei GreenTech-Technologien eine zentrale Bedeutung zu. Aus Basis der Innovationstheorie lassen sich **Ressourcenschutz und Wirtschaftswachstums integrieren**. Daher sind verstärkte Gründungsaktivitäten, unternehmerisches Wachstum, Expansion und innovative Technologien Kernkomponenten entsprechender Wachstumsmodelle.

Ein weiteres wesentliches Konzept bezieht sich auf die **Bepreisung negativer Umwelteffekte**. Bei Abgaben auf nicht nachhaltige Auswirkungen wirtschaftlichen Handelns (z. B. CO₂-Emissionen) können Unternehmen trotz der höheren Investitionskosten für GreenTech nur dann ein wirtschaftlich positives Ergebnis erzielen, wenn in grüne Technologien investiert wird. Grüne Technologien sind mit Kosten verbunden, die durch eine deutliche Senkung der Emissionskosten ausgeglichen werden. Daher kommt es auf eine effektive Kombination von Regulatorik, Bepreisung und Innovationsförderung an, um die mit GreenTech verbundenen Wachstumseffekte zu stimulieren [49].

2.4.3

Ausgangslage für GreenTech-Unternehmen

„GreenTech – Made in Germany“ ist gefragt. Anbieter aus Deutschland haben in den letzten Jahren eine starke Position am Weltmarkt erlangt. Produkte, Verfahren und Dienstleistungen „Made in Germany“ genießen weltweit großes Ansehen und begründen die starke Exportleistung der deutschen GreenTech-Branche. Während der deutsche Anteil an der globalen Wirtschaftsleistung bei rund 3 % liegt, tragen GreenTech-Unternehmen rund 14 % zum Weltmarkt bei [11]. **Europa bleibt für deutsche GreenTech-Anbieter nach wie vor der wichtigste Absatzmarkt.** Der internationale Wettbewerb nimmt unterdessen deutlich zu. Insbesondere in den USA und China haben sich innovative GreenTech-Cluster entwickelt [21], [45].

Die GreenTech-Branche in Deutschland ist **stark mittelständisch geprägt**: 91 % der GreenTech-Akteure sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU). 44 % der Unternehmen beschäftigen maximal zehn Mitarbeitende. Globale Transformationsprozesse, zum Beispiel im Energiesektor und in der Automobilindustrie, beschleunigen die Nachfrage. Dies erfordert zukünftig eine **stärkere Ausrichtung von Innovation und Effizienz auf die gesamte Wertschöpfungskette**: von der Kundengewinnung über die Finanzierung bis hin zu Betrieb und Instandhaltung [11].

Die höchste Wachstumsdynamik erwarten GreenTech-Unternehmen mit dem Leitmarktfokus „Nachhaltige Mobilität“ und „Energieeffizienz“: Sie rechnen bis 2025 jeweils im Durchschnitt mit einem jährlichen Umsatzwachstum von 12,9%. Deutlich zurückhaltender sind die Erwartungen im Leitmarktfokus „Kreislaufwirtschaft“ [11]. Dies spiegelt die unterschiedlichen Ausgangssituationen in GreenTech-Leitmärkten wider: So rechnen die Anbieter im Leitmarkt „Nachhaltige Mobilität“ mit einem Wachstumsschub, der maßgeblich auf die steigende Nachfrage nach alternativen Antriebstechnologien zurückzuführen ist. Neue Anbieter, die im Wettbewerb zu den etablierten Akteuren der Automobilindustrie innovative Mobilitätslösungen anbieten, verleihen der Entwicklung weitere Dynamik, so beispielsweise Google im Bereich Autonomes Fahren oder Tesla im Batteriebau. Solche Angebote sorgen für eine Expansion des Leitmarkts und wirken als zusätzliche Innovationstreiber. Im Gegensatz zu anderen Branchen, die zum Teil schwer unter den Folgen der Corona-Pandemie zu leiden haben, präsentiert sich GreenTech weitgehend **krisenresistent**. Fast die Hälfte der Anbieter (48 %) beurteilt die aktuelle Geschäftslage als „befriedigend“, 37 % sogar als „gut“. Auch perspektivisch schätzen Unternehmen die Auswirkungen von COVID-19 auf die GreenTech-Branche deutlich geringer ein als auf die Gesamtwirtschaft [11].

2.4.4

Bedeutung digitaler Technologien

Um die Klimaziele in Deutschland bis 2030 zu erreichen, müssen in den nächsten 10 Jahren 262 MT CO₂e reduziert werden. Eine beschleunigte Digitalisierung kann **bis zu 58 % dieser CO₂e-Einsparungen** realisieren [16]. Dies

zahlt nicht nur auf den Umwelt- und Klimaschutz ein, die Digitalisierung verbessert auch die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft. Die systemische Integration digitaler Lösungen, Technologien, Produkte und Dienstleistungen bildet die **Grundlage für GreenTech-Ökosysteme**, z.B. im Sektor Mobilität. Weitere spezifische Anwendungen liegen im Sektor Energie vor, z.B. im digitalen Energiemanagement von Gebäuden, oder durch Building Information Network, ein Vernetzungssystem für Bauprozesse mit dem Ziel, die Ressourcenproduktivität von Baustoffen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu maximieren [12], [50].

Neben neuen Geschäftsmodellen und Plattformen bilden digitale Technologien auch eine **wesentliche Grundlage für Kosteneffizienz**. Eine Herausforderung wird für die deutschen GreenTech-Anbieter darin bestehen, ihre gute Position am Weltmarkt zu halten. Um künftige Markterfolge im In- und Ausland abzusichern, benötigen deutsche Unternehmen neben innovativen Produkten vor allem eine wettbewerbsfähige Kostenstruktur [11]. Weitere entscheidende Faktoren, um sich im globalen Wettbewerb neben den ‚Digitalriesen‘ China und den USA zu behaupten, sind Talent und Know-how sowie die Fähigkeit, erfolgreiche Startups mit innovativen Geschäftsmodellen zu halten [45].

Im Bereich Produktentwicklung müssen die Entwicklungskosten, das Produktdesign und die Herstell- und Materialkosten laufend optimiert werden. Gleichzeitig müssen die Prozesskosten in Einkauf, Logistik, Vertrieb und Energieversorgung reduziert werden. Deshalb zählen Digitalisierung, Prozesseffizienz und strikte Wertorientierung zu den drängendsten Herausforderungen der Branche, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben [11], [21].

2.4.5

Politische Maßnahmen

Nationale und europäische politische Initiativen, aber auch die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeitsaspekten für Investoren spielen der GreenTech-Branche in die Hände. So hat der **Green Deal der EU-Kommission** einen positiven bis stark positiven Effekt auf die weitere Unternehmensentwicklung [11], [51]. Der Einfluss von **Standardisierungen und Zertifizierungen** wird ähnlich positiv eingeschätzt. **Sustainable Finance**, also die Berücksichtigung von Umweltaspekten bei Entscheidungen von Finanzakteuren, wird in der Branche als förderlich angesehen. Das durch den European Green Deal reformierte Europäische Emissionshandelsystem (ETS) und die CO₂-Bepreisung sind Studien zufolge dagegen bislang von eher untergeordneter Bedeutung [11], [12]. Ursache für die mangelnden Effekte dieser Maßnahmen sind insbesondere die zu geringe CO₂-Bepreisung, der nicht funktionierende Emissionshandel und die nicht verpflichtende, allumfassende Teilnahme [52].

Treibende Faktoren können die Voraussetzungen dafür schaffen, dass Lösungen schneller und in größerem Umfang vorankommen. Einige Faktoren, wie z.B. die Veränderung der politischen Rahmenbedingungen und die Verlagerung von Kapital, liegen näher und haben direkten Auswirkungen

[49]. Andere Faktoren, wie z.B. die Weiterentwicklung kultureller Konsummuster und der Aufbau politischer Macht, liegen weiter entfernt und haben eine indirekte Wirkung. Einige Faktoren sind in hohem Maße von sozialen und politischen Kontexten abhängig und wirken auf verschiedenen Ebenen, von Einzelpersonen über größere Gruppen bis hin zu ganzen Nationen [41].

Politische Macht ist eine Voraussetzung für die Schaffung von Veränderungen. In der Vergangenheit wurde zu viel Macht gegen den Klimaschutz eingesetzt; zu wenig wurde zusammengetragen, um Lösungen voranzutreiben. **Politische Ziele** bestimmen die Richtung. Was wollen wir erreichen, und warum? In Bezug auf das Klima, aber auch allgemeiner, können Ziele spezifisch und numerisch sein (z.B. „kohlenstoffneutral bis 2050“), oder sie können übergeordnete, systemische Bestrebungen sein (z.B. „eine klimagerechte Zukunft“) [41]. Manchmal kann ein neues Ziel die Richtung, in die wir uns bewegen, dramatisch verändern – und damit auch die Lösungen und Ansätze, die wir ins Spiel bringen [49].

Regeln schaffen Grenzen und geben an, was wünschenswert ist und gefördert wird, oder was unerwünscht ist und sanktioniert wird. Gesetze, Vorschriften, Normen, Steuern, Subventionen und Anreize sind Mittel, um den Stand der Dinge in Sachen Klima zu verändern, aber sie hängen davon ab, wer die Regeln schreibt. Politische Veränderungen können Lösungen vorantreiben und gleichzeitig die Ursachen des Problems stoppen [41], [51].

In unserem Wirtschaftssystem ist Geld der notwendige Treibstoff für Veränderungen. **Öffentliche und private Investitionen** und philanthropische Spenden können Klimalösungen und Bemühungen, diese voranzutreiben, anregen und unterstützen. Desinvestitionen sind ebenfalls sehr wirkungsvoll, da sie das Kapital von den Verursachern des Problems abziehen und so deren Handeln einschränken [41]. Um die Emissionsquellen zu stoppen, muss sich die **Technologie** weiterentwickeln. „Jetzt ist besser als neu“, wenn es um Klimalösungen geht, aber durch Innovation, Forschung und Entwicklung kann die Technologie weiter verbessert werden und zu den vorhandenen Lösungen beitragen. Dies ist besonders wichtig für die schwierigsten Sektoren wie die Schwerindustrie und den Luftverkehr.

Um die SDGs und eine grüne, nachhaltige Entwicklung zu erreichen, haben viele Länder spezielle Programme und Subventionsregelungen eingeführt. So hat die chinesische Regierung beispielsweise eine große Anzahl von F&E-Anreizen bereitgestellt, um grüne Energie zu fördern und grüne Innovationen, neue Öko-Technologien, Umweltschutz und die Optimierung der Industriestruktur intensiv zu unterstützen [45]. Die meisten Unternehmen benötigen **externe Unterstützung und Anreize**, um soziale und ökologische Aktivitäten zu subventionieren.

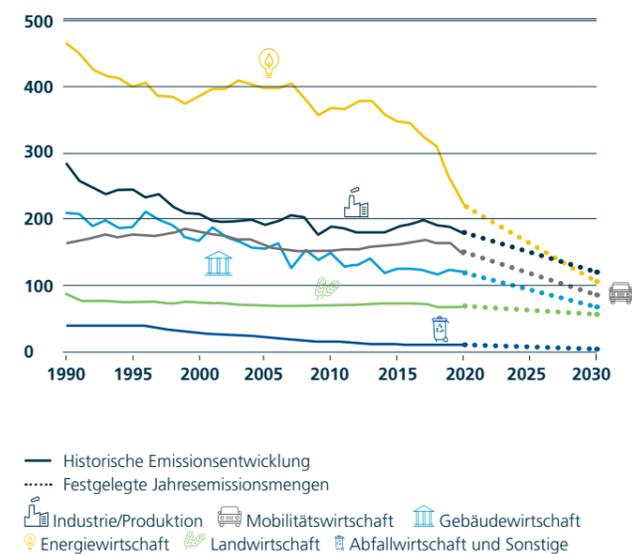
Die Politik bietet den Unternehmen Anreize für die **Umstellung von Verfahren mit hohem Schadstoffausstoß und hohem Energieverbrauch auf grüne Aktivitäten** und nachhaltige Praktiken. Regierungen und öffentliche

Einrichtungen in Schwellenländern bevorzugen Investitionen in den Industriesektor, um grüne Innovationen und umweltfreundliche Aktivitäten zu gestalten. Regulatorischer Druck und staatliche Eingriffe beeinflussen grüne Aktivitäten und grüne Innovationen in Unternehmen erheblich. Regierungen stellen Mittel und unterstützende Materialien zur Verfügung, um grüne Praktiken und grüne Innovationen im Unternehmenssektor zu fördern und zu verbessern [41], [45].

2.4.6

Sektorale Maßnahmen

Neben allgemeinen Maßnahmen zur Förderung der Wachstumseffekte von GreenTech bietet sich ein Blick in einzelne Sektoren an. Analog zum Referenzmodell werden dabei die Sektoren Industrie, Mobilität, Gebäudewirtschaft, Energiewirtschaft und Landwirtschaft getrennt betrachtet.

Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente

Eine Übersicht mit detaillierten Werten je Sektor und Jahr befindet sich im Datenanhang. Quelle UBA (2021a), Bundesregierung (2021)

Abb. 6: Entwicklung der Treibhausgasemissionen und beschlossene zulässige Jahresemissionsmengen nach Sektoren bis 2030 [8]

Im Klimaschutzgesetz sind ab dem Jahr 2020 jährliche Minderungsziele durch die Vorgabe von Jahresemissionsmengen für die Sektoren festgelegt. Die Emissionen der Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft und Abfall- und Kreislaufwirtschaft lagen im Rahmen der zulässigen Jahresemissionsmengen für das Jahr 2020. Insbesondere die Energiewirtschaft blieb deutlich – um knapp 60 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente – unter der für den Sektor zulässigen Jahresemissionsmenge. Um 2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente überschritten wurde der Zielwert dagegen im Gebäudebereich [8]. Die Vorgaben des neuen Klimaschutzgesetzes definieren in den nächsten Jahren eine deutliche Absenkung der CO₂-Emissionen.

Bis zum Jahr 2045 wird über alle Sektoren hinweg Treibhausgasneutralität als strategisches Ziel gesetzt (vgl. Abbildung 7).

Industrie

Ein Ansatz zur Förderung von GreenTech bezieht sich auf **Klimaschutzverträge für Produkte und Energieträger** (CCfD = Carbon Contracts for Difference). Klimaschutzverträge gleichen die Mehrkosten treibhausgasneutraler Technologien im Vergleich zu fossilen Referenztechnologien aus. In Studien wird eine Ausrichtung von **CCfDs auf Produkte in der Entwicklungs- und Wachstumsphase sowie für regenerative Energieträger** thematisiert [39]. Bei Produkt-CCfDs wird die Kostendifferenz im Endprodukt inklusive spezifischer Investitionskosten betrachtet und ausgeglichen (relevant z.B. für die Stahl-, Grundstoffchemie-, Zement- und Kalkindustrie bei der Einführung von Prozesstechnologien). Bei Energieträger-CCfDs wird die durch den Einsatz regenerativer Energieträger entstehende Kostendifferenz ausgeglichen.

Je nach Industriezweig müssen bestehende fossile Anlagen zur Wärmeerzeugung durch **Power-to-Heat-, Biomasse- und Wasserstofftechnologien** bis 2045 ersetzt werden. Die dafür erforderlichen Investitionsanreize können durch Förderprogramme oder Sonderabschreibungen stimuliert werden. Hinzu kommen Investitionen für **Pilotanlagen im Bereich neuer Produktionsprozesse** (Smart Factory, Digital Twins usw.). In Studien werden Förderprogramme für entsprechende Investitionen in Höhe von 40 % des Investitionswertes thematisiert [39].

Weitere Maßnahmen in der Industrie beziehen sich auf die **Definition und Förderung von Effizienzstandards**. Dabei handelt es sich um Standards für die effiziente Kombination von Querschnittstechnologien. Die Definition von Standards sollte sich an bereits bestehenden Ökodesign-Richtlinien orientieren. Darüber hinaus sind Förderprogramme für Effizienzsteigerungen so anzupassen, dass sich hocheffiziente Technologien mit beschleunigten Abschreibungen realisieren lassen. Darüber hinaus geht es um die **Förderung „grüner Leitmärkte“**. Zur Schaffung sicherer Absatzmärkte für nachhaltig hergestellte Endprodukte und grüne Grundstoffe (vor allem in Zement und Stahl) können Endproduzenten in ausgewählten Industrie-sektoren dazu verpflichtet werden, Grundstoffe aus grüner Produktion zu beziehen. Dies kann mit einer Absatzregulierung innerhalb der EU verbunden werden. Damit lassen sich in der EU nur Endprodukte mit Grundstoffen aus grüner Produktion verkaufen [39], [53].

Weitere Ansätze zu Förderung von GreenTech in der Industrie liegen beispielsweise in der **Definition grüner Grundstoffe, der allgemeinen Innovations- und Forschungsförderung, der Reform von Baunormen, höheren Recycling- und Rezyklateinsatzquoten bei Kunststoffen sowie einer Erhöhung wiederverwertbarer Materialmengen**. Dabei sind bei der Einleitung

entsprechender Maßnahmen Optionen für den Ausgleich besonders betroffener Industriezweige mitzuführen. **Ge-eignete Ausgleichsinstrumente** liegen beispielsweise in der Fortführung der bestehenden Strompreis-Ausnahmetatbestände und der Strompreiskompensation, staatlichen Übertragungsnetzzuschüssen, Härtefallfonds (Begrenzung der Mehrbelastungen auf einen noch zu definierenden Anteil der Bruttowertschöpfung), dem Entfall der EEG-Umlage in Abhängigkeit der CO₂-Preise sowie der Ausweitung des „New ETS“ auf BEHG-Industrien zur Vermeidung in-nereuropäischer Wettbewerbsverzerrungen [39], [49]. Ein wirkungsvolles Instrument zur Erzielung von mehr Nachhaltigkeit im Industriesektor liegt in der Einführung **digitaler Produktpässe**. Diese dokumentieren unter anderem entsprechende Materialien und sorgen somit für mehr Transparenz. Ein weiterer Vorteil ist, dass recyclingfähige Materialien zu einem späteren Zeitpunkt im Produktlebenszyklus leichter identifiziert werden können.

Mobilität

Der Sektor Mobilität ist durch unterschiedliche Entwicklungen gekennzeichnet. Dies umfasst beispielsweise die **Umstellung von Antriebstechnologien auf Elektromobilität, Car-Sharing, autonomes Fahren und neue Mobilitätsdienste**. Diese Transformation hat analoge Effekte für den Klimawandel und ist mit umfangreichen Investitionen verbunden. Wesentliche Investitionen beziehen sich auf den **Aufbau der Lade- und H2-Infrastruktur**, die **Umstellung im Pkw- und Lkw-Segment auf alternative Antriebe** und den **Aufbau von PtX** (Power to X)-Anlagen im Ausland [39].

Darüber hinaus lassen sich übergreifende Instrumente zur CO₂-Reduktion nutzen, z.B. durch die **Bepreisung fossiler Brennstoffe** über ETS und BEHG beziehungsweise eine Stützung des „New ETS“-Preises über die Energiesteuer. Darüber hinaus weisen Studien auf einen Bedarf zur **Harmonisierung der Energiebesteuerung** hin. Dabei ist grüner Wasserstoff und grüner synthetischer Kraftstoff wie Strom zu besteuern. Die Besteuerung von Biokraftstoffen orientiert sich am Nachhaltigkeitsgrad. Die unterschiedliche steuerliche Behandlung von Benzin- und Dieselmotoren sollte aufgehoben werden [52].

Die entsprechenden Kerninstrumente beziehen sich auf eine Förderung der Lade- und H2-Infrastruktur zur Schaffung eines **möglichst frühzeitigen und großflächigen Ausbaus von Lade- und H2-Infrastruktur**. Zur Überbrückung nicht wirtschaftlicher Betriebsphasen sollte eine entsprechende Investitionsförderung geschaffen werden. Diese beläuft sich auf etwa 4 Mrd. Euro Förderbedarf im Jahr 2025 und etwa 2 Mrd. Euro im Jahr 2030 [39].

Daneben sind **Kaufanreize für Batterie- und H2-Pkw** wesentlich. Kaufanreize zur teilweisen Überwindung des Anschaffungskostennachteils von Pkw mit alternativen Antrieben sollten über 2025 hinaus verlängert, jedoch sukzessive reduziert werden. Die Kaufprämie beläuft sich auf rund 12 Mrd. Euro Fördervolumen im Jahr 2025 und zwischen 2 und

Klimaschutzgesetz erfordert Treibhausgasneutralität bis 2045

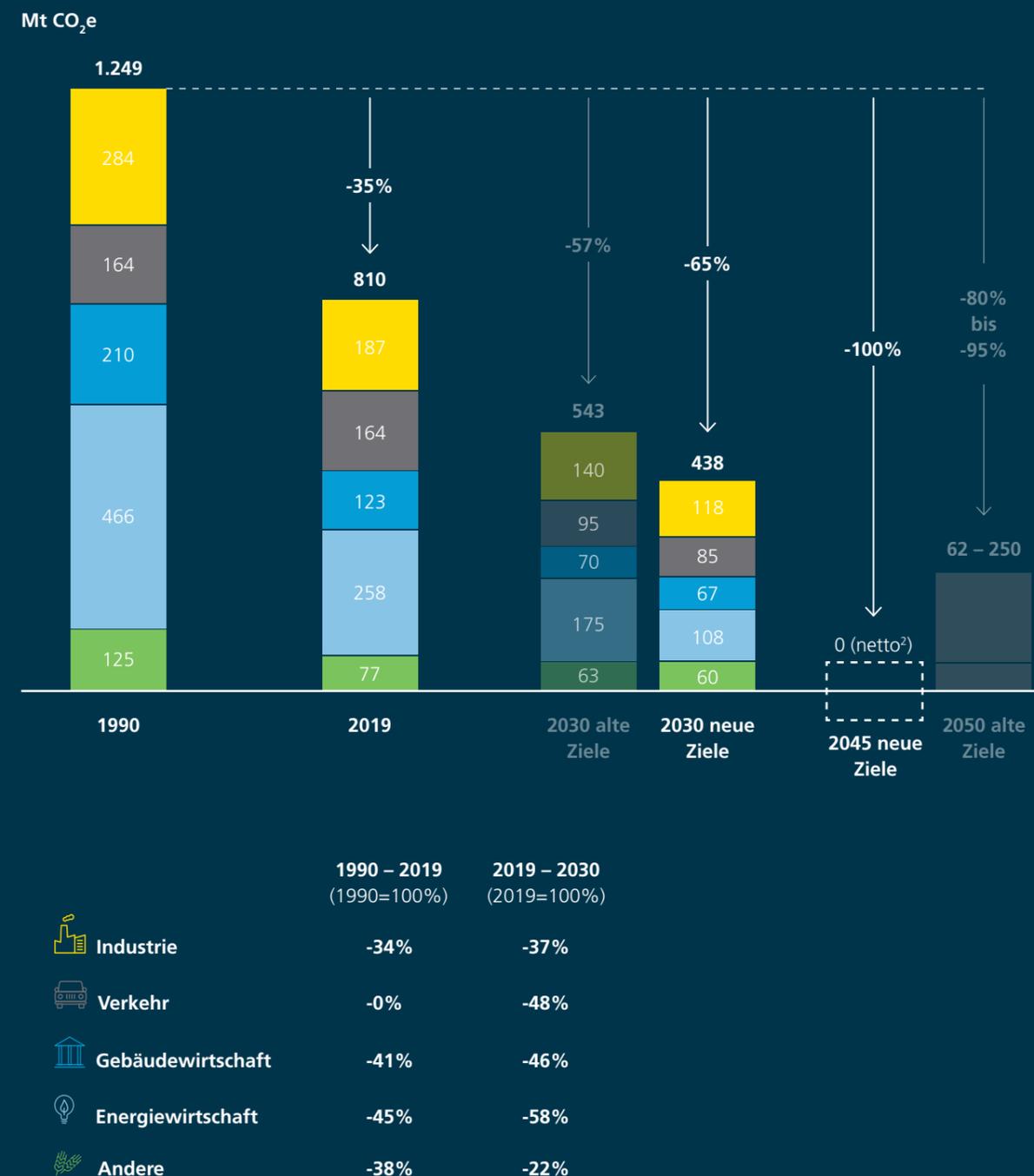


Abb. 7: Klimaschutzgesetz erfordert Treibhausgasneutralität bis 2045 [39]

3 Mrd. Euro im Jahr 2030. Die Ermäßigungen der Kfz-Steuer und Dienstwagensteuer sollten beibehalten werden [39].

Studien fordern darüber hinaus eine **Verlängerung der beschlossenen Mautbefreiung** für elektrische und brennstoffzellenbetriebene Lkw. Die Maut sollte grundsätzlich am CO₂-Ausstoß des Antriebs in Antizipation der Revision der Eurovignetten-Richtlinie ausgerichtet werden. Längerfristig sollten graduell die Mautvorteile entsprechend Markthochlauf und Vollkostenentwicklung alternativer Lkw zurückgenommen werden [39].

In Studien wird darüber hinaus eine **progressive PtX-Quote** für Inverkehrbringer von Kraftstoffen mit einem Zielwert von 10 % im Jahr 2030 (national) gefordert. Der PtX-Markthochlauf sollte durch einen Doppelauktionsmechanismus, der über einen öffentlichen Intermediär Abnahmeverträge mit PtX-Herstellern und Wiederverkaufsverträge mit Abnehmern schließt, unterstützt werden. Ein Kostenrisiko der öffentlichen Hand ließe sich zum Beispiel über eine Umlage auf Kraftstoffkunden vermeiden [39].

Weitere Ansätze zur Förderung von GreenTech beziehen sich auf **Informationskampagnen** zu Förderungen und Vorteilen alternativer Antriebe, **bauliche Standards** für Elektromobilität, ein **digitales Melderegister** für Ladestationen, die **Ausgestaltung der Kfz-Steuer** für Nutzfahrzeuge als Anreiz für den Wechsel auf alternative Antriebe, die **Definition von PtX-Nachhaltigkeitsstandards, Partnerschaften** mit PtL-Exportländern, die Beschleunigung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen, den **Ausbau von Oberleitungsinfrastruktur** im Rahmen des Gesamtkonzepts „Klimafreundliche Nutzfahrzeuge“ sowie die **Forschungsförderung Luftfahrt** [39].

Gebäudewirtschaft

Die Gebäudewirtschaft lässt sich im Sinne von GreenTech v.a. über **Standards im Bereich der Energiebedarfs- und Infrastrukturplanung** transformieren. Auf Basis der Meta-Analysevorhandener Studien wird der **Ausweiseiner gebäudespezifischen Primärenergiebedarfsplanung** gefordert [39]. Raumwärme- und Warmwasserbedarfsziele sind zu benennen, verbunden mit einer gestuften Verpflichtung zur Erstellung von Sanierungsfahrplänen zwischen 2023 und 2028 (beginnend mit den sanierungsbedürftigsten Gebäuden). Parallel fordern Studien im Rahmen einer Innovationsklausel eine regelmäßige **Überprüfung der CO₂e-Sektorziele** und bei Zielverfehlung als letztes Mittel eine angekündigte, gestufte Pflicht zur Erfüllung der Primärenergiebedarfsziele innerhalb von zehn Jahren. Dies kann mit zusätzlichen Förderangeboten gekoppelt werden [39].

Zur Optimierung der Infrastrukturplanung in Kommunen wird eine systemische und volkswirtschaftlich effizient dimensionierte **Planung von Wärme- und Netzinfrastrukturen** gefordert. Diese sollte auf einer Bedarfserhebung in kreisfreien Städten und Landkreisen mit gebäudespezifischer Festlegung von Energieträgern aufsetzen. Die von den Kommunen verpflichtend zu erstellende Infrastrukturplanung kann

schrittweise erfolgen, wobei urbane Gebiete zu priorisieren sind. Im Rahmen einer Innovationsklausel sollten regelmäßig die CO₂e-Sektorziele überprüft und bei Zielverfehlung als letztes Mittel mögliche anlassbezogene (zum Beispiel bei Ersatz eines Gaskessels) Vorgaben zur wärmeplanungskonformen Beheizung gemacht werden [39].

In Studien wird darüber hinaus angeregt, die **Förderprogramme schnellere, umfassendere Sanierung und einen Energieträgerwechsel** zu kombinieren. Dies umfasst auch einen **Kombibonus** für mehrere Sanierungsmaßnahmen sowie eine **Sprinterprämie** für den Energieträgerwechsel bis 2030. Die Förderung von Energielösungen (zum Beispiel Wasserstoffkessel) sollte an die in den kommunalen Infrastrukturplänen abgebildeten Verfügbarkeiten beziehungsweise den nachweislich lokal vollständig treibhausgasneutralen Betrieb ab Inbetriebnahme gebunden sein [39].

Weitere Maßnahmen beziehen sich auf das **Erneuerbare-Energien-Gebot** im Neubau. Ab spätestens 2025 sollten in Neubauten nur noch lokal vollständig treibhausgasneutrale Wärmelösungen zum Einbau zugelassen werden (Wärmepumpen und Fernwärme; bei Öl- und Gaskesseln ausschließlich treibhausgas-neutrale Brennstoffe ab Inbetriebnahme) [39]. Darüber hinaus gehende Ansätze zur Förderung von GreenTech beziehen sich auf die **Fachkräfteförderung** in den Bereichen Gutachter, Planer und Handwerker, eine **Innovationsförderung** bei der seriellen Sanierung, Informationskampagnen zur energetischen Sanierung sowie die **BEHG-Umlagefähigkeit** auf den Mieter in Abhängigkeit des energetischen Gebäudezustands, die **Definition von Standards zur Gewährleistung der Wiederverwendbarkeit** und Ressourceneffizienz von Baumaterialien, die Formulierung von **Standards und Qualitätskriterien zur Gebäudeautomation** (zum Beispiel Interoperabilität, technische Flexibilität), die Reform der **Wärmelieferverordnung** sowie die Berücksichtigung steigender CO₂-Preise für fossile Lösungen [39].

Energiewirtschaft

Die Energiewirtschaft ist aufgrund der besonderen Bedeutung des Energiewandels besonders gefordert. Ein wesentlicher Ansatz bezieht sich auf den **Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten**. Um bei gleichzeitiger Energiewende die steigende Nachfrage nach erneuerbarem Strom sicherzustellen, ist mehr als eine Verdoppelung der aktuellen erneuerbaren Erzeugungslleistung bis 2030 notwendig. Der Zielpfad sieht 140 GW Photovoltaik, 98 GW Wind an Land sowie 28 GW Wind auf See vor, um einen Anstieg der Nettostromnachfrage auf 722 TWh unter Einhaltung des Emissionsbudgets zu bedienen (2019: 507 TWh) [39].

Darüber hinaus ist ein **Netzausbau auf allen Spannungsebenen** erforderlich. Für die Integration von erneuerbaren Energien (insbesondere Wind auf See), die Anbindung großer neuer Verbraucher (zum Beispiel Elektrolyseure, Power-to-Heat in der Industrie, Elektromobilität) sowie einen möglichst engpassfreien Stromtransport bedarf es eines enormen Netzausbaus. Hierbei muss das **ambitio-**

nierte Szenario des aktuellen Netzentwicklungsplans bis 2035 übertroffen und bereits 2030 beschleunigt werden. Gleichzeitig müssen die Verteilnetze erheblich ausgebaut und digitalisiert sowie Verbraucher im Rahmen technisch-wirtschaftlicher Grenzen flexibilisiert werden, damit Stromverbraucher wie Batteriefahrzeuge oder Wärmepumpen Preissignale für einen stromsystemdienlichen flexiblen Betrieb erhalten [39].

Schließlich ist der **Ausbau thermischer Leistung zur Gewährleistung von Versorgungssicherheit** maßgeblich. Zur Erreichung des Klimaschutzziels bei antizipierten Stromverbräuchen wird die Kohleverstromung bis 2030 auslaufen. Damit diese Kapazitäten vom Netz gehen können, müssten zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit (insbesondere in wind- und sonnenarmen Zeiten) bis 2030 über 40 GW Gaskraftwerke zugebaut werden – ansonsten wird Kohlekraftwerksleistung weiterhin benötigt. Dies entspricht dem **ambitioniertesten Zubau thermischer Leistung**, der jemals über einen solchen Zeitraum in Deutschland stattgefunden hat [39].

Parallele Maßnahmen beziehen sich auf den Aufbau von **Wasserstoff- und CO₂-Transportinfrastrukturen**. Damit in allen Sektoren Wasserstoff als neuer klimafreundlicher Energieträger zum Einsatz kommen kann, ist der Aufbau einer eigenen Wasserstoffinfrastruktur nötig, die zentrale Produktion an der Küste und später Importe vor allem aus dem Süden mit großen Nachfragern verbindet (insbesondere Stahl, Grundstoffchemie, später Energie). Auch für den erforderlichen Einsatz von Carbon-Capture and Storage (unvermeidliche Prozessemissionen, negative Emissionen) bedarf es eines CO₂-Leitungsauf- und -umbaus in Deutschland [39].

Als übergreifende CO₂-Instrumente sind die **Bepreisung fossiler Brennstoffe über ETS und BEHG** und die **Stützung des „New ETS“-Preises über die Energiesteuer** relevant. Um einen schnelleren Zubau erneuerbarer Stromerzeugungskapazität anzureizen, sollten Auktionsvolumina und Vergütung für erneuerbare Energien angepasst werden. Bundesweit verpflichtende Flächenquoten und zweiseitige Differenzverträge für Wind und Photovoltaik sowie eine deutlich beschleunigte Planungs-, Genehmigungs- und Einsprachspraxis sollten die Erreichung der Ausbauziele sichern [27], [39].

Digitale Technologien sind weiterhin bei der **Flexibilisierung des Stromverbrauchs** relevant. Stromverteilnetze, Verbraucher und Einspeiser müssen erheblich in Digitalisierung und Flexibilisierung investieren, wofür eine entsprechende Anreizregulierung geschaffen werden sollte. Auch die Einführung von Anreizen für Kunden wie Matching-Algorithmen kann zu systemdienlicherem Verbrauch führen.

Weitere mögliche Ansätze im Energiesektor beziehen sich auf die **soziale Flankierung des früheren Auslaufens der Kohleverstromung**, eine Erhöhung der Attraktivität von **Aufdach-Photovoltaik**, **„H2-ready“-Standards** für neue Gaskraftwerke, eine Erhöhung der Attraktivität des

Handels mit erneuerbarem Strom, den koordinierten **Aufbau von Elektrolyseuren**, die Einführung eines „Zielnetzes“ im Netzentwicklungsplan, **Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz der Energiewende**, die Integration von **Dekarbonisierungsanreizen** im KWKG, den Ausbau/Bundesförderung **effiziente Wärmenetze** sowie die **Optimierung der kommunalen Wärmeplanung** [39].

2.4.7 Internationale Zusammenarbeit

Eine Förderung der mit GreenTech verbundenen Wachstumseffekte ist aus Sicht des Standorts Deutschland relevant, jedoch sind nationale Sonderprogramme in die allgemeine Ausrichtung der EU einzubinden. Der „European Green Deal“ bildet dafür eine gute Grundlage. Ergebnisse vorhandener Studien weisen darauf hin, dass das **Wachstum grüner Technologien besonders stark von internationaler Kooperation profitiert** [54], [55]. Dabei kann in empirischen Studien ein klarer Zusammenhang zwischen dem Ausbau der internationalen Zusammenarbeit bei der Entwicklung grüner Technologien und dem Rückgang von CO₂e konstatiert werden. Dieser Befund deutet darauf hin, dass Maßnahmen aus Politik und Industrie zur Ausweitung internationaler Kooperationen in Forschung und Entwicklung zu einem Rückgang von CO₂e führen. Beispielsweise hat die USA entsprechende Aktivitäten zwischen 1990 und 2018 erheblich ausgeweitet und sich dabei vor allem auf die internationale Entwicklung grüner Technologien konzentriert [54].

2.4.8 Gesellschaftlicher und kultureller Wandel

Die Entwicklung grüner Technologien ist in einen **gesellschaftlichen und kulturellen Rahmen** eingebunden. Dieser drückt sich u. a. in **etablierten Produktions- und Konsummustern** sowie in der grundsätzlichen Wertigkeit von Fragen der Nachhaltigkeit aus. Daher ist die **Kultur ein entscheidender Faktor** für Klimalösungen und -maßnahmen. Kulturelle Muster schränken ein, was richtig oder falsch ist und geben damit auch an, was möglich oder unmöglich ist. Die an der Klimatransformation beteiligten Akteure müssen den Kulturwandel im Blick behalten, wenn sich die Gesellschaft als Ganzes in Richtung Nachhaltigkeit orientieren soll [41].

Visionen, Geschichten, Kunst und Dialog sind einige der Mittel zur (Um-)Gestaltung der Kultur und der kollektiven Überzeugungen darüber, wie die Welt funktioniert oder funktionieren kann. Dabei drückt sich Kulturwandel auch immer in Verhaltensänderungen aus. Von Einzelpersonen bis hin zu Unternehmen und darüber hinaus ist das Verhalten das, was getan wird und wie es getan wird. Alle Klimalösungen haben eine Verhaltensdimension und einige hängen fast vollständig von menschlichen Gewohnheiten ab. Wissen, Normen, Kriterien und Motivationen können das Verhalten verändern und neue Arbeitsweisen schaffen. Wenn sich Verhaltensänderungen summieren, kann dies die Ergebnisse erheblich verändern [41].



Evaluation der politischen Agenda

- 3.1 Globale und europäische Initiativen
- 3.2 Die politische Agenda der neuen Bundesregierung
- 3.3 Evaluation im Kontext des GreenTech Referenzmodells

Für die Evaluation der politischen Agenda in Bezug auf GreenTech lassen sich der **Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung** sowie entsprechende Gesetzgebungsverfahren und die weitere politische Umsetzung heranziehen. Darüber hinaus sind europäische und globale Initiativen, wie z. B. das **Klimaabkommen von Paris**, der **European Green Deal** oder die jüngste **Klimakonferenz in Glasgow** (COP26) maßgeblich.

3.1

Globale und europäische Initiativen

Das **Abkommen von Paris** ist ein völkerrechtlicher Vertrag, der am 12. Dezember 2015 auf der **UN-Klimakonferenz in Paris** (COP21) anlässlich der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen mit dem Ziel des Klimaschutzes in Nachfolge des Kyoto-Protokolls von 197 Vertragsparteien geschlossen wurde. Mittlerweile haben 180 Staaten das Abkommen ratifiziert, darunter die weltweit größten CO₂-Emitenten China, USA und Indien, aber auch die Europäische Union und Deutschland. Das gemeinsame Ziel des Abkommens umfasst eine Begrenzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau sowie Anstrengungen, um den Temperaturanstieg auf 1,5 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Das vorindustrielle Niveau ist als Mittelwert der Jahre 1850 bis 1900 definiert. Dadurch sollen die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels deutlich reduziert werden. Darüber hinaus wird eine Erhöhung der Fähigkeit angestrebt, sich an die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels anzupassen.

Die **26. Weltklimakonferenz** (COP26) in Glasgow fasste weitreichende Beschlüsse für den internationalen Klimaschutz. Die Staatengemeinschaft hielt erstmalig fest, dass die Energiegewinnung durch das Verbrennen von Kohle schrittweise abgebaut werden soll. Außerdem sollen ineffiziente Subventionen für Öl, Gas und Kohle der Vergangenheit angehören. Die Vertragsstaaten hoben hervor, dass es noch mehr nationale Bemühungen in diesem Jahrzehnt geben muss, um die Erderwärmung auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Die Abschlusserklärung von Glasgow fordert deshalb die Staaten auf, schon 2022 ihre Klimaziele bis 2030 zu verbessern. Künftig soll zudem nicht nur alle fünf Jahre, sondern jährlich weltweit überprüft werden, wie groß die Lücke zum 1,5-Grad-Ziel noch ist. Die Europäische Union hat strengere Klimaschutzziele bereits gesetzlich verankert. Deutschland will schon 2045 klimaneutral werden und bis 2030 den Treibhausgasausstoß um mindestens 65 % senken.

Der **European Green Deal** (Europäischer Grüner Deal) ist ein von der Europäischen Kommission am 11. Dezember 2019 vorgestelltes Konzept mit dem Ziel, bis 2050 in der Europäischen Union die Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null zu reduzieren und somit als erster „Kontinent“ klimaneutral zu werden. Der Green Deal soll zentraler Bestandteil der Klimapolitik der Europäischen Union werden

und umfasst eine Reihe von Maßnahmen in den Bereichen Finanzmarktregulierung (Sustainable Finance), Energieversorgung, Verkehr, Handel, Industrie sowie Land- und Forstwirtschaft. So soll das bisherige Ziel, die CO₂-Emissionen der Europäischen Union im Vergleich zu 1990 bis 2030 um 40 % zu reduzieren, auf eine Reduktion um 50 bis 55 % verschärft werden. Hierzu sollen die EU-Mitgliedsstaaten bis 2023 ihre Klimapläne entsprechend anpassen. Ein entsprechendes Gesetz (**Europäisches Klimagesetz**) stellte die EU-Kommission am 4. März 2020 vor. Weiterhin sollen besonders betroffene Länder mit insgesamt 100 Milliarden Euro bei der Umstellung auf eine emissionsfreie Wirtschaft unterstützt werden. Auch der zweite Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft wurde im März 2020 präsentiert.

3.2

Die politische Agenda der neuen Bundesregierung

Der **Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung** wurde im November 2021 vorgestellt und bezieht sich in vielen Bereichen auf die genannten europäischen und globalen Initiativen. Dabei beinhaltet der Koalitionsvertrag eine große Bandbreite an Zielsetzungen und Maßnahmen, die mit dem GreenTech-Referenzmodell kompatibel sind. Viele Ziele und Maßnahmen sind nur grob skizziert. Über eine Fortführung der politischen Umsetzung sind weitere Konkretisierungen zu erwarten. Darüber hinaus setzt der Koalitionsvertrag Schwerpunkte. Bestimmte Stoßrichtungen und Technologien werden deutlich fokussiert, einige Ansätze überhaupt nicht behandelt. Der Zusammenhang von Technologie und Klimatransformation wird so gut wie gar nicht beleuchtet und findet sich nur in einigen Nebensätzen. Allgemein lässt sich entlang des GreenTech-Referenzmodells der folgende Befund festhalten.

Konzeptebene

Der Begriff GreenTech wird innerhalb des Koalitionsvertrags nicht verwendet. Überhaupt wird der **Zusammenhang zwischen Klimawandel und Technologie** nur an zwei Textstellen thematisiert. So werden beispielsweise Digital Twins und weitere Technologien als Schlüsselfaktor einer wettbewerbsfähigen und klimaneutralen Industrie charakterisiert. Dennoch fällt die Betonung der Bedeutung von Technologie und der Hinweis auf die Integration von Klimatransformation und digitaler Transformation überraschend schwach aus.

Bedeutung digitaler Technologien

Unabhängig von der Klimadiskussion wird die Bedeutung digitaler Technologien an unterschiedlichen Stellen des Koalitionsvertrags unterstrichen. Dies trifft bereits auf die Präambel zu („Wir wollen das Potenzial der Digitalisierung besser nutzen“). Insgesamt finden sich dann in zwölf Textstellen **konkrete Bezugnahmen zu Zielen und Maßnahmen** im Kontext der digitalen Transformation. Dies umfasst

zunächst allgemeine Textstellen zur Bedeutung der Digitalisierung und der Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Die Bundesregierung fordert in drei Textstellen eine **Bündelung der Kompetenzen der Bundesregierung im Bereich der Digitalisierung**, eine **agile Verwaltung** sowie die **Förderung digitaler Innovationen**. Digitale Technologien werden an drei weiteren Textstellen als Mittel zur Vereinfachung von Planungs- und Genehmigungsprozessen betont. Schwerpunkte werden auf die Umsetzung des Online-Zugangsgesetzes, die Vereinfachung IT-basierter Verfahren, Identitätsmanagement, eine **Open-Source-Cloud** in der öffentlichen Verwaltung sowie auf die **Stärkung digitaler Bürgerrechte** und die IT-Sicherheit gelegt.

An zwei weiteren Textstellen werden Fragen der digitalen Infrastruktur thematisiert. Dies betrifft zum einen den **Ausbau der Versorgung mit Glasfaser und Mobilfunkstandards**. Darüber hinaus soll der **Aufbau einer Dateninfrastruktur** erfolgen, die eine Integration von Daten ermöglicht, hohe Standards im Bereich Datensicherheit setzt und Daten in Form von **Open Data** zur Verfügung stellt.

Deutschland soll als Technologiestandort erhalten und ausgebaut werden. Entsprechende Ziele und Maßnahmen finden sich an zwei weiteren Textstellen. Dies adressiert beispielsweise die **Förderung von IT-Schlüsseltechnologien** wie Künstliche Intelligenz, Quantencomputing, Cybersicherheit, Distributed Ledger Technologies, Robotik sowie insgesamt die **technologische Souveränität** Deutschlands. Schließlich setzt der Koalitionsvertrag an zwei weiteren Textstellen konkrete Bezüge zu einzelnen Sektoren, nämlich bei der **Förderung von Building Information Modeling (BIM)** in der Bau- und Immobilienwirtschaft sowie bei der Digitalisierung von Schulen durch den Digitalpakt.

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden, dass die Bundesregierung dem Thema Digitalisierung im Rahmen des Koalitionsvertrags Raum gibt. Wesentliche Themen werden angesprochen. Angesichts der Bedeutung digitaler Technologien für die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft wäre jedoch auch eine stärkere Betonung und Herausarbeitung einzelnen Maßnahmen möglich gewesen. Wünschenswert sind die skizzierten Ansätze in Bezug auf eine Bündelung der Kompetenzen der Bundesregierung und der Förderung von IT-Schlüsseltechnologien. Leider wird der Zusammenhang zwischen digitaler Transformation, Klimawandel und GreenTech überhaupt nicht adressiert.

Ökologische Effekte

Eine wesentliche Motivation der Bundesregierung bezieht sich auf eine **Verstärkung von Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels**. Daher nimmt die Diskussion ökologischer Effekte im Rahmen des Koalitionsvertrags breiten Raum ein. Insgesamt werden ökologische Effekte sowie die entsprechenden Ziele und Maßnahmen in 37 Textstellen skizziert. Dies bezieht sich zunächst in sechs Textstellen auf die allgemeine Betonung der Klimakrise und die Orientierung der Arbeit der Bundesregierung an den Pariser Klimaschutzziele. Die Ziele und Maßnahmen der Politik sollen

sich gleichgewichtig an Ökologie und Ökonomie ausrichten. Darüber hinaus bekennt sich die Bundesregierung zu den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN (Sustainable Development Goals). Den größten Raum innerhalb des Teilbereichs ökologischer Effekte nimmt die **Energiewende** ein. Die Bundesregierung betont die **Notwendigkeit für den Ausbau erneuerbarer Energien**. Als wesentliche Ziele werden die Orientierung am 1,5-Grad-Pfad und die Erzielung technologieoffener Klimaneutralität der Bundesrepublik Deutschland bis 2045 genannt. Dies soll mit dem Abbau bürokratischer Hemmnisse für den Ausbau erneuerbarer Energien einhergehen. Zukünftig sollen 80 % des landesweiten Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Als Teilmaßnahmen werden u. a. der Ausbau von PV-Anlagen auf 200 GW bis zum Jahr 2030, die **Nutzung von Windenergie** auf 2 % der Landesfläche, die Förderung von Bioenergie und Geothermie sowie die **Umsetzung moderner Gaskraftwerke** genannt.

Innerhalb des Koalitionsvertrags werden dann Einzelmaßnahmen in unterschiedlichen Bereichen beschrieben und mit den skizzierten Klimazielen verbunden. Dies bezieht sich beispielsweise auf das Thema **Energieeffizienz** und die **Förderung von Effizienzmaßnahmen**. Die **Energie-netze** sollen ausgebaut werden. Dies ist für die Erzeugung und den Transport von Strom aus erneuerbaren Energien ein wesentlicher Faktor. Besondere Schwerpunkte werden beim **Ausbau elektrifizierter und digitaler Netze** gesetzt. In einigen Textstellen wird dabei auf grünen Wasserstoff Bezug genommen. Die Forschung und Umsetzung der Nutzung **grünen Wasserstoffs** soll forciert werden. Dies ist auch mit dem **Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur** für die Produktion und den Transport grünen Wasserstoffs verbunden. In diesem Sinne will die Bundesregierung die Umsetzung der IPCEI (Important Projects of Common European Interest) für grünen Wasserstoff forcieren. Ein weiterer Fokus liegt auf der Förderung von Batterietechnologien. Die Bundesregierung will dafür ein Zentrum für die Forschung, Fertigung und das Recycling von Batterietechnologien einrichten. Weitere Einzelmaßnahmen beziehen sich auf die **Förderung von Biodiversität**, die **Schaffung von Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz**, die Umsetzung von **Carbon Capture Strategien** sowie auf die **Förderung der Kreislaufwirtschaft** und die Senkung des primären Rohstoffverbrauchs.

Besondere Schwerpunkte setzt der Koalitionsvertrag schließlich bei einzelnen Sektoren. Dies bezieht sich v. a. auf die Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Mobilität. Die **Reduktion des Ressourcenverbrauchs** in der Industrie wird an drei Textstellen thematisiert. Dabei soll die **Umsetzung von Digital Twins** zur besseren Planung und Steuerung von Produktionsprozessen sowie zur Schonung von Ressourcen gefördert werden. Mit Blick auf den steigenden Bedarf nach Cloud-Infrastrukturen wird der Aufbau grüner Rechenzentren unterstützt. Allgemein fordert der Koalitionsvertrag die Nutzung von Technologien für eine wettbewerbsfähige und klimaneutrale Industrie. Dabei will sich die Bundesregierung intensiv in die Formulierung einer **Industriestrategie für den Green Deal auf EU Ebene** einsetzen. Die Umsetzung einer nachhaltigen Landwirtschaft wird ebenfalls in drei Text-

Bis
2045

will Deutschland
klimaneutral werden

stellen thematisiert. Aus Sicht der Bundesregierung sind dafür regionale Wertschöpfungsketten erforderlich. Darüber hinaus werden **Technologien zur Reduzierung von Abdrift** und zur **präzisen Ausbringung von Pflanzenschutz und Düngung** gefördert. Die **Verfügbarkeit öffentlicher Daten** für die Landwirtschaft ist dafür eine wesentliche Voraussetzung. Daher soll allgemein der Aufbau einer Dateninfrastruktur und die gemeinsame Produktion und Nutzung von Daten in der Landwirtschaft verstärkt werden.

Die größte Gewichtung innerhalb des Koalitionsvertrags nimmt der Sektor Mobilität ein. Dies ist wesentlich mit der **Transformation der Automobilindustrie** verbunden. Entsprechende Textpassagen finden sich an sieben Textstellen des Koalitionsvertrags. Gefordert werden **Konzepte für eine nachhaltige Mobilität der Zukunft sowie eine Dekarbonisierung des Mobilitätssektors**. Deutschland soll dabei als **Leitmarkt für Elektromobilität** ausgebaut werden. Dies ist mit einer erheblichen Modernisierung der allgemeinen Infrastruktur und besonders mit dem schnellen und massiven Ausbau der Ladeinfrastruktur verbunden. Mit Ausblick auf weitere disruptive Entwicklungen innerhalb der Automobilindustrie durch Sharing-Konzepte und autonomes Fahren soll Deutschland als Innovationsstandort für Mobilitätskonzepte der Zukunft positioniert werden. Weitere Schwerpunkte werden bei der **Digitalisierung des Schienennetzes**, der **Förderung digitaler Mobilitätsdienste**, **Car-Sharing** sowie bei der Gestaltung einer **Vorreiterposition für CO₂-neutrales Fliegen** gesetzt.

Als Zwischenfazit ist festzuhalten: Die neue Bundesregierung setzt einen Schwerpunkt beim Thema Klima und widmet den unterschiedlichen Zielen und Maßnahmen insgesamt 37 Textstellen im Koalitionsvertrag. Die Schwerpunkte liegen auf der Energiewende, der Förderung erneuerbarer Energien und der Transformation der Automobilindustrie. Dabei sind die einzelnen Bausteine des Koalitionsvertrags sinnvoll gesetzt. Wünschenswert wäre aus Sicht von GreenTech eine stärkere Betonung der Rolle diverser Technologien bei der Realisierung der gesetzten Ziele. Auch der Einfluss digitaler Technologien wird in einzelnen Maßnahmen adressiert, bleibt jedoch insgesamt im Umfang zu kurz.

Ökonomische und soziale Effekte

Neben den skizzierten ökologischen Effekten werden durch den Koalitionsvertrag auch die weiteren Dimensionen für Nachhaltigkeit angesprochen. Allerdings fällt die Beschreibung ökonomischer und sozialer Effekte deutlich kürzer aus. Insgesamt finden sich entsprechende Inhalte nur an sechs Textstellen.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die durch die Bundesregierung formulierte Zielsetzung, das Wirtschaftssystem zu einer **sozialökologischen Marktwirtschaft** umbauen zu wollen. Dies ist mit einem **Regelwerk für Innovationen** verbunden, um Deutschland durch verschiedene Maßnahmen auf den 1,5-Grad-Pfad zu bringen. Der Koalitionsvertrag betont auch das Ziel der **Schaffung sicherer Absatzmärkte** für energiefreundliche Produkte. Dies soll u. a. durch Min-

destquoten in der öffentlichen Beschaffung umgesetzt werden. Durch die Bundesregierung werden aus ökonomischer Sicht auch **Ausgleichsmaßnahmen** adressiert. Dies betrifft beispielsweise die Gewährleistung **wettbewerbsfähiger Strompreise** für Unternehmen. Gleichzeitig sollen alle Potenziale für den Umstieg auf erneuerbare Energien genutzt werden. In Bezug auf grünen Wasserstoff sollen **Energiepartnerschaften** zwischen unterschiedlichen Akteuren aufgebaut werden.

Insgesamt formuliert der Koalitionsvertrag das Ziel einer **Modernisierung des Industriestandorts Deutschland** durch neue Geschäftsmodelle und **klimaneutralen Wohlstand**. Dabei sollen **zukunftsfähige Arbeitsplätze** durch technologische Innovationen entstehen. Ein Ansatz, der auch im GreenTech-Referenzmodell verankert ist.

Als Zwischenfazit bleibt festzuhalten, dass die Verbindung ökologischer, ökonomischer und sozialer Ziele und Maßnahmen im Koalitionsvertrag zu kurz gerät. Das Zusammenwirken der drei Dimensionen für Nachhaltigkeit wird durch die neue Bundesregierung erkannt und in einigen Passagen aufgegriffen. Insgesamt bleiben die Aussagen zu den ökonomischen und sozialen Effekten jedoch oberflächlich. Besonders das Zusammenspiel zwischen den drei Nachhaltigkeitsdimensionen wird wenig thematisiert.

Wachstumsmodelle

Bei der Schaffung von Rahmenbedingungen für Wachstum durch GreenTech werden durch den Koalitionsvertrag unterschiedliche Ziele und Maßnahmen adressiert. Diese werden nicht direkt mit GreenTech in Verbindung gebracht. Jedoch lassen sich die Maßnahmen im Bereich der politischen Gestaltung den Inhalten des Referenzmodells zuordnen. Dabei finden sich insgesamt 65 Textstellen, die im Sinne einer politischen Flankierung des Klimawandels interpretiert werden können.

Die meisten Textstellen zu politischen Gestaltungsmaßnahmen für mehr Wachstum beziehen sich auf den **Sektor Mobilität**. Hier lassen sich insgesamt 16 Textstellen zuordnen, die v. a. den Wandel in der Automobilindustrie adressieren. Die Bundesregierung will entsprechend einen Schwerpunkt bei der Förderung des Mobilitätswandels setzen. Damit verbundene Maßnahmen werden in der **Strategieplattform „Transformation Automobilwirtschaft“** diskutiert. Der Wandel soll u. a. durch eine Forcierung der Transformation hin zu Elektromobilität umgesetzt werden. Der Koalitionsvertrag sieht in diesem Sinne eine gezielte Clusterförderung und die Weiterentwicklung europäischer Batterieprojekte vor. Dabei soll die Ansiedlung von Zellproduktionsstandorten mit Maßnahmen von der Entwicklung bis zum Recycling von Batterietechnologien erfolgen. Bis 2035 soll nur noch eine Zulassung CO₂-neutraler Fahrzeuge erfolgen. Die Einhaltung von Flottengrenzwerten bei CO₂-Emissionen wird angepasst und als Standard für alle Hersteller definiert. Eine Förderung von elektrischen Fahrzeugen ist nur bei positiven Klimaeffekten vorgesehen. Dies ist mit dem Auslauf der Förderung von Plug-In Hybriden verbunden. Für neue Fahrzeuge wird

eine **elektrische Mindestreichweite von 80 km** definiert. Darüber hinaus soll die Umsetzung einer ambitionierten Schadstoffnorm EURO7 unterstützt werden. Für den Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität gilt eine Zielsetzung von 1 Mio. öffentlichen Ladepunkten bis 2030. Dafür ist ein Abbau von bürokratischen Hemmnissen beim Aufbau der Ladeinfrastruktur erforderlich. Die neue Ladeinfrastruktur soll auch bidirektionales Laden ermöglichen und mehr Transparenz zu Preisen und Belegungsstatus liefern. Darüber hinaus wird ein flächendeckendes System an Schnell-Lade Hubs gefordert. Weitere Maßnahmen beziehen sich auf die **Umsetzung eines Mobilitätsdatengesetzes** zur freien Verfügbarkeit von Mobilitätsdaten. Damit lassen sich Daten zum Mobilitätsgeschehen wettbewerbsneutral nutzen. Schließlich plant die neue Bundesregierung die **Umsetzung eines Gesetzes zum autonomen Fahren**.

Weitere Ziele und Maßnahmen im Bereich Mobilität beziehen sich auf den **Ausbau der Verkehrsinfrastruktur mit Fokus auf die Schiene**, eine CO₂-Differenzierung bei der Lkw-Maut sowie die Einführung von CO₂-Preisen für den Güterverkehr ab 3,5 Tonnen. Das Förderprogramm für klimaneutrale Busse soll erhalten bleiben. Darüber hinaus ist der Aufbau eines Luftverkehrskonzept 2030+ zur Zukunft von Flughäfen geplant. Dies umfasst auch eine Reduzierung von Kurzstreckenflügen sowie die **Verbesserung der Schienenanbindung**. Der zweite große Schwerpunkt bei den Zielen und Maßnahmen für **mehr Wachstum im Bereich GreenTech** liegt in der Förderung von Startups. Der Koalitionsvertrag umfasst dazu 10 Textstellen. Diese beziehen sich u.a. auf die **allgemeine Verbesserung der Bedingungen für Startups** am Industriestandort Deutschland sowie auf die Stärkung der Venture-Capital-Ausstattung. Der Zugang zu Wagniskapital bildet im Koalitionsvertrag einen besonderen Schwerpunkt. Dieser soll zusätzlich durch das Gründerstipendium, den **einfachen Zugang für Startups zu öffentlichen Ausschreibungen**, die Einsetzung der KfW als Co-Wagniskapitalgeber für Schlüsseltechnologien, die Öffnung des Wagniskapitalmarkts für institutionelle Investoren sowie die Erleichterung von Börsengängen und Kapitalerhöhungen durch Dual Class Shares umgesetzt werden. Außerdem soll im Sinne einer „Allianz für Transformation“ die Akquirierung privater Kapitalquellen für Transformationsprojekte unterstützt werden. Die Bedingungen für Gründer_innen werden weiterhin durch die Förderung von Ausgründungen aus Hochschulen und Unternehmen, Gründungen aus Unternehmensnachfolgen sowie ganzheitliche Anlaufstellen für Gründungsberatung und die **Vereinfachung von Gründungen** verbessert. Außerdem will die Bundesregierung Anreize für Leitmärkte und klimaneutrale Produkte schaffen. Die Maßnahmen im Kontext von Startups werden durch die Unterstützung von klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) flankiert. Dies gilt besonders für die Stärkung von KMU bei der Anwendung digitaler Technologien und der Vereinfachung von Förderprogrammen.

Der dritte Schwerpunkt der Bundesregierung bezieht sich auf den Sektor **Energie** mit neun Textstellen. Dies ist besonders mit dem **Ausbau erneuerbarer Energien** verbunden. Der Koalitionsvertrag sieht an dieser Stelle eine Erweiterung von

Instrumenten für den **förderfreien Zubau**, die **Stärkung des dezentralen Ausbaus erneuerbarer Energien** sowie die **Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren** vor. Künftig sollen alle geeigneten Dachflächen für Solarenergie genutzt werden. Der Ausbau von PV-Anlagen und Windparks sowie die **Sicherung von Meeresflächen für Offshore-Anlagen** in der Außenwirtschaftszone wird forciert. Weitere Ziele und Maßnahmen adressieren die **Entwicklung einer Biomasse-Strategie**, die Verbesserung der Datenlage für Geothermie, die Förderung von Mieterstrom- und Quartierskonzepten sowie eine flächendeckende **kommunale Wärmeplanung**.



Aus Sicht der Primärenergieträger strebt die Bundesregierung einen **beschleunigten Ausstieg aus der Kohleverstromung** an. Dabei gilt Erdgas als Übergangstechnologie. Als Reaktion auf den Ukrainekrieg hat die Bundesregierung diese Strategie angepasst und forciert den **Import von Flüssigerdgas (LNG)** und den **Ausbau von LNG-Terminals**. Mittelfristig ist der Umstieg auf klimaneutrale Gase (H₂-ready) in Kombination mit erneuerbaren Energien geplant. Dies ist mit dem Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffwirtschaft, fairen Wettbewerbsbedingungen für den **Import von Wasserstoff** sowie der Zertifizierung von Wasserstoff und seiner Folgeprodukte verbunden. In diesem Kontext soll eine technologieoffene und ambitionierte Gestaltung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie umgesetzt werden.

Weitere Schwerpunkte setzt der Koalitionsvertrag bei der Verbesserung der Stromnetze. Dazu lassen sich insgesamt

fünf Textstellen definieren. Im Mittelpunkt der Koalitionäre steht der **Aufbau eines Klimaneutralitätsnetzes**. Dies bezieht sich auf den **Ausbau von Stromautobahnen** und die Erleichterung der Planung und Umsetzung von Strom- und Wasserstoffnetzen. Auch Aspekte der Digitalisierung sind im Koalitionsvertrag enthalten, u.a. in Bezug auf die Digitalisierung von Verteilernetzen und die **Beschleunigung beim Rollout** von intelligenten **Mess-Systemen** und **Smart Grids**. Speicher sollen als eigenständige Säule des Energiesystems rechtlich eingeordnet werden. Dabei fordert der Koalitionsvertrag auch eine stärkere **Bürgerbeteiligung beim Netzausbau**.

Neben den Stromnetzen werden durch den Koalitionsvertrag auch Strommärkte als Ganzes adressiert. Entsprechende Ziele und Maßnahmen finden sich in sechs Textstellen. Dabei soll aus Sicht der Bundesregierung ein neues Strommarktdesign erarbeitet werden. Dafür wird eine Plattform zum Thema „klimaneutrales Stromsystem“ etabliert. Nach Maßgabe der Bundesregierung müssen entsprechende Anstrengungen in den europäischen Binnenmarkt integriert werden. Leitlinien der Weiterentwicklung beziehen sich u.a. auf die **Berücksichtigung von Marktpreisen bei der KWK-Förderung**, die **Schaffung von Anreizen für eine sektorübergreifende Nutzung erneuerbarer Energien**, die Förderung dezentraler Erzeugermodelle und die Überprüfung staatlich induzierter Preisbestandteile. Darüber hinaus soll eine **Sektorkopplung bei der Preisbildung** unter der Berücksichtigung von CO₂-Preisen umgesetzt werden. Die Finanzierung der EEG-Umlage über Strompreise wird beendet. Steuerbegünstigungen für die wirtschaftliche Nutzung von Strom werden künftig entfallen.

Die Ziele und Maßnahmen rund um das Thema Strommarktdesign verdeutlichen die europäischen Ambitionen der Bundesregierung. Insgesamt finden sich im Koalitionsvertrag sechs Textstellen mit Bezug zu einer **europäischen Abstimmung** in Energiefragen. Dies bezieht sich etwa auf die **Angleichung europäischer Standards** und die Gründung eines internationalen Klimaclubs. Dabei soll ein einheitlicher CO₂-Mindestpreis und ein gemeinsamer Ansatz für einen CO₂-Grenzausgleich gefunden werden. Dies drückt sich auch durch eine Mitwirkung am EU-Programm „Fit for 55“ aus. Bei der Überarbeitung des europäischen Emissionshandels will sich die Bundesregierung für einen **ETS Mindestpreis** und für einen zweiten Emissionshandel im Bereich Mobilität und Wärme (ETS2) einsetzen. Dies ist mit der Umsetzung **sozialer Ausgleichsmechanismen** verbunden. Ein einheitliches Emissionshandelssystem in der EU soll bis in die 2030er Jahre etabliert sein.

Aus sektoraler Sicht setzt sich der Koalitionsvertrag u.a. für eine **Förderung der Transformation** der Industrie ein. Dazu lassen sich insgesamt drei Textstellen identifizieren. Die Ziele und Maßnahmen beziehen sich auf **regionale Innovationscluster** sowie auf die Unterstützung der Industrie bei der Klimatransformation. Als geeignete Instrumente werden beispielsweise Carbon Contracts for Difference und weitere Klimaverträge genannt. Die neue Bundesregierung will sich für einen europaweiten CO₂-Grenzausgleichsmechanismus

einsetzen. Dies berücksichtigt auch technische Negativemissionen sowie Betriebsgenehmigungen für Energieinfrastruktur mit fossilen Brennstoffen bis 2045.

Analoge Ziele und Maßnahmen zur Förderung der **Transformation der Gebäudewirtschaft** finden sich an zwei Textstellen. Dies umfasst ein Förderprogramm für den Wohnungsneubau unter Berücksichtigung von Treibhausgasemissionen. Bis 2025 sollen verbindliche Quoten für erneuerbare Energien bei Neubauten vorgegeben werden. Dies wird in gleicher Weise bei wesentlichen Aus- und Umbauten umgesetzt. Darüber hinaus wird ein Umstieg auf Teilwärmiete sowie eine faire Teilung des CO₂-Preises auf Heizkosten zwischen Mieter und Vermieter angestrebt.

Die Förderung der **Digitalisierung in der Landwirtschaft** wird an einer Textstelle des Koalitionsvertrags genannt. Dies adressiert die Verfügbarkeit öffentlicher und staatlicher Daten in einem einheitlichen Format und den Aufbau eines Datenraums nach GAIA-X-Standard.

Für die Finanzindustrie sieht die neue Bundesregierung eine Förderung von Deutschland als Leitmarke für **Sustainable Finance und FinTechs** vor. Angetrieben wird dieses Ziel durch eine Unterstützung von Rahmenbedingungen für nachhaltige Finanzprodukte. Dabei sollen europäische Mindestregeln für ESG-Ratings, Nachhaltigkeitsrisiken im Rating sowie Transparenzstandards für Nachhaltigkeitsinformationen Berücksichtigung finden.

Unabhängig von einzelnen Sektoren nimmt die **Gestaltung besserer Rahmenbedingungen für Wissenschaft und Forschung** breiten Raum im Koalitionsvertrag ein. Insgesamt lassen sich dazu drei Textstellen identifizieren. Dies bezieht sich auf die Förderung des Wissenstransfers, die Gründung einer Agentur für Transfer und Innovation sowie den Aufbau von Leuchttürmen und Innovationsregionen für Forschung und Transfer.

Weitere allgemeine Positionen der neuen Bundesregierung umfassen die **Weiterentwicklung des Klimaschutzgesetzes**, die Auflage eines Sofortprogramms, die Definition von Klimaschutz als Querschnittsaufgabe sowie die Prüfung von Gesetzesvorschlägen auf Klimawirkung. Darüber hinaus sollen die Klimaeffekte pro Wirtschaftssektor geprüft und in einem jährlichen Monitoring berichtet werden. Die Bundesregierung will den Ankauf von EU-Emissionshandels-Zertifikaten vermeiden. Darüber hinaus soll die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie weiterentwickelt werden. Dies umfasst ein Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit sowie die Erhöhung der Verbindlichkeit von Nachhaltigkeitsmaßnahmen durch Corporate Governance.

Eine weitere Textstelle des Koalitionsvertrags befasst sich schließlich dezidiert mit der **Förderung der Transformation zu einer Circular Economy**. Dabei soll die Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen umgesetzt und die Entwicklung einer nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie angetrieben werden. Dies beinhaltet u.a. Standards für Rohstoffe, Produktdesign und Rohstoffverwertung, die Stär-

kung der Herstellerverantwortung, digitale Produktpässe, Abfallvermeidung durch Rücknahme- und Pfand-Systeme, die Förderung von Ideen zu geteilter Nutzung, Anreizsysteme für die Rückgewinnung von Rohstoffen aus Elektrogeräten, die Reduktion von Retourenvernichtung und Anreize für recyclingfreundliche Verpackungen. Qualitätsgesicherte Abfallprodukte erhalten Produktstatus. Es sind verbindliche Recyclingquoten für Unternehmen geplant. Schließlich soll chemisches Recycling gefördert, die Deponierung von Siedlungsabfällen beendet und ein einheitliches Level Playing Field für Plastik-Rezyklate geschaffen werden.

3.3

Evaluation im Kontext des GreenTech-Referenzmodells

Eine Evaluation des Koalitionsvertrags sowie der damit verbundenen Ziele und Maßnahmen der neuen Bundesregierung im Kontext des GreenTech-Referenzmodells führt zu folgendem Befund. Allgemein beinhaltet der Koalitionsvertrag viele Ziele und Maßnahmen, die sich in das Referenzmodell einordnen lassen. Allerdings wird der Begriff GreenTech selbst innerhalb des Koalitionsvertrags nicht thematisiert. Allgemein kommt der Bedeutung des Zusammenhangs zwischen **Klimawandel und Technologie** zu wenig Bedeutung zu. Für den Umbau in Richtung einer sozial-ökologischen Marktwirtschaft hat dies jedoch zentrale Bedeutung. Die erfolgreiche Bewältigung des Klimawandels ist nur auf Basis technologischer Innovationen verbunden mit einer Orientierung an ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielstellungen zu bewältigen. Dabei sollen **gleichzeitig ökologische Effekte, wirtschaftliches Wachstum** und ein **sozialer Ausgleich** geschaffen werden. Das Zusammenspiel dieser Dimensionen sollte deutlicher geschärft und in Form eines Masterplans konkretisiert werden. Der Koalitionsvertrag enthält in dieser Hinsicht viele relevante Einzelmaßnahmen, v. a. in Bezug auf die Gestaltung der gewünschten ökologischen Aspekte. Der Gesamtzusammenhang kommt jedoch zu wenig zum Ausdruck. Ein vergleichbarer Befund lässt sich auch beim Thema Digitalisierung konstatieren. Dabei werden wesentliche Gestaltungsbereiche der Digitalisierung durch den Koalitionsvertrag angesprochen. Angesichts der Bedeutung digitaler Technologien für die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft wäre jedoch auch hier eine **stärkere Betonung der Bedeutung digitaler Technologien für Wachstum und für die Erzielung ökologischer Effekte** wünschenswert. Positiv hervorzuheben sind die skizzierten Ansätze in Bezug auf eine Bündelung der Kompetenzen der Bundesregierung und der Förderung von IT-Schlüsseltechnologien. Leider wird der Zusammenhang zwischen digitaler Transformation, Klimawandel und GreenTech zu wenig adressiert.

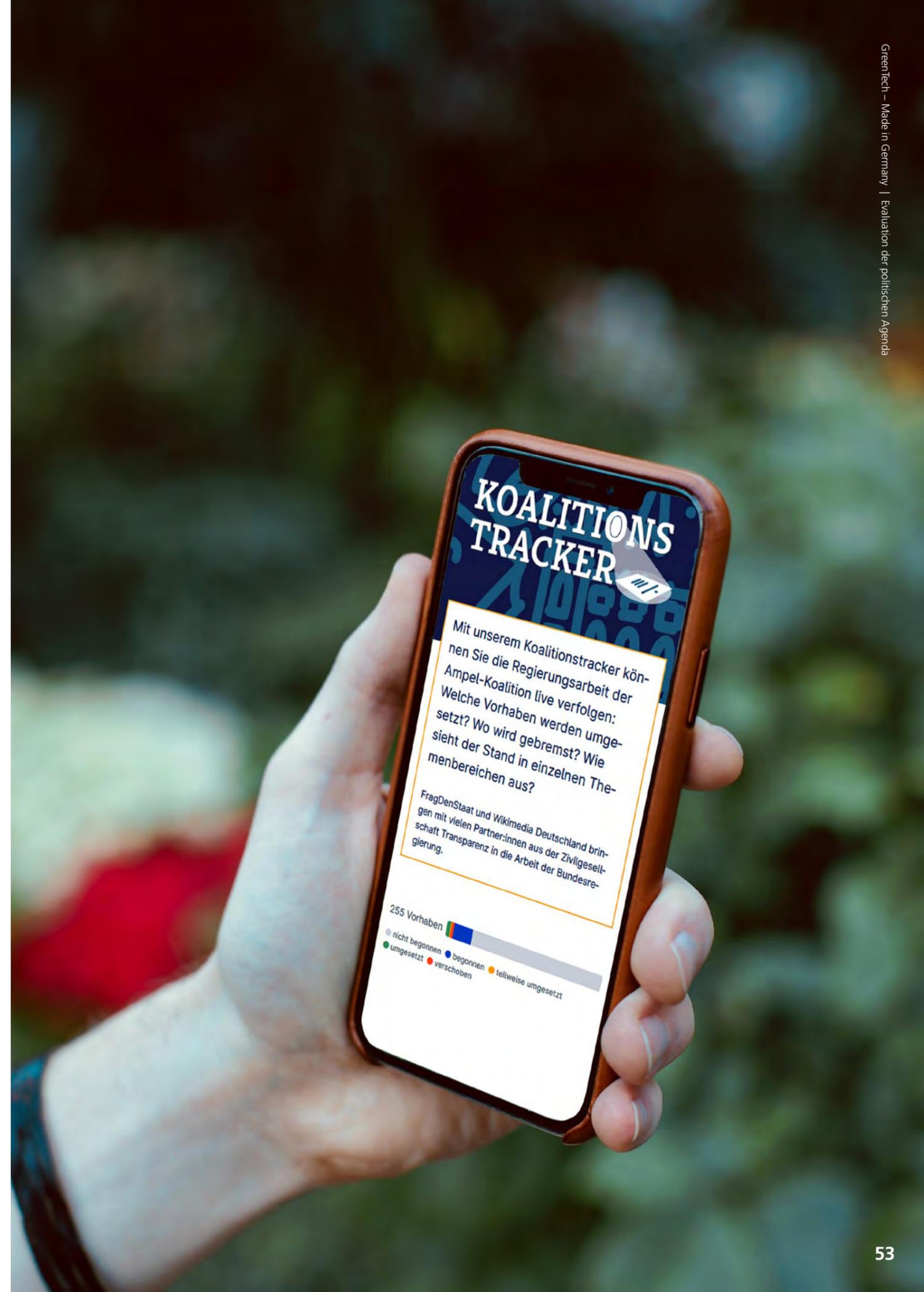
Aus ökologischer Sicht betont die neue Bundesregierung **Ziele und Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels**.

Dies ist vor dem Hintergrund der Pariser Klimaschutzziele und des European Green Deal dringend erforderlich. Der Schwerpunkt liegt bei den skizzierten Zielen und Maßnahmen auf Energiewende, der Förderung erneuerbarer Energien und der Transformation der Automobilindustrie. Dabei sind die einzelnen Bausteine des Koalitionsvertrags sinnvoll gesetzt. Wünschenswert wäre aus Sicht von GreenTech eine stärkere Betonung der Rolle diverser Technologien bei der Realisierung der gesetzten Ziele. Auch der Einfluss digitaler Technologien wird in einzelnen Maßnahmen adressiert, bleibt jedoch insgesamt im Umfang zu kurz. Aus ganzheitlicher Perspektive werden die ökonomischen und sozialen Effekte von GreenTech zu wenig thematisiert. Insgesamt bleiben die Aussagen zu den ökonomischen und sozialen Effekten oberflächlich. Besonders das Zusammenspiel zwischen den drei Nachhaltigkeitsdimensionen wird wenig thematisiert.

Bei der Diskussion um Wachstumsstrategien setzt die neue Bundesregierung **Schwerpunkte in den Sektoren Mobilität und Energie** sowie bei der **Förderung von Startups**. Die skizzierten Ziele und Maßnahmen in diesen Bereichen sind sehr gut gesetzt und deutlich ausgeprägt. Damit bietet der Koalitionsvertrag eine gute Grundlage für die weitere Operationalisierung. Besonders positiv hervorzuheben sind der starke Fokus der Bundesregierung mit Hinblick auf die Förderung von Startups und die Planungen hinsichtlich der Vereinfachung des Zugangs zu Risikokapital. Deutlich schwächer fallen hingegen die Aussagen des Koalitionsvertrags in Bezug auf die Förderung und **Transformation des Mittelstands** aus. Die meisten Unternehmen der GreenTech-Industrie sind heute mittelständisch geprägt. Ansatzpunkte zur Integration von GreenTech finden sich bei einer Vielzahl weiterer mittelständischer Unternehmen. Der Koalitionsvertrag macht in dieser Hinsicht keine Aussagen, wie der Mittelstand noch deutlich stärker an der Wachstumsdynamik durch GreenTech partizipieren kann.

Darüber hinaus fällt auf, dass der Koalitionsvertrag in Bezug auf weitere Sektoren wie die **Industrie, Landwirtschaft und Gebäudewirtschaft sehr wenig Inhalte** anbietet. Der Fokus liegt klar auf der Energiewende, dem Ausbau erneuerbarer Energien, der Gestaltung von Energienetzen und der sektoralen Anpassung der Automobilindustrie. Maßnahmen in den Bereichen Energie- und Ressourcenschonung oder Kreislaufwirtschaft sowie einer entsprechenden Implementierung in den weiteren Sektoren der Wirtschaft sind schwach ausgeprägt. Damit setzt der Koalitionsvertrag zwar die richtigen Schwerpunkte, bleibt jedoch in vielen wesentlichen Gestaltungsbereichen unpräzise.

Die Bundesregierung ermöglicht Bürger_innen mit dem sogenannten **Koalitionstracker**, die Arbeit der Ampel-Koalition zu verfolgen [56]. Auf der Internetplattform findet man 255 Vorhaben unterteilt nach Bereichen wie z. B. Digitales, Umwelt, Klima und Verkehr oder Wohnen und Bauen. Für jeden Bereich ist die Anzahl der geplanten Vorhaben sowie deren Status angegeben. Von den 255 Vorhaben fallen 18 auf den Bereich Digitales und 26 auf Umwelt, Klima und Verkehr.





Experten- befragung

- 4.1 GreenTech und relevante Technologien
- 4.2 Die Rolle digitaler Technologien
- 4.3 Ökologische Effekte von GreenTech
- 4.4 Ökonomische Effekte von GreenTech
- 4.5 Soziale Effekte von GreenTech
- 4.6 Evaluation der politischen Agenda der neuen Bundesregierung
- 4.7 Evaluation der Anwendung von GreenTech durch Unternehmen
- 4.8 Zentrale Erfolgsfaktoren

Der methodische Ansatz der qualitativen Experteninterviews folgt einem explorativen Forschungsdesign. Dazu wird eine **qualitative Befragung mit halbstrukturierten Interviews** umgesetzt. Die Datenerhebung basiert auf Einzelinterviews, die online als Videokonferenz oder telefonisch durchgeführt wurden. Um eine bessere Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, wurden alle Interviews digital aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Der transkribierte Ausgangstext wurde zunächst fallweise analysiert. Auf dieser Grundlage erfolgte die Entwicklung eines Kategoriensystems zur strukturierten Auswertung des Textmaterials. Die einzelnen Transkripte sowie die digitale Aufzeichnung wurden nach Erstellung einer aggregierten Auswertung vernichtet, um die Anonymität der Befragten sicherzustellen.

Die methodische Auswertung der Interviews orientiert sich an Vorgehensmodellen der **qualitativen Datenanalyse** nach Kuckartz et al. (2008). Aus methodischer Sicht besteht die qualitative Datenanalyse aus der Bildung von Kategorien (= Codings) und der Zuordnung einzelner Textstellen zu diesen Kategorien (= Codieren). Zur Unterstützung der Codierung wurde die Daten- und Analysesoftware MAXQDA genutzt. Die transkribierten Texte wurden zunächst in MAXQDA importiert. Anschließend ließen sich einzelne Textstellen der transkribierten Interviews den definierten Kategorien zuordnen.

Auf dieser Basis wurden die Daten je Kategorie quantitativ ausgewertet und qualitativ interpretiert. Dabei bezieht sich die quantitative Auswertung auf die Menge der Codings pro Kategorie. Entsprechende Auswertungen können visualisiert werden und geben so einen Überblick über die Codehäufigkeiten bzw. die Bedeutung eines spezifischen Themas aus empirischer Sicht. Im Anschluss daran lassen sich die einzelnen Kategorien mit Hinblick auf die formulierten Ziele der qualitativen Untersuchung interpretieren.

Die Stichprobe der qualitativen Befragung setzt sich aus **40 Expert_innen** zusammen, die sich in ihrem beruflichen Alltag in unterschiedlichen Funktionen und Ausprägungen mit dem Thema GreenTech beschäftigen. Die Interviewpartner sind unterschiedlichen Formen von Unternehmen bzw. Organisationen zuzuordnen (vgl. Abbildung 8). Unterschieden wurde zwischen Expert_innen aus der **Industrie**, der **Forschung**, dem **GreenTech-Sektor** zugehörigen Unternehmen, **NGOs** (= Non-Governmental Organization), **Risikokapitalgebern (Venture Capital)**, Organisationen und Unternehmen der **öffentlichen Hand** sowie **Beratungsunternehmen**.

Wie aus Abbildung 8 ersichtlich, ist mit 35 % (14 Befragten) die Mehrheit der Interviewpartner der Industrie zuzuordnen. 15 % (6 Befragte) arbeiten bei Unternehmen der GreenTech-Branche und sind damit am zweithäufigsten vertreten. Mit 13 % bzw. 12 % sind der öffentliche Bereich und Forschungseinrichtungen unter den Interviewpartnern vertreten. Jeweils 10 % (4 Befragte) sind bei NGOs oder Venture Capital-Unternehmen beschäftigt und zwei Interviewteilnehmer sind in Beratungsunternehmen beschäftigt.

Organisationsformen

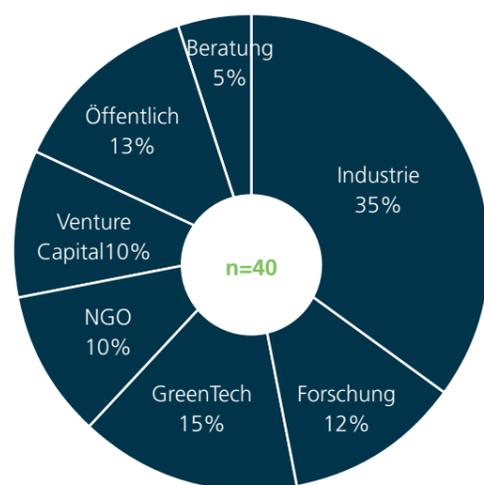


Abb. 8: Zusammensetzung der Stichprobe nach Organisationsformen

Hierarchieebenen



Abb. 9: Zusammensetzung der Stichprobe nach Hierarchieebenen (n=40)

Abbildung 9 zeigt außerdem die Zusammensetzung der Stichprobe hinsichtlich der **hierarchischen Position** der Interviewpartner in ihrer Organisation. So ist die Ebene der Unternehmensleitung mit **CEOs / Geschäftsführer_innen** und weiteren Mitgliedern der **Unternehmensleitung** unter den Expert_innen mit **43 %** vertreten. Weitere **48 %** der Interviewpartner sind als **Bereichs- oder Abteilungsleiter_innen** tätig. 10 % der Befragten sind Mitarbeitende ohne Führungsverantwortung.

4.1

GreenTech und relevante Technologien

Wie in Kapitel 2.2 skizziert, existiert keine einheitliche Definition des Konzeptes „GreenTech“. Bei der Begriffsdefinition waren im Interview Mehrfachnennungen möglich. Die in Kapitel 2.2.1 erläuterten sechs Handlungsfelder (1) Energiequellen und -träger, (2) Energieerzeugung, -verteilung und -speicherung, (3) Energieeffizienz, (4) nachhaltige Materialien und Produkte, (5) nachhaltiges Produktdesign, Produktions- und Wertschöpfungsprozesse und (6) Kreislaufwirtschaft und Produktlebenszyklen sind weitreichend und umfangreich. Grob eingegrenzt kann **jede Technologie** als GreenTech definiert werden, die **zur Verfolgung nachhaltiger Ziele beiträgt**. Die befragten Expert_innen stimmen dieser Begriffseingrenzung weitgehend zu.

„GreenTech beschreibt alle Technologien, die dazu beitragen, dass unsere Wirtschaft klimaneutral wird.“

Sebastian Schaule,
Referent Energie, Bitkom e. V.

Unter den Befragten, die GreenTech präziser nach Handlungsfeldern definieren, nennen die meisten **GreenTech in Zusammenhang mit Dekarbonisierung**. 40 % der Befragten sehen GreenTech in Verbindung mit der Reduktion oder Vermeidung von CO₂. Als Beispiele wurden hier die **Erzeugung von Energie** aus erneuerbaren Ressourcen sowie die Schaffung **alternativer Antriebsformen** genannt. 30 % der Expert_innen sehen Technologien zur **Effizienzsteigerung** beim Verbrauch von Ressourcen oder bei der Nutzung von Energie als Bestandteil des GreenTech-Konzepts.

Ein Viertel der Befragten zieht Parallelen zum etablierten Begriff der **Umwelttechnik**. Sie sehen Umwelttechnik als Teilbereich von GreenTech an. Teilweise werden Eigenschaften wie Umweltschutz oder Ressourcenschutz als Säule von

GreenTech eingestuft, vereinzelt verwenden die befragten Expert_innen die Begriffe GreenTech und Umwelttechnik sogar synonym. Ungefähr 10 % der Befragten sehen **umweltfreundliche Produkte als eine Dimension von GreenTech** an und wählen damit ein Begriffsverständnis, das über die rein technologische Komponente hinaus geht. Demnach stufen sie **Produkte, die auf (grünen) Technologien basieren**, als GreenTech ein. Teilweise wird im Kontext der Produktdimension vom nachhaltigeren Ersatz für bestehende Produkte gesprochen. Die Expert_innen bezeichnen somit technologische Produkte mit nachhaltigen Eigenschaften, die etablierte und weniger nachhaltige Produkte ersetzen, ebenso als GreenTech.

„Greentech ist alles, was besser als der Durchschnitt ist. Das heißt, jedes Produkt, jede Leistung oder jedes Angebot muss sich auf seine Umweltverträglichkeit, bzw. -freundlichkeit reduzieren lassen, dadurch bewerten lassen und steht damit natürlich im Wettbewerb zu anderen Leistungen.“

Sven Krüger,
CEO & Co-Founder GREENTECH FESTIVAL

Ebenso fassen 10 % der Expert_innen den Begriff GreenTech enger im Sinne von technologischen Optimierungen in der Produktion, wie es bei der **Einsparung von Materialien und Rohstoffen** in der Produktion der Fall ist. Hierzu gehören Prozessoptimierungen, Verbesserung der Verarbeitungsprozesse und Wertschöpfungskettenoptimierungen.

Zur Frage der relevanten Technologien sind die Antworten so vielseitig wie die Begriffsdefinitionen zu GreenTech (vgl. Abbildung 10). Auch hier waren Mehrfachnennungen möglich. Mit insgesamt 80 % werden **alternative Energien** am häufigsten als GreenTech-Technologie genannt. **Solarenergie wird von knapp der Hälfte der Befragten (45 %) als äußerst relevante Technologie zur Substitution fossiler Primärenergiequellen** gesehen. 30 % der Befragten nennen mit der Windenergie eine weitere regenerative Energie. Wasserkraft wird lediglich von 6 % der Befragten genannt. Einzelne Expert_innen sehen Wasserkraft aufgrund ihrer Auswirkungen auf die Lebensräume der betroffenen Gebiete und ihrer Zentralität sogar als eher kritisch an.

Neben Solarenergie stehen **Digitale Technologien** ebenso mit 45 % an der Spitze der Nennungen von GreenTech-Technologien. Sie werden in verschiedenen Bereichen als **Treiber und Enabler** von GreenTech genannt. Besonders zur Optimierung von Wertschöpfungsketten mithilfe von **Datenanalysen, Digital Twins** und dem **Einsatz intelligenter Algorithmen und KI**. Darüber hinaus führen die Interviewteilnehmer digitale Technologien wie Blockchain zur Überwachung und Optimierung des Produktlebenszyklus auf, um Verschwendung zu vermeiden und Nutzungsverhalten zu analysieren. Aufgrund der besonderen Bedeutung von digitalen Technologien für GreenTech wird hierauf in einer gesonderten Frage in Kapitel 14.2 eingegangen.



n=40

Abb. 10: In Experteninterviews aufgeführte GreenTech-Technologien

„Eine Kreislaufwirtschaft wird ohne den Datenaustausch entlang der Lieferkette nicht möglich sein. Hierbei muss die Vertraulichkeit über eine Drittpartei durch verifizierbare Zertifikate sichergestellt werden.“

Dr. Gunter Beitinger,
Senior Vice President Manufacturing,
Head of Factory Digitalization & Head of Product Carbon
Footprint, Siemens AG

„Ich brauche so etwas wie einen Digital Twin für mein Produkt, der durch den Lebenszyklus mitgenommen wird. Nur so erhalte ich Transparenz und kann mein Produkt sauber tracken, messen, bewerten und optimieren. Außerdem werde ich dadurch ein wenig unabhängiger von Lieferketten. Wir alle sehen gerade, wie unangenehm es ist, wenn diese nicht funktionieren.“
Experte/Expertin, anonym

An dritter Stelle der genannten GreenTech-Technologien stehen mit jeweils 36 % Wasserstoff und E-Fuels ebenso wie Energiespeicher. Unter Energiespeichern verstehen die Expert_innen Batterietechnologien, andere elektrische Speicher und Speicher für Wärmeenergie. Im Kontext von Wasserstoff und E-Fuels präferieren die befragten Expert_innen den Einsatz in der Logistik, bei Schiffsantrieben, bei

Flugzeugantrieben und den Einsatz in der Industrie. Jeweils 15 % der Befragten nennen als GreenTech-Technologien **Elektromobilität** und Technologien zum **Recycling**. Hierbei wird von einigen Befragten betont, dass positive Effekte der Elektromobilität erst zu erwarten sind, wenn Effizienz und Ressourcenschutz von Batterietechnologien entsprechend weiterentwickelt werden.

Ergänzend zu den Technologien zur Energiegewinnung nennen ca. 12 % der Befragten die **smarte Distribution und Nutzung von Energie** wie bspw. durch Smart Grids. Hier führen einige der Befragten allerdings nicht nur die Verteilung von elektrischer Energie, sondern auch **Wärmenetze** als relevante Technologie zur Distribution von Energie an.

Ebenso sehen 12 % der Befragten im Bereich Energie und Energienetze auch die Nutzung von grüner Elektrizität zum Betrieb von **Wärmepumpen**. Hier wird das Zusammenspiel der genannten Technologien zur Produktion, Verteilung und Nutzung der Energie sowohl im Haushaltsbereich, aber auch zur Nutzung von Prozesswärme vereinzelt erwähnt.

Bezugnehmend auf die in Kapitel 2.2 beschriebene Darstellung von GreenTech decken sich die Eindrücke der Expert_innen mit dem Referenzmodell. Insbesondere die Relevanz digitaler Technologien wird von den Teilnehmer_innen wiederholt hervorgehoben. Die im Modell beschriebene technologische Landschaft wird durch die Auflistung besonders relevanter Technologien durch die Expert_innen ergänzt. Wie im Referenzmodell beschrieben, bieten die **Technologien das Fundament des Konzeptes** und spielen ihre Wechselwirkungen aus. Auch die im Referenzmodell erläuterte Produktdimension von GreenTech wird von einigen Expert_innen bestätigt.

4.2

Die Rolle digitaler Technologien

Fast alle Expert_innen sind sich einig: **Digitale Technologien sind das Fundament für GreenTech**. Sie ermöglichen Datenanalysen, schaffen Transparenz, steuern Systeme und vernetzen. Einige Expert_innen sehen digitale Technologien sogar als Kern von GreenTech an. Diese Einschätzung entspricht der im vorangehenden Kapitel von 45 % der Expert_innen, die GreenTech-Technologien mit digitalen Technologien gleichsetzen. Nur wenige Interviewpartner sprechen digitalen Technologien keine besondere Rolle für GreenTech zu. Bei der Beschreibung der Rolle digitaler Technologien für GreenTech waren im Interview Mehrfachnennungen möglich.

„GreenTech ohne Digitalisierung - das geht nicht. Das wäre, wie wenn Sie dem Körper die Lunge nehmen.“
Kevin Bär,
Senior Manager Sales and Growth Global, E.ON

Ca. 70 % der befragten Expert_innen sehen digitale Technologien als **Enabler für GreenTech**, da sie die Implementierung, Anwendung und das Monitoren nachhaltiger Initiativen in Unternehmen durch komplexe Technologien überhaupt erst ermöglichen. Die Studienteilnehmer_innen beschreiben verschiedene GreenTech Anwendungsfälle, die ohne digitale Technologien nicht möglich sind. Beispiele hierfür sind **digitale Produktpässe**, die **Nachvollziehbarkeit des Produktlebenszyklus** sowie weitere **Ansätze zur Kreislaufwirtschaft**. Besonders bei industriellen Produkten sehen die Expert_innen **digitale Technologien als Kernvoraussetzung** dafür, eine Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Außerdem bringen digitale Technologien Flexibilität in den Markt und erhöhen somit die Dynamik in der Entwicklung von Produkten und Geschäftsmodellen.

„Wir brauchen digitale Produktpässe! Es müssen alle wichtigen Informationen zu unseren Produkten, wie beispielsweise die CO₂-Fußabdrücke, Informationen zur Lieferkette usw., angeheftet werden.“

Daniel Ostner,
Head of Corporate Sustainability,
DRAEXLMAIER Group

Darüber hinaus definieren ein Drittel der Expert_innen digitale Technologien als **Querschnittstechnologie**. Die Omnipräsenz digitaler Lösungen in allen Lebensbereichen wird auch bei GreenTech fortgeführt. Digitale Techniken werden in allen Bereichen von GreenTech eingesetzt, indem Algorithmen intelligente Systeme wie Smart Grids steuern, Produktentwicklungen durch digitale Modelle und Analysen erst möglich werden oder die Produktion nachhaltiger Produkte überwacht wird. Teilweise gelten digitale Technologien als Kern von GreenTech.

“Both cleantech and green tech I would say are just pointing to technology that reduces environmental impacts. I would say that I hear cleantech more in the context of climate change and green tech perhaps a little more generic, which may apply to other things like agriculture or other industries, not so much just about energy and climate.”

Prof. Dr. Wayne Visser,
Autor von *Thriving: The Breakthrough Movement to Regenerate Nature, Society and the Economy*



„Digitalisierung ist eine absolute Schlüsselkomponente, eine Querschnittstechnologie, ohne die wir das Thema Ladeinfrastruktur und damit den gesamten Bereich batterieelektrischer Antrieb gar nicht angehen können.“ **Conrad Hammer**, Leiter Team Bund-Länder-Kommunen Koordinierung, Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur bei der NOW GmbH

Sechs Befragte sehen den Beitrag digitaler Technologien zur Nachhaltigkeit aufgrund des **Rebound-Effektes** eher kritisch. Sie betonen, dass die Ermittlung des Effektes im Einzelfall evaluiert werden muss. Besonders rechenintensive Technologien wie Künstliche Intelligenz oder Blockchain werden in diesem Zusammenhang als mögliche Auslöser eines Rebound-Effektes genannt. Besonderen Fokus legen einige Expert_innen auf die **Sammlung und Analyse von Daten**. Digitalisierung spielt für die Datenerhebung eine wesentliche Rolle. Automatisierungen und intelligente Steuerungen sind ohne solide Datengrundlage nicht möglich. Außerdem schaffen Daten Transparenz, um Verbrauchs- und Konsumverhalten zu erkennen, **Produktlebenszyklen** zu analysieren oder um Wertschöpfungsketten zu überwachen. Sie sind damit die Basis für eine erfolgreiche Nachhaltigkeitsstrategie. Durch die Anwendung von Algorithmen auf gesammelten Daten können automatisiert Entscheidungen getroffen und komplexe Systeme smart gesteuert werden.

„Für die Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie sind Daten und damit digitale Technologien entlang des gesamten Produktlebenszyklus von entscheidender Bedeutung.“

Dr. Gunter Beitinger,

Senior Vice President Manufacturing, Head of Factory Digitalization & Head of Product Carbon Footprint, Siemens AG

Diese **Komplexitätsbewältigung** wäre anders nicht möglich. Die Expert_innen sehen digitale Technologien besonders zur Steigerung von Effizienz in allen Bereichen als Schlüssel. Komplexe Systeme wie Energienetze, Logistik oder Mobilitätssysteme können ihr mögliches **Effizienzpotenzial** nur mithilfe digitaler Lösungen voll ausschöpfen.

Abschließend ordnen die Expert_innen die Wichtigkeit digitaler Technologien für GreenTech auf einer Skala von 1 (= unwichtig) bis 4 (= unabdingbar) ein. Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis.

Wie wichtig sind digitale Technologien zur Erschließung von GreenTech Wachstumspotenzialen?

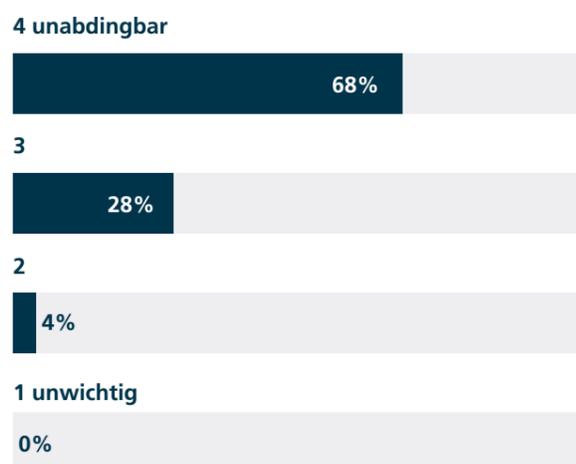


Abb. 11: Wichtigkeit digitaler Technologien zur Erschließung von GreenTech Wachstumspotenzialen (n=40)

Knapp 70 % der Befragten schätzen digitale Technologien zur Erschließung der mit GreenTech verbundenen Wachstumspotenziale als **unabdingbar** ein. Als Begründung wird angeführt, dass jede innovative Technologie digitale Elemente enthält. Einige Expert_innen weisen darauf hin, dass digitale Technologien nicht nur zur Erschließung von Wachstumspotenzialen sondern überhaupt für die Wettbewerbsfähigkeit und das Bestehen am Markt erforderlich und somit überlebenswichtig sind. Weitere 28 % der Expert_innen bewerten die Wichtigkeit digitaler Technologien auf der 4-stufigen Skala mit einer 3 und damit als sehr wichtig. Begründet wurde diese Einschätzung mit der unabdingbaren Bedeutung von digitalen Lösungen für viele GreenTech-Technologien und dem Hinweis, dass es wenige Technologien gibt, die ohne digitale Lösungen auskommen bzw. bei denen die Digitalisierung eine Umsetzung von GreenTech-Technologien zumindest erleichtert, wenn auch nicht in jedem Fall unabdingbar ist.

„Digitale Technologien werden in Lösungsbausteinen ein ganz wichtiges Werkzeug darstellen im Bereich des GreenTechs.“

Tobias Großmann,

Amtsleiter Stadtplanungsamt Backnang

Lediglich zwei Teilnehmer_innen ordnen digitalen Technologien eine geringe Bedeutung bei der Erschließung der mit GreenTech verbundenen Wachstumspotenzialen zu. Als unwichtig wurden digitale Technologien von keinem Interviewpartner eingeschätzt. Dies entspricht der oben aufgezeigten Einschätzung der Interviewpartner zur Rolle digitaler Technologien als **Enabler** und **Querschnittstechnologie**.

Im Vergleich zum Referenzmodell zeichnet sich klar ab, dass die befragten Expert_innen die im Modell aufgezeigte Wichtigkeit digitaler Technologien bestätigen. Sie sehen digitale Technologien als Enabler, Querschnittstechnologie und als Treiber für GreenTech. Einige verorten digitale Technologien sogar als Kern von GreenTech. Die Rolle digitaler Technologien als Enabler für Prozesssteuerungen und Datenanalysen wird von den Expert_innen bestätigt. Einige der Studienteilnehmer_innen gehen so weit, dass sie digitalen Technologien in der Gestaltung und Bereitstellung grüner Produkte und Services bis hin zur Schaffung von GreenTech-Geschäftsmodellen Bedeutung zurechnen.

4.3

Ökologische Effekte von GreenTech

Zur Analyse der ökologischen Effekte von GreenTech wurden die befragten Expert_innen gebeten, die Auswirkungen von GreenTech in den Bereichen **Substitution fossiler Primärenergiequellen, Ressourcenschutz und -effizienz** sowie **Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft** zu benen-

nen. Dabei waren jeweils Mehrfachnennungen möglich. Die Verteilung der Expertenaussagen auf die drei genannten Bereiche ökologischer Effekte ist annähernd gleichgewichtig. Zudem sind sich die Expert_innen größtenteils einig, dass einige zentrale Herausforderungen die ökologischen Effekte von GreenTech (derzeit noch) hemmen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Befragten den GreenTech-Technologien grundsätzlich ein **hohes ökologisches Potenzial** zusprechen und dass eine Vielzahl klimafreundlicher Wirkungen identifiziert werden kann. Die **Quantifizierbarkeit dieses ökologischen Potenzials** sehen die meisten Expert_innen aus heutiger Sicht als sehr schwierig an.

„... wie kann es sein, dass wir die Welt dreckiger hinterlassen als wir sie vorfinden, ohne dass es eine zwingende Notwendigkeit dafür gibt ...“

Sven Krüger,

CEO & Co-Founder GREENTECH FESTIVAL

Substitution fossiler Primärenergiequellen

Die Mehrheit der Studienteilnehmer_innen (etwas über 70 %) ist sich einig, dass sich die größten ökologischen Effekte von GreenTech in Zusammenhang mit der **Reduktion fossiler Energiequellen** zeigen. Während erste Schritte in diese Richtung vorliegen, wird allgemein davon ausgegangen, dass hierbei noch große Sprünge erforderlich sind. Die Expert_innen sehen einen zentralen Stellhebel für GreenTech in der beschlossenen **Energiewende**. Insbesondere die Entscheidung hin zu erneuerbaren, grünen Technologien kann dabei als Beschleuniger für GreenTech angesehen werden. Die Wende weg von fossilen Primärenergiequellen (etwa Öl, Gas, Kohle) hin zu Energie aus erneuerbaren Quellen (etwa Solar-, Wind- und Wasserkraft) verspricht große Fortschritte beim Klimaschutz. Der Hauptbeitrag von GreenTech-Technologien liegt in der **Reduktion des Ausstoßes von klimaschädlichem CO₂**. Tatsächlich leisten Green-

Tech-Technologien heute bereits einen wesentlichen Beitrag zur Substitution fossiler Primärenergiequellen, die 2021 bereits einen Anteil von 16% an der Energiegewinnung hatten [1]. Die befragten Expert_innen bestätigen, dass etwa der Einsatz von **grünem Strom** in vielen Sektoren einfach umsetzbar ist. Hier lassen sich fossile Energiequellen bereits substituieren. Diese Einschätzung entspricht der in Kapitel 2.2.1 aufgezeigten Entwicklung, wonach erstmalig 2020 mehr Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen werden konnte als aus fossilen Trägern. [13].

Derzeit ist Deutschland im weltweiten Vergleich einer der Spitzenreiter beim Verbrauch fossiler Energiequellen. Insbesondere den drei Sektoren Industrie, Gebäude und Mobilität wird eine zentrale Rolle bei der Erzeugung des fossilen Energieverbrauchs zugeschrieben. Ein Grund für diesen hohen Energieverbrauch dürfte in der **Volatilität** der grünen Alternativen (etwa Wind- oder Solarkraft) liegen. Diese sind nicht durchgängig verfügbar, was gerade für produzierende Unternehmen essentiell ist. Dennoch lassen sich mit entsprechenden **Speichertechnologien** eine durchgängige Verfügbarkeit gewährleisten und entsprechende ökologische Effekte realisieren.

„In der Substitution fossiler primärer Energiequellen sind es die Speicherkapazitäten, die eine ganz entscheidende Rolle spielen.“

Tobias Großmann,

Amtsleiter Stadtplanungsamt Backnang

Einen positiven Effekt auf ökologische Ziele sehen die Expert_innen vor allem durch Fortschritte in der Elektrifizierung. Eine besonders dynamische Entwicklung wird in Herstellung, Verteilung und Verbrauch von grünem Strom gesehen. Hier prognostizieren die Expert_innen ein großes **Umsetzungspotenzial** für die kommenden Jahre, leistungsfähige Stromnetze und Speichertechnologien vorausgesetzt. Im Mobilitätssektor wird der Aufbau einer breiten **Mobilitäts-Ladeinfrastruktur** als zentrale Voraussetzung für die Realisierung der intendierten ökologischen Effekte angesehen. Die Expert_innen weisen zudem darauf hin, dass im Rahmen der **Elektrifizierung** auch digitalen Technologien eine große Bedeutung zukommen wird. Derartige **digitale Technologien** werden etwa bei der Steuerung von grünen Stromsystemen benötigt, um etwa den Strom effizient vom Erzeuger zum Verbraucher zu transferieren. Auch in einzelnen Gebäuden kann Digitalisierung in Gestalt von Smart-Meters zu den positiven ökologischen Effekten von GreenTech beitragen.

Ressourcenschutz und -effizienz

In den Bereichen Ressourcenschutz und -effizienz durch GreenTech sehen 63% der Befragten großes ökologisches Potenzial. Es geht um die Vermeidung von Ressourcenverbrauch oder dessen Reduzierung mit entsprechenden positiven ökologischen Effekten im Vergleich zum Status-Quo. Der Grundgedanke ist, dass der Umwelt nicht mehr Res-

sourcen entnommen werden als **im gleichen Zeitraum generiert werden können**. Wichtig ist zudem die Nutzung von **nachwachsenden Ressourcen**, die den CO₂-Ausstoß reduzieren. Die Expert_innen empfehlen, zunächst den Ressourcenverbrauch durch **Elimination** von unnötigem Verbrauch einzuschränken. Anschließend kann die Nutzung von grünen Ressourcen erfolgen. Gerade in der Industrie wird zunehmend ein Augenmerk auf die Schonung natürlicher Ressourcen bei der Produktion von Materialien gelegt. Insbesondere bei strombasierten Prozessen lassen sich so bereits heute Einsparungen erreichen. Die Produktionsprozesse werden Schritt um Schritt auf **Nachhaltigkeit** geprüft und entsprechend angepasst, um eine ressourcenschonende Produktion zu erreichen. Dies führt nach allgemeiner Einschätzung zu wünschenswerten ökologischen Effekten in gewichtigem Umfang.

63%

der Befragten sehen **großes ökologisches Potenzial durch GreenTech** in den Bereichen **Ressourcenschutz und -effizienz**

Zur Auslösung nachhaltiger positiver ökologischer Effekte von GreenTech sehen die Expert_innen vor allem drei zentrale Anforderungen. Erstens werden **regulatorische Rahmenbedingungen** benötigt, die klimaschädlichen Handlungen Einhalt gebieten. Durch derartige Regulierung kann die Grundlage für GreenTech-induzierte ökologische Effekte geschaffen werden. Zweitens sprechen sich die Expert_innen für eine **einheitliche CO₂-Bepreisung** aus. Dies würde für eine korrekte Bilanzierung von Schädigungen sorgen und die korrekte Zurechnung der daraus resultierenden Kosten sicherstellen. Eine derartige CO₂-Bepreisung müsste jedoch global eingeführt werden, um gleiche Voraussetzungen für alle Marktteilnehmer zu schaffen. Drittens sehen die Expert_innen ökologische Effekte vor allem durch die Entwicklung von GreenTech-Innovationen. Da diese einen entscheidenden Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes leisten können, sollte deren Entwicklung angemessen gefördert werden.

Auch in diesem Zusammenhang beschreiben die Interviewteilnehmer große ökologische Potenziale von GreenTech in Verbindung mit digitalen Technologien. Die Analyse von großen Datenmengen verspricht **Effizienzsteigerungen** mit entsprechender Ressourcenschonung – sowohl im privaten Bereich als auch in der industriellen Produktion. Weiterentwicklungen in **Automatisierung, Internet of Things und künstlicher Intelligenz** ermöglichen in nie dagewesenem Ausmaß, Ressourcenverbräuche zu überwachen und zu steuern. Insbesondere in der Virtualisierung und datenbasierten Steuerung können digitale Technologien große Beiträge zu einem nachhaltigen Handeln leisten. Eine hohe

Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang dem Thema Prädiktion zu. Datenbasierte Vorhersagen ermöglichen Effizienzsteigerungen und erlauben einen schonenderen Umgang mit Ressourcen.

Kritisch betrachtet wird das ökologische Potenzial von GreenTech aufgrund des oben genannten **Rebound-Effekts**. Als Beispiele nennen die Expert_innen an dieser Stelle etwa den Bau von Solaranlagen oder die Herstellung von Elektroautos. Der Rebound-Effekt kann in Zusammenhang mit digitalen Technologien ebenfalls beobachtet werden. Mithilfe von digitalen Daten und Automatisierung kann in vielen Produktionsprozessen eine Energieeinsparung erreicht werden. Jedoch kostet der Betrieb einer IT-Infrastruktur ebenfalls Energie, die die **Einsparungseffekte neutralisieren** kann. Dies zeigt, dass es zur dauerhaften Realisierung der ökologischen Effekte neben der grünen Technologie auch zu einer **Veränderung im Produktions- und Konsumverhalten** kommen muss.

„Wir sagen, dass Fliegen energetisch betrachtet etwas ganz Furchtbares ist, weil man natürlich die Energie erstmal aufwenden muss, um in der Luft zu bleiben. Wenn ich aber regenerativ genügend Energie erzeugen könnte und zur Verfügung hätte, könnte ich mir die ganzen Aufwendungen und Infrastrukturmaßnahmen wie Straßen, Parkspuren etc. sparen und könnte überall schöne Wälder haben und elektrisch durch die Gegend fliegen, auch wenn es erstmal mehr Energie benötigt.“

Sven Krüger,

CEO & Co-Founder GREENTECH FESTIVAL

Kreislaufwirtschaft

Von den drei Bereichen, in denen GreenTech sein ökologisches Potenzial entfalten kann, ist die Kreislaufwirtschaft besonders komplex, da sie typischerweise eine **komplette Transformation der unternehmerischen Wertschöpfungskette** bedingt. 70% der Expert_innen weisen auf positive ökologische Effekte durch Kreislaufsysteme hin. Die Kreislaufwirtschaft hängt eng mit Ressourcenschutz und -effizienz zusammen, vor allem bei produzierenden Unternehmen. Die Ausrichtung der Produktionsprozesse auf einen Kreislauf verspricht die **Wiederverwendung** von Materialien aus vorherigen Produkten bei der Produktion neuer Produkte. Durch das Recycling von Materialien können natürliche Ressourcen geschont und entsprechende ökologische Effekte erreicht werden. Kreislaufwirtschaftssysteme sind jedoch gerade bei Produkten, die aus einer Vielzahl von Komponenten bestehen, schwierig umzusetzen. Es stellen sich logistische Herausforderungen, die ganz neue Komponentenströme bedingen. Soweit es gelingt, kreislaufförmige Materialkreisläufe zu implementieren, sind **immense ökologische Effekte** realisierbar. Es wird beispielsweise davon ausgegangen, dass handelsübliche Pkw zu 95% aus recyclingfähigem Material bestehen. Dies verdeutlicht, welches Potenzial zum Klimaschutz vorhanden ist und dass dessen Realisierung dringlich von den Unternehmen angegangen werden sollte.

„Ich kenne keinen Großkonzern, der nicht eine eigene Einheit oder Business-Unit gründet zur Circular Economy. Das wird kommen und sich beschleunigen, da bin ich optimistisch.“

Timon Rupp,

Founder & CEO, The Drivery GmbH

Kreislaufansätze folgen typischerweise der übergeordneten Direktive der **Energieneutralität**. Zugrunde liegt ein systemisches Verständnis von Wirtschaftskreisläufen. Die verwendeten Ressourcen sollen am Ende nicht aus dem System verschwinden, sondern nach entsprechenden Aufbereitungen erneut in den Kreislauf eingebracht werden. Die Expert_innen weisen jedoch darauf hin, dass derzeit noch eher lineare Wirtschaftsprozesse die Regel darstellen und sich Kreislaufsysteme bisher kaum in Wirtschaftsunternehmen etabliert haben. Zu deren Entwicklung wird es von hoher Bedeutung sein, entsprechende Geschäftsmodelle zu entwickeln. Damit ist vor allem langfristig zu rechnen, was dann auch im längerfristigen Zeitrahmen seine ökologische Wirkung entfalten kann.

„Die Entwicklung wird dahingehen, dass wir in der Verantwortung sein werden, unsere eigenen Produkte wiederzuverwerten.“

Daniel Ostner, Head of Corporate Sustainability,

DRÄXLMAIER Group

Zur Schaffung von Kreislaufsystemen sind **regulatorische Rahmenbedingungen** nötig, die die Wiederverwertung bereits existierender Produkte ermöglichen. So kann beispielsweise reguliert werden, dass Produkte am Ende ihres

Lebenszyklus wieder vom Unternehmen zurückgenommen werden müssen. Der Gesetzgeber kann mit entsprechenden **Quoten** dafür sorgen, dass Recycling-Aktivitäten angestoben werden. Von zentraler Wichtigkeit ist auch eine erhöhte **Achtsamkeit des Endkonsumenten**. Die Expert_innen sind sich einig, dass nur eine diesbezügliche Nachfrageänderung von Kunden langfristig zu organisationalen Remanufacturing- und Refurbishment-Anstrengungen führen.

“I think it is a tech topic because a lot of the changes we need to get to circular economy are not just about people recycling. For example, it is about changing the design of how we do things.”

Prof. Dr. Wayne Visser,

Autor von Thriving: The Breakthrough Movement to Regenerate Nature, Society and the Economy

Herausforderungen

Die Expert_innen sehen verschiedene Herausforderungen bei der Realisierung von ökologischen Effekten durch GreenTech. So können diese Effekte nur dann zum Tragen kommen, wenn Unternehmen die **richtigen Anreize** vorfinden, um GreenTech zu entwickeln und/oder einzusetzen. Wenn sich GreenTech unternehmerisch nicht lohnt, dann werden sich Unternehmen eher anderweitigen Dingen zuwenden. Zudem sind für die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen ein **langer Atem** und entsprechende Ressourcen nötig. Es werden zudem **politische Initiativen** gefordert, die einerseits GreenTech den benötigten regulatorischen Rahmen zukommen lassen. Andererseits sollen diese Initiativen aber auch das Thema GreenTech in der Bevölkerung platzieren und dafür nachhaltig **sensibilisieren**.

Zur Weiterentwicklung von GreenTech wird auf einen hohen **Forschungs- und Entwicklungsbedarf** hingewiesen. Etwa die Entwicklung von Carbon-Capture-Technologien kann zu ökologischen Effekten führen, die die Klimaziele in erreichbare Sphären rückt. Eng verbunden ist die Finanzierung von GreenTech-Unternehmen. Vor allem für GreenTech-Startups stellt die **Finanzierung** von hohen Forschungs- und Entwicklungsausgaben eine Herausforderung dar.

Schließlich hängt ein Großteil der ökologischen Effekte am **Verhalten der Menschen** selbst. Eine große Gefahr besteht in der Zementierung einer Haben-wir-immer-so-gemacht-Mentalität. Die befragten Expert_innen sind sich einig, dass zur Erreichung der Klimaziele eine menschliche Verhaltensänderung benötigt wird – sowohl auf Angebots- wie auf Nachfrager-Seite.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Experteninterviews die **Inhalte des Referenzmodells bestätigen**. Weiterentwicklungen wie Kreislaufwirtschaftssysteme können zur Ressourcenschonung beitragen, bedingen jedoch eine **fundamentale Überarbeitung** der gängigen Wirtschaftspraktiken. Die ökologischen Effekte stehen in Wechselwirkung zu den ökonomischen und sozialen Effekten, die im Folgenden erläutert werden.

„Wir werden es am Ende nicht schaffen mit dem, was wir aktuell produzieren, weltweit Klima, Wetter, Biodiversität und alles zu retten. Wir können aber Anbieter sein von Technologien, die das können, die im Markt bestehen können. Das haben wir mit anderen Technologien auch geschafft.“

Experte/Expertin, anonym

4.4

Ökonomische Effekte von GreenTech

Die Expert_innen identifizieren unterschiedliche ökonomische Effekte, die mit GreenTech verbunden sind. Analog zu den ökologischen Effekten lassen sich diese Auswirkungen von GreenTech aus Sicht der Expert_innen jedoch **kaum quantifizieren**. Wie in der vorangegangenen Frage der

ökologischen Effekte waren auch hier Mehrfachnennungen möglich.

An erster Stelle der von den Expert_innen genannten ökonomischen Effekte stehen **positive Wachstumseffekte**. Diese werden von fast 50 % der befragten Expert_innen durch grüne Technologien erwartet. Dies korrespondiert mit der allgemeinen Wachstumsdynamik der GreenTech-Branche, der generell ein hohes Wachstumspotenzial attestiert wird. Die Expert_innen erwarten dynamische Wachstumsraten in den kommenden Jahren und prognostizieren, dass der Anteil von GreenTech am deutschen Bruttoinlandsprodukt kurz-, mittel- und langfristig steigen wird. Die Wachstumschancen wurden in den Experteninterviews mit dem **Potenzial von digitalen Technologien** in den vergangenen 25 Jahren verglichen. Es lassen sich substantielle Renditen in einem Markt erwirtschaften, der bisher nur zu einem **geringen Teil erschlossen** ist. Tatsächlich wird von einem leeren Ökosystem gesprochen, das bislang brachliegt und erobert werden kann. GreenTech-Technologien könnten vielerorts etablierte umweltschädliche Technologien substituieren. Aus diesem Grund bieten sich gerade für Innovationen aus dem GreenTech-Sektor enorme **Marktchancen**. Das Wachstum des GreenTech-Sektors wird laut Einschätzung der Expert_innen zusätzlichen Wohlstand in Deutschland schaffen. Damit kann GreenTech als **Wachstumsmotor der Volkswirtschaft** bezeichnet werden.

„GreenTech ist ein Wachstumsmarkt, definitiv. Aber einer mit Fragezeichen.“

Timon Rupp,

Founder & CEO, The Drivery GmbH

Mit dem wirtschaftlichen Wachstum der GreenTech-Branche ist ein positiver **Effekt auf den Arbeitsmarkt** verbunden. Daher sehen 42 % der befragten Expert_innen einen wichtigen sozio-ökonomischen Effekt von GreenTech in der Schaffung neuer und zukunftsfähiger Arbeitsplätze. Arbeitsplätze werden im Zusammenhang mit GreenTech an verschiedenen Orten geschaffen. Etwa bei GreenTech-Anbietern (Groß-, Mittel- und Kleinunternehmen, sowie Startups), NGOs, aber auch bei Nachfragern (etwa bei produzierenden Unternehmen). Bezüglich der Frage nach Arbeitsplätzen sind die Expert_innen sicher, dass die Anzahl der Arbeitsplätze im GreenTech-Sektor **massiv steigen** wird. Aufgrund der ökonomischen Potenziale werden in den kommenden Jahren GreenTech-Spezialisten benötigt und entsprechende

Stellen aufgebaut werden. Zudem kann die Entwicklung des GreenTech-Sektors dazu führen, dass Arbeitsplätze, die zu Beginn der 2000er Jahre aus Deutschland weg und ins Ausland **verlagert** wurden, nun aufgrund veränderter Rahmenbedingungen wieder importiert werden. Andererseits prognostizieren die Expert_innen einen Abbau in nicht-grünen Sektoren aufgrund der tendenziell sinkenden Nachfrage nach nicht-grünen Technologien. Arbeitsplätze werden aus umweltschädlichen Sektoren in grüne Sektoren verlagert werden. Jedoch könnte es aufgrund von erhöhtem internationalem Wettbewerb innerhalb der GreenTech-Branche mittelfristig auch wieder zu einer Reduktion der Arbeitsplätze kommen. Wie sich die beschriebenen Arbeitsplatz-Effekte in Summe auswirken, ist derzeit schwierig zu prognostizieren. Die Expert_innen sind sich nicht sicher, ob es aufgrund dieser **gegenläufigen Beschäftigungseffekte** in Summe um eine Ausweitung der Anzahl Arbeitsplätze kommen wird.

Neben Wachstumseffekten werden von 22 % der Studienteilnehmer_innen positive finanzielle Effekte durch GreenTech in Form von **Kosteneinsparungen und verringerten Lebenszykluskosten** genannt. Beispielsweise können durch die Wiederverwendung recycelter Materialien, den effizienteren Einsatz von Materialien oder die Verlängerung ihrer Lebensdauer Beschaffungskosten reduziert werden. Effizienzsteigerungen in der Produktion führen außerdem zu geringeren Kosten im Produktionsprozess. Dies ist gerade vor dem aktuellen Hintergrund steigender Ressourcenpreise von hoher Relevanz.

Falls GreenTech-Initiativen zu teuer werden und zu übermäßigen Preisanstiegen führen, könnte es allerdings zu einem **entgegengesetzten Effekt** kommen. Anstelle von grünen Technologien werden Unternehmen dann vermehrt auf nicht-grüne Technologien setzen, um Kosten zu drücken. Durch starke Grundlagenforschung (etwa durch Forschungsnetzwerke wie die Fraunhofer-Gesellschaft oder die Max-Planck-Gesellschaft) kann Deutschland eine führende Position auf dem GreenTech-Weltmarkt erlangen. Tendenziell bestätigen die Expert_innen, dass es schwierig ist, ökonomischen Wachstumseffekte zu quantifizieren.

„GreenTech muss ökonomisch sein, sonst funktioniert es nicht, weil unsere Gesellschaft so strukturiert ist.“

Christian von den Brincken,

General Manager, Ströer Core GmbH & Co. KG

10 % der Expert_innen vertreten außerdem die Ansicht, dass sich GreenTech-Aktivitäten in einer **Steigerung des Unternehmenswerts** niederschlagen können. Hintergrund ist, dass der Finanzsektor aufgrund von gesteigerter Sensibilität bezüglich Klimaschutzaspekten Aktivitäten in diesem Bereich honoriert. Auch im Endkundengeschäft wird ein höheres Augenmerk auf umweltfreundliche Produktion gelegt und der Kaufentscheidung zugrunde gelegt. Dadurch können GreenTech-Unternehmen tendenziell **höhere Umsatz- und Gewinnzahlen** ausweisen, was sich in ihrem Unternehmenswert widerspiegelt. Viele Studienteilnehmer_innen betonen, dass Unternehmen in erster Linie dem **Gebot der Wirtschaftlichkeit** Folge zu leisten haben. Entsprechend

42%

der befragten Experten sehen wichtigen sozio-ökonomischen Effekt von GreenTech in der Schaffung neuer und zukunftsfähiger Arbeitsplätze

müssen sich auch Investitionen in GreenTech für Unternehmen rechnen und zu einem positiven Return on Investment (ROI) beitragen. Fehlen diese finanziellen Vorteile, werden Unternehmen kaum einen Grund für nachhaltiges Wirtschaften sehen.

„Am Anfang hat sich niemand wirklich für grüne Produkte, für nachhaltige Produkte interessiert. Sowohl von der Kundenseite, also vom Markt her als auch von der Firma aus nicht wirklich. Aber seit ungefähr einem halben Jahr ist da so ein Run drauf und jetzt muss man liefern! Das ist die Herausforderung, langfristig zu denken und mal etwas Geld in die Hand zu nehmen und zu sagen, wir entwickeln jetzt grüne Produkte.“

Experte/Expertin, anonym

Die befragten Expert_innen weisen zudem auf die erhebliche **Transformation in Wirtschaft und Gesellschaft** hin, die mit GreenTech verbunden ist. Keinen Zweifel lassen 10 % der Expert_innen daran, dass GreenTech in diversen Branchen große Transformationsprozesse auslösen wird. Durch grüne Technologien verändern sich **Geschäftsmodelle** und ganze Branchen. Gut zu beobachten ist dies derzeit in der Automobilbranche. Der Abschied vom Verbrennungsmotor hin zu elektrischen Antrieben bedeutet für Automobilunternehmen eine **komplette Umgestaltung der Wertschöpfung**. Anstelle der Produktion komplizierter Verbrennungsggregate tritt nun die Frage nach der effizienten Speicherung von elektrischer Energie sowie und einer lückenlosen Ladeinfrastruktur. Entsprechend müssen die unternehmerischen Prozesse angepasst werden, was oftmals nicht friktionsfrei verläuft. Einzelne Expert_innen erwarten gar eine Transformation der gesamten deutschen Volkswirtschaft. GreenTech kann somit als **Megatrend** verstanden werden, der, gerade im Zusammenspiel mit der Digitalisierung, das Potenzial hat, die volkswirtschaftliche Wertschöpfung hin zur Nachhaltigkeit zu treiben. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Wichtigkeit eines dazu **notigen Strukturwandels** hingewiesen. Dies birgt gleichzeitig die Gefahr, dass GreenTech zwar in Deutschland erforscht und produziert wird, die Produktion dann mittelfristig aber in andere Länder abwandert. Dieser Mechanismus konnte gut an der deutschen Solar-Industrie beobachtet werden, die, obgleich stark gestartet, im Wettbewerb mit anderen Ländern ins Hintertreffen geriet, und sich schließlich geschlagen geben musste.

„Klassische Geschäftsmodelle müssen hinterfragt bzw. auf den Kopf gestellt werden und auf diese Art und Weise Strukturen aufgebrochen werden. So können wirklich neue Märkte entstehen, die dann eine deutlich schnellere Veränderung zum Positiven bewirken können, wenn der entsprechende Push in der Bevölkerung angekommen ist. Aber genau dafür braucht es eben entsprechende Akteure, die im Markt erstens zeigen, dass es geht, und zweitens auf irgendeine Art und Weise auch, dass es attraktiv ist.“

Sven Krüger,

CEO & Co-Founder GREENTECH FESTIVAL

Grundsätzlich stimmen die Expert_innen darin überein, dass die Nutzung von **GreenTech-Technologien von Kunden honoriert wird**. Dies kann sich auch in **Wettbewerbsvorteilen** niederschlagen (10 % der Expert_innen). Jedoch weisen die Expert_innen auch darauf hin, dass sich die Implementierung von GreenTech-Technologien in höheren Kosten und somit etwa in höheren Produktpreisen niederschlagen kann. Dies würde wiederum zu einer Verschlechterung der Wettbewerbsposition führen. Die Herausforderung für Unternehmen besteht somit darin, **ökologische und ökonomische Aspekte abzuwägen**, um stabile und nachhaltige Wettbewerbspositionen zu erreichen. Einen weiteren ökonomischen Vorteil aus der Anwendung von GreenTech sehen die Expert_innen darin, dass Unternehmen insbesondere durch Geschwindigkeit **rasch Marktanteile gewinnen** und auch **nachhaltig sichern** können. Dies könnte dem deutschen GreenTech-Sektor eine **weltweite Vorreiterstellung** ermöglichen. Insgesamt wird die deutsche Wettbewerbsposition auf dem Weltmarkt als solide, aber ausbaufähig angesehen.

Aufgrund der oben aufgezeigten ökologischen Aspekte von GreenTech können sich ganze Lieferketten verändern. Für produzierende Unternehmen kann dies bedeuten, zukünftig einen größeren Anteil der Lieferkette selbst zu bedienen und mit weniger Lieferanten zu kooperieren. Gerade in Kreislaufwirtschaftssystemen können Ressourcen erneut verwendet werden, somit müssten etwa Vorprodukte nicht extern bezogen, sondern könnten durch Recycling aus dem eigenen Unternehmen heraus verwendet werden. Für Unternehmen ließe sich so eine erhöhte **Unabhängigkeit** von Lieferketten erreichen, was gerade in unsicheren Zeiten zu einer **verbesserten Stabilität** der unternehmerischen Wertschöpfung führt.

Zusätzlich zu der allgemeinen Einschätzung der ökonomischen Effekte wurden die Expert_innen gebeten, eine Einordnung der Sektoren **Industrie, Verkehr, Gebäude, Energiewirtschaft, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft** entlang der Dimensionen **ökonomische Wachstumseffekte durch GreenTech** und praktisches **Umsetzungspotenzial bis 2030** vorzunehmen. Wachstumseffekten sind jene, die theoretisch zu einem positiven oder negativen wirtschaftlichen Wachstum eines Sektors führen. Das Umsetzungspotenzial hingegen soll erfassen, in welchem Maß das Potenzial von GreenTech aufgrund bestehender Rahmenbedingungen in einem Sektor wie z. B. gesetzliche Vorgaben, Mindset oder agierender Interessensgruppen ausgeschöpft werden kann. Hierbei sollte eine Einschätzung durch die Expert_innen für den Zeitraum bis 2030 erfolgen. Aus der Kombination dieser beiden Dimensionen ergibt sich eine 9-Felder-Matrix, in die die oben genannten Sektoren von den Befragten eingeordnet wurden.

Industriesektor

Das durch GreenTech vorhandene **Wachstumspotenzial im Industriesektor** wird von **über 50 %** der Befragten als **überdurchschnittlich** eingeschätzt. Weitere **45 %** sehen ein moderates Branchenwachstum durch GreenTech. Ebenso sieht die deutliche Mehrheit der Befragten der Realisierung dieser möglichen Wachstumseffekte optimistisch entgegen und stuft das **Umsetzungspotenzial als hoch oder moderat** ein. Ein Drittel der Studienteilnehmer_innen wählt die Kombination aus überdurchschnittlichem Wachstumspotenzial bei gleichzeitig hohem Umsetzungspotenzial. Damit wird das Potenzial des Industriesektors hinter dem Energiesektor am zweithöchsten eingeschätzt (siehe unten). Als Gründe für das hohe Wachstumspotenzial werden in erster Linie die im Industriesektor vorhandenen technologischen Entwicklungen und deren Möglichkeiten genannt. Auch die Entwicklung neuer Produkte und Services durch digitale Innovationen und die Position Deutschlands in diesem Sektor werden von den befragten Expert_innen größtenteils positiv eingeschätzt. Im Industriesektor wird aufgrund der Vorgaben zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes außerdem ein sehr hoher **Umsetzungsdruck** gesehen. Kritisch hingegen ange-

führt wird der relativ kurze Betrachtungszeitraum, da ein erfolgreiches Agieren innerhalb von acht verbleibenden Jahren bis 2030 in der deutschen Industrie, die typischerweise sehr **Anlagen-intensiv** ist, als schwierig eingestuft wird. Betont wird auch, dass eine Ausschöpfung der Wachstumspotenziale nur bei den Unternehmen erfolgen kann, die über die erforderlichen **finanziellen Mittel und Ressourcen** verfügen, um sich mit Themen wie GreenTech und Nachhaltigkeit auseinanderzusetzen. Besonders für kleine und mittlere Unternehmen wird dies kritisch eingeschätzt und darauf hingewiesen, dass es einer stärkeren Anreizpolitik bzw. staatlicher Unterstützung bedarf.

Nur 2 % der Befragten stufen das **Wachstumspotenzial** im Industriesektor als **negativ** ein. Als Begründung hierfür wird im Wesentlichen angeführt, dass die Industrie vor der großen Herausforderung der **CO₂-Emissionsreduzierung** steht und GreenTech somit zu einer **Substitution** vorhandener Technologien und Prozesse führt, hierdurch jedoch zumindest im Zeitraum bis 2030 kein zusätzliches Branchenwachstum generiert werden kann.

Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial

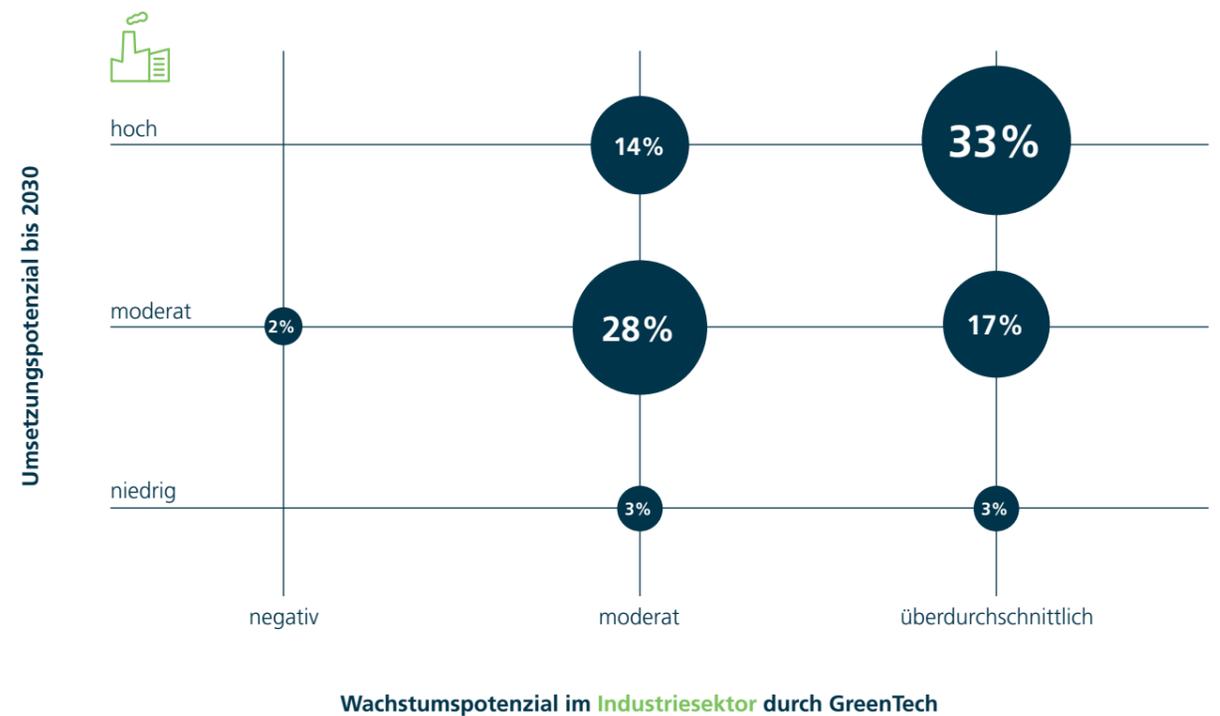


Abb. 12: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Industriesektor (n=37)

 **Verkehrssektor**

Auffällig ist die gleichmäßige **Verteilung der Experteneinschätzungen mit jeweils 22 %** auf die vier Felder der Kombinationen aus **moderatem / überdurchschnittlichem Wachstumspotenzial** und **moderatem / hohem Umsetzungspotenzial**. Dies lässt darauf schließen, dass unter den befragten Expert_innen unterschiedliche Einschätzungen über die Auswirkungen der aktuellen Entwicklungen und technologischen Innovationen in diesem Sektor bis 2030 existieren. So werden moderate Wachstumseffekte von den Expert_innen damit begründet, dass im Verkehrssektor durch GreenTech-Innovationen wie **Elektromobilität** in erster Linie eine Substitution vorhandener Produkte stattfindet. Durch innovative Services werden außerdem **Sharing-Angebote** zunehmen. Das Mindset der jüngeren Generation trägt darüber hinaus dazu bei, dass weniger eigene Autos gekauft werden. Dem steht die Meinung anderer Expert_innen gegenüber, die gerade aufgrund der Entwicklung von geräuscharmen, umweltfreundlicheren **Elektroautos** eine **Zunahme der Autokäufe im urbanen Raum** und bei der jüngeren Generation prognostizieren und damit die Möglichkeit für ein Branchenwachstum sehen. Auch die Zunahmen von Mobilität durch die Möglichkeiten der E-Mobilität

wie E-Bikes und E-Scooter sehen manche Expert_innen als Chance für einen Wachstumsmarkt. Ähnlich wie dem Industriesektor wird dem Verkehrssektor ein **hoher Handlungsdruck** zugeschrieben, wengleich die etablierte deutsche Automobilindustrie den großen Technologiesprung nach Ansicht mancher Expert_innen teilweise noch zu zögerlich wagt, **Eigenentwicklungen** stärker vorantreiben sollte und auf strategisch wichtige Kooperationen angewiesen ist. Kritisch wird auch die Verfügbarkeit von **ausreichend grünem Strom und der Ausbau der Infrastruktur** zur Umsetzung der Elektromobilität gesehen.

„Elektrische Autos kann inzwischen jeder bauen, aber wirklich wichtig ist hier das Thema Infrastruktur und Energieversorgung. Und das geht ohne Staat nicht.“
 Timon Rupp,
 CEO & Founder, The Drivery GmbH

Nur 7 % der Befragten sehen der Sektorentwicklung **kritisch** entgegen. Sie erwarten bei **niedrigem Umsetzungspotenzial** sogar **negative Wachstumseffekte**.

Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial

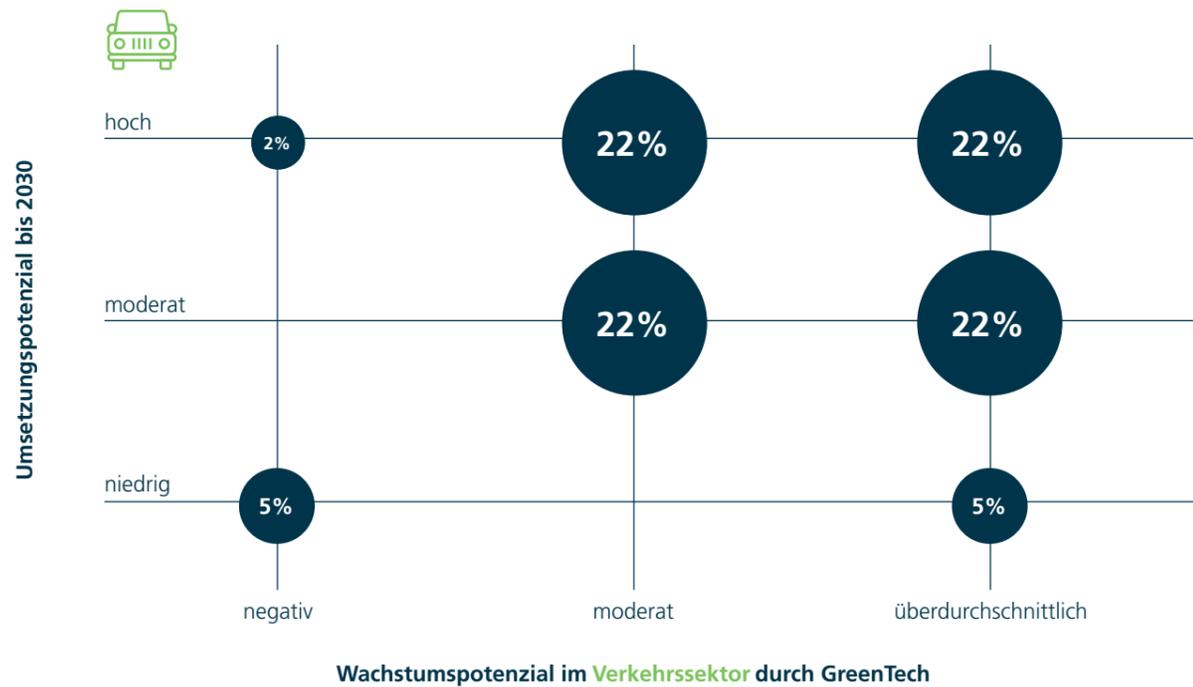


Abb. 13: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Verkehrssektor (n=37)

Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial

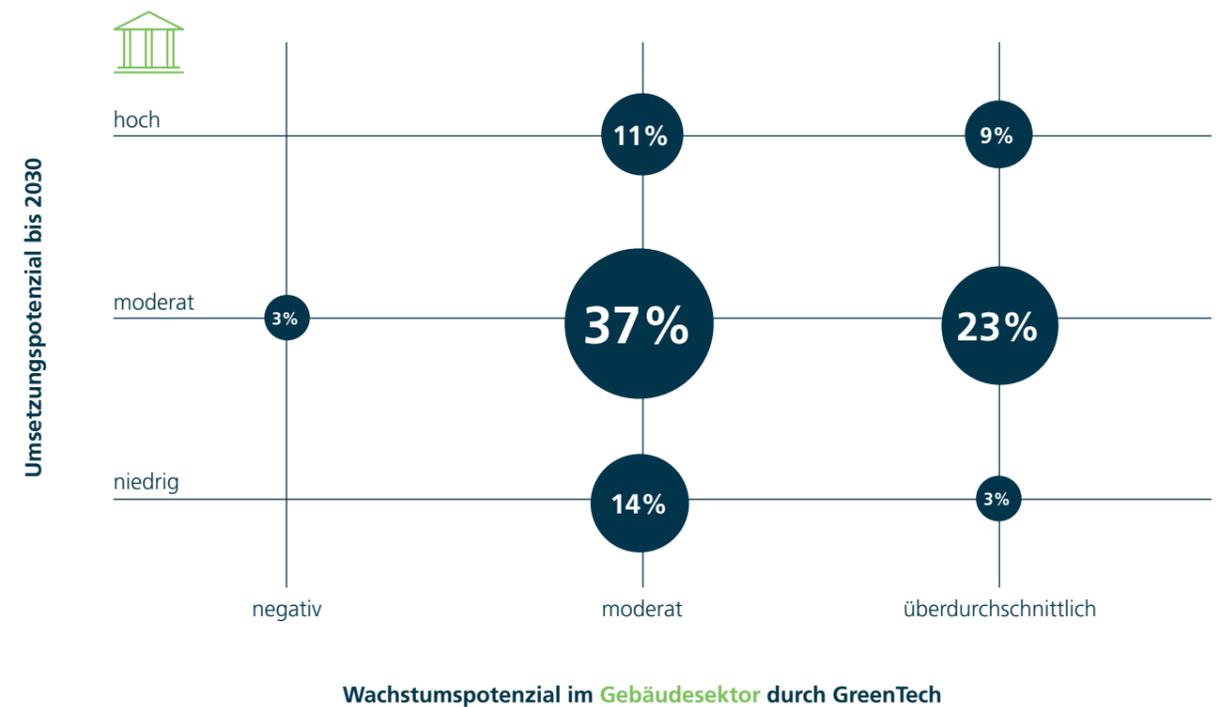


Abb. 14: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Gebäudesektor (n=35)

 **Gebäudesektor**

Deutlich mehr als die Hälfte der Befragten (60 %) stuft bei moderatem Umsetzungspotenzial das **potenzielle Branchenwachstum** durch GreenTech im Gebäudesektor als **moderat (37%)** oder **überdurchschnittlich (23%)** ein. Potenzial für ein Branchenwachstum durch GreenTech sehen die befragten Exper_innen vor allem dadurch gegeben, dass der Bausektor sehr CO₂-intensiv ist und der Gebäudesektor als größter Energieverbraucher energieeffizienter werden muss. Für positive Wachstumsaussichten sprechen daher starke **Investitionen**, vorhandene **technologische Innovationen** insbesondere zur Steigerung der Energieeffizienz, ebenso wie die aktuell große **Nachfrage nach PV-Anlagen**, der **Wohnungsmangel** in Großstädten und der **Sanierungsrückstau**.

hervorgerufen durch einen sehr langen Produkt-Lebenszyklus, der nicht nur das Gebäude an sich, sondern auch die genutzte Energie im Gebäude betrifft. Kritisch beurteilt wird von den Expert_innen auch die **unstete Politik** in diesem Sektor, verbunden mit zu **geringen Fördertöpfen** zur Deckung der immensen Kosten, die durch die Erfüllung der energetischen bzw. baulichen Vorschriften entstehen.

„Kontinuität, Planbarkeit und angemessene Förderungen sind für die Immobilienwirtschaft die zentralen politischen Weichenstellungen, um den Klimaschutz im Gebäudesektor ernsthaft voranzutreiben.“
 Stefan Hinz, Teamleiter Sustainability, ECE Group Services GmbH & Co. KG

Auffällig ist, dass nur 20 % der Befragten ein hohes Umsetzungspotenzial im Gebäudesektor sehen. Gründe für die eher verhaltene Einschätzung des Umsetzungspotenzials sind laut den befragten Expert_innen der **Fachkräftemangel**, die **mangelnde Investitionsbereitschaft** bei Bestandimmobilien, **geringe Wirtschaftlichkeit** bzw. **schwierige Umsetzbarkeit** von GreenTech-Maßnahmen wie z.B. der Gebäudedämmung im Industriebereich oder Wärmepumpen im Altbau und einer generellen **Trägheit** im Sektor,

Die Kombination aus überdurchschnittlichem Wachstum und hohem Umsetzungspotenzial sehen im Gebäudesektor lediglich 9 % der Befragten. Einige Befragte nennen daher harte Einschnitte und klare gesetzliche Vorgaben als unabdingbar um die große Wende im Gebäude-/Bausektor umsetzen zu können. Erforderlich ist zudem ein Umdenken, was die Größe des Wohnens angeht, um den zukünftigen Bedarf an Wohnraum decken zu können.

**„Ich glaube,
die nachhaltige
Energiewirtschaft ist ein
riesiger Wachstumsmotor
und Deutschland sollte
da definitiv in der
Vorreiterrolle sein.“**

Kevin Bär,
Senior Manager Sales and Growth Global, E.ON

Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial

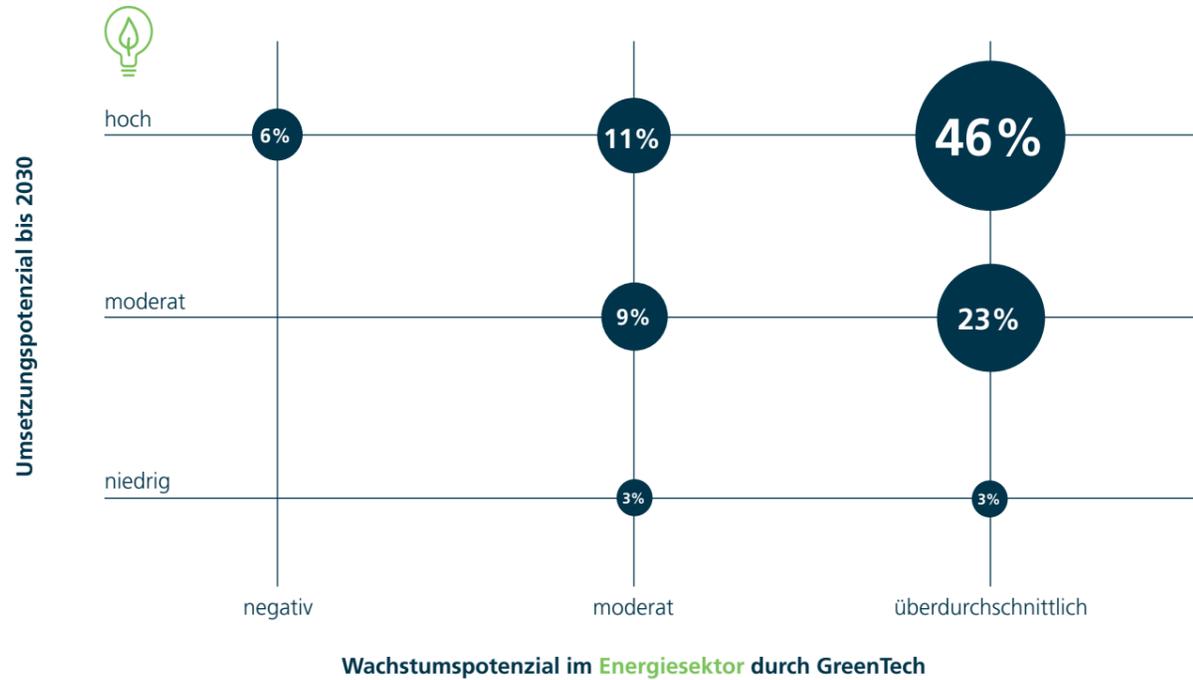


Abb. 15: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Energiesektor (n=35)

Energiesektor

Fast **die Hälfte der Befragten** schreibt dem Energiesektor Potenzial für ein **überdurchschnittliches Branchenwachstum in Kombination mit einem hohem Umsetzungspotenzial** zu (46%). Damit liegt der Energiesektor an der Spitze der in dieser Studie analysierten Sektoren. Grund für diese positive Einschätzung des zukünftigen Branchenwachstums durch GreenTech ist in erster Linie die **klare politische Ausrichtung bei der Energiewende** zur Erreichung der Klimaneutralität. Als Beispiele genannt werden der Ausbau von Wind-, Wasser- und Sonnenenergie sowie die Elektrifizierung in anderen Sektoren wie Wärmepumpen im Gebäudesektor oder die Elektromobilität im Verkehrssektor. Das Wachstum des Energiesektors ist somit maßgeblich abhängig von der Umsetzung der Energiewende in den anderen Sektoren. Auch die **Realisierung des Wachstumspotenzials** wird von den meisten Befragten positiv eingeschätzt. So stufen fast Dreiviertel aller Befragten das Umsetzungspotenzial eines überdurchschnittlichen Wachstums als moderat (23%) oder hoch (46%) ein. Gründe hierfür liegen nach Ansicht der Befragten in der klaren politischen Roadmap, einem inzwischen breiten gesellschaftlichen Konsens zum Erreichen der Klimaneutralität und dem Vorhandensein grüner Technologien.

Die Position Deutschlands wird in diesem Kontext zwiespalten betrachtet. Einige Expert_innen schreiben Deutsch-

land zukünftig im Bereich der regenerativen Energien eine führende internationale Rolle zu und loben die vorhandenen technologischen Innovationen. Andere bemängeln, dass Deutschland sein Potenzial nicht voll ausschöpft.

Nur **6%** der Studienteilnehmer_innen sieht die **Umsetzung** des Wachstumspotenzial **kritisch** und stuft das Umsetzungspotenzial daher **niedrig** ein. Als Begründung wird ein **monopolistischer Markt** mit wenig Innovation und Wettbewerb angeführt, ebenso wie die Herausforderung der **Versorgungssicherheit**, die sich vor dem Hintergrund des Ukraine-Kriegs verschärft. Außerdem behindern lange **Planungs- und Genehmigungszeiträume**, ein **langer Produkt-Lebenszyklus** im Bereich der Energiequellen (z. B. Gasturbinen, Windräder) bzw. lange Anlage-Laufzeiten die schnelle Umsetzung. Seitens der intelligenten Energieversorgung (Smart Grids) wird außerdem von einigen Befragten ein gewisser Nachholbedarf gesehen.

„Die Potenziale für den Energiesektor sind natürlich riesig, wenn wir von dem Idealbild des komplett digitalisierten Energiesystems ausgehen.“

Sebastian Schaule,
Referent Energie, Bitkom e. V.

Landwirtschaft

Der Landwirtschaftssektor wird von den Befragten sehr unterschiedlich eingeschätzt. Auffällig ist jedoch, dass das **Wachstumspotenzial durch GreenTech deutlich schlechter eingeschätzt** wird als in den anderen Sektoren. So sehen bei moderatem Umsetzungspotenzial lediglich 6% der Expert_innen ein überdurchschnittliches Wachstum, 28% ein moderates Wachstum und ganze **18% sogar ein negatives Wachstumspotenzial**. Auch das Umsetzungspotenzial wird von über 20% der Befragten als niedrig eingestuft und damit kritisch gesehen.

Die **negativen Wachstumsprognosen** werden von den Expert_innen hauptsächlich mit den Effekten von ökologischem Landbau und nachhaltiger Nutztierhaltung begründet, denn beides müsse zu einem **geringeren Ertrag** pro Hektar bzw. pro Nutztier und einem geringeren Flächenverbrauch führen.

Als **erschwerte Rahmenbedingungen** in der Umsetzung möglicher Wachstumspotenziale sehen die Befragten die **konservative Haltung** der Agrarwirtschaft, **lange Investitionszyklen** und die Zurückhaltung politischer Akteure, in diesem Sektor Druck auszuüben. Der Wunsch zur Veränderung kommt nach Ansicht einiger Interviewpartner vielmehr von den Stakeholdern als von den Landwirten selbst.

Selbst Befürworter_innen positiver Wachstumspotenziale sehen die zeitnahe Umsetzung aufgrund **politischer Mechanismen** und **Regularien** in diesem Sektor eher kritisch. **Positive Wachstumseffekte** werden aus landwirtschaftlichen Konzepten wie **Vertical Farming** und einer zunehmenden **Automatisierung** erwartet.

Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial

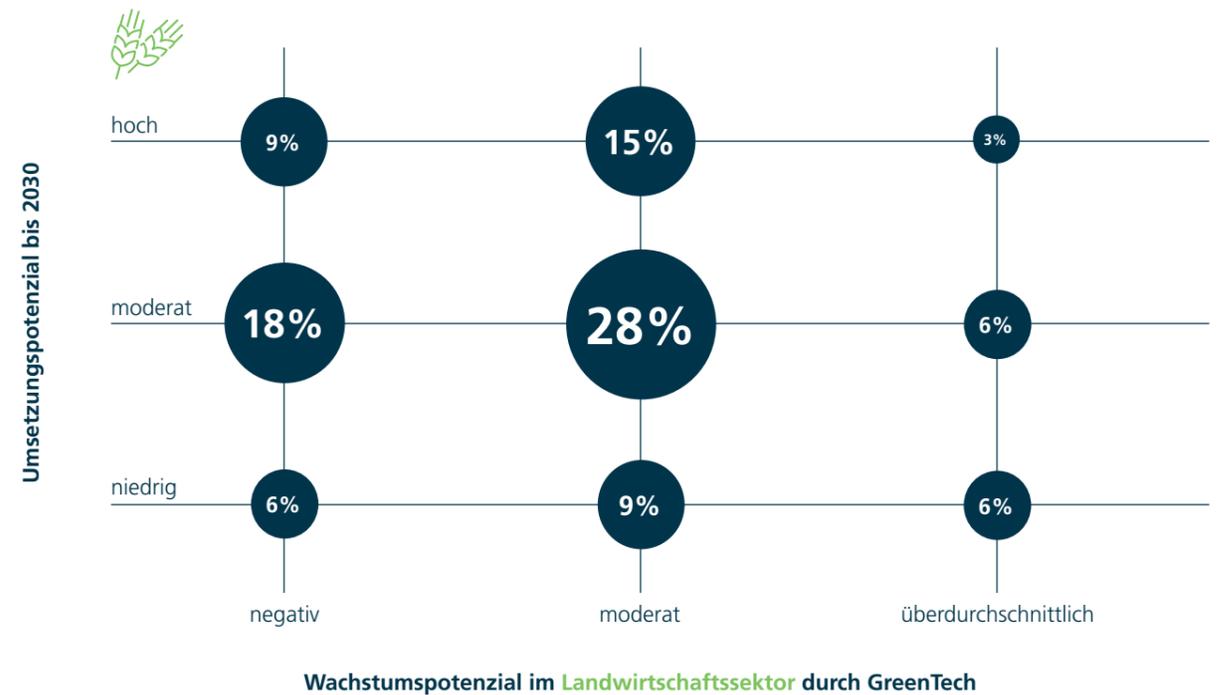


Abb. 16: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Landwirtschaftssektor (n=34)

Abfallwirtschaft

Etwa die **Hälfte aller Expert_innen** bescheinigt der Abfallwirtschaft ein **überdurchschnittliches Wachstumspotenzial**. Weitere 44 % prognostizieren dem Sektor ein moderates Wachstum. Das hohe Wachstumspotenzial ergibt sich nach Meinung der Expert_innen aus innovativen GreenTech-Technologien wie der Anwendung von künstlicher Intelligenz bei der Abfallsortierung oder der Einführung von Produktpässen, die im Bereich der **Recycling-Wirtschaft** und der **Abfall-Logistik** eingesetzt werden können. Bemühungen um eine **Circular Economy** rücken die Abfallbranche in den Fokus und können Wachstumspotenziale generieren. Gleichzeitig handelt es sich um einen bislang mittelständisch geprägten, konservativen Sektor mit zahlreichen öffentlichen Betreibern und grundsätzlich eher geringer Investitionsbereitschaft, was die **Umsetzung** technologischer Innovationen erschwert. Die meisten Befragten sehen, dass es durchaus wertvolle und innovative Konzepte gibt, die teilweise auch schon seit Jahren eingeführt sind, an deren konsequenter Umsetzung es jedoch scheitert. Erfolgreiche Recycling-Bemühungen führen mittel- bis langfristig

außerdem zu einer **Verringerung des Abfallaufkommens** und damit zu einem geringeren oder gar negativen Branchenwachstum.

Vergleich zum Referenzmodell

Insgesamt bestätigen die Expert_innen das im Referenzmodell aufgezeigte mikro- und makroökonomische Wachstumspotenzial von GreenTech. Es besteht ein **breiter Konsens** bezüglich der ökonomischen Effekte von GreenTech. Laut den befragten Expert_innen kann in den kommenden Jahren ein **dynamisches Wachstum** in der GreenTech-Branche erwartet werden, das zur **Schaffung neuer Arbeitsplätze** bzw. einer Arbeitsplatzverlagerung in die GreenTech-Branche führen wird. Zudem dürften GreenTech-Innovationen dafür sorgen, dass Unternehmen **unabhängiger von Lieferanten** und Geschäftsmodelle tendenziell **robuster** werden. Wie im Referenzmodell beschrieben, stehen diese ökonomischen Effekte von GreenTech in **Wechselwirkung** mit ökologischen und sozialen Effekten.

Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial

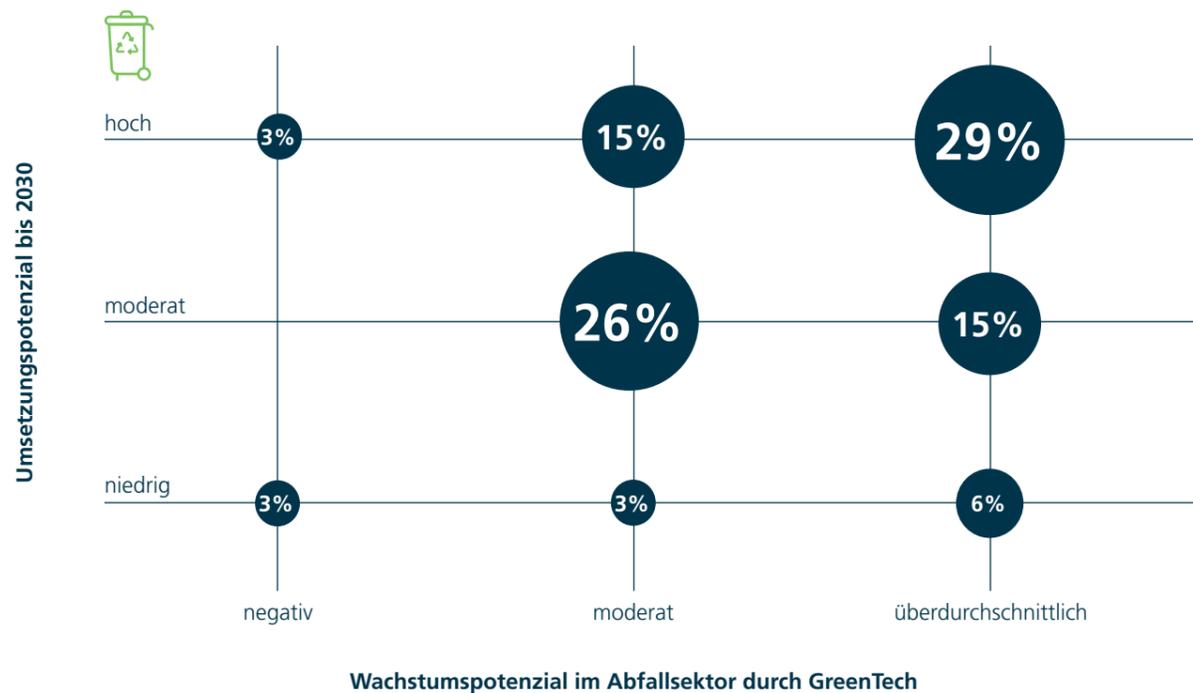


Abb. 17: Einschätzung von Wachstums- und Umsetzungspotenzial im Abfallsektor (n=34)

4.5

Soziale Effekte von GreenTech

Analog zu den Dimensionen Ökonomie und Ökologie wurden die Expert_innen nach den sozialen Auswirkungen von GreenTech befragt. Auch hier waren Mehrfachnennungen möglich. Ähnlich wie bei den ökologischen Auswirkungen fiel es den Expert_innen schwer, soziale Effekte zu quantifizieren. Oft sind diese Effekte zusammenhängend, außerdem resultieren sie überwiegend aus den ökonomischen und ökologischen Effekten. Im Folgenden werden die Dimensionen aufgeführt, bei denen von den Expert_innen soziale Effekte benannt wurden.

Wie in Kapitel 4.4 bereits beschrieben, wird als wichtigster sozioökonomischer Effekt von GreenTech die **Schaffung neuer und nachhaltiger Arbeitsplätze** genannt (42 % der Expert_innen). Startups im GreenTech-Sektor wird eine bedeutende Rolle bei den positiven sozialen Effekten von GreenTech zugeschrieben, da sie durch ihre Geschäftsmodelle stabile, sichere Arbeitsplätze mit einem langen Zeithorizont bieten. Dieser Effekt von Startups sollte langfristig gefördert werden, um Chancen für neue Arbeitsplätze auf Basis von GreenTech-Geschäftsmodellen zu ermöglichen. Insbesondere in Deutschland gibt es ein großes Potenzial, durch GreenTech entstandene Arbeitsplätze durch Mitarbeiter aufzufangen, deren Arbeitsplätze nicht mehr zur Verfügung stehen (z. B. im Bereich der fossilen Energieträger).

20 % der befragten Expert_innen sehen ein hohes Potenzial, durch GreenTech **soziale Verantwortung** zu übernehmen. So werden Beispiele genannt, in denen Unternehmen ihre Lieferketten mit Hilfe digitaler Lösungen nicht nur hinsichtlich ihres Carbon Footprints, sondern auch hinsichtlich ihres sozialen Fußabdrucks verfolgen können. Auch wenn die Substitution fossiler Primärenergieträger durch GreenTech realisiert wird, werden weiterhin Rohstoffe benötigt (z. B. für Batterien), die oft aus sozial schwächeren Regionen gewonnen werden. Unternehmen, die diese Rohstoffe beziehen, können GreenTech nutzen, um in diesen Regionen menschenwürdige Arbeitsbedingungen zu schaffen und Ausbeutung und Kinderarbeit zu bekämpfen. An dieser Stelle müssen Unternehmen Verantwortung für die Einhaltung von Menschenrechten und Umweltstandards übernehmen – in der gesamten Lieferkette. Die Expert_innen sehen hierbei eine Schlüsselrolle im Einsatz von GreenTech. Die zunehmende Transparenz für Verbraucher_innen führt außerdem zu einer **Sensibilisierung hinsichtlich Umweltfreundlichkeit und sozialer Gerechtigkeit in der Kaufentscheidung**.

Die Experteninterviews zeigen aber auch, dass **regionale Unterschiede** die sozialen Auswirkungen von GreenTech beeinflussen (Nennung von 10 % der Expert_innen). So gibt es starke regionale Unterschiede in der Verbreitung von GreenTech, weshalb soziale Diskrepanzen entstehen können und daher eine homogene Verteilung angestrebt werden sollte. Beispielsweise wird durch E-Mobilität und die

Substitution fossiler Energieträger in Teilen der Gesellschaft eine Bedrohung für existierende Arbeitsplätze gesehen, was durch eine regionale Homogenisierung von GreenTech Arbeitsplätzen abgewendet werden kann. Die regionalen Unterschiede betreffen aber nicht nur den Arbeitsmarkt. Die regional unterschiedliche Verbreitung von GreenTech ist auch auf eine unterschiedliche Wahrnehmung der sozialen Schichten in den Regionen zurückzuführen. Beispielsweise werden Förderungen für Elektroautos in wirtschaftsstarke Regionen deutlich besser angenommen als in schwachen Regionen. Gleiches gilt für die Verbreitung von Greenfood Trends. Eine wichtige Aufgabe der Politik wird es daher in den kommenden Jahren sein, alle Gesellschaftsschichten und Regionen bei der Umsetzung von GreenTech-Initiativen mitzunehmen. Die Studienteilnehmer_innen betonen darüber hinaus die regional unterschiedlichen Umweltauswirkungen, bei denen vor allem in Regionen mit starken Umwelteinflüssen die Lebensqualität der Menschen durch GreenTech gesteigert werden kann.

„GreenTech im engeren Sinne zielt nicht direkt darauf ab, soziale oder gesellschaftliche Umstände zu verbessern, das ist dann eher ein indirekter Effekt.“

Dr. Holger Berg
Vice Director Division Circular Economy /
Co-Head Research Unit Digital Transformation
Abteilung Kreislaufwirtschaft – Digitale Transformation
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Regionale Unterschiede sind mehr oder weniger auch mit **sozialen Unterschieden in der Gesellschaft** verwoben (15 % der Expert_innen). So ist bei der Ausgestaltung von Mineralölsteuern, CO₂-Abgaben usw. darauf zu achten, dass diese sozial benachteiligten Menschen besonders hart treffen können. Zu beachten ist auch die Kostensteigerung durch den Zwang zu einem schnellen ökologischen Umstieg. Die Expert_innen sehen in GreenTech jedoch einen Weg,

solche Folgekosten zu minimieren und ein faires und soziales Miteinander zu ermöglichen, wobei GreenTech auch für alle erschwinglich und erreichbar sein sollte. Darüber hinaus wird betont, dass grüne Technologie sozial schwächeren Regionen zugute kommen kann, sofern es sich nicht nur um Großtechnologie handelt, sondern es viele Lösungen für kostengünstige, modulare Energiesysteme, Wasseraufbereitung usw. gibt, die in den Regionen gebaut werden können. Vor allem die Lebensqualität von Menschen, die in Regionen mit starken Umwelteinflüssen leben, kann durch GreenTech gesteigert werden. Auch der Open-Source-Ansatz für GreenTech-Lösungen wird unterstrichen. Die Expert_innen sind sich weitgehend einig, dass alle Ebenen der Gesellschaft von den positiven Effekten profitieren, da z.B. Städte ressourcen- und klimaeffizienter gestaltet werden können, was allen dort lebenden Menschen zugute kommt.

Nach Ansicht einiger Expert_innen können durch eine saubere Umwelt bzw. durch eine geringe Schadstoffbelastung ebenso positive soziale Effekte entstehen wie durch die Schaffung von Arbeitsplätzen, denn eine Steigerung der Gesundheit wirkt sich auch auf das soziale Gefüge einer Gesellschaft positiv aus (12 % der Expert_innen). Darüber hinaus werden von einigen Interviewpartnern die sozialen Effekte digitaler Technologien betont. Insbesondere während der COVID-Pandemie sorgten diese zur Aufrechterhaltung sozialer Beziehungen.

Die Expert_innen sehen auch starke **Generationsunterschiede**, wenn es um das Thema GreenTech geht. Während ältere Generationen Elektroautos noch skeptisch gegenüberstehen und an ihren großen Verbrennungsmotoren festhalten, haben jüngere Generationen eine ganz andere Einstellung zur Nutzung von Mobilität. Diese Beobachtung wird nicht nur im Mobilitätsbereich gemacht, sondern auch bei alltäglichen Aktivitäten wie Einkaufen oder Essen gehen. Auch hier setzt die junge Generation eher auf „trendige“ Green-Food-Produkte. Insgesamt gibt es eine hohe Übereinstimmung zwischen den Expertenmeinungen und der sozialen Dimension des Referenzmodells, die in Kapitel 2.3.3 beschrieben wird, z.B. gesunde Lebensräume, Auswirkungen auf Arbeitsplätze, soziale Gerechtigkeit, aber auch gesellschaftliches Umweltbewusstsein und die Zukunftsfähigkeit unseres Lebensraums.



„Ich sehe eine riesen Chance für Deutschland im europäischen Kontext Vorreiter zu sein, wenn wir es schaffen diesen Quantensprung der ökologischen Wende zu vollbringen. Das ist auch eine Chance für die Fortführung traditioneller Familienunternehmen, besonders weil sie die Art von langfristiger & nachhaltiger Wertschöpfung anders sehen. Und das hat dann auch soziale Effekte. Wenn wir diese Werte gemeinsam nutzen, gemeinsam finden, dann können wir sozialen Frieden erreichen.“

Harald Neidhardt,
CEO & Curator at Futur/io Institute

4.6

Evaluation der politischen Agenda der neuen Bundesregierung

Die befragten Expert_innen wurden gebeten, anhand einer standardisierten Skala von 1 (= überhaupt nicht) und 6 (= voll und ganz) den Grad ihrer Zustimmung zu Zielen und Maßnahmen der Bundesregierung in Bezug auf die Förderung von GreenTech zu äußern. Dabei erfolgte eine Unterteilung in sechs Unterfragen:

- Die Ziele und Maßnahmen sind geeignet, um GreenTech hinreichend zu fördern.
- Die Ziele und Maßnahmen sind in Bezug auf die Substitution fossiler Primärenergiequellen hinreichend gestaltet.
- Die Ziele und Maßnahmen sind in Bezug auf Ressourcenschutz und -effizienz hinreichend gestaltet.
- Die Ziele und Maßnahmen sind in Bezug auf die Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft hinreichend gestaltet.
- Die Ziele und Maßnahmen reichen aus, um Deutschland im internationalen Wettbewerb erfolgreich als Exportnation aufzustellen.
- Digitale Technologien werden bislang in ausreichendem Maße als GreenTech bzw. Treiber für GreenTech thematisiert.

Die Beantwortung dieser Fragestellung war 36 Interviewteilnehmern möglich. Die größte Zustimmung erfahren Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung zur **Förderung von GreenTech**. Etwa **60 % der Befragten** haben hier eine 4 oder 5 gewählt und stufen damit die Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung als grundsätzlich geeignet ein, um GreenTech zu fördern. Gleichzeitig wird festgestellt, dass insbesondere die **Umsetzung konkreter Maßnahmen noch ausstehend oder ausbaufähig** sind. Dies drücken fast 40 % der Teilnehmer_innen aus, indem sie eine 2 oder eine 3 vergaben. Die Ziele der neuen Bundesregierung werden vom Großteil der Interviewpartner als durchaus geeignet betrachtet, an konkreten Maßnahmen zur Umsetzung fehlt es nach Ansicht der Befragten noch häufig. Daher wurde die volle Zustimmung bei dieser Unterfrage nicht erteilt.

Volle Zustimmung (gleich 6 auf der Skala) vergaben überhaupt nur 9 % der Befragten bei der Unterfrage, ob **Digitale Technologien als Treiber von GreenTech** durch die Bundesregierung angemessen thematisiert werden. Insbesondere konkrete Maßnahmen des Bundes zur Förderung von Digitalisierungsaktivitäten und dem Ausbau der digitalen Infrastruktur tragen zu dieser positiven Einschätzung

bei. Gleichzeitig haben bei dieser Unterfrage **über 40 % der Expert_innen keine oder fast keine Zustimmung gegeben**, indem sie eine 1 oder eine 2 auf der Skala gewählt haben. Dies verdeutlicht, dass noch **deutlich stärkere Signale** zur Förderung von GreenTech auf Bundesebene gewünscht und nach Ansicht der Befragten notwendig sind.

Ziele und Maßnahmen zur **Förderung der Substitution fossiler Primärenergiequellen** werden von den befragten Expert_innen ähnlich eingeschätzt wie Ziele und Maßnahmen zur Förderung von Ressourcenschutz und -effizienz. Jeweils 36 % bzw. 29 % stimmen zu, dass die Ziele und Maßnahmen in diesen Bereichen geeignet sind. Der Großteil der Befragten schätzt die Ziele und Maßnahmen allerdings als noch lange **nicht ausreichend** ein und hat daher eine 1, 2 oder 3 auf der Skala vergeben. Bei der Einschätzung der Substitution fossiler Primärenergiequellen betrifft diese Einschätzung 64 % der Befragten, bei der Einschätzung der Ziele und Maßnahmen zu Ressourcenschutz und -effizienz sogar 71 % der Befragten. Insgesamt scheiden die Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung zur Substitution fossiler Primärenergiequellen daher besser ab als die Ziele und Maßnahmen für Ressourcenschutz und -effizienz. Einige Befragte differenzieren bei Ihrer Einschätzung wieder zwischen Zielen und Maßnahmen. Die im Koalitionsvertrag verankerten Ziele werden durchaus positiv eingeschätzt, konkrete Maßnahmen sind hingegen erst schwach zu erkennen.

Am geringsten scheinen aktuell Bemühungen der Regierung zur Förderung der **Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft** wahrgenommen zu werden. Ganze 86 % der Expert_innen können hier keine oder nur schwache Ziele und Maßnahmen erkennen und wählten daher eine 1, 2 oder 3 auf der Skala. Lediglich 14 % erkennen Ziele und Maßnahmen und wählten eine 4 oder eine 5. Die volle Zustimmung wurde auch hier nicht gegeben. Besonders im Vergleich mit anderen Ländern wie Großbritannien oder Frankreich, die bereits Regelwerke zur Kreislaufwirtschaft auf den Weg gebracht haben, schneidet Deutschland nach Ansicht der Interviewpartner schlecht ab.

Hingegen sind aus Sicht der befragten Expert_innen Ziele und Maßnahmen zur **Positionierung von Deutschland als Exportnation** durchaus erkennbar. Fast die Hälfte (44 %) der Befragten sehen Ziele und Maßnahmen, wenngleich auch hier die Ziele wieder präsenter sind als die Maßnahmen. Die volle Zustimmung in Form einer 6 wurde wiederum nicht vergeben.

Wie schätzen Sie die Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung ein?

Ziele und Maßnahmen fördern GreenTech



Ziele und Maßnahmen fördern die Substitution von Primärenergiequellen



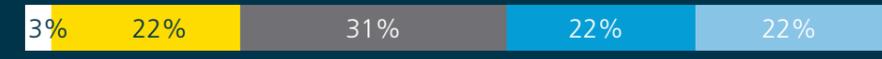
Ziele und Maßnahmen fördern Ressourcenschutz und -effizienz



Ziele und Maßnahmen fördern die Transformation zur Kreislaufwirtschaft



Ziele und Maßnahmen fördern die Position von D als Exportnation



Digitale Technologien werden als Treiber von GreenTech thematisiert

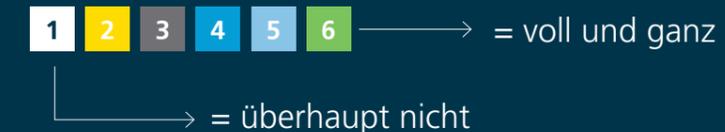


Abb. 18: Einschätzung der Befragten zu Zielen und Maßnahmen der Bundesregierung (n=36)

Wie schätzen Sie die Ziele und Maßnahmen von Unternehmen ein?

Ziele und Maßnahmen fördern GreenTech



Ziele und Maßnahmen fördern die Substitution von Primärenergiequellen



Ziele und Maßnahmen fördern Ressourcenschutz und -effizienz



Ziele und Maßnahmen fördern die Transformation zur Kreislaufwirtschaft



Ziele und Maßnahmen fördern die Position von D als Exportnation



Digitale Technologien werden als Treiber von GreenTech thematisiert

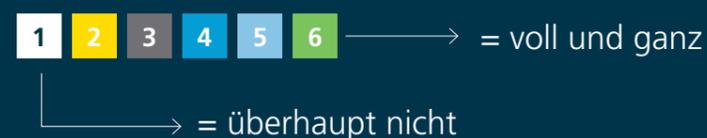


Abb. 19: Einschätzung der Befragten zu Zielen und Maßnahmen von Unternehmen (n=35)

4.7

Evaluation der Anwendung von GreenTech durch Unternehmen

Darüber hinaus wurden die befragten Expert_innen gebeten, anhand der in Kapitel 4.6 bereits erwähnten standardisierten Skala von 1 (= überhaupt nicht) bis 6 (= voll und ganz) den Grad ihrer Zustimmung zu Zielen und Maßnahmen zur Förderung von GreenTech durch Unternehmen im Allgemeinen einzuschätzen. Wiederum erfolgt die Unterteilung in die in Kapitel 4.6 dargestellten sechs Unterfragen. Diese Fragestellung konnte von 35 Interviewteilnehmern beantwortet werden.

„GreenTech in Unternehmen ist heute meistens Greenwashing. Nennen Sie mir eine Marke, deren Nachhaltigkeitskampagne sich dauerhaft verfangen hat. Wo man sagt: „Ja, die sind es.“ Mir fällt keine ein!“

Christian von den Brincken,
General Manager, Sröer Core GmbH & Co. KG

Verglichen mit der in Kapitel 4.6 erläuterten Einschätzung von Zielen und Maßnahmen der Bundesregierung werden die Ziele und Maßnahmen von Unternehmen von den Expert_innen **fast in allen Unterfragen gleich gut oder besser bewertet**. Lediglich die **Förderung von GreenTech** durch die Unternehmen wird von den Expert_innen etwas schlechter eingeschätzt. Hier gaben knapp 50 % ihre Zustimmung in Form einer 4 oder einer 5 auf der Skala, verglichen mit ca. 60 % bei der Beurteilung der Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung. Auch die Bemühungen der Unternehmen hin zu einer **Kreislaufwirtschaft** werden von den Expert_innen mit 12 % Zustimmung etwas schlechter eingeschätzt als die der Bundesregierung (14 % Zustimmung). Die volle Zustimmung in Form einer 6 wurde nicht gewählt. Begründet wurde diese zurückhaltende Einschätzung damit, dass vor allem der in Deutschland traditionell verankerte Mittelstand in diesem Bereich noch zu wenig tut. Größeren Unternehmen hingegen wurde von den Expert_innen bescheinigt, bereits wirkungsvolle Maßnahmen in Angriff genommen zu haben. Zum Teil werden jedoch speziell die Maßnahmen von Großunternehmen kontrovers gesehen.

Bemühungen der Unternehmen zur **Substitution fossiler Primärenergiequellen** werden mit **über 43 % Zustimmung in Form einer 4, 5 oder gar 6 deutlich besser eingeschätzt** als die der Bundesregierung. Auch im Bereich des **Ressourcenschutzes** und der **Ressourceneffizienz** werden Ziele und Maßnahmen besser bewertet als die der Bundesregierung. Immerhin 14 % der Befragten drücken hier ihre starke oder volle Zustimmung in Form einer 5 oder 6 aus. Eine deutliche Mehrheit der befragten Expert_innen (66 %) kann hier allerdings keine oder nur wenige Ziele und Maßnahmen erkennen und wertete dies mit einer 1, 2 oder 3 auf der Skala.

Bei der **Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft** wird von den Expert_innen auf Seiten der Unternehmen **ähnlich viel Bedarf** gesehen wie auf Seiten der Bundesregierung. So drücken ebenfalls 86 % ihre kritische Sicht auf die Aktivitäten von Unternehmen in diesem Bereich aus, indem sie eine 1, 2 oder 3 vergaben. Allerdings ist der Anteil der Befragten, die gar keine Zustimmung geben konnten und daher eine 1 wählten, mit 6 % nur etwa halb so groß verglichen mit der Einschätzung der Ziele und Maßnahmen der Bundesregierung. Einige Interviewpartner sehen hier eine starke Differenzierung in ihrer Einschätzung je nach Sektor. So werden die Bemühungen im vielproduzierenden Gewerbe oder im Handel durchaus positiv eingestuft.

Die Positionierung von **Deutschland als Exportnation** durch Unternehmen wird sehr ähnlich eingestuft wie die Bemühungen der Bundesregierung in diesem Bereich. Fast die Hälfte der Befragten (44 %) sehen hier, dass Ziele und Maßnahmen auf den Weg gebracht werden, um Deutschland im Bereich GreenTech international zu stärken. Auch hier wurde von einigen Befragten der Handel wieder als positives Beispiel genannt. In der deutschen Automobilindustrie sehen dagegen einige Befragte eher Nachholbedarf.

Der Einsatz und die **Thematisierung digitaler Technologien** als Treiber von GreenTech werden von den befragten Expert_innen unternehmensseitig am besten bewertet. Ganze 12 % konnten hier ihre volle Zustimmung in Form einer 6 geben. Weitere 33 % stimmten mit einer 4 oder einer 5 ebenfalls zu. Damit schneiden Unternehmen bei dieser Frage deutlich besser ab als die Bundesregierung. Als Begründung für diese positive Einschätzung wurde häufig genannt, dass der Großteil der Unternehmen inzwischen die Bedeutung der Digitalisierung erkannt hätte und bspw. eigene, vorstandsnaher Digitaleinheiten geschaffen hätte. Dies sei als wichtiger Schritt für die Verankerung der Digitalisierung im gesamten Unternehmen zu sehen und Grundvoraussetzung für die Aufnahme von konkreten Maßnahmen.

Zusätzlich zu der oben analysierten Einschätzung von Zielen und Maßnahmen von Unternehmen im Allgemeinen wurden die Expert_innen gebeten, wenn möglich eine Einschätzung des eigenen Unternehmens hinsichtlich der aufgeführten Unterfragen vorzunehmen. Aufgrund der Position oder der Unternehmensstruktur der Befragten war diese Beurteilung nur 19 Interviewpartnern möglich.

Auffällig ist, dass die Einschätzung der **Ziele und Maßnahmen des eigenen Unternehmens** über alle Unterfragen hinweg **deutlich besser ausfällt** als die der Bundesregierung oder der Unternehmen im Allgemeinen. So werden Ziele und Maßnahmen zur **Förderung von GreenTech** von über **80 % der Befragten** als geeignet eingestuft, 16 % geben sogar die volle Zustimmung in Form einer 6. Bei der Einschätzung der Unternehmen allgemein lag dieser Wert gerade mal bei knapp 50 %, wobei eine volle Zustimmung von keinem Interviewpartner gegeben worden war.

Zu erklären ist diese positive Einschätzung über alle Unterfragen hinweg mit der Zusammensetzung der Stichprobe. Die Einschätzung des eigenen Unternehmens wurde hauptsächlich von Expert_innen vorgenommen, die entweder in einem Unternehmen der GreenTech Branche tätig sind oder in einem großen Industrieunternehmen explizit mit dem Thema Förderung von Nachhaltigkeit oder ähnlichen Themen beauftragt sind und daher Unternehmen vertreten, die bspw. im Bereich Klimaneutralität bereits unabhängig zertifiziert sind und in deren Wertesystem und Mindset das Thema GreenTech, Klimaschutz und Nachhaltigkeit bereits stark verankert sind. Gleichzeitig wurde von einigen Interviewpartnern betont, dass zwar große Bemühungen im eigenen Unternehmen stattfinden, gerade aber ein Konzern aufgrund seiner Größe eine angemessene Umsetzungsgeschwindigkeit wählen muss.

Den größten Bedarf an **klaren Zielen und Maßnahmen** des eigenen Unternehmens sehen die Befragten im Bereich der **Transformation zu einer Kreislaufwirtschaft** (50 %), der Substitution fossiler Primärenergiequellen (26 %) und der Thematisierung von digitalen Technologien als Treiber von GreenTech (24 %).

Die folgende Abbildung zeigt die in Kapitel 4.6 und 4.7 aufgezeigten Einschätzungen der sechs Unterfragen im Vergleich nach den Akteuren Bundesregierung, Unternehmen im Allgemeinen und eigenes Unternehmen.



Wie schätzen Sie die Ziele und Maßnahmen ihrer eigenen Organisation ein?

Ziele und Maßnahmen fördern GreenTech



Ziele und Maßnahmen fördern die Substitution von Primärenergiequellen



Ziele und Maßnahmen fördern Ressourcenschutz und -effizienz



Ziele und Maßnahmen fördern die Transformation zur Kreislaufwirtschaft



Ziele und Maßnahmen fördern die Position von D als Exportnation



Digitale Technologien werden als Treiber von GreenTech thematisiert

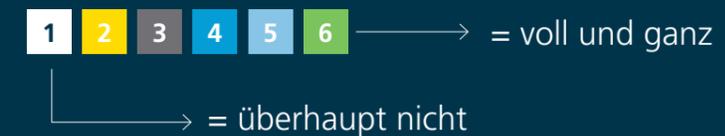
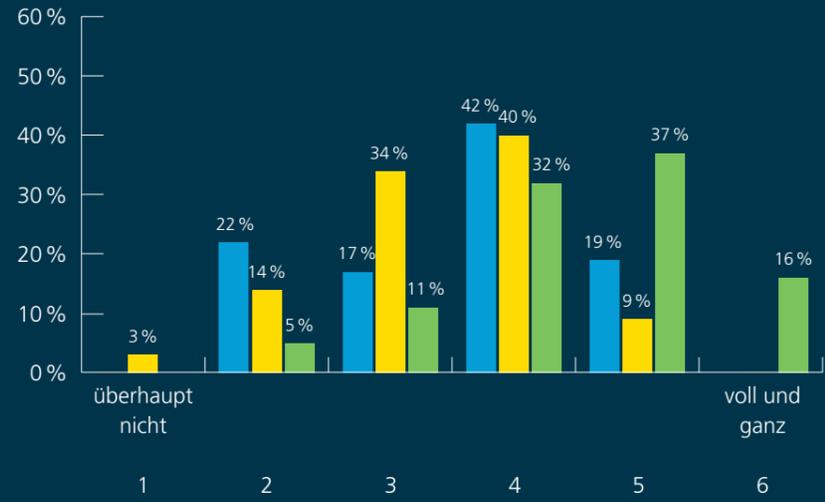


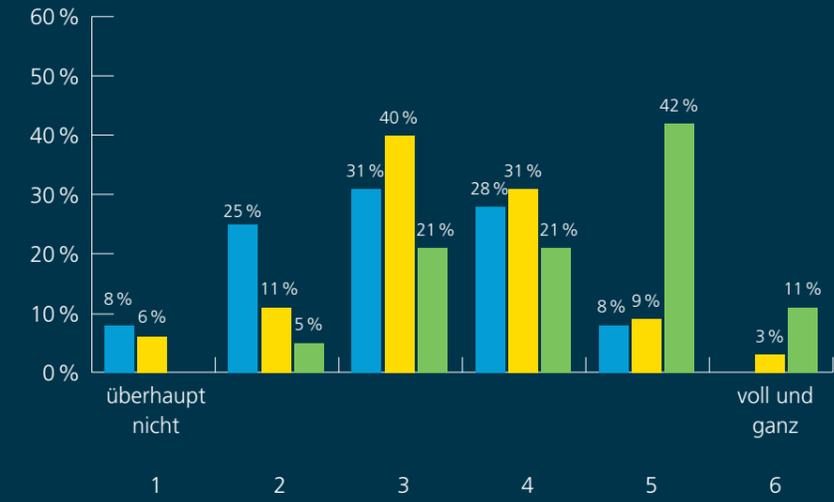
Abb. 20: Abbildung der Befragten zu Zielen und Maßnahmen der eigenen Organisation (n=19)

VERGLEICH

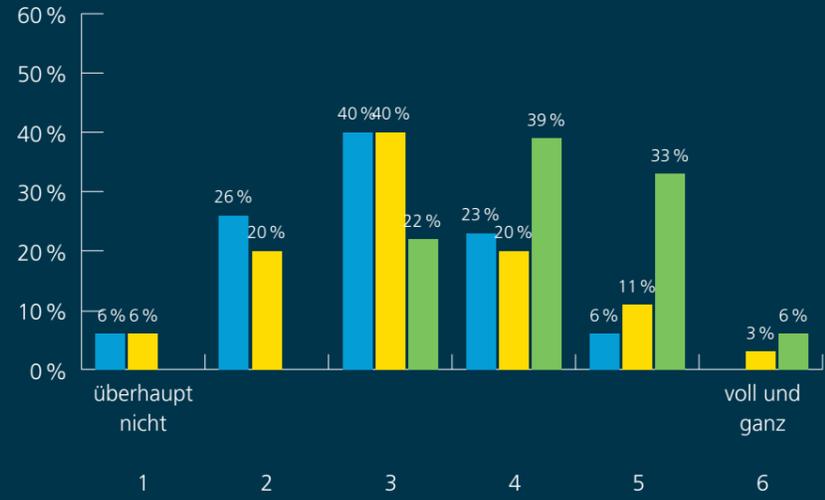
Ziele und Maßnahmen fördern GreenTech



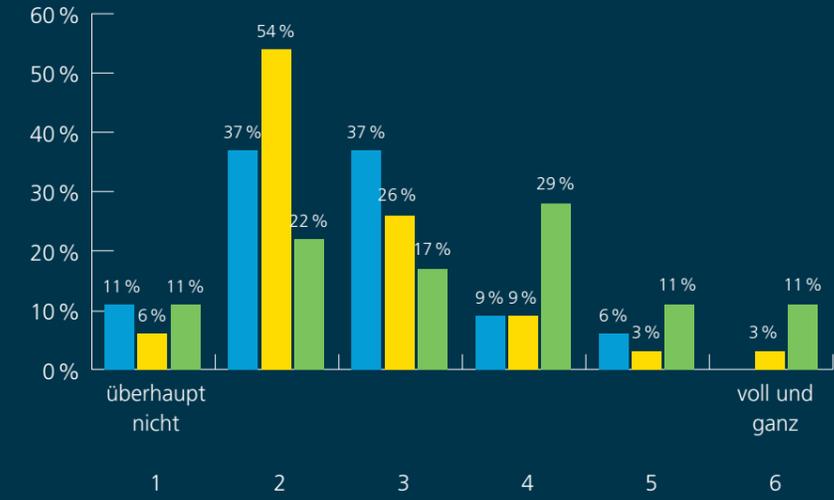
Ziele und Maßnahmen fördern die Substitution primärer Energiequellen



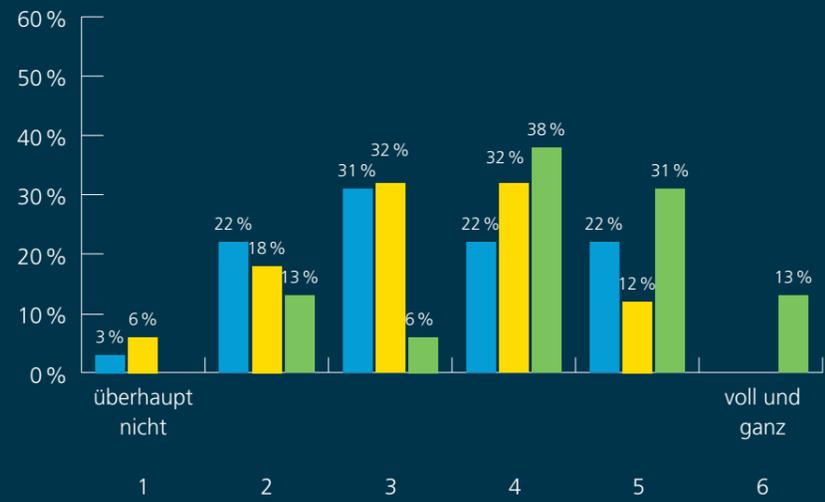
Ziele und Maßnahmen fördern Ressourcenschutz und -effizienz



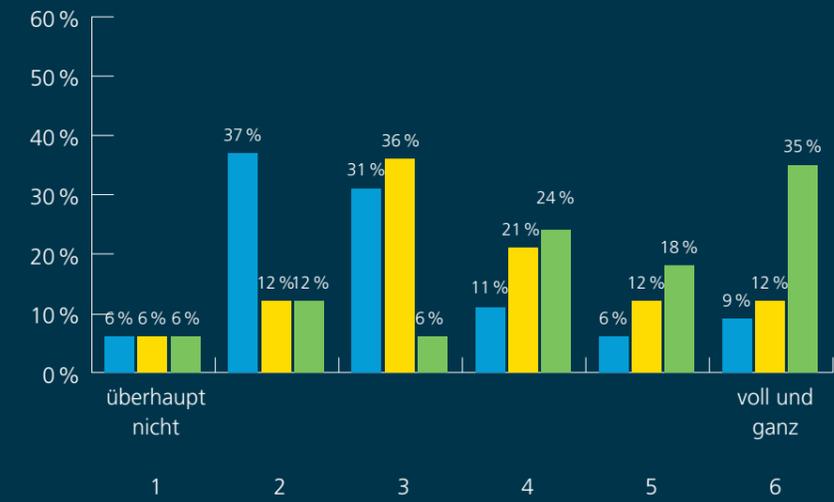
Ziele und Maßnahmen fördern die Transformation zur Kreislaufwirtschaft



Ziele und Maßnahmen fördern die Position von Deutschland als Exportnation



Digitale Technologien werden als Treiber von GreenTech thematisiert



Eigenes Unternehmen

Unternehmen allgemein

Bundesregierung

Abb. 21: Einschätzung von Zielen und Maßnahmen der Bundesregierung, von Unternehmen und des eigenen Unternehmens im Vergleich.

4.8

Zentrale Erfolgsfaktoren

Abschließend wurden die Expert_innen nach den wichtigsten Erfolgsfaktoren gefragt, die notwendig sind, um GreenTech bis 2030 zu fördern. Die meisten Expert_innen identifizierten wesentliche Erfolgsfaktoren, insbesondere in den Bereichen Finanzierung und Förderung, politische Rahmenbedingungen sowie Forschung und Entwicklung.

Die Mehrheit der Befragten sieht die **Finanzierung und Förderung von GreenTech** als zentrales Gestaltungselement. So spielen die Fördertöpfe eine wichtige Rolle, um GreenTech-Innovationen am Standort Deutschland voranzubringen. Die gewählte Technologie spielt dabei keine Rolle; die Expert_innen betonen die Notwendigkeit, technologieoffen zu bleiben, um Verbesserungen zu generieren. Nach Ansicht der Expert_innen scheint inzwischen die Bedeutung des Förderbedarfs auch von der Bundesregierung erkannt worden zu sein. Kritisch gesehen wird die Komplexität der Förderlandschaft mit zahlreichen Förderprogrammen und -strukturen, ebenso wie langwierige und schwierige Antragsverfahren. Letzteres ist gerade für Startups wichtig, denn mit langwierigen Bewerbungsverfahren, bei denen die Antwort erst nach einem halben Jahr vorliegt, bleiben agile Unternehmen, die dynamisch ihr Geschäftsmodell finden, auf der Strecke. So sollte staatliche Förderung nicht bremsen, sondern beschleunigend wirken. Neben diesen politischen Maßnahmen wird die Bedeutung der Privatwirtschaft von einigen Befragten hervorgehoben. So plädieren diese für eine stärkere Investition durch die Privatwirtschaft.

„Aus Investment Perspektive wird diese sogenannte ESG-Thematik immer größer, definitiv.“

Dr. Jan-Claudio Muñoz,
Partner bei Alter Equity

Auch wenn die Erfolgsfaktoren im Bereich der Finanzierung und Förderung eng mit den **politischen Rahmenbedingungen** verknüpft sind, werden die Maßnahmen der politischen Rahmenbedingungen von den Expert_innen gesondert genannt und rangieren an zweiter Stelle der häufigsten Erfolgsfaktoren. Von der Politik erhoffen sich die Expert_innen verlässliche und ambitionierte Ziele und Rahmenbedingungen. Im Vordergrund steht dabei die Planbarkeit durch eine langfristige, stabile und berechenbare politische Strategie. Auch die **Entbürokratisierung** wird als Erfolgsfaktor genannt, denn wie im Bereich der Förderung und Finanzierung fordern die Expert_innen schnellere Entscheidungen. Die Straffung von Entscheidungsprozessen wird daher branchenübergreifend genannt, sowohl für die Gründung neuer Unternehmen, für die Möglichkeit neuer Geschäftsmodelle, als auch für den Betrieb von erneuerbaren Energien und für den Bereich Software/Ressourceneffizienz. Darüber hinaus wird ein besserer Zugang zu Projekten im GreenTech-Sektor gefordert, wo noch viel zu viel nationalisiert und standardisiert ist. Gerade Startups kommen oft nicht vom Fleck, auch wenn sie gute Ideen

haben. Deshalb muss es künftig einfacher werden, gute Ideen aus dem Startup-Umfeld in öffentliche Projekte einzubringen.

„Wir brauchen Investitions- und Genehmigungs-Erleichterungen. Es kann nicht sein, dass wir in Deutschland hier Genehmigungsverfahren von drei oder vier Jahren haben für grüne Technologien. Da müssen wir viel schneller werden.“

Kevin Bär,
Senior Manager Sales and Growth Global, E.ON

„Wir müssen erreichen, dass die besten Founder nach Deutschland kommen oder wir hier existierendes Potenzial besser nutzen.“

Dr. Jan-Claudio Muñoz,
Partner bei Alter Equity

Außerdem legen die Expert_innen großen Wert auf die großen Ziele, die notwendig sind, um Innovationen voranzutreiben. Der European Green Deal wird als gutes Beispiel genannt, das dazu beiträgt, ein gemeinsames Ziel zu erreichen. Dies ist auch wichtig, um langfristige Effekte zu erzielen. Denn gerade private und industrielle Investitionsentscheidungen brauchen ein klar definiertes Umfeld und damit eine **klar definierte Strategie**. Das liegt nicht nur an der Politik und der Bundesregierung, sondern auch an einzelnen Unternehmen, die sich im Bereich GreenTech positionieren wollen. Ohne die richtigen Partner im Boot ist es jedoch nicht einfach, große Ziele zu erreichen. Die Expert_innen setzen auf die **Vernetzung der Akteure**, denn es reicht nicht mehr aus, erfinderisch zu sein. Es braucht ein gemeinsames Verständnis und internationale Partner, damit Deutschland auf dem internationalen Markt bestehen kann. International funktionierende Wertschöpfungsketten und -modelle sind längst unverzichtbar für den Erfolg.

Um der Umweltverschmutzung und dem verschwenderischen Umgang mit Ressourcen entgegenzuwirken, sehen die Expert_innen die Notwendigkeit, den **Ressourcenverbrauch zu bepreisen und zu steuern**. Eine CO₂-Beprei-

sung mit verlässlichen Steigerungsraten wird als geeignetes Instrument dafür gesehen. Auch der CO₂-Fußabdruck von Produkten und Unternehmen soll mit allen finanziellen Faktoren in den Unternehmensbericht aufgenommen werden, denn Ökologie ist genauso wichtig wie der erwirtschaftete Umsatz. Für den nachhaltigen Erfolg von GreenTech sehen die Expert_innen den **marktwirtschaftlichen Anreiz** als weiteren Erfolgsfaktor, denn die Produkte sollen sich mit wenig oder gar keinen staatlichen Subventionen auf dem Markt behaupten können. Schließlich ist das beste Produkt oder die beste Technologie, die nicht gekauft wird, kein Produkt. Um weltweit erfolgreich zu sein, müssen deutsche Unternehmen kommerziell und technisch wettbewerbsfähig sein. Politische Rahmenbedingungen wie der Carbon Border Adjustment Mechanism o.ä. können dabei helfen. Ein Markt, auch wenn er politisch gemacht und reguliert ist, bietet letztlich den Rahmen, in dem Unternehmen agieren können.

Der dritthäufigste Erfolgsfaktor unter den Expert_innen ist der Bereich der **Forschung und Lehre**. Vor allem die angewandte Forschung wird in den Vordergrund der Förderung und Intensivierung gerückt. So soll in kluge Köpfe mit entsprechenden Weiterbildungsmaßnahmen investiert werden, aber auch mehr Studiengänge, die sich mit dem Thema GreenTech beschäftigen, sollen eingerichtet und gefördert werden. Auf diese Weise erhoffen sich die Expert_innen einen stärkeren Transfer von Forschungsleistungen in die Wirtschaft. Außerdem sehen die befragten Expert_innen Unternehmen in einer wichtigen Rolle, denn sie können durch die Kompetenzentwicklung ihrer Mitarbeitenden nachhaltig an Innovationen mitwirken. Obwohl dies in erster Linie mit Kosten verbunden ist, sehen die Expert_innen einen hohen Return of Investment in der erfolgreichen Weiterbildung der eigenen Mitarbeitenden. Die Unternehmen haben eine große Aufgabe, denn die Expert_innen sehen die Förderung der technischen Ausbildung als das Wichtigste an. Sie betonen, dass die technische Ausbildung bei den Jugendlichen immer mehr in den Hintergrund gedrängt wird und die Unternehmen bald eklatante Wissens-, Mitarbeiter- und Qualifikationslücken haben werden. Wenn es nicht gelingt, die Menschen wieder für technische Berufe zu begeistern, dann sehen sie Deutschland als Exportnation zunehmend ins Abseits geraten. Denn ohne eine innovative Umsetzungskraft im Land wird Technologie gekauft und genutzt, statt selbst entwickelt und exportiert zu werden. Deutschland muss mehr in Forschung und Lehre im technischen Bereich investieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die Tatsache, dass GreenTech eine soziale Komponente hat, wurde in verschiedenen Bereichen der Studie mehrfach aufgegriffen. Es gibt auch Erfolgsfaktoren, die die soziale Ebene beeinflussen. So muss GreenTech **Akzeptanz** in der Gesellschaft finden. Dies erfordert einen **Mindshift** in der Bevölkerung. Dieser Bewusstseinswandel kann durch die **Emotionalisierung** der Produkte und durch die **richtige Kommunikation** geschaffen werden.

Hierfür ist ein gesellschaftliches Umdenken notwendig. Die Expert_innen sind der Meinung, dass sich das Thema zu

einem Lifestyle entwickelt, der sich weit über eine soziale Blase hinaus etablieren sollte. Hier sehen sie Politik und Unternehmen gleichermaßen in der Verantwortung. Die Politik muss dafür sorgen, dass sie die Mehrheit nicht ignoriert und das Thema Nachhaltigkeit auch die Bürger_innen erreicht, die sich noch keine Gedanken darüber gemacht haben. So stellen die Expert_innen fest, dass die Kommunikation des Themas oft in einer isolierten Blase stattfindet und die Mehrheit der Bürger_innen nicht erreicht. Unternehmen sollten GreenTech nicht nur auf Marketingfolien präsentieren, sondern die entwickelten und eingesetzten Umweltlösungen und -systeme für die Menschen greifbar machen, um das Thema GreenTech zu verankern.

„Durch GreenTech müssen Wert-schöpfung und Wohlstand generiert werden, sonst haben wir ein Akzeptanz-Problem.“

Conrad Hammer,
Leiter Team Bund-Länder-Kommunen Koordinierung,
Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur bei der NOW GmbH

Die Expert_innen schätzen auch die Bedeutung der **Technologieoffenheit** für den Erfolg von GreenTech bis 2030 ein. Es ist wichtig, nicht immer einer Technologie den Vorrang zu geben, da sonst andere Technologien auf der Strecke bleiben. Denkbar wäre, Förderanträge mit dem Ziel vor Augen auszuschreiben und nicht mit Vorgaben, wie genau etwas umgesetzt werden soll.

Ein wichtiger Hebel wird in der **Schaffung einer Kreislaufwirtschaft** gesehen, daher sollten sich alle Industriesektoren der Kreislaufwirtschaft widmen. Insbesondere die effizientere Zerlegung und Sortierung von Altmaterialien wird hier hervorgehoben. Auch wenn die Expert_innen hier bereits Maßnahmen erkennen, wird bis 2030 noch mehr erwartet. Die Verwirklichung der **Energie- und Verkehrswende** wird als weiterer Erfolgsfaktor genannt. Insbesondere bei der Energiewende sehen die Expert_innen Städte und Gemeinden in der Vorbildfunktion, um auch die privaten Haushalte zu motivieren.

Mehr **Unternehmergeist**, **mehr Mut** und mehr **Umsetzungsbereitschaft** sind von den Unternehmen gefordert. Die Unternehmen müssen den richtigen Zeitpunkt für die richtigen Maßnahmen finden und auch einfach den Mut haben, einen Trial-and-Error-Ansatz zu verfolgen.

Als weiterer Erfolgsfaktor für GreenTech wird schließlich die **skalierbare, nachhaltige Digitalisierung** gesehen. Das Thema Digitalisierung sollte auf jeden Fall stark vorangetrieben werden, denn es ist einfach eine Grundvoraussetzung für die Hebung der Potenziale in allen Bereichen. Dazu gehört auch die bereits erwähnte Personalentwicklung, denn eine Technologie, die kaum jemand bedienen kann, ist nicht nachhaltig. Darüber hinaus wird der Nutzung von Daten eine Schlüsselrolle zugemessen. Oft werden Daten nur für einzelne Bereiche genutzt, obwohl durch die Freigabe von Daten auch viele andere Prozesse verbessert werden könnten.

Letztendlich sehen die Expert_innen einen **integrierten Ansatz von Ökonomie, Ökologie und Sozialem** in einer ausgewogenen und gemeinsamen Betrachtung als relevanten Erfolgsfaktor an.

„Wir müssen uns vielleicht auch wieder ein bisschen stärker auf Gemeinsamkeiten verständigen und gemeinsam international solche Themen angehen. Denn Deutschland ist zu klein als wettbewerbsfähiger, internationaler Markt, und wenn wir im internationalen Vergleich Bestand haben wollen, dann erfordert das auf der vorhandenen Hochtechnologie international funktionierende Wertschöpfungsmodelle aufzusetzen und über Marktmacht dann auch durchhalten zu können. Das definiert vielleicht auch eine neue Qualität von Zusammenarbeit, vielleicht auch Nationalstolz, auch europäischer Nationalstolz, aber ich glaube, dieses ich bin erfinderisch der Beste, und deswegen wird es funktionieren, das reicht nicht mehr.“

Sven Krüger,
CEO & Co-Founder GREENTECH FESTIVAL

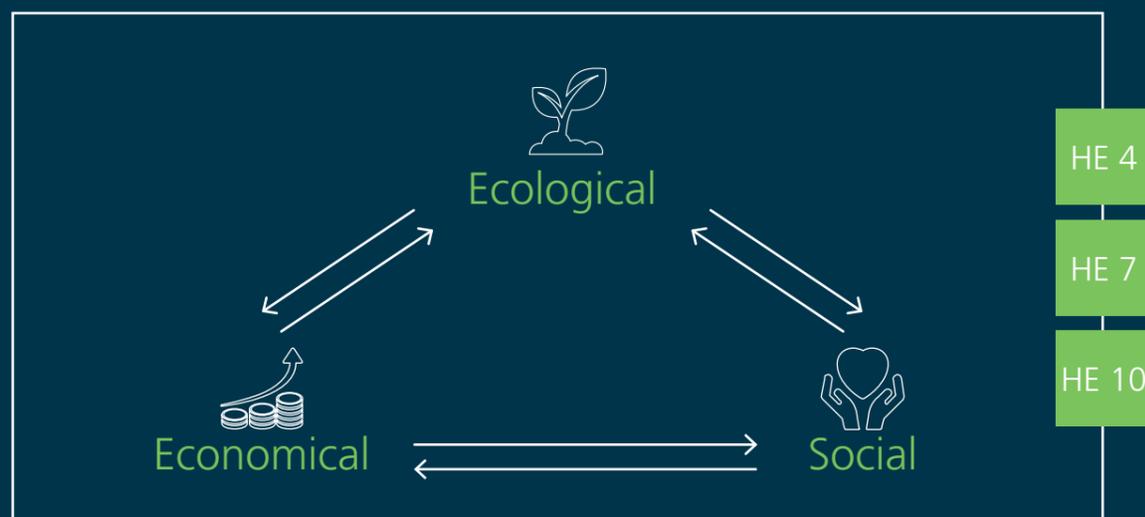
„Es muss gelingen, GreenTech als Erlebnis zu emotionalisieren, Begehrlichkeiten zu wecken und auch den Community-Gedanken zu verbreiten. Dann werden die Leute Schlange stehen wie bei Apple.“

Frank M. Rinderknecht,
Gründer und CEO der Rinspeed AG

GROWTH



IMPACT



CONCEPTS



Abb. 22: Zuordnung der Handlungsempfehlungen zum Referenzmodell

Für eine Fortsetzung der Erfolgsgeschichte „GreenTech – Made in Germany“ sind weitere Anstrengungen aus Politik und Wirtschaft erforderlich. Die vorliegende Studie bietet dafür ein Referenzmodell, sortiert die Ziele und Maßnahmen der neuen Bundesregierung in das Referenzmodell ein und setzt anschließend eine Evaluation durch eine Expertenbefragung um.

Aus den einzelnen Komponenten der vorliegenden Studie lassen sich die folgenden Handlungsempfehlungen für den Standort Deutschland ableiten. Diese wiederum können dem Referenzmodell aus Kapitel 2 zugeordnet werden. Auffällig ist, dass die Mehrheit der Handlungsempfehlungen auf das Thema „Growth by GreenTech“ abzielt.

dokumentiert werden. Damit lässt sich die Grundlage für eine **spätere Wiederverwertung wertvoller Materialien** legen, wie im Leitbild der Circular Economy vorgesehen. Die Bundesregierung sollte sich daher auf nationaler und europäischer Ebene für die standardisierte **Einführung entsprechender Produktpässe** einsetzen und höhere Wiederverwendungsquoten bei Produkten und Dienstleistungen festsetzen. Dies sollte mit einer umfassenden **Informationskampagne zur Umsetzung einer Circular Economy** verbunden werden, um relevante Interessengruppen der Gesellschaft auf die Ablösung der Linearwirtschaft vorzubereiten. Auch für Unternehmen gilt es, die Implementierung einer Circular Economy sektorübergreifend voranzutreiben, um neben den positiven ökologischen und sozialen Effekten die nachgewiesenen wirtschaftlichen Potenziale zu nutzen.

5.1

Technologie als Schlüsselfaktor zur Bewältigung der Klimakrise HE 1

Technologie ist der Schlüsselfaktor für die Bewältigung der Klimakrise. Darin sind sich alle befragten Expert_innen einig. Der Umbau zu einer sozio-ökologischen Marktwirtschaft wird auch durch die neue Bundesregierung betont. Allerdings finden sich im Koalitionsvertrag **zu wenige Hinweise auf die kritische Rolle der Technologie**. Der Begriff GreenTech wird durch die Bundesregierung nicht thematisiert. Dies gilt auch für die wesentliche Bedeutung digitaler Technologien für die Umsetzung von GreenTech. Die besondere Rolle von Innovation und Technologie bei der Bewältigung der Klimakrise und der Komplexität der Dekarbonisierung sollte sich jedoch wie ein roter Faden durch das Handeln von Politik und Unternehmen ziehen. Soweit Deutschland seine führende Rolle bei der Entwicklung von GreenTech ausbauen kann, lassen sich im Sinne des Nachhaltigkeitsdreiecks ökologische mit ökonomischen und sozialen Zielen integrieren.

5.3

Vision und Masterplan für eine nachhaltige Umsetzung HE 3

Die Analyse des Koalitionsvertrags und der Befund der Expertenbefragung zeigen auf, dass die neue Bundesregierung zum Start eine **große Bandbreite relevanter Ziele und Maßnahmen** formuliert hat. Aus Sicht der befragten Expert_innen fehlt jedoch eine **übergreifende Vision** und ein **konkreter Masterplan** für die Umsetzung. Durch eine ambitionierte Vision können unterschiedliche Themenbereiche kombiniert werden. Dies bildet auch die Grundlage für eine **klare Kommunikation** in Richtung der beteiligten Interessengruppen (Wirtschaft, Bürgerschaft usw.). Die Befragung der Expert_innen weist jedoch darauf hin, dass die Arbeitsgrundlage der Bundesregierung eher als **Ansammlung relevanter Einzelaufgaben** ohne gemeinsame Klammer wahrgenommen wird. Darüber hinaus fehlt es an konkreter Planung für die Umsetzung einzelner Maßnahmenbereiche. Für die weitere Positionierung von Deutschland als GreenTech-Exportnationen sind beide Komponenten wesentlich, um die Arbeitsgrundlage für Unternehmen zu klären.

5.2

Digitale Transparenz als Grundbedingung der Circular Economy HE 2

An verschiedenen Stellen der vorliegenden Studie wird deutlich, dass ein **grundsätzlicher Wandel** weg von einer Linearwirtschaft zu einer Circular Economy erforderlich ist. Die Grundbedingung dafür ist **Transparenz** zu den in Produkten, Dienstleistungen und Unternehmensprozessen verwendeten Materialien. Digitale Technologien bieten dafür eine wesentliche Grundlage. Beispielsweise können die entsprechenden Materialien in Form von **digitalen Produktpässen**

5.4

Ausbalancieren der drei Nachhaltigkeitsdimensionen HE 4

Eine weitere Handlungsempfehlung der vorliegenden Studie bezieht sich auf das **Zusammenspiel der Nachhaltigkeitsdimensionen**. Das GreenTech-Referenzmodell zeigt klar auf, dass nur bei einer **gleichwertigen Berücksichtigung** der unterschiedlichen Dimensionen von Nachhaltigkeit entsprechende Wirkungseffekte möglich sind. Dies wird durch die Experteninterviews bestätigt. Der Koalitionsvertrag der neu-

en Bundesregierung legt einen großen **Schwerpunkt auf ökologische Effekte** und betont stark die Energiewende und die Transformation der Automobilindustrie. Ökonomische und soziale Effekte der Transformationen werden deutlich schwächer herangezogen. Dies ist jedoch mit Hinblick auf ein nachhaltiges Wachstum der GreenTech-Industrie und die Adaption entsprechender Produkte und Lösungen durch Unternehmen und Privatpersonen wesentlich. Daher ist zum einen eine **stärkere Berücksichtigung der sozialen Folgewirkungen** von GreenTech wichtig. Zum anderen geht es darum, **tragfähige Geschäftsmodelle zur Integration ökonomischer und ökologischer Interessen** zu fördern.

5.5

Deutliche Zunahme der Umsetzungsdynamik

HE 5

Eine besonders wichtige Handlungsempfehlung der Expert_innen bezieht sich auf eine **Zunahme der Umsetzungsdynamik**. Die neue Bundesregierung hat dieses Problemfeld selbst erkannt und im Koalitionsvertrag einige Leitplanken zur **Reduzierung von Bürokratie** und der **Beschleunigung von Entscheidungsprozessen** gesetzt. Aus Sicht der befragten Expert_innen ist davon allerdings nicht viel zu spüren. Dies trifft beispielsweise auf Genehmigungsprozesse für den Ausbau erneuerbarer Energien, komplexe Entscheidungsprozesse rund um die Digitalisierung von öffentlichen Verwaltungen und Kommunen (Smart Cities) sowie die Verfügbarkeit von Wagniskapital zu. Deutschland ist in **vielen Entscheidungsprozessen überstrukturiert** und zu langsam. Der Kritikpunkt mangelnder Umsetzungsdynamik richtet sich auch gegen den Koalitionsvertrag selbst. Aus Sicht der befragten Expert_innen muss die Bundesregierung **mehr Tempo in die Umsetzung der eigenen Pläne** bringen. Angerechnet wird dabei allerdings der Fakt, dass durch die Covid-19-Pandemie und den Ukraine-Krieg auch die Ressourcen der Bundesregierung derzeit limitiert sind.

5.6

Fokus auf digitale Geschäftsmodelle

HE 6

Digitale Technologien sind für GreenTech von wesentlicher Bedeutung. Allerdings werden diese heute noch vorwiegend für Effizienzgewinne durch Daten, Software und adäquate Steuerungssysteme genutzt. Aus Sicht der analysierten Studien für das Referenzmodell liegt das **größere Potenzial der Digitalisierung in neuen Geschäftsmodellen**. Dies wird durch die Ergebnisse der Expertenbefragung bestätigt. Geschäftsmodelle führen zu einem ökonomischen Sogeffekt mit Hinblick auf die Umsetzung von Innovationen. Soweit GreenTech-Technologien wesentlicher Bestandteil solcher Geschäftsmodelle sind, kann auch die Erschließung ökologischer Effekte erheblich an Dynamik gewinnen. Ideen für

digitale Geschäftsmodelle zeigen sich in unterschiedlichen Sektoren. In der Energiewirtschaft bietet beispielsweise die Umsetzung virtueller Kraftwerke, die Datenverwertung in Smart Grids, Power to Heat Systeme oder Software-as-a-Service bei der Produktionsanlagenoptimierung relevante Geschäftsmodellperspektiven für GreenTech. Für den Mobilitätssektor sind Mobilitätsplattformen, Car-Sharing oder Smart Services bei der Verkehrssteuerung als Geschäftsmodell relevant. In allen Sektoren und im Sinne eines systemischen Denkens werden Everything-as-a-Service-Geschäftsmodelle zunehmend relevanter und bieten Potenziale in allen Nachhaltigkeitsdimensionen. Politik und Unternehmen müssen sich daher stärker mit der **Entwicklung, Erprobung und Skalierung digitaler Geschäftsmodelle** befassen.

5.7

Technologie alleine reicht nicht aus

HE 7

Die Befunde der Expertenbefragung machen deutlich, dass sich mit GreenTech erhebliche ökologische und ökonomische Effekte erzielen lassen. Dabei nimmt **Technologie eine Schlüsselrolle für die Transformation des Wirtschaftssystems** ein. Technologie alleine reicht jedoch nicht aus. Die Politik muss zunehmend vermitteln, dass **gewohnte Produktions- und Konsummuster** unserer Gesellschaft langfristig nicht tragbar sind. Daher ist ein Sinneswandel in der Bevölkerung erforderlich: Bereitschaft zu Verzicht, Ressourcenschonung, Energiesparsamkeit und weitere Kernfragen der Nachhaltigkeit sind längst nicht in allen Schichten der Gesellschaft angekommen. Durch Lieferkettenprobleme, den Ukraine-Krieg und eine beschleunigte Inflationsdynamik rückt das Thema Nachhaltigkeit in den Hintergrund. Daher liegt eine Gefahr in der kurzfristigen Ausblendung relevanter Fragen der Klimaentwicklung. Dies muss die Politik aufgreifen. Nachhaltigkeit ist kein Luxusproblem, sondern eine zentrale Frage der Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft.

5.8

Einfache Finanzierungsmodelle für Startups und KMU

HE 8

Die GreenTech-Industrie ist als Querschnittsbranche vor allem durch Kleinunternehmen und den Mittelstand geprägt. Durch eine Vielzahl an Unternehmen entsteht derzeit eine starke Wachstumsdynamik. Dies bildet die Grundlage für die Entwicklung von Weltmarktführern. Eine Voraussetzung dafür ist der **Zugang entsprechender Unternehmen zu Innovations- und Risikokapital**. Die Bedingungen für den Zugang zu Risikokapital haben sich in Deutschland zwar verbessert, im Vergleich zu den USA und China sind jedoch weitere Anstrengungen und ein **deutlicher Abbau bürokratischer Hin-**

ernisse erforderlich. Der Zugang zu Risiko- und Innovationskapital muss transparenter, einfacher und schneller werden. Entsprechende Ansätze sind im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung enthalten. Insgesamt wird ein Schwerpunkt im Bereich der Förderung von Startups gesetzt. Dies muss spezifisch im Bereich GreenTech auch auf mittelständische Unternehmen ausgeweitet werden. Die **Förderung mittelständischer Strukturen** im Sinne der Umsetzung entsprechender Technologien ist noch zu schwach ausgeprägt.

5.9

Überprüfung und Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen

HE 9

Die Ergebnisse der Meta-Analyse machen deutlich, dass regulatorische Rahmenbedingungen einen starken Effekt auf wirtschaftliches Handeln entfalten. Dies gilt auch für die **Bepreisung nicht nachhaltiger bzw. die Subventionierung und Förderung nachhaltiger Wirtschaftsstrukturen**. Der regulatorische Rahmen muss durch die neue Bundesregierung in vielen Bereichen überprüft und angepasst werden. Aus der Meta-Analyse bereits vorliegender Studien lassen sich dafür viele Beispiele ableiten. Ansatzpunkte bestehen beispielsweise bei der CO₂-Bepreisung im Europäischen Emissionshandelssystem (ETS), bei Standardisierungen und Zertifizierungen, bei der Förderung von Sustainable Finance und bei Anreizen für Forschung und Entwicklung durch geeignete Förderprogramme. Aus der Sicht einzelner Sektoren der Wirtschaft lassen sich weitere Ansatzpunkte für die **Anpassung von Anreizsystemen** ableiten. Die Bundesregierung ist gefordert, diese Anreize möglichst in Abstimmung mit den europäischen Partnern in eine zeitnahe Umsetzung zu bringen.

5.10

Spezifische Messung von Nachhaltigkeitseffekten

HE 10

Das skizzierte Referenzmodell und die Ergebnisse der Expertenbefragung machen deutlich, dass viele Belege für eine **Vereinbarkeit ökonomischer und ökologischer Effekte durch GreenTech** sprechen. Dabei ist jedoch der **Rebound-Effekt** zu beachten. Für einzelne Anwendungen ist eine spezifische Messung von Nachhaltigkeitseffekten erforderlich. Die **Datengrundlage** ist dazu in vielen Bereichen überraschend schwach. Wichtige Effekte lassen sich weder aus der Meta-Analyse noch aus der Expertenbefragung ausreichend präzise quantifizieren. Da Wirtschaftlichkeit als zentraler Treiber für GreenTech betrachtet wird, sind derartige Messmodelle jedoch erforderlich. Daher sollte sich die Politik mit der **standardisierten Analyse der Messung**

von Nachhaltigkeitseffekten befassen und dies auch als Rahmenbedingung für unternehmerisches Handeln definieren. Zum Teil sind entsprechende Messmodelle bei einzelnen Unternehmen bereits etabliert. Die datenbasierte Steuerung von Unternehmen durch digitale Technologien bildet dafür eine wesentliche Grundlage.

Die dargestellten **10 Handlungsempfehlungen** lassen sich aus dem Befund der Analyse von Referenzmodell, Koalitionsvertrag und Expertenbefragung ableiten. Die gesetzten Schwerpunkte sind jedoch nicht als abschließende Analyse zu betrachten. Aus der Lektüre der Einzelergebnisse lässt sich eine Vielzahl weiterer Empfehlungen definieren, die für Politik und Unternehmen relevant sind. Dies macht deutlich, dass die weitere Entwicklung von GreenTech durch eine hohe Komplexität geprägt ist. Die Dichte der relevanten Gestaltungsparameter ist hoch. Referenzmodelle sind ein wesentliches Werkzeug, um komplexe Systeme vereinfacht darzustellen. Daher lassen sich auf der Grundlage des GreenTech-Referenzmodells und der Impulse aus Meta-Analyse und Expertenbefragung weitere Impulse für eine nachhaltige Entwicklung ableiten. Wesentliche Nachhaltigkeitskennzahlen gemäß den ESG-Faktoren gilt es dabei nicht in separaten Managementsystemen zu erheben, sondern vielmehr in bestehende Integrated Value Managementsysteme zu überführen. Damit können spezifische Nachhaltigkeitseffekte auf Unternehmens- und Produktebene messbar und transparent kommunizierbar dargestellt werden.



Literatur- verzeichnis

- [1] Umweltbundesamt: "Primärenergieverbrauch nach Energieträgern." [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/entwicklung-des-primärenergieverbrauchs-in-0>. [Accessed: 24-Jun-2022].
- [2] Wirtschaftswerkstatt: "Green Tech: Begriffe A - Z" 2022. [Online]. Available: <https://www.wirtschaftswerkstatt.de/Glossar/G/344/Green-Tech>. [Accessed: 08-Mar-2022].
- [3] H. Berrer, B. Dolle, C. Helmenstein, F. Kerschbaum, P. Krabb, P. Pohl und M. Stadlbauer: "GreenTech Innovationsdynamik," Wien, 2016.
- [4] M. Akbari, M. Khodayari, M. Danesh, A. Davari, und H. Padash: "A bibliometric study of sustainable technology research," *Cogent Business & Management*, Vol. 7, No. 1, p. 1751906, Jan. 2020.
- [5] Talenttree: "Greentech (Definition)," 2022. [Online]. Available: <https://talent-tree.de/glossar/greentech-definition/>. [Accessed: 07-Mar-2022].
- [6] trend:research GmbH: "Potenziale Green Technology in der Region Ostfriesland," 2017.
- [7] Wirtschaftsförderung Region Stuttgart: "Kompetenzatlas GreenTech: Sourcebook of GreenTech," 2013.
- [8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: "Klimaschutz in Zahlen," 2021.
- [9] McKinsey: "Net-Zero Deutschland," 2021.
- [10] T. Hellstern, K. Henderson, S. Kane, and R. Matt: "An executive's guide to climate technology | McKinsey," 2021. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/innovating-to-net-zero-an-executives-guide-to-climate-technology>. [Accessed: 17-Mar-2022].
- [11] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: "GreenTech made in Germany 2021: Umwelttechnik-Atlas für Deutschland," 2021.
- [12] C. Jin, M. Shahzad, A. U. Zafar und N. M. Suki: "Socio-economic and environmental drivers of green innovation: Evidence from nonlinear ARDL," *Econ. Res. Istraživanja*, vol. 0, no. 0, pp. 1–21, Jan. 2022.
- [13] L. K. Chu: "Determinants of ecological footprint in OECD countries: Do environmental-related technologies reduce environmental degradation?," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, Nov. 2021.
- [14] R. Hintemann, J. Clausen, S. Beucker und S. Hinterholzer: "Studie zu Nachhaltigkeitspotenzialen in und durch Digitalisierung in Hessen," Wiesbaden, 2021.
- [15] Microsoft: "Digitalisierung für eine nachhaltige Zukunft," 2021.
- [16] Bitkom: "Klimaeffekte der Digitalisierung: Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz," 2021.
- [17] S. A. R. Khan, A. S. A. Shah, Z. Yu und M. Tanveer: "A systematic literature review on circular economy practices: challenges, opportunities and future trends," *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, Jan. 2022.
- [18] M. P. Hekkert, E. Worrell, Hanemaaijer und J. Potting: "Circular Economy: Measuring innovation in the product chain" 2017.
- [19] E. Afum, Z. Sun, Y. Agyabeng-Mensah und C. Baah: "Lean production systems, social sustainability performance and green competitiveness: The mediating roles of green technology adoption and green product innovation," *Journal of Engineering, Design and Technology*, Jul. 2021.
- [20] G. Mazar, M. Kreher, and P. Heidkamp: "Sustainability 1.0 - Warum die Technologiebranche kein Vorreiter der Nachhaltigkeitstransformation ist," 2021.
- [21] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: "GreenTech Atlas 2021: Deutsche Wirtschaft profitiert von wachsenden Märkten für Umwelttechnologien" 2021. [Online]. Available: <https://www.bmvu.de/pressemitteilung/greentech-atlas-2021-deutsche-wirtschaft-profitiert-von-wachsenden-maerkten-fuer-umwelttechnologien>. [Accessed: 08-Mar-2022].
- [22] X. Li und H. Long: "Research Focus, Frontier and Knowledge Base of Green Technology in China: Metrological Research Based on Mapping Knowledge Domains," *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 29, No. 5, pp. 3003–3011, 2020.
- [23] B. Hartmann: "GreenTech – Nachhaltige Innovationstreiber." [Online]. Available: <https://www.marketsinternational.de/wasserstoff-vereinigte-arabische-emirate/>. [Accessed: 17-Mar-2022].
- [24] Fandom: "Green Tech | Megatrends Wiki" [Online]. Available: https://megatrends.fandom.com/de/wiki/Green_Tech. [Accessed: 23-Feb-2022].
- [25] B. Teufel und C. Sprus: "Wie die Digitalisierung als Treiber der Dekarbonisierung fungiert | EY – Schweiz," 2020. [Online]. Available: https://www.ey.com/de_ch/decarbonization/how-digitization-acts-as-a-driver-of-decarbonization. [Accessed: 17-Mar-2022].
- [26] M. Schwartz: "How Technology Can Provide A More Sustainable Future For The Industrial Sector," 2021. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/08/31/how-technology-can-provide-a-more-sustainable-future-for-the-industrial-sector/?sh=4bbb6ab450c1>. [Accessed: 17-Mar-2022].
- [27] D.-H. Kim, Y.-C. Wu und S.-C. Lin: "Carbon dioxide emissions, financial development and political institutions," *Economic Change and Restructuring*, May 2021.
- [28] T.-T. Shang, M. Tian, N. Tao und Y. Chen: "Market-oriented green innovation model: conceptualisation and scale development of disruptive green innovation," *Asian Journal of Technology Innovation*, pp. 1–17, Aug. 2021.
- [29] M. Rogers: "These 9 technological innovations will shape the sustainability agenda in 2019 | McKinsey & Company," 2019. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/sustainability-blog/these-9-technological-innovations-will-shape-the-sustainability-agenda-in-2019>. [Accessed: 17-Mar-2022].
- [30] August-Wilhelm Scheer-Institut, "Innovation goes green." [Online]. Available: <https://www.aws-institut.de/center-for-digital-greentech/>. [Accessed: 26-June-2022].
- [31] T. Losse-Müller, N. Gläser, F. Czernin, S. Ramesohl, H. Berg und J. Lauten-Weiss, "Zwischenbilanz COVID-19: Umweltpolitik und Digitalisierung," 2020.
- [32] M. Hintze: "Green Tech: Deutschland im Dornröschenschlaf," 2021.
- [33] V. Frick und A. Höfner: "Was Bits und Bäume verbindet," München: oekom Verlag, 2019.
- [34] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: "Digital GreenTech – Umwelttechnik trifft Digitalisierung," 2021. [Online]. Available: <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMBF/umwelttechnik-trifft-digitalisierung.html>. [Accessed: 07-Mar-2022].
- [35] DIHK: "Chambers for GreenTech," 2022. [Online]. Available: <https://www.dihk-service-gmbh.de/de/unsere-projekte/greentech>. [Accessed: 08-Mar-2022].
- [36] M. Du, J. Antunes, P. Wanke und Z. Chen: "Ecological efficiency assessment under the construction of low-carbon city: A perspective of green technology innovation," *Journal of Environmental Planning and Management*, 2021.
- [37] Ellen MacArthur Foundation: "Completing the Picture: How the circular economy tackles climate change 2021 Reprint," *Ellen MacArthur Found.*, Vol. 3, No. 26, September, p. 71, 2021.
- [38] F. Dong, J. Zhu, Y. Li, Y. Chen, Y. Gao, M. Hu, C. Qin und J. Sun: "How green technology innovation affects carbon emission efficiency: Evidence from developed countries proposing carbon neutrality targets," *Environmental Science and Pollution Research*, Jan. 2022.
- [39] Boston Consulting Group: "Klimapfade 2.0: Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Gutachten für den BDI," 2021.
- [40] Tata Consultancy Services (TCS): "Nachhaltig geht nur digital: Wie Deutschland mit KI und Co. die Zukunft gestaltet," 2021.
- [41] K. Wilkinson: "The Drawdown Review," 2020.
- [42] G. Bovensiepen, R. Hombach und S. Raimund: "Quo vadis, agricola? Smart Farming: Nachhaltigkeit und Effizienz durch den Einsatz digitaler Technologien," 2016.
- [43] Deloitte and GeSI: "Digital with Purpose: Delivering a SMARTer2030," 2019.
- [44] Deloitte: "Nachhaltigkeit trifft Technologie: Sustainability Survey. Ergebnisse für den deutschen Markt," 2021.
- [45] J. Wei und C. Wang: "A differential game analysis on green technology innovation in a supply chain with information sharing of dynamic demand," *Kybernetes*, Oct. 2021.
- [46] J. Clausen: "Industrie 4.0 im Kontext von Umweltinnovationen" Berlin, 2019.
- [47] Umweltbundesamt: "Umweltbewusstsein und Umweltverhalten," 2022. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/umweltbewusstsein-umweltverhalten#stellenwert-des-umwelt-und-klimaschutzes>. [Accessed: 31-May-2022].
- [48] Ellen MacArthur Foundation, "Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change," 2019.
- [49] M. Tsiodra und M. Chronopoulos: "A bi-level model for optimal capacity investment and subsidy design under risk aversion and uncertainty," *Journal of Operational Research Society*, pp. 1–13, Jul. 2021.
- [50] Bitkom: "Klimaschutz durch digitale Technologien – Chancen und Risiken," 2020.
- [51] R. Ullah, H. Ahmad, F. U. Rehman und A. Fawad: "Green innovation and Sustainable Development Goals in SMEs: The moderating role of government incentives," *Journal of Economic and Administrative Sciences*, Sep. 2021.
- [52] A. Chelly, I. Noura, A. B. Hadj-Alouane und Y. Frein: "A comparative study of progressive carbon taxation strategies: Impact on firms' economic and environmental performances," *International Journal of Production Research*.
- [53] X. Chen, H. Yang, X. Wang und T.-M. Choi: "Optimal carbon tax design for achieving low carbon supply chains," *Annals of Operations Research*, 2020.
- [54] C. You, S. I. Khattak und M. Ahmad: "Do international collaborations in environmental-related technology development in the U.S. pay off in combating carbon dioxide emissions? Role of domestic environmental innovation, renewable energy consumption, and trade openness," *Environmental Science and Pollution Research*, Oct. 2021.
- [55] F. Fusillo, F. Quatraro und S. Usai: "Going green: The dynamics of green technological alliances," *Economics of Innovation and New Technology*, 2021.
- [56] "Koalitionstracker" [Online]. Available: <https://fragdenstaat.de/koalitionstracker/>. [Accessed: 26-Jun-2022].

ENABLING YOU TO SHAPE A BETTER TOMORROW

Als Technologie- und Businesspartner digitalisiert MHP die Prozesse und Produkte seiner Kunden und begleitet sie bei ihren IT-Transformationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Als Digitalisierungspionier in den Sektoren Mobility und Manufacturing überträgt MHP seine Expertise in unterschiedlichste Branchen und ist der Premium-Partner für Thought Leader auf dem Weg in ein Better Tomorrow.

Weltweit betreut MHP über 300 Kunden: führende Konzerne und innovative Mittelständler. MHP berät sowohl operativ als auch strategisch und liefert ausgewiesene IT- und Technologie-Expertise sowie spezifisches Branchen Know-how. Als OneTeam agiert MHP international, mit Hauptsitz in Deutschland und Tochtergesellschaften in den USA, UK, Rumänien und China.

Seit 25 Jahren gestaltet MHP gemeinsam mit seinen Kunden die Zukunft. Über 3.000 MHPler*innen vereint der Anspruch nach Excellence und nachhaltigem Erfolg. Dieser Anspruch treibt MHP weiter an – heute, morgen und in Zukunft.

Kontakt



Ansprechpartner

Dr. Thilo Greshake

Partner
Head of Sustainability &
Mobility Transformation
thilo.greshake@mhp.com

Nikolas Bradford

Head of Sustainability Services
nikolas.bradford@mhp.com

Simon Alexander Appel

Senior Sustainability Expert
simon-alexander.appel@mhp.com

Weitere Credits

Layoutgestaltung

www.freiland-design.de

Bildrechte

©Adobe Stock S. 1 Betty // S. 6 malp // S. 30/31 Parilov // S. 50 Soonthorn // S. 54 max-delsid // S. 60/61 weerapat1003 // S. 78/79 Goffkein // ©Unsplash S. 13 acton crawford // S. 72/73 appolinary kalashnikova // S. 90/91 melissa askew



Literaturverzeichnis

19 MHPOffices

in Germany, England, USA, China, Romania, Czech Republic,
Austria and Hungary.



Germany

Ludwigsburg
(Headquarters)
Berlin
Düsseldorf
Frankfurt a. M.
Ingolstadt
Munich
Nuremberg
Wolfsburg

International

Atlanta (USA)
Reading (England)
Cluj-Napoca (Romania)
Timișoara (Romania)
Prague (Czech Republic)
Shanghai (China)
Zell am See (Austria)
Budapest (Hungary)