



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



GreenTech made in Germany 2021

Umwelttechnik-Atlas für Deutschland

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
Referat G I 4 · 11055 Berlin
E-Mail: GI4@bmu.bund.de · Internet: www.bmu.de

Redaktion

BMU, Referat G I 4: Dr. Simon Marr, Sascha Klapproth

Text

Roland Berger GmbH
Ralph Büchele, Damien Schmidt, Anette von Löwenstern

Gestaltung

dot.blue – communication & design

Bildnachweise

Siehe Seite 107

Stand

Februar 2021

Download dieser Publikation

www.bmu.de/publikationen

Hinweis

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit kostenlos herausgegeben. Sie ist nicht zum Verkauf bestimmt und darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden. Mehr Informationen unter: www.bmu.de/publikationen

Inhalt

1 Einführung	5
2 Zusammenfassung	6
3 Neue Chancen und Aufgaben für den Klima- und Umweltschutz	10
3.1 Corona und grüne Konjunkturprogramme	11
3.2 Der Europäische Green Deal	12
3.3 Internationale Nachhaltigkeitsstrategien	13
3.4 Nachhaltigkeitsstrategien globaler Unternehmen	13
3.5 Chancen und Risiken für die deutsche GreenTech-Branche	14
4 Der globale und nationale Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz	16
4.1 Die Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz: Definitionen und Methodik	17
4.2 Entwicklung auf dem globalen Markt und in Deutschland	20
4.3 Globale und nationale Leitmärkte im Fokus	27
4.3.1 Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie	27
4.3.2 Energieeffizienz	33
4.3.3 Rohstoff- und Materialeffizienz	40
4.3.4 Nachhaltige Mobilität	45
4.3.5 Kreislaufwirtschaft	50
4.3.6 Nachhaltige Wasserwirtschaft	53
4.3.7 Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft	57
5 Unternehmensbefragung von GreenTech-Anbietern: Einblicke in eine dynamische Branche	64
5.1 Die Akteure der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Überblick	65
5.1.1 Umsatz und Beschäftigte: Wachstumsbranche GreenTech	65
5.1.2 Angebotsportfolio der GreenTech-Unternehmen: starke Rolle wissensintensiver Dienstleistungen	69
5.2 Lage der deutschen GreenTech-Branche: Beurteilung von Geschäftslage und Geschäftserwartung	72
5.3 Positionierung und Wettbewerbsfähigkeit deutscher GreenTech-Anbieter auf den Weltmärkten: „GreenTech made in Germany“	76
Exkurs: Industriekompetenz und Profilierung als Anbieter von Systemlösungen stärkt die Position auf Auslandsmärkten	82
6 Grüne Potenziale am Beispiel der Verkehrswende	84
6.1 Wie Technologien und Dienstleistungen den Weg Richtung „Netto Null“ im Verkehr unterstützen	86
6.1.1 Elektrifizierung des Antriebsstrangs und weitere alternative Antriebstechnologien	86
6.1.2 Entwicklung und Produktion sowie Weiterverwendung und Recycling von Batteriesystemen	87
6.1.3 Ladeinfrastruktur und Services	88
6.1.4 Kopplung mit dem Energiesektor	89
6.2 Verlagerung vom privaten motorisierten zum öffentlichen Individualverkehr	90
6.3 Neue digitale Geschäftsmodelle im Mobilitätssektor	92
6.4 Weltweite Marktchancen für die GreenTech-Branche am Beispiel des Mobilitätssektors	93
Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	94
Literaturverzeichnis	98
Abkürzungsverzeichnis	102
Quellen	104
Bildnachweise	107



Einführung

Seit inzwischen zwölf Jahren beleuchtet der GreenTech-Atlas die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Er bereitet aktuelle Informationen zu Technologien, Marktgrößen und Wachstumserwartungen in den verschiedenen Leitmärkten der Branche auf.

1

Die Umwelttechnologie und die in diesem Bereich tätigen Unternehmen spielen für Deutschland eine herausragende Rolle. Ihr Anteil am Bruttoinlandsprodukt lag 2020 bei 15 Prozent – mit steigender Tendenz auch bei Beschäftigung und Umsatzwachstum. Die GreenTech-Branche stabilisiert in Krisenzeiten die wirtschaftliche Entwicklung durch robuste und nachhaltige Geschäftsmodelle. So hat die COVID-19-Pandemie diese Branche weit weniger getroffen als die Gesamtwirtschaft.

Die grüne Transformation erfasst zunehmend relevante gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Bereiche. Die globalen Herausforderungen wie Klima- und Ressourcenschutz erfordern komplexe sowie sektorübergreifende Lösungen. Daher ist „GreenTech made in Germany“ auf den globalen Märkten stark gefragt. Deutsche Unternehmen liefern integrierte Lösungen auf der Basis von innovativen Produkten und Dienstleistungen.

Um erfolgreich zu bleiben, müssen Unternehmen und Politik die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen GreenTech-Branche kontinuierlich steigern. Der GreenTech-Atlas 2021 zeigt, dass die „grünen Märkte“ ein enormes Wachstumspotenzial haben und Deutschland eine herausragende Marktrolle einnimmt. Damit dokumentiert er die hohe Leistungsfähigkeit der Branche und liefert einen Beitrag, die globalen Markt- und Exportchancen erfolgreich für Deutschland zu nutzen.



VERKEHR'S
WENDE
für's Leben

Zusammenfassung

2

Aktuelle politische, gesellschaftliche, technologische und wirtschaftliche Entwicklungen befeuern die GreenTech-Branche wie nie zuvor. Dazu zählen neben dem Green Deal der Europäischen Union auch die wachsende Nachfrage nach nachhaltigen Wirtschaftskonzepten und die Bemühungen um einen klimafreundlichen Wiederaufbau der Volkswirtschaften zur Überwindung der COVID-19-Pandemie.

Im politischen Kontext spielt der von der EU-Kommission vorgeschlagene Green Deal zusammen mit dem bereits von der Europäischen Union (EU) beschlossenen Mehrjährigen Finanzrahmen (2021-2027) sowie dem Aufbaupaket eine zentrale Rolle. Das in Umfang und Tragweite beispiellose Maßnahmen- und Investitionspaket soll – wenn es einmal komplett von der Europäischen Union beschlossen ist – eine Ära der ökologischen Modernisierung einläuten, emissionsarmen Technologien zum Durchbruch verhelfen und Europa bis zum Jahr 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent machen.

Auf gesellschaftlicher Ebene ist seit Jahren eine wachsende Nachfrage nach neuen, nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweisen zu verzeichnen. Diese lässt sich nicht nur am Erfolg der weltweiten „Fridays for Future“-Bewegung ablesen, sondern macht sich auch in der verstärkten Nutzung neuer Mobilitätskonzepte bemerkbar, die insbesondere im urbanen Umfeld boomen. Dabei erweist sich die Digitalisierung als zusätzlicher Beschleunigungsfaktor, weil sie neue Geschäftsmodelle und Plattformlösungen ermöglicht.

Weltweit besteht die Chance, dass Klimaschutzvorhaben in den Bemühungen um einen Wiederaufbau der nationalen Volkswirtschaften nach der COVID-19-Pandemie eine wichtige Rolle spielen. So ist nach dem massiven Wirtschaftseinbruch zu Beginn des vergangenen Jahres mit vielen Aufbauprogrammen – allen voran dem EU-Aufbauplan – die Hoffnung auf neue Impulse verbunden, indem gezielt in Zukunftstechnologien investiert, die Wettbewerbschancen europäischer Anbieter abgesichert und qualifizierte Arbeitsplätze erhalten oder geschaffen werden. In einer Zeit, in der viele andere Branchen mit den Folgen von Disruption, einbrechender Nachfrage und veränderten Konsumgewohnheiten zu kämpfen haben, ergeben sich für die GreenTech-Branche damit gute Wachstumschancen, von denen insbesondere deutsche Anbieter profitieren können.

Die Prognosen zum globalen und nationalen Marktwachstum haben sich klar bestätigt und sorgen auch weiterhin für einen positiven Ausblick

Im Jahr 2020 hat das weltweite Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erstmals die Marke von 4 Billionen Euro überschritten. Wie die aktuellen Zahlen zeigen, wurden die vorhergesagten Entwicklungen beim globalen und nationalen Wachstum des GreenTech-Marktes stets übertroffen. Prognostizierte die GreenTech-Atlas-Ausgabe von 2016 für 2020 noch ein Marktvolumen von 4.200 Milliarden

Euro, liegt es den aktuellen Zahlen zufolge bei 4.628 Milliarden Euro. Mit dem neuerlichen Rekord hat die Querschnittsbranche ihren Wachstumskurs der vergangenen Jahre erfolgreich fortgesetzt.

Auch die weiteren Aussichten sind positiv: Die GreenTech-Branche bleibt auf Expansionskurs. Den Marktprognosen entlang der sieben Leitmärkte zufolge wird das globale Marktvolumen der Branche im Jahr 2030 bei 9,38 Billionen Euro liegen. Das entspricht einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 7,3 Prozent. Der jahrelange Wachstumspfad ist damit ungebrochen und die wesentlichen Markttreiber verstärken sich zudem.

Die Dynamik der deutschen Branche übertrifft die weltweite Entwicklung dabei sogar noch. 2020 belief sich das Marktvolumen der deutschen Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf 392 Milliarden Euro. Bis 2030 wird sich das Gesamtvolumen der heimischen Leitmärkte auf 856 Milliarden Euro mehr als verdoppeln. Das entspricht einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 8,1 Prozent. Die Energieeffizienz bildet nach wie vor den größten Leitmarkt (117 Milliarden Euro), der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität belegt den zweiten Platz (91 Milliarden Euro).

Innerhalb der globalen Leitmärkte zeigt sich eine hohe Dynamik bei der Technologieentwicklung

Die Energiewende treibt den Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie. Neben den erneuerbaren Energien Photovoltaik und Wind werden stationäre Speichertechnologien in Form von Batterien und Wasserstoff den Markt zukünftig noch stärker befeuern. Das erwartete jährliche Wachstum bis 2030 liegt mit 8,5 Prozent über dem Durchschnitt der GreenTech-Branche. Darüber hinaus erfordert die zunehmende Vernetzung aus Erzeugung, Verteilung und Verbrauch von Strom und Wärme umfassende Investitionen.

Innerhalb der Nachhaltigen Mobilität verlagert sich die Nachfrage von Effizienztechnologien hin zur E-Mobilität. Alternative Antriebstechnologien verzeichnen die mit weitem Abstand größte Expansionsgeschwindigkeit. Das Marktsegment wird sich im Zeitraum 2020 bis 2030 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 13,3 Prozent entwickeln, sodass sich das globale Marktvolumen bis 2030 voraussichtlich auf 623 Milliarden Euro belaufen wird (2016: 34 Milliarden Euro).

Die Nachhaltige Wasserwirtschaft gewinnt zunehmend an Bedeutung. Bevölkerungswachstum, steigen der Wasserverbrauch und zunehmende Verschmutzung sorgen für eine anhaltend hohe Nachfrage und lassen das globale Marktvolumen bis 2030 auf mehr als eine Billion Euro anwachsen. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von mehr als 21 Prozent bis 2030 zeigt die Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung das größte Potenzial.

Stetiges Wachstum unterstreicht den Stellenwert und die wirtschaftliche Bedeutung der GreenTech-Branche für Deutschland.

Bis zum Jahr 2025 rechnen die befragten Unternehmen mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 9,9 Prozent. Die höchste Wachstumsdynamik erwarten Anbieter, die in den Leitmärkten Nachhaltige Mobilität und Energieeffizienz tätig sind: Sie rechnen bis 2025 jeweils mit einem jahresdurchschnittlichen Umsatzwachstum von 12,9 Prozent. Auch die Zahl der Beschäftigten wird in den nächsten Jahren weiter steigen. Hier erwarten die Unternehmen in Deutschland bis 2025 insgesamt ein Plus von durchschnittlich 6,8 Prozent im Jahr. Den größten Zuwachs prognostizieren Unternehmen mit dem Leitmarktfokus Energieeffizienz (Wachstum von 8,7 Prozent).

Die deutsche GreenTech-Branche beweist hohe Resilienz. Eine Online-Umfrage unter rund 400 Unternehmen aus dem Frühjahr 2020 zeigt, dass die Branche bislang die durch die COVID-19-Pandemie ausgelöste Krise vergleichsweise gut gemeistert hat. Danach beurteilt fast die Hälfte der Anbieter die aktuelle Geschäftslage als „befriedigend“, 37 Prozent sogar als „gut“.

Auch perspektivisch werden die negativen Auswirkungen von Corona für die GreenTech-Branche deutlich geringer eingeschätzt als für die Gesamtwirtschaft: Während dort knapp 40 Prozent massive Herausforderungen infolge der Pandemie erwarten, liegt der Anteil in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz nur bei 17 Prozent.

Die GreenTech-Branche liefert systemische und sektorübergreifende Lösungen. Die großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit wie Klima- und Ressourcenschutz lassen sich nur durch die Betrachtung ganzheitlicher Ökosysteme lösen. Die Kombination aus sektorübergreifenden Produkten und Dienstleistungen ist ein Erfolgsfaktor. Hier zeigt sich eine klare Stärke der deutschen Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Mit ihren nachhaltigen Geschäftsmodellen und Innovationen ist sie weltweit führend.

„GreenTech made in Germany“ ist gefragt – aber der internationale Wettbewerb steigt

Deutsche Anbieter verteidigen erfolgreich ihre Position am Weltmarkt. Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz „Made in Germany“ genießen weltweit großes Ansehen und begründen die starke Exportleistung der deutschen Branche. Während der deutsche Anteil an der globalen Wirtschaftsleistung bei rund 3 Prozent liegt, tragen die Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz rund 14 Prozent zum Weltmarkt ihrer Branche bei. Europa bleibt für deutsche GreenTech-Anbieter nach wie vor der wichtigste Absatzmarkt; neben Russland und China werden aber auch Brasilien, Mexiko, Kanada, Japan und Südkorea als Exportländer immer wichtiger.

EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) ist ein anspruchsvolles freiwilliges Umweltmanagementsystem auf der Grundlage einer EU-Verordnung. Mithilfe von EMAS erheben Unternehmen systematisch ihre sämtlichen direkten und indirekten Umweltauswirkungen, verbessern ihre Umweltleistung kontinuierlich und berichten jährlich hierüber. EMAS eignet sich daher auch als Instrument auf dem Weg zur Klimaneutralität. Das EMAS-Logo wird nach erfolgreicher externer Überprüfung seitens staatlich zugelassener Umweltgutachter verliehen (siehe im Einzelnen www.emas.de).



Der internationale Wettbewerb nimmt unterdessen deutlich zu. Insbesondere in den USA und China hat sich eine innovative GreenTech-Branche entwickelt. Sie drängt mit eigenen Produkten und Dienstleistungen auf den Markt, beispielsweise in den Leitmärkten der Kreislaufwirtschaft und der Nachhaltigen Wasserwirtschaft. Globale Transformationsprozesse, zum Beispiel im Energiesektor und in der Automobilindustrie, beschleunigen die Nachfrage nach neuen Technologien. Dies erfordert zukünftig eine stärkere Ausrichtung von Innovation und Effizienz auf die gesamte Wertschöpfungskette: von der Kund*innengewinnung über die Finanzierung bis hin zu Betrieb und Instandhaltung.

Die große Herausforderung der kommenden Jahre wird für die deutschen Anbieter darin bestehen, ihre gute Position zu halten. Um ihren künftigen Markterfolg im In- und Ausland abzusichern, benötigen deutsche Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz neben innovativen Produkten vor allem eine wettbewerbsfähige Kostenstruktur. 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.

Grüne Technologien leisten einen wichtigen Beitrag für die verschiedenen Umweltpolitiken

Grüne Technologie verbindet erfolgreich Ökonomie und Ökologie. Die Verkehrswende dient dafür als gutes Beispiel. So bietet grüne Mobilität die Chance, den Anteil klimaschädlicher Treibhausgasemissionen substantiell zu reduzieren. Sie liefert gleichzeitig Anschauungsmaterial, wie sich die GreenTech-Branche erfolgreich als Vorreiter beim Aufbau eines zukunftsorientierten Mobilitätssystems und attraktiven Wachstumsmarktes positioniert. Deutschland gilt global als Innovations-treiber und gehört zur Liste der Top 10 innovativsten Länder nach dem Global Innovation Index 2020.¹ Dabei kommt den deutschen Anbietern zugute, dass die im Mobilitätsbereich geforderten integrativen, sektorübergreifenden und systemischen Lösungen von der Planung bis zur Umsetzung zu ihren anerkannten Stärken zählen.

Die Mobilität der Zukunft wird von Unternehmen des Leitmarkts Nachhaltige Mobilität gestaltet. Durch ihre Aktivitäten in den Bereichen Elektromobilität und Individualisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sowie digitale Geschäftsmodelle

leisten sie einen nennenswerten Beitrag zur ökologischen Transformation des Verkehrssektors. Neben der Elektrifizierung des Antriebsstrangs gelten Wasserstoff und Brennstoffzellen als wichtige Schlüsseltechnologien, vor allem für Bereiche, in denen eine batteriebetriebene Elektrifizierung nicht möglich ist (Flug-, Schiffs- und Lkw-Verkehr sowie Industrie). Auch in der Entwicklung und Produktion sowie in der Weiterverwendung und im Recycling von Batteriesystemen sind deutsche Unternehmen führend.

Digitale Geschäftsmodelle im Mobilitätsbereich können ein Treiber für mehr Nachhaltigkeit sein.

Die fortschreitende Digitalisierung steigert Verfügbarkeit, Qualität und Nutzungskomfort der Angebote, etwa durch die Bündelung von Angeboten auf einer Plattform. Zudem entstehen neue Geschäftsmodelle auf dem Gebiet Smarte Mobilität. Allein der Markt für Car-sharing ist in den vergangenen Jahren um jeweils mehr als 10 Prozent gewachsen. Die Umwelteffekte der Digitalisierung im Mobilitätssektor sind aber zweischneidig: Zwar könnte zum einen die erhöhte Flexibilität durch free-floating Carsharing – gerade in Verbindung mit autonomem Fahren – dazu führen, dass sich mehr Menschen gegen einen eigenen Pkw entscheiden. Andererseits treten diese Modelle in Konkurrenz zu energiesparenderen Fortbewegungsmitteln wie ÖPNV und Fahrrad; außerdem benötigt autonomes Fahren enorme Datenmengen, die den Energieverbrauch der Rechenzentren stark ansteigen lassen wird. Damit eine digitalisierte Mobilität auch die Nachhaltigkeit steigert, müssen die Weichen klug gestellt werden.

Die grüne Transformation sichert die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft. Die Sorge über den hohen Ressourcenverbrauch unserer Lebens- und Wirtschaftsweisen und den Klimawandel hat längst die Top-Agenda der internationalen Politik erreicht. Auch weite Teile der Wirtschaft engagieren sich stark für einen besseren Umweltschutz und treiben aus vitalem Eigeninteresse vielfältige Initiativen voran. Zählten neue Technologien dabei früher vielfach als Ursache des Problems, gelten sie zwischenzeitlich als zentraler Baustein für seine Lösung. Grüne Technologien und innovative, ressourcenschonende Geschäftsmodelle gewinnen weltweit an Bedeutung. Die Erfolgsgeschichte und hohe Wachstumsdynamik entlang aller Leitmärkte der Umwelttechnik wird sich fortsetzen, denn ohne ihre Unterstützung werden die anstehenden Herausforderungen im Klima- und Ressourcenschutz nicht zu meistern sein.



Neue Chancen und Aufgaben für den Klima- und Umwelt- schutz

3

Welche Auswirkungen hat die aktuelle COVID-19-Pandemie auf die GreenTech-Branche und welche politischen Initiativen im Bereich des Klima- und Umweltschutzes beeinflussen die weitere Entwicklung des Marktes? Das folgende Kapitel schildert wesentliche Umweltpolitiken und gibt Einblicke in die aktuelle Stimmung in den Unternehmen.

3.1 Corona und grüne Konjunkturprogramme

Die COVID-19-Pandemie und ihre sozialen, wirtschaftlichen und politischen Folgen zählen schon jetzt zu den einschneidendsten Ereignissen des 21. Jahrhunderts. Sie markiert eine Zäsur, deren mittel- bis langfristige Auswirkungen heute noch nicht abschätzbar sind.

Genauso wie verschiedene Länder und Regionen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in unterschiedlichem Ausmaß von der Krise betroffen waren oder noch sind, zeigt sich auch bei den wirtschaftlichen Auswirkungen kein einheitliches Bild. Während einige Branchen weltweit massiv unter dem anhaltenden Angebots- und Nachfrageschock leiden, hat die Pandemie in anderen Industrien den gegenteiligen Effekt. Vor allem die Luftfahrt- und Reisebranche und die Automobilindustrie haben mit massiven und voraussichtlich langfristigen Einbrüchen zu kämpfen. Medizin, Pharma und Chemie, aber auch Hightech und Logistik können dagegen von den besonderen Umständen eher profitieren (siehe Abbildung 1).²

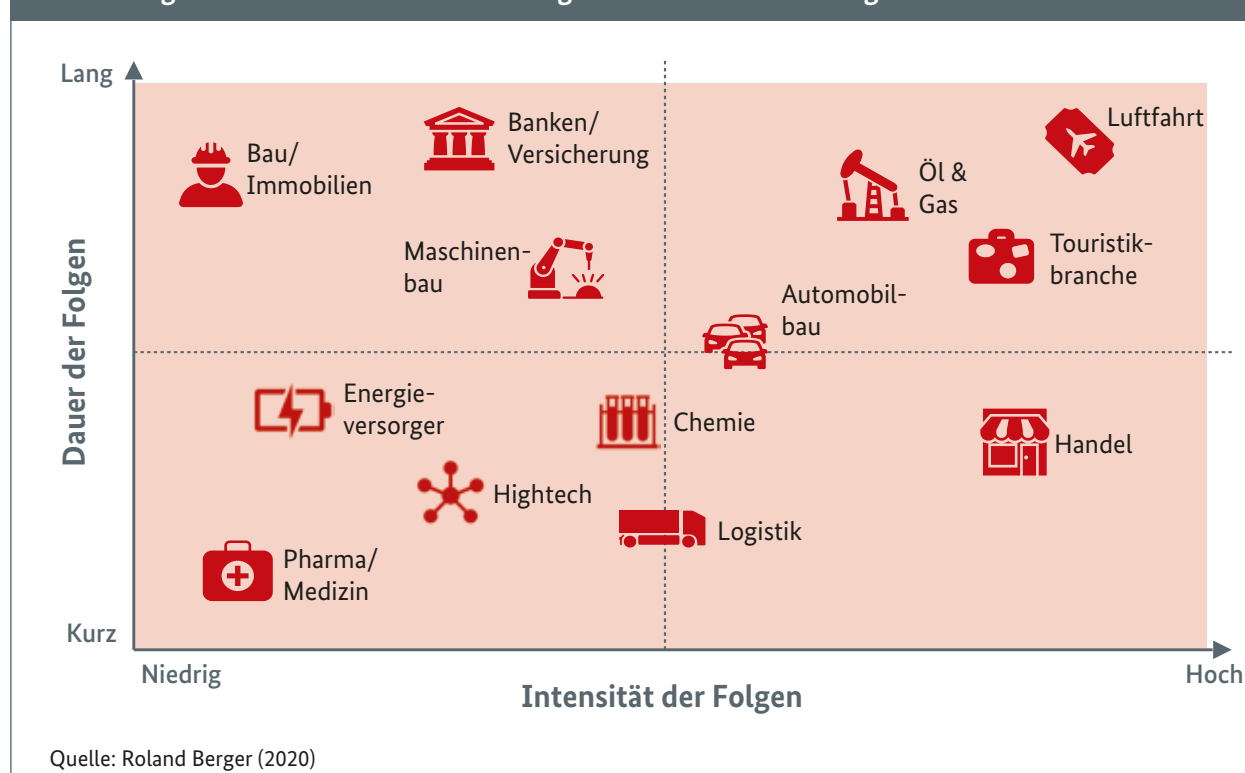
Die Pandemie fällt in eine Zeit, die schon vorher durch eine hohe Veränderungsdynamik und massive Disruptionen gekennzeichnet war. Die Stichworte Energie-

wende, Verkehrswende und Klimawende umreißen die Dimension der Transformation, die in den jeweils betroffenen Branchen ansteht.

Der GreenTech-Branche gelingt es, trotz des schwierigen und weiterhin instabilen Umfelds ihre Wachstumsdynamik fortzusetzen. So beurteilt fast jedes zweite Unternehmen (48 Prozent) der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz seine Geschäftslage als befriedigend, 37 Prozent sogar als gut (siehe dazu auch Kapitel 5.2 „Lage der deutschen GreenTech-Branche: Beurteilung von Geschäftslage und Geschäftserwartung“).³ Auch die Erwartungen für 2021 sind nur leicht rückläufig. Insgesamt sieht sich die GreenTech-Branche gegenüber der Gesamtwirtschaft in einer deutlich komfortableren Situation: 17 Prozent der Befragten prognostizieren mittelfristig große Herausforderungen durch COVID-19, in der Gesamtwirtschaft ist der Anteil mit 39 Prozent mehr als doppelt so groß.⁴

Als Folge der COVID-19-Pandemie steht die Weltwirtschaft vor der wohl schwersten Krise seit den 1930er Jahren. Gleichzeitig hat sich der Handlungsdruck in Sachen Klimaschutz – veranschaulicht durch weiter

Abbildung 1: Intensität und Dauer der Folgen von COVID-19 in ausgewählten Branchen



steigende Temperaturen, anhaltende Trockenheit und verheerende Brände – im Jahr 2020 weiter verschärft.

Vor dem Hintergrund der durch die COVID-19-Pandemie entstandenen ökonomischen Herausforderungen plädieren Expert*innen und Wissenschaftler*innen⁵ für gezielte staatliche Investitionsprogramme, die Beschäftigung sichern, die Umwelt entlasten und klimafreundliche Innovationen und Technologien fördern. So sieht das im Juni 2020 verabschiedete Konjunkturpaket der deutschen Bundesregierung⁶ Investitionen in Höhe von rund 50 Milliarden Euro in Zukunftsbereichen vor. Im Bereich Wasserstoff sollen Ausgaben im Volumen von 9 Milliarden Euro dabei helfen, Deutschland bei modernster Wasserstofftechnik zum

weltweit führenden Ausrüster zu machen. Bis 2030 sollen industrielle Produktionsanlagen entstehen, um den Einsatz dieser Technologien in Deutschland auch im Industriemaßstab umzusetzen. Daneben wird das Wasserstoff-Tankstellennetz ausgebaut, um den Einsatz von Wasserstoff im Schwerlastverkehr zu fördern.

Auch der Ausbau von erneuerbaren Energien genießt weiterhin hohe Priorität: Das Ausbauziel für die Offshore-Windkraft wurde im Konjunkturpaket von 15 auf 20 Gigawatt im Jahr 2030 angehoben. Das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm für die Jahre 2020 und 2021 wurde von bisher 1,5 Milliarden Euro auf 2,5 Milliarden Euro aufgestockt.

3.2 Der Europäische Green Deal

Der fraglos stärkste Treiber für die künftige Entwicklung der Branche ist der Ende 2019 von der EU-Kommission vorgestellte und vom Europäischen Rat und Europäischen Parlament unterstützte „European Green Deal“. Dieser sieht als neue Wachstumsstrategie der EU vor, bis zum Jahr 2050 Klimaneutralität, d.h. eine Balance zwischen Treibhausgasemissionen und Emissionseinbindungen, sowie den Übergang zu einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft und Gesellschaft zu erreichen.

Sektoren und Technologien

Der Green Deal sieht einen aktiven Beitrag aller Wirtschaftssektoren vor. Im Energiesektor fokussiert er sich auf die Themen Energieeffizienz und Dekarbonisierung des Energiesystems. Dazu sollen erneuerbare Energien und innovative Technologien wie Wasserstoffnetze, CO₂-Abscheidung, -Speicherung und -Nutzung sowie Energiespeicherung massiv gefördert werden. Weitere Maßnahmen sollen eine nachhaltige Wirtschafts- und Lebensweise etablieren. Hier liegt der Schwerpunkt auf emissionsarmen Technologien und einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft, insbesondere in ressourcenintensiven Bereichen wie dem Textil-, Bau-,

Elektronik- und Kunststoffsektor. Weitere Handlungsfelder sind eine nachhaltige und intelligente Mobilität sowie die Entwicklung eines fairen, gesunden und umweltfreundlichen Lebensmittelsystems. Mit einem groß angelegten Renovierungsprogramm sollen in den nächsten zehn Jahren zudem 35 Millionen Häuser energetisch saniert werden.

Finanzierung

Die geplanten Maßnahmen erfordern massive finanzielle Anstrengungen. Der im Januar 2020 veröffentlichte Investitionsplan der Kommission⁷ geht von einem Gesamtvolumen von einer Billion Euro an privaten und öffentlichen Investitionen bis 2030 aus. Ein Schlüsselinstrument dabei ist der sogenannte „Mechanismus für einen gerechten Übergang“ (Just Transition Mechanism, JTM). Er vereint Mittel aus dem Mehrjährigen Finanzrahmen der EU sowie der Europäischen Investitionsbank (EIB) und wird auch private Investitionen fördern. So sollen für mögliche sozioökonomische Auswirkungen des „grünen Wandels“ im Zeitraum 2021 bis 2027 rund 100 Milliarden Euro gezielt in jene Regionen fließen, die am stärksten vom Strukturwandel betroffen sind, etwa in Kohlereviere.

3.3 Internationale Nachhaltigkeitsstrategien

Einen weiteren Meilenstein in Richtung Nachhaltigkeit haben die Delegierten der 193 Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen mit der Verabschiedung der „Agenda 2030“ im Jahr 2015 gesetzt.⁸ Sie bildet den globalen Rahmen für die Umwelt- und Entwicklungspolitik der Weltengemeinschaft bis zum Jahr 2030. Kernstück der Agenda sind 17 Nachhaltigkeitsziele (englisch: Sustainable Development Goals, kurz SDG). Diese betreffen alle Politikbereiche von der Wirtschafts-, Sozial-, Umwelt- und Finanzpolitik über die Agrar- und Verbraucher*innenpolitik bis hin zu Bereichen wie Verkehr, Städtebau, Bildung und Gesundheit.

Im selben Jahr, 2015, wurde auf der Pariser Klimakonferenz mit dem „Übereinkommen von Paris“ auch die erste umfassende und rechtsverbindliche weltweite Klimaschutzvereinbarung getroffen, mit der sich Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer weltweit zum Klimaschutz verpflichtet haben.⁹ Zur Eindämmung des Klimawandels sieht es vor, den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur langfristig auf deutlich unter 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen. Außerdem sollen weitere Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 Grad Celsius zu reduzieren und die Anpassungsfähigkeit der Staaten an den Klimawandel zu verbessern.¹⁰ Darüber hinaus sollen die globalen

Finanzflüsse mit den globalen Klimaschutzzielen in Einklang gebracht werden. Die EU und ihre Mitgliedsstaaten zählen zu den fast 190 Vertragsparteien des Übereinkommens von Paris.

Bis Ende 2020 waren die Vertragsstaaten aufgerufen, überarbeitete Klimaschutzzusagen für das nächste Jahrzehnt bis 2030 sowie eine Langfriststrategie bis 2050 vorzulegen. Im Dezember 2020 hat sich die EU dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 Prozent im Vergleich zu 1990 zu reduzieren – eine deutliche Steigerung im Vergleich zu der bisher zugesicherten Minderung um mindestens 40 Prozent.

Die 196 Parteien des Übereinkommens über die biologische Vielfalt werden bei der 15. Vertragsstaatenkonferenz im Jahr 2021¹¹ zudem einen neuen globalen Rahmen für die biologische Vielfalt für die Zeit nach 2020 vereinbaren. Dieser Rahmen wird ein globaler Handlungsleitfaden für die nächsten Jahrzehnte sein und alle relevanten Politikbereiche betreffen. Deutschland und die EU setzen sich für ehrgeizige und messbare Ziele sowie klare Regeln bei der Umsetzung ein, um eine Trendwende beim Schutz der Artenvielfalt und gegen Naturzerstörung zu erreichen.

3.4 Nachhaltigkeitsstrategien globaler Unternehmen

Die Agenda 2030 dient auch privatwirtschaftlichen Unternehmen als Orientierung, wenn es darum geht, Ziele und Tätigkeiten nachhaltig auszurichten. Der Fortschritt bei der Erreichung der in der Agenda definierten Global Goals wird mithilfe nationaler Nachhaltigkeitsstrategien verfolgt und gemessen. Die im November 2018 aktualisierte Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie¹² benennt einige Indikatoren, mit denen direkt und indirekt Leistungen von Unternehmen erfasst werden, darunter Geschlechtergerechtigkeit, nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sowie die Förderung von dauerhaftem inklusiven und nachhaltigen Wirtschaftswachstum.

Viele Unternehmen haben eigene Initiativen gestartet, um den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase zu

reduzieren, Energie effizienter zu nutzen und verantwortungsvoller mit Rohstoffen und Ressourcen umzugehen. Diese Unternehmen haben konkrete Nachhaltigkeitsziele in ihrer Vision und Unternehmensstrategie verankert. So auch BASF: Der global tätige Chemiekonzern plant demnach unter anderem CO₂-neutrales Wachstum bis 2030 sowie die Steigerung des Umsatzes mit nachhaltigen Produkten auf 22 Milliarden Euro bis 2025.

Der Reinigungstechnikhersteller Alfred Kärcher verfolgt seit 2014 eine unternehmensweite Nachhaltigkeitsstrategie („Sustainability Excellence“). In der Folge hat das Unternehmen beispielsweise den Anteil an Recyclingkunststoffen in seinen Produkten um mehr als 300 Prozent gesteigert.¹³ Symrise, weltweit führen-

der Anbieter von Duft- und Geschmacksstoffen für die Parfum-, Kosmetik- und Lebensmittelindustrie, setzt bei seinen Rohstoffen größtenteils auf pflanzliche Ausgangsmaterialien, die aus unterschiedlichen Ökosystemen stammen und dort nach Maßgabe einer eigenen Biodiversitätsagenda geschützt werden. Im Rahmen seiner Klimastrategie will Symrise bis 2030 außerdem seinen CO₂-Ausstoß um 18 Prozent reduzieren. Beim weltweit größten Automobilzulieferer Bosch

zeigt sich die Transformation in Richtung Nachhaltigkeit vor allem am veränderten Leistungsportfolio. Das Angebot im Bereich Elektromobilität wird kontinuierlich ausgebaut. Darüber hinaus ist der Konzern im Bereich Wasserstoff aktiv und hat den Einstieg in die Serienfertigung von Brennstoffzellen für Pkw und Lkw beschlossen. Seit 2020 arbeitet Bosch dank energieeffizienter Gebäude und Anlagen unternehmensweit CO₂-neutral.

3.5 Chancen und Risiken für die deutsche GreenTech-Branche

Wie die Marktentwicklungs- und Wachstumswahlen dieser Publikationsreihe über die Jahre zeigen, wächst die GreenTech-Branche nach wie vor dynamisch. Global und national liegen die Wachstumsprognosen bis 2030 durchschnittlich bei 7,3 und 8,1 Prozent, 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 (siehe dazu Kapitel 4 und 5).

Beispielhaft dafür sei der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität genannt. Immer mehr Länder haben den Verbrennungsmotor zum Auslaufmodell erklärt: Großbritannien und Frankreich streben bei Neuzulassungen ein Verbot von Verbrennungsmotoren ab 2040 an, Indien ab 2030 und Norwegen schon ab 2025. Vor allem in Asien stehen die Mobilitätssysteme infolge der ständig steigenden Urbanisierung zunehmend vor dem Kollaps. Um die Mobilität der Zukunft langfristig klimaverträglich zu gestalten, braucht es insbesondere dort neue Konzepte. Das weltweite Potenzial lässt sich exemplarisch für innovative Mobilitätslösungen aufzeigen: Das globale Marktvolumen für Elektroantriebssysteme (Batterie, Motor, Getriebe und Ladevorrichtung) und Shared Mobility liegt beim 24-Fachen des innerdeutschen Potenzials. Allein der weltweite Markt für Shared Mobility wächst mit 21 Prozent pro Jahr (siehe Kapitel 4.3.4 und 6.4).

Gleichzeitig ermöglicht die Digitalisierung eine weitere dynamische Entwicklung der Branche, weil sie die Grundlage neuer Produkte und Dienstleistungen sowie innovativer Nutzungsmöglichkeiten für bestehende Komponenten bildet. So dienen Internet, Software, Apps oder soziale Netzwerke Unternehmen als digitale Schnittstellen zu Kund*innen und eröffnen die Chance, verstärkt individualisierte Produkte und Dienst-

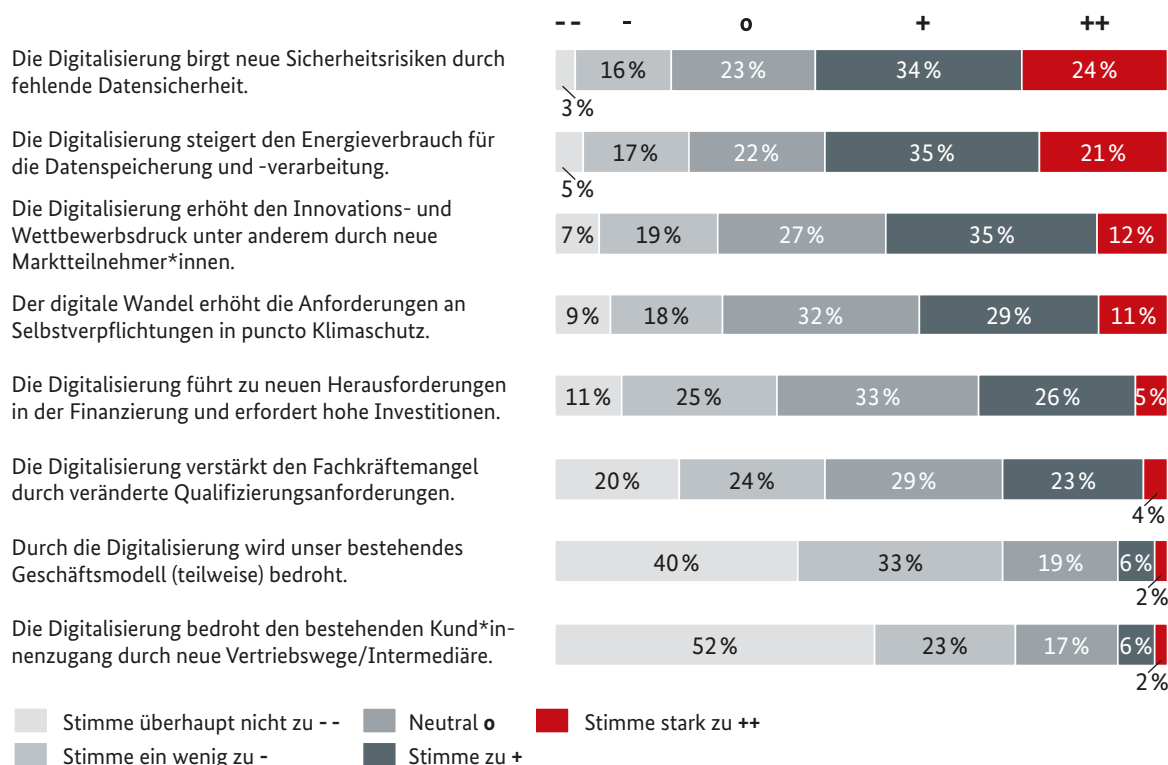
leistungen anzubieten sowie die Interaktion mit den Marktteilnehmer*innen zu intensivieren. Durch die Vernetzung zwischen Maschinen oder den Austausch von Daten für diverse Anwendungen und Nutzer*innen entstehen digitale Ökosysteme. Ein Beispiel dafür ist „Moovel“ aus dem Leitmarkt Nachhaltige Mobilität. Die App verknüpft die Angebote des Carsharing-Anbieters Car2go, des Startups Mytaxi, der Deutschen Bahn und des Nahverkehrs in vielen Regionen. Die systemische Integration verschiedener digitaler Lösungen, Technologien, Produkte und Dienstleistungen lässt ein eigenes digitales Ökosystem im Bereich Mobilität entstehen. Weiteres Anschauungsmaterial liefern Anwendungsbereiche wie Connected Energy, also das digitale Energiemanagement in Gebäuden, oder Building Information Network, ein Vernetzungssystem für Bauprozesse mit dem Ziel, die Ressourcenproduktivität von Baustoffen über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu maximieren.

Auch in der bereits erwähnten Unternehmensbefragung ging es um das Thema Digitalisierung. Die Vertreter*innen der Unternehmen gehen demnach mehrheitlich davon aus, dass digitale Technologien das bestehende Geschäftsmodell und Leistungsangebot ihres Unternehmens verbessern werden, 46 Prozent erwarten neue Vertriebswege und innovative Formen der Kund*innenkommunikation.¹⁴ Außerdem rechnet ein großer Teil der Befragten damit, dass die Digitalisierung neue, datengetriebene Geschäftsmodelle und weitere Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen bei internen Prozessen ermöglicht (siehe Abbildung 2).

Dabei steht die Branche der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz vor der Herausforderung, diese durch die Digitalisierung erschlossenen Potenziale auch umzusetzen, um ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Insbesondere im Bereich Kosten- und Prozesseffizienz sind weitere Fortschritte unerlässlich,

Abbildung 2: Unternehmensbefragung: Einfluss klimapolitischer Instrumente auf die Unternehmensentwicklung der GreenTech-Branche

Wie stark stimmen Sie den folgenden Thesen über Herausforderungen durch die Digitalisierung für Ihr Unternehmen zu?



Quelle: Unternehmensbefragung (337 befragte Personen), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung

um die Profitabilität der deutschen Unternehmen bei zunehmender Wettbewerbsintensität auf den internationalen Märkten abzusichern. Vor allem Anbieter aus dem westeuropäischen Ausland setzen die Branche unter Druck. Verschärft wird der Wettbewerb aber auch durch osteuropäische und russische Unternehmen sowie durch Anbieter aus China. Auch Mitbewerber aus weiteren außereuropäischen Ländern wie Südkorea, Japan oder Mexiko dürften künftig eine deutlich größere Rolle auf dem Weltmarkt spielen (siehe Kapitel 5.3).

Voraussetzung für ein erfolgreiches Agieren der deutschen GreenTech-Branche am internationalen Markt ist neben innovativen Produkten eine wettbewerbsfähige Kostenstruktur, denn der Wettbewerb nimmt zu. Unternehmen aus Europa, den USA und China drängen mit eigenen, innovativen Produkten und Dienstleistungen auf den attraktiven Markt, beispielsweise in den Leitmärkten der Kreislaufwirtschaft und der nachhaltigen Wasserwirtschaft. So hat China bei Patenten in den wichtigsten Umwelttechnologien nicht nur aufgeholt, sondern sogar die bislang führenden USA abgehängt¹⁵: Im Bereich Recycling hält das Land rund ein Viertel der Weltklassepatente¹⁶, in der Wasseraufbereitung liegt der Anteil bei 36 Prozent. Damit gewinnt neben der

Innovationsfähigkeit die Kosteneffizienz als zentraler Wettbewerbsfaktor zunehmend an Bedeutung, auch um langfristig profitabel zu bleiben.

Für die deutsche GreenTech-Branche ergeben sich daraus zwei Herausforderungen: Im Bereich Produktentwicklung müssen die Entwicklungskosten, das Produktdesign und die Herstell- oder Materialkosten kontinuierlich optimiert werden. Gleichzeitig sind die Prozesskosten in Einkauf, Logistik, Vertrieb und Energieversorgung kritisch zu überprüfen. Digitalisierung, Operational Excellence und strikte Wertorientierung zählen zu den drängendsten Themen, mit denen sich die Branche in Zukunft auseinandersetzen muss. Das gilt auch für das Qualitätsmanagement und den Kund*innenservice. Gelingt dies nicht, besteht ein erhebliches Risiko, trotz globaler Wachstumsdynamik relevante Marktanteile zu verlieren.



Der globale und nationale Markt für Umwelt- technik und Ressourcen- effizienz

4

Wie ist die Branche der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz strukturiert? Wie sehen die verschiedenen Marktsegmente aus und welche Technologien sind es, die im Einzelnen einen konkreten Beitrag zu weniger Ressourcenverbrauch und besserem Klimaschutz leisten? Das folgende Kapitel erläutert die sieben wichtigsten Leitmärkte zunächst in ihrer Gesamtheit und beleuchtet sie anschließend jeweils aus globaler und nationaler Perspektive in ihrer Relevanz und spezifischen Ausprägung.

4.1

Die Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz: Definitionen und Methodik

Der 2007 gestarteten Reihe der GreenTech-Publikationen¹⁷ liegt eine breit gefasste Betrachtung der Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zugrunde. Um die globalen ökologischen Herausforderungen bewältigen zu können, muss die Betrachtung dabei über Güter, die in der „klassischen“ Abgrenzung von Umweltschutzgütern erfasst werden, hinausgehen und umweltfreundliche Innovationen sowie neue, umweltentlastende Technologien einschließen. Der Ansatz der GreenTech-Leitmärkte beinhaltet daher auch integrierte Umwelttechnologien und Dienstleistungen. Außerdem berücksichtigt die Analyse grundlegende Bedürfnisse wie jene nach Mobilität oder Wasserversorgung und deren nachhaltige Befriedigung.

Die Unterteilung in Leitmärkte liefert einen konsistenten Rahmen für die Untersuchung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Allerdings reicht dieses Analyseraster allein nicht aus, um die Dynamik und Trends der GreenTech-Branche differenziert zu erfassen. Dazu sind zwei weitere Ebenen unterhalb der Leitmärkte nötig: Marktsegmente und Technologielinien. Die Technologielinien bilden die kleinste Einheit und den Ausgangspunkt für die Segmentierung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Technologielinien umfassen Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Sie werden von unten nach oben zu Marktsegmenten zusammengefasst. Diese Marktsegmente wiederum bilden die Leitmärkte.

GreenTech-Leitmärkte

Als Leitmärkte werden wesentliche Teilbereiche der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bezeichnet. Die Technologien der Leitmärkte bieten einerseits Lösungen zur Erhaltung der Ökosysteme, andererseits tragen sie zur Befriedigung grundlegender menschlicher Bedürfnisse bei. Dieser Ansatz deckt sich mit den politischen Kernbotschaften, in denen die Hauptziele der 2030-Agenda zusammengefasst sind.¹⁸



Auf dieser konzeptionellen Grundlage wird die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in sieben Leitmärkte unterteilt (siehe Abbildung 3):

- Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie
- Energieeffizienz
- Rohstoff- und Materialeffizienz
- Nachhaltige Mobilität
- Kreislaufwirtschaft
- Nachhaltige Wasserwirtschaft
- Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft.

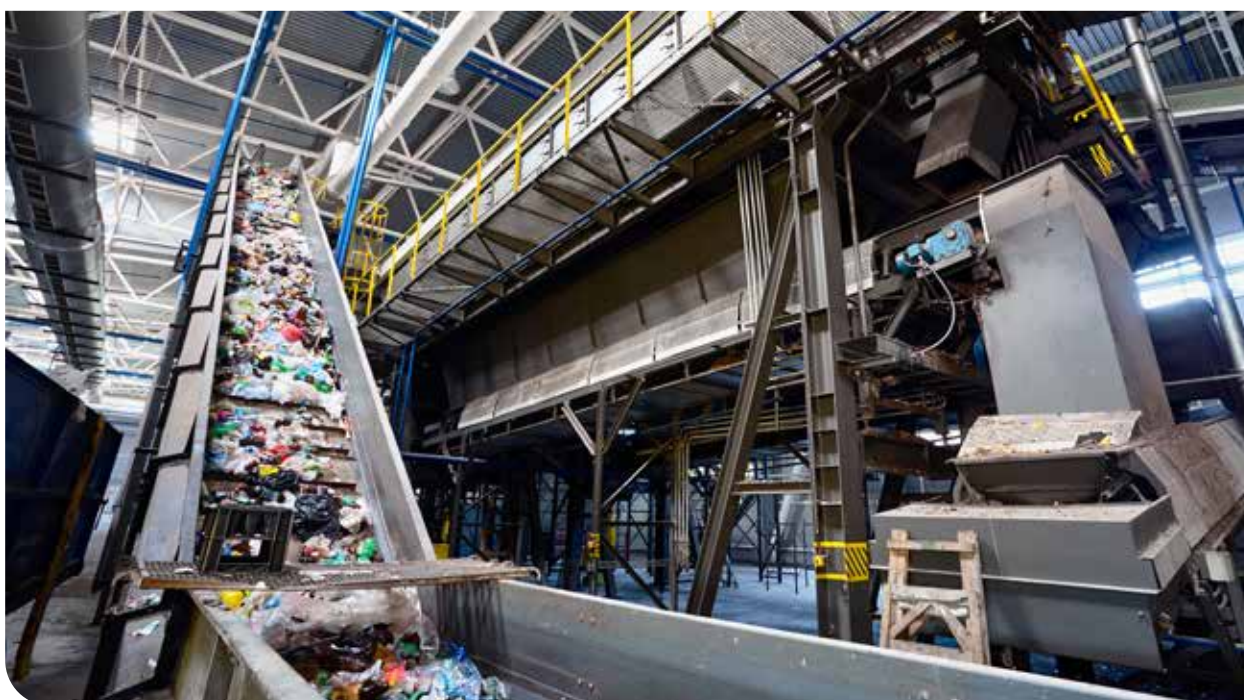


Abbildung 3: Die sieben Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und deren Marktsegmente

1 Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

- Erneuerbare Energien
- Umweltschonende Nutzung fossiler Brennstoffe
- Speichertechnologien
- Effiziente Netze

2 Energieeffizienz

- Energieeffiziente Produktionsverfahren
- Energieeffizienz von Gebäuden
- Energieeffizienz von Geräten
- Branchenübergreifende Komponenten

3 Rohstoff- und Materialeffizienz

- Materialeffiziente Produktionsverfahren
- Branchenübergreifende Querschnittstechnologien
- Nachwachsende Rohstoffe
- Schutz von Umweltgütern
- Klimaangepasste Infrastruktur

4 Nachhaltige Mobilität

- Alternative Antriebstechnologien
- Erneuerbare Kraftstoffe
- Technologien zur Effizienzsteigerung
- Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung

5 Kreislaufwirtschaft

- Abfallsammlung, -transport und -trennung
- Stoffliche Verwertung
- Energetische Verwertung
- Abfalldeponierung

6 Nachhaltige Wasserwirtschaft

- Wassergewinnung und -aufbereitung
- Wassernetz
- Abwasserreinigung
- Abwasserverfahren
- Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung

7 Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft

- Smarte Agrar- und Forsttechnologien
- Innovative Formen der Land- und Forstwirtschaft
- Nachhaltiger Einsatz von Düngemitteln, Pflanzenschutz- und Futtermitteln

Quelle: Roland Berger (2020)

Dieser inzwischen etablierte Ansatz der Leitmärkte ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz sowohl aus nationaler als auch aus globaler Perspektive. Außerdem können Produkte, Verfahren und Dienstleistungen des integrierten Umweltschutzes in die Branchenanalyse einbezogen werden, was angesichts der zunehmenden Bedeutung dieser integrierten Technologien unabdingbar ist. Zusätzlich sorgt der Ansatz für mehr Sichtbarkeit bei der (engen) Verflechtung zwischen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und den klassischen Wirtschaftszweigen.

So gibt es teilweise große Überschneidungen mit Schlüsselindustrien wie der Elektroindustrie, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Chemieindustrie oder dem Fahrzeugbau. Diese Schnittmengen und Berührungspunkte machen die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu einer typischen Querschnittsbranche. Trotzdem sind die Leitmärkte keine hermetisch von ihrem Umfeld abgetrennten Bereiche. Ganz im Gegenteil: Gerade in Hinblick auf die wachsende Bedeutung von Systemlösungen sind leitmarktübergreifende Ansätze wichtig. Ein Beispiel dafür ist die integrierte Betrachtung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität.

Zur Methodik: die Grundlage der Marktprognosen

Das Roland Berger Marktmodell ist ein für die Branche der Umwelttechnik- und Ressourceneffizienz entwickeltes und erprobtes Prognosemodell. Es erfasst die aktuelle und zukünftige Entwicklung in der Branche entlang der sieben Leitmärkte. Das Marktmodell liefert für den GreenTech-Atlas 2021 die Marktgröße im Jahr 2020 und die Wachstumsraten bis 2030 sowohl für den nationalen Markt als auch für die globalen Märkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Es sind Primärdaten, die exklusiv für den GreenTech-Atlas durch Roland Berger erstellt werden.

Als Bottom-up-Modell sind insgesamt 131 Technologielinien (Produkte, Verfahren und Dienstleistungen) detailliert abgebildet und können entsprechend angesprochen werden. Betrachtungen zum Teil-, Leit- oder Gesamtmarkt ergeben sich durch Aggregation der entsprechenden Technologielinien.

Die Datengrundlage bilden einschlägige nationale und internationale Roland Berger Marktstudien, Statistiken und Datenbanken. Für die Marktprognosen verwendet Roland Berger einen eigenen Szenario-Planungsansatz. Dieser berücksichtigt unterschiedliche zukünftige Entwicklungsrichtungen wie auch maßgebliche Industrietrends und kombiniert interne und externe Sichten. Das von Roland Berger etablierte Trend Compendium 2030 ist ein einschlägiges Beispiel dafür. Die methodische Grundlage bilden unter anderem eine 360-Grad-Stakeholder-Analyse, eine Trend- und Unsicherheitsanalyse (STEER¹) sowie eine Szenario-bewertungsmatrix. In die Durchführung eingebunden sind unter anderem das Roland Berger Institut (RBI) und das Roland Berger Expert Netzwerk (www.roland-berger.com/de/About/Network/) sowie das Roland Berger Global Research Center. Das internationale

Roland Berger Beratungsteam mit rund 2.400 Mitarbeitenden in 35 Ländern ist in den global wichtigsten Märkten und Industrien aktiv. Die 52 Büros des Unternehmens befinden sich an zentralen Wirtschaftsstandorten weltweit.

Im Roland Berger Marktmodell werden Technologien auf der untersten Aggregationsebene analysiert. Dabei werden nur Technologien betrachtet, keine Anwendungen oder Verbrauchswaren. Allerdings gibt es auch Technologielinien, die sowohl eine Technologie als auch Verbrauchsware sind, zum Beispiel Biomasse. In diesen Fällen bezieht sich das Marktvolumen auch hier nur auf die für die GreenTech-Unternehmen relevanten Technologien. Das Marktvolumen in der Technologielinie Biomasse setzt sich demnach aus den Technologien zur Erzeugung (Biogasanlagen), dem Transportmittel (Spezialcontainer) und der Verwendung von Biomasse (beispielsweise Brennkammern in Blockheizkraftwerken) zusammen.

In einigen Technologielinien bieten die GreenTech-Unternehmen für ihre Produkte und Verfahren entsprechende Dienstleistungen an oder haben sich auf die Beratung im Bereich von GreenTech-Anwendungen spezialisiert. Für die Berechnung und Systematisierung der Dienstleistungen dient die Studie „Umwelttechnik-Dienstleistungen. Treiber für ökologische Modernisierung und Beschäftigung“ als Grundlage. Insgesamt zeigt das Verfahren eine hohe Prognosezuverlässigkeit von 95 Prozent – insbesondere auch bei sehr dynamischen Märkten, wie beispielsweise der Elektromobilität und der Wasserstofftechnologie.

¹STEER = Social, Technological, Economic, Environmental, Political/Legal

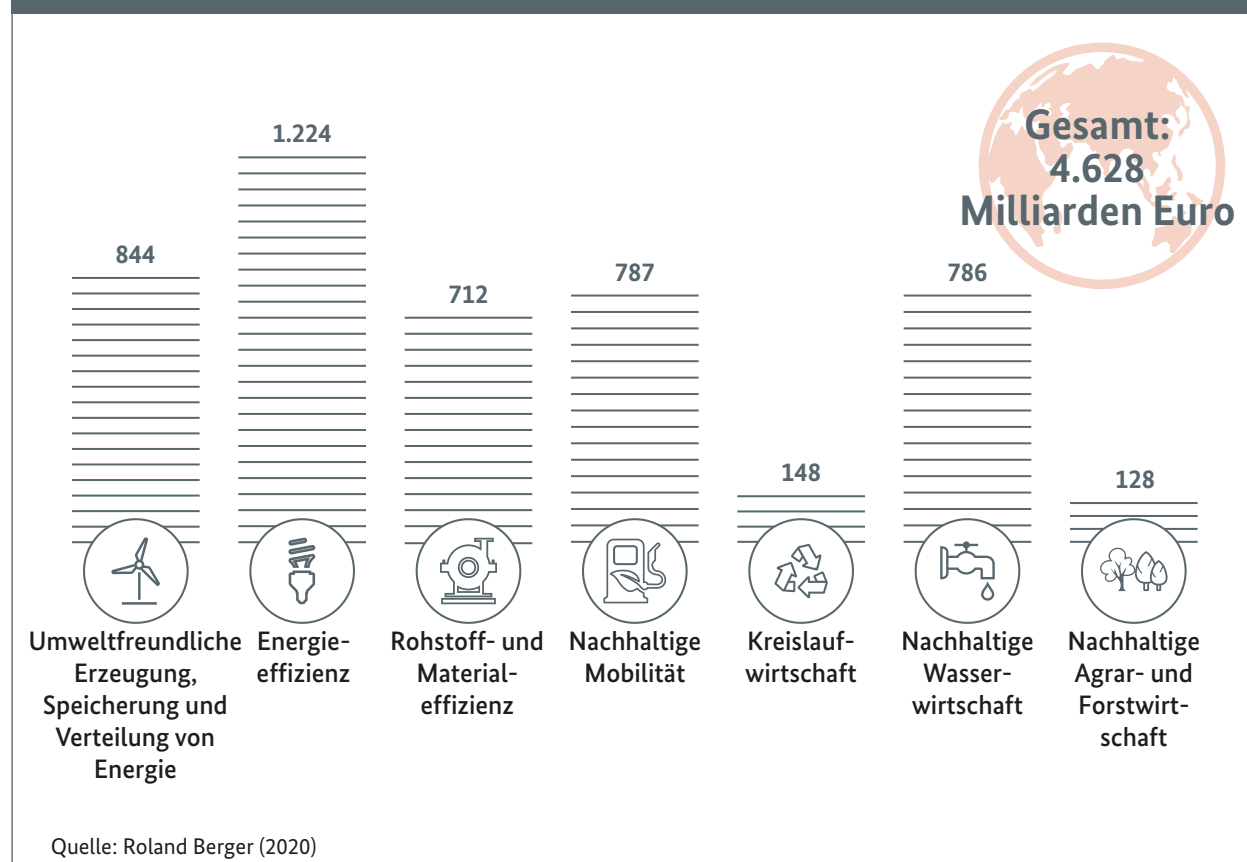


4.2 Entwicklung auf dem globalen Markt und in Deutschland

Das globale Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz lag 2020 über der Marke von 4 Billionen Euro: In den sieben GreenTech-Märkten wurde insgesamt ein Umsatz von 4.628 Milliarden Euro erwirtschaftet (siehe Abbildung 4). Damit setzt sich die expansive Entwicklung der grünen Querschnitts-

branche fort. Im Jahr 2016 bezifferte sich das weltweite Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf 3.214 Milliarden Euro.¹⁹ Mit einem Volumen von 1.224 Milliarden Euro (2020) ist die Energieeffizienz nach wie vor der größte grüne Leitmarkt.

Abbildung 4: Globales Volumen der Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 in Milliarden Euro

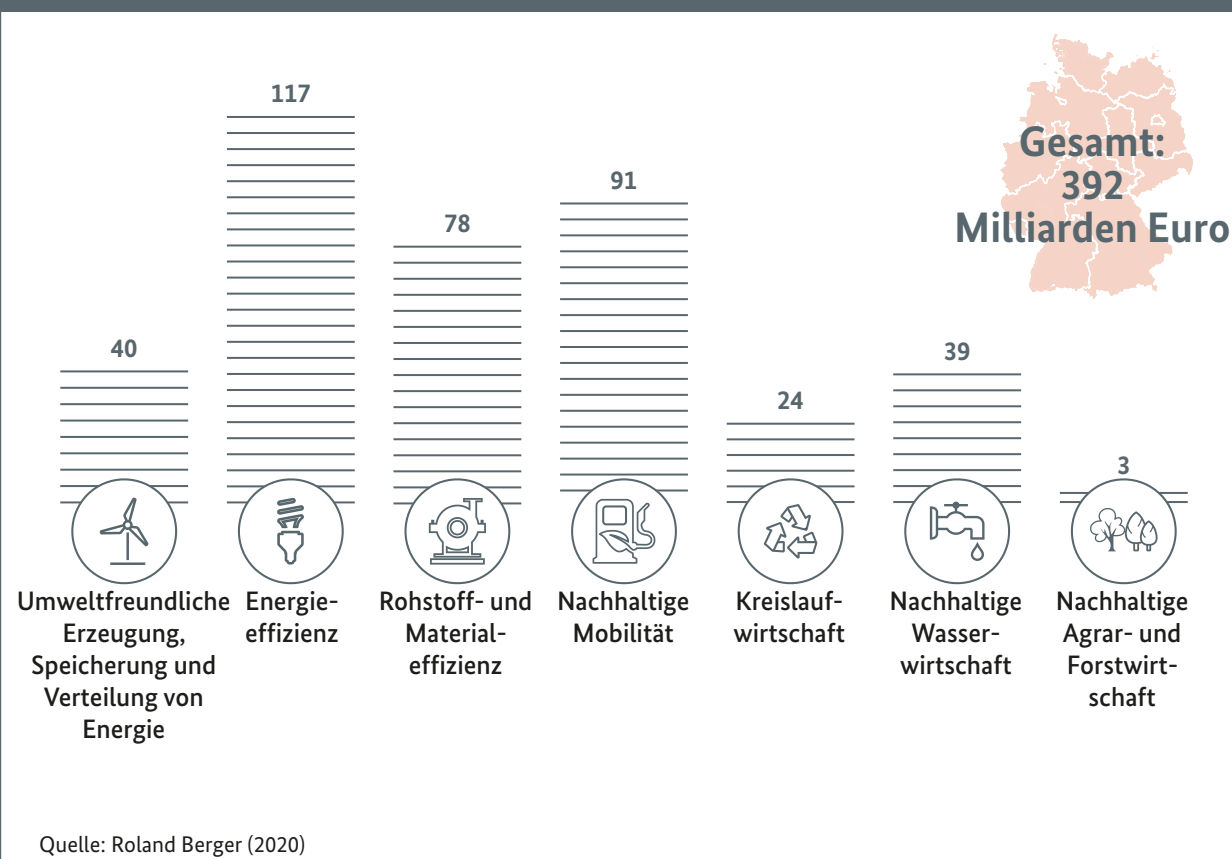


Blick auf Deutschland: Auch national bildet die Energieeffizienz den größten Leitmarkt

In Deutschland belief sich das Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 auf 392 Milliarden Euro. Auch in der deutschen GreenTech-Branche bildet die Energieeffizienz mit einem Anteil von 30 Prozent den größten Leitmarkt. 2020

betrug sein Marktvolumen 117 Milliarden Euro (siehe Abbildung 5). 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.

Abbildung 5: Volumina der Leitmärkte für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2020 in Milliarden Euro



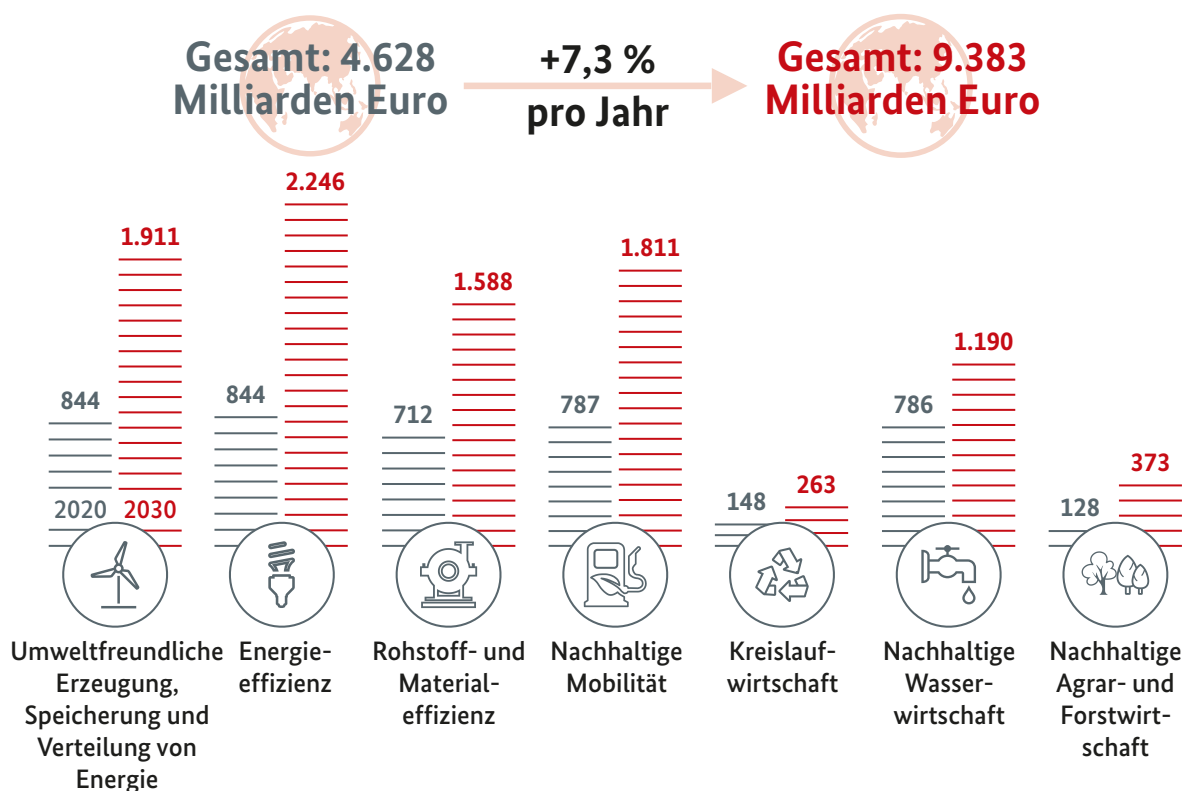
Die Nachfrage nach grünen Produkten, Verfahren und Dienstleistungen wird in den nächsten Jahren weiter steigen. Mit diesem Rückenwind wird die GreenTech-Branche ihren Wachstumskurs fortsetzen – sowohl international als auch national. Das globale Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird sich im Jahr 2030 voraussichtlich auf 9.383 Milliarden Euro beziffern (siehe Abbildung 6). Demnach entwickelt sich die Querschnittsbranche im Zeitraum 2020 bis 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 7,3 Prozent.²⁰

In Deutschland wird die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ihr Marktvolumen bis 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 8,1 Prozent ausweiten (siehe Abbildung 7). Damit fällt das Expansionstempo der GreenTech-Branche hierzulande etwas höher aus als im globalen Maßstab. In dieser Prognose spiegelt sich der hohe Stellenwert der Umweltpolitik wider, der zum einen durch den ordnungspolitischen Rahmen unterstützt wird, der verlässliche Leitplanken

für unternehmerische Investitionsentscheidungen setzt. Zum anderen sorgt die Erwartungshaltung von Kund*innen – sowohl im Business-to-Business- als auch im Business-to-Consumer-Bereich – langfristig für eine hohe Nachfrage nach klimafreundlichen und umweltverträglichen Produkten und Dienstleistungen.

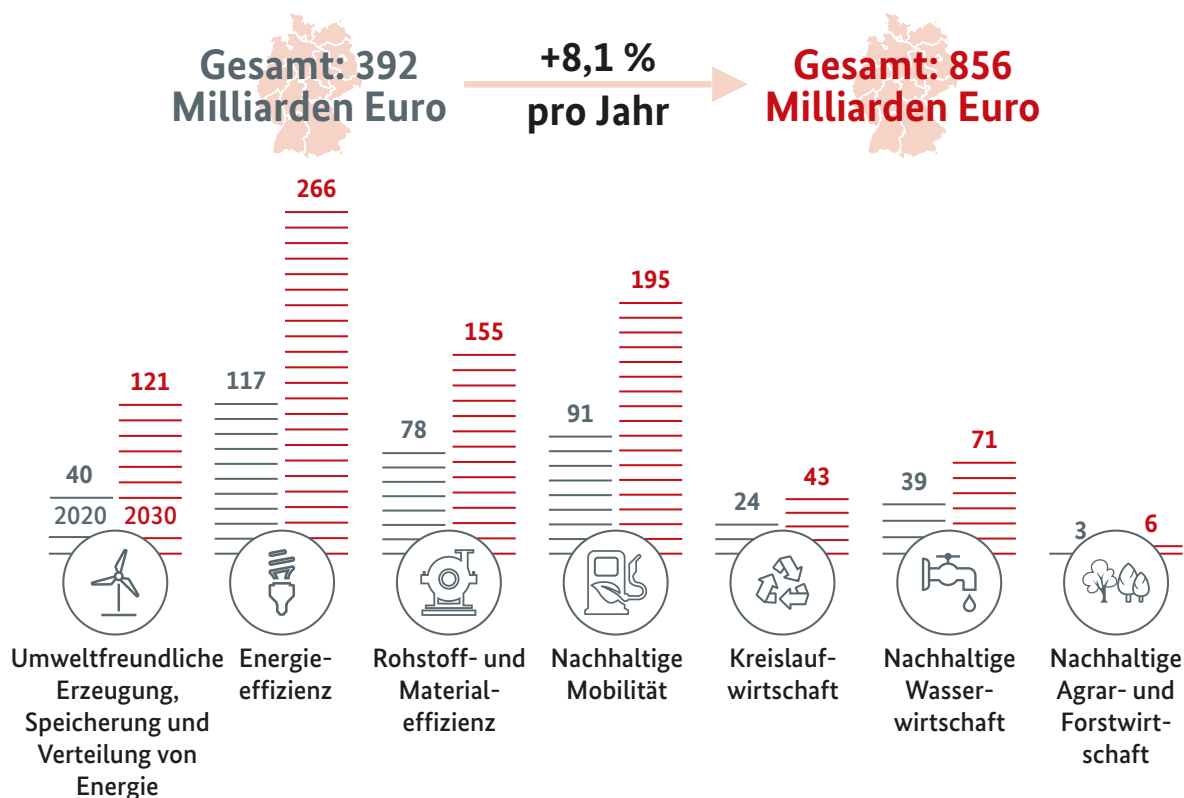
Die große Nachfrage auf dem Heimatmarkt bietet den in Deutschland ansässigen GreenTech-Unternehmen gute Chancen: Sie sind wesentlich näher an ihren Kund*innen und können neue Technologien gemeinsam mit den Anwendern auf individuelle Bedürfnisse zugeschnitten entwickeln. Die Kooperation im Heimatmarkt fördert außerdem systemische Ansätze in der GreenTech-Branche. Gerade Umwelttechnik-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.

Abbildung 6: Stand des globalen Marktvolumens für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und geschätzte Entwicklung bis 2030 in Milliarden Euro



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 7: Deutscher Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und geschätzte Entwicklung bis 2030 in Milliarden Euro



Quelle: Roland Berger (2020)

Der Blick auf die einzelnen Leitmärkte zeigt in der globalen Perspektive, dass die Geschwindigkeit des Wachstums innerhalb des Gesamtmarkts der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz unterschiedlich ausfällt. Das größte Tempo bei der Expansion legt der Leitmarkt Nachhaltige Landwirtschaft vor – einer der Gründe, diesen als neuen, siebten Leitmarkt in diese Ausgabe des GreenTech-Atlas aufzunehmen. Er entwickelt sich zwischen 2020 und 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 11,3 Prozent (siehe Abbildung 8).

Diese Wachstumsrate reflektiert die Anstrengungen, die rund um den Globus für eine nachhaltige Umgestaltung der Nahrungsproduktion unternommen werden, beispielsweise durch smarte Agrartechnologien.

Auf Rang zwei folgt mit einem Wachstum von 8,7 Prozent 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. Hinter diesem Treiber steht ein Wandel der Verkehrspolitik in wichtigen Märkten, insbesondere in China: Nach den Plänen der chinesischen Regierung soll dort im Jahr 2025 jedes vierte Fahrzeug ein Elektroauto sein.²¹

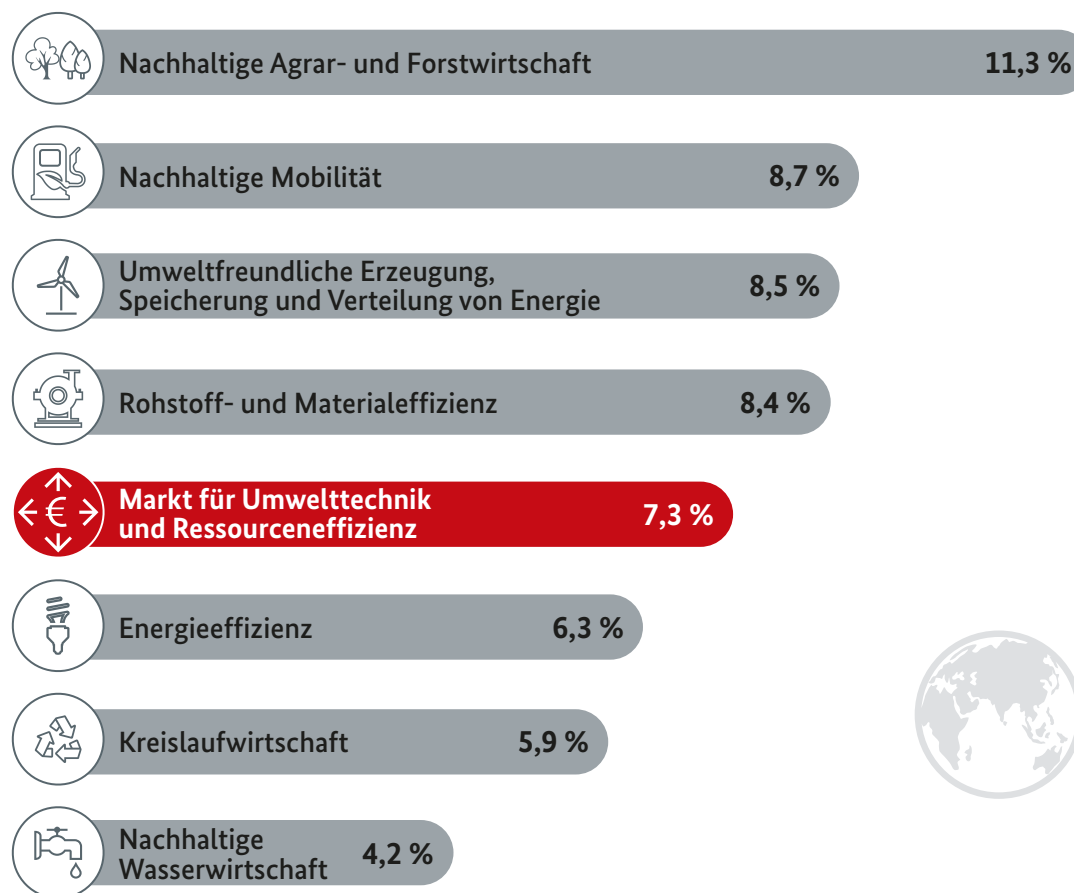
Auch die Wachstumsraten der Leitmärkte Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie sowie Rohstoff- und Materialeffizienz liegen mit 8,5 und 8,4 Prozent über dem Durchschnitt der GreenTech-Branche insgesamt. Im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz spielen vor allem nachwachsende Rohstoffe eine wichtige Rolle: etwa Brenn- oder Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen oder nachwachsende Rohstoffe als Rohstoff für die chemische Industrie. Letztere repräsentieren immerhin einen Anteil von 10 Prozent der Energiekosten der chemischen 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 innerhalb der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz der Leitmarkt mit dem kleinsten Volumen. Er verzeichnet eine im Vergleich zur Gesamtbranche leicht unterdurchschnittliche Entwicklung (5,9 Prozent). Eine Ursache dafür sind die langen Innovationszyklen, insbesondere bei neuen Recyclingverfahren (zum Beispiel Kunststoffrecycling, Batterierecycling). Wie schnell sich diese in der Praxis durchsetzen, hängt stark vom Markt und vom politischen Umfeld ab.



Der Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz wächst ebenfalls stärker als der Durchschnitt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt. Die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate liegt bis 2030 bei 8,4 Prozent. Vor allem das Marktsegment Branchenübergreifende Querschnittstechnologien und -methoden entwickelt sich mit einer Wachstumsprognose von 10,8 Prozent besonders positiv. Den mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 16,8 Prozent größten Zuwachs verzeichnet hier der Bereich Öle und Fette aus nachwachsenden Rohstoffen.

Abbildung 8: Voraussichtliches globales Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2020 bis 2030 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030)



Quelle: Roland Berger (2020)



Blick auf Deutschland: Die Green-Tech-Leitmärkte legen ein unterschiedliches Entwicklungstempo vor

Auch die nationale Betrachtung zeigt ein unterschiedliches Tempo bei der Entwicklung der einzelnen Leitmärkte (siehe Abbildung 9). Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 11,7 Prozent wächst der Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie besonders dynamisch. Treiber sind die erneuerbaren Energien (insbesondere Biomassenutzung und Wasserkraft) sowie Speichertechnologien.

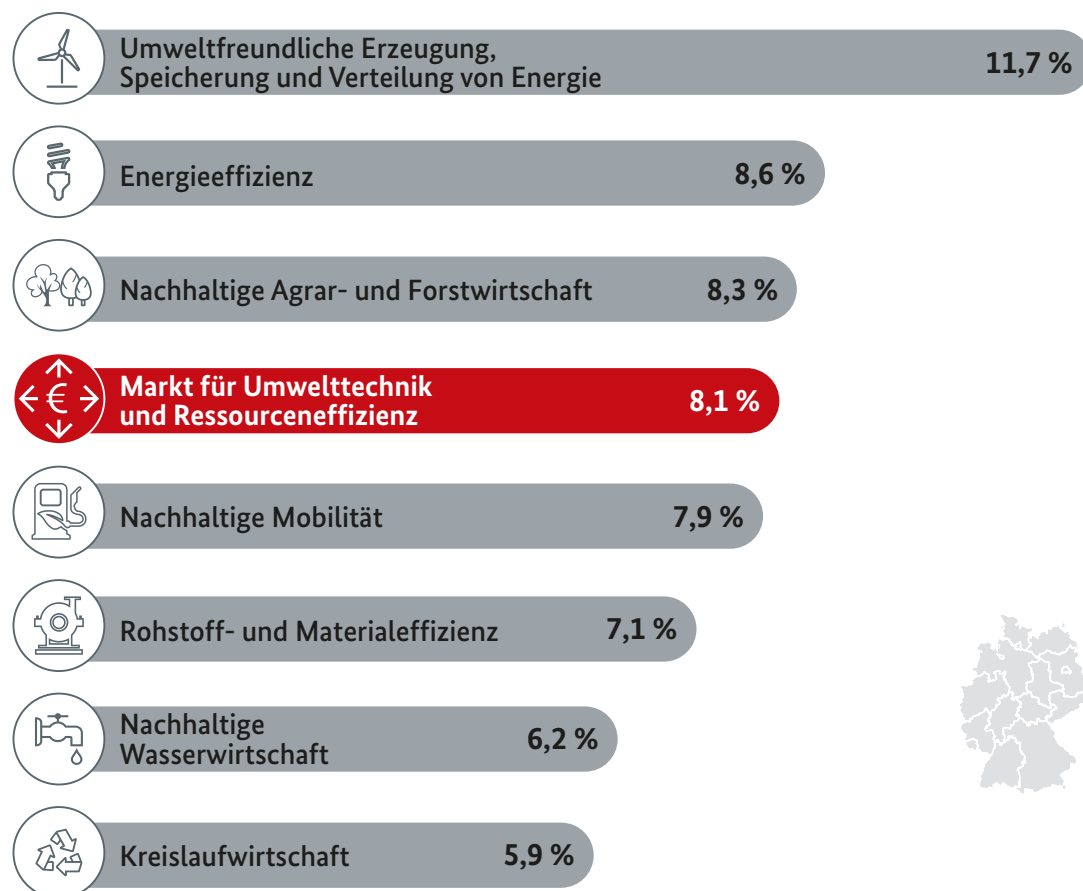
Auch das Marktsegment Effizienzsteigerung entwickelt sich mit 8,6 Prozent besser als der Durchschnitt der GreenTech-Branche insgesamt. Hier kommt die positive Entwicklung in den Bereichen Abwärmenutzung und Energieeffizienz in Gebäuden zum Tragen. Dem weltweiten Trend folgend wächst auch der Leitmarkt Nachhaltige Landwirtschaft mit 8,3 Prozent bis zum

Jahr 2030 über dem Branchendurchschnitt von 8,1 Prozent.

Die leicht unter dem Durchschnitt liegende Wachstumsrate des Leitmarkts Nachhaltige Mobilität (7,9 Prozent) ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass das Thema Effizienzsteigerung weltweit an Bedeutung verliert – zugunsten alternativer Antriebe. Dieses Segment ist im Volumen zwar noch nicht vergleichbar, zeigt dafür aber eine sehr hohe Dynamik.

Das unterdurchschnittliche Wachstum des Leitmarkts Rohstoff- und Materialeffizienz (7,1 Prozent) ist der Größe und Reife des Marktes geschuldet. In den vergangenen Jahren getätigte Investitionen in material-effiziente Produktionsverfahren haben mittlerweile für einen hohen Durchdringungsgrad gesorgt. Expansiv entwickeln sich dagegen die Technologielinien Organische Elektronik und Nanotechnologien (jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 15,8 und 8,1 Prozent).

Abbildung 9: Voraussichtliches Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2020 bis 2030 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030)



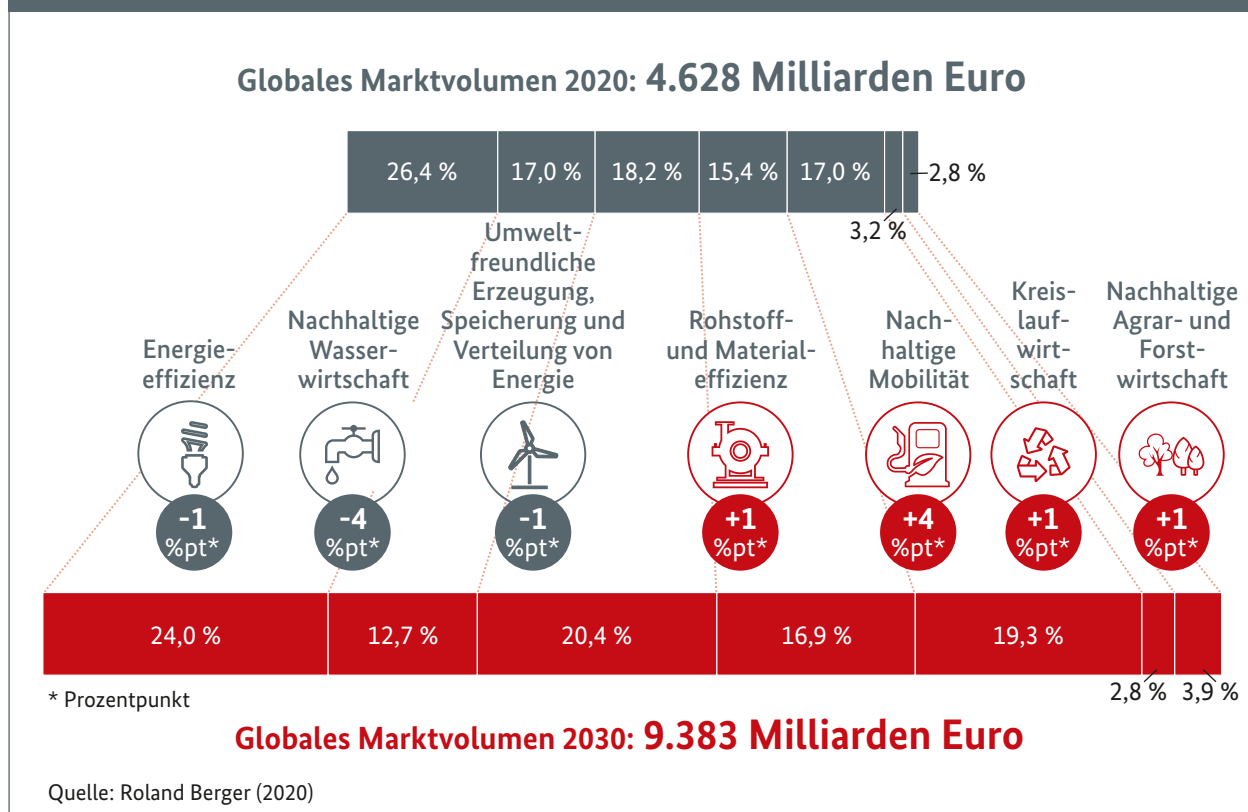
Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 10 zeigt aus der globalen Perspektive eine Gegenüberstellung, welche Anteile die einzelnen Leitmärkte am Gesamtvolumen der GreenTech-Branche in den Jahren 2020 und 2030 einnehmen.



Weltweit bilden derzeit die Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Energieeffizienz mit 26,4 Prozent den größten Anteil am Gesamtvolumen der GreenTech-Branche. Mit 18,2 Prozent folgen der Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie sowie mit 17 Prozent 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. Die Energieeffizienz wird ihre Stellung als volumenstärkster Leitmarkt behaupten: Ihr Anteil am Gesamtvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird 2030 voraussichtlich bei 24 Prozent liegen. Noch einmal deutlich an Gewicht gewinnen dürfte der Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie, dessen Anteil dann bei gut 20 Prozent liegen wird. Auch der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität wird weiter stark wachsen: Sein Anteil am gesamten GreenTech-Markt wird sich im Zeitraum 2020 bis 2030 auf 19,3 Prozent erhöhen.

Abbildung 10: Stand und voraussichtliche Entwicklung der Anteile der einzelnen Leitmärkte am weltweiten Gesamtmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und 2030



Technologien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Der folgende Abschnitt geht auf leitmarktübergreifende Technologien ein, die Anpassungsstrategien an den Klimawandel unterstützen. Güter und Dienstleistungen, welche die Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützen, können in verschiedenen Leitmärkten verortet werden.

Aktuell stellen Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 7 Prozent des globalen Marktvolumens der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (siehe Abbildung 11). Im Jahr 2030 wird sich der Anteil der Technologien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels voraussichtlich auf 13 Prozent belaufen. Ausschlaggebend für diese Erhöhung um 6 Prozentpunkte gegenüber 2020 sind die deutlich spürbaren Folgen der globalen Erwärmung. Dazu zählen eine Zuspitzung der Wasserkrise in einigen Regionen, die Häufung von Extremwetter-Ereignissen und deren Folgen (Überschwemmungen, Dürre) sowie fortschreitende Desertifikation. Die zur

Umsetzung von Anpassungsstrategien erforderlichen Güter und Dienstleistungen sind vor allem im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft zu finden. So wird jeweils die Hälfte des globalen Marktvolumens der Segmente Wassergewinnung und -aufbereitung sowie Wassernetz den Anpassungstechnologien zugerechnet. Von der Technologielinie Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft werden drei Viertel zu den Anpassungstechnologien gezählt.

In anderen Leitmärkten gibt es ebenfalls einige Marktsegmente und Technologielinien, deren Güter und Dienstleistungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Jahr 2030 eine wesentliche Rolle spielen werden. Dazu zählen die Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Biotechnologie, Nachwachsende Rohstoffe als Rohstoff für die chemische Industrie, Bodenschutz, Luftreinhaltung, Naturschutz und Landschaftspflege, Grundwasser- und Gewässerschutz sowie Abfallsammlung, Abfalltransport.

Abbildung 11: Anteil der Technologien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030



Quelle: Roland Berger (2020)

4.3 Globale und nationale Leitmärkte im Fokus

4.3.1 Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Die drei Marktsegmente Erneuerbare Energien, Effiziente Verteilungsnetze und Speichertechnologien

bilden gemeinsam den Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie (siehe Abbildung 12).

Abbildung 12: Marktsegmente und Technologielinien im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie



Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Erneuerbare Energien	Effiziente Verteilungsnetze	Speichertechnologien
· Fotovoltaik · Solarthermie · Solarthermische Kraftwerke · Windkraft (Onshore) · Windkraft (Offshore) · Geothermie · Wasserkraft	· Regelungstechnologie für Netze · Regelungstechnologie für Anlagen · Wärme- und Kältenetze · Zählsysteme und Verbrauchsmessung · IKT („Internet der Energie“)	· Mechanische Speicherung von Energie · Elektrochemische Speicherung von Energie · Elektronische Speicherung von Energie · Thermische Speicherung von Energie · Chemische Speicher · Power2X-Technologien

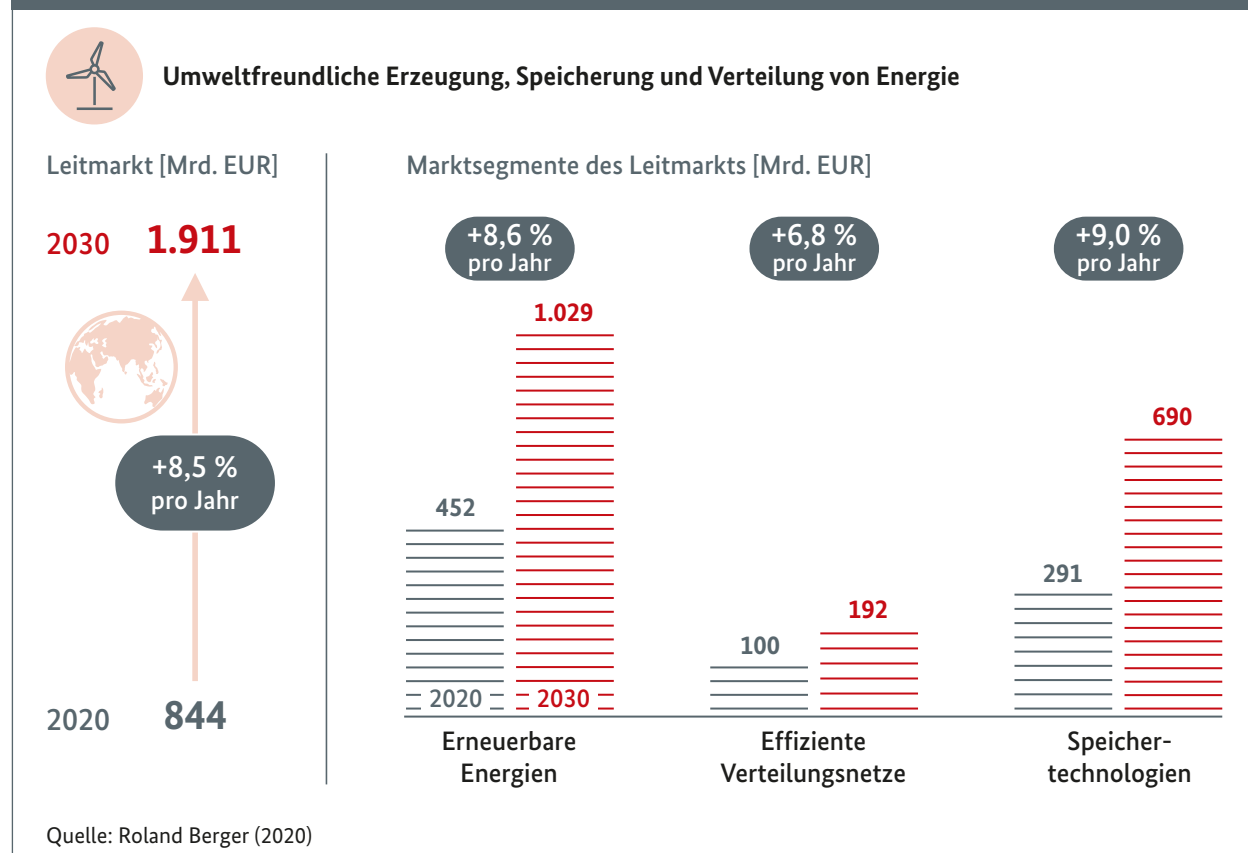
Quelle: Roland Berger (2020)

Fossile Energieträger bilden nach wie vor den Schwerpunkt des globalen Primärenergiemixes (gemeinsam haben Erdöl, Erdgas und Kohle einen Anteil von 84 Prozent am weltweiten Primärenergieverbrauch²²). Deshalb kommt Technologien, die den Ausstieg aus fossilen Energieträgern unterstützen, den Einsatz erneuerbarer Energien forcieren und den Ausstoß von Treibhausgasemissionen bei der Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern minimieren, eine herausragen-

de Bedeutung bei der Eindämmung des Klimawandels zu.

Die Entwicklung dieses Leitmarkts bestätigt dies. So lag das Weltmarktvolumen 2020 bei 844 Milliarden Euro. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 8,5 Prozent wird es sich bis 2030 auf 1.911 Milliarden Euro erhöhen (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13: Volumen des globalen Leitmarkts Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)

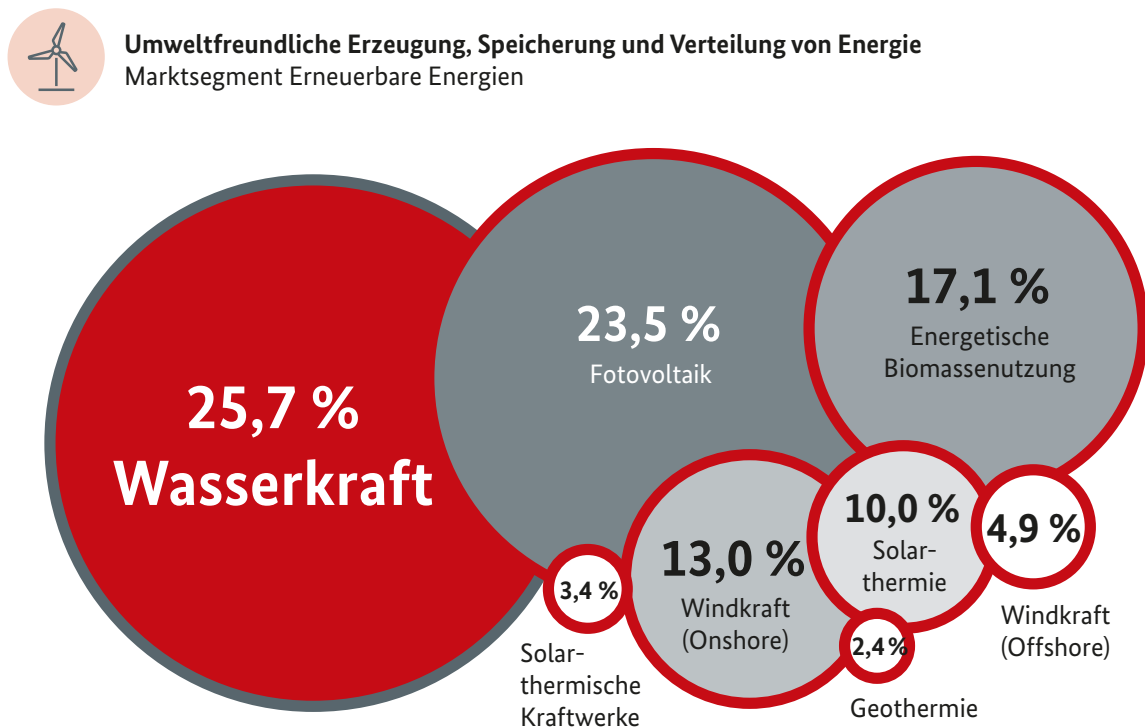


Betrachtet man das Marktsegment Erneuerbare Energien im Detail, sticht der besonders hohe Anteil der Wasserkraft heraus (siehe Abbildung 14). Diese Technologielinie steuerte 2020 rund ein Viertel des Weltmarktvolumens dieses Marktsegments bei. Sie wird jedoch voraussichtlich auf diesem Niveau stagnieren und ihr Marktvolumen bis 2030 lediglich um 0,3 Prozent auf dann 119 Milliarden Euro ausbauen.

Sonne und Wind stellen weltweit mit einer installierten Kapazität von 1.277 Gigawatt einen zunehmend stärkeren Anteil im regenerativen Energiemix.²³ Am Marktsegment Erneuerbare Energien hielt die Fotovoltaik 2020 einen Anteil von 23,5 Prozent. Auf die Windkraft Onshore entfielen 13 Prozent des Gesamtumsatzes des Markt-

segments. Prognosen gehen für die nächsten Jahre von einem deutlichen Wachstum dieser beiden Technologielinien auf bis zu 50 Prozent des Strom-Mixes aus.²⁴ Diese Einschätzung spiegelt sich zumindest für die Fotovoltaik auch in den für diese Publikation erhobenen Daten: So wird sich die Technologielinie global zwischen 2020 und 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 18,3 Prozent entwickeln – die Windkraft Onshore allerdings im selben Zeitraum jahresdurchschnittlich nur um 1 Prozent. Dementsprechend vergrößert sich der Anteil von Sonne und Wind im regenerativen Energiemix. Zusammen werden Fotovoltaik und Windkraft 2030 einen Anteil von rund 70 Prozent des Weltmarktvolumens des Marktsegments Erneuerbare Energien stellen.

Abbildung 14: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Erneuerbare Energien 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Das Marktsegment Speichertechnologien hat innerhalb des weltweiten Leitmarkts Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie mit 9 Prozent eine hohe jahresdurchschnittliche Wachstumsrate vorzuweisen. So wird sich das Weltmarktvolumen dieses Marktsegments im Zeitraum 2020 bis 2030 von 291 auf 690 Milliarden Euro fast verdoppeln. Eine besondere Bedeutung kommt den Speichertechnologien nicht nur beim Ausgleich zwischen dem temporären Überangebot regenerativ erzeugter Energie und den Nachfrageüberhängen zu. Sie tragen auch dazu bei, erneuerbaren Strom über Sektorgrenzen hinweg zu nutzen.

Betrachtet man die Struktur des Marktsegments Speichertechnologien im Detail, fällt die Dominanz der Mechanischen Speicherung von Energie auf (siehe Abbildung 15). Auf diese Technologielinie entfiel 2020 ein Anteil von 90 Prozent des Weltmarktvolumens der Speichertechnologien. Zu den mechanischen Speichern zählen Pumpspeicherkraftwerke, Druckluftspeicherkraftwerke, Hubspeicherkraftwerke sowie das Schwungrad. Vor allem Pumpspeicherkraftwerke leisten einen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung der Stromversorgung: Sie gleichen Schwankungen im Stromnetz aus, etwa einen Anstieg der Stromnachfrage

in Spitzenlastzeiten, und dienen als „eiserne Reserve“ für Kraftwerksausfälle, denn Pumpspeicherkraftwerke sind „schwarzstartfähig“. Das heißt, sie können ohne externe Energiezufuhr hochgefahren werden.

Innerhalb der Speichertechnologien zeigen die beiden Technologielinien Elektrochemische Speicher und Power2X eine besonders ausgeprägte Dynamik. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 17,6 Prozent bauen die elektrochemischen Speicher ihr Weltmarktvolumen von 17 Milliarden Euro im Jahr 2020 auf fast 89 Milliarden Euro im Jahr 2030 aus. Zu den elektrochemischen Speichern gehören verschiedene Arten von Batterien. Grundsätzlich fungiert eine Batterie als Energiespeicher und Energiewandler: Bei der Entladung wird gespeicherte chemische Energie durch eine Reduktions-Oxidations-Reaktion (Redoxreaktion) in elektrische Energie umgewandelt, die an eine*n angeschlossene*n Verbraucher*in abgegeben wird. Es gibt Primärzellen, die nach einer einmaligen Entladung entsorgt werden müssen. Dagegen sind Sekundärzellen, sogenannte Akkumulatoren (unter anderem Blei, Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid, Lithium-Ionen), wiederaufladbar. Ausschlaggebend für das starke Wachstum der elektrochemischen Speicher bis 2030 ist insbesondere die dynamische Entwick-

lung von Batteriespeichern. Dazu tragen vor allem Anwendungen in der Elektromobilität (Elektroautos und E-Bikes) sowie als stationäre Energiespeicher bei. Die Kombination aus stationärer Speicherlösung und Eigenstromerzeugung aus regenerativen Quellen ist wirtschaftlich betrachtet überaus attraktiv und kann die Stabilisierung des Stromnetzes unterstützen.

Noch übertroffen wird das Wachstum der elektrochemischen Speicher von der Technologielinie Power2X. Sie wird bis 2030 um jahresdurchschnittlich mehr als

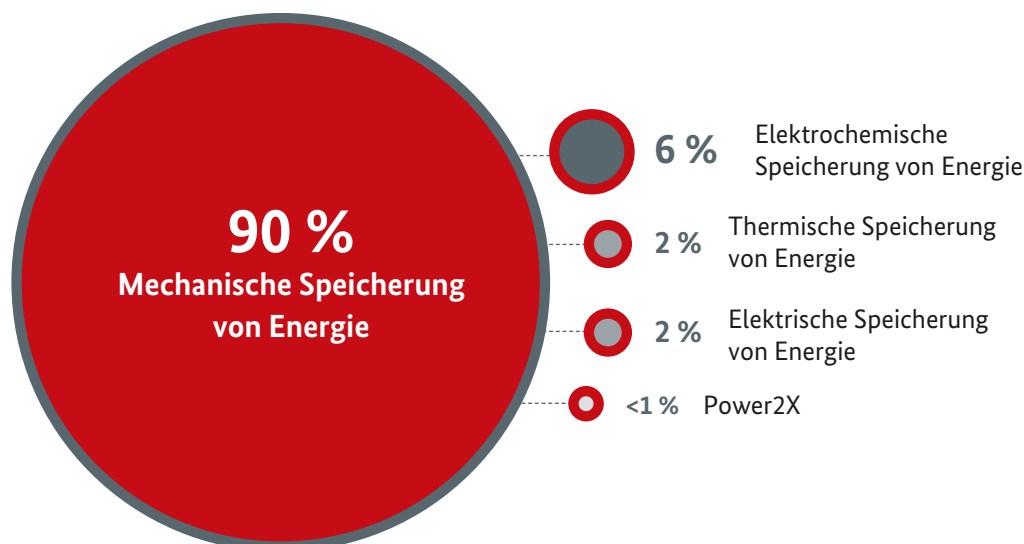
47 Prozent auf ein Weltmarktvolumen von dann knapp 4 Milliarden Euro anwachsen (siehe Infobox „Grüner Wasserstoff“ auf Seite 32).

Das Marktsegment Effiziente Verteilungsnetze hatte 2020 ein Weltmarktvolumen von 100 Milliarden Euro. Bis 2030 wird es sich mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,8 Prozent entwickeln. Das globale Volumen dieses Marktsegments wird sich demnach 2030 voraussichtlich auf 192 Milliarden Euro beziffern.

Abbildung 15: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Speichertechnologien 2020



Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie
Marktsegment Speichertechnologien



Quelle: Roland Berger (2020)



Blick auf Deutschland: der Leitmarkt
Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie
in der nationalen Perspektive

Die Entwicklungslinien im deutschen Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie entsprechen im Wesentlichen den internationalen Trends. Der Leitmarkt wird sich in

Deutschland zwischen 2020 und 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 11,7 Prozent entwickeln (siehe Abbildung 16) und in diesem Zeitraum sein Marktvolumen von 40 auf 121 Milliarden Euro ausbauen. Das Marktsegment Speichertechnologien wächst auf niedrigem Niveau mit 12,4 Prozent am dynamischsten, gefolgt von den Erneuerbaren Energien, die bis 2030 jahresdurchschnittlich um 12 Prozent zulegen.

Abbildung 16: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Leitmarkt [Mrd. EUR]

2030 **121**



+8,5 %
pro Jahr

2020 **40**

Marktsegmente des Leitmarkts [Mrd. EUR]

+12,0 %
pro Jahr

83

27

2020

Erneuerbare
Energien

+9,3 %
pro Jahr

6

Effiziente
Verteilungsnetze

+12,4 %
pro Jahr

23

Speicher-
technologien

Quelle: Roland Berger (2020)



Grüner Wasserstoff



Wasserstoff und Brennstoffzellen haben sich zu Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts entwickelt, die mittel- bis langfristig wesentlich dazu beitragen können, die gesetzten Klimaziele zu erreichen. Dabei bietet grüner Wasserstoff, der klimaneutral aus erneuerbarem Strom erzeugt wird, große Potenziale in den Sektoren Industrie und Verkehr – direkt oder in Form von wasserstoffbasierten synthetischen Grund- und Kraftstoffen, die mit erneuerbarem Strom erzeugt wurden (Power2Gas, Power2Liquid, Power2Chem) für Anwendungen, deren Energiebedarf durch direktelektrische Versorgung schwer oder nicht gedeckt werden kann.

Durch seine herausragende Bedeutung für die Klimawende und infolge ambitionierter Wasserstoffpläne in vielen führenden Märkten der Welt (vor allem Japan, Südkorea, China, USA sowie Deutschland und Europa) ist die globale Wasserstoffnachfrage in den vergangenen Jahren rasant gestiegen. Bis 2050 wird mit einer Verzehnfachung der jährlichen Nachfrage gegenüber 2015 auf rund 21.700 Terawattstunden (das entspricht 18 Prozent des globalen Endenergieverbrauchs) gerechnet.²⁵ Das Volumen des globalen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Markts (inklusive Equipment und Anwendungen) wird vom Hydrogen Council für das Jahr 2030 auf rund 125 Milliarden Euro geschätzt. Dabei entfällt der größte Teil auf Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Anwendungen sowie Wasserstoffherstellung und -lagerung, Wasserstofftransport und -verteilung folgen mit Abstand. Laut Prognose des Bundeswirtschaftsministeriums könnten in der Wasserstoffindustrie bis 2050 in Europa 5,4 Millionen Arbeitsplätze entstehen und der Jahresumsatz bei 800 Milliarden Euro liegen.²⁶

In der Industrie kann Wasserstoff dazu eingesetzt werden, viele energieintensive Prozesse, die sich nicht durch direktelektrische Anwendungen dekarbonisieren lassen, nachhaltiger zu machen, etwa in der Zement- und Chemieindustrie sowie in der Stahlproduktion (grüner Stahl). Dort ersetzt Wasserstoff den

Kohlenstoff als Reduktionsmittel und Energieträger im Hochofen. Im saarländischen Dillingen ist im August 2020 die erste Anlage in Betrieb gegangen, in der Wasserstoff im Regelbetrieb als Reduktionsmittel im Hochofen eingesetzt wird.²⁷ Dies wird durch die Eindüsung von wasserstoffreichem Koksgas umgesetzt. Dieses Verfahren gilt als wichtige Etappe auf dem Weg zur Produktion von grünem Stahl. Nach Berechnungen der Deutschen Energie-Agentur lassen sich durch die Direktreduktion mit grünem Wasserstoff bis zu 95 Prozent der CO₂-Emissionen gegenüber der Stahlproduktion im Hochofen einsparen.²⁸

Im Verkehrssektor bietet grüner Wasserstoff überall da eine gute Alternative, wo eine Elektrifizierung in absehbarer Zeit nicht möglich ist, also im Flug- und in Teilen des Schwerlast- und Seeverkehrs. Mit Wasserstoff als Ausgangsstoff für synthetische Kraftstoffe oder einer Wasserstoff-Betankung lassen sich die Kohlendioxid-Emissionen dieser Anwendungsbereiche um bis zu 80 Prozent reduzieren.²⁹ Insbesondere für den Schwerlast- oder Flugverkehr ist die Wasserstoff-Brennstoffzelle eine sinnvolle Alternative zum elektrischen Antrieb. Für viele Marktsegmente des Individualverkehrs dürfte die Technologie hingegen an Grenzen der Wirtschaftlichkeit stoßen, da im Vergleich zum Elektroantrieb eine vielfach höhere Menge an Strom für die Erzeugung des Wasserstoffs benötigt wird.

Wasserstoff kann darüber hinaus auch als chemischer Speicher verwendet werden. Eine Option ist die sogenannte Methanisierung. Dabei wird aus Wasserstoff regeneratives Erdgas erzeugt. Auch der deutsche Heizgerätehersteller Viessmann engagiert sich hier. Er hat ein eigenes Verfahren entwickelt, um überschüssigen Strom im Gasnetz zu speichern. Für die sogenannte biologische Methanisierung werden hoch spezialisierte Mikroorganismen eingesetzt, die Wasserstoff und Kohlenstoff bei Umgebungsdruck und -temperatur in reines Methan umwandeln.

4.3.2 Energieeffizienz

Der Leitmarkt Energieeffizienz setzt sich aus den Marktsegmenten Energieeffiziente Produktionsverfahren, Energieeffizienz von Gebäuden, Energieeffizienz von Geräten sowie Branchenübergreifenden Komponenten zusammen (siehe Abbildung 17).

Das Marktsegment Energieeffiziente Produktionsverfahren konzentriert sich auf die Kernprozesse in unterschiedlichen Branchen. Dabei dreht sich alles um die Frage, wie Unternehmen ihren Energieverbrauch durch die Optimierung ihrer Prozesse senken können. Ener-

gieeinsparungen im Gebäudesektor sind ein zentrales Handlungsfeld bei der Senkung des Energieverbrauchs und damit der Minderung des Treibhausgasausstoßes. Ein weiteres Marktsegment ist die Energieeffizienz von Geräten. Hier liegt der Fokus auf den Einsparmöglichkeiten für Unternehmen und Verbraucher*innen bei der Nutzung von elektrischen Geräten. Das Marktsegment Branchenübergreifende Komponenten fasst Technologielinien zusammen, die in Unternehmen – unabhängig von deren Branchenzugehörigkeit – bei den sogenannten unterstützenden Prozessen der Leistungserstellung³⁰ zur Energieersparnis beitragen.

Abbildung 17: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Energieeffizienz

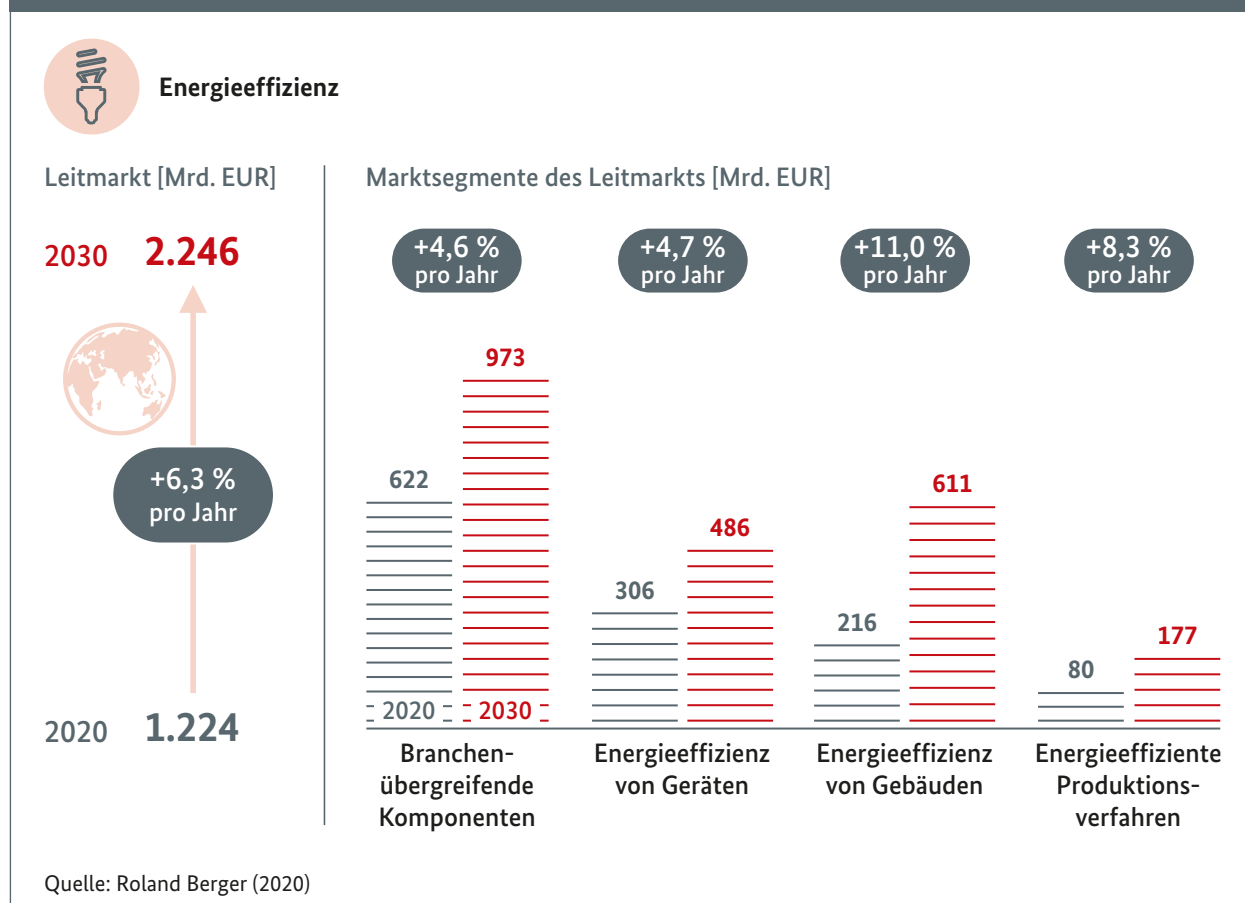
 Energieeffizienz			
Energieeffiziente Produktionsverfahren	Energieeffizienz von Gebäuden	Energieeffizienz von Geräten	Branchenübergreifende Komponenten
• bei der Metallerzeugung • in der Grundstoffchemie • im Fahrzeugbau • im Maschinenbau • in Handel/Logistik • in der Metallbearbeitung • bei der Produktion von Papier/Pappe • in der Kunststoffverarbeitung • in der Nahrungsmittelherstellung • in der Verarbeitung von Steinen und Erden • in der Herstellung von Glas und Keramikerzeugnissen • Abwärmenutzung	• Wärmedämmung • Gebäudeautomation • Passivhäuser/Plus-Energiehäuser • Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik • Blockheizkraftwerke	• Energieeffizienz von Haushaltsgeräten • Green IT • Energieeffiziente Beleuchtung • Energieeffiziente Unterhaltungselektronik	• Mess-, Steuer- und Regeltechnik • Prozessleittechnik • Pumpensysteme • Ventilatoren • Elektrische Antriebe • Wärmetauscher • Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik

Quelle: Roland Berger (2020)

Das Weltmarktvolumen des Leitmarkts Energieeffizienz wird zwischen 2020 und 2030 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 6,3 Prozent von 1.224 Milliarden Euro auf 2.246 Milliarden Euro wachsen (siehe Abbildung 18). Ein Blick auf die Marktsegmente zeigt allerdings Unterschiede beim Expansionstempo: Die Branchenübergreifenden Komponenten waren 2020 mit einem globalen Volumen von 622 Milliarden Euro das größte Marktsegment. Aufgrund der

weit fortgeschrittenen Marktreife seiner Produkte, Verfahren und Dienstleistungen weist dieses Segment mit 4,6 Prozent jedoch eine geringere jahresdurchschnittliche Wachstumsrate auf als die anderen Segmente des Leitmarkts Energieeffizienz. Das höchste Tempo bei der Expansion legt das Marktsegment Energieeffizienz von Gebäuden mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 11 Prozent vor.

Abbildung 18: Volumen des globalen Leitmarkts Energieeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)

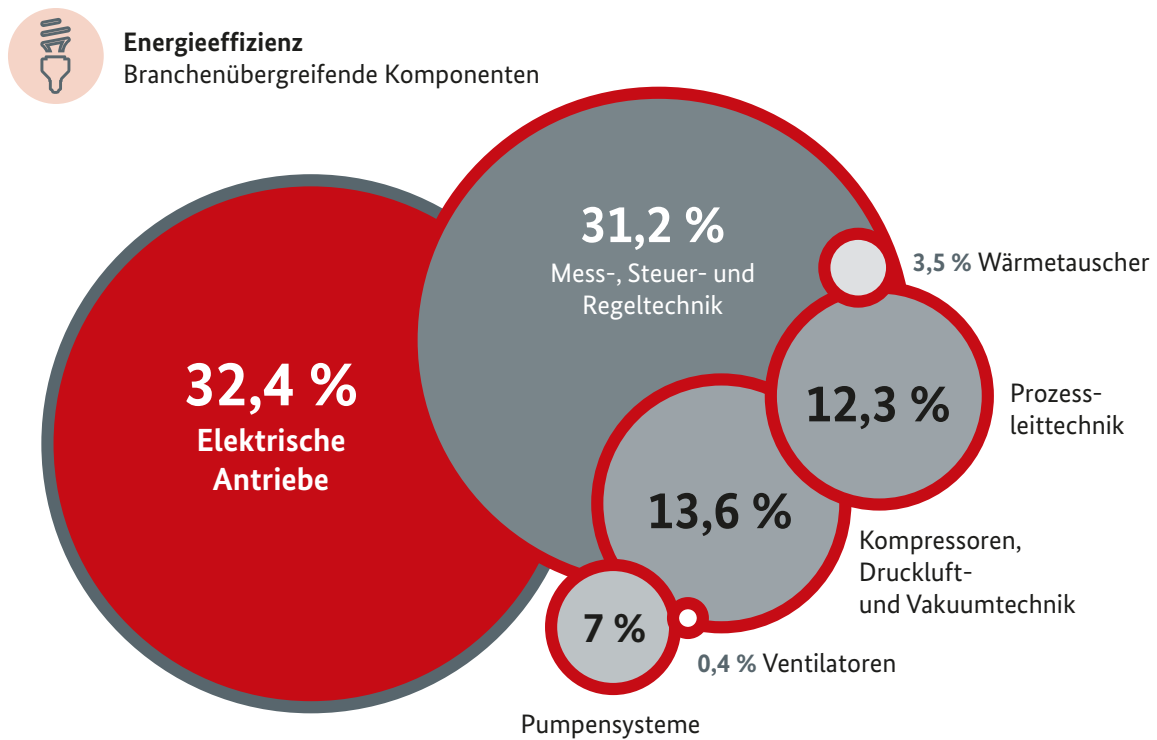


Die detaillierte Betrachtung der Marktsegmente und ihrer Technologielinien zeigt ein differenziertes Bild: Im Marktsegment Branchenübergreifende Komponenten bildeten die Elektrischen Antriebe mit 32,4 Prozent die größte Technologielinie, gefolgt von der Mess-, Steuer- und Regeltechnik mit 31,2 Prozent. Mit einem aktuellen Weltmarktvolumen von 194,3 Milliarden Euro ist die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) die zweitgrößte Technologielinie (siehe Abbildung 19). Sie spielt eine wesentliche Rolle als Basis für ressourceneffiziente Produktionsverfahren; mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 3,8 Prozent wird die MSR im Jahr 2030 voraussichtlich ein Weltmarktvolumen von 282,9 Milliarden Euro erreichen.

Die Technologielinie Elektrische Antriebe erreichte 2020 ein globales Marktvolumen von 201,7 Milliarden Euro. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 5,1 Prozent im Zeitraum 2020 bis 2030 wird

diese Technologielinie ihr Weltmarktvolumen bis 2030 auf 331,4 Milliarden Euro ausbauen. Ein wesentlicher Treiber dieses Expansionskurses sind die universelle Einsetzbarkeit von Elektromotoren in der industriellen Produktion und die kontinuierliche Verbesserung ihrer Effizienz. So ist die Steigerung der Energieeffizienz elektrischer Antriebe seit Jahren ein wichtiger Bestandteil der Normengebung auf EU-Ebene: Die 2011 in Kraft getretene Ökodesign-Richtlinie (ErP-Richtlinie) legte fest, dass alle neu hergestellten Motoren mindestens die Effizienzklasse IE2 einhalten müssen. Die zweite Stufe der ErP-Richtlinie folgte 2015: Danach dürfen Elektromotoren im Netzbetrieb mit einer Nennleistung von 7,5 bis 375 Kilowatt nur noch mit der Effizienzklasse IE3 eingesetzt werden. Seit Januar 2017 wurde diese Vorschrift auch auf den Leistungsbereich 0,75 bis 7,5 Kilowatt ausgedehnt.³¹ Ab Juli 2023 müssen Motoren mit einer Leistung zwischen 75 und 200 Kilowatt das Effizienzniveau der Klasse IE4 erreichen.³²

Abbildung 19: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Branchenübergreifende Komponenten 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Wie Abbildung 20 zeigt, ist das Marktsegment Energieeffiziente Produktionsverfahren sehr fragmentiert, wobei einzelne Technologielinien ein starkes Gewicht haben. So steuerten die Technologielinien Energieeffizienz in Handel/Logistik sowie Energieeffizienz bei der Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln einen Großteil des insgesamt noch kleinen Weltmarktvolumens dieses Marktsegments bei. Auch in anderen energieintensiven Branchen wie der Grundstoffchemie, dem Fahrzeugbau sowie der Papier- und Kartonherstellung spielen energiesparende Fertigungsverfahren eine wesentliche Rolle. Die Effizienztechnologien für diese Industrien stellten 2020 zusammen einen Anteil von mehr als einem Drittel am Weltmarktvolumen der Energieeffizienten Produktionsverfahren. Den mit weitem Abstand größten Anteil bildet die Technologielinie Abwärmenutzung, die durch Wärmerückgewinnung der Abwärme aus industriellen Prozessen enorme Effizienzpotenziale erschließt.

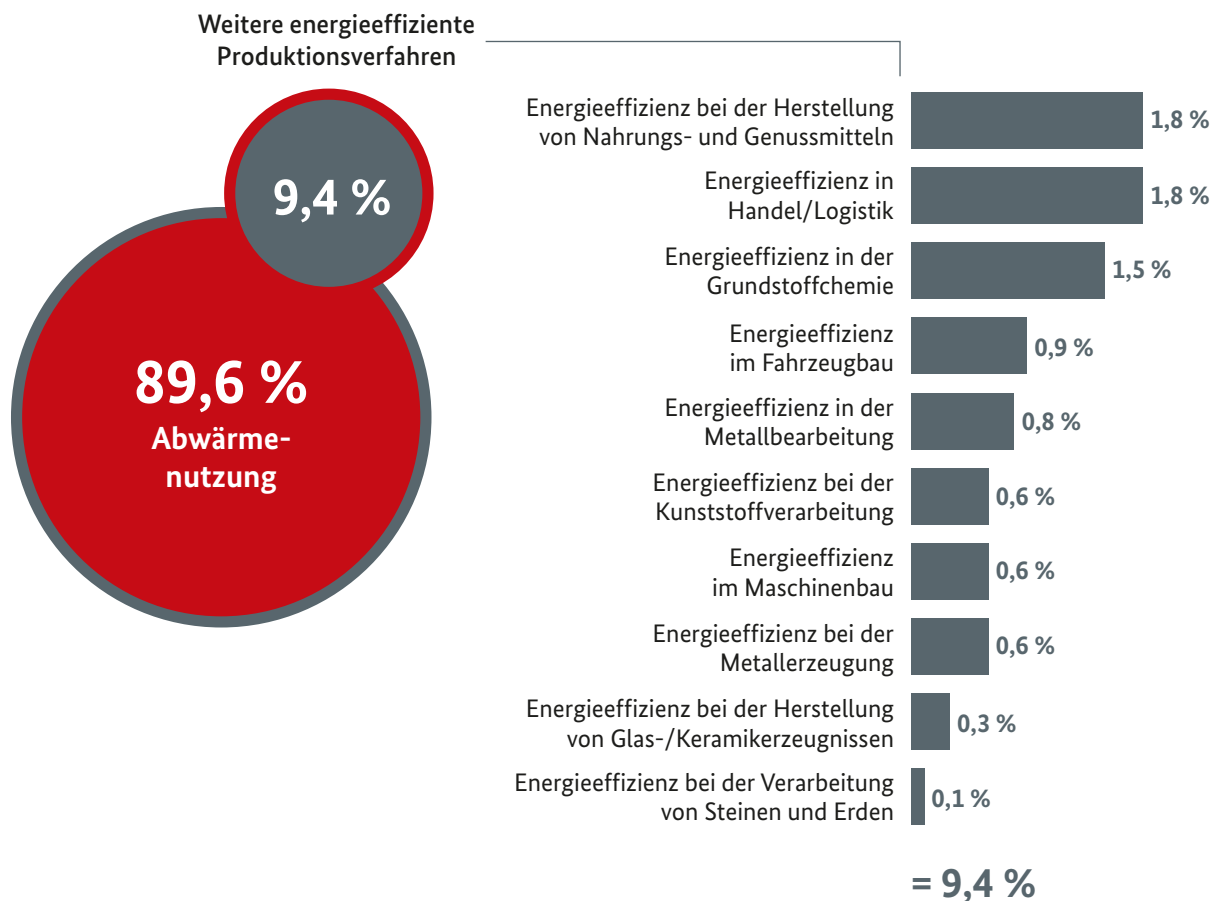


Abbildung 20: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffiziente Produktionsverfahren 2020



Energieeffizienz

Energieeffiziente Produktionsverfahren



Quelle: Roland Berger (2020)

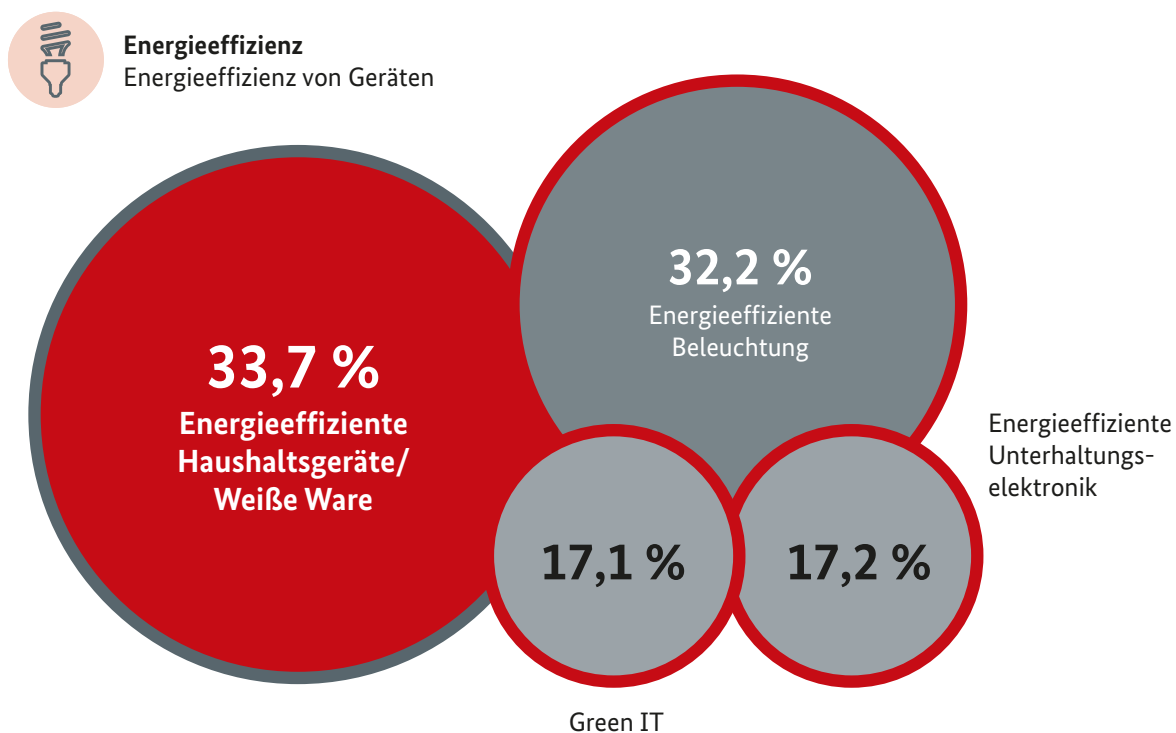
Die Technologielinie Energieeffiziente Haushaltsgeräte/Weiße Ware hatte 2020 mit 33,7 Prozent den größten Anteil am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Geräten (siehe Abbildung 21). Diese Technologielinie wird sich zwischen 2020 und 2030 mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 3,5 Prozent entwickeln und im Jahr 2030 ein Weltmarktvolumen von 145,7 Milliarden Euro erreichen. Eine wesentlich höhere Wachstumsrate – 6 Prozent – zeigt die Technologielinie Energieeffiziente Beleuchtung. Diese wird ihr Weltmarktvolumen im Zeitraum 2020 bis 2030 von 98 auf 176 Milliarden Euro ausweiten. Hinter dieser dynamischen Entwicklung steht vor allem die zunehmende Marktdurchdringung von energiesparenden LEDs, die auch immer mehr zur Beleuchtung in Produktionsstandorten und im kommunalen Bereich eingesetzt werden.

Das Marktsegment Energieeffizienz von Gebäuden brachte es 2020 auf ein Weltmarktvolumen von

216 Milliarden Euro. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 11 Prozent wird sich das globale Marktvolumen bis 2030 voraussichtlich auf 611 Milliarden Euro steigern. Gemessen am Marktvolumen ist die Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik mit 45 Prozent die wichtigste Technologielinie dieses Marktsegments (siehe Abbildung 22). Ihre Bedeutung basiert auf dem hohen Energieeinsparpotenzial in Verbindung mit relativ kurzen Amortisationszeiten. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,6 Prozent wird diese Technologielinie bis zum Jahr 2030 weiter dynamisch wachsen. Ihr Weltmarktvolumen wird 2030 bei 171 Milliarden Euro liegen.

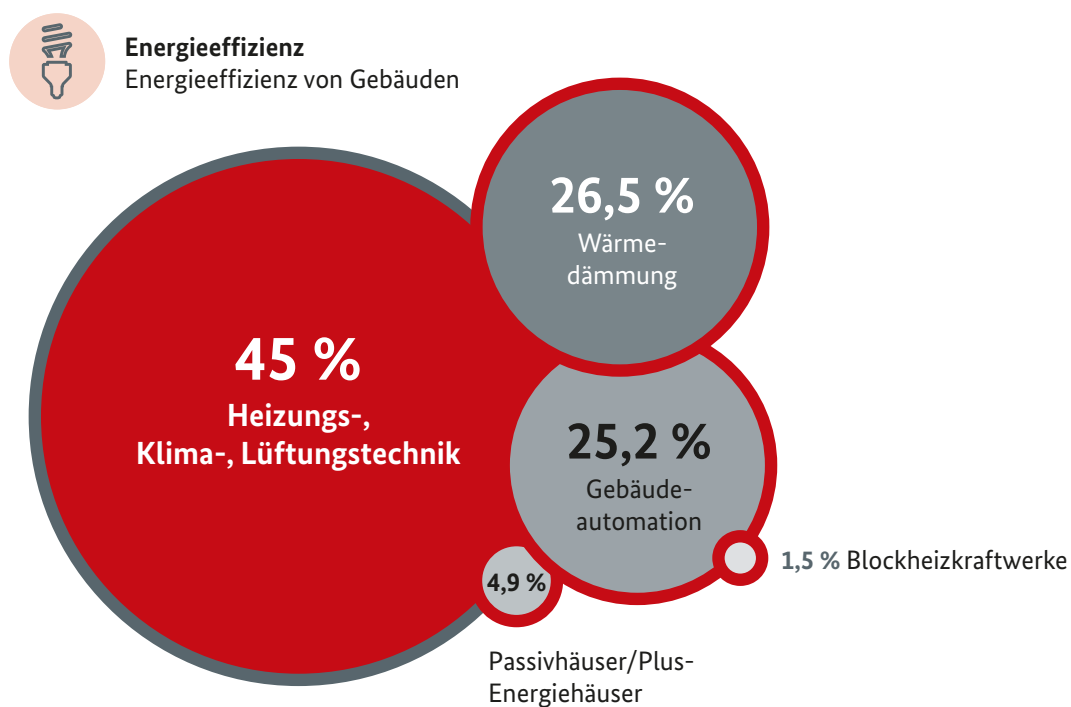
Noch stärker ist das Wachstum der Technologielinie Niedrigenergie- und Passivhäuser: Ihre jahresdurchschnittliche Wachstumsrate im Zeitraum 2020 bis 2030 liegt bei 32 Prozent; dieser Wert macht sie zu der am schnellsten expandierenden Technologielinie des gesamten Leitmarkts Energieeffizienz.

Abbildung 21: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Geräten 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 22: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Gebäuden 2020



Quelle: Roland Berger (2020)



Blick auf Deutschland: der Leitmarkt Energieeffizienz in der nationalen Perspektive

Das Marktvolumen des Leitmarkts Energieeffizienz in Deutschland belief sich 2020 auf 117 Milliarden Euro. Die steigende Bedeutung der Energieeffizienz spiegelt sich auch in der Entwicklung des deutschen Leitmarkts wider: Mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 8,6 Prozent wird er sein Volumen bis 2030 auf 266 Milliarden Euro mehr als verdoppeln (siehe Abbildung 23).

Wie auch auf dem internationalen Markt stellen die Branchenübergreifenden Komponenten den größten Anteil am Volumen des Leitmarkts. Allerdings verläuft

die Entwicklung dieses Marktsegments in Deutschland dynamischer als in der globalen Perspektive. Die Branchenübergreifenden Komponenten werden in Deutschland bis 2030 jahresdurchschnittlich mit 8 Prozent wachsen, global liegt der Wert bei 4,6 Prozent. Das höhere Expansionstempo des deutschen Marktsegments ist insbesondere dem relativ starken Gewicht der industriellen Wertschöpfung am Standort Deutschland geschuldet sowie der ordnungspolitischen Rahmensetzung auf nationaler und EU-Ebene. Die Verbesserung der Energieeffizienz ist fest in der deutschen und in der EU-Energiepolitik verankert. In den produzierenden Unternehmen der unterschiedlichen Branchen wird die Nachfrage nach energieeffizienten Produkten, Verfahren und Dienstleistungen in den nächsten Jahren zunehmen.

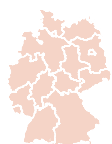
Abbildung 23: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Energieeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Energieeffizienz

Leitmarkt [Mrd. EUR]

2030 **266**



+8,6 %
pro Jahr

2020 **117**

Marktsegmente des Leitmarkts [Mrd. EUR]

+8,0 %
pro Jahr

+3,2 %
pro Jahr

+12,1 %
pro Jahr

+8,2 %
pro Jahr

104

60

2020

2030

Branchen-
übergreifende
Komponenten

20

27

Energieeffizienz
von Geräten

29

Energieeffizienz
von Gebäuden

8

17

Energieeffiziente
Produktions-
verfahren

Quelle: Roland Berger (2020)

Energieeffizienz-Dienstleistungen in der Industrie

Ressourceneffizienz ist ein zentraler Baustein in den weltweiten Bemühungen zur Verbesserung des Klimaschutzes. Hier wiederum ist die Industrie als Großabnehmer gefragt, denn sie steht für 45 Prozent des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland.³³ Entsprechend groß ist das Potenzial, diesen Verbrauch durch Effizienzsteigerungsmaßnahmen massiv zu senken. So hat sich in den vergangenen Jahren in Deutschland ein eigener Markt für Energieeffizienz-Dienstleistungen entwickelt, der mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 7 Prozent bis zum Jahr 2025 auf ein Volumen von 12 Milliarden Euro anwachsen wird.³⁴ Dabei spielen innovative Technologien zwar eine entscheidende, aber nicht die alleinige Rolle – denn ohne geeignete Dienstleistungen können diese nicht zum Einsatz kommen.

Innerhalb des Marktes für Energieeffizienz-Dienstleistungen haben sich zwischenzeitlich fünf Dienstleistungssegmente etabliert – Software für das Management von Energieeffizienz-Dienstleistungen bildet das größte und mit einer Wachstumsrate von 14 Prozent pro Jahr in Europa auch das dynamischste. Hier geht es um Software, welche die Energieeffizienz von Einzelgeräten oder Systemen durch Datenerfassung, Berichterstattung, Überwachung und Optimierung verbessert. Energieeffizienz-Audits oder -Beratung bilden das zweite Segment. Die Wachstumsprognosen für Deutschland und Europa liegen in diesem Bereich bei 3 und 4 Prozent (2017 bis 2025).

Attraktiv ist auch das dritte Dienstleistungssegment, das Engineering, Beschaffung und Konstruktion von

Energieeffizienz-Technologien umfasst. Dazu zählen Energieeffizienztechnik (Strom, Wärme, Kälte, Luft, Beleuchtung, Produktionstechnik) und Gebäudetechnik, aber auch die Ladeinfrastruktur für E-Mobilität. Europaweit könnte dieser Markt bis 2025 ein Volumen von knapp 19 Milliarden Euro haben, die durchschnittliche Wachstumsrate liegt bei 9 Prozent. Das noch recht junge Segment der Prozesseffizienz umfasst Dienstleistungen, welche die Senkung des Energieverbrauchs und der Energiekosten eines Unternehmens zum Ziel haben. Es wächst jahresdurchschnittlich um 6 (Deutschland) und 8 Prozent (Europa). Im Segment Energie-Contracting werden Energielieferungen oder Energieeffizienz-Dienstleistungen auf vertraglicher Basis erbracht. Das europäische Marktvolumen wird bis 2025 auf mehr als 12 Milliarden Euro taxiert.

Die Digitalisierung wird der Branche mit innovativen Technologien in den nächsten Jahren einen weiteren massiven Wachstumsschub beschern. So eröffnen „intelligente“, vernetzte Gebäude und das Internet der Dinge (IoT) die Möglichkeit, Gebäude aus der Ferne zu überwachen und zu steuern. Insbesondere die Segmente Energieeffizienz-Management-Software sowie Engineering, Beschaffung und Konstruktion von Energieeffizienz-Technologien werden von neuen digitalen Lösungen profitieren. Das damit verbundene zusätzliche Marktpotenzial wird alleine bis 2025 auf 3,5 Milliarden Euro geschätzt.



4.3.3 Rohstoff- und Materialeffizienz

Der Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz umfasst Technologien und Verfahren, die den Verbrauch von nichtenergetischen Rohstoffen (etwa von Metallen wie Eisen, Kupfer oder nichtmetallischen Rohstoffen wie Steine und Erden) und Werkstoffen reduzieren (siehe Abbildung 24).³⁵ Ressourceneffizienz ist der übergeordnete Begriff für die beiden Bereiche Energieeffizienz sowie Rohstoff- und Materialeffizienz. Die Technologien und Verfahren der Energieeffizienz bilden einen eigenen Leitmarkt.

Rohstoffeffizienz umfasst Effizienz bei der Rohstoffgewinnung, Materialeffizienz bezeichnet die Effizienz bei der Rohstoffverarbeitung. Eine wesentliche Rolle als Anwendungsbereich für die Technologien dieses Leitmarkts spielt die Güterproduktion in Industrie und Gewerbe.

Das Marktsegment Materialeffiziente Produktionsverfahren beschreibt anhand von Beispielen aus verschiedenen Industriebranchen, wie Betriebe durch Verbesserungen der Produktionsprozesse sowohl ihre

Kosten senken als auch die Umwelt schützen können. Im Marktsegment Querschnittstechnologien werden Biotechnologie, Nanotechnik und Organische Elektronik im Kontext Materialeffizienz beschrieben. Querschnittstechnologien sind Technologien, deren Anwendung nicht auf bestimmte Industrien beschränkt bleibt, sondern für eine Vielzahl von Branchen relevant ist. Sie gelten als Schlüsseltechnologien bei der Weiterentwicklung materialeffizienter Produkte und Verfahren.

Nachwachsende Rohstoffe bilden das dritte Marktsegment dieses Leitmarkts. Der Ersatz endlicher fossiler Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe stellt einen wesentlichen Hebel für den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen dar. Weil wachsender Rohstoffbedarf, steigende Rohstoffförderung und daraus resultierende Beeinträchtigungen und Risiken für Ökosysteme eng miteinander zusammenhängen, wurde der Schutz von Umweltgütern als Marktsegment in den Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz aufgenommen. Das Marktsegment Klimaangepasste Infrastruktur umfasst Technologien, die dem Sturmschutz, dem Hitze- und Feuerschutz sowie dem Hochwasserschutz dienen.

Abbildung 24: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz



Rohstoff- und Materialeffizienz

Materialeffiziente Produktionsverfahren	Querschnittstechnologien	Nachwachsende Rohstoffe	Schutz von Umweltgütern
- Herstellung von Metall-erzeugnissen - Herstellung von Kunststoffwaren - Verfahren in der chemischen Industrie - Papier- und Zellstoffproduktion - Verfahren im Baugewerbe - Produktion Verlag und Druckgewerbe - Herstellung und Bearbeitung von Holzprodukten und Holzwerkstoffen - Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung - Waren aus Papier und Karton	- Biotechnologie - Nanotechnologie - Organische Elektronik	- Bioenergie für die Strom- und Wärmeerzeugung - Einsatzprodukte für chemische Industrie - Biokunststoffe - Verbundwerkstoffe - Naturkosmetik - Naturdämmstoffe - Öle und Fette aus NaWaRo - Farben und Lacke aus NaWaRo*	- Bodenschutz - Lärmschutz - Grundwasser- und Gewässerschutz - Luftreinhaltung/ Schadstoffreduktion - Naturschutz und Landschaftspflege
	Klimaangepasste Infrastruktur - Sturmschutz - Hitze- und Feuerschutz - Hochwasserschutz		

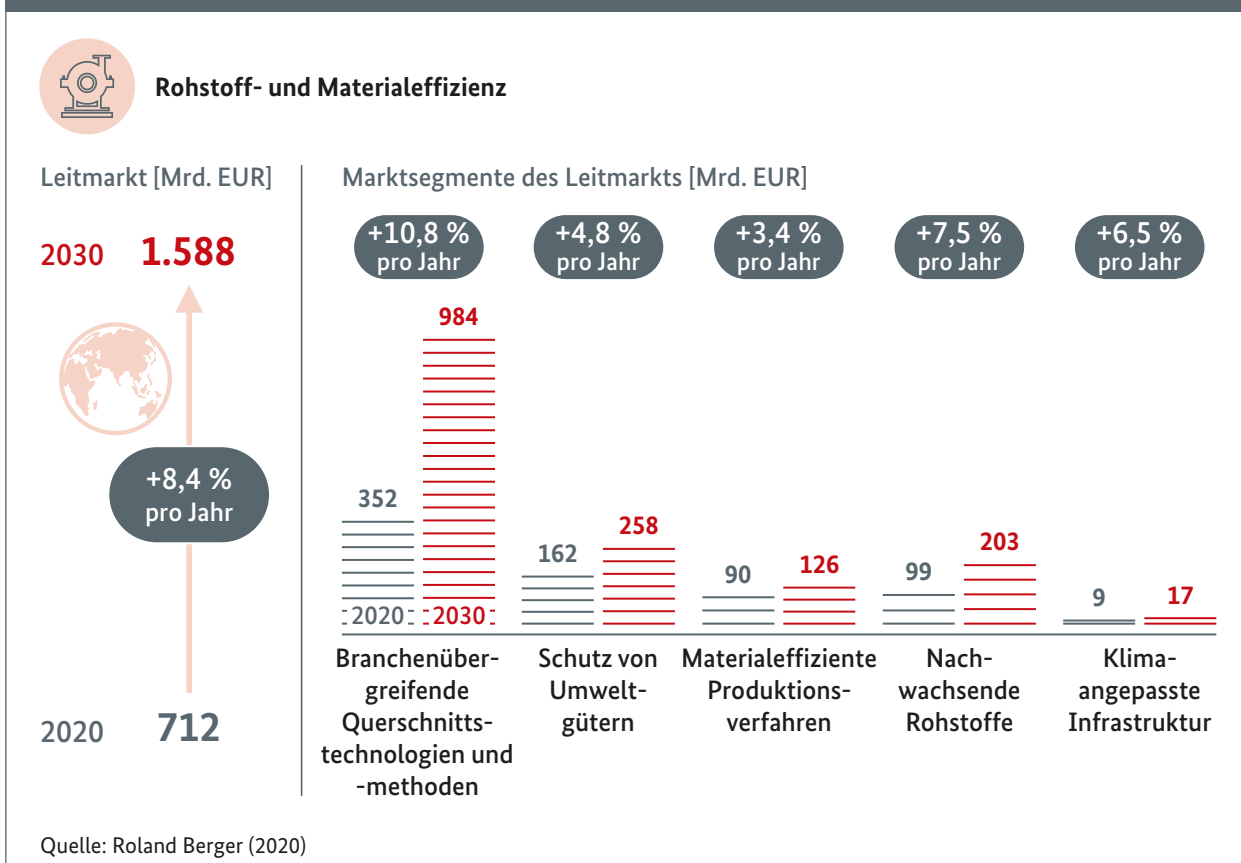
* Nachwachsende Rohstoffe

Quelle: Roland Berger (2020)

Das Weltmarktvolumen des Leitmarkts Rohstoff- und Materialeffizienz lag 2020 bei 712 Milliarden Euro. Mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 8,4 Prozent wird dieser Leitmarkt bis zum Jahr 2030 ein Marktvolumen von 1.588 Milliarden Euro erreichen

(siehe Abbildung 25). Diese Entwicklung wird vor allem durch das Marktsegment Querschnittstechnologien und -methoden getrieben, das im Vergleich zum gesamten Leitmarkt überproportional zulegt.

Abbildung 25: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Das Marktsegment Branchenübergreifende Querschnittstechnologien und -methoden – im Folgenden kurz als Querschnittstechnologien bezeichnet – war 2020 mit einem Weltmarktvolumen von 352 Milliarden Euro das größte Marktsegment dieses Leitmarkts; am Weltmarktvolumen der Rohstoff- und Materialeffizienz insgesamt hielten die Querschnittstechnologien einen Anteil von fast 50 Prozent. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 10,8 Prozent wird es sein Gewicht innerhalb des Leitmarkts bis 2030 noch einmal deutlich ausbauen – auf ein Weltmarktvolumen von voraussichtlich 984 Milliarden Euro. Die Nanotechnologie war 2020 mit einem globalen Marktvolumen von knapp 200 Milliarden Euro die größte Technologielinie – sowohl innerhalb des Marktsegments Querschnittstechnologien als auch innerhalb des gesamten Leitmarkts. Diese Positionierung wird die Nanotechnologie auch im Jahr 2030 innehaben.

Die Organische Elektronik kann im Marktsegment Querschnittstechnologien mit dem höchsten Expansionsstempo aufwarten: Diese Technologielinie wird sich zwischen 2020 und 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 15,7 Prozent entwickeln. Die Dynamik wird vor allem von der zunehmenden Anwendung der Organischen Elektronik in den Bereichen der Fotovoltaik, Beleuchtung und Displays verstärkt. Für das Jahr 2030 wird ein Weltmarktvolumen dieser Technologielinie von 148 Milliarden Euro prognostiziert.

Im Marktsegment Nachwachsende Rohstoffe³⁶ dominiert die Technologielinie Bioenergie (Strom- und Wärmeerzeugung) (siehe Abbildung 26). Diese Technologielinie umfasst den Umsatz mit Biomaterialien, zum Beispiel Pellets, Biokohle oder Biogas, die als Brennstoffe für die Strom- und Wärmeversorgung verwendet

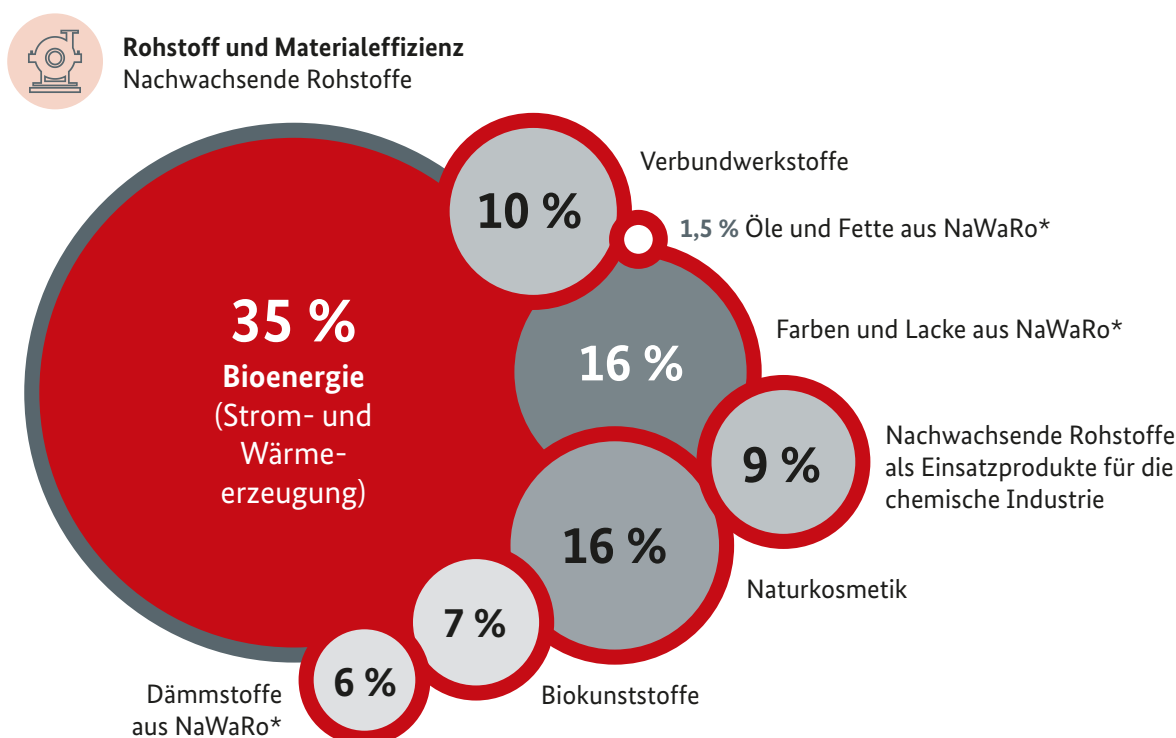
werden. Die Technologielinie Bioenergie wird zwischen 2020 und 2030 voraussichtlich jahresdurchschnittlich um 6 Prozent wachsen; demnach wird für 2030 ein Weltmarktvolumen von 62 Milliarden Euro prognostiziert. Immer mehr gefragt sind auch Farben und Lacke aus nachwachsenden Rohstoffen, die häufig als Beimischung für herkömmliche Farben verwendet werden. Dieser Trend spiegelt sich in einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 7,4 Prozent wider – das weltweite Marktvolumen dieser Technologielinie wird sich zwischen 2020 und 2030 von 15 auf 32 Milliarden Euro mehr als verdoppeln.

Die Technologielinie Verbundwerkstoffe besitzt derzeit einen Anteil von fast 10 Prozent am globalen Marktvolumen der Rohstoff- und Materialeffizienz. Durch die Kombination von Naturfasern und Kunststoffen entstehen Verbundwerkstoffe (zum Beispiel Wood

Plastic Composites), die nicht nur den Verbrauch endlicher Ressourcen eindämmen, sondern oftmals auch verbesserte Eigenschaften (unter anderem Leichtigkeit, höhere Stabilität) im Vergleich zu herkömmlichen Faserverbünden aufweisen.

Gemessen am globalen Marktvolumen stellt die Naturkosmetik mit 15 Milliarden Euro einen erheblichen Anteil am Marktsegment Nachwachsende Rohstoffe (16 Prozent). Die steigende Nachfrage der Verbraucher*innen nach Kosmetikprodukten mit natürlichen Inhaltsstoffen sorgt weiterhin für Rückenwind bei der Expansion (jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 10 Prozent). 2030 wird das globale Marktvolumen der Naturkosmetik bei fast 40 Milliarden Euro liegen. In diesem Trend spiegelt sich wider, dass die transparente Darstellung der Inhaltsstoffe für Verbraucher*innen eine zunehmend wichtigere Rolle spielt.

Abbildung 26: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe 2020



*Nachwachsende Rohstoffe

Quelle: Roland Berger (2020)

Das Marktsegment Schutz von Umweltgütern gehört ebenfalls zum Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz, denn es besteht ein enger Zusammenhang zwischen wachsendem Rohstoffbedarf, steigender Rohstoffentnahme und daraus resultierenden Beeinträchtigungen und Risiken für die Ökosysteme. Innerhalb dieses Marktsegments war der Grundwasser- und Gewässerschutz 2020 mit einem weltweiten Marktvolumen von 91,5 Milliarden Euro die mit Abstand größte Technologielinie. Die Technologielinie Naturschutz und Landschaftspflege erreichte 2020 ein Weltmarktvolumen von 42,7 Milliarden Euro. Insbesondere Schwellen- und Entwicklungsländer investieren präventiv in den Schutz vor Naturkatastrophen. Damit einhergehend werden die Investitionen in Naturschutz und Landschaftspflege ausgeweitet. So wird sich die gleichnamige Technologielinie zwischen 2020 und 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 7,8 Prozent entwickeln – auf ein voraussichtliches Weltmarktvolumen von 90,8 Milliarden Euro.

Innerhalb des in Hinblick auf das Volumen von 8,8 Milliarden Euro eher kleinen Marktsegments Klimaangepasste Infrastruktur stellte 2020 der Hochwasserschutz die größte Technologielinie dar: Sein weltweites Marktvolumen betrug 7 Milliarden Euro und wird bis 2030 rund 11,5 Milliarden Euro erreichen. Diese Prognose basiert auf dem Ausbau der Hochwasserschutzmaßnahmen in Europa sowie in Südostasien, Pakistan und Indien – zumal als Folge des Klimawandels die Gefahr von Flutkatastrophen wächst. Auch die Technologielinien Sturmschutz sowie Hitze- und Feuerschutz werden angesichts der in vielen Regionen häufiger auftretenden Extremwetter-Ereignisse in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen.



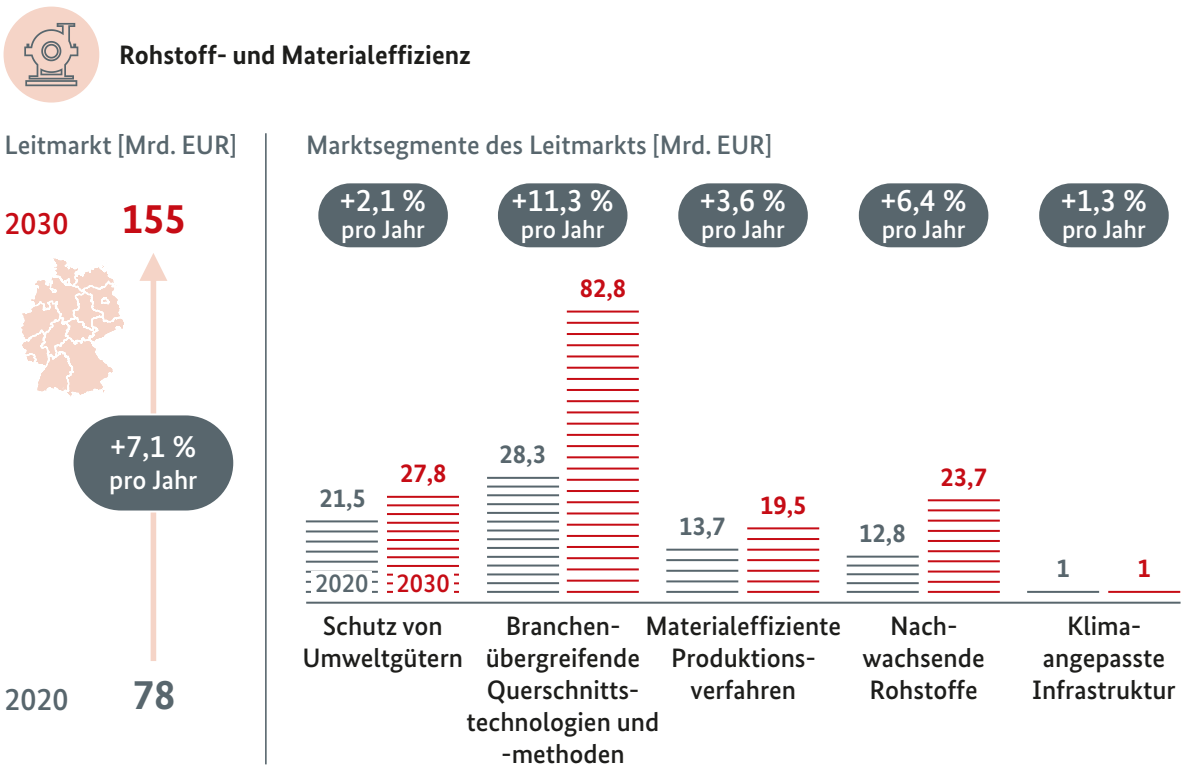
Blick auf Deutschland: der Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz in der nationalen Perspektive

Der Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz erreichte in Deutschland 2020 ein Volumen von 78 Milliarden Euro. Der Verbesserung der Rohstoff- und Materialeffizienz wird zunehmend hoher Stellenwert beigemessen. Zentrales Instrument ist das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm. Vor diesem Hintergrund kann mit einer weiteren Expansion dieses Leitmarkts gerechnet werden. Für den Zeitraum 2020 bis 2030 ist in Deutschland von einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 7,1 Prozent auszugehen; das Marktvolumen wird sich 2030 voraussichtlich auf 155 Milliarden Euro belaufen (siehe Abbildung 27).

Getragen wird dieses Wachstum vor allem von den Branchenübergreifenden Querschnittstechnologien und -methoden. In Deutschland wird für dieses Marktsegment bis 2030 ein jahresdurchschnittliches Wachstum von 11,3 Prozent prognostiziert. Damit liegt das Wachstum des deutschen Segments noch über dem globalen Wert von 10,8 Prozent. Hier zeigt sich, dass hoch innovative Unternehmen in den nächsten Jahren ihre Entwicklungen immer stärker in Hightech-Produkten „Made in Germany“ zur Anwendung bringen.



Abbildung 27: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Quelle: Roland Berger (2020)



Zirkuläre Bauindustrie

Wo Ressourcen immer knapper und die mit der Gewinnung und Entsorgung von Rohstoffen verbundenen Probleme immer drängender werden, gewinnt ein an die Kreisläufe der Natur angelehntes Denken neue Bedeutung: die Circular Economy (zirkuläre Wirtschaft). Im Zentrum steht das Ziel, natürliche Ressourcen wertzuschätzen und sie durch Wiederverwendung und -verwertung auch künftigen Generationen verfügbar zu machen (sogenanntes Cradle-to-Cradle, zu deutsch: von der Wiege, in die Wiege). Indem sie Wachstum vom Verbrauch natürlicher Ressourcen entkoppelt, bildet die Kreislaufwirtschaft die Grundlage einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Einer Studie zufolge könnten durch neue Technologien, Verfahren und Dienstleistungen bis zum Jahr 2030 global rund 4,5 Billionen US-Dollar an zusätzlicher Wirtschaftsleistung generiert werden.³⁷

Im Fokus stehen dabei besonders ressourcenintensive Sektoren wie die konventionelle, lineare Bauwirtschaft: 35 bis 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs in Europa und den USA und bis zu 40 Prozent der CO₂-Emissionen gehen auf ihr Konto. Außerdem stammen bis zu einem Drittel aller Abfälle in der EU aus Bau- und Abbrucharbeiten. Derzeit werden aber nur 40 Prozent der Bauabfälle recycelt oder wiederverwendet.³⁸

Ganz anders beim zirkulären Bauen: Hier werden Infrastruktur, Flächen und Gebäude von Anfang an so geplant und errichtet, dass nur wenige Abfälle oder Emissionen entstehen. Dabei werden ressourceneffiziente Produkte eingesetzt, Bauteile wiederverwendet

und verstärkt erneuerbare Baustoffe wie Naturlehm, Holz oder Stroh verbaut. Die eingesetzten Ressourcen sollen so lange wie möglich genutzt werden – auch durch die Verwendung von Baustoffen aus bereits bestehenden Gebäuden. Wichtige Ansätze sind „design for disassembly“ (Verwertungsdesign), „modulares Bauen“ und „selektiver Rückbau“.

Die Potenziale sind beeindruckend: So könnte ein zirkulärer Wirtschaftsansatz im Bauwesen bis zu 30 Prozent des gesamten in der EU erzeugten Abfalls und bis zu 40 Prozent der EU-Emissionen beeinflussen. Weltweit wächst die zirkuläre Bauindustrie jährlich um 12 Prozent. 2025 wird das Marktvolumen bei 620 Milliarden Euro liegen, davon entfallen 240 Milliarden auf Europa. Geschäftsmodelle, die erneuerbare und recycelte Baustoffe verwenden, bilden den größten Teil des Gesamtmarkts, Upcycling-Baustoffe haben dagegen das größte Wachstumspotenzial.

Unter den Firmen, die den Paradigmenwechsel hin zu einer zirkulären Wirtschaftsweise mit ihren Innovationen vorantreiben, sind auch einige aus Deutschland. So hat ein Unternehmen in Zusammenarbeit mit zahlreichen Recyclingfirmen einen geschlossenen Wertstoffkreislauf im Bau geschaffen. Das Unternehmen übernimmt sowohl die Aufbereitung des Materials als auch die Logistik und sorgt dafür, dass der Rohstoff im Besitz der Kund*innen bleibt und wieder in den Produktionsprozess zurückfließt. Ein anderer Anbieter verlängert die Lebensdauer von Gebäuden unter anderem durch Internet-of-Things-basierte Zustandsüberwachung.

4.3.4 Nachhaltige Mobilität

Der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität setzt sich aus den vier Marktsegmenten Alternative Antriebstechnologien, Erneuerbare Kraftstoffe, Technologien zur Effizienzsteigerung sowie Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung zusammen (siehe Abbildung 28).

Das Marktsegment Alternative Antriebstechnologien umfasst Elektroantriebe, Hybridantriebe und Brennstoffzellenantriebe. Aufgrund der Marktdurchdringung und Weiterentwicklung dieser Antriebsarten als Alternative zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren wird die Dekarbonisierung des Verkehrssektors vorangetrieben und die Abhängigkeit von ölbasierten Kraftstoffen reduziert. Demselben Ziel dienen die Technologielinien des Marktsegments Erneuerbare Kraftstoffe. Um die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors zu minimieren,

müssen gleichzeitig Verbrennungsmotoren effizienter werden. Die entsprechenden Produkte und Technologien bietet das Marktsegment Technologien zur Effizienzsteigerung. Im Marktsegment Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung werden durch innovative Maßnahmen und Technologien mobilitätsbedingte Emissionen reduziert. Eine wichtige Rolle kommt hier intelligenten Verkehrskonzepten zu, die einzelne Verkehrsträger verknüpfen.

Neben der Nachhaltigen Agrar- und Forstwirtschaft entwickelt sich der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität innerhalb der GreenTech-Branche am dynamischsten. Zwischen 2020 und 2030 wird die Nachhaltige Mobilität jahresdurchschnittlich um 8,7 Prozent wachsen. Das Weltmarktvolumen dieses Leitmarkts bezifferte sich 2020 auf 787 Milliarden Euro. Im Jahr 2030 wird es bei 1.811 Milliarden Euro liegen (siehe Abbildung 29).

Abbildung 28: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität



Nachhaltige Mobilität

Alternative Antriebstechnologien	Erneuerbare Kraftstoffe	Technologien zur Effizienzsteigerung	Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung
- Hybridantrieb - Elektroantrieb - Brennstoffzellenantrieb	- Bioethanol - Biodiesel - Biomethan - Regenerativ erzeugter Wasserstoff - Biokerosin	- Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren - Leichtbau-technologien - Energiesparende Reifen	- Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur - Verkehrsleitsysteme - Öffentlicher Personennahverkehr - Tankstelleninfrastruktur für alternative Antriebe - Shared Mobility - Fahrradwege

Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 29: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Nachhaltige Mobilität

Leitmarkt [Mrd. EUR]

2030 **1.811**



+8,7 %
pro Jahr

2020 **787**

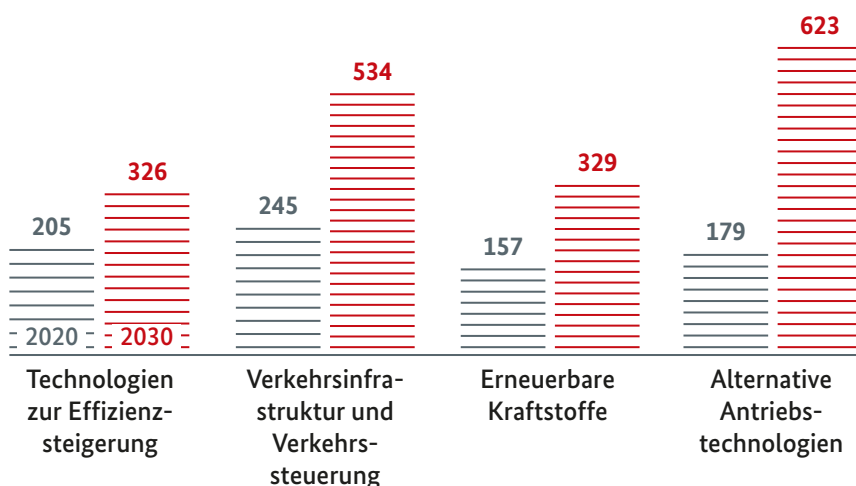
Marktsegmente des Leitmarkts [Mrd. EUR]

+4,7 %
pro Jahr

+8,1 %
pro Jahr

+7,6 %
pro Jahr

+13,3 %
pro Jahr

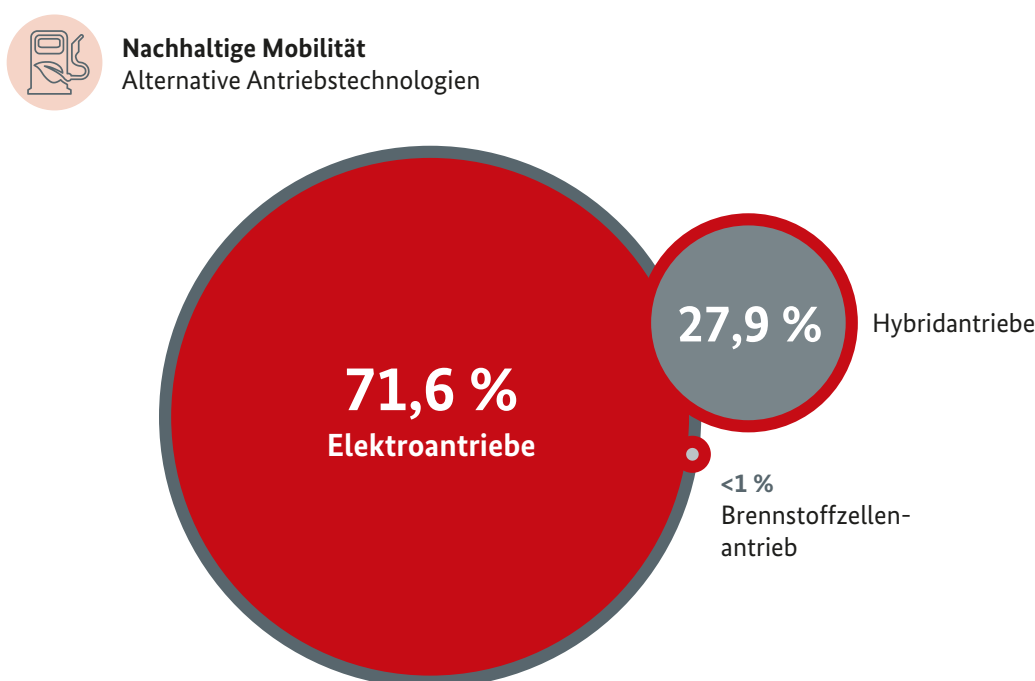


Quelle: Roland Berger (2020)

Die mit weitem Abstand schnellste Expansionsgeschwindigkeit des Leitmarkts zeigen die Alternativen Antriebstechnologien, die nicht nur für Pkw bestimmt sind, sondern auch in anderen Fortbewegungsmitteln, wie zum Beispiel E-Bussen, E-Fahrrädern oder E-Rollern, zum Einsatz kommen. Das Marktsegment Alternative Antriebstechnologien wird sich im Zeitraum 2020 bis 2030 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 13,3 Prozent entwickeln, sodass sich das globale Marktvolumen bis 2030 voraussichtlich auf 623 Milliarden Euro belaufen wird. 2016 lag es bei 34 Milliarden Euro. Die Impulse für diese Dynamik werden

vor allem von der Technologielinie Brennstoffzellenantrieb gesetzt. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 30,7 Prozent steigert sie ihr Marktvolumen von 721 Millionen Euro (2020) auf 10,5 Milliarden Euro im Jahr 2030. Damit werden sich die Gewichte unter den Technologielinien dieses Marktsegments verschieben. 2020 stellten die bereits ausgereiften Hybridantriebe am Weltmarktvolumen des Marktsegments einen Anteil von 27,9 Prozent (siehe Abbildung 30). Bis zum Jahr 2030 wird er sich auf 32 Prozent erhöhen. Der Anteil der Elektroantriebe bei den Neuzulassungen wird dann bei rund 65 Prozent liegen.

Abbildung 30: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Alternative Antriebstechnologien 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Im Marktsegment Effizienzsteigerung zeichnet sich ein deutlicher Wachstumstrend für Leichtbautechnologien ab. Sie verringern das Gewicht von Fahrzeugen – und reduzieren damit den Kraftstoffverbrauch. In Kombination mit einer verbesserten Aerodynamik kann konsequenter Leichtbau die Energieeffizienz von Fahrzeugen erheblich steigern. Dies macht Leichtbautechnologien zu einem wichtigen Handlungsfeld, um Treibstoffeinsparungen im Autobau und in der Luftfahrtindustrie zu erzielen. Außerdem tragen Leichtbautechnologien zur Kostensenkung bei, weil sie beispielsweise den Materialbedarf reduzieren oder teure durch günstigere Materialien ersetzen, etwa Stahlfedern durch Kunststofffedern. Das globale Marktvolumen dieser Technologielinie bezifferte sich 2020 auf knapp

104 Milliarden Euro und wird bis 2030 auf 222,5 Milliarden Euro ansteigen (jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 7,9 Prozent).

Die Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren hat nach wie vor einen hohen Stellenwert im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität. Der Anteil dieser Technologielinie am Weltmarktvolumen des Marktsegments Effizienzsteigerung lag 2020 bei 35 Prozent. Trotz der zunehmenden Verbreitung alternativer Antriebe wird der Großteil der Autos weltweit auch in den nächsten Jahren mit einem Verbrennungsmotor unterwegs sein. Verbrennungsmotoren werden außerdem in Kombination mit Elektroantrieben benötigt, beispielsweise für Hybridfahrzeuge und Range Extender bei Elektrofahrzeugen.

Das Marktsegment Verkehrssteuerung und Verkehrsinfrastruktur erreichte 2020 ein globales Marktvolumen von 245 Milliarden Euro. Der mit Abstand größte Anteil (53 Prozent) davon entfiel auf die Technologielinie Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur (siehe Abbildung 31). An der dominierenden Stellung dieser Technologielinie wird sich in den nächsten Jahren nichts ändern. Im Jahr 2030 wird ihr globales Marktvolumen fast 148,5 Milliarden Euro betragen.

Immer mehr Menschen werden in Städten leben. Gleichzeitig stoßen viele Städte beim motorisierten Individualverkehr an ihre Belastungsgrenze. Außerdem wächst das Bewusstsein für die Umweltbelastungen durch den Autoverkehr. Diese Trends lassen den öffentlichen Personennahverkehr an Bedeutung gewinnen. Die Entwicklung spiegelt sich in einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 4,1 Prozent im Zeitraum 2020 bis 2030 wider. Das globale Marktvolumen dieser Technologielinie wird von 31 Milliarden Euro im Jahr 2020 auf 46,5 Milliarden Euro im Jahr 2030 anwachsen. Im Aufwärtstrend befinden sich auch die Investitionen in Fahrradwege, weil die Fortbewegung

auf zwei Rädern in immer mehr Ländern neue Anhänger gewinnt und im Stadtverkehr als Alternative zum Auto eingesetzt wird. Shared Mobility hat zwar aktuell noch ein geringes globales Marktvolumen in Höhe von 22,7 Milliarden Euro. Aber die Technologielinie kann mit einer beeindruckenden durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 21 Prozent aufwarten. Für 2030 ist mit einem globalen Marktvolumen von 152,4 Milliarden Euro zu rechnen.

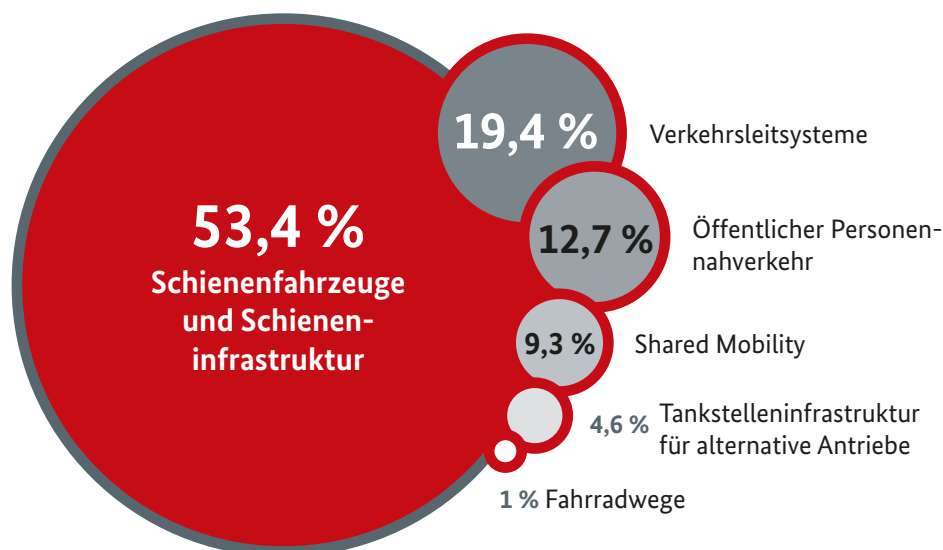
Der Ausbau einer öffentlichen Lade- und Tankstelleninfrastruktur (für Wasserstoff) ist die Voraussetzung für eine stärkere Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben.³⁹ Im Jahr 2020 betrug das globale Marktvolumen der Tankstelleninfrastruktur für alternative Antriebe 11 Milliarden Euro. Getrieben von der steigenden Nachfrage nach Fahrzeugen mit alternativen Antrieben wird sich diese Technologielinie zwischen 2020 und 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 23,2 Prozent sehr dynamisch entwickeln – auf ein globales Marktvolumen von 90,8 Milliarden Euro.

Abbildung 31: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung 2020



Nachhaltige Mobilität

Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung



Quelle: Roland Berger (2020)



Blick auf Deutschland: der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität in der nationalen Perspektive

Das Marktvolumen der Nachhaltigen Mobilität in Deutschland bezifferte sich 2020 auf 91 Milliarden Euro. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 7,9 Prozent wird der Leitmarkt bis 2030 voraussichtlich ein Volumen von 195 Milliarden Euro erreichen (siehe Abbildung 32).

Ein besonders hohes Expansionstempo legen die Alternativen Antriebstechnologien vor. Zwischen 2020 und 2030 wird dieses Marktsegment sein Volumen in Deutschland von 7 Milliarden Euro auf 44 Milliarden Euro ausdehnen. Das entspricht einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 20,8 Prozent. Rückenwind

auf diesem rasanten Expansionskurs gibt vor allem die Marktdurchdringung der Elektromobilität, die in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Um die Vorgaben der EU-Verordnung zu CO₂-Flottengrenzwerten für Pkw einhalten zu können, haben die deutschen Automobilhersteller ihre Angebotspalette für E-Autos erweitert und entsprechende Produktoffensiven angekündigt (siehe auch Kapitel 6).⁴⁰

Auch der Tatsache, dass immer mehr Länder ein Verbot bei Neuzulassungen von Verbrennungsmotoren erlassen, werden sich die stark exportorientierten deutschen Automobilhersteller nicht entziehen können. So ist zu erwarten, dass künftig mehr technisch und preislich attraktive E-Modelle angeboten werden, was wiederum das Interesse und die Akzeptanz auf der Nachfrageseite steigern dürfte.

Abbildung 32: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Nachhaltige Mobilität

Leitmarkt [Mrd. EUR]

2030 **195**



+7,9 %
pro Jahr

2020 **91**

Marktsegmente des Leitmarkts [Mrd. EUR]

+3,7 %
pro Jahr

+8,7 %
pro Jahr

+11,2 %
pro Jahr

+20,8 %
pro Jahr



Technologien
zur Effizienz-
steigerung

Verkehrsinfra-
struktur und
Verkehrs-
steuerung

Erneuerbare
Kraftstoffe

Alternative
Antriebs-
technologien

Quelle: Roland Berger (2020)

Elektromobilität



Nach den Plänen der Europäischen Union sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um 55 Prozent gesenkt werden, 2050 soll Klimaneutralität erreicht sein. Ohne einen nennenswerten Beitrag des Verkehrssektors, der aktuell für rund 19 Prozent der Emissionen verantwortlich ist, bleibt dieses Ziel unerreichbar. Alternative Antriebskonzepte, allen voran der Elektromotor, sind daher ein zentraler Baustein bei der Umsetzung der ökologischen Verkehrswende – und immer mehr Autokonzerne richten sich auf eine rein elektromobile Zukunft aus.

So will sich ein führender deutscher Automobilkonzern bis zum Jahr 2025 vollständig vom reinen Ver-

brennungsmotor verabschieden und in naher Zukunft nur noch CO₂-neutrale Elektroautos bauen. Dazu werden bis 2029 konzernweit mehr als 70 reine E-Modelle auf den Markt gebracht. Drei deutsche Produktionsstandorte werden vollständig auf die Produktion von Elektroautos umgestellt.

Zur effizienten und flexiblen Herstellung im Volumensegment wurde eine spezielle Plattformlösung für alle Elektrofahrzeuge eingeführt. Auf der Plattform können äußerlich völlig unterschiedliche Karosserien produziert werden – vom Kompaktauto über Geländewagen (sogenannte SUVs) bis hin zum Bus.

4.3.5 Kreislaufwirtschaft

Das Leitbild der Kreislaufwirtschaft sieht eine fünfstufige Abfallhierarchie mit der Rangfolge Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige (insbesondere energetische) Verwertung und Beseitigung vor. Diese Hierarchie bildet auch den Rahmen für die Einteilung der Marktsegmente des Leitmarkts Kreislaufwirtschaft (siehe Abbildung 33): Dienstleistungen und Infrastruktur im Bereich Abfallsammlung, -transport und -trennung bilden das Fundament der Kreislaufwirtschaft, denn sie sind die Voraussetzung für die Abfallverwertung. Das Marktsegment Stoffliche Verwertung umfasst die Technologielinien Werkstoffliche Verwertung und Rohstoffliche Verwertung. Als werkstoffliche Verwertung werden Recyclingverfahren bezeichnet, bei denen der Stoff und seine chemische Struktur erhalten bleiben. Darunter fällt beispielsweise das Umschmelzen von Altkunststoffen zur Herstellung von Granulat. Bei der rohstofflichen Verwertung werden die Stoffe so behandelt, dass sich die chemische Struktur verändert: Auf diese Weise lassen sich aus Altkunststoffen zum Beispiel Öle, Wachse oder Gase gewinnen.

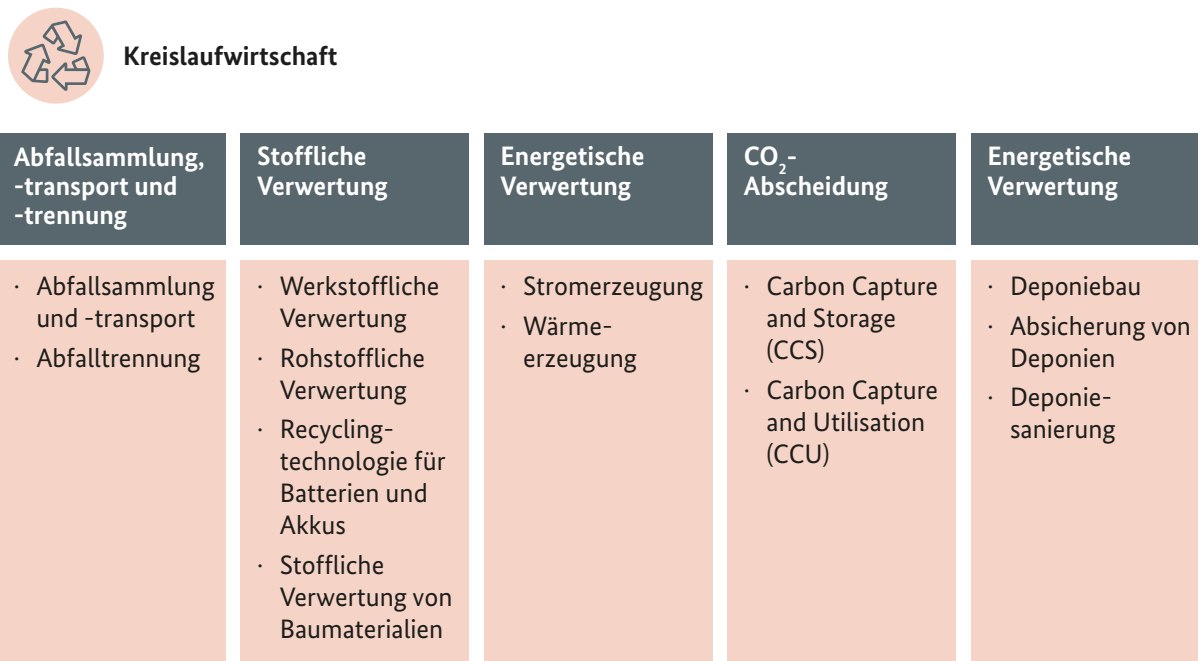
Eine weitverbreitete Form der energetischen Verwertung ist die thermische Abfallbehandlung: Dabei wird der Abfall verbrannt und die freigesetzte Energie zur Wärmebereitstellung oder Stromerzeugung genutzt. Eine weitere Option der energetischen Verwertung ist die Nutzung von Bioabfällen in Biogasanlagen. Abfälle, die nicht für eine stoffliche oder energetische Verwertung infrage kommen, müssen umweltgerecht beseitigt werden. Technologielinien, die diesem Zweck dienen, sind im Marktsegment Abfalldeponierung zusammengefasst.

Das globale Volumen des Leitmarkts Kreislaufwirtschaft bezifferte sich 2020 auf 148 Milliarden Euro. Mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 5,9 Prozent wird es sich bis 2030 auf 263 Milliarden Euro erhöhen (siehe Abbildung 34). Treiber für Wachstum sind auch neue und innovative Ansätze wie beispielsweise der „Whole-lifecycle approach“ und eine besondere Betrachtung der Wiederverwertbarkeit bereits im Produktdesign („recyclability by design“).

Abfallsammlung, -transport und -trennung ist nach wie vor das dominierende Marktsegment des Leitmarkts Kreislaufwirtschaft. Das Weltmarktvolumen dieses Marktsegments belief sich 2020 auf 97 Milliarden Euro, damit stellte es den Großteil der gesamten

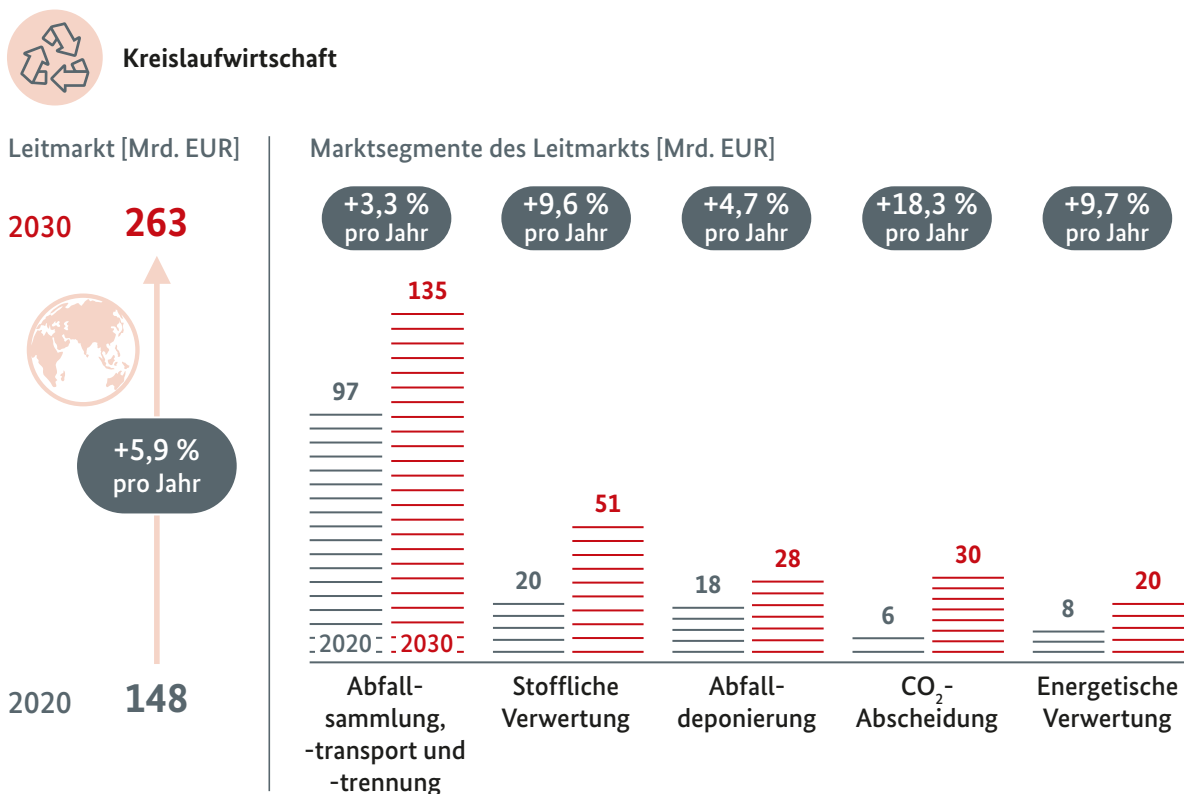


Abbildung 33: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 34: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Quelle: Roland Berger (2020)

Kreislaufwirtschaft. Zwischen 2020 und 2030 wird sich das Marktsegment Abfallsammlung, -transport und -trennung mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 3,3 Prozent entwickeln. Demnach wird sich das Weltmarktvolumen 2030 voraussichtlich auf 135 Milliarden Euro belaufen.

Die Technologielinie Abfallsammlung und Abfalltransport ist mit einem globalen Marktvolumen von 82 Milliarden Euro die mit Abstand größte Technologielinie innerhalb des Leitmarkts Kreislaufwirtschaft. Die Technologielinie Abfalltrennung wird zwischen 2020 und 2030 jahresdurchschnittlich um 8,2 Prozent wachsen. Dieser Trend spiegelt die steigende Investitionsbereitschaft in einigen Schwellenländern wider, beispielsweise in China: Automatisierte Mülltrennungs- und Recyclinganlagen ersetzen zunehmend die manuelle Abfalltrennung. Zum Marktsegment Stoffliche Verwertung – das globale Marktvolumen lag 2020 bei 20 Milliarden Euro – gehören die Technologielinien Werkstoffliche Verwertung und Rohstoffliche Verwertung. Innerhalb dieses Marktsegments dominiert die Technologielinie Rohstoffliche Verwertung. Ihr Weltmarktvolumen belief sich 2020 auf knapp 11 Milliarden Euro – das entsprach rund der Hälfte des globalen Volumens des Marktsegments. 2030 wird ihr Weltmarktvolumen voraussichtlich 20,6 Milliarden Euro betragen.

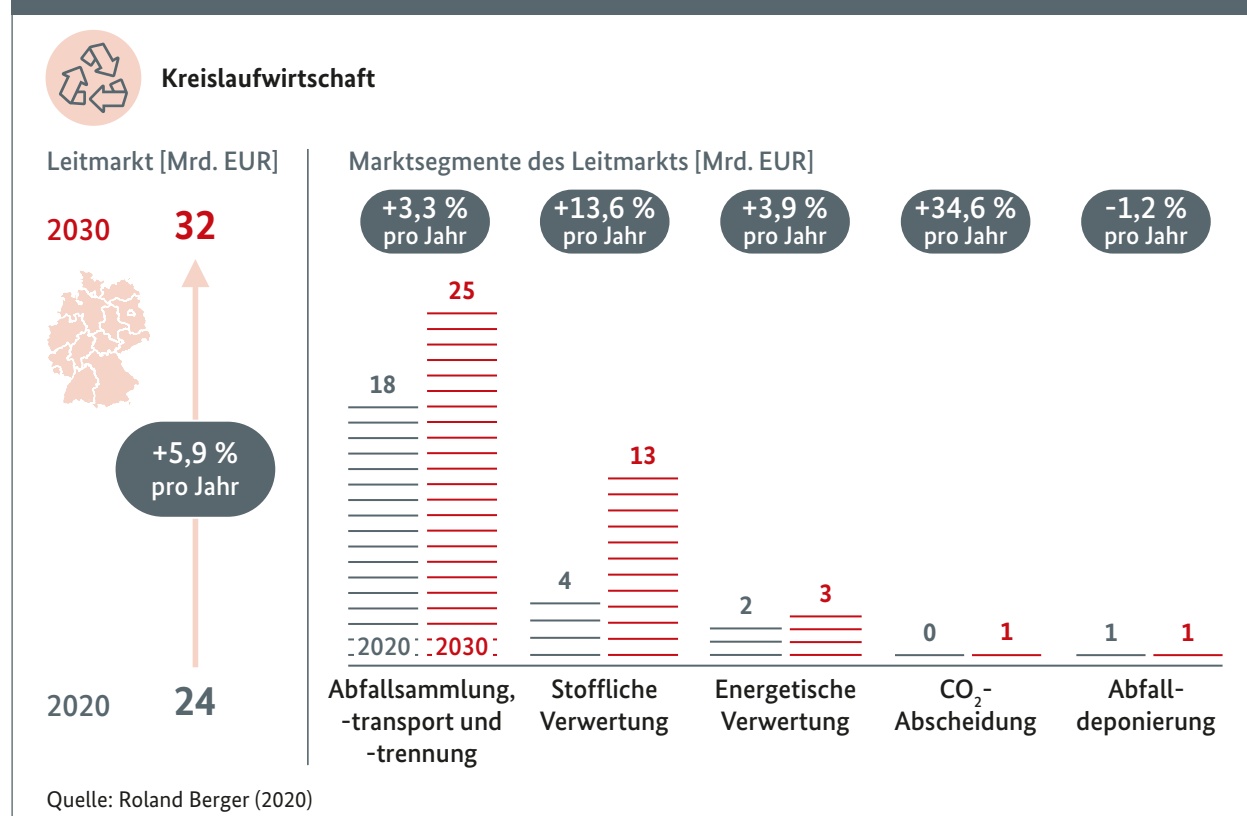
Das wird einem Anteil von rund 40 Prozent am Weltmarktvolumen des gesamten Marktsegments Stoffliche Verwertung entsprechen. Die Werkstoffliche Verwertung wird innerhalb des Marktsegments an Gewicht zulegen: Sie entwickelt sich zwischen 2020 und 2030 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 12,4 Prozent; das Expansionstempo der Rohstofflichen Verwertung fällt dagegen mit 6,6 Prozent etwas geringer aus. Diese Tendenz geht aus umweltpolitischer Perspektive in die richtige Richtung, da beim Recycling durch werkstoffliche Verwertung der ökologische Fußabdruck in der Regel kleiner ausfällt.



Blick auf Deutschland: der Leitmarkt Kreislaufwirtschaft in der nationalen Perspektive

Die Kreislaufwirtschaft erreichte 2020 in Deutschland ein Marktvolumen von 24 Milliarden Euro. Bis 2030 wird eine jahresdurchschnittliche Wachstumsrate von 5,9 Prozent prognostiziert, was das Marktvolumen voraussichtlich auf 32 Milliarden Euro erhöhen wird (siehe Abbildung 35). Wie auf dem internationalen Leitmarkt dominiert auch in der deutschen Kreislaufwirtschaft das Marktsegment Abfallsammlung, -transport und -trennung.

Abbildung 35: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



4.3.6 Nachhaltige Wasserwirtschaft

Zum Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft zählen fünf Marktsegmente, deren Systematik die verschiedenen Stationen im Kreislauf der Wasserwirtschaft nachzeichnet (siehe Abbildung 36). Das Marktsegment Wassergewinnung und -aufbereitung bildet die erste Etappe dieses Kreislaufs. Es umfasst unter anderem Produkte und Verfahren zur Erschließung und Förderung von Frischwasservorkommen, zur Überwachung des Grundwassers sowie die Planung, Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Wasseraufbereitung. Zum Marktsegment Wassernetz gehören alle Komponenten des Wasserverteilungssystems, die den Transport des Frischwassers von der Wasseraufbereitungsanlage bis

zur/zum Verbraucher*in und in umgekehrter Richtung den Transport des Abwassers von der/vom Verbraucher*in bis zur Kläranlage bewerkstelligen. Weitere Marktsegmente der Nachhaltigen Wasserwirtschaft sind die Abwasserreinigung und das Abwasserverfahren.

Das Marktsegment Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung umfasst ein breites Spektrum an Produkten, Verfahren und Dienstleistungen, die den sparsamen Umgang mit der Ressource Wasser unterstützen. Dazu zählen etwa Instrumente zur Wassermessung oder Wassermanagementsysteme. Die Technologielinien dieses Marktsegments sind nach den Anwendergruppen private Haushalte, Industrie und Gewerbe sowie Landwirtschaft unterteilt.

Abbildung 36: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft



Nachhaltige Wasserwirtschaft

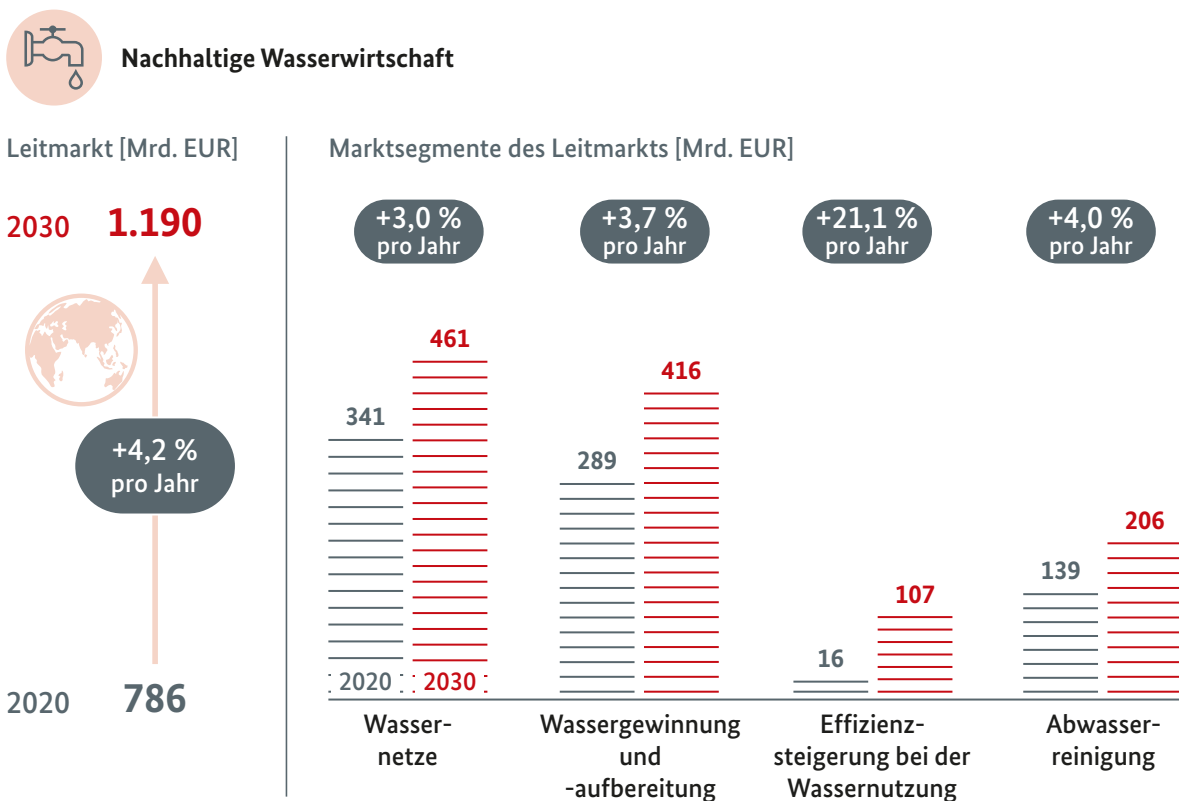
Wasser-gewinnung und -aufbereitung	Wassernetz	Abwasser-reinigung	Abwasser-verfahren	Effizienzsteige-rung bei der Wassernutzung
- Wasser-gewinnung - Wasser-aufbereitung - Neuartige Sanitärsysteme (NASS)	- Wasser-verteilung - Abwasser-sammlung und -transport	- Schlamm-behandlung - Energie-management Kläranlagen - Rückgewinnung von Stoffen bei der Abwasser-behandlung	Abwasser-behandlung	- Wassereffizienz-technologien im häuslichen Bereich - Wassereffizienz-technologien in der Land-wirtschaft - Wassereffizienz-technologien im gewerblichen und industriellen Bereich

Quelle: Roland Berger (2020)

Das globale Marktvolumen des Leitmarkts Nachhaltige Wasserwirtschaft bezifferte sich 2020 auf 786 Milliarden Euro. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 4,2 Prozent wird es 2030 voraussichtlich bei 1.190 Milliarden Euro liegen (siehe Abbildung 37). Das höchste Wachstumspotenzial liegt weltweit im Marktsegment Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung.

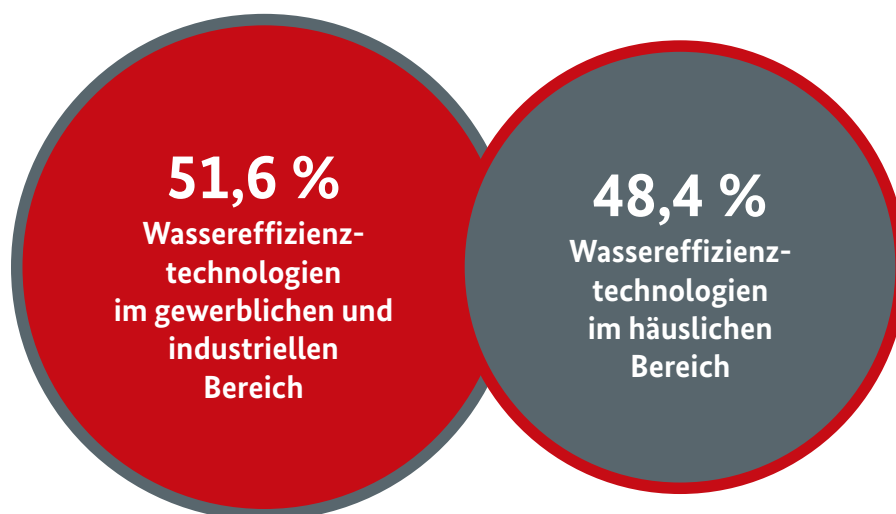
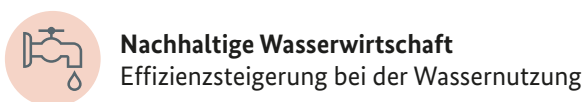
Im Marktsegment Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung verteilt sich das Marktvolumen auf die beiden Wassereffizienztechnologien im gewerblichen und industriellen Bereich sowie im häuslichen Bereich (siehe Abbildung 38).

Abbildung 37: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 38: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Das Marktsegment Wassergewinnung und -aufbereitung stellte 2020 mit einem Marktvolumen von 289 Milliarden Euro fast ein Drittel des Weltmarktvolumens der gesamten Nachhaltigen Wasserwirtschaft. Im Zeitraum 2020 bis 2030 wird das durchschnittliche jährliche Wachstum dieses Marktsegments bei 3,7 Prozent liegen. Ein wesentlicher Treiber dieser Expansion ist das globale Bevölkerungswachstum. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 3,6 Prozent entwickelt sich die Wasseraufbereitung bis 2030 ähnlich wie der Leitmarkt insgesamt.

Die Technologielinie Wasserverteilung im Marktsegment Wassernetz erreichte 2020 ein globales Marktvolumen von 237 Milliarden Euro; damit stellte diese Technologielinie einen Anteil von rund 30 Prozent am gesamten Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft. Die Wasserverteilung ist eine investitionsintensive Technologielinie, deren Wachstum in vielen Ländern durch Regulierung beeinflusst wird. Bis 2030 wird ein Anstieg des Weltmarktvolumens der Wasserverteilung auf knapp 313 Milliarden Euro prognostiziert. Abwassersammlung und -transport, die zweite Technologielinie des Marktsegments Wassernetz, ist derzeit noch durch niedrigere technologische Standards geprägt und

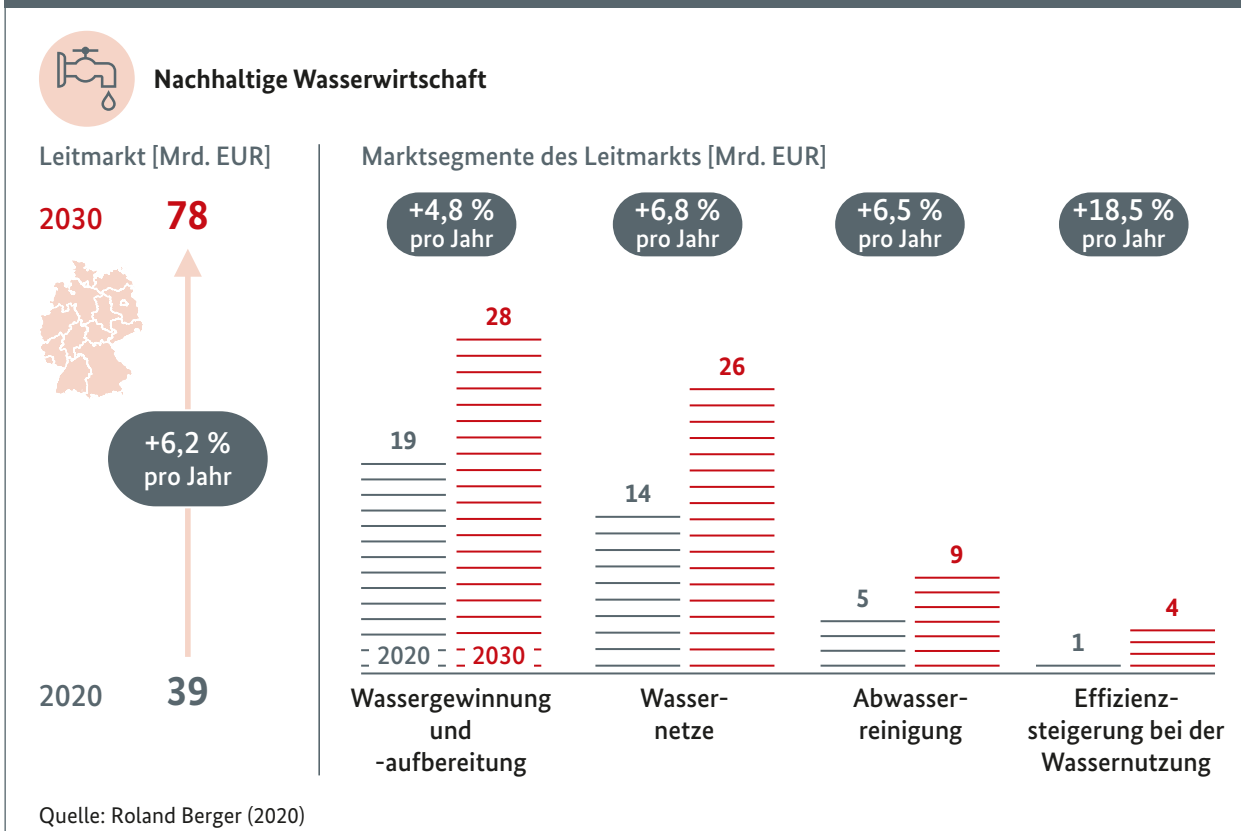
weniger investitionsintensiv als die Wasserverteilung. Dementsprechend geringer ist das globale Marktvolumen von Abwassersammlung und -transport: Es bezifferte sich 2020 auf 104 Milliarden Euro; 2030 wird es 148 Milliarden Euro betragen.



Blick auf Deutschland: der Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft in der nationalen Perspektive

Die Nachhaltige Wasserwirtschaft entwickelt sich in Deutschland etwas dynamischer als international. Im Zeitraum 2020 bis 2030 wird der Leitmarkt in Deutschland jahresdurchschnittlich um 6,2 Prozent zulegen (siehe Abbildung 39); die globale Wachstumsrate liegt bei 4,2 Prozent. Zum Hintergrund: In Deutschland stehen in den nächsten Jahren relativ hohe Investitionen in das Wassernetz an. Zum einen gilt es, den Investitionsstau der vergangenen Jahre aufzuholen; zum anderen müssen die Wassernetze an neue Rahmenbedingungen angepasst werden. Aufgrund von Effizienzmaßnahmen und der in einigen Regionen rückläufigen Bevölkerungszahl sinkt die Kapazität, welche die

Abbildung 39: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Innovative Wassereffizienztechnologien



Mehr als 150 Städte weltweit verfolgen den Plan, eine Smart City zu werden, also durch konsequente Vernetzung und Digitalisierung in Zukunft emissionsärmer, effizienter und lebenswerter zu sein. Die Hintergründe liegen auf der Hand: Immer mehr Menschen ziehen in die Städte, bezahlbarer Wohnraum wird immer knapper, die Infrastrukturen für Verkehr, Strom und Wasser stoßen an ihre Leistungsgrenzen.

Dabei rückt neben Lösungen für eine klimafreundliche Mobilität und die effiziente Nutzung von Energie mehr und mehr auch das Thema Wassereffizienz in den Blick. Zwar werden in der EU jedes Jahr 45 Milliarden Euro in die Wasser- und Abwasserinfrastruktur investiert. Um die gesamte Infrastruktur zu modernisieren, müsste diese Summe in den nächsten zehn Jahren aber verdoppelt werden.⁴¹ Digitale Wassereffizienztechnologien können einen wichtigen Beitrag leisten, diese Modernisierungsaufgabe zu meistern und gleichzeitig Energiebedarf, Verschwendung und Verlust in der Wasserversorgung bestmöglich zu reduzieren.⁴²

So lassen sich sowohl die Abläufe in der Wasserversorgung und -aufbereitung als auch in der Abwasserbehandlung mithilfe von Smart-City-Applikationen optimieren. Aufgrund von undichten Leitungen versickert in vielen Städten beispielsweise ein großer Teil des Wassers im Untergrund, bevor es die Nutzer*innen überhaupt erreicht. Hier können Sensoren helfen, die Lecks zu erkennen. Sie erfassen außerdem Wasserverbrauch, Wasserdruck sowie Systemleistung und ersetzen damit herkömmliche Wasserzähler. Durch die Einbindung in ein intelligentes Netzwerk (Smart Grid)

sind auch langfristige Prognosen über den Wasserverbrauch möglich. Andere Sensoren können Schäden an Rohrleitungen erkennen, sodass diese frühzeitig behoben werden können. Auch Pumpen, Absperranlagen, Rührwerke oder Wasseraufbereitungssysteme lassen sich softwaregestützt überwachen, steuern und vorausschauend warten. Dadurch wird die Instandhaltung des meist kilometerlangen Verteilnetzes einfacher. Prädiktive Analysen und Technologien aus dem Bereich maschinelles Lernen erlauben die Vorhersage von Verbrauchsspitzen und helfen somit, Engpässe zu vermeiden.

Unter der Leitung des Kompetenzzentrums Wasser Berlin (KWB) entwickeln im Rahmen des Projekts „Digital Water City“ derzeit zahlreiche Partner aus verschiedenen europäischen Ländern gemeinsam innovative Lösungen für das Wassermanagement.⁴³ Die geplanten Anwendungen reichen vom Grundwassermanagement über Wartung und Betrieb von Abwasserkanälen, Abwasserbehandlung und -wiederverwendung bis hin zur Bewirtschaftung von Badegewässern. In Berlin als einer der fünf teilnehmenden europäischen Großstädte sollen neue Überwachungsverfahren dabei helfen, umweltschädliche Emissionen aus dem Kanalnetz zu verringern. Der Schwerpunkt liegt auf der Identifizierung von Fehllanschlüssen in der Kanalisation, Mischwasserüberläufen und der Optimierung der Planung und Wartung von Trinkwasserbrunnen. Durch die Nutzung von Visualisierungstechniken wie Augmented Reality (durch IT „erweiterte Realität“) soll auch die Öffentlichkeit für die Herausforderungen des Grundwassermanagements sensibilisiert werden.

Wassernetze bewältigen müssen. Dieses Marktsegment wies 2020 ein Marktvolumen von 14 Milliarden Euro auf; 2030 wird das Marktvolumen voraussichtlich 26 Milliarden Euro betragen.

4.3.7 Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft

Zum Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft zählen die drei Marktsegmente Smarte Agrar- und Forsttechnologien, Innovative Land- und Forstwirtschaft sowie Nachhaltige Düngemittel, Pflanzenschutz- und Futtermittel (siehe Abbildung 40). Die Marktsegmente müssen stets einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen werden, um Zielkonflikte beispielsweise in den Bereichen Natur- und Umweltschutz, bezahlbare Lebensmittel und ökonomische Prosperität zu vermeiden. Dieser Teilmarkt wird einer Bestandsaufnahme und Marktprognose unterzogen, nicht jedoch einer Bewertung, die außerhalb dieses GreenTech-Atlas naturschutzfachlich stattfindet.

Das Marktsegment Smarte Agrar- und Forsttechnologien umfasst ein breites Spektrum an Produkten und Dienstleistungen von automatisierten Feld- und Forstbearbeitungssystemen mit Robotern, Drohnen oder selbstfahrenden Fahrzeugen über innovative Stalltechnik bis hin zur datenbasierten Präzisionslandwirtschaft. Dabei geht es in der Landwirtschaft aber nicht nur um den sparsameren Einsatz von Dünge-

und Pflanzenschutzmitteln, sondern vielmehr darum, sich an einer Verbesserung der Anbautechnik und der Erzeugung öffentlicher Güter (Biodiversität, Integration von vielfältigen Landschaftselementen und deren Vernetzung) zu orientieren.⁴⁴ Auch die Früherkennung von Umweltproblemen, wie beispielsweise Bodenverdichtungen und die Ausbreitung von Schädlingen, gehört dazu. Ergänzt wird das Segment um Wassereffizienztechnologien.

Der Einsatz technologischer Lösungen erfordert stets ein Abwägen. Dafür bietet auch der Forstsektor ein gutes Beispiel. Bei wachsendem Nutzungsdruck mit durchrationalisierten Forsttechnologien in Verbindung mit drastischem Personalabbau werden derzeit integrative und sozialverträgliche Ansätze von Naturschutz („Schutz durch Nutzung“) im Wirtschaftswald zunehmend schwierig.⁴⁵ Hinzu kommt, dass die Förderung von Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit der Wälder aufgrund steigender Unsicherheiten zentrale Leitbilder der Waldbewirtschaftung sein müssen. Das Ziel sind vielfältige und resiliente Wälder, die Diversität in Artenzusammensetzung, Struktureichtum, Standortausprägungen, Funktionsvielfalt sowie in der Vielfalt der Bewirtschaftungsverfahren aufweisen.⁴⁶ Technologie im Forstsektor muss also ein ökosystemverträgliches, ausdifferenziertes und flexibles Wirtschaften unterstützen. Darüber hinaus müssen neue Technologien auch ergonomisch optimiert und für die Arbeitenden sicher sein.



Abbildung 40: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft



Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft

Smarte Agrar- und Forsttechnologien

- Automatisierte und autonome Feld- und Forstbearbeitung
- Innovative Stalltechnik
- Connected/Precision Farming
- Wassereffizienz-technologien in der Landwirtschaft

Innovative Formen der Agrar- und Forstwirtschaft

- Klima- und umweltangepasste Tier- und Pflanzenzüchtung
- Smart Education in der Land- und Forstwirtschaft
- Urban Farming
- Vertical Farming
- Verwertung „nichtmarktfähiger“ Erzeugnisse

Nachhaltige Düngemittel, Pflanzenschutz- und Futtermittel

- Biologischer Dünger
- Biologischer und biochemischer Pflanzenschutz
- Ökofutter

Quelle: Roland Berger (2020)

Dass Effizienz- und Produktivitätssteigerungen durch Technologien nicht zwangsläufig mit einem Mehr an Umweltnutzen verbunden und zentrale Nachhaltigkeitsprobleme der Landwirtschaft (zum Beispiel Verlust der Biodiversität) nicht allein technologisch zu lösen sind, zeigt sich auch im Bereich Innovative Formen der Agrar- und Forstwirtschaft.

Klima- und umweltangepasste Tier- und Pflanzenzüchtungen (aber keine gentechnisch veränderten), die zu diesem Marktsegment zählen, leisten einen wichtigen Beitrag, erfordern aber zusätzlich systembeeinflussende Veränderungen wie Ökolandbau und einen geringeren Fleischkonsum.

Im Marktsegment Nachhaltige Düngemittel, Pflanzenschutz- und Futtermittel sind biologische Dünger, biologischer und biochemischer Pflanzenschutz sowie Ökofutter angesiedelt. Als nachhaltig können dabei stets nur solche Pflanzenschutzmaßnahmen gelten, die natürliche Ressourcen wie etwa Gewässer schonen und gleichzeitig die Vielfalt und Abundanz von Flora und Fauna der Agrarlandschaft nicht weiter reduzieren.⁴⁷ Mit einem globalen Volumen von 128,2 Milliarden Euro (2020) bildet die Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft derzeit einen noch vergleichsweise kleinen Leitmarkt (siehe Abbildung 41). Allerdings weist dieser eine hohe Dynamik auf: Bis 2030 wird er sich mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 11,3 Pro-

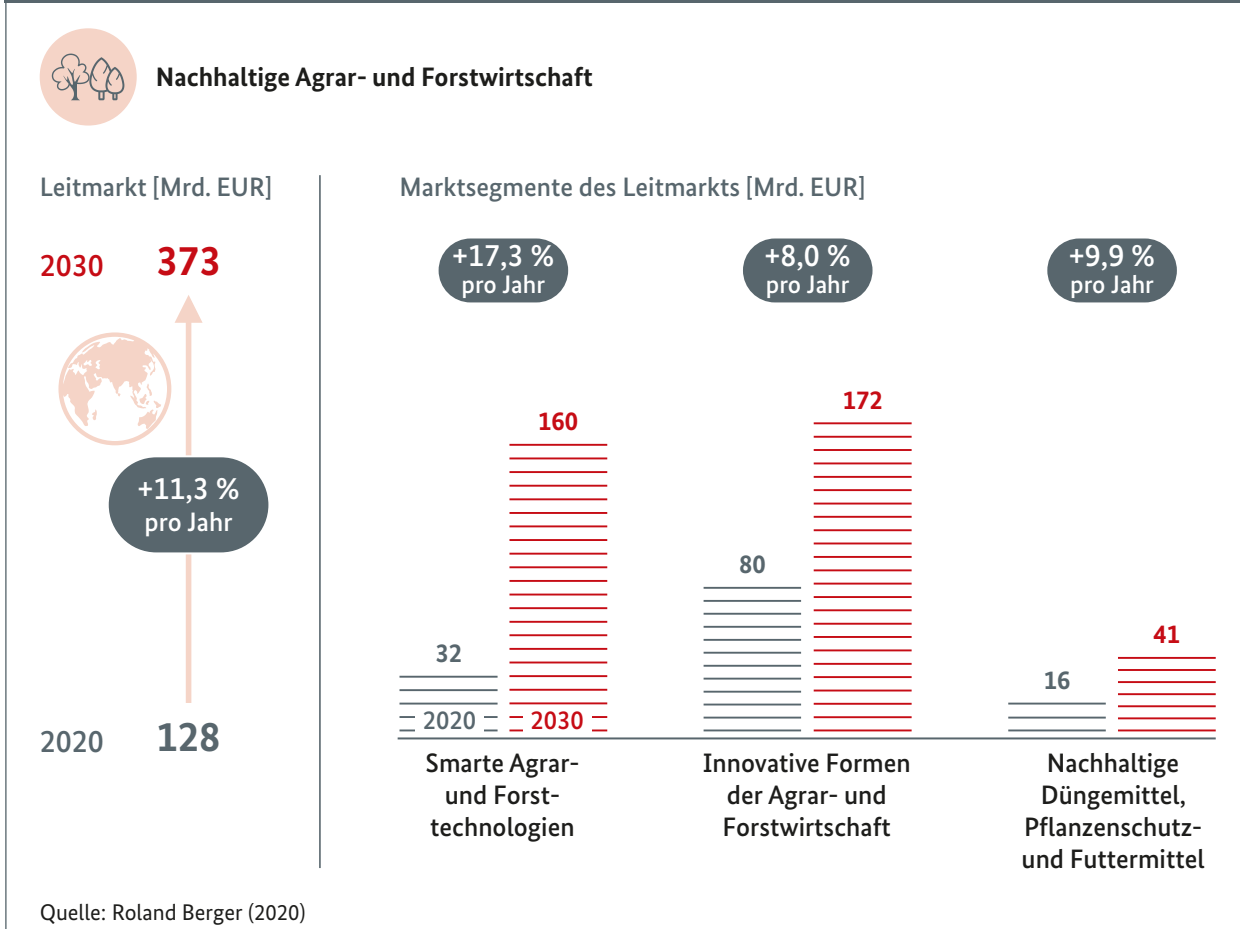
zent auf ein Gesamtvolumen von 373,4 Milliarden Euro fast verdreifachen. Stark angetrieben wird die positive Entwicklung vom Segment der Smarten Agrar- und Forsttechnologien. Durch ein jahresdurchschnittliches Wachstum von 17,3 Prozent wird dieses Marktsegment 2030 ein Volumen von 160 Milliarden Euro erreichen. Auch die beiden anderen Segmente des Leitmarkts entwickeln sich weltweit sehr stark: das Segment Nachhaltige Düngemittel, Pflanzenschutz- und Futtermittel mit einem Plus von 9,9 Prozent auf ein Volumen von 41 Milliarden Euro im Jahr 2030 und das Segment Innovative Formen der Agrar- und Forstwirtschaft mit einem jahresdurchschnittlichen Plus von 8 Prozent auf ein Segmentvolumen von 172 Milliarden Euro im Jahr 2030.



Blick auf Deutschland: der Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft in der nationalen Perspektive

Mit einer jährlichen Zuwachsrate von 8,3 Prozent zählt die Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft in Deutschland zu den besonders dynamischen Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (siehe Abbildung 42). Von einem nationalen Marktvolumen von 2,97 Milliarden Euro im Jahr 2020 wird dieser Leitmarkt bis 2030 auf ein Volumen von 6,6 Milliarden

Abbildung 41: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



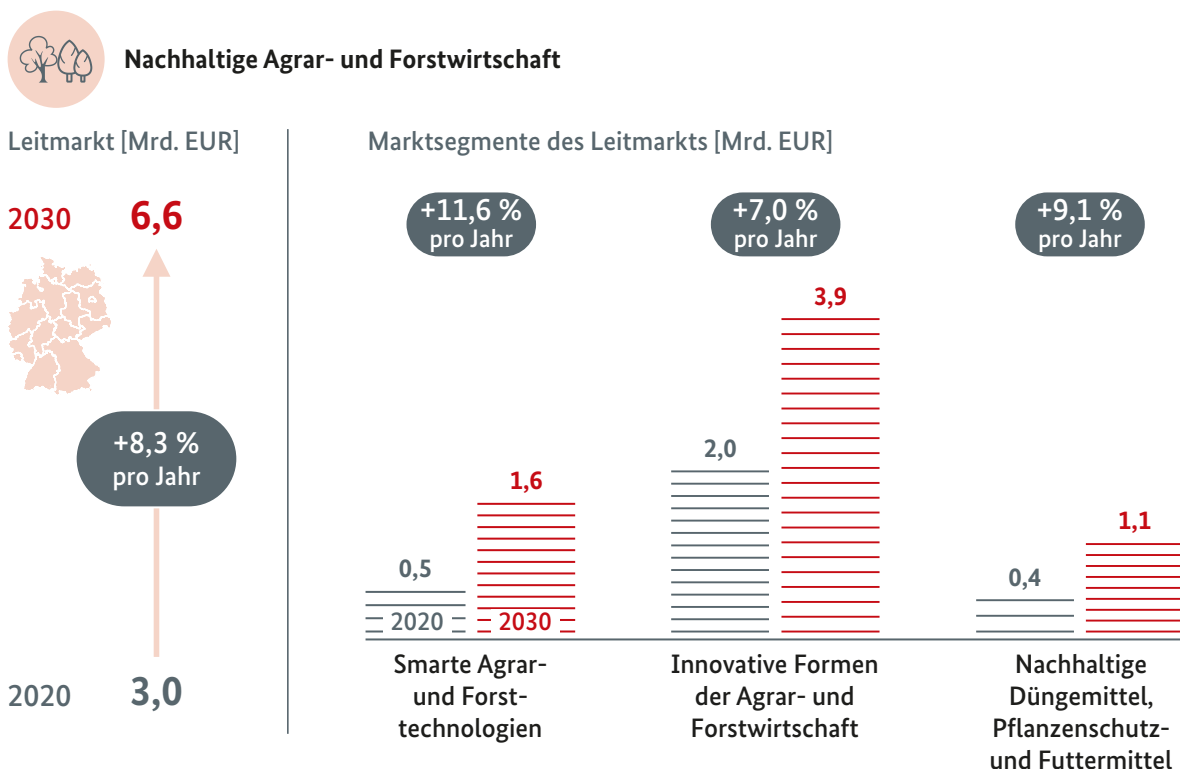
Euro anwachsen. Diese Zahlen spiegeln nicht nur die veränderten Wünsche und Konsumgewohnheiten vieler Verbraucher*innen wider, sondern zeigen auch, dass in diesem Segment auf der Anbieterseite in den vergangenen Jahren viel in Bewegung gekommen ist.

Mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 11,6 Prozent geben dabei vor allem Smarte Agrar- und Forstechnologien ein hohes Tempo vor. Von einem Marktvolumen von 529 Millionen Euro im Jahr 2020 wird sich das Segment bis 2030 auf 1,59 Milliarden Euro mehr als verdreifachen. Ein ebenfalls starkes Wachstum – wenngleich auf deutlich niedrigerem Niveau – zeigt das Segment Nachhaltige Düngemittel, Pflanzenschutz- und Futtermittel mit 9,1 Prozent. Den größten Zukunftsmarkt wird nach aktueller Einschätzung das Marktsegment Innovative Formen der Agrar- und Forstwirtschaft mit einem Volumen von knapp 3,9 Milliarden Euro im Jahr 2030 bilden (Wachstum von 7 Prozent).

Im Marktsegment der Innovativen Formen der Agrar- und Forstwirtschaft spielen Klima- und Umweltange-

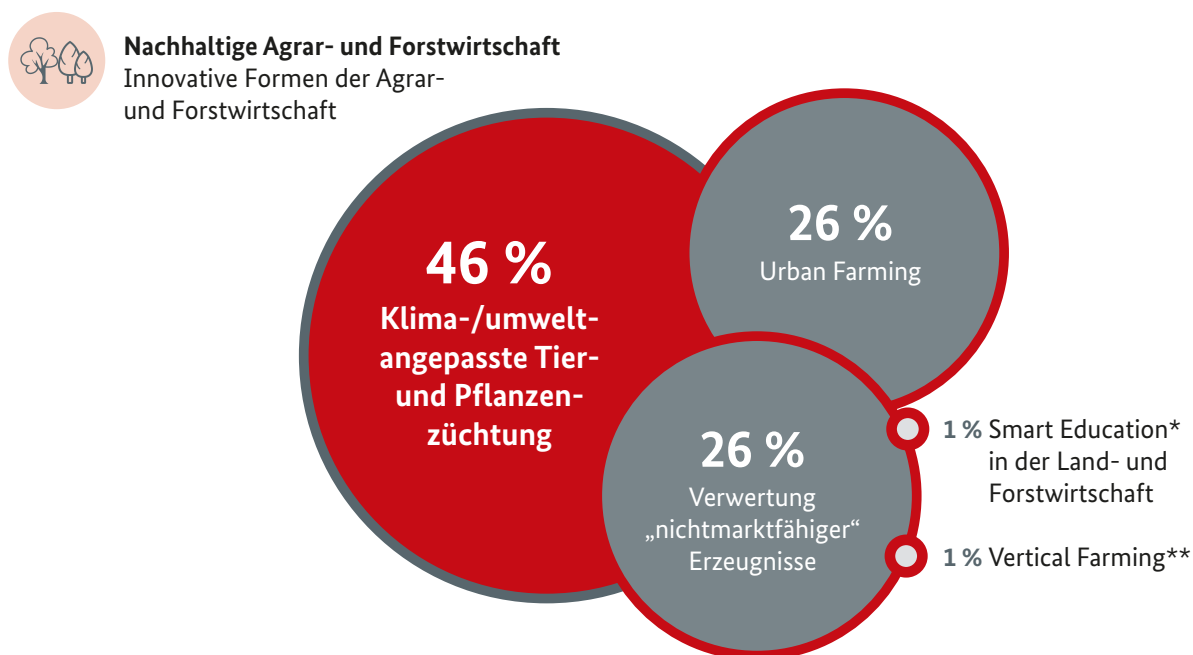
passte Tier- und Pflanzenzüchtungen mit einem Anteil von 46 Prozent eine maßgebliche Rolle (siehe Abbildung 43). Urban Farming, also die Lebensmittelproduktion in urbanen Ballungsgebieten, und die Verwertung nichtmarktfähiger Erzeugnisse liegen mit je 26 Prozent gleichauf. Mit einem Anteil von je einem Prozent sind Smart Education (Lernen mithilfe neuer Technologien) und Vertical Farming (technologisch unterstützte Lebensmittelproduktion in mehrstöckigen Gebäuden) derzeit noch von nachgeordneter Bedeutung.

Abbildung 42: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 43: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft 2020



*Smart Education = Lernen mithilfe neuer Technologien

**Vertical Farming = technologisch unterstützte Lebensmittelproduktion in mehrstöckigen Gebäuden

Quelle: Roland Berger (2020)

Urban Farming

Als Form der lokalen und dezentralen Lebensmittelherstellung mit kurzen Transportwegen und positivem Einfluss auf das städtische Mikroklima stößt das in den 20er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts entstandene Konzept der urbanen Landwirtschaft neuerdings wieder auf großes Interesse – auch global, denn bis 2050 werden mehr als 67 Prozent der Weltbevölkerung (dann über 6 Milliarden Menschen) in Städten leben. Deren Nahrungsmittelversorgung stellt eine der großen Herausforderungen der gesamten Menschheit dar.⁴⁸

Einer Studie zufolge beliefen sich die Einnahmen des globalen Urban-Farming-Marktes im Jahr 2017 auf 210 Milliarden US-Dollar. Bis 2023 könnten sie auf 236,4 Milliarden US-Dollar steigen.⁴⁹

Zur „urbanen“ Form der Landwirtschaft in Ballungsgebieten zählen neben dem Garten- und Ackerbau auch die Geflügelhaltung, Imkerei oder Aquakulturen – je nachdem, wie viel Platz auf Hausdächern oder Brach- und Grünflächen zur Verfügung steht. Beim Rooftop Farming dienen meistens Gewächshäuser auf Flachdächern als Anbaufläche. Eine Sonderform des Urban Farming ist das Vertical Farming. Dieses dient meist nicht der Eigenversorgung mit Lebensmitteln, sondern setzt die Massenproduktion pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse in mehrstöckigen Gebäuden um. Optimierte Beleuchtung, Wässerung und Düngung

sollen den Ertrag bei reduziertem Energieverbrauch maximieren.

Die bekanntesten Projekte in Deutschland (wo Urban Farming bislang auf Pilotprojekte begrenzt ist) sind der Prinzessinnengarten in Berlin-Kreuzberg und „o'pflanz ist!“ in München.^{50 51} In dem Gemeinschaftsgarten im Zentrum der bayerischen Hauptstadt wachsen Gemüse und Kräuter in Hochbeeten und Pflanzenbehältern ohne synthetischen Dünger. Im Berliner Prinzessinnengarten gedeihen für viele Jahre Pflanzen in Kisten, um angesichts nur kurzfristiger Pachtverträge flexibel zu sein und um einen pragmatischen Umgang mit eventuellen Kontaminationen des Bodens der Pachtfläche zu finden. Inzwischen hat der Prinzessinnengarten längerfristige Standorte, an denen der Anbau nur noch teilweise auf Kisten angewiesen ist. Angebaut werden die unterschiedlichsten Gemüsesorten. Zum Gelände gehören außerdem eine eigene Imkerei und eine Staudengärtnerei mit Fokus auf heimischen Arten. Indem viele Projekte auf einheimische Pflanzensorten und Anbau ohne chemisch-synthetischen Pflanzenschutz setzen, für Interessierte geöffnet sind und in Workshops über Anbaumethoden und Erfahrungen berichten, fördern sie ein neues Bewusstsein für ökologische und biologische Vielfalt in der Stadt und leisten einen kleinen Beitrag zur Selbstversorgung mit Lebensmitteln.



Verflechtung zwischen GreenTech-Branche und den Schlüsselindustrien

Zu den charakteristischen Merkmalen einer Querschnittsbranche gehören die häufig fließenden Abgrenzungen zu anderen Wirtschaftszweigen. Dies gilt auch für die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz, die zahlreiche Überschneidungen mit Schlüsselindustrien wie beispielsweise dem Maschinenbau, der Chemieindustrie, der Elektroindustrie oder dem Fahrzeugbau aufweist. Sowohl in Deutschland als auch auf dem internationalen Markt gibt es zahlreiche Unternehmen, deren Wurzeln in einer dieser Schlüsselindustrien liegen, ehe sie ihr Angebotsspektrum um grüne Produkte, Verfahren und Dienstleistungen erweitert und so in die GreenTech-Branche diversifiziert haben. Diese Unternehmen sind nach wie vor in ihren Herkunftsbranchen verankert, haben ihr Portfolio jedoch um Waren und Dienstleistungen aus der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ergänzt.

In Abbildung 44 wird dargestellt, in welchem Umfang Unternehmen aus anderen Branchen, deren Ursprünge außerhalb der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz liegen, auf dem globalen GreenTech-Markt engagiert sind. Für diese Analyse werden aus dem gesamten Branchenspektrum der globalen Wirtschaft die Elektroindustrie, der Maschinenbau, die Chemieindustrie und die Automobilindustrie herangezogen. Das wesentliche Kriterium für die Auswahl dieser Schlüsselindustrien ist deren große Bedeutung für die deutsche Gesamtwirtschaft wie auch innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes.⁵² Der Anteil der Wirtschaftszweige Maschinenbau, Chemieindustrie, Elektroindustrie und Automobilindustrie am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz lag 2020 bei 42 Prozent. Davon stellt der Maschinenbau mit 14 Prozent den höchsten

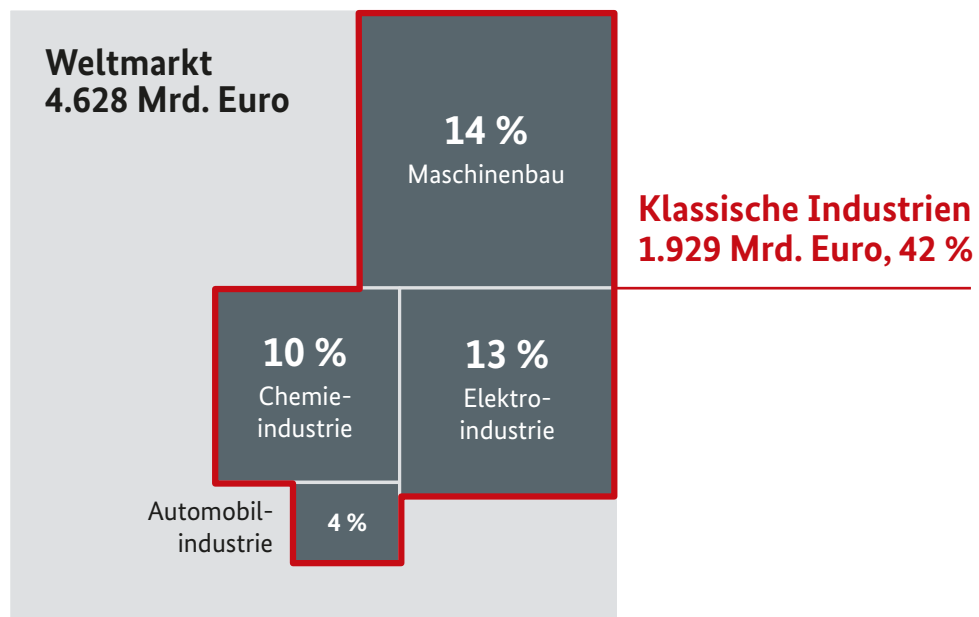
Anteil, gefolgt von der Elektroindustrie (13 Prozent), der Chemieindustrie (10 Prozent) und der Automobilindustrie (4 Prozent). Es geht hier darum zu illustrieren, wie weit die grüne Transformation in Schlüsselindustrien bereits fortgeschritten ist. Wie sich zeigt, haben die Produkte, Prozesse und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz inzwischen einen hohen Stellenwert im Portfolio von Unternehmen, die nicht originär aus der GreenTech-Branche stammen. Für die Darstellung in Abbildung 45 wurde die Perspektive verändert. Nun geht es nicht – wie in Abbildung 44 – um den Anteil am weltweiten GreenTech-Marktvolumen, den die Unternehmen aus der Chemieindustrie, der Elektroindustrie, dem Maschinenbau und der Automobilindustrie erwirtschaften. Vielmehr fokussiert sich die Betrachtung auf die Marktvolumina dieser vier Schlüsselindustrien: Die Grafik illustriert, welchen Anteil die Technologielinien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz jeweils am Marktvolumen der einzelnen Schlüsselindustrien stellen. Diese Analyse zeigt anhand des mit grünen Produkten, Verfahren und Dienstleistungen erzielten Umsatzes in diesen Schlüsselindustrien die Bedeutung der GreenTech-Branche für andere Wirtschaftszweige.

Mit einem Anteil von 21 Prozent am globalen Marktvolumen dieser Branche spielt GreenTech im Maschinenbau eine besonders starke Rolle. In der Elektroindustrie entfällt auf die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ein Anteil von 11 Prozent am weltweiten Marktvolumen. Diese Werte bestätigen, dass GreenTech im Leistungsportfolio der Unternehmen, die in diesen Wirtschaftszweigen beheimatet sind, einen hohen Stellenwert einnimmt. Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist in diesen klassischen Industrien fest verankert.

Unter dem Aspekt der Verflechtung zwischen der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz mit anderen Wirtschaftszweigen ist auch ein Blick auf den Bausektor in Deutschland aufschlussreich: Ihm lassen sich unterschiedliche GreenTech-Marktsegmente zuordnen, beispielsweise Energieeffizienz von Gebäuden.

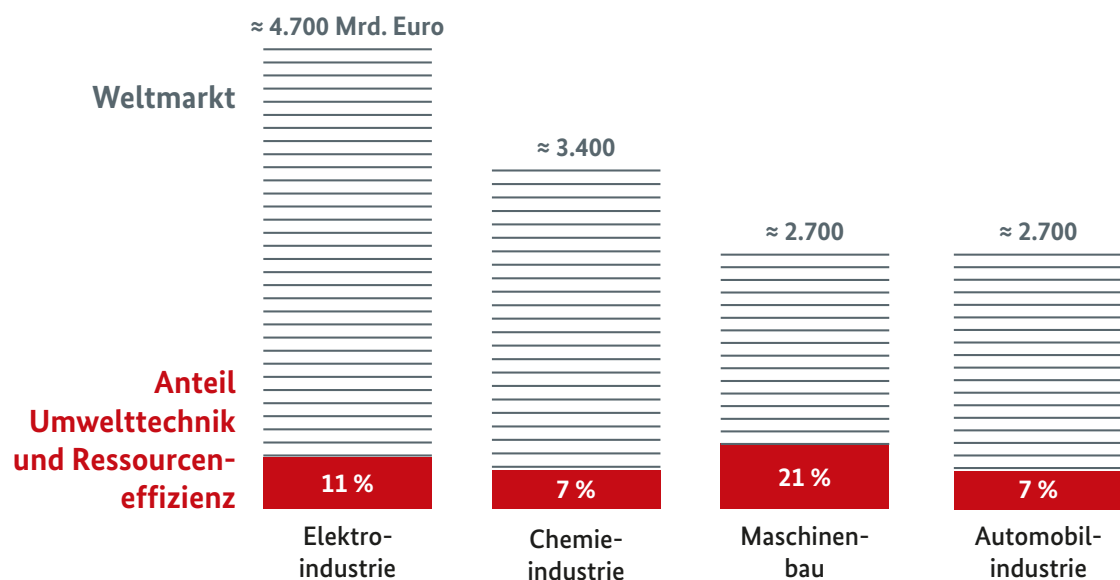


Abbildung 44: Anteil klassischer Industrien am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 45: Weltmarktvolumina ausgewählter Industrien und Anteil Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Weltmarkt 2020 (in Milliarden Euro und Anteil in Prozent)



Quelle: Roland Berger (2020)



Unternehmens- befragung von GreenTech- Anbietern: Einblicke in eine dynami- sche Branche

5

Was sind es für Unternehmen, die mit ihren Technologien, Verfahren, Produkten und Dienstleistungen die GreenTech-Branche bilden? Welche Strukturmerkmale kennzeichnen sie, wie schätzen sie ihre weitere Entwicklung ein und wie sind sie im internationalen Wettbewerb positioniert? In diesem Kapitel zeichnen wir ein Porträt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz, um die Anbieterseite intensiver zu beleuchten. Das Branchenporträt basiert im Wesentlichen auf einer Auswertung einer GreenTech-Datenbank mit rund 2.700 Unternehmensprofilen aus dem Frühjahr 2020 und ist Gegenstand dieses Kapitels.

5.1 Die Akteure der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Überblick

Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland ist stark mittelständisch geprägt: 91 Prozent der GreenTech-Akteure sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Zu dieser Kategorie werden nach der Definition des Instituts für Mittelstandsforschung Bonn Unternehmen gerechnet, die einen Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro erwirtschaften und nicht mehr als 500 Mitarbeitende beschäftigen.^{54 55} Am Umsatzkriterium gemessen, stellen KMU bei Weitem den größten Anteil unter den deutschen Akteuren der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Mit dieser Verteilung der Unternehmen auf die Umsatzgrößenklassen unterscheidet sich die Struktur der GreenTech-Branche nicht wesentlich vom Gesamtbild der deutschen Wirtschaft: Der Anteil der Unternehmen, die einen Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro erwirtschaften, liegt bei 99 Prozent.⁵⁶

5.1.1 Umsatz und Beschäftigte: Wachstumsbranche GreenTech

Als wesentliche Kennzahl der Branchenanalyse gilt der Umsatz, den die Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erwirtschaften. Etwa jedes vierte deutsche Unternehmen dieser Branche erzielt einen Jahresumsatz zwischen einer Million und fünf Millionen Euro. Der Anteil der Unternehmen, die einen Jahresumsatz zwischen einer Million Euro und 50 Millionen Euro erwirtschaften, liegt bei 47 Prozent. 44 Prozent der GreenTech-Akteure fallen in die Kategorie der Kleinunternehmen mit einem Jahresumsatz unterhalb der 1-Millionen-Marke. Der durchschnitt-

liche Jahresumsatz eines deutschen GreenTech-Unternehmens liegt bei 23 Millionen Euro.

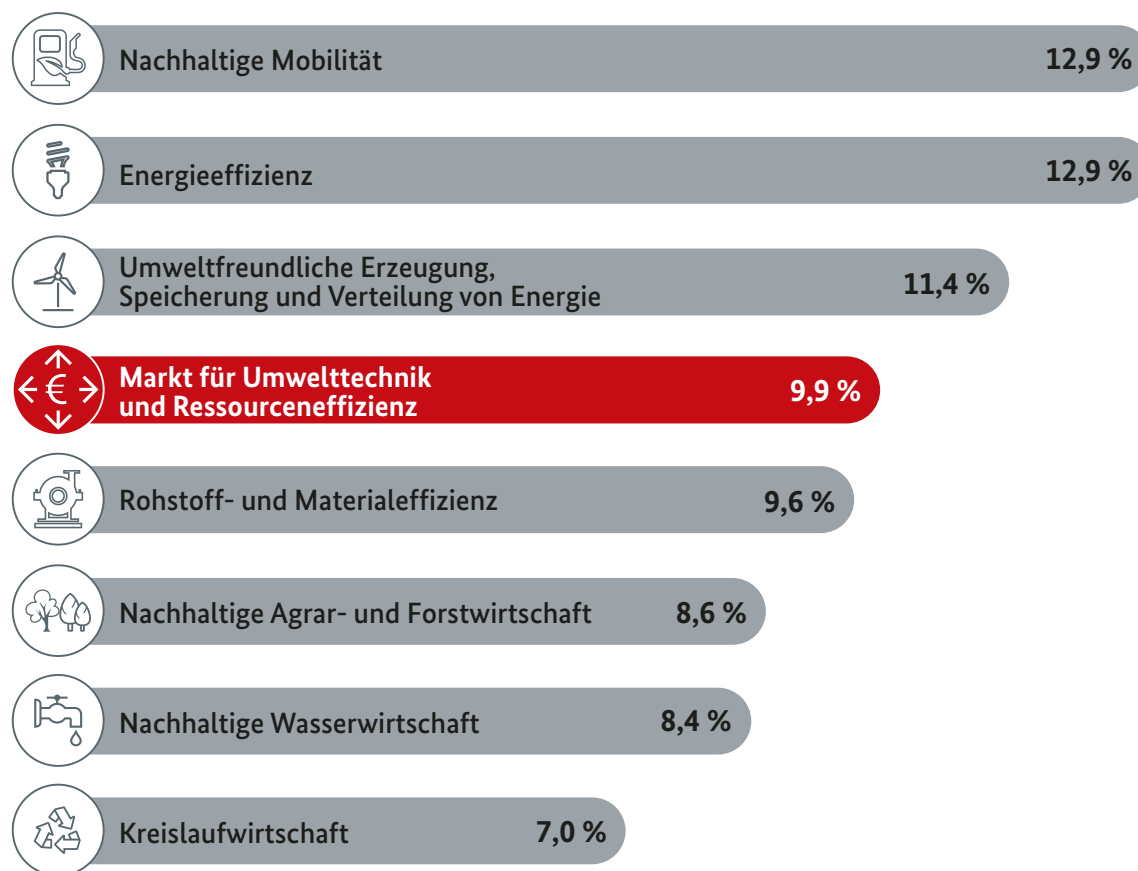
Den höchsten durchschnittlichen Jahresumsatz erwirtschaften Unternehmen, die als Leitmarktfokus Nachhaltige Mobilität angegeben haben. Mit 45 Millionen Euro liegt er deutlich über den Werten etwa in der Energieeffizienz (13 Millionen Euro) oder der Nachhaltigen Agrar- und Forstwirtschaft (12 Millionen Euro). Um den Bereich der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz möglichst authentisch abzubilden, sollten die Branchenakteure in der Befragung auch die Umsatzentwicklung der nächsten Jahre einschätzen. Das Ergebnis: GreenTech-Unternehmen in Deutschland rechnen bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 9,9 Prozent (siehe Abbildung 46). Damit scheint die COVID-19-Pandemie, die sich in vielen anderen Branchen stark negativ bemerkbar macht, den Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz weniger stark zu treffen.

Die höchste Wachstumsdynamik erwarten Anbieter mit dem Leitmarktfokus Nachhaltige Mobilität und Energieeffizienz: Sie rechnen bis 2025 jeweils im Durchschnitt mit einem jährlichen Umsatzwachstum von 12,9 Prozent. Deutlich zurückhaltender sind die Erwartungen im Leitmarktfokus Kreislaufwirtschaft. Dort gehen die Anbieter nur von einem jährlichen Umsatzwachstum von 7 Prozent aus – klarer Ausdruck des hohen Reifegrads der Kreislaufwirtschaft in Deutschland.

Die konträren Einschätzungen der Unternehmen mit Schwerpunkten in der Nachhaltigen Mobilität und



Abbildung 46: Durchschnittlich erwartetes jährliches Umsatzwachstum 2020 bis 2025 nach Leitmarktfokus



Quelle: GreenTech-Datenbank, Roland Berger (2020)

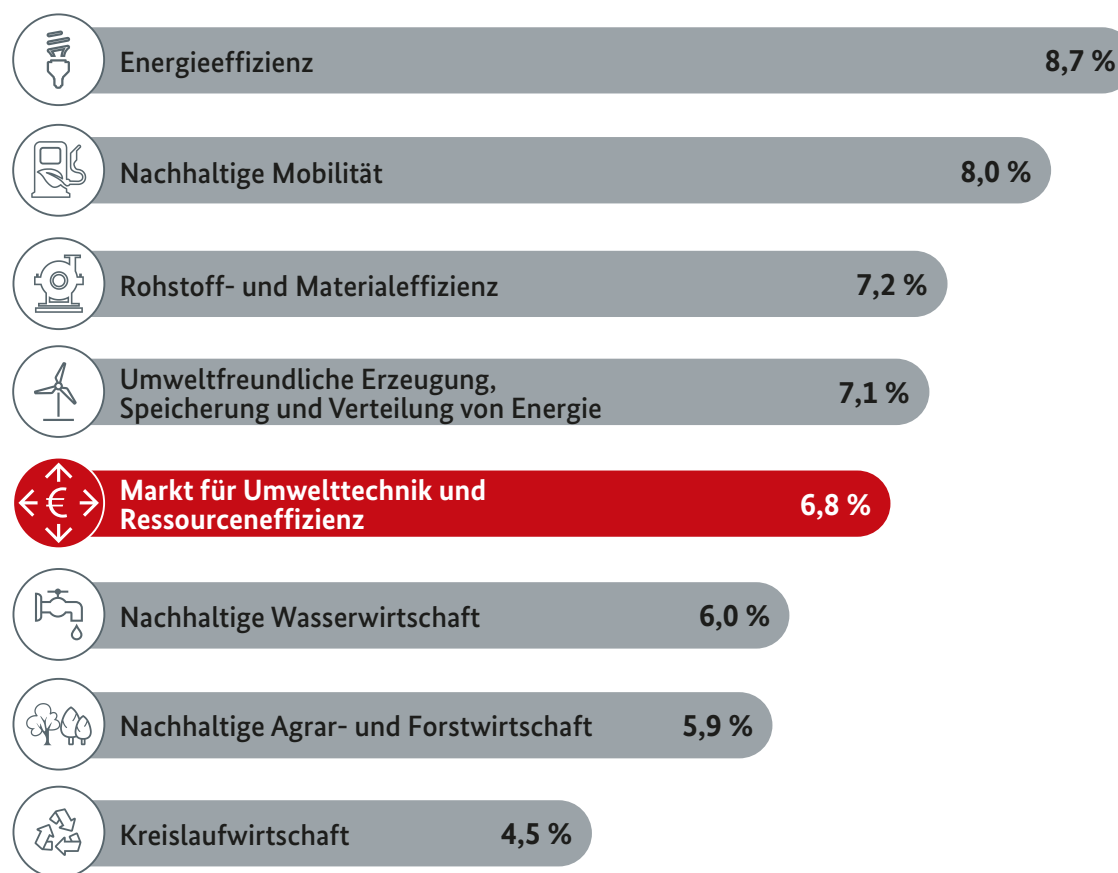
in der Kreislaufwirtschaft entsprechen weitgehend dem Stimmungsbild, das sich bereits bei den Umsatzerwartungen gezeigt hat. Außerdem spiegeln sie die sehr unterschiedlichen Ausgangssituationen in diesen beiden Leitmärkten wider: So rechnen die Anbieter im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität mit einem Wachstumsschub, der maßgeblich auf die steigende Nachfrage nach alternativen Antriebstechnologien zurückzuführen ist. Neue Player, 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 neuen Angebote sorgen für eine Expansion des Leitmarkts und wirken als zusätzliche Innovationstreiber. Ganz anders die Kreislaufwirtschaft: ein Segment mit ausgeprägter Marktreife, in dem kaum neue internationale Akteure aktiv sind – mit entsprechenden Auswirkungen auf die Dynamik und Innovationsfreude in diesem Leitmarkt.

Neben der Einschätzung des Umsatzwachstums ist auch die weitere Entwicklung der Beschäftigtenzahlen ein wichtiger Indikator für die Stimmung in der

Branche. Deshalb wurden auch dazu die aktuellen Prognosen abgefragt. In der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erwarten die Unternehmen bis 2025 insgesamt einen Anstieg der Mitarbeitendenanzahl von jährlich durchschnittlich 6,8 Prozent (siehe Abbildung 47).⁵⁷ Unternehmen mit Leitmarktfokus Energieeffizienz haben dabei die höchsten Ziele: Sie gehen davon aus, dass die Beschäftigtenzahl jahresdurchschnittlich um 8,7 Prozent 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 Prozent.

Grundsätzlich ist die niedrige Beschäftigtenzahl pro Unternehmen ein wesentliches Strukturmerkmal der GreenTech-Branche. So beschäftigen 44 Prozent der Unternehmen maximal zehn Mitarbeitende. Insbesondere die Anbieter von Ingenieurs- oder Beratungsdienstleistungen haben in der Regel nur wenige Mitarbeitende. Lediglich ein gutes Viertel der Unternehmen hat mehr als 50 Mitarbeitende, nur 6 Prozent verfügen über eine Belegschaft von mehr als 500 Beschäftigten.

Abbildung 47: Durchschnittlich erwartetes jährliches Wachstum der Beschäftigtenzahl 2020 bis 2025 nach Leitmarktfokus



Quelle: GreenTech-Datenbank, Roland Berger (2020)

Ausgaben für Forschung und Entwicklung

Je nach Leitmarkt investieren die deutschen GreenTech-Unternehmen zwischen 2,4 und 3,6 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung (F&E). Im Durchschnitt der GreenTech-Unternehmen liegt die F&E-Quote bei 3,1 Prozent (siehe Abbildung 48). Die F&E-Quote gibt den Anteil der Forschungs- und Entwicklungsausgaben am Gesamtumsatz an. Weil von diesen Aktivitäten wichtige Impulse für Produktivität und Wachstum ausgehen, gilt sie als zentraler Indikator für die weitere Entwicklung.

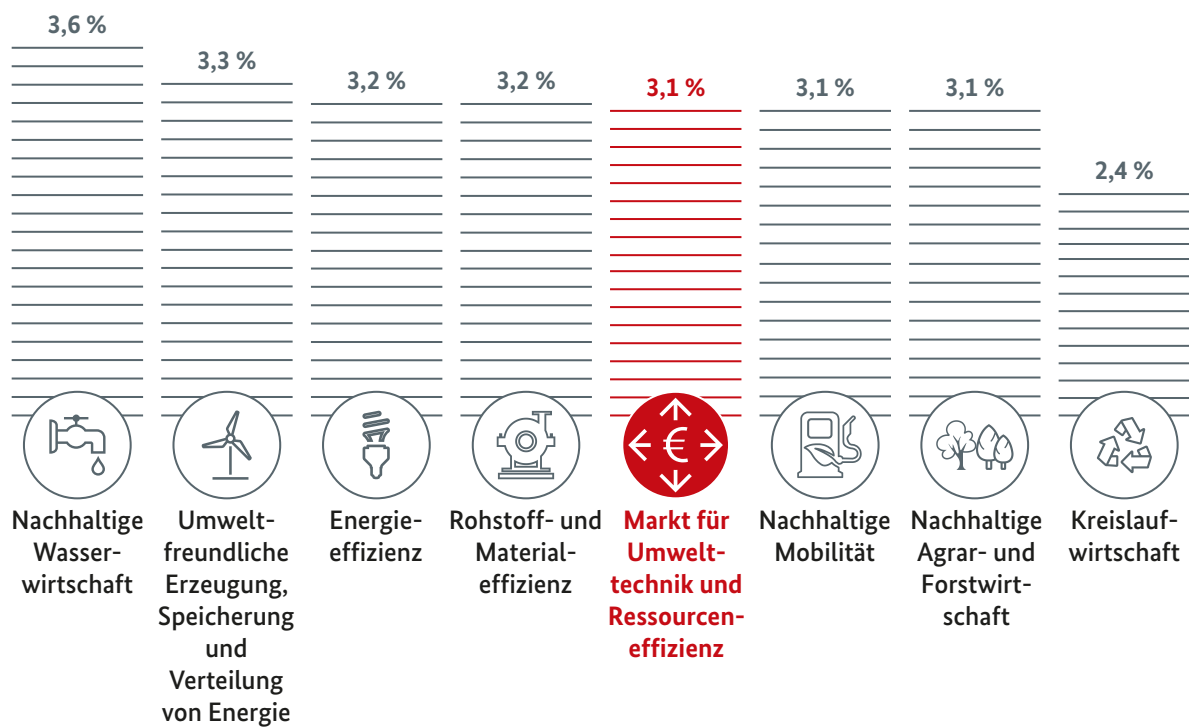
Um die durchschnittliche F&E-Quote der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Höhe von 3,1 Prozent besser einordnen zu können, lohnt sich ein Blick auf die Gesamtwirtschaft sowie andere Wirtschaftszweige. Nach OECD-Klassifizierung zählt die GreenTech-Branche zum Segment Medium-Hightech. Diese Kategorie vereint verschiedene Branchen, deren durchschnittliche F&E-Quote zwischen 2 und 5 Prozent liegt. Dazu gehören unter anderem der Maschinenbau, der Fahrzeugbau und die Elektroindustrie. Branchen mit einer F&E-Quote von mindestens 5 Prozent zählt die OECD

zur Spitzentechnologie, eine F&E-Quote zwischen 0,5 und 2 Prozent charakterisiert die Kategorie Medium-Lowtech.

Leicht abweichend von dieser Klassifizierung werden in Deutschland Branchen mit einer F&E-Quote von mehr als 7 Prozent dem Bereich der Spitzentechnologie zugeordnet, in die Kategorie hochwertige Technologie fallen Branchen mit einer F&E-Quote zwischen 2,5 und 7 Prozent. Allerdings sollte die F&E-Quote nicht als generelles Qualitätskriterium für die Innovationskraft einer Branche fehlinterpretiert werden. So gibt es auch in Medium-Lowtech-Branchen erfolgreiche Unternehmen mit einer hohen Forschungsintensität.⁵⁸

Eine nach Leitmarktfokus differenzierte Betrachtung der F&E-Quote zeigt, dass die Unternehmen mit Schwerpunkt in der Nachhaltigen Wasserwirtschaft mit 3,6 Prozent die höchste durchschnittliche F&E-Quote der sieben GreenTech-Leitmärkte aufweisen. Die Kreislaufwirtschaft ist mit einer durchschnittlichen F&E-Quote von 2,4 Prozent der einzige Leitmarkt, der unterhalb des Branchendurchschnitts bleibt.

Abbildung 48: Durchschnittliche F&E-Quote pro Unternehmen nach Leitmarktfokus 2020



Quelle: GreenTech-Datenbank, Roland Berger (2020)



5.1.2 Angebotsportfolio der GreenTech-Unternehmen: starke Rolle wissensintensiver Dienstleistungen

Die sogenannte Tertiärisierung, also der strukturelle Wandel von einer Industriegesellschaft hin zur Dienstleistungsgesellschaft, hat längst auch die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erfasst. Dieser Trend spiegelt sich in der zunehmenden Dienstleistungsintensität der sieben GreenTech-Leitmärkte wider.

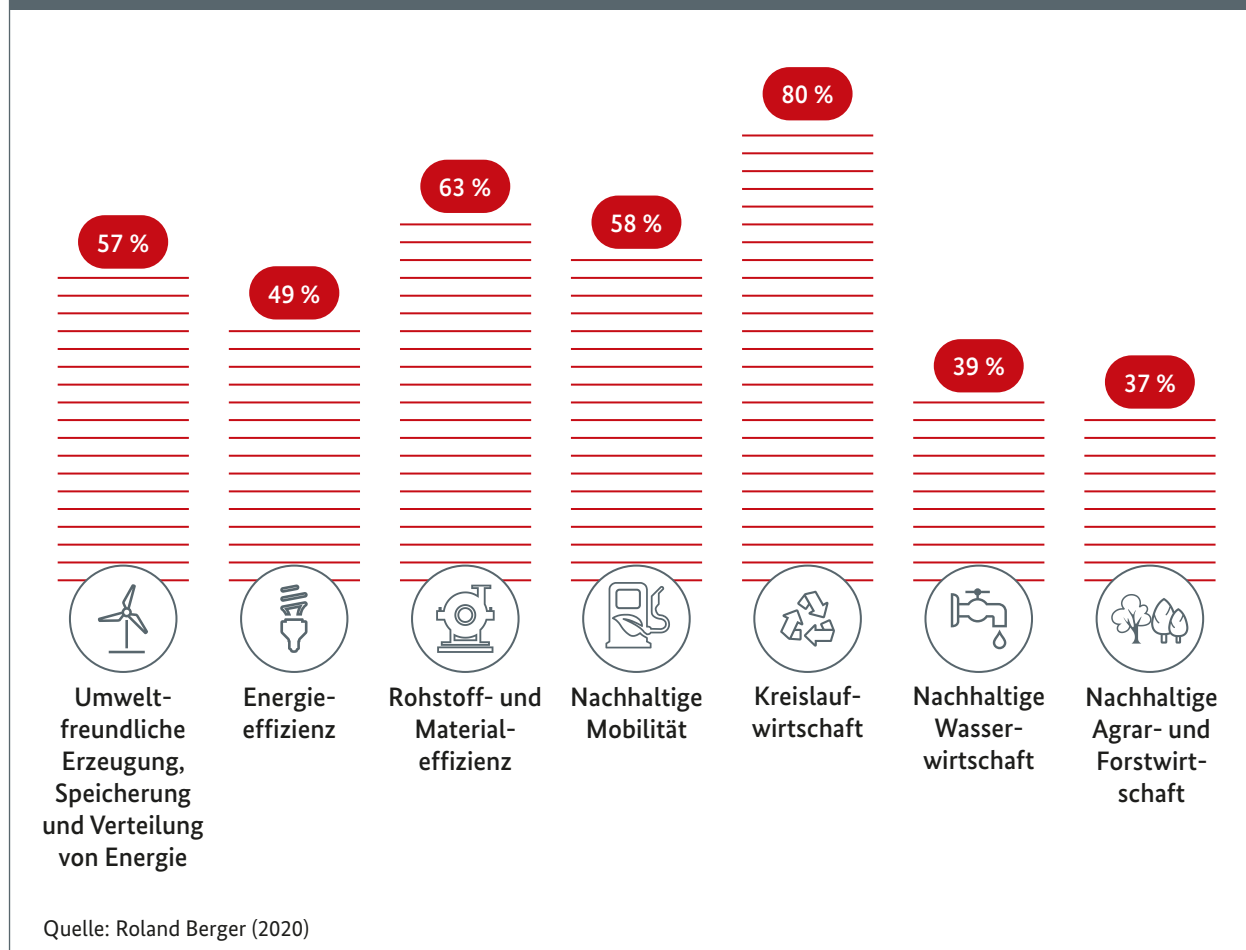
Die Dienstleistungsintensität bildet den Beitrag der Dienstleistungen am gesamten Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ab.

Die „grünen Services“ übernehmen einen wichtigen Part als Treiber für den Wandel in Richtung nachhaltiges Wirtschaften. Berät beispielsweise ein Energiecontractor Kund*innen bei der Planung, Finanzierung und dem Betrieb von Energieanlagen, trägt er zur Verbesserung der Energieeffizienz und damit zur Senkung der CO₂-Emissionen bei. GreenTech-Dienstleister können

durch die Stimulation der Nachfrage die Marktvolumina erhöhen; ein Beispiel dafür sind Projektentwickler, die für die Realisierung ihrer Planungen auf grüne Technologien setzen. Umwelt-Dienstleistungen fördern die Adaption bestehender und die Entwicklung neuer grüner Geschäftsmodelle. Als Beispiel lassen sich Elektrotankstellen anführen, die Akkus von Elektroautos auf verschiedene Arten laden.

Abbildung 49 zeigt neben dem gesamten Marktvolumen eines Leitmarkts, das sich aus Produktion, Anlagenbau und Dienstleistungen zusammensetzt, auch dessen sogenannte Dienstleistungsintensität. Diese wird als Anteil der Dienstleistungen am Marktvolumen des jeweiligen Leitmarkts angegeben. Auffällig ist die mit 80 Prozent immens hohe Dienstleistungsintensität der Kreislaufwirtschaft. Sie lässt sich mit dem besonders hohen Dienstleistungsanteil im Marktsegment Abfallsammlung, -transport und -trennung erklären. Die Abfallsammlung und der Abfalltransport erfolgen meistens nach wie vor nicht automatisiert und dezentral.

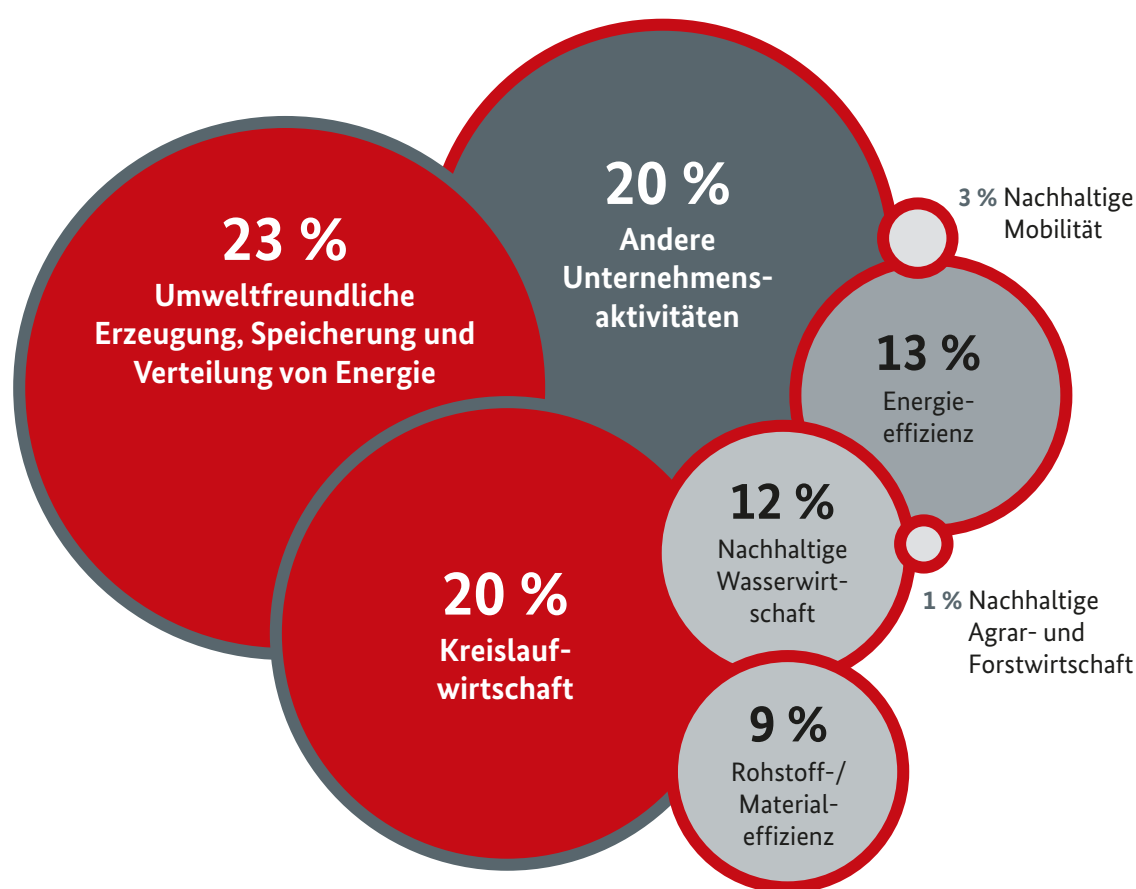
Abbildung 49: Dienstleistungsintensität nach Leitmärkten in Deutschland 2020



Im Hinblick auf die Angebotsstruktur in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist die Verteilung der Gesamtumsätze der deutschen GreenTech-Anbieter auf die jeweiligen Leitmärkte von besonderem Interesse. Dabei zeigt sich, dass 43 Prozent des Umsatzvolumens aller Befragungsteilnehmer*innen in den Leitmärkten Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie sowie in der Kreislaufwirtschaft erwirtschaftet werden (siehe Abbildung 50). Das geringste Umsatzvolumen verzeichnen die Leitmärkte Rohstoff- und Materialeffizienz (9 Prozent) sowie Nachhaltige Wasserwirtschaft (12 Prozent).

Die Ergebnisse zur Positionierung der Anbieter entlang der Wertschöpfungskette unterstreichen die Innovationskraft der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. So bietet mehr als ein Drittel der befragten Unternehmen Dienstleistungen im Bereich Planung und Entwicklung an. Das unterstreicht einmal mehr die ausgeprägte Wissensintensität und Technologieorientierung dieser Branche.

Abbildung 50: Verteilung der Gesamtumsätze der Unternehmen in Deutschland auf die Leitmärkte 2020

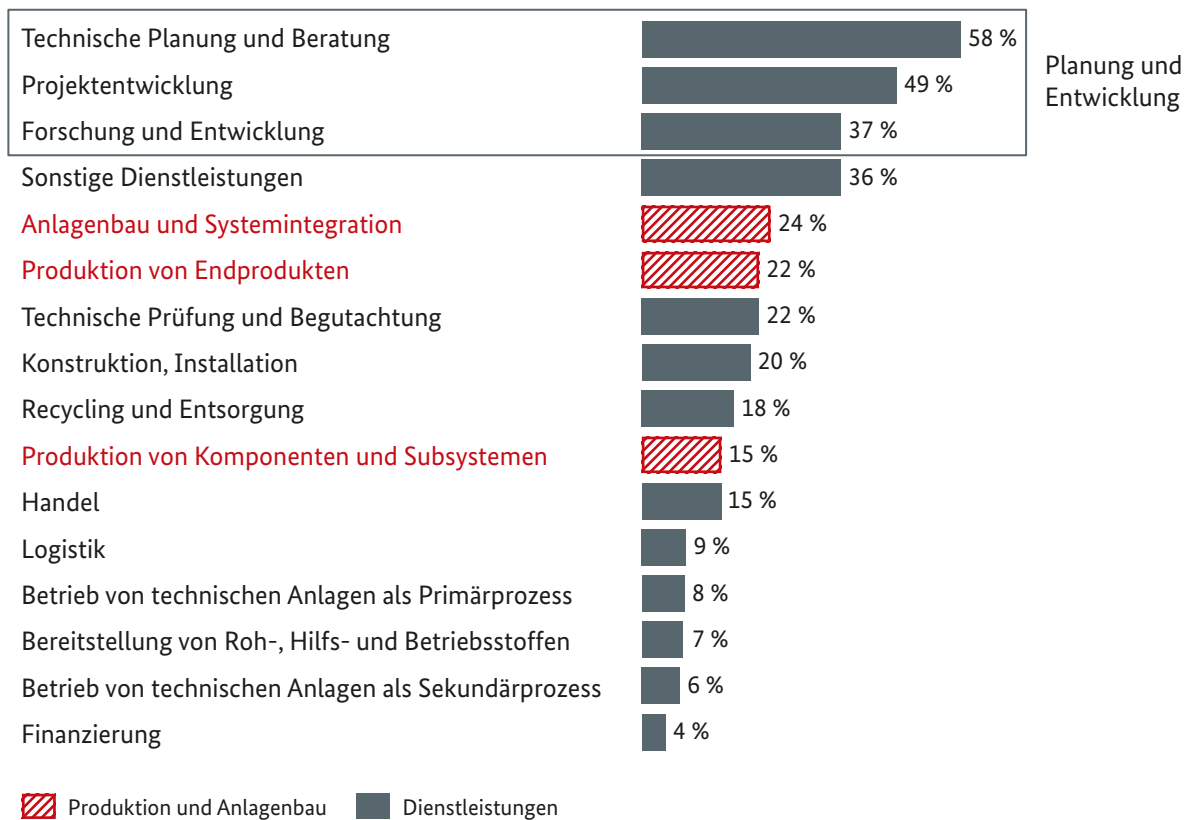


Quelle: GreenTech-Datenbank, Roland Berger (2020)

Die ausgewerteten GreenTech-Akteure verteilen sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette (siehe Abbildung 51). Bei den Leistungsangeboten hat eine überwiegende Zahl der Unternehmen Dienstleistungen angegeben; auf Produktion und Anlagenbau entfallen deutlich weniger Nennungen. Im Angebotsportfolio besonders stark vertreten ist die Wertschöpfungsstufe

Planung und Entwicklung mit den Kategorien Technische Planung und Beratung, Projektentwicklung sowie Forschung und Entwicklung. Das erklärt die große Zahl von Ingenieur- und Beratungsbüros in der Branche.

Abbildung 51: Leistungsangebot der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette 2020



Quelle: GreenTech-Datenbank, Roland Berger (2020)



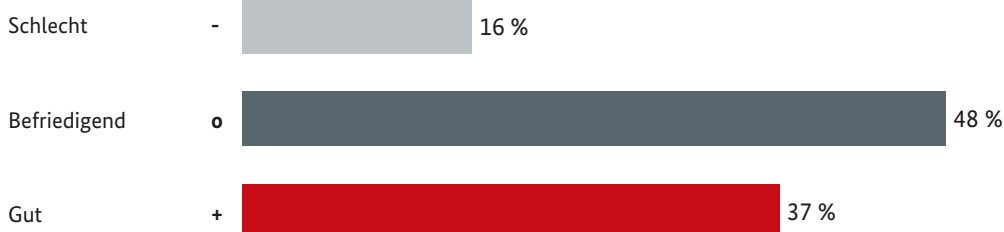
5.2 Lage der deutschen GreenTech-Branche: Beurteilung von Geschäftslage und Geschäftserwartung

Im Gegensatz zu anderen Branchen, die zum Teil schwer unter den Folgen der Corona-Pandemie zu leiden haben, präsentiert sich die Umwelttechnik weitgehend krisenresistent. So zeigt eine Befragung der Unternehmen aus dem Frühjahr 2020 einen allenfalls

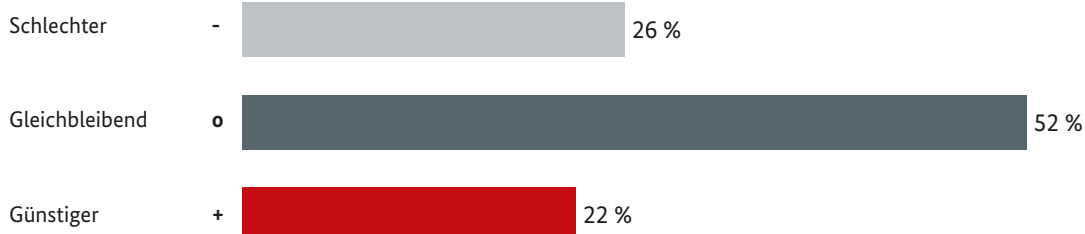
geringfügig verschlechterten Trend (siehe Abbildung 52): Fast die Hälfte der Anbieter (48 Prozent) beurteilt die aktuelle Geschäftslage als „befriedigend“, 37 Prozent sogar als „gut“.

Abbildung 52: Unternehmensbefragung: Geschäftslage und Geschäftserwartung der deutschen GreenTech-Branche 2020

Wie beurteilen Sie Ihre gegenwärtige Geschäftslage im Bereich der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz?



Wie beurteilen Sie Ihre Geschäftserwartungen für das nächste Jahr (2021) im Bereich der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz?



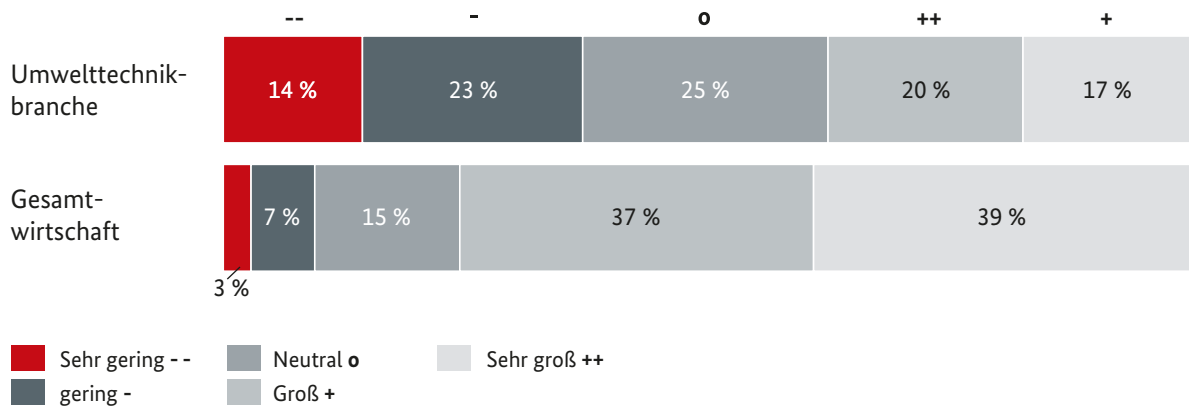
Quelle: Unternehmensbefragung (337 Befragte), Roland Berger (2020)

Auch perspektivisch schätzen Unternehmen die Auswirkungen von COVID-19 auf die GreenTech-Branche deutlich geringer ein als auf die Gesamtwirtschaft (siehe Abbildung 53). Während insgesamt 39 Prozent infolge von Corona massive Herausforderungen erwarten, rangiert der Anteil in der Umwelttechnik nur bei 17 Prozent.

In vielen Unternehmen und Branchen hat Corona die Umsetzung von Maßnahmen zu einer nachhaltigeren Unternehmensführung beschleunigt. In der Umwelttechnik lässt sich diesbezüglich kein eindeutiger Trend erkennen: COVID-19 erweist sich als Beschleuniger, aber auch als bremsende Kraft (siehe Abbildung 54).

Abbildung 53: Unternehmensbefragung: Einfluss der Corona-Krise auf die Umwelttechnikbranche und die Gesamtwirtschaft in Deutschland

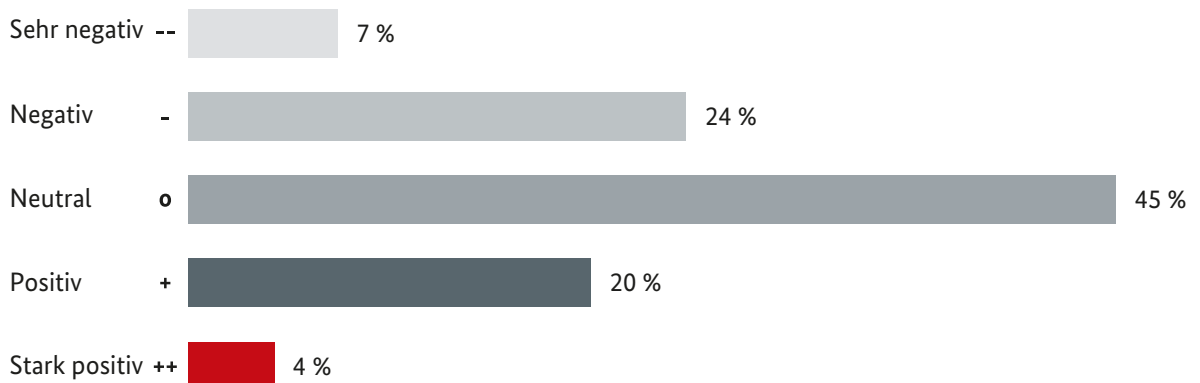
Wie beurteilen Sie mittelfristig die Herausforderungen durch die Corona-Krise für die Umwelttechnikbranche im Vergleich zur Gesamtwirtschaft in Deutschland?



Quelle: Unternehmensbefragung (380 Befragte), Roland Berger (2020)

Abbildung 54: Unternehmensbefragung: Einfluss der Corona-Krise auf eine nachhaltige Unternehmensführung

Wie beeinflusst kurz- und mittelfristig die Corona-Krise die Einführung und Umsetzung einer nachhaltigen und umweltverträglichen Unternehmensführung in den Unternehmen?



Quelle: Unternehmensbefragung (456 Befragte), Roland Berger (2020)

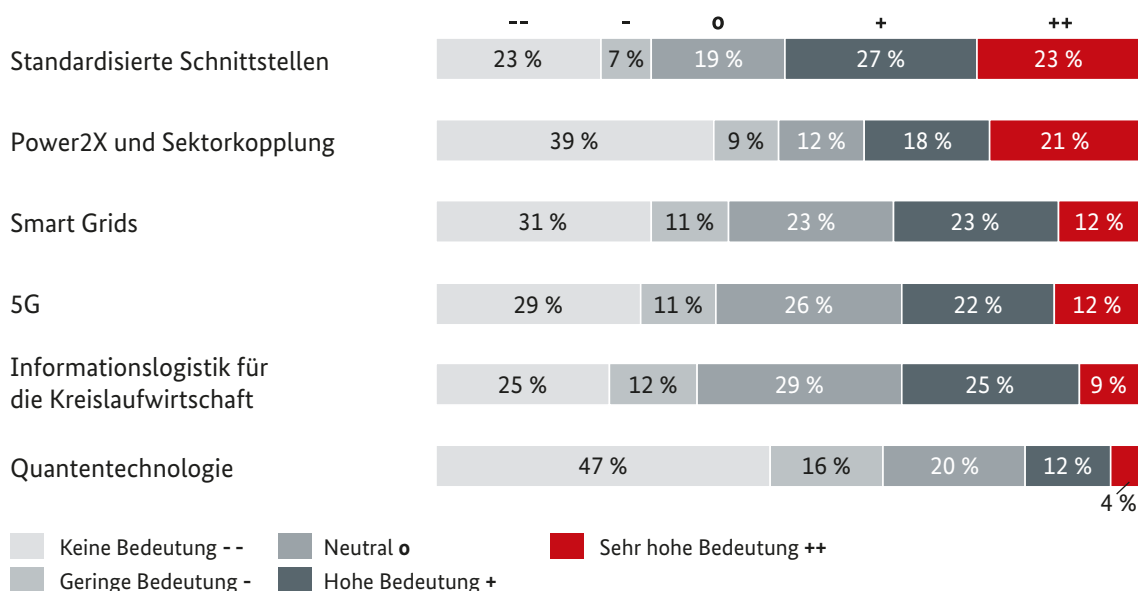
Ein Erklärungsansatz für die Ambivalenz könnte wie folgt lauten: Dort, wo Investitionen kostensenkend wirken, Lieferketten und Produktion absichern und sich damit die Resilienz insgesamt verbessert, kann die aktuelle Krise eine schnellere Umsetzung von nachhaltiger und umweltverträglicher Unternehmensführung fördern. Anderen Branchen wie dem Automobil- oder Maschinenbau, die stark negativ von Corona betroffen sind, wird der Zugang zu Kapital dagegen aktuell erschwert. Dort wird die Pandemie die Umsetzung einer

nachhaltigen und umweltverträglichen Unternehmensführung daher nach Einschätzung der Unternehmen eher verzögern.

Ein weiteres Ergebnis der aktuellen Unternehmensbefragung: Branchenübergreifende Technologieentwicklungen, wie standardisierte Schnittstellen, Sektorkopplung oder Smart Grids, sind für das Wachstum und die weitere Entwicklung der Umwelttechnikbranche von großer Bedeutung (siehe Abbildung 55).

Abbildung 55: Unternehmensbefragung: Bedeutung branchenübergreifender Technologien für die Umwelttechnikbranche 2020

Welche Bedeutung für Wachstum und Entwicklung haben aus Ihrer Sicht die folgenden branchenübergreifenden Technologien für die Umwelttechnikbranche?



Quelle: Unternehmensbefragung (337 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung

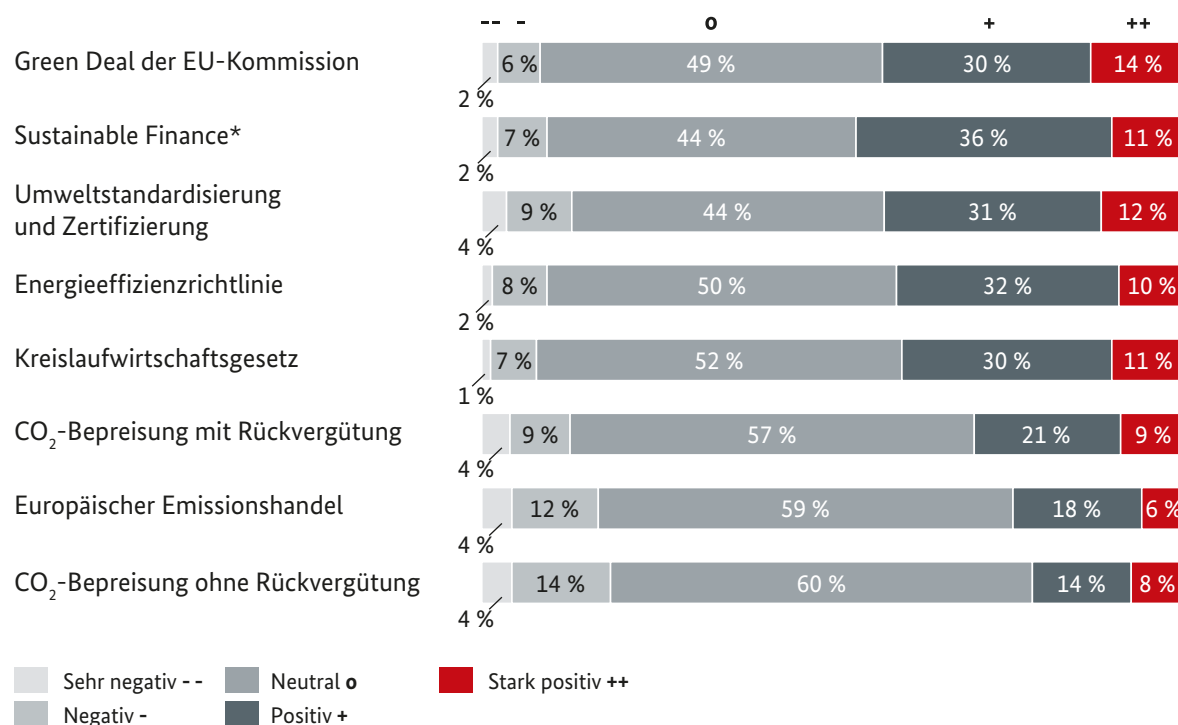


Nationale und europäische politische Initiativen, aber auch die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeitsaspekten für Investoren spielen der GreenTech-Branche zusätzlich in die Hände. So hat der Green Deal der EU-Kommission für 44 Prozent der Umfrageteilnehmer*innen einen positiven bis stark positiven Effekt auf die weitere Unternehmensentwicklung. Der Einfluss von Standardisierungen und Zertifizierungen wird

ähnlich positiv eingeschätzt.⁵⁹ Sustainable Finance, also die Berücksichtigung von Umweltaspekten bei Entscheidungen von Finanzakteuren, sehen 37 Prozent als förderlich oder stark förderlich. Das Europäische Emissionshandelssystem (ETS) und die CO₂-Bepreisung ohne Rückvergütung sind der Umfrage zufolge dagegen von eher untergeordneter Bedeutung (siehe Abbildung 56).

Abbildung 56: Unternehmensbefragung: Einfluss klimapolitischer Instrumente auf die Unternehmensentwicklung der GreenTech-Branche

Wie beurteilen Sie die Auswirkung folgender klimapolitischer Instrumente auf Ihre Unternehmensentwicklung oder Ihr Geschäftsmodell?



*Einbezug von Umweltaspekten in die Entscheidungen von Finanzakteuren

Quelle: Unternehmensbefragung (337 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung

5.3

Positionierung und Wettbewerbsfähigkeit deutscher GreenTech-Anbieter auf den Weltmärkten: „GreenTech made in Germany“

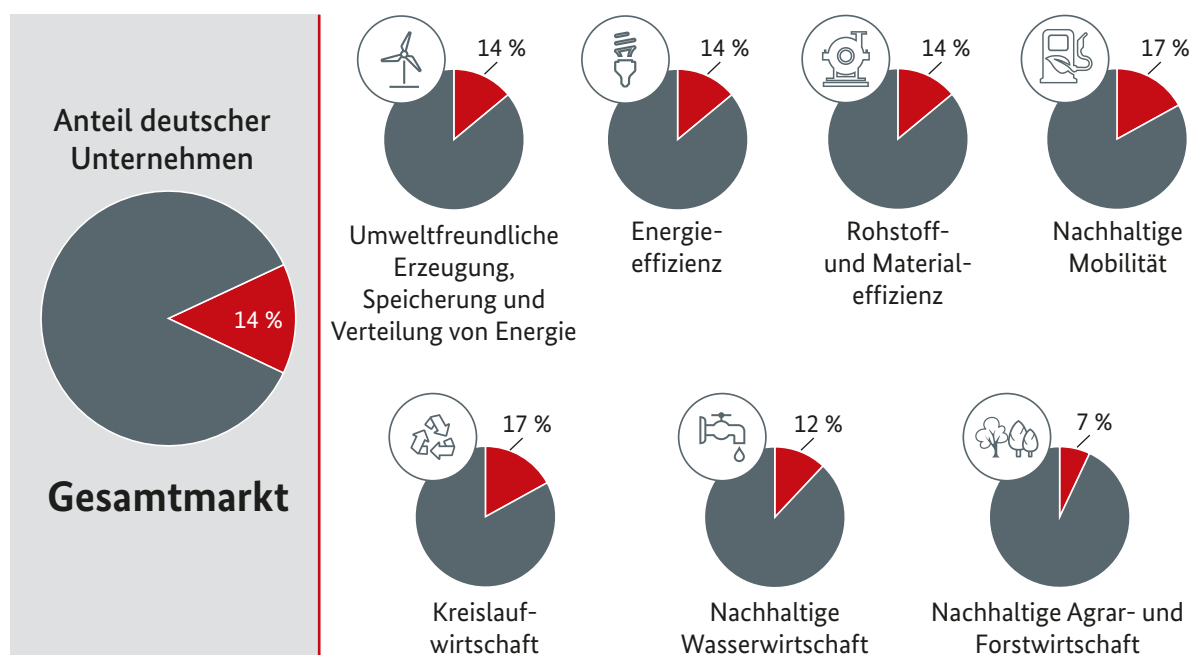
Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz „Made in Germany“ genießen hohes Ansehen und sind international sehr gefragt. Aus einem starken Heimatmarkt heraus haben sich deutsche GreenTech-Anbieter erfolgreich im Ausland positioniert. So haben die deutschen Anbieter am Weltmarkt der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz einen Anteil von 14 Prozent. Zum Vergleich: Der Anteil Deutschlands an der globalen Wirtschaftsleistung lag 2020 bei rund 3,4 Prozent.⁶⁰

Der Blick auf die einzelnen Leitmärkte zeigt dabei leichte Veränderungen der Weltmarktanteile: Die An-

bieter von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen aus dem Leitmarkt Energieeffizienz haben ihren Anteil am globalen Markt auf 14 Prozent weiter gesteigert (2016: 13 Prozent), auch in der Nachhaltigen Wasserwirtschaft wuchs der Anteil leicht von 11 auf 12 Prozent (siehe Abbildung 57).

Abbildung 58 zeigt, dass Europa zwar nach wie vor der wichtigste Absatzmarkt für die Produkte und Dienstleistungen der Branche ist, neue Märkte wie Russland und China aber zunehmend an Bedeutung gewinnen.

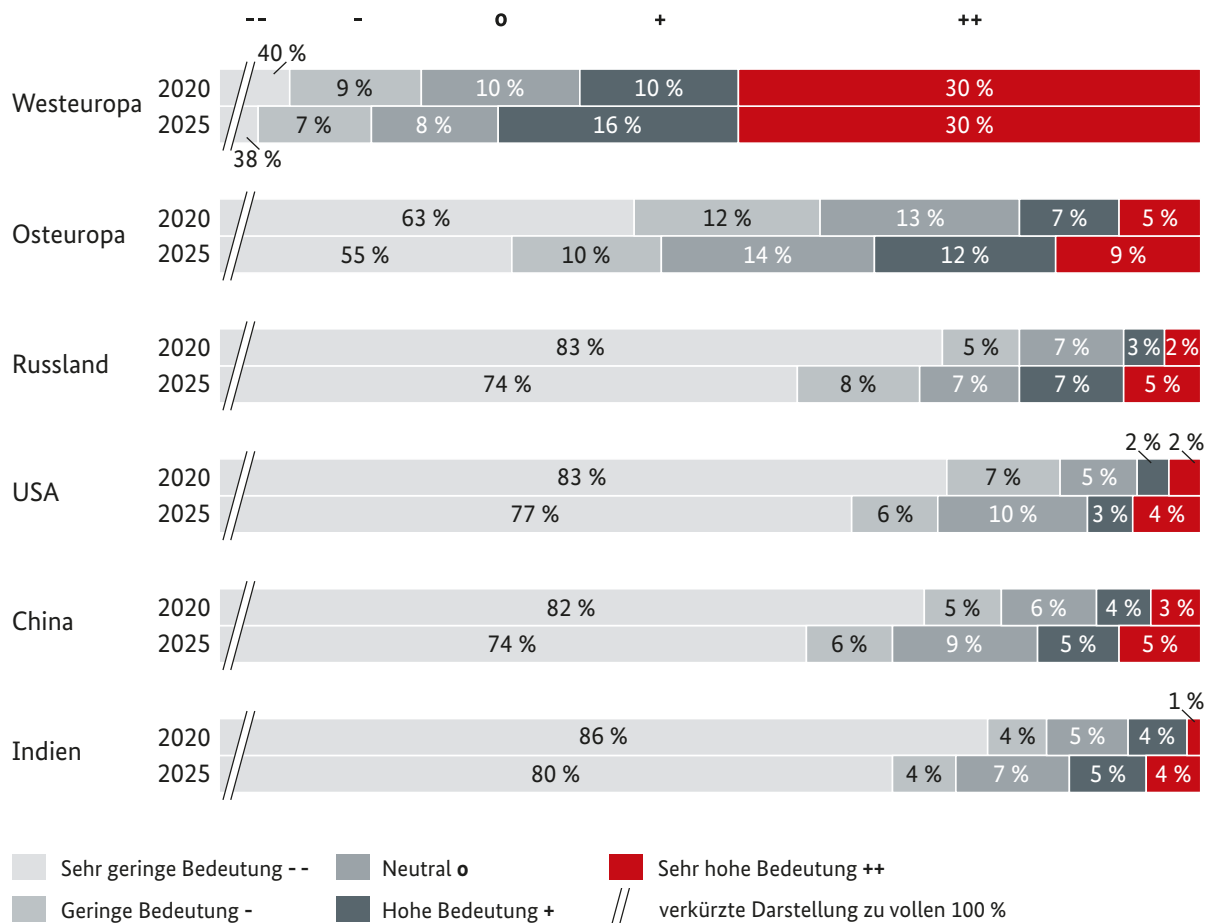
Abbildung 57: Anteil deutscher Unternehmen am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz nach Leitmärkten 2020



Quelle: Roland Berger (2020)

Abbildung 58: Unternehmensbefragung: Bedeutung internationaler Absatzmärkte heute und in Zukunft, Teil 1

Welche Bedeutung haben die folgenden internationalen Absatzmärkte für Ihr Unternehmen heute und in Zukunft (2025)?



Quelle: Unternehmensbefragung (337 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung



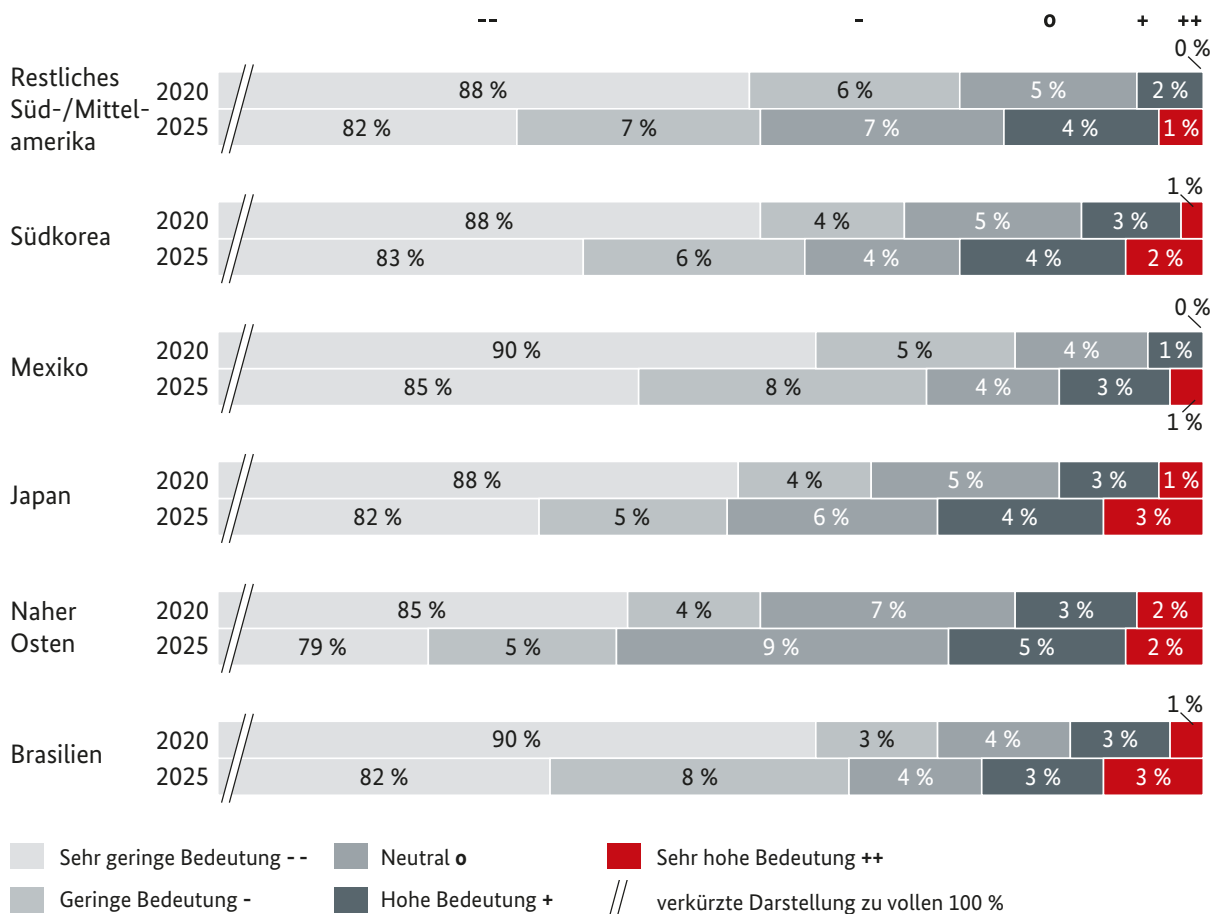
Fast die Hälfte der Befragten (46 Prozent) geht davon aus, dass Westeuropa als Absatzmarkt im Jahr 2025 eine hohe bis sehr hohe Bedeutung haben wird. Besonders groß ist die Dynamik auch in Osteuropa: Hier steigt die Einschätzung als wichtiger Absatzmarkt von derzeit 12 Prozent auf 21 Prozent im Jahr 2025. Auch Russland sowie Süd- und Mittelamerika werden künftig wichtige

Exportländer für „GreenTech made in Germany“ sein (siehe Abbildung 59).

Die Mehrheit der befragten Unternehmen (71 Prozent) sehen die positive Entwicklung der internationalen Absatzmärkte derzeit nicht durch den fortschreitenden Klimawandel bedroht (siehe Abbildung 60).⁶¹

Abbildung 59: Unternehmensbefragung: Bedeutung internationaler Absatzmärkte heute und in Zukunft, Teil 2

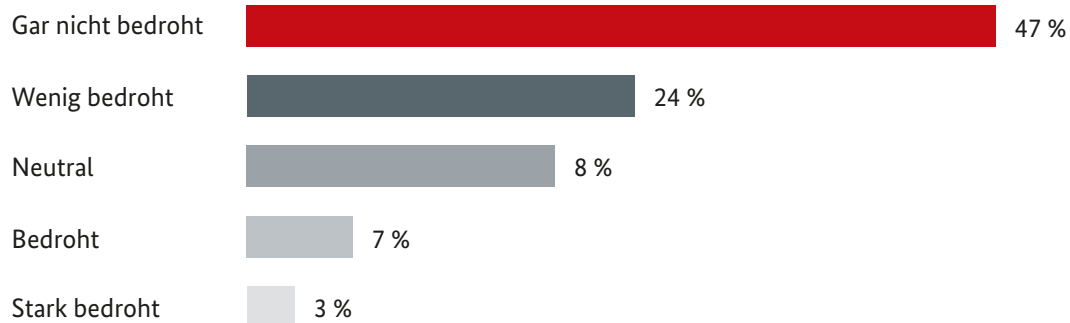
Welche Bedeutung haben die folgenden internationalen Absatzmärkte für Ihr Unternehmen heute (2020) und in Zukunft (2025)?



Quelle: Unternehmensbefragung (337 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung

Abbildung 60: Unternehmensbefragung: Auswirkung des Klimawandels auf die internationalen Absatzmärkte

Sehen Sie die Entwicklung internationaler Absatzmärkte für Ihr Unternehmen durch den weltweit fortschreitenden Klimawandel bedroht?



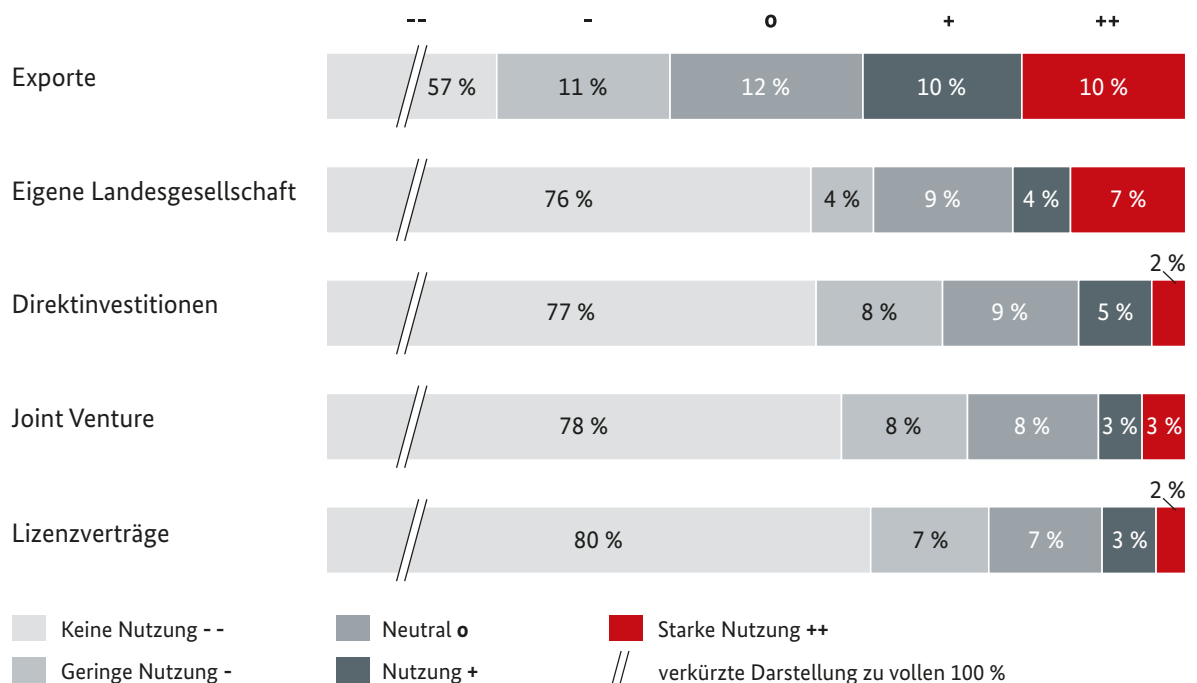
Quelle: Unternehmensbefragung (337 Befragte), Roland Berger (2020)

Wie Abbildung 61 darstellt, verfügt inzwischen zwar rund ein Viertel der Befragten über eigene Landesge-

sellschaften in ausländischen Märkten, trotzdem bleibt der klassische Export der führende Transferkanal.

Abbildung 61: Unternehmensbefragung: Nutzung von Transferkanälen für den Export

In welchem Umfang nutzt Ihr Unternehmen heute folgende Transferkanäle für den Export von Produkten und Dienstleistungen?



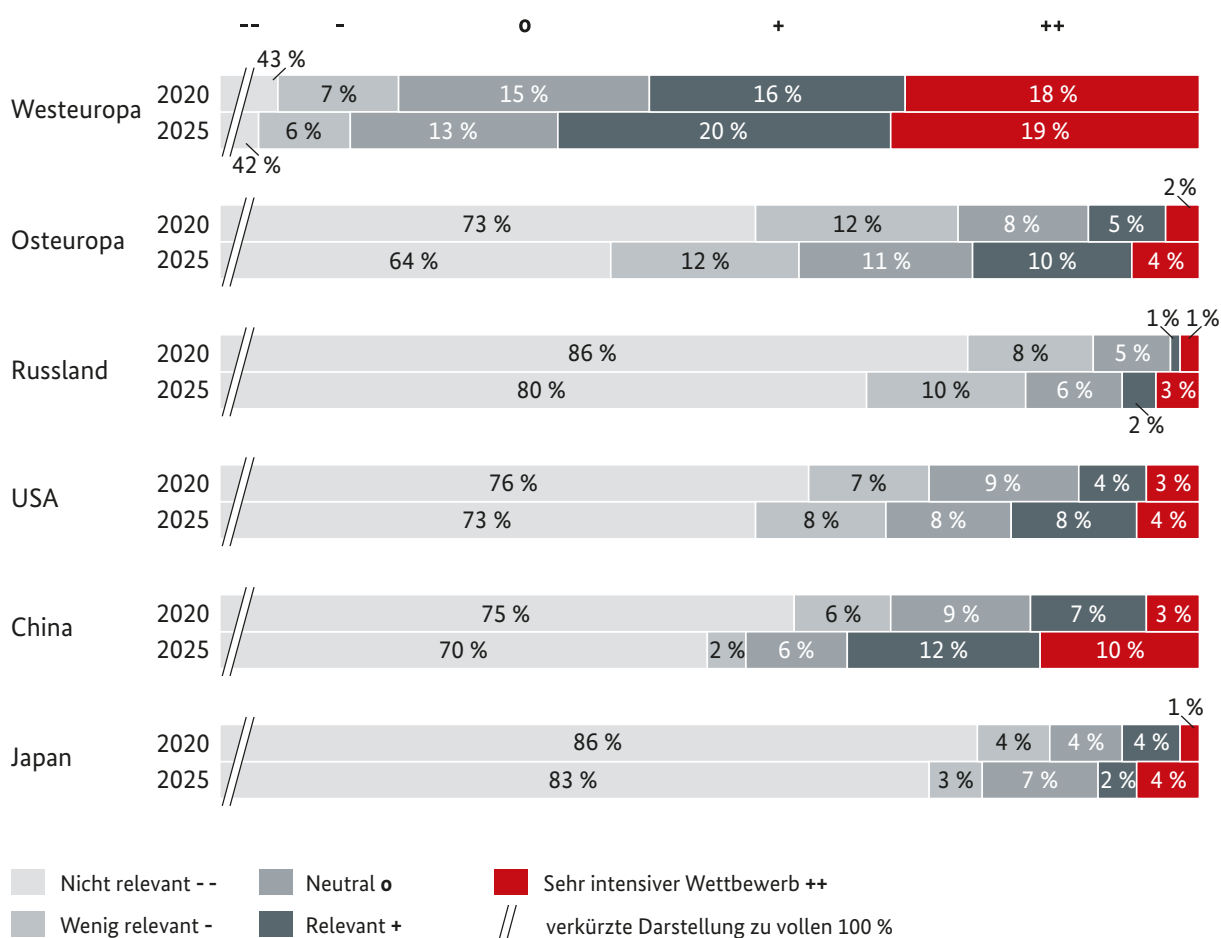
Quelle: Unternehmensbefragung (330 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung

Der Blick auf das Umfeld deutscher Anbieter von Produkten und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zeigt, dass die stärksten Mitbewerber nach wie vor aus dem europäischen Ausland kommen (siehe Abbildung 62). So gehen fast 40 Prozent der Befragten davon aus, dass der Wettbewerb mit westeuropäischen Anbietern bis zum Jahr 2025 stark oder sehr stark sein wird – der aktuelle Wert liegt bei 34 Prozent.

Deutlich steigenden Konkurrenzdruck erwarten die Unternehmen in den nächsten Jahren von Anbietern vor allem aus China. So zählt Deutschland mit einem Anteil an den weltweit angemeldeten Patenten von gut 11 Prozent zwar weiterhin zu den Technologieführern. Der Anteil Chinas lag im Jahr 2017 allerdings schon bei rund 17 Prozent.⁶²

Abbildung 62: Unternehmensbefragung: internationale Wettbewerbssituation auf den internationalen Leitmärkten der Umwelttechnik- und Ressourceneffizienz

Wie stark sind Unternehmen aus folgenden Ländern heute und in Zukunft (2025) als Wettbewerber für Ihr Unternehmen auf den internationalen Leitmärkten der Umwelttechnik unterwegs?



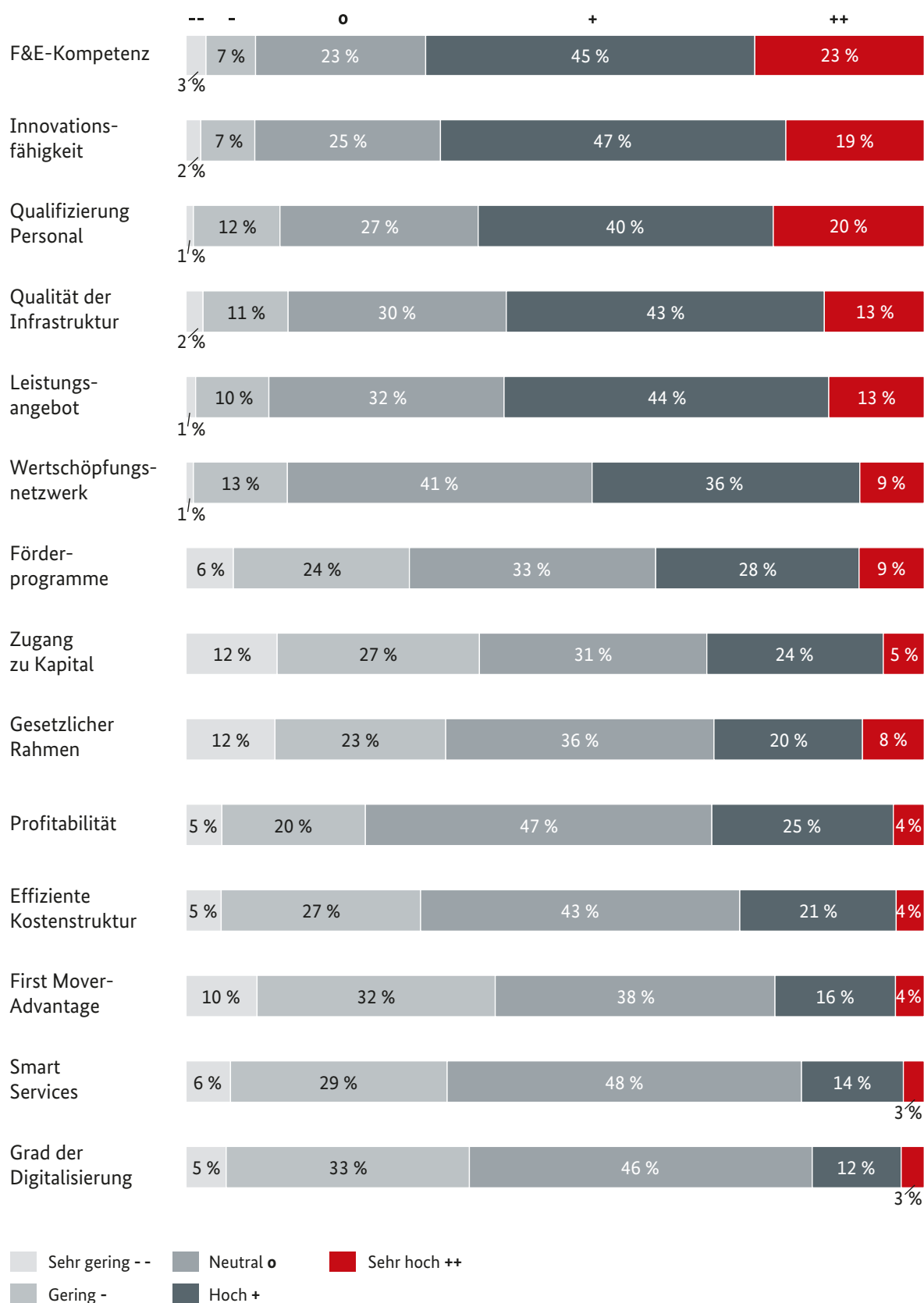
Quelle: Unternehmensbefragung (330 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung

Zu den stärksten Wettbewerbern außerhalb Westeuropas zählen nach Einschätzung der Befragten Osteuropa und China. 14 und 22 Prozent der Befragten gehen davon aus, dass der Wettbewerb mit Unternehmen aus diesen Ländern bis zum Jahr 2025 intensiv oder sehr intensiv wird – das sind jeweils rund doppelt so viele wie derzeit. Auch Japan und Südkorea werden künftig eine deutlich größere Rolle als Mitbewerber spielen.

Wie die Auswertung zeigt, blicken deutsche Anbieter trotz des steigenden internationalen Wettbewerbsdrucks optimistisch in die Zukunft. Der Grund: Sie haben großes Vertrauen in ihre Fähigkeiten. Dazu zählen vor allem ihre Kompetenz im Bereich Forschung und Entwicklung, ihre Innovationsfähigkeit und die gute Qualifikation ihrer Beschäftigten (siehe Abbildung 63).

Abbildung 63: Unternehmensbefragung: Stärken und Schwächen der deutschen Umwelttechnikbranche

Wie stark ist der Wettbewerbsvorteil der deutschen Umwelttechnikbranche entlang der folgenden Kriterien ausgeprägt?



Quelle: Unternehmensbefragung (299 Befragte), Roland Berger (2020), unterschiedliche Balkenbreite bedingt durch Rundung



Exkurs: Industriekompetenz und Profilierung als Anbieter von Systemlösungen stärkt die Position auf Auslandsmärkten

Rund um den Globus werden in den nächsten Jahren Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zunehmend gefragt sein (siehe Kapitel 3). Dieser Expansionskurs der GreenTech-Märkte wird stark von der internationalen Klimapolitik beeinflusst. Denn um die Zielvorgaben aus dem Pariser Klimaschutzabkommen zu erreichen, sind die Unterzeichnerstaaten dazu verpflichtet, auf nationaler Ebene alle fünf Jahre ambitioniertere Pläne für die Treibhausgasreduktion zu beschließen und umzusetzen.

Deutsche Anbieter haben gute Chancen, von der global wachsenden Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen aus dem Bereich Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu profitieren. Die Minderung der Treibhausgasemissionen wird nur gelingen, wenn die Energieeffizienz weltweit verbessert wird und die Dekarbonisierung der Energiewirtschaft durch den Ausbau erneuerbarer Energien weiter Fortschritte macht. In beiden Handlungsfeldern verfügen die GreenTech-Anbieter aus Deutschland über Erfahrung, Know-how und ein umfassendes Angebotsportfolio. Für die Energieeffizienz ist die Senkung des Energieverbrauchs

in Industrie und Gewerbe ein entscheidender Hebel. Insbesondere Schwellenländer, die sich in der Phase der nachholenden Industrialisierung befinden, haben einen großen Bedarf an energieeffizienten Maschinen und Anlagen. In Industriestaaten werden bestehende Produktionsanlagen „nachgerüstet“, um den steigenden Anforderungen im Hinblick auf die Energieeffizienz gerecht zu werden.

Dieses Nachfrageprofil deckt sich hervorragend mit den Stärken der deutschen Wirtschaft im Auslandsgeschäft. Grundsätzlich genießen deutsche Produkte eine hohe Wertschätzung auf den internationalen Märkten. In Branchen wie der Automobilindustrie, der Chemieindustrie, der Elektrotechnik sowie dem Maschinen- und Anlagenbau nimmt Deutschland weltweit eine führende Position ein. Die Industrie erwirtschaftet 22,5 Prozent der Bruttowertschöpfung in Deutschland; die Exportquote liegt bei 50 Prozent.⁶³

Vor dem Hintergrund einer starken Industrie hat sich der Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland zum „Technologietreiber“ entwickelt.⁶⁴ Deutschland hält den Titel „Exportweltmeister im Maschinenbau“; in 18 von

31 Maschinenbauzweigen haben deutsche Anbieter die größten Anteile am Weltexport. Im Großanlagenbau besetzen deutsche Anbieter international eine Spitzenstellung: 87 Prozent ihrer Produktion (Kraftwerke, Elektro-, Chemie-, Baustoffanlagen, Hütten) gehen in den Export: „Deutsche Anlagenbauer sind erste Adressen, wenn selbst ganze Länder auf (Re-)Industrialisierung setzen. Qualität, Zuverlässigkeit, Service, Effizienz und Umweltfreundlichkeit sind wichtige Assets der Deutschen.“⁶⁵

Aus dieser Position heraus sind deutsche Anbieter bestens gerüstet, um auf den internationalen Märkten die Technologien zu liefern, welche die großen Herausforderungen der Industrie – Energieeffizienz, Umweltschutz und Digitalisierung – bewältigen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Prozessautomatisierung. In diesem Technologiefeld sind deutsche Unternehmen sehr gut aufgestellt: „Deutschland dominiert die Automatisierungstechnik, revolutioniert die Robotik und ist Spitze in der digitalen Produktion. Zudem ist Deutschland führend im Zukunftsmarkt virtuelle Systeme und offeriert ständig neue Lösungen für hochkomplexe und gleichwohl effiziente Produktionssysteme. Überdies liefert Deutschland auch die Software für hochpräzise Fertigungssteuerung.“⁶⁶

Viele Länder stehen vor der Herausforderung, ihre Energieversorgung klimafreundlich umzugestalten. Die Erfahrungen, die Deutschland in der Umbruchphase der Energiewirtschaft gesammelt hat, können sich hier als wertvoll erweisen: „Gelingt das Vorhaben, könnte es Blaupause/Muster für andere Länder werden.“⁶⁷ Der technische Fortschritt bei der Stromerzeugung aus regenerativer Energie, die Integration volatiler erneuerbarer Energieträger ins Netz sowie die Kopplung von Strom-, Wärme- und Mobilitätslösungen verschaffen deutschen Anbietern auf den internationalen Märkten einen Know-how- und Erfahrungsvorsprung.

Insbesondere Schwellenländer bieten den Produkten, Verfahren und Dienstleistungen deutscher Anbieter in den Leitmärkten Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie sowie Energieeffizienz gute Perspektiven – denn hier besteht die Möglichkeit zum „Leapfrogging“. Das heißt: Bestimmte Stufen eines Entwicklungsprozesses können übersprungen werden. Im Kontext Energieversorgung kann dies beispielsweise bedeuten, dass ein Land direkt auf dezentrale (Teil-)Systeme setzt, ohne vorher ein zentralisiertes konventionelles Energienetz aufzubauen. Im Kontext Industrialisierung könnten neue Anlagen „auf der grünen Wiese“ von vornherein unter dem Aspekt der energie- und materialeffizienten Prozessautomatisierung geplant werden.

Deutschen Unternehmen wird eine hohe Kompetenz bei Systemlösungen attestiert.⁶⁸ Diese Stärke wird sich auch auf den internationalen GreenTech-Märkten als wichtiger Erfolgsfaktor erweisen, denn Innovationen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz werden immer stärker durch Systementwicklungen und weniger durch Einzelinnovationen getrieben. Systemlösungen sind in der Regel besser geeignet, die komplexen Herausforderungen des Klima- und Umweltschutzes zu bewältigen. Einzelkomponenten werden zu Systemen verknüpft, um ganzheitliche Lösungen zu erreichen. Beispielsweise bleibt der Wirkungsgrad einzelner Solarzellen durch physikalische und technische Verluste beschränkt. Bei alleinstehenden Fotovoltaikanlagen gibt es eine zeitliche Diskrepanz zwischen Stromerzeugung und Strombedarf, die Netzintegration erweist sich aufgrund der geringen Leistung ebenfalls als schwierig. Jede dieser Komponenten hat also Defizite, die sich nur durch erheblichen Forschungs- und Investitionsaufwand beheben lassen. Liegt der Fokus aber auf dem Gesamtsystem aus Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Strom, ergeben sich weitaus größere Verbesserungspotenziale als in der Einzelbetrachtung.

Die Digitalisierung ermöglicht systemische Lösungen. Deswegen ist davon auszugehen, dass sie große Schubkräfte für die Systembildung in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz freisetzt.



Grüne Potenziale am Beispiel der Verkehrswende

6

Der Mobilitätssektor liefert gutes Anschauungsmaterial dafür, wie Technologien und Lösungen des Leitmarkts Nachhaltige Mobilität die Verkehrswende in Deutschland, Europa und der ganzen Welt unterstützen und vorantreiben. Zugleich wird deutlich, welches enorme Marktpotenzial sich in diesem Bereich für Anbieter grüner Technologien aus Deutschland bietet. Aus diesen Gründen nimmt dieses Kapitel den Leitmarkt Nachhaltige Mobilität in den Fokus der Betrachtung.

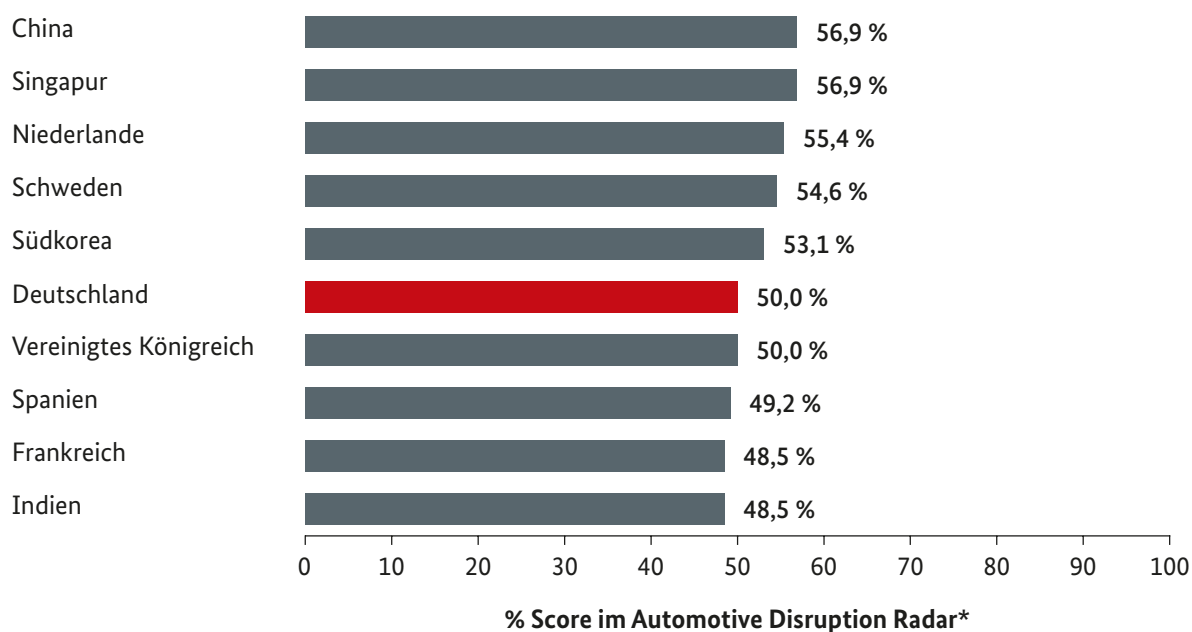
Angetrieben von technologischen Innovationen, etwa im Bereich alternativer Antriebstechnologien und Kraftstoffe, und einem veränderten Mobilitätsverhalten (zum Beispiel Nutzung von Carsharing), aber auch von der klimapolitischen Notwendigkeit, durchläuft das Thema Mobilität derzeit einen tiefgreifenden Wandel. Abbildung 64 dokumentiert diesen anhand verschiedener Dimensionen in ausgewählten Märkten.

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, den Verkehrssektor ökologisch umzubauen – ein Projekt von nicht

zu überschätzender Signalwirkung, rangiert der Sektor mit einem Anteil von 19 Prozent⁶⁹ doch auf Platz drei der heimischen Treibhausgasemittenten. Auch im Vergleich zu anderen Branchen schneidet er bislang in puncto CO₂-Reduktion nicht gut ab: Während die beiden wichtigsten Verursacher, Energiewirtschaft und Industrie, ihren CO₂-Ausstoß seit 1990 jeweils um rund ein Drittel reduziert haben, ist er im Verkehrssektor im gleichen Zeitraum sogar leicht gestiegen.

Abbildung 64: Länderübersicht des Automotive Disruption Radar (ADR) 2020

Top-10-Länder



*Der Automotive Disruption Radar ist eine halbjährliche Analyse von Markttrends mit transformativer Wirkung auf die globale Automobilindustrie. Die Analyse basiert auf einer Umfrage von 16.000 Autobesitzern in relevanten 17 Märkten. Dabei werden 26 Indikatoren in fünf Dimensionen abgefragt: Kund*inneninteresse, Regulatorik, Technologie, Infrastruktur und Industrieaktivitäten.

Quelle: ADR, Roland Berger (2020)

6.1

Wie Technologien und Dienstleistungen den Weg Richtung „Netto Null“ im Verkehr unterstützen

Die Unternehmen des Leitmarkts Nachhaltige Mobilität leisten schon heute einen nennenswerten Beitrag zur ökologischen Transformation des Verkehrssektors. Den Schwerpunkt bilden ihre Aktivitäten in den folgenden Märkten:

- **Elektromobilität:** Dazu zählen alternative Antriebskonzepte und zugehörige Ökosysteme, die das Ziel einer „Netto Null“-Emission⁷⁰ unterstützen.
- **Individualisierung des ÖPNV:** Durch innovative Lösungskonzepte im Bereich Autonomes Fahren und dynamische Routenplanung kann der private zum öffentlichen Individualverkehr weiterentwickelt werden.
- **Digitale Geschäftsmodelle:** Smart-Mobility-Angebote, etwa in Form von Mobilitätsplattformen, bieten nutzer*innengerechte Verkehrskonzepte und unterstützen dadurch nachhaltige Mobilität.

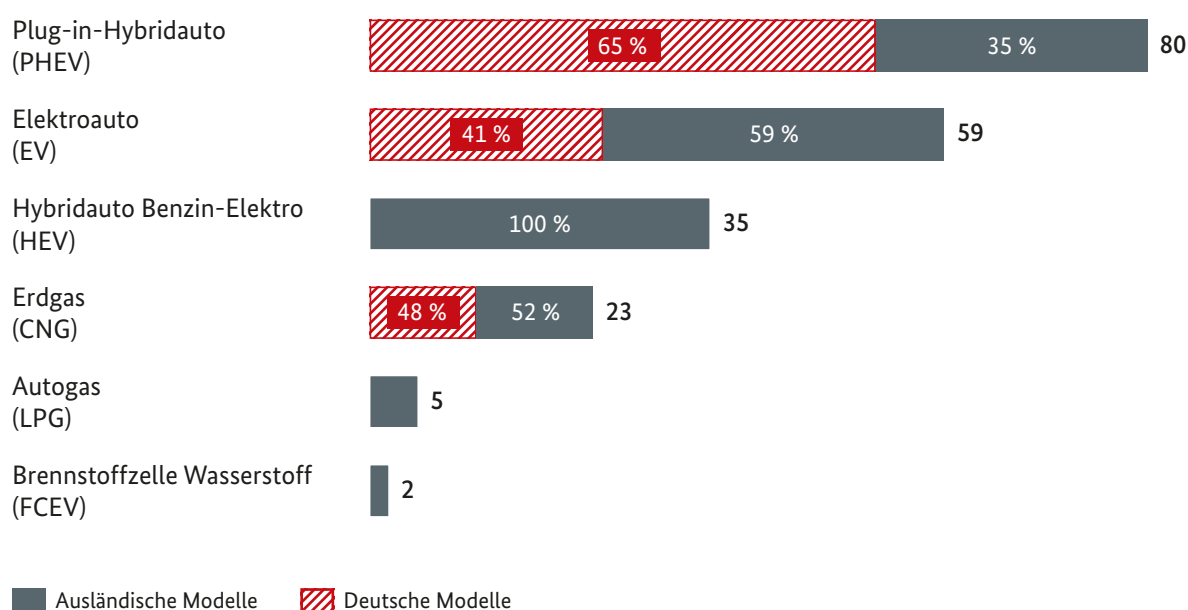
Die Aktivitäten der Unternehmen aus dem Leitmarkt Nachhaltige Mobilität und ihre potenziellen Umwelteffekte werden im Folgenden exemplarisch vorgestellt.

6.1.1 Elektrifizierung des Antriebsstrangs und weitere alternative Antriebstechnologien

Ob das „Netto Null“-Ziel im Verkehrssektor erreichbar ist, steht und fällt mit dem Ausbau der Elektromobilität. Nach der Definition der Bundesregierung zählen zur Elektromobilität Fahrzeuge, die ihre Energie überwiegend oder ganz aus dem Stromnetz beziehen, also extern aufladbar sind.⁷¹ Wasserstoff und Brennstoffzellen sind weitere Schlüsseltechnologien der Elektrifizierung. Sie ergänzen leistungs- und reichweitenbeschränkte Batteriefahrzeuge und sind damit insbesondere für lange Strecken, aber auch für Nutzfahrzeuge, Busse, Züge sowie den Schiffs- und Flugverkehr relevant. Laut Klimaschutzplan 2030 der Bundesregierung sollen bis zum Jahr 2030 sieben bis zehn Millionen Elektrofahrzeuge zugelassen sein⁷².

Wie Abbildung 65 zeigt, stammt derzeit knapp jedes zweite Fahrzeugmodell mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen auf dem deutschen Markt von heimischen Herstellern. Besonders hoch ist der Anteil bei den

Abbildung 65: Anteil deutscher Modelle mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen an allen in Deutschland angebotenen Modellen mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen 2020 (Anzahl Modelle insgesamt und in Prozent)



Quelle: ADAC, Roland Berger (2020)

Plug-in-Hybriden: Hier bieten heimische Autobauer knapp zwei Drittel aller Modelle an. Die bedeutendsten deutschen Unternehmen im Endkund*innenmarkt sind Daimler, Volkswagen und BMW. Um im internationalen Vergleich weiter aufzuholen, wurde zudem eine Modelloffensive von E-Autos angekündigt: Bis 2024 wollen deutsche Autobauer 102 neue Modelle auf den Markt bringen.

Auch in der Wasserstofftechnologie gibt es in Deutschland innovative Anbieter. So produzieren Keyou aus Unterschleißheim und Proton Motors aus Puchheim eine Weiterentwicklung des klassischen Verbrennungsmotors für Nutzfahrzeuge, der mit Wasserstoff fährt. Auch große Zulieferer wie Bosch und Continental engagieren sich. Bosch liefert unter anderem komplette Brennstoffzellensysteme für Lkw und hat angekündigt, auch in die Serienfertigung von Brennstoffzellensystemen für Pkw einzusteigen. Selbst im Schienenverkehr kommt Wasserstoff zum Einsatz: Die Plattform Mireo Plus von Siemens bietet die Möglichkeit, Züge mit zwei Antriebslösungen auszustatten: einem batterieelektrischen und einem Brennstoffzellen-basierten Antrieb.

6.1.2 Entwicklung und Produktion sowie Weiterverwendung und Recycling von Batteriesystemen

Mit einem Anteil von rund 40 Prozent steht das Batteriesystem für einen großen Teil der Wertschöpf-

fung eines Elektroautos. Neben den einzelnen Zellen beinhalten die Systeme auch Steuergeräte für die Überwachung der Zellen (Temperatur, Spannung und Strom) und das Zell-Balancing (Sicherstellen gleicher Belastung im täglichen Betrieb). Gerade diese Komponenten sind für die Gesamtleistung der Batterie von entscheidender Bedeutung. Während deutsche Firmen in der Zellfertigung bislang nicht nennenswert aktiv sind⁷³, gelten sie in der Entwicklung und Produktion von Komponenten für Batteriesysteme als führend: So liefern Unternehmen wie Hella, Bosch und Continental Batteriemanagementsysteme und intelligente Batteriesensorik. Auch in der Entwicklung komplexer Hochleistungsbatteriesysteme hat sich Deutschland erfolgreich als Innovationsführer positioniert: Akasol aus Darmstadt und BMZ aus Karlstein am Main fertigen Hightech-Batteriesysteme für die Automobilindustrie. Auch Daimler ist mit seiner 100-prozentigen Tochter Accumotive im sächsischen Kamenz in die Entwicklung und Produktion von modernen Lithium-Ionen-Batteriesystemen eingestiegen.

Eine erfolgreiche Verkehrswende setzt neben entsprechenden Fahrzeugmodellen auch ganzheitliche Konzepte für die Produktion, Weiterverwendung und das Recycling von Batteriesystemen voraus. Denn auch Elektromobilität ist nur dann nachhaltig, wenn Batterien nach dem Einsatz in Fahrzeugen weiterverwendet (sogenannte Second-Life-Nutzung) und effizient recycelt werden können. Abbildung 66 zeigt, dass in jedem dieser Bereiche auch deutsche Unternehmen tätig sind.

Abbildung 66: Übersicht von Unternehmensbeispielen im Bereich Entwicklung, Produktion, Betrieb, Second-Life-Anwendungen und Recycling von Batteriesystemen und Ladeinfrastruktur

Batterie- und Ladesysteme:

Batterien	Ladeinfrastruktur	Second-Life-Anwendungen	Recycling
			
Accumotive Akasol BMZ Group Bosch Continental	Amperio ebee Heidelberg Ionity Mennekes	Bosch Covalion The Mobility House Vattenfall	Accurec Duesenfeld Interseroh Redux Remondis

Quelle: Roland Berger (2020)



Studien zeigen, dass sich die CO₂- und Ökobilanz von Batterien in Bezug auf den Rohstoffverbrauch durch eine Zweitnutzung (Second Life) für stationäre Anwendungen deutlich verbessern lässt. So bieten The Mobility House aus München und GETEC Energie aus Magdeburg die Installation und Vermarktung von stationären Batteriespeichern an. Die Aufbereitung der Batterien für die Zweitnutzung übernimmt unter anderem Accumotive. Auch Bosch arbeitet an Lösungskonzepten (zum Beispiel Fotovoltaik mit Speichern für Wohngebäude) für die Zweitnutzung von Batterien, die nicht mehr in Elektrofahrzeugen zum Einsatz kommen.

Beispielhaft für aktuelle Entwicklungen in diesem Bereich ist der Aufbau des weltweit größten stationären Batteriespeichers aus ehemaligen Fahrzeugbatterien auf dem Remondis-Gelände in Lünen. Bei diesem Projekt kooperieren The Mobility House, Daimler und GETEC Energie. The Mobility House übernimmt die Installation der Anlage und vermarktet diese zusammen mit GETEC Energie. Daimler bringt mehr als 1.000 Batteriesysteme aus „smart fortwo electric drive“-Fahrzeugen der zweiten Generation in das Projekt ein, die durch die Tochter Accumotive für die Zweitnutzung aufbereitet werden.

Im Bereich Batterie-Recycling zählen Unternehmen wie Duesenfeld, Accurec und Interseroh zu den führenden Anbietern. Das Chemieunternehmen Duesenfeld aus Wendeburg hat ein Stickstoffvakuum-basiertes

Schredderverfahren entwickelt. Dabei werden leicht entzündliche Lithium-Ionen-Batterien in geschreddertes Material und Elektrolyt zerlegt. Durch das Stickstoffvakuum wird die Entzündlichkeit der Batterien reduziert. Aus dem geschredderten Material lassen sich Graphit, Mangan, Nickel, Kobalt und Lithium zurückgewinnen und zur Produktion neuer Batterien einsetzen. 96 Prozent aller Bestandteile der Batterie können so einem neuen Kreislauf zugeführt werden. Zudem verringert sich der CO₂-Fußabdruck bei der Produktion neuer Akkus um 40 Prozent im Vergleich zur Neuproduktion.

6.1.3 Ladeinfrastruktur und Services

Ein maßgeblicher Erfolgsfaktor für den flächendeckenden Durchbruch der Elektromobilität ist der Aufbau der Ladeinfrastruktur. Nach dem aktuellen Klimaschutzplan sollen in Deutschland bis zum Jahr 2030 insgesamt eine Million Ladepunkte zur Verfügung stehen. Derzeit gibt es rund 20.000 solcher Ladepunkte. Der Bund fördert den Aufbau von öffentlichen Ladesäulen bis 2025 und hat einen entsprechenden Masterplan vorgelegt.

Neben der „Hardware“ in Form von Ladesäulen und Wallboxen muss deren Installation und Wartung gewährleistet sein. Dazu zählen auch Beratungs- und Planungsleistungen für eine bedarfsgerechte Stand-

ort- und Kapazitätsplanung sowie Konzepte für die Abwicklung und Steuerung des Ladevorgangs von der Identifikation bis zur Abrechnung. Die in diesem Bereich relevanten Produkte und Dienstleistungen umfassen neben den bereits Genannten auch Flottenmanagement für Unternehmen, Standortanalysen und Last- und Energiemanagement sowie das Ladestellenmonitoring.

Anbieter von Ladeinfrastruktur sind beispielsweise Mennekes aus Kirchhundem, Ebee aus Berlin und die Heidelberger Druckmaschinen AG, die neben Ladesäulen und Wallboxen (Wandladestationen für den Heimgebrauch) auch Ladekabel und weitere Systeme für den privaten und gewerblichen Ausbau von Ladeinfrastruktur produzieren.

Für den Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur liefert H2 Mobility aus Berlin die notwendige Hardware. Zudem gibt es ein breites Angebot komplementärer Dienstleistungen im Bereich Installation und Wartung. BayWA Mobility Services bietet Dienstleistungen wie Machbarkeitsrechnungen für die Installation und eine professionelle Standortanalyse.

Bei der eigentlichen Abwicklung des Ladevorgangs sind sogenannte Ladeanbieter für Endkund*innen tätig. Neben Automobilherstellern wie BMW und VW mit ihren Ladenetzwerken sind auch öffentliche Stromversorger wie EnBW und NATURSTROM in diesem Markt aktiv. Zudem gibt es überregionale Anbieter, die eine Art Roaming in verschiedene Ladenetzwerke erlauben, darunter die Deutsche Telekom mit der Telekom Ladestrom App und der ADAC mit der ADAC e-Charge Card. Weitere Unternehmen wie IONITY aus München bieten die dazugehörige Abrechnungssoftware als White-Label-Lösung an, die Firmen unter eigenem Namen in ihr Angebot aufnehmen können.

Ein Beispiel für eine solche Sektorkopplung ist das Projekt „eFarm“ der GP JOULE GmbH aus Flensburg. Es ist das größte grüne Wasserstoff-Mobilitätsprojekt in Deutschland. Im Rahmen dieses Projekts wird in Nordfriesland eine modular erweiterbare, grüne Wasserstoff-Infrastruktur von der Erzeugung über die Verarbeitung bis hin zur Flottennutzung aufgebaut und betrieben. Die Produktion des grünen Wasserstoffs erfolgt regional aus Windkraft. Die benötigten PEM-Elektrolyseure⁷⁴ und Stacks⁷⁵ für die Gewinnung des Wasserstoffs stammen vom Stack- und Elektrolyseur-Hersteller H-TEC SYSTEMS aus Augsburg.

Insgesamt ist der Ausbau der Elektromobilität für die Energiewirtschaft mit großen Herausforderungen verbunden. Denn je mehr Ladepunkte es gibt, desto dringender müssen Verteilnetze und Ortsnetztransformatoren ausgebaut oder verstärkt werden. Das gleichzeitige Laden vieler E-Fahrzeuge zu bestimmten Tageszeiten zieht Lastspitzen und höhere Aufwendungen zur Netzstabilisierung bei den Netzbetreibern nach sich.

Umso wichtiger ist es, Ladezeitpunkte und -ströme durch intelligentes Lastmanagement und variable Preismodelle zu optimieren. Zudem eröffnet eine wachsende E-Fahrzeugflotte dem Energiesektor neue Märkte – etwa durch den Aufbau virtueller Speicher – und innovative Lösungsansätze für volatile erneuerbare Energien. Dazu muss allerdings die Fähigkeit zum bidirektionalen Laden vorhanden sein: Strom muss also gleichzeitig aus dem Netz entnommen und wieder eingespeist werden können. Das Modell Sion des Start-ups Sono Motors aus München ist ein Beispiel für ein solches bidirektional ladefähiges Elektroauto. Entwickelt wurde es gemeinsam mit den Firmen Elringklinger, Continental und Nevs.

6.1.4 Kopplung mit dem Energiesektor

Um die Verkehrswende in Deutschland voranzutreiben und die Emission von Treibhausgasen weiter zu reduzieren, muss künftig ein deutlich größerer Teil der genutzten Energie aus erneuerbaren Quellen stammen. Seit rund zehn Jahren jedoch stagniert dieser Anteil im Verkehrssektor bei knapp 6 Prozent. Voraussetzung für eine Steigerung ist die intelligente Kopplung der Sektoren Energie und Verkehr – ein Vorgang, der beiden Seiten nutzen soll: Der Verkehrssektor kann seine Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zugunsten erneuerbarer Energieträger senken, der Energiesektor profitiert von besserem Lastmanagement, Netzstabilisierung und zusätzlichen Speicherkapazitäten.

6.2 Verlagerung vom privaten motorisierten zum öffentlichen Individualverkehr

Die Fortschritte in der Digitalisierung des Verkehrssektors und im Bereich Autonomes Fahren haben die Grenzen zwischen privatem und öffentlichem Verkehr in den vergangenen Jahren zunehmend verschwimmen lassen. Zwei Ansätze gelten momentan als besonders

aussichtsreich: individualisierte Routen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und autonome Shuttles auf (derzeit noch) vorgegebenen Routen im ÖPNV. Abbildung 67 zeigt eine Auswahl der Akteure, die an solchen Lösungskonzepten arbeiten.

Abbildung 67: Übersicht von Akteuren und Unternehmensbeispielen im Bereich Autonome Shuttles und Mobility-on-Demand-Lösungen für den ÖPNV

ÖPNV:

Autonome Shuttles	Verkehrsdaten & Analyse	Mobilitätsplattformen	Verkehrsverbund, Stadtwerke	Sonstige Akteure (unter anderem Hochschulen und Forschungsinstitute)
				
e.GO IAV	PTV Group Siemens Trafficon	DB Navigator Ioki MOQO	Hochbahn MVG VRR	Dialago IKEM KOMOB

Quelle: Roland Berger (2020)

Mobility-on-Demand mit individualisierbarer Route im ÖPNV – Beispiel ioki in Hamburg



In Hamburg⁷⁶ sind Fahrzeuge der DB-Tochter ioki „on demand“ unterwegs. Die Fahrten können über eine App gebucht und abgerechnet werden, außerdem sind sie mit dem lokalen ÖPNV-System vernetzt. Der Unterschied zur autonomen, abrufbereiten Individualmobilität im ÖPNV sind die dort noch vorhandenen Fahrer*innen. Ziel von ioki ist es nach eigenen Angaben, einen „integrierten ÖPNV“ zu schaffen, also den klassischen ÖPNV um On-Demand-Mobilität zu erweitern, sodass Kund*innen zu ihrer Wunschzeit eine individualisierte Route fahren können. ioki Hamburg und die Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH (VHH) bieten die Leistung seit 2018 mit 20 Elektrofahrzeugen in ausgewählten Stadtteilen an. Nach Bestellung per App werden die Fahrgäste zu ihrem Ziel befördert, die durchschnittliche Wartedauer liegt unter fünf Minuten.

Im ersten Jahr der Einführung konnten auf diese Weise bereits 170 Tonnen CO₂ eingespart werden (das entspricht etwa der durchschnittlich erzeugten CO₂-Menge von 150 Neuwagen bei einer Laufleistung von 15.000 Kilometern). Eine Untersuchung des Instituts für Verkehrsplanung und Logistik der Technischen Universität Hamburg kam zu dem Ergebnis, dass bereits jede*r vierte Nutzer*in durch ioki eine Fahrt mit dem privaten Pkw ersetzt.

Eine weitere Analyse von ioki in Hamburg hat gezeigt, dass die bedarfsweise verkehrenden Fahrzeuge 6,5 Millionen der insgesamt 25 Millionen Kilometer übernehmen könnten, die Privatfahrzeuge derzeit täglich innerhalb Hamburgs zurücklegen. Aufgrund der durchschnittlich höheren Auslastung und des klimafreundlichen Fuhrparks könnten also Tausende Tonnen CO₂ eingespart werden.

Autonomes Fahren im ÖPNV auf vorgegebener Route – Beispiel Easyride in München



In vielen deutschen Städten laufen gegenwärtig auch Tests zu autonomen Mobilitätssystemen für den Personentransport. Dabei gibt es unterschiedliche Konzepte von der rein privaten Nutzung bis hin zum Einsatz im öffentlichen Personennahverkehr. Autonome Robo-Taxi-Flotten und Busse (sogenannte People Mover) versetzen ÖPNV-Anbieter in die Lage, auf individuelle Bedürfnisse zugeschnittene Mobilität anzubieten. Aktuell gibt es bereits knapp 40 Teststrecken für autonome Fahrzeuge im ÖPNV. Dabei bilden Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Berlin die Schwerpunkte.

Eines dieser Pilotprojekte ist „Easyride – Zukunft erfahren“ in München. Hier testen die Stadtwerke München (SWM) und die Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) im Olympiapark den Einsatz von autonom fahrenden Shuttlebussen auf zwei vorgegebenen Routen. Eingesetzt werden dafür Shuttlebusse des

Typs „e.GO Mover“ der e.GO Moove GmbH, eines Tochterunternehmens der 2018 in Aachen gegründeten E.GO Mobile AG.

Im ersten Pilotversuch fahren die Kleinbusse noch nicht automatisiert, sondern sammeln zunächst über Sensortechnik anonymisierte Umgebungsdaten. Der selbstständige Fahrbetrieb auf Basis der gewonnenen Daten wird im zweiten Pilotversuch getestet. In dem Pilotprojekt soll bis Ende 2020 automatisiertes und vernetztes Fahren im Realbetrieb durchgeführt werden. Im Fokus der technologischen Entwicklung stehen die Themen individualisierter öffentlicher Verkehr und automatisierte Ride-Pooling-Flotten. Diese sollen durch Algorithmen gesteuert werden, die Schnittstellen zu bestehenden Verkehrssystemen haben und dadurch ein optimales Routing und Pooling ermöglichen. Darüber hinaus sollen die Pilotprojekte Erkenntnisse über die Akzeptanz der Lösung bei Kund*innen liefern.

Ausblick: Zusammenführung von Mobility-on-Demand und autonomem Fahren im ÖPNV

Wird das Angebot der für den ÖPNV bestimmten autonomen Fahrzeuge durch eine individualisierbare Routenführung erweitert (wie etwa bei ioki), entspricht dies dem Konzept der autonomen öffentlichen Individualmobilität. Dabei werden die Fahrgäste an einem Standort ihrer Wahl abgeholt und autonom zu ihrem Wunschziel gebracht. Auf dem Weg können weitere Nutzer*innen zusteigen. Vor allem die Kombination der oben vorgestellten Lösungskonzepte kann einen wichtigen Beitrag zur Verkehrswende leisten – denn durch die höhere durchschnittliche Auslastung pro Fahrzeug verringert sich das Gesamtverkehrsaufkommen, die Belastung durch Lärm und Feinstaub sinkt ebenso wie der CO₂-Ausstoß. Ein weiterer Vorteil: Weil die modernen Fahrzeugflotten im Hinblick auf Gewicht und Flächennutzung deutlich effizienter sind, eignen sie sich bestens für den Einsatz alternativer Antriebe, insbesondere für den Elektroantrieb.

6.3 Neue digitale Geschäftsmodelle im Mobilitätssektor

Die Verkehrswende wird auch durch Unternehmen mit neuen Geschäftsmodellen im Bereich Smarte Mobilität vorangetrieben. Studien zeigen, dass neue Dienstleistungsangebote das Mobilitätsverhalten nachhaltig verändern. Die digitalen Geschäftsmodelle umfassen dabei insbesondere – wie in Abbildung 68 dargestellt – die Bereiche der Sharing Economy und Plattformlösungen.

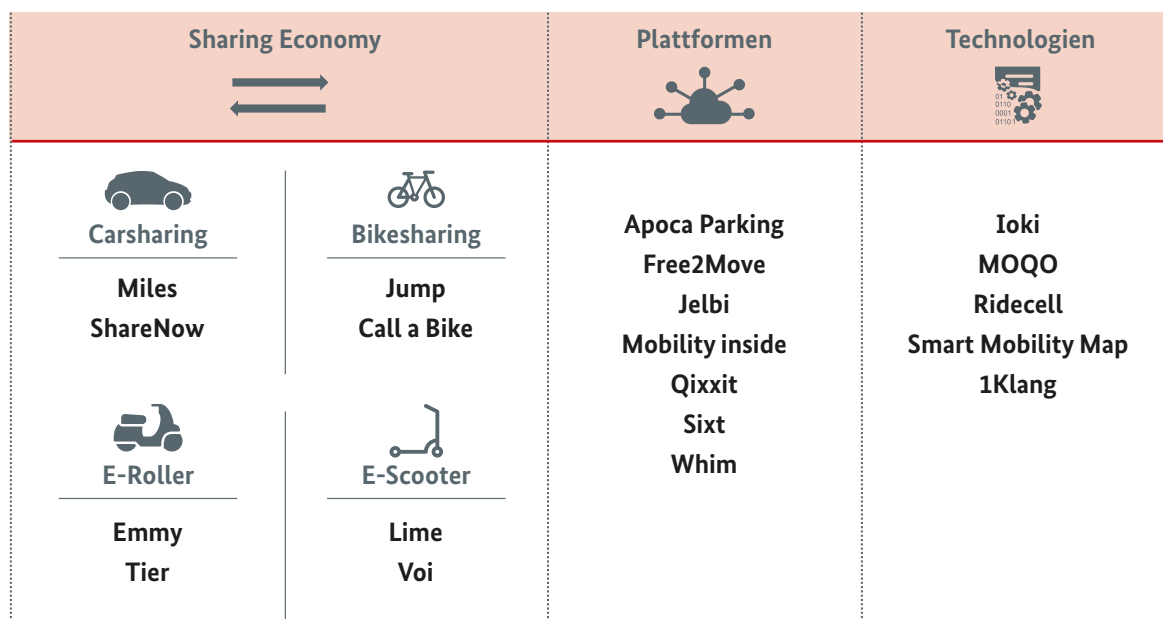
Neue Geschäftsmodelle der Sharing Economy sind dabei derzeit besonders erfolgreich. Allein der Markt für Carsharing ist in den vergangenen Jahren jeweils um

mehr als 10 Prozent gewachsen (2019: 14,9 Prozent). Die fortschreitende Digitalisierung sorgt für zusätzlichen Auftrieb, weil die Verfügbarkeit und Qualität der Angebote, aber auch der Nutzungskomfort weiter steigen: Musste der Schlüssel für ein Carsharing-Fahrzeug früher an einer Abholstation abgeholt werden, dient heute oft das Smartphone als Schlüssel.

Damit lassen sich Wege einsparen, 24/7-Servicezeiten sind einfach umsetzbar. Zu den Unternehmen, die in diesem Bereich tätig sind, zählen der E-Roller-Sha-

Abbildung 68: Übersicht von Akteuren und Unternehmensbeispielen aus dem Bereich Shared Mobility in Deutschland

Shared Mobility:



Quelle: Roland Berger (2020)

ring-Anbieter emmy und der Carsharing-Anbieter Miles, beide aus Berlin. Einige Unternehmen haben inzwischen mehrere Verkehrsmittel im Angebot, so etwa TIER (E-Scooter und E-Fahrräder) – ebenfalls aus Berlin.

Sieben der zehn wertvollsten Unternehmen der Welt sind sogenannte Plattformunternehmen. Auch im Mobilitätssektor etablieren sie sich zunehmend. Der Vorteil: Die Plattform integriert unterschiedliche Mobilitätsdienstleistungen von verschiedenen Anbietern. Damit erhalten die Kund*innen ein individuell auf

ihren Bedarf abgestimmtes Angebot verschiedenster Mobilitätsdienste wie Carsharing, Bikesharing, ÖPNV, Taxis und E-Scooter. Auf der anderen Seite können die Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen über die Plattform eine deutlich größere Kund*innengruppe adressieren als über ihre eigenen Kanäle.

Eine solche Plattform ist die App Jelbi der Berliner Verkehrsbetriebe. Sie vereint eine multimodale Routenauskunft mit der Möglichkeit zum Ticketkauf. Außerdem können die Dienste anderer Mobilitätsanbieter wie Miles, TIER und emmy reserviert und genutzt werden.

Überregional ist die Firma Sixt als Plattformanbieter tätig. In der Sixt-App lassen sich nicht nur Autos mieten, sondern auch Bikesharing-, Carsharing- und Ride-Hailing-Angebote auswählen, die von anderen Firmen bereitgestellt werden. Weitere Plattformen vereinfachen die urbane Mobilität, indem sie überregionale Parklösungen anbieten, so etwa APCOA aus Stuttgart. Die App des Unternehmens zeigt Parkmöglichkeiten in verschiedenen Städten an und erlaubt eine automatisierte Abrechnung.

Auch der Markt für „Software as a Service“ (Saas) zeigt große Dynamik. Der durchschnittliche jährliche Zuwachs liegt seit dem Jahr 2009 bei knapp 40 Prozent. Dabei werden zunehmend technische Lösungen über „Software as a Service“-Geschäftsmodelle als White-Label-Produkte für Mobilitätsdienstleistungen angeboten. Sie ermöglichen es etwa ÖPNV-Betreibern oder Stadtwerken, auf einer vorhandenen Technologieplattform eigene Sharing-Angebote aufzubauen. Die „Software as a Service“-Anbieter profitieren dabei von Skaleneffekten, ihre Kund*innen von einer – im Vergleich zur Eigenentwicklung – kostengünstigen Möglichkeit, ihr Angebot zu erweitern. In diesem Markt sind beispielsweise MOQO aus Aachen und ioki aus Frankfurt tätig. MOQO bietet unter anderem Stadtwerken die Möglichkeit, über ihre Plattform in nur rund einem Monat zum Shared-Mobility-Anbieter im Bereich Scooter, Bike oder Carsharing zu werden.

Umweltauswirkungen digitaler Geschäftsmodelle

Digitale Geschäftsmodelle und die darüber angebotenen Dienste beeinflussen das Mobilitätsverhalten nachweislich. Je nach untersuchtem Szenario sind positive Effekte auf die Gesamtmobilität und Umweltvorteile festzustellen. So können neue Mobilitätsdienstleistungen den motorisierten Individualverkehr durch die Verlagerung zum ÖPNV verringern. Damit dies gelingt, sind jedoch geeignete Rahmenbedingungen nötig. Studien und auch praktische Erfahrungen insbesondere aus den USA zeigen, dass sonst gegenteilige Effekte möglich sind.

Darüber hinaus sind viele neue Geschäftsmodelle rund um elektrische Fahrzeugflotten wie E-Scooter oder E-Roller aufgebaut, sodass die mit der Nutzung verbundenen Treibhausgasemissionen und der Energieverbrauch bei gleicher Mobilität sinken. Eine Studie des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur geht je nach Szenario davon aus, dass die CO₂-Emissionen durch neue Mobilitätsangebote zwischen 2 und 13 Prozent gesenkt werden könnten. Insgesamt haben alternative Mobilitätslösungen eine große Signalwirkung: So sind Elektrofahrzeuge im Carsharing mehr als 50-mal so präsent wie in der Gesamtfahrzeugflotte – und erzielen so eine starke Präsenz auf Deutschlands Straßen.

6.4

Weltweite Marktchancen für die GreenTech-Branche am Beispiel des Mobilitätssektors

Neben den Chancen auf dem innerdeutschen Markt bieten sich auch global gute Exportchancen, denn immer mehr Länder haben den Verbrennungsmotor zum Auslaufmodell erklärt: Großbritannien und Frankreich streben bei Neuzulassungen ein Verbot von Verbrennungsmotoren ab 2040 an, Indien ab 2030 und Norwegen schon ab 2025. Vor allem in Asien stehen die Mobilitätssysteme infolge der ungebremsen Urbanisierung vor dem Kollaps. Sechs der zehn Städte mit den meisten Staus im Jahr 2019 und acht von zehn Städten mit der stärksten Luftverschmutzung befinden sich derzeit in Asien. Aber auch in anderen europäischen Ländern gewinnen die Themen Umweltschutz und nachhaltige Mobilität zunehmend an Bedeutung.

Unternehmen des Leitmarkts Nachhaltige Mobilität, die Lösungen für eine ökologische Verkehrswende anbieten und dabei eine globale Vorreiterrolle ein-

nehmen, haben also gute Wachstumschancen. Das enorme weltweite Potenzial zeigen exemplarisch die Bereiche Antriebssysteme und Shared Mobility: Das Marktpotenzial für Elektroantriebssysteme (Batterie, Motor, Getriebe und Ladevorrichtung) beträgt weltweit mehr als das 24-Fache des deutschen Potenzials – und das vor dem Hintergrund eines globalen jährlichen Marktwachstums von rund 11 Prozent. Auch im internationalen Markt für Shared-Mobility-Anwendungen rechnen Experten im nächsten Jahrzehnt mit Wachstumsraten von knapp 20 Prozent. Das weltweite Exportpotenzial bis ins Jahr 2025 übersteigt das nationale deutsche Potenzial damit um das 14-Fache.

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Abbildung 1:	Intensität und Dauer der Folgen von COVID-19 in ausgewählten Branchen	11
Abbildung 2:	Unternehmensbefragung: Einfluss klimapolitischer Instrumente auf die Unternehmensentwicklung der GreenTech-Branche	15
Abbildung 3:	Die sieben Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und deren Marktsegmente	18
Abbildung 4:	Globales Volumen der Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 in Milliarden Euro	20
Abbildung 5:	Volumina der Leitmärkte für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2020 in Milliarden Euro	21
Abbildung 6:	Stand des globalen Marktvolumens für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und geschätzte Entwicklung bis 2030 in Milliarden Euro	22
Abbildung 7:	Deutscher Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und geschätzte Entwicklung bis 2030 in Milliarden Euro	22
Abbildung 8:	Voraussichtliches globales Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2020 bis 2030 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030)	24
Abbildung 9:	Voraussichtliches Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2020 bis 2030 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030)	25
Abbildung 10:	Stand und voraussichtliche Entwicklung der Anteile der einzelnen Leitmärkte am weltweiten Gesamtmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und 2030	26
Abbildung 11:	Anteil der Technologien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030	27
Abbildung 12:	Marktsegmente und Technologielinien im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie	27
Abbildung 13:	Volumen des globalen Leitmarkts Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	28
Abbildung 14:	Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Erneuerbare Energien 2020	29
Abbildung 15:	Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Speichertechnologien 2020	30
Abbildung 16:	Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	31
Abbildung 17:	Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Energieeffizienz	33

Abbildung 18: Volumen des globalen Leitmarkts Energieeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	34
Abbildung 19: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Branchenübergreifende Komponenten 2020	35
Abbildung 20: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffiziente Produktionsverfahren 2020	36
Abbildung 21: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Geräten 2020	37
Abbildung 22: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Gebäuden 2020	37
Abbildung 23: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Energieeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	38
Abbildung 24: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz	40
Abbildung 25: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	41
Abbildung 26: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe 2020	42
Abbildung 27: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	44
Abbildung 28: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität	46
Abbildung 29: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	46
Abbildung 30: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Alternative Antriebstechnologien 2020	47
Abbildung 31: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung 2020	48
Abbildung 32: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	49
Abbildung 33: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft	51
Abbildung 34: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	51

Abbildung 35: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	52
Abbildung 36: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft	53
Abbildung 37: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	54
Abbildung 38: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung 2020	54
Abbildung 39: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	55
Abbildung 40: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft	58
Abbildung 41: Globales Marktvolumen im Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	59
Abbildung 42: Marktvolumen in Deutschland im Leitmarkt Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft 2020 und voraussichtliche Entwicklung bis 2030 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2020 bis 2030 in Prozent)	60
Abbildung 43: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Nachhaltige Agrar- und Forstwirtschaft 2020	60
Abbildung 44: Anteil klassischer Industrien am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2020	63
Abbildung 45: Weltmarktvolumina ausgewählter Industrien und Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Weltmarkt 2020 (in Milliarden Euro und Anteil in Prozent)	63
Abbildung 46: Durchschnittlich erwartetes jährliches Umsatzwachstum 2020 bis 2025 nach Leitmarktfokus	66
Abbildung 47: Durchschnittlich erwartetes jährliches Wachstum der Beschäftigtenzahl 2020 bis 2025 nach Leitmarktfokus	67
Abbildung 48: Durchschnittliche F&E-Quote pro Unternehmen nach Leitmarktfokus	68
Abbildung 49: Dienstleistungsintensität nach Leitmärkten in Deutschland 2020	69
Abbildung 50: Verteilung der Gesamtumsätze der Unternehmen in Deutschland auf die Leitmärkte 2020	70
Abbildung 51: Leistungsangebot der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette 2020	71
Abbildung 52: Unternehmensbefragung: Geschäftslage und Geschäftserwartung der deutschen GreenTech-Branche 2020	72
Abbildung 53: Unternehmensbefragung: Einfluss der Corona-Krise auf die Umwelttechnikbranche und die Gesamtwirtschaft in Deutschland	73

Abbildung 54: Unternehmensbefragung: Einfluss der Corona-Krise auf eine nachhaltige Unternehmensführung	73
Abbildung 55: Unternehmensbefragung: Bedeutung branchenübergreifender Technologien für die Umwelttechnikbranche 2020	74
Abbildung 56: Unternehmensbefragung: Einfluss klimapolitischer Instrumente auf die Unternehmensentwicklung der GreenTech-Branche	75
Abbildung 57: Anteil deutscher Unternehmen am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz nach Leitmärkten 2020	76
Abbildung 58: Unternehmensbefragung: Bedeutung internationaler Absatzmärkte heute und in Zukunft, Teil I	77
Abbildung 59: Unternehmensbefragung: Bedeutung internationaler Absatzmärkte heute und in Zukunft, Teil 2	78
Abbildung 60: Unternehmensbefragung: Auswirkung des Klimawandels auf die internationalen Absatzmärkte	79
Abbildung 61: Unternehmensbefragung: Nutzung von Transferkanälen für den Export	79
Abbildung 62: Unternehmensbefragung: internationale Wettbewerbssituation auf den internationalen Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz	80
Abbildung 63: Unternehmensbefragung: Stärken und Schwächen der deutschen Umwelttechnikbranche	81
Abbildung 64: Länderübersicht des Automotive Disruption Radar (ADR) 2020	85
Abbildung 65: Anteil deutscher Modelle mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen an allen in Deutschland angebotenen Modellen mit alternativen Antrieben und Kraftstoffen 2020 (Anteil Modelle insgesamt und in Prozent)	86
Abbildung 66: Übersicht von Unternehmensbeispielen im Bereich Entwicklung, Produktion, Betrieb, Second-Life-Anwendungen und Recycling von Batteriesystemen und Ladeinfrastruktur	87
Abbildung 67: Übersicht von Akteuren und Unternehmensbeispielen im Bereich Autonome Shuttles und Mobility-on-Demand-Lösungen für den ÖPNV	90
Abbildung 68: Übersicht von Akteuren und Unternehmensbeispielen aus dem Bereich Shared Mobility in Deutschland	92

Literaturverzeichnis

A

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.

[www.acatech.de/wpcontent/uploads/2018/03/Abschlussbericht_Industrie4.0_barrierefrei.pdf;
abgerufen am 9. Dezember 2020]

Amtsblatt der Europäischen Union (25. April 2019): Verordnung (EU) 2019/631 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019 zur Festsetzung von CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 443/2009 und (EU) Nr. 510/2011 (Neufassung). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=ES>; abgerufen am 20. November 2020]

B

BDE – Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e. V. et al. (Hrsg.) (2018): Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018. Einblicke und Aussichten. [www.bvse.de/images/pdf/Nachrichten_2018/Statusbericht_2018_Ansicht_und_Druck.pdf; abgerufen am 9. Dezember 2020]

Becker, Joachim (2017): China unter Strom. Süddeutsche Zeitung vom 28./29. Januar 2017.

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2020): Weltklassepatente in Zukunftstechnologien. Die Innovationskraft Ostasiens, Nordamerikas und Europas. [www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/weltklassepatente-in-zukunftstechnologien; abgerufen am 23. November 2020]

Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2020): New Energy Outlook 2020. [<https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>; abgerufen am 24. November 2020]

BP (2020): Statistical Review of World Energy 2020. [www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf; abgerufen am 23. November 2020]

Bundesamt für Naturschutz (2020): Wälder im Klimawandel: Steigerung von Anpassungsfähigkeit und Resilienz durch mehr Vielfalt und Heterogenität. [www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfN-Positionspapier_Waelder_im_Klimawandel_bf.pdf; abgerufen am 21. Januar 2021]

Bundesministerium der Finanzen (2020): Das Konjunkturprogramm für alle in Deutschland. [www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/Konjunkturprogramm-fuer-alle/zusammen-durch-starten.html#t-zukunftsinvestitionen; abgerufen am 19. November 2020]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (ohne Datum). COP25. Jetzt nach vorne schauen. [www.bmu.de/cop25/; abgerufen am 19. November 2020]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2019): Nachhaltigkeit im Ackerbau – Eckpunkte für eine Ackerbaustrategie. [www.bmu.de/download/eckpunkte-fuer-eine-ackerbaustrategie-nachhaltigkeit-im-ackerbau/; abgerufen am 9. Februar 2021]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: GreenTech made in Germany 2018: Umwelttechnik-Atlas für Deutschland.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2015). GreenTech made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2012): GreenTech made in Germany 3.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2009): GreenTech made in Germany 2.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007): GreenTech made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (ohne Datum): Wasserstoff: Schlüsselement für die Energiewende. [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/wasserstoff.html; abgerufen am 10. November 2020]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020a): Der starke Kern der deutschen Wirtschaft. [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/moderne-industriepolitik.html; abgerufen am 9. Dezember 2020]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b): Moderne Industriepolitik. [www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/moderne-industriepolitik.html; abgerufen am 9. Dezember 2020]

D

Deutsche Bank Research (2016): Hochburg der Stabilität: Was Deutschland so erfolgreich macht. [www.deutschebank.de/pfb/data/docs/20161215_Hochburg_der_Stabilitaet__Was_Deutschland_so_erfolgreich_macht.pdf; abgerufen am 9. Dezember 2020]

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2018): Einsatzgebiete für Power Fuels: Stahlproduktion. [www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Factsheet_PowerFuels_Stahlproduktion_Industrielle_Prozesswaerme.pdf; abgerufen am 10. November 2020]

Deutsche Energie-Agentur (dena) et al (2009): Woher kommt der Wasserstoff in Deutschland bis 2050? Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und in Abstimmung mit der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW). [www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9060_MOB_Studie_Woher_kommt_der_Wasserstoff_in_Deutschland_bis_2050__Abschlussbericht_.pdf; abgerufen am 10. November 2020]

Deutscher Nachhaltigkeitspreis (2019). [www.nachhaltigkeitspreis.de/unternehmen/preistraeger-unternehmen/2019/grossunternehmen/alfred-kaercher-se-co-kg/; abgerufen am 19. November 2020]

Die Bundesregierung (2018): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Aktualisierung 2018. [www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1546450/65089964ed4a2ab07ca8a4919e09e0af/2018-11-07-aktualisierung-dns-2018-data.pdf?download=1; abgerufen am 19. November 2020]

Digital Water.City (ohne Datum). [www.digital-water.city/; abgerufen am 26. Oktober 2020]

E

Europäische Kommission (ohne Datum). Übereinkommen von Paris. [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de; abgerufen am 19. November 2020]

Europäische Kommission (ohne Datum). Kennzeichnungsvorschriften und -anforderungen für Produkte. Elektromotoren. [https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/electric-motors_de#neue-kodesign-anforderungen-ab-julinbsp2021; abgerufen am 10. November 2020]

European Commission (2020). Financing the green transition: The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_17; abgerufen am 19. November 2020]

F

Fraunhofer-Gesellschaft / Morgenstadt Initiative (2020): Integrated Water Systems. [www.morgenstadt.de/de/innovationsfelder/smart-and-integrated-water-systems.html; abgerufen am 26. Oktober 2020]

Fraunhofer IAO (2018): Urban farming in the city of tomorrow. Assessing the global landscape on urban food and resource production with the focus on indoor plant and microalgae cultivation. [<http://publica.fraunhofer.de/documents/N-506944.html>; abgerufen am 26. Oktober 2020]

G

Global Innovation Index 2020. [www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII_2020_KeyFind_English_web.pdf; abgerufen am 20. Januar 2021]

H

Hüther, Michael (2015): Defizite in der Spitzentechnologie. In: Wissenschaft und Innovation, Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2014, Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, Jörg Krüger, Heinrich Parthey, Rüdiger Wink (Hrsg.), Wissenschaftlicher Verlag Berlin.

Hydrogen Council (2017): Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition. [<https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf>; abgerufen am 9. Dezember 2020]

I

Industryarc. Analytics. Research. Consulting (ohne Datum): Urban Farming Market - Forecast (2020-2025). [www.industryarc.com/Report/15491/urban-farming-market.html; abgerufen am 26. Oktober 2020]

Institut für Mittelstandsforschung (2016): KMU-Definition des IfM Bonn. [www.ifm-bonn.org/definitionen/mittelstandsdefinition-des-ifm-bonn; abgerufen am 9. Dezember 2020]

K

Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH (2020): Digital Water City: Digitale Lösungen für das Wassermanagement in der Stadt (DWC). [www.kompetenz-wasser.de/de/project/dwc/; abgerufen am 26. Oktober 2020]

L

Lacy, Peter / Rutqvist, Jakob / Buddemeier, Philipp (2015): Wertschöpfung statt Verschwendung: Die Zukunft gehört der Kreislaufwirtschaft. München.

O

o'pflanzt is! e.V. (2020). [<https://o-pflanzt-is.de/>; abgerufen am 26. Oktober 2020]

P

Prinzessinnengarten Kollektiv Berlin (2020): Über uns. [<http://prinzessinnengarten-kollektiv.net/wir>; abgerufen am 26. Oktober 2020]

Q

QNX Software Systems Limited (2017) [www.qnx.de/?lang=de; abgerufen am 30. April 2017]

QT Mobilitätsservice GmbH (2017): Wo immer du hin willst: Gehe deinen eigenen Weg. Über Qixxit [www.qixxit.de/ueberqixxit/; abgerufen am 30. April 2017]

R

REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century: Renewables 2020 Global Status report. [www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf; abgerufen am 24. November 2020]

Roland Berger (2020): Circular Economy in the Construction Industry.

Roland Berger (2020): Unternehmensbefragung zum GreenTech-Atlas 2021. [www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wirtschaft_und_Umwelt/gta_unternehmensbefragung_bf.pdf; abgerufen am 2. Dezember 2020]

Roland Berger (2019): Energy efficiency services: a key market in the European industrial landscape. [www.rolandberger.com/en/Publications/Energy-efficiency-services-a-key-market-in-the-European-industrial-landscape.html; abgerufen am 9. Dezember 2020]

S

Saarstahl. Pressemitteilung vom 21.8.2020: Startklar für die grüne Transformation – Bundeswirtschaftsminister, saarländischer Ministerpräsident und Wirtschaftsministerin überzeugen sich von Grüner-Stahl-Strategie von Dillinger und Saarstahl. [www.saarstahl.com/sag/de/konzern/medien/presse/startklar-fuer-die-gruene-transformation-bundeswirtschaftsminister-saarlaendischer-ministerpraesident-und-wirtschaftsministerin-ueberzeugen-sich-von-gruener-stahl-strategie-von-dillinger-und-saarstahl-94471.shtml]; abgerufen am 10. November 2020]

Statista (2020): IWF-Prognose: Top 10 Länder mit dem größten Anteil am kaufkraftbereinigten globalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den Jahren 2020 bis 2025. [<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/981806/umfrage/ranking-der-laender-mit-dem-groessten-anteil-am-weltweiten-bruttoinlandsprodukt-in-der-zukunft/>]; abgerufen am 19. November 2020]

Statistisches Bundesamt (2017). [www-genesis.destatis.de/genesis/online;jsessionid=E823FA0A450239F752C932D8AB5C3E69.tomcat_GO_1_1?operation=previous&levelindex=2&levelid=1490956256698&step=2]; abgerufen am 9. Dezember 2020]

U

Umweltbundesamt (2020): Energiesparen in Industrie und Gewerbe. [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparen-in-industrie-gewerbe#energieeinsparpotenziale]; abgerufen am 10. November 2020]

Umweltbundesamt (2020): Entwicklungsperspektiven der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland. [www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklungsperspektiven-der-oekologischen]; abgerufen am 9. Februar 2021]

Umweltbundesamt (2020): Emissionsquellen. [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-verkehr]; abgerufen am 23. November 2020]

V

Vereinte Nationen Generalversammlung (2015), Siebzigste Tagung, Tagesordnungspunkte 15 und 116, Dokument Nr. A/70/L.1, deutsche Fassung. [www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf]; abgerufen am 19. November 2020]

Z

Niklas Záboji: Investieren, investieren und nochmals investieren. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, aktualisiert am 7. Mai 2020. [www.faz.net/aktuell/wirtschaft/investitionsprogramm-oekonomen-rufen-nach-dem-staat-16758201.html]; abgerufen am 2. Dezember 2020]

Zukunft Erdgas e.V. (ohne Datum): Biologische Methanisierung: Viessmann wandelt mithilfe von Mikroorganismen Strom in Methan um. [<https://zukunft.erdgas.info/themen-ziele/gruene-gase/power-to-gas/biologische-methanisierung>]; abgerufen am 10. November 2020]

Abkürzungsverzeichnis

BDL	Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika
CAGR	Compound Annual Growth Rate (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate)
CCS	Carbon dioxide capture and storage (CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung)
CCU	Carbon Capture Utilisation (CO ₂ -Abscheidung und -Verwendung)
CNG	Compressed Natural Gas, deutsch: Erdgas
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CO₂e	Carbon dioxide equivalent (Kohlenstoffdioxid-Äquivalente)
COP21	United Nations Framework Convention on Climate Change, 21st Conference of the Parties (21. Konferenz der Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention)
COVID	Corona Virus Disease
CSR	Corporate Social Responsibility (Unternehmerische Gesellschaftsverantwortung)
EIB	Europäische Investitionsbank
ERP	Enterprise Resource Planning (Unternehmenssoftware)
ErP-Richtlinie	„Ökodesignrichtlinie“ der EU (amtliche Bezeichnung: Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte)
ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
EU	Europäische Union
EUR	Euro
EV	Electric vehicle, deutsch: Elektroauto
FCEV	Brennstoffzelle Wasserstoff
F&E	Forschung und Entwicklung
FV	Fotovoltaik
GHG	Greenhouse Gases (Treibhausgase)
G20	Gruppe der Zwanzig
HEV	Hybridauto Benzin-Elektro
H₂	Wasserstoff
IEA	International Energy Agency (Internationale Energie-Agentur)
IE	International Efficiency (internationale Effizienz-Klassifizierung)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
IT	Informationstechnologie
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
Lkw	Lastkraftwagen
LPG	Liquefied Petroleum Gas, deutsch: Autogas
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MSR	Mess-, Steuer- und Regeltechnik
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PHEV	Plug-in-Hybridauto
Pkw	Personenkraftwagen
Power2x	Technologien zur Speicherung bzw. anderweitigen Nutzung von Stromüberschüssen bei einem Überangebot an erneuerbaren Energien
ProgRes	Deutsches Ressourceneffizienzprogramm

PtG	Power-to-Gas (Elektrische Energie zu Gas)
PtL	Power-to-Liquid (Elektrische Energie zu Flüssigkeit)
P2G	Power-to-Gas (Elektrische Energie zu Gas)
REN	21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (Netzwerk für erneuerbare Energien des 21. Jahrhunderts)
RÖE	Rohöleinheiten
SaaS	Software as a Service (Mietsoftware)
SDG	Sustainable Development Goals (Nachhaltige Entwicklungsziele)
SOFC	Solid oxide fuel cell (Festoxidbrennstoffzelle)
STEEP	Social, Technological, Economic, Environmental, Political/Legal (sozial, technologisch, wirtschaftlich, die Umwelt betreffend, politisch und rechtlich)
SUV	Sport utility vehicle (Geländewagen)
t	Tonne(n)
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit (20-Fuß-Standardcontainer)
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen)
VCI	Verband der Chemischen Industrie
VDA	Verband der Automobilindustrie
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)

Quellen

- ¹ Global Innovation Index 2020. www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII_2020_KeyFind_English_web.pdf. Abgerufen am 20. Januar 2021
- ² Roland Berger: Unternehmensbefragung zum GreenTech-Atlas 2021. www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wirtschaft_und_Umwelt/gta_unternehmensbefragung_bf.pdf. Abgerufen am 2. Dezember 2020
- ³ Ebenda
- ⁴ Ebenda
- ⁵ www.faz.net/aktuell/wirtschaft/investitionsprogramm-oekonomen-rufen-nach-dem-staat-16758201.html. Abgerufen am 19. November 2020
- ⁶ www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/Konjunkturprogramm-fuer-alle/zusammen-durch-starten.html#t-zukunftsinvestitionen. Abgerufen am 19. November 2020
- ⁷ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_17. Abgerufen am 19. November 2020
- ⁸ www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf. Abgerufen am 19. November 2020
- ⁹ https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de. Abgerufen am 19. November 2020
- ¹⁰ https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de. Abgerufen am 19. November 2020
- ¹¹ Die für Oktober 2020 geplante Konferenz wurde Pandemie-bedingt verschoben.
- ¹² www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1546450/65089964ed4a2ab07ca8a4919e09e0af/2018-11-07-aktualisierung-dns-2018-data.pdf?download=1. Abgerufen am 19. November 2020
- ¹³ www.nachhaltigkeitspreis.de/unternehmen/preistraeger-unternehmen/2019/grossunternehmen/alfredkaercher-se-co-kg/. Abgerufen am 19. November 2020
- ¹⁴ Roland Berger: Unternehmensbefragung zum GreenTech-Atlas 2021
- ¹⁵ Bertelsmann Stiftung (Hrsg.): Weltklassepatente in Zukunftstechnologien. Die Innovationskraft Ostasiens, Nordamerikas und Europas, 2020. Abgerufen am 23. November 2020
- ¹⁶ Weltklassepatente sind in der Untersuchung definiert als die oberen zehn Prozent der Patente aus wichtigen Technologiegruppen, die besonders oft bei Patentanmeldungen zitiert und in vielen Märkten angemeldet wurden.
- ¹⁷ Siehe Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2009), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2012), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2015)
- ¹⁸ Siehe Vereinte Nationen Generalversammlung (2015), Seite 2
- ¹⁹ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: GreenTech made in Germany 2018: Umwelttechnik-Atlas für Deutschland
- ²⁰ Der Wert von 7,3 Prozent errechnet sich aus dem gewichteten Durchschnitt der jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der einzelnen Leitmärkte.
- ²¹ Siehe Becker, Joachim (2017)
- ²² Siehe BP Statistical Review of World Energy 2020, Seite 4. Abgerufen am 23. November 2020
- ²³ Siehe www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf. Abgerufen am 24. November 2020
- ²⁴ Bloomberg New Energy Finance (BNEF) "New Energy Outlook 2050", <https://about.bnef.com/new-energyoutlook/#toc-download>. Abgerufen am 24. November 2020
- ²⁵ Hydrogen Council (2017): Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition
- ²⁶ www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/wasserstoff.html. Abgerufen am 10. November 2020
- ²⁷ www.saarstahl.com/sag/de/konzern/medien/presse/startklar-fuer-die-gruene-transformation-bundeswirtschaftsminister-saarlaendischer-ministerpraesident-und-wirtschaftsministerin-ueberzeugen-sich-von-gruener-stahl-strategie-von-dillinger-und-saarstahl-94471.shtml. Abgerufen am 10. November 2020
- ²⁸ www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Factsheet_PowerFuels_Stahlproduktion_Industrielle_Prozesswaerme.pdf. Abgerufen am 10. November 2020

- ²⁹ www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9060_MOB_Studie_Woher_kommt_der_Wasserstoff_in_Deutschland_bis_2050_Abschlussbericht_.pdf. Abgerufen am 10. November 2020
- ³⁰ Die unterstützenden Prozesse werden auch als Subsysteme der Produktion bezeichnet.
- ³¹ Diese Vorschriften gelten nicht für Altanlagen; für sie sind die Regelungen maßgeblich, die zum Zeitpunkt ihrer Inbetriebnahme galten.
- ³² https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labellingrules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/electric-motors_de#neue-kodesignanforderungen-ab-julinbsp2021. Abgerufen am 10. November 2020
- ³³ www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparen-in-industriegewerbe#energieeinsparpotenziale. Abgerufen am 10. November 2020
- ³⁴ Alle Zahlen aus: Roland Berger: Energy efficiency services market study 2019
- ³⁵ Ressourcen zur Nahrungsmittelproduktion und Wasser werden in diesem Leitmarkt nicht berücksichtigt.
- ³⁶ Bei der Beurteilung des Einsatzes Nachwachsender Rohstoffe müssen die Umweltauswirkungen stets über die gesamte Herstellungs- und Lieferkette betrachtet werden. Werden für den Anbau von Energie- oder Industriepflanzen Regenwälder abgeholzt oder landwirtschaftliche Monokulturen angelegt, die die Biodiversität negativ beeinflussen, werden die Vorteile im Hinblick auf die Ressourceneffizienz stark relativiert und zunichtegemacht.
- ³⁷ Wertschöpfung statt Verschwendung. Die Zukunft gehört der Kreislaufwirtschaft. Accenture Strategy 2015
- ³⁸ Roland Berger Market Study: Circular Economy in the Construction Industry, 2020
- ³⁹ Zu den alternativen Antrieben werden hier Hybridantriebe, Elektroantriebe und Brennstoffzellenantriebe gezählt.
- ⁴⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=ES>. Abgerufen am 20. November 2020
- ⁴¹ www.digital-water.city/. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁴² www.morgenstadt.de/de/innovationsfelder/smart-and-integrated-water-systems.html. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁴³ www.kompetenz-wasser.de/de/project/dwc/. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁴⁴ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Nachhaltigkeit im Ackerbau – Eckpunkte für eine Ackerbaustrategie. Abgerufen am 9. Februar 2021
- ⁴⁵ Siehe www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/skript240.pdf. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁴⁶ www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfNPositionspapier_Waelder_im_Klimawandel_bf.pdf
- ⁴⁷ Umweltbundesamt 2020: Entwicklungsperspektiven der ökologischen Landwirtschaft in Deutschland. www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklungsperspektiven-der-oekologischen. Abgerufen am 9. Februar 2021
- ⁴⁸ <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-506944.html>. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁴⁹ www.industryarc.com/Report/15491/urban-farming-market.html. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁵⁰ <http://prinzessinnengarten-kollektiv.net/wir>. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁵¹ <https://o-pflanzt-is.de/>. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁵² Auf die Automobilindustrie, den Maschinenbau, die Chemieindustrie und die Elektroindustrie entfallen mit einem Umsatz von insgesamt 969 Milliarden Euro etwa 69 Prozent des Gesamtumsatzes aller Industrieunternehmen in Deutschland. In Summe sind in diesen vier Branchen rund 2,8 Millionen Menschen tätig; das entspricht etwa 58 Prozent aller in der Industrie Beschäftigten. Siehe Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020a)
- ⁵³ Um einer Fehlinterpretation vorzubeugen: Wenn für das Marktvolumen des Maschinenbaus ein GreenTech-Anteil von 21 Prozent dargestellt wird, sagt das per se nichts über die Umwelt- und Klimafreundlichkeit der Produkte und Dienstleistungen aus, die das restliche Marktvolumen von 79 Prozent bilden. Ein GreenTech-Marktvolumen von 21 Prozent bedeutet, dass dieser Anteil mit Produkten, Verfahren und Dienstleistungen erwirtschaftet wird, die gemäß dem Roland Berger Marktmodell zu den Technologielinien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz gezählt werden.
- ⁵⁴ Errechnet nach Angaben des Statistischen Bundesamts. Siehe Statistisches Bundesamt (2017b)
- ⁵⁵ Siehe www.ifm-bonn.org/definitionen/kmu-definition-des-ifm-bonn/. Abgerufen am 26. Oktober 2020
- ⁵⁶ Errechnet nach Angaben des Statistischen Bundesamts. Siehe Statistisches Bundesamt (2017b)
- ⁵⁷ Nicht nach Umsätzen gewichtet

⁵⁸ Siehe Hüther, Michael (2015)

⁵⁹ Roland Berger: Unternehmensbefragung zum GreenTech-Atlas 2021. www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wirtschaft_und_Umwelt/gta_unternehmensbefragung_bf.pdf. Abgerufen am 2. Dezember 2020

⁶⁰ Siehe <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/981806/umfrage/ranking-der-laender-mit-dem-groesstenanteil-am-weltweiten-bruttoinlandsprodukt-in-der-zukunft/>. Abgerufen am 19. November 2020

⁶¹ Roland Berger: Unternehmensbefragung zum GreenTech-Atlas 2021, veröffentlicht im Mai 2020. www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wirtschaft_und_Umwelt/gta_unternehmensbefragung_bf.pdf. Abgerufen am 23. November 2020

⁶² EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst: Kreislaufwirtschaft wächst in Deutschland weiter, veröffentlicht am 17. November 2020. www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/kreislaufwirtschaft-waechst-indeutschland-weiter.html. Abgerufen am 26. Januar 2021

⁶³ Siehe Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b)

⁶⁴ Deutsche Bank Research (2016), Seite 8

⁶⁵ Ebenda, Seite 8

⁶⁶ Ebenda, Seite 8

⁶⁷ Ebenda, Seite 9

⁶⁸ Siehe acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2013), Seite 5

⁶⁹ www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energieverkehr. Abgerufen am 23. November 2020

⁷⁰ „Netto Null“ bedeutet, dass alle vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen vollständig durch Reduktionsmaßnahmen aufgehoben sind.

⁷¹ Dazu gehören ausschließlich batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge (BEV), Elektrofahrzeuge, die einen kleinen zusätzlichen Verbrennungsmotor zur Reichweitenverlängerung haben (Range Extender, REEV), sowie am Stromnetz aufladbare Hybridfahrzeuge (PHEV), in denen sowohl ein E-Motor als auch ein Verbrennungsmotor für den Antrieb sorgen.

⁷² Um dieses Ziel zu erreichen, bleiben Elektrofahrzeuge bei der Erstzulassung und Umrüstung bis zum 31. Dezember 2025 von der Steuer befreit.

⁷³ Um die Abhängigkeit von asiatischen Herstellern wie LG Chem oder Samsung zu reduzieren, sollen künftig auch in Deutschland Batteriezellen produziert werden. So wird etwa am Opel-Standort Kaiserslautern ein neues Werk errichtet, das 2024 den Betrieb aufnehmen soll. Weitere Beispiele sind VW in Salzgitter und CATL in Arnstadt.

⁷⁴ Elektrolyseure wandeln elektrische Energie in chemische Energie um. Dabei entsteht Wasserstoff als Energieträger. Bei der Elektrolyse mittels Proton Exchange Membrane (PEM) wird ein Festpolymer-Elektrolyt verwendet, das von Wasser umspült wird.

⁷⁵ In Reihe geschaltete Zellen in einer Brennstoffzelle

⁷⁶ Ein ähnliches Projekt im Realbetrieb gibt es unter anderem bei den Stuttgarter Straßenbahnen.

⁷⁷ Apple, Microsoft, Amazon, Alphabet, Facebook, Alibaba und Tencent

Bildnachweise

Titelseite: © Menno van Dijk – iStock.com

Seite 4: dudlajzov – Adobe Stock

Seite 5: nmann77 – Adobe Stock

Seite 6: thauwald-pictures – Adobe Stock

Seite 10: Kateryna – Adobe Stock

Seite 16: malp – Adobe Stock

Seite 17: R_Yosha – Adobe Stock

Seite 23: Kletr – Adobe Stock

Seite 25: Petair – Adobe Stock

Seite 31: malp – Adobe Stock

Seite 35: © PhonlamaiPhoto – iStock.com

Seite 39: © zhudifeng – iStock.com

Seite 43: Tjeerd – Adobe Stock

Seite 44: Bruno Mader – Adobe Stock

Seite 50: Sergey Ryzhov – Adobe Stock

Seite 56: © tuachanwatthana – iStock.com

Seite 57: sompong_tom – Adobe Stock

Seite 61: ball141030 – Adobe Stock

Seite 62: nordroden – Adobe Stock

Seite 64: © kontrast-fotodesign – iStock.com

Seite 65: scharfsinn86 – Adobe Stock

Seite 68: engel.ac – Adobe Stock

Seite 71: rh2010 – Adobe Stock

Seite 74: DP – Adobe Stock

Seite 77: djhalcyonic – Adobe Stock

Seite 82: Pawinee – Adobe Stock

Seite 84: photoschmidt – Adobe Stock

Seite 88: © HOCHBAHN

