Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

GreenTech made in Germany 4.0

Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Referat G I 5 · 11055 Berlin
E-Mail: GI5@bmub.bund.de · Internet: www.bmub.bund.de

Projektkoordinierung
BMUB, Referat G I 5: Peter Franz, Dr. Florian Kammerer, Sahra Koep

Text
Roland Berger Strategy Consultants
Ralph Büchele, Dr. Torsten Henzelmann, Philipp Panizza, Andrea Wiedemann

Gestaltung
dot.blue – communication & design

Bildnachweise
Siehe Seite 221

Stand
Juli 2014

Download dieser Publikation
www.bmub.bund.de, www.greentech-made-in-germany.de

EMAS
GEPRÜFTES UMWELTMANAGEMENT
DE-110-00025

Hinweis
Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.

Inhalt

Vorwort von Bundesumweltministerin Dr. Barbara Hendricks 4

1 Executive Summary 6

2 Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Wegbereiter der Green Economy 14

3 Umwelttechnik und Ressourceneffizienz – Abgrenzung und Aufschlüsselung der Leitmärkte 32

4 Der globale und nationale Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 46

5 Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Modernisierungstreiber 114

6 Nahaufnahme: Fakten und Daten zur Lage und Stimmung deutscher GreenTech-Anbieter 130

7 Die Grüne Transformation – Unternehmen auf dem Weg in die Green Economy 160

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen 209

Literaturverzeichnis 213

Liebe Leserinnen und Leser,

Wirtschaft und Gesellschaft sind im Umbruch. Die beiden letzten Jahrzehnte waren geprägt durch eine rasante wirtschaftliche Globalisierung und die Entwicklung der Kommunikations- und Informationstechnologien. Für die kommenden Dekaden werden weitere, spürbare Herausforderungen hinzukommen: der Klimawandel, die Verknappung von Rohstoffen und die abnehmende Tragfähigkeit der weltweiten Ökosysteme.

Es muss uns jetzt darum gehen, auf einen umweltverträglichen Wachstumspfad zu kommen. Schlüsselrollen werden dabei der Umwelttechnik und der Ressourceneffizienz zukommen. Mit ihnen verbinden wir Umweltentlastungen und gleichzeitig Wachstumsimpulse. Das zeigt: Eine moderne Umweltpolitik kann im Verbund mit einer innovativen Wirtschaftspraxis in ganz besonderer Weise für neue und in die Zukunft gerichtete Wachstumsimpulse sorgen. Aus diesem Grund liegt mir der neue GreenTech-Atlas ganz besonders am Herzen. Drei Aspekte möchte ich aus dem neuen Atlas hervorheben:

Erstens: Die deutsche GreenTech-Branche ist eine typische Querschnittsbranche. Sie ist in klassischen Industriezweigen verankert, wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie, der Chemischen Industrie und der Elektroindustrie. Das ist für die Umwelt wichtig: Denn diese Durchdringung aller relevanten Wirtschaftszweige beschleunigt die notwendige ökologische Modernisierung. Hinzu kommen die starken ökonomischen Effekte. Durch Umwelttechnik und Ressourceneffizienz lassen sich nicht nur Kosten reduzieren, sondern auch neue Geschäftsfelder erschließen und Geschäftsmodelle erweitern – das zeigen im Folgenden zahlreiche Unternehmensbeispiele.

Zweitens: Die mittelständische Prägung der Unternehmen, ihre Innovationskraft und ihre Gründungsorientierung. Auch die GreenTech-Unternehmen punkten mit den klassischen Tugenden des deutschen Mittelstands.

Drittens: Deutschen Unternehmen kommt die weltweit zunehmende Nachfrage nach „grünen“ Produkten, Verfahren und Dienstleistungen in besonderem Maße zugute. Denn in diesen Leitmärkten sind deutsche Unternehmen bereits heute exzellent vertreten und auch für die Zukunft sehr gut aufgestellt. Umwelttechnik und Ressourceneffizienz sorgen mehr und mehr für ein neues und nachhaltiges Wachstum, nicht zuletzt durch die beachtlichen Export-Perspektiven.

Der neue GreenTech-Atlas ist auch ein „Schaufenster“ für deutsche Unternehmen dieser Branche, eine Leistungsschau innovativer Unternehmen. Sein Herzstück ist die umfangreiche und detaillierte Datenbank, die auf der Grundlage der UMFIS-Datenbank des Deut-

schen Industrie- und Handelskammertages (DIHK) durch Befragungen und Systematisierungen weiterentwickelt wurde und die der mittelständisch geprägten Branche mit 2.100 Unternehmen mit Portfolio, Geschäftszahlen und Referenzprojekten ein Gesicht gibt.

Bei der Publikation des Atlas ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit mit der Zeit gegangen: Der Atlas erscheint nicht mehr auf Papier, sondern ressourcenschonend als USB-Karte. Er wird – als Baustein der Exportinitiative Umwelttechnologien der Bundesregierung – mit www.greentech-made-in-germany.de in eine Internetplattform überführt.

Es ist Aufgabe einer modernen Umweltpolitik, Rahmenbedingungen und Anreize so zu gestalten, dass Umweltinnovationen in die Märkte kommen und zu Umweltentlastungen beitragen. Der Schlüssel hierzu sind Vernetzung und Information. Ich unterstütze dieses Anliegen von daher mit großem Nachdruck.

Dr. Barbara Hendricks, Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

1 Executive Summary

Wachsende ökologische Risiken erfordern den Kurswechsel in Richtung Green Economy

Das Konzept der Green Economy fördert umweltverträgliches Wachstum, indem ökologische Grenzen anerkannt und wirtschaftliche Chancen genutzt werden. Konkret geht es um:

- Vermeidung schädlicher Emissionen und Schadstoffeinträge in alle Umweltmedien,
- Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft,
- absolute Senkung des Einsatzes nicht erneuerbarer Ressourcen,
- kontinuierliche Substitution nicht erneuerbarer Ressourcen durch nachhaltig erzeugte erneuerbare Ressourcen,
- langfristig Umstellung auf ein Energiesystem, dessen Basis die erneuerbaren Energien bilden,
- Erhaltung beziehungsweise Wiederherstellung der biologischen Vielfalt sowie der Ökosysteme und ihrer Leistungen.

Die ökologische Belastung des Planeten Erde ist in den letzten Jahrzehnten erheblich gestiegen. Klimawandel, Ressourcenknappheit und der Verlust an Biodiversität haben gravierende Auswirkungen auf die Ökosysteme und beeinträchtigen zunehmend deren Fähigkeit, Ökosystem-Dienstleistungen zu erbringen.

Eine Fortschreibung der bisherigen Produktions- und Konsummuster in einem Business-as-usual-Szenario gefährdet die ökologischen Grundlagen der nachfolgenden Generationen. Jedoch wird es ohne wirtschaftliches Wachstum kaum möglich sein, die elementaren Bedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung zu befriedigen. Wie also lässt sich eine wirtschaftliche Entwicklung gestalten, die Wachstum ermöglicht ohne langfristig die Lebensgrundlagen der Menschheit zu zerstören?

Eine realistische Möglichkeit, diese Herausforderung zu meistern, stellt die Umsetzung des Konzepts der Green Economy dar, das intensiv in Politik, Wirtschaft und auf der Ebene internationaler Organisationen wie des Umweltprogramms der Vereinten Nationen, der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung sowie der Weltbank diskutiert und weiterentwickelt wird (siehe Kapitel 2, S. 19ff.).

Die Green Economy charakterisiert eine mit Natur und Umwelt in Einklang stehende, innovationsorientierte Volkswirtschaft, die ökologische Risiken begrenzt und wirtschaftliche Chancen nutzt. Dabei ist das Konzept der Green Economy eingebettet in das übergeordnete Leitbild der nachhaltigen Entwicklung.

Die Entwicklung vom Status quo hin zu einer Green Economy wird als Grüne Transformation oder Green Transformation bezeichnet. Sie betrifft grundsätzlich alle Bereiche einer Volkswirtschaft und wird von Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft beeinflusst.

Für die Fortschritte der Grünen Transformation spielt die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz eine Schlüsselrolle, denn die Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges tragen mit ihren Produkten, Verfahren und Dienstleistungen zur Lösung der ökologischen Herausforderungen bei. Hinzu kommt, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz die Grüne Transformation in anderen Wirtschaftszweigen maßgeblich unterstützt.

Die Grüne Transformation beschleunigt den Wachstumskurs der internationalen GreenTech-Märkte

Die Einsicht in die Notwendigkeit, die ökologischen Risiken durch eine umweltverträgliche Art des Wirtschaftens zu begrenzen, setzt sich in immer mehr Staaten durch. Diese zunehmende Akzeptanz der Grundidee einer Green Economy fördert weltweit die Nachfrage nach „grünen" Produkten, Verfahren und Dienstleistungen, um mit deren Hilfe die Herausforderungen durch Klimawandel und Ressourcenknappheit zu bewältigen.

Dieser Trend spiegelt sich in einer expansiven Entwicklung der globalen GreenTech-Leitmärkte wider, deren Volumen eine völlig neue Dimension erreicht: Das globale Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz belief sich 2013 auf 2.536 Milliarden Euro (siehe dazu detailliert Kapitel 4, S. 47ff.). Diese Summe setzt sich aus den Marktvolumina der **sechs GreenTech-Leitmärkte zusammen:**

- **Energieeffizienz:** 825 Milliarden Euro
- **Nachhaltige Wasserwirtschaft:** 505 Milliarden Euro
- **Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energien:** 422 Milliarden Euro
- **Rohstoff- und Materialeffizienz:** 367 Milliarden Euro
- **Nachhaltige Mobilität:** 315 Milliarden Euro
- **Kreislaufwirtschaft:** 102 Milliarden Euro

Das Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird weiterhin zulegen. **Das globale Volumen der GreenTech-Leitmärkte wird 2025 voraussichtlich bei 5.385 Milliarden Euro liegen.** Dieser Wert basiert auf der Prognose, dass sich die Querschnittsbranche im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einer **jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,5 Prozent entwickelt.**

Bei der Expansion der Gesamtbranche legen die einzelnen Leitmärkte ein unterschiedliches Tempo an den Tag. **Besonders dynamisch entwickeln sich die Leitmärkte Nachhaltige Mobilität, Rohstoff- und Materialeffizienz sowie Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie.**

2.536 Milliarden Euro – auf diese Summe belief sich 2013 das globale Volumen der GreenTech-Märkte. Die Querschnittsbranche wird auf Expansionskurs bleiben: Im Jahr 2025 wird ihr globales Marktvolumen voraussichtlich bei 5.385 Milliarden Euro liegen.

„Green Tech made in Germany“ – gefragt auf den internationalen Märkten

14 Prozent Weltmarktanteil – die deutschen Anbieter von „grünen“ Produkten, Verfahren und Dienstleistungen sind auf den internationalen Märkten gut positioniert. Die Nachfrage aus dem Ausland stimuliert das Wachstum der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland: Die Marktvolumina der sechs GreenTech-Leitmärkte summierten sich 2013 auf 344 Milliarden Euro.

Deutsche Unternehmen können von der weltweit zunehmenden Nachfrage nach „grünen“ Produkten, Verfahren und Dienstleistungen profitieren. Diese Entwicklung lässt sich am **Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland** ablesen: **Es lag 2013 bei 344 Milliarden Euro** und verteilt sich wie folgt auf die sechs Leitmärkte:

- Energieeffizienz: 100 Milliarden Euro (Weltmarktanteil: 12 Prozent)
- Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energien: 73 Milliarden Euro (Weltmarktanteil: 17 Prozent)
- Nachhaltige Mobilität: 53 Milliarden Euro (Weltmarktanteil: 17 Prozent)
- Nachhaltige Wasserwirtschaft: 53 Milliarden Euro (Weltmarktanteil: 11 Prozent)
- Rohstoff- und Materialeffizienz: 48 Milliarden Euro (Weltmarktanteil: 13 Prozent)
- Kreislaufwirtschaft: 17 Milliarden Euro (Weltmarktanteil: 17 Prozent)

Das umweltrelevante Marktvolumen für Bau und Stadtentwicklung wird dabei für 2013 auf 83 Milliarden Euro geschätzt.

Die wachsende Nachfrage nach „GreenTech made in Germany“ hält die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Standort Deutschland weiterhin auf Expansionskurs: **Zwischen 2013 und 2025 wird sich das Volumen des heimischen Marktes der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz von 344 Milliarden Euro auf voraussichtlich 740 Milliarden Euro erhöhen.** In diesem Zeitraum wird sich die deutsche GreenTech-Branche voraussichtlich mit einer **jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,6 Prozent** entwickeln.

Die gute Positionierung deutscher Anbieter auf Auslandsmärkten zeigt der Weltmarktanteil der GreenTech-Produkte „made in Germany“: Er lag 2013 bei 14 Prozent. Setzt man diesen Wert in Relation zum Anteil Deutschlands an der globalen Wirtschaftsleistung in Höhe von fünf Prozent, zeigt sich die nach wie vor überproportional hohe Bedeutung der deutschen GreenTech-Branche auf den internationalen Märkten.

„Neues“ Wachstum: „grüne“ Impulse für Wirtschaftsleistung und Beschäftigung am Standort Deutschland

Der Stellenwert der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz für die Wirtschaft am Standort Deutschland zeigt sich nicht nur an der expansiven Entwicklung der Marktvolumina, sondern auch am wachsenden Beitrag zur Wirtschaftsleistung (siehe Kapitel 5, S. 117f.)

13 Prozent – so hoch lag 2013 der Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz an der Wirtschaftsleistung in Deutschland. In den Unternehmen der sechs Leitmärkte arbeiten rund 1,5 Millionen Beschäftigte.

Im Jahr 2013 lag der GreenTech-Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP) bei 13 Prozent – gegenüber 2011 entspricht dies einer Steigerung um zwei Prozentpunkte. Damit fällt das volkswirtschaftliche Gewicht der GreenTech-Branche in Deutschland wesentlich größer aus als in der globalen Betrachtung: Bezogen auf die Weltwirtschaftsleistung stellt die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz einen Anteil von drei Prozent.

Die Prognosen zur Marktentwicklung lassen erwarten, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland ihren Beitrag zum BIP weiter ausbauen wird. Demnach wird die Branche ihren BIP-Anteil von 13 Prozent im Jahr 2013 bis 2025 voraussichtlich auf über 20 Prozent erhöhen. Diese Zunahme spiegelt das überproportionale Wachstum des deutschen GreenTech-Marktes im Vergleich zur nationalen Wirtschaftsleistung wider.

In der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz waren 2012 rund 1,5 Millionen Erwerbstätige beschäftigt. Diese Zahl umfasst ausschließlich diejenigen Beschäftigten, die in Unternehmen der sechs GreenTech-Leitmärkte tätig waren. **Die positive Marktentwicklung für „grüne“ Produkte, Verfahren und Dienstleistungen eröffnet am Standort Deutschland neue Beschäftigungsmöglichkeiten.** Mittelfristig wollen viele deutsche GreenTech-Unternehmen neue Stellen schaffen. **In der gesamten Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz gehen die Unternehmen bis 2018 von einer jahresdurchschnittlichen Zunahme der Mitarbeiterzahl von 6,7 Prozent aus** (siehe Kapitel 6, S. 135f.).

Innovativ, exportstark und gründungsorientiert – die heimischen GreenTech-Anbieter punkten mit den klassischen Tugenden des deutschen Mittelstands

Ein Kernstück des Umwelttechnik-Atlas bildet eine umfangreiche Datenbank, die speziell für diese Publikation erstellt wurde. Sie beinhaltet detaillierte Informationen über GreenTech-Unternehmen, unter anderem ihre Strukturdaten, Leistungsbilder und Referenzprojekte. Die Auswertung der über 2.100 Datensätze ergibt ein ebenso facettenreiches wie tiefenscharfes Bild der deutschen GreenTech-Branche.

Die wesentlichen Strukturdaten und Trends auf der Anbieterseite zeichnen ein facettenreiches Bild der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland. Die Basis dieses Portraits bildet die Auswertung einer eigens für diese Publikation erstellten Datenbank (siehe Info-Box). **Die Auswertung belegt die mittelständische Prägung und die starke Rolle der kleinen und mittleren Unternehmen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Rund 90 Prozent der GreenTech-Unternehmen in Deutschland erwirtschaften einen Jahresumsatz von weniger als 50 Millionen Euro.** Unternehmen mit einem Jahresumsatz von weniger als einer Million Euro stellen einen Anteil von 46 Prozent an der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland. Im Branchen-Durchschnitt liegt der Jahresumsatz eines Unternehmens bei 24 Millionen Euro. Etwa drei Viertel der deutschen GreenTech-Unternehmen beschäftigen weniger als 50 Mitarbeiter. Rund 45 Prozent der Unternehmen haben eine Belegschaftsstärke von weniger als zehn.

Diese Strukturdaten weisen die GreenTech-Branche als einen Wirtschaftszweig aus, der deutlich vom „German Mittelstand" geprägt wird; gerade im Ausland wird dieses Phänomen als besondere Stärke der deutschen Wirtschaft betrachtet: „Der Mittelstand gilt als Job-Motor Nummer eins, als Treiber für Innovationen oder schlicht als das Rezept für den Erfolg der deutschen Wirtschaft."[1] Mit genau diesen Eigenschaften lassen sich auch die Stärke und die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der deutschen Unternehmen der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erklären.

Die Ergebnisse der aktuellen Unternehmensbefragung illustrieren die Innovationsstärke der deutschen GreenTech-Unternehmen. Im Durchschnitt liegt der Anteil der Forschungs- und Entwicklungsausgaben am Umsatz, die sogenannte FuE-Quote, bei drei Prozent (siehe Kapitel 6, S. 137).

Im Kontext Innovation spielen auch Unternehmensgründungen eine wesentliche Rolle, denn viele Startups entstehen aus Anlass und auf Basis einer Innovation. Dies macht die Entwicklungen in der Startup-Szene zu einem wichtigen Aspekt der Innovationskraft einer Branche. Eine Analyse der Aktivitäten in deutschen Gründerzentren im Jahr 2012 zeigt einen hohen Stellenwert grüner Technologien: **Der Anteil „grüner" Startups lag bei knapp 14 Prozent** (siehe Kapitel 7, S. 199f.). Unternehmensgründungen in der GreenTech-Branche können als Katalysator der Grünen Transformation wirken und den Weg von der Invention einer Technologie zu ihrer Anwendung beschleunigen. Darüber hinaus tragen Existenzgrün-

1 Heller, G. (2013).

dungen in der GreenTech-Branche erheblich zur Entwicklung innovativer „grüner“ Geschäftsmodelle bei.

Die Exportquote der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist stark angestiegen, sie lag 2013 bei 39 Prozent. Bei der Auswertung der Unternehmensdaten aus dem Jahr 2011 lag der Anteil der im Ausland erwirtschafteten Umsätze noch bei 23 Prozent. **Dieser markante Anstieg ist ein deutlicher Hinweis, dass die deutsche GreenTech-Branche bei der Internationalisierung aufgeholt hat.** Dieser Trend der zunehmenden Internationalisierung der deutschen Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird sich fortsetzen (siehe Kapitel 6, S. 153f). **Die Exportorientierung der Unternehmen wird auch von politischer Seite unterstützt; so plant die Bundesregierung eine „Exportinitiative Umwelttechnologien“.**

Die gute Positionierung auf dem Weltmarkt, die expansive Marktentwicklung und die Innovationskraft prägt das optimistische Stimmungsbild der deutschen GreenTech-Anbieter: Sie rechnen bis 2018 mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 10,5 Prozent (siehe Kapitel 6, S. 134).

Die GreenTech-Branche: Treiber für wirtschaftliche Modernisierung und Wettbewerbsfähigkeit

Industrie 4.0 – Dieser Begriff fasst eine Reihe von Entwicklungen zusammen, die in den nächsten Jahren die Produktion maßgeblich prägen werden. Das „Internet der Dinge und Dienste" verwandelt Fabriken in Smart Factories, die Betriebsmittel, Maschinen und Logistiksysteme online vernetzen. Dies ermöglicht dezentrale, autarke und selbstoptimierende Produktionsprozesse. Nach Einschätzung von Experten leistet die Industrie 4.0 einen wichtigen Beitrag für die Verbesserung der Energieeffizienz. Deutsche Unternehmen gelten aufgrund ihrer Systemlösungskompetenz als besonders befähigt, die Potenziale der Industrie 4.0 zu erschließen (siehe Themenseite Industrie 4.0, S. 64f.).

Die Innovationskraft der Branche, die erwarteten Wachstumsraten und die Modernisierungsrolle illustrieren die Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.

„Grüne" Produkte, Verfahren und Dienstleistungen tragen maßgeblich dazu bei, die Herausforderungen des Klimawandels und der Ressourcenknappheit zu bewältigen und die Grüne Transformation auf Ebene der Unternehmen zu fördern. Hinzu kommt, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz die Grüne Transformation in anderen Wirtschaftszweigen maßgeblich unterstützt. **Die Überschneidungen mit beziehungsweise die Verankerung der deutschen GreenTech-Branche in Industriezweigen wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie, der Chemischen Industrie und der Elektroindustrie führt zu positiven, wechselseitigen Impulsen für die ökologische Modernisierung.**

Ein wesentlicher Aspekt des Wandels zur Green Economy sind die Veränderungen innerhalb der Unternehmen. Eine Reihe von Beispielen aus der deutschen Wirtschaft illustriert, dass die Grüne Transformation und die Green Economy keine theoretischen oder gar utopischen Konstrukte sind, sondern längst in der Praxis gelebt werden (siehe Kapitel 7, S. 184ff.). Als Rahmen für die Analyse der Grünen Transformation auf Unternehmensebene wurden fünf Transformationsfelder definiert: Wirtschaftlicher Wandel, Technologischer Wandel, Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel (siehe Kapitel 7, S. 160ff.).

Wirtschaftlicher Wandel – Im Kontext der Grünen Transformation auf Unternehmensebene wird unter Wirtschaftlichem Wandel die Realisierung von Gewinn durch den Verkauf „grüner" Produkte, Verfahren und Dienstleistungen sowie die Entwicklung „grüner" Geschäftsmodelle verstanden.

Technologischer Wandel – Der Technologische Wandel umfasst unter anderem den Aufbau und Ausbau von Forschung und Entwicklung sowie Aus- und Weiterbildung im Bereich „grüner" Technologien. Die hohe Innovationsdynamik in der Vergangenheit hat dazu geführt, dass die meisten Unternehmen in den letzten zehn Jahren bereits stark in den Technologischen Wandel investiert haben.

Ökologischer Wandel – Diesem Transformationsfeld werden Handlungsfelder wie beispielsweise der betriebliche Umweltschutz, Energieversorgung aus erneuerbaren Energien sowie Ressourceneffizienz zugeordnet. Aus Sicht der befragten Unternehmen wurde aufgrund umweltpolitischer Vorgaben in den letzten zehn Jahren schon eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt.

Mitarbeiter-Wandel – Zu diesem Bereich werden Unternehmensaktivitäten gerechnet, die das Umweltbewusstsein der Mitarbeiter stärken sowie dessen Transfer in umweltbewusstes Handeln fördern.

Institutioneller Wandel – Dieses Transformationsfeld umfasst unter anderem organisatorische Maßnahmen zur Selbstverpflichtung, Kontrolle und zum Nachhalten eines umweltschonenden Wirtschaftens. In Bezug auf den Institutionellen Wandel wurden aus Sicht der befragten Unternehmen bereits zahlreiche Maßnahmen umgesetzt; sie betreffen vor allem Verfahren in der Betriebsführung, mit denen soziale und ökologische Belange in die Unternehmensstrategie integriert werden können.

Weiterführende Links

Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland: *www.greentechatlas.de*
Portal für Umwelttechnologie und Ressourceneffizienz: *www.greentech-made-in-germany.de*

Eco-Management and Audit Scheme: *www.emas.de*
Netzwerk der deutschen Wasserbranche: *www.germanwaterpartnership.de*
German Partnership for Sustainable Mobility: *www.german-sustainable-mobility.de*
Innovation – Beratung – Förderung (BMWi): *www.innovation-beratung-foerderung.de*
KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau: *www.kfw.de*
Mittelstandsinitiative Energiewende: *www.mittelstand-energiewende.de*
Netzwerk Architekturexport: *www.nax.bak.de*
Zentrum Ressourceneffizienz: *www.ressource-deutschland.de*
German Recycling Technologies and Waste Management Partnership e.V.: *www.retech-germany.net*
Servicestelle Umwelttechnologieexport- und CDM-Vorhaben: *www.bmub.bund.de/P395*
Deutsche Energie-Agentur GmbH: *www.stromeffizienz.de*

2 Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Wegbereiter einer Green Economy

„Unsere Erde ist nicht unendlich. Je mehr sich die menschliche Aktivität den Grenzen der irdischen Kapazität nähert, um so sichtbarer und unlösbarer werden die Schwierigkeiten."[1] Dieses Zitat aus dem 1972 veröffentlichten Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit hat nichts an Aktualität eingebüßt. Die Publikation, die unter dem Titel *Die Grenzen des Wachstums (The Limits to Growth)* in den Siebziger Jahren zu einem Fanal der Umweltbewegung avancierte, fasste seinerzeit die Ergebnisse eines Forschungsprojekts am Massachusetts Institute of Technology populärwissenschaftlich zusammen. Sein Titel: *Die missliche Lage der Menschheit – The Predicament of Mankind.*

Gut vier Jahrzehnte nach diesem Warnruf des Club of Rome gefährden Klimawandel, Ressourcenknappheit und der Verlust an Biodiversität die Existenzgrundlagen der Menschheit. Mit einem Business-as-usual-Szenario steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der zunehmende Ressourcenverbrauch die Ökosysteme der Erde zerstört. Anderseits wird es in der globalen Betrachtung schwierig sein, ohne wirtschaftliches Wachstum die Bedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung zu befriedigen. Das Konzept der Green Economy zeigt einen Ausweg aus diesem Dilemma auf: Durch eine Grüne Transformation auf allen Ebenen der Volkswirtschaft soll das Ziel einer CO_2-armen und ressourcenschonenden Wirtschaftsweise erreicht werden.

1 Meadows, D./Meadows, D./Zahn, E./Milling, P. (1972), S. 74.

Rund vierzig Jahre nach Erscheinen der *Grenzen des Wachstums* ist die Lage der Menschheit mit Blick auf die Gefährdung ihrer natürlichen Lebensgrundlage prekär: Die Belastung der Ökosysteme hat erheblich zugenommen – eine Entwicklung, die vor allem von zwei Treibern bestimmt wird: dem weltweiten Bevölkerungswachstum und dem Wirtschaftswachstum. Heute leben knapp sieben Milliarden Menschen auf der Erde, etwa vier Mal so viele wie vor hundert Jahren. Binnen eines Jahrhunderts ist die globale Wirtschaftsleistung um das 20-fache gewachsen.[2] Ein Blick auf die jüngere Vergangenheit zeigt, dass sich zwischen 1992 und 2010 das weltweite Bruttoinlandsprodukt um 75 Prozent erhöht hat. Im weltweiten Durchschnitt ist das Pro-Kopf-Einkommen um 40 Prozent gestiegen.[3, 4]

In einigen Schwellenländern vollzieht sich das vor allem von der Industrialisierung getriebene Wirtschaftswachstum in einem rasanten Tempo: Beispielsweise hatte China 1990 einen Anteil von 3,8 Prozent an der weltweiten Wirtschaftsleistung; zwanzig Jahre später lag der Anteil Chinas am globalen Bruttoinlandsprodukt bei 13,4 Prozent.[5] Das Pro-Kopf-Einkommen erhöhte sich in diesem Zeitraum von 341 US-Dollar auf 4.423 US-Dollar. Diese Entwicklung hat erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt, denn mit der zunehmenden Güterproduktion wächst auch der Ressourcenverbrauch. Das steigende Einkommensniveau in China und anderen aufstrebenden Volkswirtschaften bedingt zudem eine Veränderung der Konsummuster, was ebenfalls gravierende Konsequenzen für die Ressourcenintensität hat.

Die Folgen der beiden Treiber demografische Entwicklung und wirtschaftliches Wachstum werden vor allem beim Energieverbrauch, bei der Urbanisierung, beim Rohstoffverbrauch und bei der Globalisierung manifest:

- In den letzten Jahrzehnten hat sich der Primärenergieverbrauch mehr als verdoppelt. 1970 bezifferte sich der globale Primärenergieverbrauch auf 4.949 Millionen Tonnen Rohöleinheiten. 2012 wurden 12.477 Millionen Tonnen Rohöleinheiten verbraucht. Das entspricht einem Anstieg um 154 Prozent.[6]

Auf einen Blick

Die Belastung der Ökosysteme ist in den letzten Jahrzehnten erheblich gestiegen. Diese zunehmende Beanspruchung wird in der globalen Perspektive vor allem von den Faktoren demografische Entwicklung und Wirtschaftswachstum verursacht.

Klimawandel, Ressourcenknappheit und der Verlust an Biodiversität haben gravierende Auswirkungen auf die Ökosysteme und beeinträchtigen darüber hinaus immer mehr deren Fähigkeit, Ökosystem-Dienstleistungen zu erbringen.

Folgt die Weltwirtschaft ihrem bisherigen Entwicklungspfad, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der zunehmende Ressourcenverbrauch die Ökosysteme – und damit die Lebensgrundlage nachfolgender Generationen – irreversibel schädigt.

- Im Jahr 2010 lebte etwa die Hälfte der Weltbevölkerung in städtischen Gebieten. 1960 lag die Relation zwischen Stadt- und Landbewohnern im weltweiten Maßstab bei einem Drittel zu zwei Dritteln. Dieses Verhältnis wird sich voraussichtlich 2035 umkehren, so die Projektionen der Vereinten Nationen zur Urbanisierung.[7]
- Zwischen 1980 und 2009 hat sich die Entnahme von biotischen und abiotischen Rohstoffen weltweit nahezu verdoppelt und belief sich im Jahr 2009 auf 68 Milliarden Tonnen. Im selben Zeitraum stieg der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch an Rohstoffen rund um den Globus von knapp acht auf fast zehn Tonnen.[8]
- Die Globalisierung hat erheblich zugenommen: Der internationale Handel ist seit 1990 jährlich um zwölf Prozent gewachsen.[9] Der Anteil der Exporte an der globalen Wirtschaftsleistung ist von 18 Prozent im Jahr 1990 auf 31 Prozent im Jahr 2012 gestiegen.[10]

2 Vgl. United Nations Environment Programme (2013), S. 8.
3 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2012a), S. 2.
4 Diese Entwicklung hat maßgeblich dazu beigetragen, dass mehr Menschen der extremen Armut entkommen konnten. Der Anteil der Menschen in Entwicklungsländern, die weniger als 1,25 US-Dollar pro Tag zur Verfügung haben, ist zwischen 1990 und 2010 von 43 Prozent auf 21 Prozent gesunken. Siehe dazu The World Bank (2014).
5 Vgl. International Monetary Fund (2014a).
6 Vgl. BP Statistical Review of World Energy June 2014 (2014), S. 40.
7 Vgl. United Nations, Department of Economic and Social Affairs (2014a).
8 Vgl. SERI – Nachhaltigkeitsforschungs- und Kommunikations GmbH (2014).
9 Vgl. United Nations Environment Programme (2013), S. 19.
10 Vgl. International Monetary Fund (2014b).

Die Zuspitzung ökologischer Risiken erhöht den Handlungsdruck

Die bislang skizzierten Entwicklungen haben gravierende Auswirkungen auf die Ökosysteme. Klimawandel, Ressourcenknappheit und der Verlust an Biodiversität gefährden die Existenzgrundlagen der Menschheit. „Wird nicht umgehend auf diese ökologischen Herausforderungen geantwortet, drohen für die Zukunft irreversible – und teilweise sehr kostspielige oder sogar katastrophale Veränderungen“[11] – diese Warnung hat die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) unmissverständlich in ihrem *OECD-Umweltausblick bis 2050. Die Konsequenzen des Nichthandelns* formuliert. Die Publikation analysiert, wie sich eine Fortschreibung wirtschaftlicher Trends in Kombination mit der demografischen Entwicklung auf die Umwelt auswirken könnte. Betrachtet werden dabei vier Bereiche: Klimawandel, Biodiversität, Wasser und gesundheitliche Auswirkungen von Umweltbelastungen (insbesondere Luftschadstoffe). Fazit: Bei einem „Business-as-usual-Szenario“ sind die Aussichten extrem besorgniserregend. Denselben Grundtenor hat der *Bericht zum Globalen Zustand der Umwelt*, den das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) vor dem Rio+20-Gipfel 2012 veröffentlicht hat.[12]

Dass die Einschätzungen der OECD und des UNEP nicht Schwarzmalerei oder Alarmismus geschuldet sind, macht eine kurze Betrachtung der globalen Öko-Bilanz in den im *OECD-Umweltausblick* fokussierten Bereichen Klimawandel, Luftverschmutzung, Wasser und Biodiversität vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten deutlich. Nach den Projektionen der Vereinten Nationen werden 2050 etwa 9,5 Milliarden Menschen auf der Erde leben.

Im Kampf gegen den Klimawandel konnten die Bemühungen der internationalen Klimapolitik nicht verhindern, dass die weltweiten Treibhausgasemissionen weiterhin ansteigen. Im Mai 2013 durchbrach die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre erstmals die Marke von 400 parts per million (ppm – Millionstel Anteile). Seit 1750 – dem Beginn des vorindustriellen Zeitalters – sind die Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O) in der Atmosphäre jeweils um 40, 150 und 20 Prozent gestiegen. Zwischen 1750 und 2011 sind CO_2-Mengen in Höhe von 545 Gigatonnen Kohlenstoff freigesetzt worden – die Ursachen für diesen Anstieg sind vor allem die Emissionen aus fossilen Brennstoffen und Landnutzungsänderungen.[13]

Die steigende Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre gilt als die Hauptursache der globalen Erwärmung. Wenn es gelingt, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, „können viele Risiken des Klimawandels noch einigermaßen beherrscht werden“. [14] Damit diese Chance gewahrt bleibt, dürfte die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zum Ende des 21. Jahrhunderts den Wert von 450 ppm CO_2eq[15] nicht überschreiten. Der Fünfte Sachstandsbericht des Weltklimarats hält dies für möglich: „Die Zwei-Grad-Obergrenze kann noch eingehalten werden. Dies erfordert einen tiefgreifenden technologischen, wirtschaftlichen und institutionellen Wandel, wird jedoch bei weiterer Verzögerung immer schwieriger.“[16]

11 Organisation for Economic Co-operation and Development (2012b), S. 9.

12 Vgl. United Nations Environment Programme (2012).

13 Vgl. Deutsche IPCC Koordinierungsstelle (2014a), S. 3.

14 Vgl. Deutsche IPCC Koordinierungsstelle (2014b), S. 2.

15 Der Ausdruck CO_2eq steht für CO_2-Äquivalente. Die Wirkung einer bestimmten Menge eines Treibhausgases auf die Klimaerwärmung wird durch das sogenannte Global Warming Potential (GWP – Treibhauspotenzial) ausgedrückt. Beschrieben wird dabei die mittlere Erwärmungswirkung über einen bestimmten Zeitraum. Das Treibhauspotenzial jedes Treibhausgases wird dabei auf Kohlendioxid (CO_2) umgerechnet. Zum Beispiel entspricht ein Kilogramm Methan dem Treibhauspotenzial von 21 Kilogramm CO_2-Äquivalent.

16 Vgl. Deutsche IPCC Koordinierungsstelle (2014c), S. 2.

Bei einem Szenario mit ungebremsten Treibhausgasemissionen ist ein Temperaturanstieg von mehr als 5° C bis zum Ende dieses Jahrhunderts möglich. Eine globale Erwärmung dieses Ausmaßes ist mit enormen Risiken für Menschen und Ökosysteme verbunden.[17]

Zwar sind die Emissionen von Luftschadstoffen (darunter Feinstaub, Stickstoffoxid, Schwefeldioxid) in den meisten OECD-Ländern in den letzten Jahren gesunken. Allerdings ist in anderen Staaten, vor allem in China und Indien, eine gegenläufige Entwicklung zu beobachten. Dort liegt die Konzentration von Luftschadstoffen in vielen Städten deutlich über den Grenzwerten, die von der Weltgesundheitsorganisation als gesundheitlich unbedenklich eingestuft werden.[18] Für die Verschlechterung der Luftqualität ist maßgeblich die Zunahme der Schadstoffemissionen des Verkehrssektors und der Industrie verantwortlich.

Nach einer Studie der OECD ist die Außenluftverschmutzung weltweit für drei Millionen Todesfälle verantwortlich. Im Zeitraum 2005 bis 2010 war bei den durch Außenluftverschmutzung verursachten vorzeitigen Todesfällen weltweit eine Zunahme von vier Prozent zu verzeichnen.[19]

Die biologische Vielfalt – auch als Biodiversität bezeichnet – ist eine Grundvoraussetzung für die Stabilität der Ökosysteme. Bedingt durch die Vernichtung und ökologische Beeinträchtigung von Lebensräumen vieler Pflanzen- und Tierarten und die Übernutzung von Ökosystemen (Intensivlandwirtschaft, Überfischung, Holzeinschlag) nehmen Ausmaß und Geschwindigkeit der Verluste an Biodiversität vehement zu. Das Gesamtbild zur globalen Entwicklung der Biodiversität fällt alarmierend aus: Der *Living Planet Index*, ein Indikator für den Zustand der Artenvielfalt, verzeichnet seit 1970 einen weltweiten Rückgang der Artenvielfalt um 30 Prozent. Wobei der Rückgang in einigen Regionen weitaus dramatischer ausfällt: In tropischen Regionen liegt er beispielsweise bei 60 Prozent. [20]

Laut OECD-Umweltausblick wird die terrestrische Artenvielfalt bis 2050 um weitere zehn Prozent abnehmen.[21] Der Verlust an biologischer Vielfalt beeinträchtigt beziehungsweise gefährdet funktionierende Ökosysteme. Deren Dienstleistungen – die sogenannten „Ecosystem Services" – sind von elementarer Bedeutung für die Gesundheit und Lebensqualität der Menschen sowie als Basis wirtschaftlicher Aktivitäten. Zu diesen Ökosystem-Dienstleistungen zählen beispielsweise regulierende Dienstleistungen (unter anderem Regulierung von Klima, Wasserqualität, Abfallbeseitigung), bereitstellende Dienstleistungen (etwa Wasser, Nahrung, Holz), kulturelle Dienstleistungen (Erholung) sowie unterstützende Dienstleistungen (Bodenbildung, Nährstoffkreislauf).[22] Nach Schätzungen von OECD-Experten verursachen dieser Schwund an biologischer Vielfalt und die daraus resultierende Beeinträchtigung von Ökosystem-Dienstleistungen pro Jahr Gesamtkosten in Höhe von 2,5 Billionen US-Dollar.[23]

Schon heute leben über zwei Milliarden Menschen in Gegenden mit Wasserknappheit und Wassermangel. Durch die Kombination aus Bevölkerungswachstum, zunehmender Wasserentnahme und Klimawandel wird sich die Wasserkrise in vielen Regionen zuspitzen. Nach den Projektionen des OECD-Umweltausblicks werden 2050 über 40 Prozent der Weltbevölkerung in Gebieten leben, in denen Süßwasser knapp ist.[24] Betroffen sind vor allem der Nord- und Südteil Afrikas sowie Süd- und Zentralasien. Vermutlich werden 2050 immer noch 1,4 Milliarden Menschen keinen Zugang zu einer sanitären Grundversorgung haben.[25]

Neben der Quantität, also der Verfügbarkeit von und dem Zugang zu Trinkwasser, ist die Qualität ein wesentlicher Aspekt der Wasserversorgung. Die Verschmutzung des Grundwassers und der Oberflächengewässer durch Landwirtschaft, Industrie und Siedlungsabwässer wird – global betrachtet – voraussichtlich stark zunehmen. Eine fatale Rolle spielt hier insbesondere der Eintrag von Phosphor- und Stickstoffverbindungen in Gewässer durch das Abwasser (Rückstände

17 „The 4°C scenarios are devastating: the inundation of coastal cities; increasing risks for food production potentially leading to higher malnutrition rates; many dry regions becoming dryer, wet regions wetter; unprecedented heat waves in many regions, especially in the tropics; substantially exacerbated water scarcity in many regions; increased frequency of high-intensity tropical cyclones; and irreversible loss of biodiversity, including coral reef systems." Vgl. The World Bank (2012a), S. ix

18 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2012b), S. 9.

19 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2014a).

20 Der Living Planet Index misst den Zustand der Ökosysteme anhand der Beobachtung der Bestände von 9.000 Populationen und circa 2.700 Arten von Säugetieren, Reptilien, Vögeln, Amphibien und Fischen. Vgl. WWF Deutschland (2014).

21 In dieser OECD-Publikation wird die terrestrische Artenvielfalt anhand des Indikators „Mean Species Abundance" ausgedrückt. Diese Kennzahl misst die Unversehrtheit der natürlichen Ökosysteme. Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2012b), S. 5.

22 Vgl. Econsense – Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft e.V. (2012), S. 3.

23 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2012b), S. 5.

24 Vgl. ebenda, S. 7.

25 Vgl. ebenda.

von Wasch- und Reinigungsmitteln, Fäkalien) und durch das Abschwemmen von Dünger. Dieser Nährstoffeintrag kann das Wachstum von Wasserpflanzen beschleunigen. Als Folge dieser Eutrophierung sinkt der Sauerstoffgehalt des Gewässers, was die biologische Vielfalt in aquatischen Systemen gefährdet.[26]

Die Bereiche Klimawandel, Biodiversität und Wasser sind durch vielerlei Wechselwirkungen eng miteinander verzahnt. Beispielsweise hat die globale Erwärmung massiven Einfluss auf die Verfügbarkeit von Süßwasser und die weitere Entwicklung der Biodiversität.

Vor dem Hintergrund der sich zuspitzenden ökologischen Risiken hat der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) in seinem Hauptgutachten *Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation* eindringlich auf die Notwendigkeit eines Kurswechsels hin zu einer „postfossilen Wirtschaftsweise" hingewiesen: „Das kohlenstoffbasierte Weltwirtschaftsmodell ist auch ein normativ unhaltbarer Zustand, denn es gefährdet die Stabilität des Klimasystems und die Existenzgrundlage künftiger Generationen." [27]

Deshalb hält der WBGU einen Strukturwandel in Gestalt einer „Großen Transformation zur nachhaltigen Gesellschaft" für unabdingbar, um die Zukunftsfähigkeit sicherzustellen. Die „Schaffung eines nachhaltigen Ordnungsrahmens" sei erforderlich, um Entwicklungspfade zu beschreiten, die mit den natürlichen Grenzen des Erdsystems und mit dem 2°C-Klimaziel kompatibel sind.[28] Die „Große Transformation" kann nach Auffassung des WBGU nur durch ein „Zusammenspiel von Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft" gelingen. Für das Handlungsfeld Wirtschaft spielt das Konzept der Green Economy eine herausragende Rolle, das im folgenden Abschnitt detailliert vorgestellt wird.

26 Vgl. ebenda.
27 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011), S. 1.
28 Siehe ebenda.

Höchste Zeit für einen Kurswechsel: Green Economy

Die im vorangegangenen Abschnitt skizzierten Schlaglichter auf die großen ökologischen Herausforderungen zeigen deutlich die mit einem Business-as-usual-Szenario einhergehenden Risiken. Folgt die Weltwirtschaft ihrem bisherigen Entwicklungspfad, ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass der zunehmende Ressourcenverbrauch die Ökosysteme der Erde zerstört. Andererseits wird es ohne wirtschaftliches Wachstum schwierig sein, die Bedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung zu befriedigen. Dieses Dilemma konfrontiert mit der Schlüsselfrage: Lässt sich die Entwicklung der Wirtschaft in einer Form gestalten, die Wachstum ermöglicht, ohne die Ökosysteme des Planeten – und damit die Lebensgrundlage nachfolgender Generationen – langfristig zu zerstören? Anders ausgedrückt: Gibt es einen Weg, Wirtschaftswachstum zu fördern und gleichzeitig positive ökologische Effekte zu bewirken?

Diese Erwartung ist an das Konzept der Green Economy geknüpft, das seit 2007 intensiv in Politik, Wirtschaft und von Nichtregierungsorganisationen diskutiert wird. Begriff und Ziele der Green Economy wurden jedoch bereits Ende der 1980er Jahre formuliert: „What is needed now is a new era of economic growth – growth that is forceful and at the same time socially and environmentally sustainable“[29] – diesen Appell richtete Gro Harlem Brundtland, die Vorsitzende der *World Commission on Environment and Development*, 1987 an die internationale Staatengemeinschaft.[30]

Seinerzeit setzte die Veröffentlichung des Berichts *Our Common Future* neue Impulse in der Debatte über eine ökologische Modernisierung der Wirtschaft. Als Beitrag zu diesem Diskurs beauftragte das *UK Department of the Environment* den Wissenschaftler David Pearce mit der Erstellung einer Studie als politische Reaktion auf den Bericht der Brundtland-Kommission.[31] Dieser Pearce-Report erschien 1989 unter dem Titel *Blueprint for a Green Economy* als Buch.[32] Zwei Jahre

Auf einen Blick

Eine Fortschreibung der bisherigen Produktions- und Konsummuster in einem Business-as-usual-Szenario gefährdet nicht nur die ökologischen Grundlagen der nachfolgenden Generationen, sondern auch Wohlstand, Wettbewerbsfähigkeit und Arbeitsplätze. Jedoch wird es ohne wirtschaftliches Wachstum nicht möglich sein, die elementaren Bedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung zu befriedigen. So lautet die Schlüsselfrage, wie sich eine wirtschaftliche Entwicklung gestalten lässt, die Wachstum ermöglicht ohne langfristig die Lebensgrundlagen der Menschheit zu zerstören.

Eine Option, diese Herausforderung zu meistern, stellt die Green Economy dar. Dieses Konzept fördert umweltverträgliches Wachstum, indem die ökologischen Grenzen anerkannt und ökonomische Knappheiten und Kosten antizipiert werden. Das Konzept der Green Economy ist eingebettet in das übergeordnete Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Die Green Economy charakterisiert eine mit Natur und Umwelt in Einklang stehende, innovationsorientierte Volkswirtschaft, die ökologische Risiken begrenzt und wirtschaftliche Chancen nutzt.

Die Entwicklung vom Status quo hin zu einer Green Economy wird als Grüne Transformation oder Green Transformation bezeichnet. Dieser Übergang zu einer Green Economy betrifft grundsätzlich alle Bereiche und Akteure einer Volkswirtschaft.

29 The World Bank (2012b), S. xi.

30 Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (World Commission on Environment and Development) wurde 1983 als unabhängige Sachverständigenkommission gegründet. Dieses Gremium, dem 19 Bevollmächtigte aus 18 Ländern angehörten, hatte den Arbeitsauftrag, einen Bericht über die Perspektiven einer globalen umweltschonenden Entwicklung bis zur Jahrtausendwende und darüber hinaus zu erstellen. Vorsitzende dieser Kommission war die norwegische Politikerin Gro Harlem Brundtland.

31 Die Auftraggeber formulierten die Zielsetzung dieser Studie folgendermaßen: „review the state of the art on the relationship between the sustainable development concept, national accounting, resource accounting, satellite accounting, and project appraisal procedures“. Siehe Barbier, E./Markandya, A. (2013), S. xiii.

32 Pearce, D./Markandya, A./Barbier, E. (1989).

später publizierte der Wissenschaftler Michael Jacobs *The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future*. Zwar setzte sich die Diskussion über die Notwendigkeit einer ökologischen Modernisierung der Wirtschaft in den 1990er Jahren und nach der Jahrtausendwende auf internationaler Ebene fort. Es sollte jedoch bis zum Jahr 2008 dauern, ehe der Begriff und die Idee der Green Economy aus Anlass der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise eine Renaissance erlebten. Die maßgeblichen Akteure dieses vehementen Comebacks waren das UNEP, die OECD und die Weltbank.

Umweltprogramm der Vereinten Nationen: Global Green New Deal

Auf dem Höhepunkt der internationalen Wirtschaftskrise hat das UNEP im November 2008 die Global Green New Deal (GGND) Initiative gestartet.[33] Sie verknüpfte Maßnahmen zur Wiederbelebung der Konjunktur und zur Schaffung von Arbeitsplätzen mit sozialen und umweltpolitischen Zielen, insbesondere Armutsbekämpfung, Verbesserung der Ressourceneffizienz, Reduktion der Treibhausgasemissionen und den Schutz der Ökosysteme. Die neue Qualität dieser GGND-Initiative bestand vor allem darin, dass umweltpolitische Maßnahmen explizit als (konjunkturpolitischer) Stimulus für die wirtschaftspolitischen Ziele Wachstum und Beschäftigung betrachtet wurden. Im März 2009 veröffentlichte das UNEP das Grundsatzpapier *Global Green New Deal Policy Brief*.[34] Etwa ein Prozent des globalen Bruttoinlandsprodukts sollten danach in „grüne Initiativen" investiert werden. Die G20-Staaten[35] sollten ihre Investitionen in Energieeffizienz und Umwelttechnologien ausbauen, während sich die Entwicklungsländer auf die Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft und das Wassermanagement konzentrieren sollten. Gleichzeitig betonte das UNEP, sei ein Umsteuern in der Politik erforderlich. Dazu gehörten die Streichung nicht nachhaltiger Subventionen in der Landwirtschaft und Fischerei sowie für fossile Energieträger. Zugleich wurden Anreize für den Einsatz von Umwelttechnologien gefordert.

Die Resonanz auf diesen Vorstoß des UNEP fiel positiv aus: Viele Staaten legten seinerzeit zur Bekämpfung der Wirtschaftskrise Konjunkturprogramme auf, die Maßnahmen zur Förderung eines „grünen Wachstums" enthielten. Ihr Umfang wird insgesamt auf 430 Milliarden US-Dollar veranschlagt.[36] Auf dem G20-Treffen in Pittsburgh formulierten die Staats- und Regierungschefs in der Abschlusserklärung ein Bekenntnis zu dem Ziel „to move toward greener, more sustainable growth".[37]

Damit die Ziele der GGND-Initiative in der Rekonvaleszenz-Phase nach der Wirtschaftskrise nicht vom Radar der öffentlichen Wahrnehmung verschwanden, veröffentlichte das UNEP im Februar 2011 das Grundsatzpapier Towards a Green Economy: *Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*.[38] Darin wird der Entwicklungspfad zu einer CO_2-armen, ressourcenschonenden und nachhaltigen Weltwirtschaft beschrieben. Das UNEP charakterisiert die Green Economy anhand dieser Beschreibung:

„UNEP has developed a working definition of a green economy as one that results in improved human well-being and social equity, while significantly reducing environmental risks and ecological scarcities. In its simplest expression, a green economy can be thought of as one which is low carbon, resource efficient and socially inclusive. Practically speaking, a green economy is one whose growth in income and employment is driven by public and private investments that reduce carbon emissions and pollution, enhance energy and resource efficiency, and prevent the loss of biodiversity and ecosystem services. These investments need to be catalyzed and supported by targeted public expenditure, policy reforms and regulation changes. This development path should maintain, enhance and, where necessary, rebuild natural capital as a critical economic asset and source of public benefits, especially for poor people whose livelihoods and security depend strongly on nature."[39]

33 Der Titel Global Green New Deal macht deutlich, in welche Tradition das UNEP ihre Initiative stellte: „New Deal" war die Bezeichnung für die Wirtschafts- und Sozialreformen in den USA, die Präsident Roosevelt als Reaktion auf die Wirtschaftskrise Anfang der 1930er Jahre initiiert hatte.

34 Vgl. United Nations Environment Programme (2009).

35 Zur Gruppe der G20 gehören Argentinien, Australien, Brasilien, China, Deutschland, Europäische Union, Frankreich, Großbritannien, Indien, Indonesien, Italien, Japan, Kanada, Mexiko, Russland, Saudi-Arabien, Südafrika, Südkorea, Türkei und die USA.

36 Vgl. HSBC Global Research (2009), S. 3.

37 G20 DWG (2014), S. 4.

38 Vgl. United Nations Environment Programme (2011).

39 United Nations Environments Programme (2014).

OECD: Green Growth

Die OECD zählt auf internationaler Ebene ebenfalls zu den maßgeblichen Akteuren bei der Verbreitung des Konzepts der Green Economy. Die Organisation verabschiedete im Juni 2009 auf Ministerebene eine „Deklaration über ‚Grünes Wachstum'". Die Unterzeichner aus den 34 Mitgliedsstaaten der OECD erklärten, dass „grün", als Metapher für ökologische Belange, und „Wachstum" Hand in Hand gehen können.[40] Die OECD erhielt den Auftrag, eine Green-Growth-Strategie zu entwickeln. Sie wurde im Mai 2011 unter dem Titel *Towards Green Growth* veröffentlicht und vom OECD-Ministerrat beschlossen.[41] Darin wird „Green Growth" wie folgt definiert: „Umweltverträgliches Wachstum bedeutet, Wirtschaftswachstum und Entwicklung zu fördern und gleichzeitig sicherzustellen, dass Naturgüter weiter die Ressourcen und Umweltleistungen liefern können, die Voraussetzung für unser Wohlergehen sind. Um dies zu erreichen, müssen Investitionen und Innovationen herbeigeführt werden, die ein dauerhaftes Wachstum unterstützen und neue wirtschaftliche Chancen entstehen lassen."[42]

Mit der Green-Growth-Strategie will die OECD aufzeigen, unter welchen Rahmenbedingungen Volkswirtschaften wirtschaftliches Wachstum erreichen und dabei die negativen Auswirkungen auf Umwelt und natürliche Ressourcen beschränken können. Es werden fünf „Kanäle" identifiziert, über die neue Wachstumsquellen erschlossen werden können: Produktivität, Innovationstätigkeit, Neue Märkte, Vertrauen und Stabilität.[43]

Nach Einschätzung der OECD mindert „grünes Wachstum" die Risiken von Wachstumsschocks und Ressourcenengpässen und trägt auf diese Weise zu einer langfristigen Stabilisierung der wirtschaftlichen Entwicklung bei. Im Rahmen der Green-Growth-Strategie benennt die OECD eine Reihe von marktwirtschaftlichen Instrumenten, die umweltverträgliches Wachstum fördern. Dazu gehören Steuern sowie Regulierungen, beispielsweise Grenzwerte für Emissionen, Ausbau des Emissionshandels, Förderung von Forschung und Entwicklung im Umwelt- und Energiesektor. Ähnlich wie die UNEP hält auch die OECD die Streichung von Subventionen für notwendig, die die Ziele eines umweltverträglichen Wachstums konterkarieren.

Weltbank: Inclusive Green Growth

Im Vorfeld des Rio+20-Gipfels im Juni 2012 hat die Weltbank ihre Position zum Themenfeld „grünes Wachstum" im Kontext Nachhaltiger Entwicklung klargestellt. Die im Mai 2012 erschienene Publikation *Inclusive Green Growth. The Pathway to Sustainable Development* bezeichnet umweltverträgliches Wachstum als wesentliches Instrument der Nachhaltigen Entwicklung.[44] Entsprechend dem Grundsatz, dass Nachhaltige Entwicklung die drei Dimensionen soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit umfasst, wird Green Growth als Konzept dargestellt, das insbesondere dazu geeignet ist, die Zielkonflikte zwischen der ökologischen und ökonomischen Dimension zu entschärfen. Dazu muss „grünes Wachstum" folgende Kriterien erfüllen: „efficient in its use of natural resources, clean in that it minimizes pollution and environmental impacts, and resilient in that it accounts for natural hazards and the role of environmental management and natural capital in preventing physical disasters. And this growth needs to be inclusive."[45]

Das Konzept der Weltbank betont die soziale Dimension des „grünen Wachstums" stärker als die Green-Growth-Strategie der OECD – was bereits im

40 „We [...] declare that we strengthen our efforts to pursue green growth strategies as part of our response to the current crisis and beyond, acknowledging that ‚green' and ‚growth' can go hand-in-hand"; siehe Organisation for Economic Co-operation and Development (2009).

41 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2011a).

42 Organisation for Economic Co-operation and Development (2011b), S. 1. Die entsprechende Passage in der englischen Fassung lautet: „Green growth means fostering economic growth and development while ensuring that natural assets continue to provide the resources and environmental services on which our well-being relies. To do this it must catalyse investment and innovation which will underpin sustained growth and give rise to new economic opportunities." Siehe Organisation for Economic Co-operation and Development (2011a), S. 9.

43 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2011b), S. 2.

44 The World Bank (2012b), S. 2.

45 Ebenda.

Titel *Inclusive Green Growth* deutlich wird. In diesem Grundsatzpapier unterstreicht die Weltbank: „Critically, we can not presume that green growth is inherently inclusive, but [...] green growth can, and in our view must, be designed in a way that makes it inclusive. While we have good reason to think that improved environmental performance will benefit the poorest and most vulnerable, green growth policies must be carefully designed to maximize benefits and minimize costs for them."[46]

Deutschland: Leitbild der Green Economy

In Deutschland hat sich auf staatlicher Ebene insbesondere das Bundesumweltministerium mit dem Leitbild der Green Economy auseinandergesetzt. Basierend auf den Beschreibungen der Green Economy und des „grünen Wachstums" des UNEP, der OECD und der Weltbank wird seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit die Green Economy als eine Wirtschaftsform definiert, die sich durch innovationsorientiertes, ökologisches und partizipatives Wachstum auszeichnet.

Diese drei Merkmale fassen unterschiedliche Handlungsfelder zusammen. Der Begriff ‚Innovatives Wachstum' umspannt Bereiche wie Bildung sowie Forschung und Entwicklung. In diese Bereiche fallen Themen wie beispielsweise Aktivitäten der Hochschulen bei der Lehre und Forschung in ökologisch relevanten Fachgebieten, Anzahl und Umfang staatlicher Förderprogramme für „grüne" Forschungs- und Entwicklungsprojekte oder die Anzahl der Patentanmeldungen mit Bezug zur Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

Dem ‚Ökologischen Wachstum' werden Bereiche wie die Verbesserung der Ressourceneffizienz, die Senkung der Treibhausgasemissionen, der Schutz der Biodiversität und die Förderung der Lebensqualität zugeordnet. Der Begriff ‚Partizipatives Wachstum' beschreibt zum einen die Teilhabe der Bevölkerung an einer Green Economy und die Verankerung ihrer Grundsätze in der Gesellschaft. Zum anderen umfasst das Partizipative Wachstum den Aspekt der gesamtwirtschaftlichen Bedeutung einer Green Economy. Als Indikator lässt sich dabei beispielsweise der Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Bruttoinlandsprodukt heranziehen.

Auf dieser Grundlage definieren das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt die Green Economy als „Konzept, das dem Leitbild einer umweltverträglichen Wirtschaft folgt, Ökologie und Ökonomie positiv miteinander verbindet und dadurch die gesellschaftliche Wohlfahrt steigert. Die Green Economy fördert umweltverträgliches Wachstum, indem die ökologischen Grenzen anerkannt und ökonomische Knappheiten und Kosten antizipiert werden. [...] Das Konzept der Green Economy ist eingebettet in das übergeordnete Leitbild der nachhaltigen Entwicklung und konkretisiert es zugleich. Dabei steht das Verhältnis zwischen Ökonomie und Ökologie im Mittelpunkt; es werden jedoch auch soziale Auswirkungen adressiert."[47] In dem Memorandum für eine Green Economy, das vom Bundesumweltministerium und dem Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. gemeinsam erarbeitet wurde, wird die Green Economy als eine mit Natur und Umwelt in Einklang stehende, innovationsorientierte Volkswirtschaft charakterisiert, die ökologische Risiken begrenzt und wirtschaftliche Chancen nutzt und dabei folgende Anforderungen erfüllt:[48]

- Vermeidung schädlicher Emissionen und Schadstoffeinträge in alle Umweltmedien,
- Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft, das heißt Abfälle vermeiden, wiederverwerten und umweltverträglich beseitigen sowie regionale Stoffkreisläufe so weit wie möglich schließen,
- absolute Senkung des Einsatzes nicht erneuerbarer Ressourcen, insbesondere durch eine effizientere Nutzung von Energie, Rohstoffen und anderen natürlichen Ressourcen,
- kontinuierliche Substitution nicht-erneuerbarer Ressourcen durch nachhaltig erzeugte erneuerbare Ressourcen,
- langfristig Umstellung auf ein Energiesystem, dessen Basis die erneuerbaren Energien bilden,
- Erhaltung beziehungsweise Wiederherstellung der biologischen Vielfalt sowie der Ökosysteme und ihrer Leistungen.

Die Entwicklung vom Status quo hin zu einer Green Economy wird als Grüne Transformation oder Green Transformation bezeichnet. Auf diesem Weg durchläuft eine Volkswirtschaft sowohl auf der Makro- als auch auf der Mikroebene tief gehende Veränderungen. Der Übergang zu einer Green Economy – auch Greening genannt – betrifft grundsätzlich alle Bereiche einer Volkswirtschaft und wird von Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft beeinflusst.

46 Ebenda.
47 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2012a), S. 58.
48 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2012), S. 9.

Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Treiber der Grünen Transformation

Angesichts der sich zuspitzenden Bedrohung der natürlichen Lebensgrundlagen ist ein „Weiter so“ keine Option: Es bedarf einer nachhaltigen Umgestaltung der Ökonomie nach den Grundsätzen einer Green Economy.

Für die Fortschritte dieser Grünen Transformation spielt die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz eine Schlüsselrolle, denn die Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges tragen mit ihren Produkten, Verfahren und Dienstleistungen zur Lösung der ökologischen Herausforderungen bei. Hinzu kommt, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz das Greening, das heißt die Grüne Transformation, in anderen Wirtschaftszweigen maßgeblich unterstützt. Die Überschneidungen mit beziehungsweise die Verankerung der deutschen GreenTech-Branche in klassischen Industriezweigen wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie, der Chemischen Industrie und der Elektroindustrie führt zu positiven, wechselseitigen Impulsen für die ökologische Modernisierung.

Die entscheidende Rolle der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz beim Strukturwandel hin zu einer Green Economy wird insbesondere in den Handlungsfeldern deutlich, in denen vor dem Hintergrund des Klimawandels und der Ressourcenknappheit die Grundbedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung befriedigt werden müssen. Die zentrale Herausforderung besteht darin, wie sich die existenziellen Bedürfnisse nach Wasser und Nahrung, Energieversorgung und Wohnen stillen lassen, ohne die ökologischen Grundlagen des Planeten Erde zu zerstören oder irreversibel zu schädigen.

Zukunftsfähige Lösungen für diese Herausforderungen sind nur durch „grüne“ Innovationen und eine zunehmende Marktdurchdringung beziehungsweise Anwendung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu erreichen.

Entscheidend sind dabei integrierte Ansätze, die der Komplexität und den Zusammenhängen von Umweltproblemen Rechnung tragen. Gefordert sind deshalb Systemlösungen: Durch die intelligente Verknüpfung „grüner“ Produkte, Verfahren und Dienstleistungen entstehen innovative Lösungen, die maßgeblich dazu beitragen, existenzielle Bedürfnisse zu befriedigen und zugleich die Tragfähigkeit der Ökosysteme berücksichtigen.

Die Kombination „grüner“ Technologien schafft einen Mehrwert, der die Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Treiber der Grünen Transformation unterstreicht. Dieser Mehrwert soll anhand der drei Bereiche Smart Energy, Smart Building sowie Smart Mobility illustriert werden. Die Auswahl für diese

Auf einen Blick

Für die Fortschritte der Grünen Transformation spielt die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz eine Schlüsselrolle. Die Unternehmen dieser Querschnittsbranche tragen mit ihren Produkten, Verfahren und Dienstleistungen maßgeblich zur Bewältigung ökologischer Herausforderungen bei.

Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz fördert die Grüne Transformation in anderen Wirtschaftszweigen. Die Überschneidungen mit beziehungsweise die Verankerung der deutschen GreenTech-Branche in klassischen Industriezweigen wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobilindustrie, der Chemischen Industrie und der Elektroindustrie führt zu positiven, wechselseitigen Impulsen für die ökologische Modernisierung der Volkswirtschaft.

Entscheidend sind dabei integrierte Ansätze, die der Komplexität und den Zusammenhängen von Umweltproblemen Rechnung tragen. Gefordert sind deshalb Systemlösungen: Durch die intelligente Verknüpfung „grüner“ Produkte, Verfahren und Dienstleistungen entstehen innovative Lösungen, die maßgeblich dazu beitragen, existenzielle Bedürfnisse zu befriedigen und zugleich die Tragfähigkeit der Ökosysteme berücksichtigen.

exemplarische Darstellung erfolgte vor allem nach dem Kriterium, dass diese drei Bereiche maßgeblich der Befriedigung der Bedürfnisse nach Energieversorgung, Wohnen und Mobilität dienen und gleichzeitig wesentlichen Einfluss auf die weitere Entwicklung der globalen Erwärmung sowie der Ressourceneffizienz haben. Hinzu kommt, dass sich in den Bereichen Smart Energy, Smart Building und Smart Mobility besonders deutlich zeigt, wie „grüne" Produkte, Verfahren und Dienstleistungen umweltverträgliche Lösungen für die Praxis schaffen können. Zu unterstreichen ist dabei die Funktion der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Intelligente Technologien bilden die Grundlage für die Verknüpfung und Vernetzung einzelner Komponenten, die wiederum die Voraussetzung für ganzheitliche Lösungsansätze darstellen.

Smart Energy

Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit – diesen Ansprüchen muss die Energiepolitik des 21. Jahrhunderts genügen und angesichts der mit der globalen Erwärmung einhergehenden Gefahren den weltweit steigenden Energiebedarf sicherstellen. Dabei besteht ein enger Zusammenhang zwischen Klimaschutz und Energieversorgung, denn der Energiesektor ist die größte Emissionsquelle für Treibhausgase. Der Kampf gegen den Klimawandel ist nur zu gewinnen, wenn die CO_2-Emissionen bei der Energieerzeugung erheblich reduziert werden.[49] Dies macht den Umbau des Energiesektors zu einem entscheidenden Handlungsfeld der Grünen Transformation.

In Deutschland bilden das im Herbst 2010 beschlossene Energiekonzept der Bundesregierung und das im Juni 2011 verabschiedete Gesetzespaket zur Energiewende den politischen Rahmen für diese Umgestaltung des Energiesektors. Diese Reformen beinhalten drei Kernpunkte: (1) den Ausstieg aus der wirtschaftlichen Nutzung der Kernenergie bis spätestens Ende des Jahres 2022, (2) die Verbesserung der Energieeffizienz, vor allem von Gebäuden, im Verkehrssektor und beim Stromverbrauch sowie (3) den Ausbau der erneuerbaren Energien. Ihr Anteil am Bruttostromverbrauch soll bis 2035 auf 55 bis 60 Prozent und bis 2050 auf 80 Prozent wachsen.

Diese Zielsetzung ist nur durch eine tiefgreifende Umgestaltung des Energiesystems zu erreichen, die hier unter dem Begriff „Smart Energy" gefasst wird. Gefordert ist ein intelligenter Umbau der Energieversorgung, der unterschiedliche, miteinander verknüpfte Bereiche des Energiesystems erfasst. Dazu gehören die Markt- und Systemintegration der erneuerbaren Energien, die Optimierung des Lastmanagements, der Ausbau der Stromnetze und die Schaffung von Speicherkapazität. Bei dieser Transformation des Energiesektors spielt die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz eine Schlüsselrolle, insbesondere die Technologielinien des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie.

Die Dezentralisierung der Energieversorgung wird durch die technologischen Fortschritte bei den Systemen zur Erzeugung von Strom und Wärme aus regenerativen Quellen ermöglicht. Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen sowie Biogas-Anlagen haben sich zu wichtigen Bausteinen der dezentralen Energieversorgung entwickelt und die Struktur der Energiemärkte verändert: Die Solarmodule auf dem Dach machen den Hausbesitzer sowohl zum Stromproduzenten als auch zum Stromabnehmer, wenn er zusätzlich zur Eigenerzeugung auf den Netzstrom zurückgreift.

Durch die Verknüpfung unterschiedlicher regenerativer Energieträger und Blockheizkraftwerke entstehen energieeffiziente und CO_2-arme Optionen der Energieversorgung. Ein Beispiel für die dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme sind Blockheizkraftwerke. Sie produzieren Strom in unmittelbarer Nähe des Ortes, wo die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme verwendet werden soll. Die Übertragungsverluste sind gering, weil die thermische Energie keine langen Wege zurücklegen muss. Mit Warmwasserspeichern ist es möglich, dass die Stromproduktion und die Nutzung der dabei entstehenden Wärme zeitlich versetzt genutzt wird. Blockheizkraftwerke nutzen das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Deren Ausbau ist aufgrund der hohen Energieeffizienz nicht nur im Rahmen der dezentralen Energieversorgung sinnvoll, sondern auch für Großkraftwerke. Abbildung 1 zeigt schematisch, wie ein Blockheizkraftwerk für die dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme eingesetzt wird. Dabei kann der Strom sowohl für den Eigenverbrauch genutzt als auch ins Stromnetz eingespeist werden. Die bereitgestellte

49 Der Fünfte Sachstandsbericht des IPCC quantifiziert das Ausmaß der notwendigen Dekarbonisierung des Energiesektors: Seine CO_2-Emissionen müssten bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts (2040 bis 2070) um 90 Prozent im Vergleich zum Jahr 2010 sinken. Vgl. Deutsche IPCC Koordinierungsstelle (2014c), S. 2.

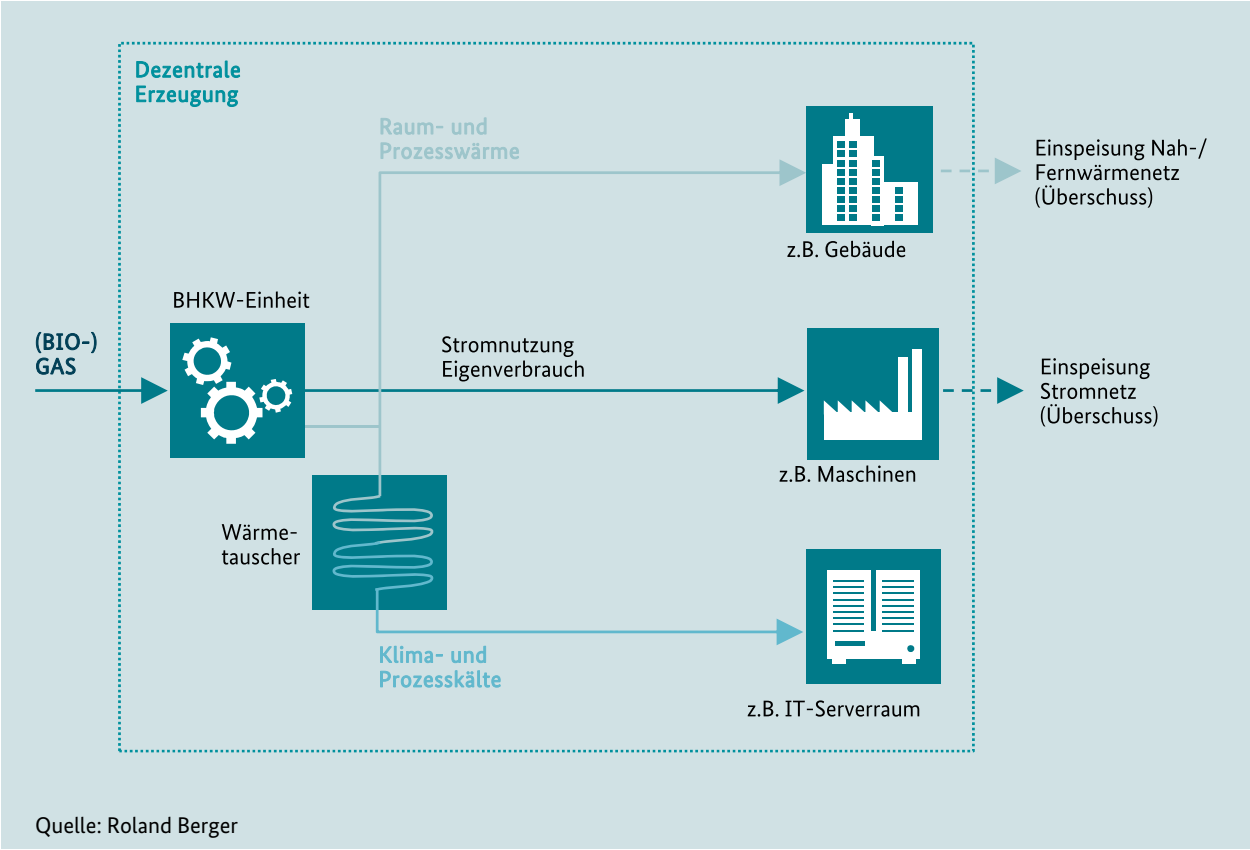


Abbildung 1: Dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme durch Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Anwendungsbeispielen

Wärme lässt sich als Raum- und Prozesswärme oder – nach dem Durchlaufen eines Wärmetauschers – auch als Klima- und Prozesskälte nutzen.

Den Mehrwert der Verknüpfung einzelner Technologielinien aus dem Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie machen auch Virtuelle Kraftwerke deutlich; sie können ebenfalls einen wichtigen Part für die Systemintegration erneuerbarer Energien übernehmen: Kleine und mittelgroße dezentrale Stromerzeuger wie Windenergie- und Solar-Anlagen, Wasserkraftwerke und Biogas-Anlagen vernetzen sich zu einem Virtuellen Kraftwerk. Im Verbund können die dezentralen Erzeuger ihre Kapazitäten an der Strombörse verkaufen oder den Netzanbietern als Regelreserve anbieten. Die Voraussetzungen für diese Vernetzung zum Virtuellen Kraftwerk haben – neben den Technologielinien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz – die Fortschritte der Informations- und Kommunikationstechnik geschaffen.

Bei der Umgestaltung des Energiesystems sind Speichertechnologien von entscheidender Bedeutung. Speicher müssen in Phasen eines Stromüberschusses elektrische Energie „zwischenlagern“ und bei hoher Nachfrage wieder ins Netz einspeisen. Das Marktsegment Speichertechnologien bietet hier innovative Lösungsansätze, beispielsweise Power-to-Gas: Mit dem Strom aus Windenergie- oder Solaranlagen wird Wasser durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Der „grüne“ Wasserstoff kann gespeichert werden, etwa im Erdgasnetz, und bei Bedarf rückverstromt oder zu Heizzwecken eingesetzt werden. Eine andere Variante ist Gewinnung von „Erdgas aus Ökostrom“. Dabei entsteht durch die chemische Reaktion des Wasserstoffs mit Kohlendioxid Methan, sozusagen synthetisches Erdgas; es lässt sich zur Stromerzeugung, als Treibstoff für Fahrzeuge und für Erdgasheizungen verwenden.

Smart Building

Die Rolle des Immobiliensektors bei der Verbesserung der Energieeffizienz wird bisweilen unterschätzt, wenn sich der Blickwinkel auf das Stromsparen verengt. Aber in Deutschland entfallen etwa 35 Prozent des Primärenergieverbrauchs auf das Heizen und Kühlen von Gebäuden. In privaten Haushalten werden rund 85 Prozent des gesamten Energiebedarfs für die Raumerwärmung und die Bereitstellung von Warmwasser eingesetzt.[50] Die UN-Initiative *Sustainable Energy for All* hat ausgerechnet, dass die Energieeinsparung, die durch eine energetische Sanierung aller Gebäude weltweit erreichbar wäre, dem gesamten Energiejahresverbrauch der USA, Russlands, Indiens und Afrika entspräche.[51]

Angesichts dieser Zahlen liegt es auf der Hand, dass dem Immobiliensektor ein wesentlicher Part für die Verbesserung der Ressourceneffizienz und der Minderung der CO_2-Emissionen zukommt. Bis 2050 soll in Deutschland der Primärenergiebedarf von Gebäuden gegenüber dem Basisjahr 2008 um 80 Prozent reduziert werden.[52]

Die Verwirklichung dieser ambitionierten Pläne verlangt ein mehrgleisiges Herangehen: Zum einen gilt es, die Sanierung von Bestandsgebäuden voranzutreiben; zum anderen sollten bei Neubauten alle Möglichkeiten einer energieeffizienten und klimaschonenden Bauweise ausgeschöpft werden. Eine Schlüsselrolle spielt dabei das Konzept Smart Building. Es umfasst nicht nur bauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Neubauten und bei der Sanierung, sondern zielt insbesondere auf Effizienzeffekte durch intelligente Steuerung. So wird ein Smart Building als Gebäude definiert, das „unter Einsatz von durch IKT gestützten Technologien entworfen, gebaut oder betrieben [wird]. Ziel von Smart Building ist eine energetische Effizienzsteigerung in allen Stufen des Lebenszyklus von Gebäuden“[53].

Auch wenn ein Smart Building wesentliche Vorzüge in Hinblick auf die Verbesserung der Energieeffizienz aufweist, darf es nicht auf diesen Aspekt reduziert werden: Ein wesentliches Merkmal eines „intelligenten Gebäudes“ ist die Integration unterschiedlicher Funktionen, beispielsweise Gebäudeautomation, Beleuchtung, Sicherheit und Brandschutz.

Diese Multi-Funktionalität lässt sich erreichen, wenn „zuvor einseitig genutzte Bereiche [...] durch die adaptive Gestaltung einen Mehrwert [erhalten]“.[54] Ein Beispiel dafür ist die Gebäudehülle: Sie kann als Kraftwerk zur Stromerzeugung, zum Lärmschutz und als Senke für CO_2-Emissionen oder andere Schadstoffe dienen.

Produkte, Verfahren und Dienstleistungen aus verschiedenen Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ermöglichen gemeinsam die Umsetzung von Smart-Building-Lösungen. Die Bandbreite der Marktsegmente und Technologielinien, die hier zum Einsatz kommen, reicht von den Erneuerbaren Energien über Speichertechnologien, Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik, Mess-, Steuer- und Regeltechnik bis hin zur Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung. Als typische Querschnittsbranche entfaltet die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ihr volles Potenzial bei der Realisierung von Smart Building im Zusammenspiel mit allen wichtigen Akteuren des Immobiliensektors.

Die Bauindustrie ist beispielsweise bei der Gestaltung und Ausführung der Gebäudehülle gefordert, etwa durch intelligente Lösungen wie die Integration von Photovoltaik-Modulen in die Fassade. Außerdem ist die Gebäudehülle entscheidend, damit nicht mehr Energie als nötig aus dem Gebäude nach außen entweicht.

Als wesentliche Akteure des Smart-Building-Konzepts sind auch Anbieter von Produkten zur Technischen Gebäudeausstattung (TGA) gefordert. Hocheffiziente Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen reduzieren den Ressourcenverbrauch erheblich. Bei der Steuerung der Gebäudetechnik spielt die IKT eine maßgebliche Rolle. Beispielsweise gibt es Webserver, die Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen mit den Elektro-Anlagen eines Gebäudes verknüpfen. So lassen sich unter anderem Energieverbrauch und Temperaturverlauf standortunabhängig über das Internet überprüfen und steuern.

Ein großer Teil des Energieverbrauchs eines Gebäudes wird in der Betriebsphase bestimmt. Insofern haben auch das Facility Management und die Gebäudeautomation wichtige Funktionen im Rahmen des Smart-Building-Konzepts. Bei der Gebäudeautomation steuert

50 Vgl. Deutsche Energie-Agentur (2014a).

51 Vgl. Sustainable Energy for All (2013).

52 Dieses Ziel ist im 2010 verabschiedeten Energiekonzept der Bundesregierung formuliert. Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010).

53 Vgl. SMART 2020 Addendum Deutschland (2008), S. 33.

54 Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2014).

eine zentrale Einheit die Heizungs-, Klima-, Lüftungsanlage sowie Beleuchtung, Jalousien und andere Systeme der Gebäudetechnik.

Konzepte zur intelligenten Steuerung von Heizungsanlagen gibt es inzwischen nicht nur für gewerblich genutzte Gebäude, sondern auch für Privathaushalte. Auf dem Markt ist eine Reihe von Apps, mit der sich Heizungen per Smartphone oder Tablet (fern-)steuern lassen. Im Angebot ist außerdem Software, die diese Steuerung in Abhängigkeit von der Wetterprognose eigenständig übernimmt.

Ein besonders anschauliches Beispiel, wie sich im Immobiliensektor unterschiedliche Technologien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz verknüpfen lassen, ist das Plus-Energiehaus. Durch die Kombination dezentraler Systeme zur regenerativen Energieerzeugung, energieeffizienter Bauweise und intelligenter Gebäudetechnik sind solche Gebäude in der Lage, über den eigenen Bedarf hinaus Energie zu erzeugen und diesen „Überschuss“ in das öffentliche Netz einzuspeisen.

Eng verbunden mit dem Themenkomplex Smart Building und Nachhaltigkeit des Immobiliensektors ist die Stadtentwicklung. Nachhaltige Stadtwicklung hat den Anspruch, dass ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden, und zwar in Hinblick auf unterschiedliche Subsysteme wie Energie, Mobilität, Umwelt, Kommunikation, Verwaltung, Gesundheit und Sicherheit.[55] Daraus ergeben sich folgende zentrale Handlungsfelder für die Grüne Transformation der Städte: Energieversorgung aus regenerativen Quellen, Energieeffizienz, effiziente Wassernutzung, Gebäudesanierung und Ausbau von Grünflächen, zuverlässige und schnelle Angebote des Öffentlichen Personennahverkehrs sowie eine Infrastruktur zur Entsorgung und Verwertung von Abfällen.[56] Intelligente Technologien bilden die Grundlage für die Vernetzung dieser Handlungsfelder – Stichwort Smart City.

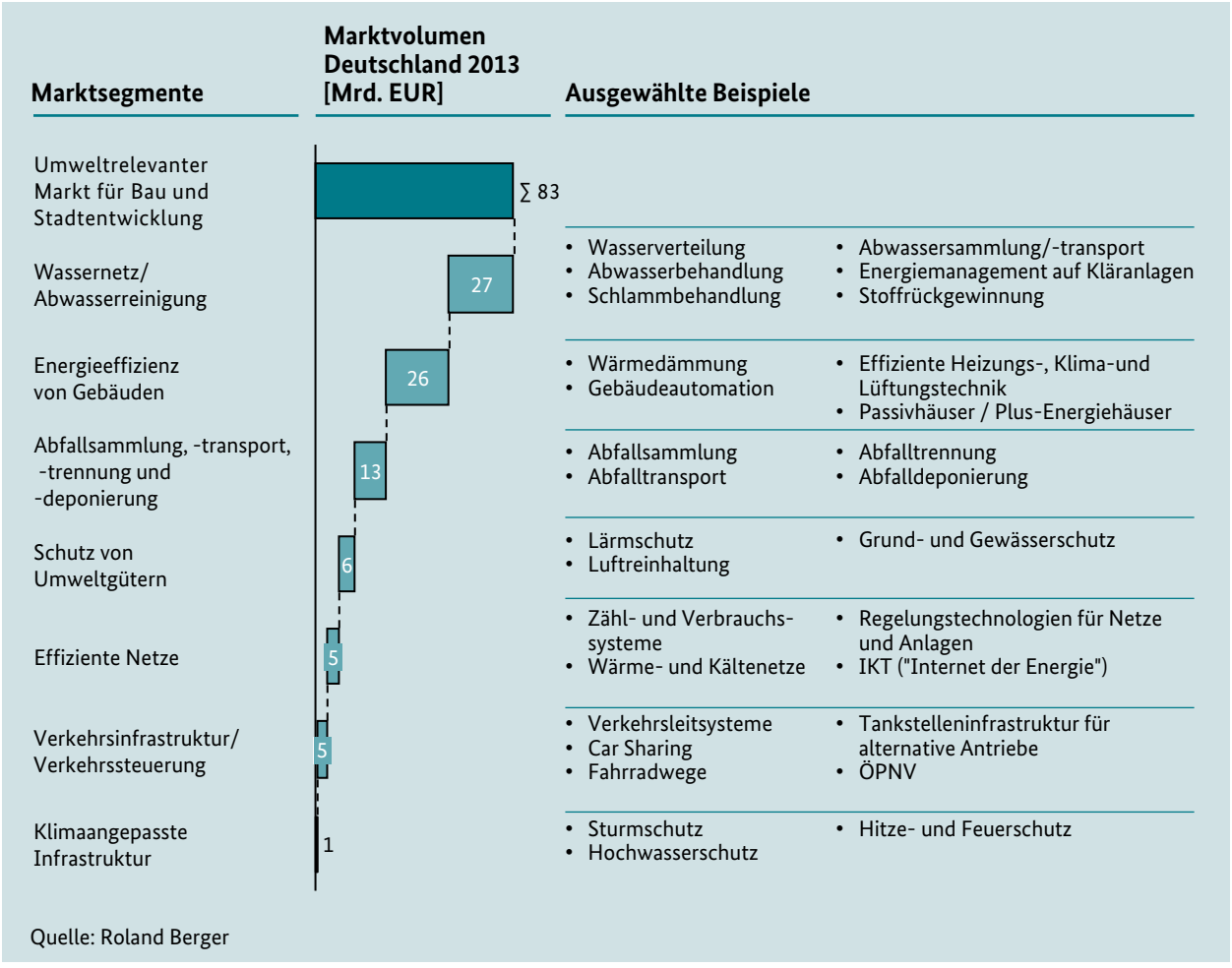


Abbildung 2: Marktvolumen und Anwendungsbeispiele der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Bereich umweltrelevanter Markt für Bau und Stadtentwicklung (in Milliarden Euro)

55 Vgl. acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (Hrsg.) (2011), S. 13ff.

56 Vgl. United Nations, Department of Economic and Social Affairs (2014b), S. 53.

Diesen Handlungsfeldern lassen sich unterschiedliche Marktsegmente der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zuordnen (siehe Abbildung 2). In Deutschland summierte sich das Volumen der umweltrelevanten Marktsegmente für Bau und Stadtentwicklung im Jahr 2013 auf 83 Milliarden Euro. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, entfällt mehr als die Hälfte dieses Marktvolumens auf die Bereiche Wassernetz/Abwasserreinigung (27 Milliarden Euro) und Energieeffizienz von Gebäuden (26 Milliarden Euro).

Das gesamte Bauvolumen für Deutschland belief sich 2013 auf 310 Milliarden Euro. Daran wird die Bedeutung der umweltrelevanten Marktsegmente für Bau und Stadtentwicklung für die Baubranche insgesamt deutlich: Mit 83 Milliarden Euro stellen sie einen Anteil von 27 Prozent am gesamten Bauvolumen in Deutschland (siehe Abbildung 3).

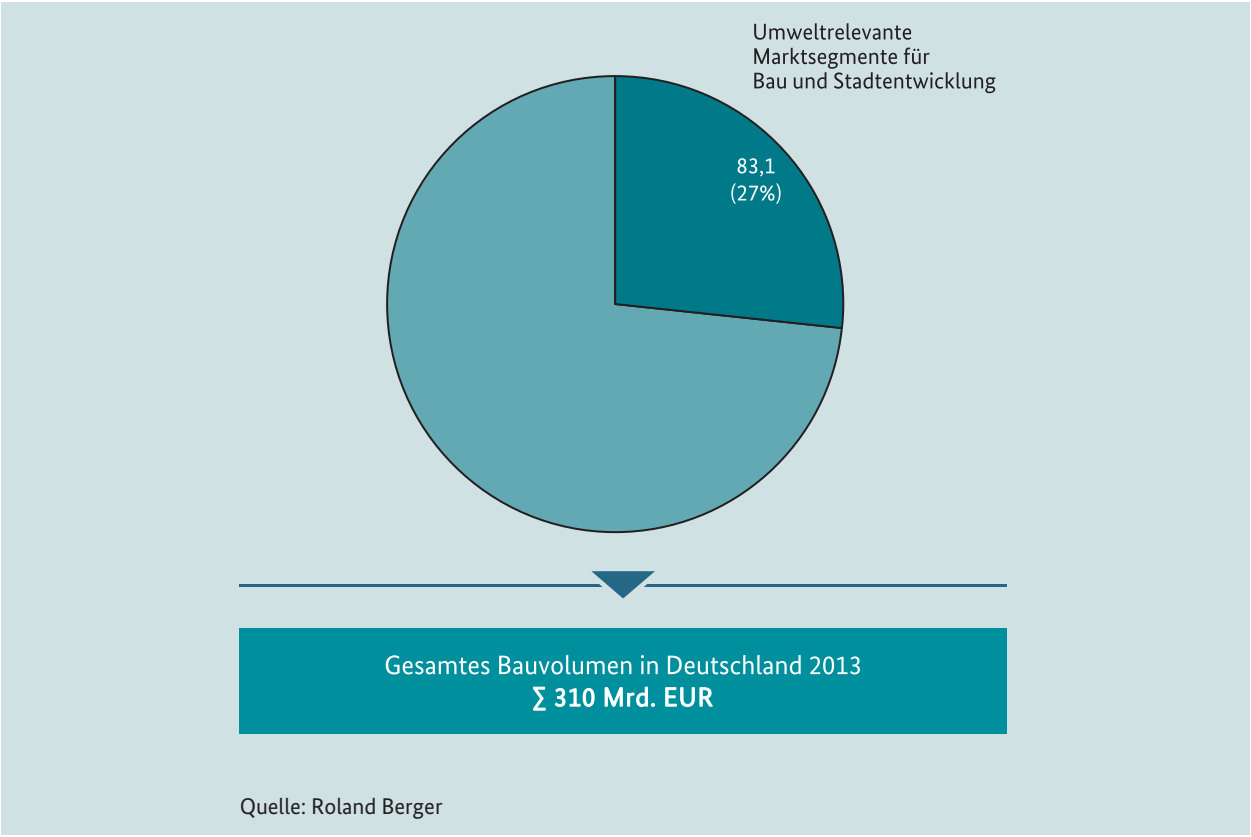


Abbildung 3: Anteil umweltrelevanter Marktsegmente für Bau und Stadtentwicklung am gesamten Bauvolumen in Deutschland 2013 (in Milliarden Euro und Prozent)

Smart Mobility

Die Mobilität von Personen ist ein Ausdruck individueller Lebensqualität und persönlicher Freiheit. Und der Transport von Gütern bildet eine Grundlage für das Funktionieren von Wirtschaftssystemen. Mobilität ist eine Voraussetzung für das soziale Zusammenleben und den ökonomischen Wohlstand moderner arbeitsteiliger Gesellschaften. Jedoch geht der weltweit wachsende Verkehr immer stärker zu Lasten der Umwelt: Flächenverbrauch, Lärm und Schadstoffemissionen sind die Kehrseiten der zunehmenden Mobilität. Hinzu kommt, dass der Treibhausgasausstoß des Verkehrssektors erheblich zum Klimawandel beiträgt. Mobilität auf dem Land-, See- und Luftweg verursacht einen Anteil von rund 22 Prozent der weltweiten CO_2-Emissionen.[57] Die CO_2-Bilanz des Verkehrssektors fällt so hoch aus, weil seine Energiebasis nach wie vor von fossilen Kraftstoffen dominiert wird: Der Grad der Abhängigkeit vom Erdöl liegt bei 90 Prozent.[58]

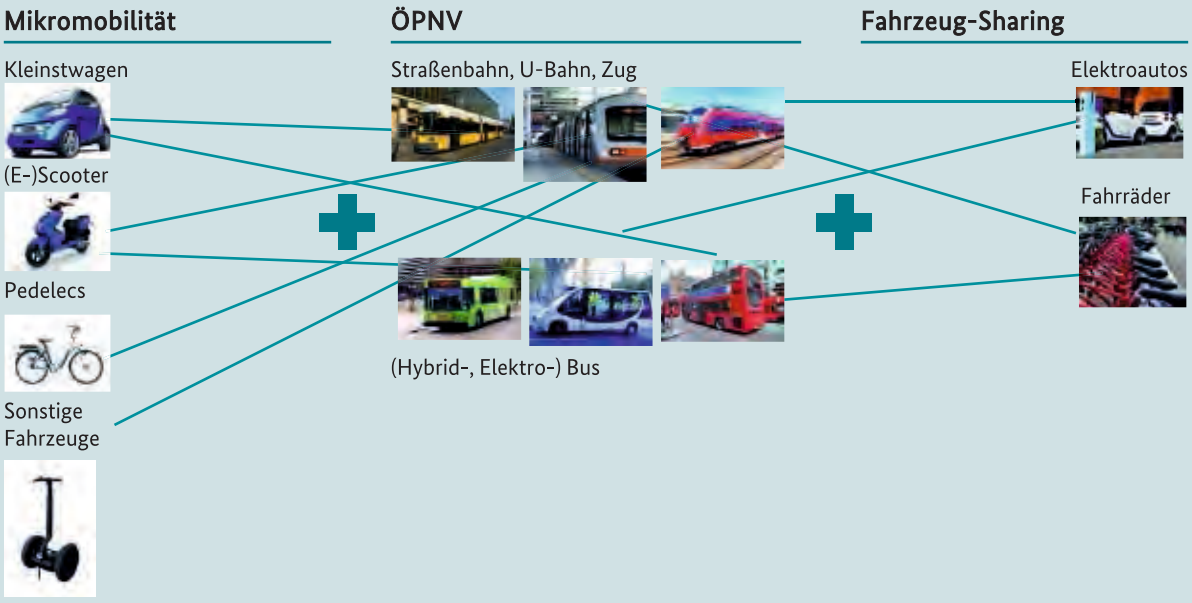
57 Vgl. International Energy Agency (2013a), S. 71.

58 Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013), S. 15.

In Deutschland liegt der Anteil des Verkehrssektors an den CO_2-Emissionen bei 16 Prozent.[59] Sein Anteil am gesamten Endenergieverbrauch beträgt 29 Prozent.[60] Nach dem Energiekonzept der Bundesregierung soll der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors bis 2020 um zehn Prozent, bis 2050 um rund 40 Prozent gegenüber 2005 sinken.[61] Auf Ebene der Europäischen Union existieren politische Ziele, um die CO_2-Emissionen des Verkehrssektors zu senken: Bis 2020 ist eine Reduktion um 20 Prozent gegenüber 2008 vorgesehen.[62]

Ein zentrales Feld, um diese Minderungsziele zu erreichen, ist der motorisierte Individualverkehr. Auf dieses Segment des Verkehrssektors entfällt der höchste Anteil am Energieverbrauch und an den CO_2-Emissionen.[63]

Die Anforderungen einer Green Economy in Hinblick auf Energieeffizienz und Minderung der CO_2-Emissionen lassen sich nur durch die Umgestaltung des Verkehrssektors erreichen. Voraussetzung dafür sind Technologien für eine ressourcenschonende und



Quelle: Fraunhofer; Roland Berger

Abbildung 4: Smart Mobility basiert auf der Verknüpfung verschiedener Verkehrsmittel

klimafreundliche Mobilität, die hier unter dem Begriff Smart Mobility gefasst werden. Wie in den Bereichen Smart Energy und Smart Building kommt es bei der Verwirklichung des Konzeptes Smart Mobility auf das Zusammenwirken unterschiedlicher Technologielinien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz sowie von Informations- und Kommunikationstechnologien an.

Damit die nachhaltige Ausrichtung des Verkehrssektors gelingen kann, müssen bei der Beförderung von Personen und Gütern die Energieeffizienz und die Umweltfreundlichkeit von Verkehrsträgern verbessert werden. Dafür gibt es eine Reihe von Ansatzpunkten, die im Rahmen ganzheitlicher Lösungen aufeinander abgestimmt werden müssen.

Der motorisierte Individualverkehr bietet erhebliches Potenzial, um den Ressourcenverbrauch, die CO_2-Emissionen sowie weitere negative Auswirkungen wie Schadstoffbelastung der Luft und Lärm zu reduzieren. Ein Hebel, um dieses Ziel zu erreichen, ist die Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren, etwa durch Technologien wie Benzin-Direkteinspritzung oder umweltschonendes Fahrzeugdesign (Leichtbau, verbesserte Aerodynamik).

Alternative Antriebstechnologien stellen einen erfolgversprechenden Weg dar, den Verkehrssektor aus der übergroßen Öl-Abhängigkeit zu führen und seine Dekarbonisierung voranzubringen. Fahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb rollen in der Betriebs-

59 Angaben für das Jahr 2012. Vgl. Eurostat (2014a).
60 Angaben für das Jahr 2012. Vgl. Eurostat (2014b).
61 Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013), S. 15.
62 Vgl. Deutsche Energie-Agentur (2012), S. 46.
63 Vgl. ebenda, S. 48.

phase ohne CO_2-Emissionen. Werden Elektroautos mit regenerativ erzeugtem Strom betrieben, leisten sie einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Mobilität. Eine weitere alternative Antriebstechnologie ist der Brennstoffzellenantrieb. In einer Brennstoffzelle an Bord des Fahrzeugs wird Wasserstoff in Protonen und Elektronen gespalten. Die bei diesem Prozess freigesetzte chemische Energie wird in elektrische Energie gewandelt, die den Motor antreibt.

Diese alternativen Antriebsarten sind auch im Kontext eines nachhaltigen Energiesystems relevant, weil die Batterien im Elektroauto und der Wasserstoff für den Betrieb der Brennstoffzelle im Prinzip als dezentrale Speicher fungieren können.

Als ein zentraler Baustein eines Smart-Mobility-Konzepts gilt vor allem in städtischen Räumen die Verknüpfung unterschiedlicher Verkehrsträger. Auch die Integration von Fahrzeugen mit Elektroantrieb (Autos, E-Scooter und E-Bikes) gewinnt dabei an Bedeutung. Durch eine Verzahnung des Individualverkehrs mit attraktiven Angeboten des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) besteht die Chance, das Verkehrsaufkommen in den Städten zu reduzieren. Um den sogenannten „Umweltverbund“ der Verkehrsträger ÖPNV, Fahrrad und Füße zu stärken, bedarf es des Ausbaus von Fahrradleihsystemen, Car-Sharing-Angeboten und Park-and-Ride-Konzepten. Unter diesen Voraussetzungen kann eine größere Akzeptanz für Alternativen zum herkömmlichen motorisierten Individualverkehr erreicht werden.

Die Voraussetzung für die in Abbildung 4 dargestellten Verknüpfungen sind leistungsfähige Informations- und Kommunikationstechnologien. Sie spielen auch eine Schlüsselrolle bei der Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur. Beispielsweise verringern Systeme zur Verkehrsflusssteuerung die Risiken von Staus und die Unfallgefahr.

InterCity EXPRESS

3 Umwelttechnik und Ressourceneffizienz – Abgrenzung und Aufschlüsselung der Leitmärkte

„The ‚green' or ‚clean' or low-carbon economy, defined as the sector of the economy that produces goods and services with an environmental benefit – remains at once a compelling aspiration and an enigma."[1] – Nicht nur für die Autoren der Studie *Sizing the Clean Economy* ist die Umweltwirtschaft ein Wirtschaftszweig mit diffusen Konturen: Während beispielsweise beim Maschinenbau, der Elektrotechnik oder der Chemieindustrie trotz hoher Branchendifferenzierung recht klare Vorstellungen darüber bestehen, was die Unternehmen dieser Branchen herstellen und ihren Kunden anbieten, entzieht sich die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz einfachen Zuschreibungen.

Die „schillernde" Branche firmiert unter diversen Bezeichnungen – Cleantech, Grüne Zukunftsmärkte, GreenTech, Umwelttechnologien etc. Die Vielfalt der Begriffe ist nicht nur ein Ausdruck terminologischer Kreativität, sondern ein Zeichen der Mehrdeutigkeit. Um die „grünen" Märkte qualitativ und quantitativ abzugrenzen und zu analysieren, wird in dieser Publikation die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz über Leitmärkte definiert, in denen für die Zukunft der Menschheit existenzielle Herausforderungen besonders eng verknüpft sind.

1 Brookings (2011), S. 3.

Die sechs Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz umfassen Kernfelder, in denen die Antworten auf eine Schlüsselfrage liegen: Wie können die Grundbedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung befriedigt werden, ohne dabei die ökologischen Grundlagen des Planeten Erde zu zerstören. Die Technologien der Leitmärkte bieten einerseits Lösungen für die Erhaltung der Ökosysteme, andererseits tragen sie zur Befriedigung grundlegender menschlicher Bedürfnisse bei und zeichnen sich durch eine besonders hohe wirtschaftliche Dynamik aus.

Anhand von sechs Leitmärkten, ihrer Marktsegmente und Technologielinien wird die Systematik der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erläutert. Der Blick auf die Gesamtheit des Wirtschaftszweiges und seiner Leitmärkte macht die großen Entwicklungslinien deutlich, die den Status quo und die Perspektiven der GreenTech-Branche prägen. Detailaufnahmen zeigen die Veränderungen in einzelnen Segmenten.

In der einschlägigen Literatur mangelt es nicht an Definitionen für die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.[2] Allerdings lassen diese – häufig recht weit gefassten – Erklärungen Spielraum für Interpretationen, sodass sie sich nur bedingt als handhabbare Grundlage für die Analyse von „grünen“ Märkten eignen.

Immerhin bieten die vielfältigen Branchenbeschreibungen einen Konsens über das zentrale Merkmal der relativ jungen GreenTech-Branche: Ihre Produkte, Verfahren und Dienstleistungen dienen dem Schutz der Umwelt und der Minimierung des Ressourcenverbrauchs. Demnach lässt sich die Umweltwirtschaft in einer weitgefassten Definition so beschreiben: „Die Umweltwirtschaft (als Kurzform von Umweltschutzwirtschaft) ist die [...] verwendete Branchenbezeichnung für all diejenigen Unternehmen, die Umweltschutzgüter und -dienstleistungen zur Vermeidung, Verminderung und Beseitigung von Umweltbelastungen anbieten.“[3] Dazu zählen sowohl der additive Umweltschutz als auch der integrierte Umweltschutz. Maßnahmen des additiven Umweltschutzes sind der Produktion beziehungsweise dem Konsum nachgelagert; umweltschädliche Auswirkungen werden nachträglich beseitigt. Solche nachgeschalteten Produkte und Verfahren – etwa Filter zur Reinigung der Luft von Abgasen – werden häufig auch als „klassischer“ Umweltschutz bezeichnet.

Zum integrierten Umweltschutz zählen emissionsarme Produktionsprozesse und -verfahren sowie umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen, „die kontinuierlich Umwelteinwirkungen reduzieren oder eliminieren, die aber in den meisten Fällen für einen anderen Zweck als den Umweltschutz angeboten werden“.[4] Als Beispiele für solche prozessintegrierten Technologien und umweltfreundliche Produkte werden lösemittelfreie Lackierverfahren und energiesparende Verbrennungstechniken sowie energiespa-

Auf einen Blick

Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist eine Querschnittsbranche, die zahlreiche Überschneidungen mit anderen Wirtschaftszweigen aufweist, beispielsweise dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektrotechnik und dem Fahrzeugbau.

Das wesentliche Merkmal der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz besteht darin, dass ihre Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zum Schutz der Umwelt und zur Minimierung des Ressourcenverbrauchs beitragen.

Die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird über Leitmärkte definiert. In diesen Teilbereichen sind ökonomische Belange und ökologische Herausforderungen besonders eng verknüpft. Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird in sechs Leitmärkte unterteilt:

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

2 Vgl. dazu beispielhaft zwei Definitionen: Einmal wird der Begriff „Umwelttechnologie“ als „Wissenspotenzial und technische Verfahren zur Verringerung von Umwelttechnologie“ definiert (Gabler, 2014a). Die Definition der OECD/Eurostat beschreibt die Umwelttechnik (‚environment industry‘) folgendermaßen: „The environmental goods and services industry consists of activities which produce goods and services to measure, prevent, limit, minimise or correct environmental damage to water, air and soil, as well as problems related to waste, noise and eco-systems. This includes cleaner technologies, products and services that reduce environmental risk and minimize pollution and resource use.“ (Organisation for Economic Co-operation and Development/Eurostat(1999), S. 10).

3 Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014a), Umweltbundesamt (Hrsg.) (2014), S. 11.

4 Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie/ifo Institut (2010), S. 11.

rende Motoren und FCKW-freie Kühlschränke angeführt.[5]

Diese Definition enthält bereits einen Hinweis auf die Problematik der Abgrenzung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu anderen Branchen: Die Produkte, Verfahren und Dienstleistungen des integrierten Umweltschutzes lassen sich anhand gängiger Statistiken nur schwer erfassen: So wird ein hocheffizienter elektrischer Antrieb nicht als Umweltschutzgut geführt, sondern im Güterverzeichnis der Produktionsstatistiken bei den elektrischen Ausrüstungen. Innerhalb dieser Kategorie ist jedoch keine Unterscheidung zwischen umweltschonenden Modellen und solchen mit hohem Energieverbrauch vorgesehen.

Solche Überschneidungen mit Schlüsselindustrien wie der Elektrotechnik, dem Maschinen- und Anlagenbau oder dem Fahrzeugbau weisen die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als typische Querschnittsbranche aus. Die Abgrenzung ist schwierig, denn die Trennlinien zu anderen Wirtschaftszweigen verlaufen oft unscharf.

Eine Form der Abgrenzung ist jedoch die Voraussetzung, um die bisherige Entwicklung und die Perspektiven der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu analysieren. In der 2007 gestarteten Reihe der GreenTech-Publikationen[6] wird die Branche deshalb über Leitmärkte definiert.

Als Leitmärkte werden wesentliche Teilbereiche der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bezeichnet. Auf diesen Kernfeldern sind für die Zukunft der Menschheit existenzielle Herausforderungen besonders eng verknüpft: Es geht darum, wie die Grundbedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung befriedigt werden können ohne dabei die ökologischen Grundlagen des Planeten Erde zu zerstören. Die Technologien der Leitmärkte bieten einerseits Lösungen für die Erhaltung der Ökosysteme, andererseits tragen sie zur Befriedigung grundlegender menschlicher Bedürfnisse bei und zeichnen sich durch eine besonders hohe wirtschaftliche Dynamik aus. Zu den Grundbedürfnissen zählen die Versorgung mit Wasser, Nahrung und mit Energie, Gesundheit und Sicherheit sowie Mobilität. Auf dieser konzeptionellen Grundlage wird die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in sechs Leitmärkte unterteilt:

- Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energien
- Energieeffizienz
- Rohstoff- und Materialeffizienz
- Nachhaltige Mobilität
- Kreislaufwirtschaft
- Nachhaltige Wasserwirtschaft

Ein wesentlicher Vorteil dieses inzwischen etablierten Ansatzes der GreenTech-Leitmärkte liegt in der ganzheitlichen Betrachtung: Sie ermöglicht es, Produkte, Verfahren und Dienstleistungen des integrierten Umweltschutzes in die Branchenanalyse einzubeziehen. Dies wird der zunehmenden Bedeutung dieser integrierten Technologien gerecht. Des Weiteren macht dieser Ansatz die enge Verflechtung zwischen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und den klassischen Wirtschaftszweigen deutlich. Daran wird auch sichtbar, in welchem Umfang die Grüne Transformation bereits die Schlüsselindustrien erfasst hat.

Die Unterteilung in Leitmärkte bildet nach wie vor einen sinnvollen und konsistenten Rahmen für die Untersuchung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Dieses Analyseraster wäre jedoch zu grob, um die Dynamik und die Trends der GreenTech-Branche differenziert zu erfassen und darzustellen. Für diese detaillierte Betrachtung ist eine feinere Gliederung erforderlich: Unterhalb der Leitmärkte gibt es deshalb zwei weitere Ebenen: Marktsegmente und Technologielinien. Dieses dreistufige Schema ermöglicht Analysen auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen: Der Blick auf die Gesamtheit des Wirtschaftszweiges und seiner Leitmärkte macht die großen Entwicklungslinien deutlich, die den Status quo und die Perspektiven der GreenTech-Branche prägen. Detailaufnahmen zeigen die Veränderungen in einzelnen Segmenten.

Die kleinste Einheit und den Ausgangspunkt für die Segmentierung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bilden die Technologielinien. Dieser Begriff umfasst Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Die Technologielinien werden bottom up zu Marktsegmenten zusammengefasst. Diese Marktsegmente bilden die Leitmärkte. Abbildung 5 gibt einen Überblick, welche Marktsegmente den sechs Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zugeordnet sind.
Im Folgenden wird die Segmentierung der einzelnen Leitmärkte detailliert dargestellt.

5 Vgl. ebenda, S. 12.

6 *GreenTech made in Germany* (2007), *GreenTech made in Germany 2.0* (2009), *GreenTech made in Germany 3.0* (2012). Alle Publikationen wurden vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit herausgegeben.

Leitmärkte	Marktsegmente	
Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie	• Erneuerbare Energien • Umweltschonende Nutzung fossiler Brennstoffe • Speichertechnologien	• Effiziente Netze
Energieeffizienz	• Energieeffiziente Produktionsverfahren • Energieeffizienz von Gebäuden • Energieeffizienz von Geräten	• Branchenübergreifende Komponenten
Rohstoff- und Materialeffizienz	• Materialeffiziente Produktionsverfahren • Querschnittstechnologien • Nachwachsende Rohstoffe	• Schutz von Umweltgütern • Klimaangepasste Infrastruktur
Nachhaltige Mobilität	• Alternative Antriebstechnologien • Erneuerbare Kraftstoffe • Technologien zur Effizienzsteigerung	• Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung
Kreislaufwirtschaft	• Abfallsammlung, -transport und -trennung • Stoffliche Verwertung • Energetische Verwertung	• Abfalldeponierung
Nachhaltige Wasserwirtschaft	• Wassergewinnung und -aufbereitung • Wassernetz • Abwasserreinigung	• Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung

Quelle: Roland Berger

Abbildung 5: Die sechs Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und deren Marktsegmente

Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Bei der Transformation in Richtung Green Economy spielt der Energiesektor eine wesentliche Rolle. Er verursacht weltweit den größten Teil der klimaschädlichen Treibhausgase.[7] Deren Ausstoß zu reduzieren, obwohl der weltweite Energiebedarf in den nächsten Jahren weiter zunehmen wird, ist eine der zentralen Herausforderungen im Kampf gegen die globale Erwärmung.

Sie lässt sich nur meistern, wenn der Anteil von CO_2-freien beziehungsweise CO_2-armen Quellen an der Energieerzeugung und die Energieeffizienz massiv ausgebaut werden. Gleichzeitig muss die Nutzung fossiler Brennstoffe klimaverträglicher gestaltet werden, denn Kohle, Erdgas und Erdöl dominieren in den nächsten Jahrzehnten weiterhin den globalen Energiemix. Deshalb sind mittel- und langfristig Technologien unverzichtbar, die den Ressourcenverbrauch und den Schadstoffausstoß bei der Stromerzeugung aus fossilen

Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Marktsegmente	Wesentliche Technologielinien	
Erneuerbare Energien	• Photovoltaik • Solarthermie • Solarthermische Kraftwerke • Windkraft (Onshore)	• Windkraft (Offshore) • Geothermie • Biomassenutzung • Wasserkraft
Umweltschonende Nutzung fossiler Brennstoffe	• GuD-Kraftwerke • Blockheizkraftwerke • Hochleistungskraftwerke • CCS (CO_2-Abscheidung und -Speicherung)	• Abwärmenutzung
Speichertechnologien	• Mechanische Speicherung von Energie • Elektrochemische Speicherung von Energie • Elektronische Speicherung von Energie • Thermische Speicherung von Energie	• Power2Gas
Effiziente Netze	• Regelungstechnologien für Netze • Regelungstechnologien für Anlagen • Zähl- und Verbrauchsmessungssysteme • IKT ("Internet der Energie")	• Wärme- und Kältenetze

Quelle: Roland Berger

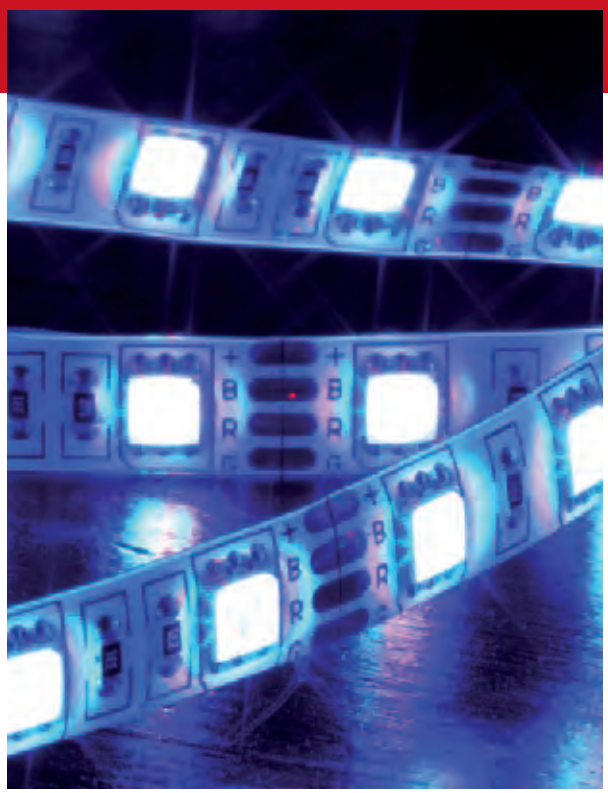
Abbildung 6: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

7 Vgl. International Energy Agency 2013a, S. 71.

Energieträgern minimieren. Eine weitere Voraussetzung für die Dekarbonisierung des Energiesektors ist die Energiespeicherung: Wenn der Anteil regenerativer Energien wie Photovoltaik und Windkraft ausgebaut wird, muss die Speicherkapazität deutlich wachsen. Denn die fluktuierende Einspeisung dieser erneuerbaren Energieträger macht es schwieriger, das für die Netzstabilität erforderliche Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und Stromnachfrage herzustellen. Durch den Ausbau von Speichertechnologien wird der Ausgleich zwischen temporärem Überangebot regenerativ erzeugter Energie und Nachfrageüberhängen ermöglicht. Eine entscheidende Voraussetzung für die Transformation des Energiesystems sind effiziente Netze, die zum einen die Versorgungssicherheit gewährleisten und zum anderen durch intelligente Komponenten die Integration der Erneuerbaren Energien und ein verbessertes Lastmanagement erleichtern.

Die genannten Handlungsfelder sind entscheidend, um das Ziel einer ressourcenschonenden und klimaverträglichen Energieversorgung zu erreichen. Dieser Logik entsprechend bilden diese vier Handlungsfelder die Marktsegmente des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie (siehe Abbildung 6).

Leitmarkt Energieeffizienz



Neben dem Ausbau CO_2-armer beziehungsweise CO_2-freier Energieerzeugung gibt es für die Dekarbonisierung des Energiesektors einen zweiten entscheidenden Hebel: die Energieeffizienz. Eine Steigerung der Energieeffizienz ist auch Voraussetzung, um den Anstieg des Energieverbrauchs zu begrenzen. Dieser Leitmarkt umfasst die wesentlichen Handlungsfelder für eine Verbesserung der Energieeffizienz. Die Systematisierung der Marktsegmente orientiert sich an den Bereichen beziehungsweise Verbrauchergruppen, die große Potenziale für Energieeinsparungen bieten: Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen sowie der Immobiliensektor.

Das Marktsegment Energieeffiziente Produktionsverfahren konzentriert sich auf die Kernprozesse in unterschiedlichen Branchen. Es geht um die zentrale Frage, an welchen Stellschrauben Unternehmen drehen müssen, um durch eine Optimierung ihrer Prozesse den Energieverbrauch zu senken. Die Technologielini-

Energieeffizienz

Marktsegmente	Wesentliche Technologielinien	
Energieeffiziente Produktionsverfahren	• ... bei der Metallerzeugung • ... in der Grundstoffchemie • ... im Fahrzeugbau • ... im Handel/Logistik	• ... in der Metallbearbeitung • ... bei der Produktion von Papier/Pappe • ... in der Nahrungsmittelherstellung
Energieeffizienz von Gebäuden	• Wärmedämmung • Gebäudeautomation • Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik • Passivhäuser/Plus-Energiehäuser	
Energieeffizienz von Geräten	• Energieeffizienz von Haushaltsgeräten • Green IT • Energieeffiziente Beleuchtung	• Energieeffiziente Unterhaltungselektronik
Branchenübergreifende Komponenten	• Mess-, Steuer- und Regeltechnik • Prozessleittechnik • Pumpensysteme • Ventilatoren	• Elektrische Antriebe • Wärmetauscher • Kompressoren, Druckluft und Vakuumtechnik

Quelle: Roland Berger

Abbildung 7: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Energieeffizienz

en dieses Marktsegments (siehe Abbildung 7) betrachten dabei wichtige Branchen, unter anderem die Grundstoffchemie, Handel und Logistik, Fahrzeugbau, Nahrungsmittelproduktion, Metallerzeugung, Metallbearbeitung sowie Produktion von Papier und Pappe.

Im Marktsegment Branchenübergreifende Komponenten werden Technologielinien zusammengefasst,[8] die in Unternehmen – unabhängig von deren Branchenzugehörigkeit – bei den sogenannten unterstützenden Prozessen der Leistungserstellung[9] zur Energieersparnis beitragen. Dazu gehören elektrische Antriebe, Kompressoren, Druckluft und Vakuumtechnik, Pumpensysteme, Prozessleittechnik, Ventilatoren, Wärmetauscher sowie Mess-, Steuer- und Regeltechnik.

Energieeinsparungen im Gebäudesektor sind ein zentrales Handlungsfeld bei der Senkung des Energieverbrauchs beziehungsweise der Minderung des Treibhausgasausstoßes. Energieeffizienz von Gebäuden bildet ein eigenes Marktsegment, das vier wesentliche Technologielinien umfasst: Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik, Gebäudeautomation, Wärmedämmung, Passivhäuser und Plus-Energiehäuser.

Ein weiteres Marktsegment ist die Energieeffizienz von Geräten. Hier liegt der Fokus auf den Einsparmöglichkeiten für Unternehmen und Konsumenten bei der Nutzung von elektrischen Geräten. Betrachtet werden Haushaltsgeräte („Weiße Ware“), Unterhaltungselektronik, Beleuchtung sowie der Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie („Green IT“).

8 Technologielinien bilden die kleinste Einheit und den Ausgangspunkt für die Segmentierung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Der Begriff ‚Technologielinie‘ umfasst Produkte, Verfahren und Dienstleistungen; vgl. dazu die Definition auf S. 32.

9 Die unterstützenden Prozesse werden auch als Subsysteme der Produktion bezeichnet.

Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz

Der Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz umfasst Technologien und Verfahren, die den Verbrauch von nicht-energetischen Rohstoffen (zum Beispiel Metalle wie Eisen, Kupfer oder nichtmetallische Rohstoffe wie Steine und Erden) und Werkstoffen reduzieren.[10] Ressourceneffizienz ist der übergeordnete Begriff für die beiden Bereiche Energieeffizienz und Rohstoff- und Materialeffizienz. Die Technologien und Verfahren der Energieeffizienz bilden einen eigenen Leitmarkt. Rohstoffeffizienz bedeutet Effizienz bei der Rohstoffgewinnung, Materialeffizienz bezeichnet die Effizienz bei der Rohstoffverarbeitung. Eine wesentliche Rolle als Anwendungsbereich für die Technologien dieses Leitmarktes spielt die Güterproduktion in Industrie und Gewerbe. Die Marktsegmente Materialeffiziente Verfahren sowie Querschnittstechnologien adressieren Einsparpotenziale in diesem Segment.

Die Eindämmung des Rohstoffverbrauchs ist ein wichtiger Hebel für die Erhaltung und den Schutz von Umweltgütern: Die Entnahme von Rohstoffen ist in der Regel mit großen Belastungen für Ökosysteme verbunden und führt häufig zu erheblichen Umweltschäden. Der Zusammenhang zwischen wachsendem Rohstoffbedarf, steigender Rohstoffförderung und daraus resultierenden Beeinträchtigungen und Risiken für Ökosysteme bildet die konzeptionelle Grundlage, den Schutz von Umweltgütern als Marktsegment des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz aufzunehmen. Zu diesem Marktsegment gehören auch die Renaturierung von Gebieten, die durch die Folgen der Rohstoffentnahme gezeichnet sind, sowie Verfahren zur umweltschonenden Rohstoffgewinnung. Allerdings befinden sich sehr viele dieser Technologien noch im Entwicklungsstadium.

Das Marktsegment Materialeffiziente Produktionsverfahren beschreibt anhand von Beispielen aus verschiedenen Industriebranchen, wie Betriebe durch Verbesserungen der Produktionsprozesse und die Substitution von endlichen Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe sowohl ihre Kosten senken als auch die Umwelt schützen können.

Im Marktsegment Querschnittstechnologien werden Biotechnologie, Nanotechnik und Organische Elektronik im Kontext Materialeffizienz beschrieben. Als Querschnittstechnologien werden Technologien bezeichnet, deren Anwendung nicht auf bestimmte Industrien beschränkt bleibt, sondern für eine Vielzahl von Branchen relevant ist. Zu diesen Querschnittstechnologien zählen die Biotechnologie, die Nanotechnik und die Organische Elektronik. Sie gelten für die Weiterentwicklung materialeffizienter Produkte und Verfahren als Schlüsseltechnologien und stehen deshalb im Fokus des Marktsegments Querschnittstechnologien.

10 Im Rahmen dieses Leitmarktes werden Ressourcen zur Nahrungsmittelproduktion und Wasser nicht betrachtet.

Rohstoff- und Materialeffizienz

Marktsegmente	Wesentliche Technologielinien	
Materialeffiziente Produktionsverfahren	• Herstellung von Metallerzeugnissen • Herstellung von Kunststoffwaren • Verfahren in der Chemischen Industrie	• Papier- und Zellstoffproduktion • Verfahren im Baugewerbe
Querschnitts-technologien	• Biotechnologie • Nanotechnologie • Organische Elektronik	
Nachwachsende Rohstoffe	• Biomassenerzeugung • Feedstock für Chemische Industrie • Naturdämmstoffe	• Biokunststoffe • Verbundwerkstoffe • Naturkosmetik
Schutz von Umweltgütern	• Bodenschutz • Lärmschutz • Grundwasser- und Gewässerschutz	• Luftreinhaltung • Naturschutz und Landschaftspflege
Klimaangepasste Infrastruktur	• Sturmschutz • Hitze- und Feuerschutz • Hochwasserschutz	

Quelle: Roland Berger

Abbildung 8: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz

Nachwachsende Rohstoffe bilden das dritte Marktsegment dieses Leitmarktes: Der Ersatz (endlicher) fossiler durch nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo) stellt einen wesentlichen Hebel für den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen dar. Anhand dieses Kriteriums wurden diesem Marktsegment unter anderem die Technologielinien Feedstock für chemische Industrie und Naturkosmetik zugeordnet. Die erstgenannte Technologielinie umfasst Produkte und Verfahren, um den Wechsel der Rohstoffbasis der Industrie – beispielsweise bei der Herstellung organischer Chemikalien beziehungsweise Kohlenstoffverbindungen – vom Erdöl zu nachwachsenden Rohstoffen zu unterstützen. Die Naturkosmetik bildet eine eigene Technologielinie. Zu ihr gehören Kosmetikprodukte, für deren Herstellung auf nachwachsende Rohstoffe zurückgegriffen wird. Ein Merkmal von Naturkosmetik ist der Verzicht auf die Verwendung von Paraffinen und Silikonen sowie anderer Produkte auf Erdölbasis.

Das Marktsegment Klimaangepasste Infrastruktur umfasst Technologien, die dem Sturmschutz, dem Hitze- und Feuerschutz sowie dem Hochwasserschutz dienen. Dahinter steht die Logik, dass die Prävention von Schäden, die durch Extremwetterereignisse verursacht werden, nicht nur Menschenleben schützt, sondern durch die Erhaltung von Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen auch den Rohstoffbedarf eindämmt.

Leitmarkt Nachhaltige Mobilität

Im Rahmen der Transformation in Richtung einer Green Economy sind im Verkehrssektor Konzepte und Technologien gefordert, die einerseits das Grundbedürfnis nach Mobilität befriedigen und andererseits den Erfordernissen von Ressourceneffizienz und Klimaschutz Rechnung tragen. Zentrale Ziele einer Nachhaltigen Mobilität sind die Minderung des Treibhausgasausstoßes sowie die Reduzierung anderer, durch das steigende Verkehrsaufkommen induzierter Umweltbelastungen. Ein wesentlicher Faktor für die Dekarbonisierung des Verkehrssektors ist die Verringerung der Abhängigkeit vom Öl. Dieser fossile Energieträger ist nach wie vor die Schlüsselressource der Mobilität. Diese Zielsetzungen bilden den Rahmen für die Systematisierung der Marktsegmente im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität (siehe Abbildung 9).

Das Marktsegment Alternative Antriebstechnologien umfasst Elektroantriebe, Hybridantriebe und Brennstoffzellenantriebe. Durch die Marktdurchdringung beziehungsweise Weiterentwicklung dieser Antriebsarten als Alternative zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren soll mittel- und langfristig die Abhängigkeit von Öl-basierten Kraftstoffen reduziert werden. Demselben Ziel dienen die Technologielinien des Marktsegments Erneuerbare Kraftstoffe.

Auch wenn Alternative Antriebstechnologien in den nächsten Jahren ihre Marktposition ausbauen, werden Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb auf absehbare Zeit den Großteil des weltweiten Fahrzeugbestandes bilden. Um die CO_2-Emissionen des Verkehrssektors zu minimieren, müssen Verbrennungsmotoren effizienter werden. Die entsprechenden Produkte und Technologien bietet das Marktsegment Technologien zur Effizienzsteigerung.

Das Marktsegment Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung zeigt, wie durch innovative Maßnahmen und Technologien mobilitätsbedingte Emissionen reduziert werden können. Eine wichtige Rolle kommt hier intelligenten Verkehrskonzepten zu, die einzelne Verkehrsträger verknüpfen.

Nachhaltige Mobilität

Marktsegmente	Wesentliche Technologielinien	
Alternative Antriebstechnologien	• Hybridantrieb • Elektroantrieb • Brennstoffzellenantrieb	
Erneuerbare Kraftstoffe	• Bioethanol • Biodiesel • Biomethan • Regenerativ erzeugter Wasserstoff	• Bio-Kerosin
Technologien zur Effizienzsteigerung	• Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren • Leichtbautechnologien • Energiesparende Reifen	
Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung	• Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur • Verkehrsleitsysteme • Tankstelleninfrastruktur für alternative Antriebe	• Öffentlicher Personennahverkehr • Car Sharing • Fahrradwege

Quelle: Roland Berger

Abbildung 9: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität

Leitmarkt Kreislaufwirtschaft

Eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft, die durch eine Begrenzung der Abfallmengen zum Ziel der Ressourcenschonung beiträgt, berücksichtigt den Grundsatz der „Abfallhierarche“ Vermeiden, Verwerten, Beseitigen. Diese Maxime enthält eine klare Prioritätensetzung: Die Entstehung von Abfall von vornherein zu vermeiden, ist die beste Strategie zur Schonung der Umwelt und zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs.[11] Eine nachhaltige Ausrichtung der Kreislaufwirtschaft fordert, dass ein möglichst großer Teil der Abfälle wieder genutzt werden kann. Die stoffliche oder energetische Verwertung trägt erheblich dazu bei, den Ressourcenverbrauch zu verringern; dabei wird der stofflichen Verwertung Vorrang vor der energetischen Verwertung eingeräumt. Nicht verwertbare Abfälle müssen umweltgerecht beseitigt werden.

Kreislaufwirtschaft

Marktsegmente	Wesentliche Technologielinien
Abfallsammlung, -transport und -trennung	• Abfallsammlung und -transport • Abfalltrennung
Stoffliche Verwertung	• Werkstoffliche Verwertung • Rohstoffliche Verwertung
Energetische Verwertung	• Stromerzeugung • Wärmeerzeugung
Abfalldeponierung	• Deponiebau • Absicherung von Deponien • Deponiesanierung

Quelle: Roland Berger

Abbildung 10: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft

11 Die wichtigsten Hebel für die Abfallvermeidung werden im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz dargestellt.

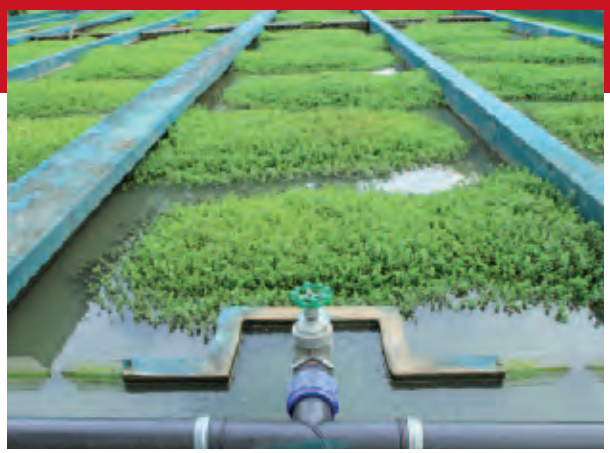
Der hohe Stellenwert der Abfallvermeidung und des Recycling weist auf das Ideal des Full-Cycle-Konzepts hin: Das Modell der geschlossenen Kreisläufe folgt dem Prinzip natürlicher Ökosysteme, die keinen Müll produzieren, sondern alle Stoffe in wiederverwertbare Ressourcen verwandeln.

Die Konturen dieses Modells werden in den Marktsegmenten des Leitmarktes Kreislaufwirtschaft abgebildet (siehe Abbildung 10): 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 besteht aus den Technologielinien Werkstoffliche Verwertung und Rohstoffliche Verwertung. Als werkstoffliche Verwertung werden Recyclingverfahren ohne Veränderung der chemischen Bindungen der genutzten Stoffe bezeichnet. Darunter fällt beispielsweise das Umschmelzen von Altkunststoffen zur Herstellung von Granulat. Bei der rohstofflichen Verwertung werden die Stoffe so behandelt, dass es zu einer Änderung der Bindungsform kommt: Aus Altkunststoffen lassen sich zum Beispiel Öle, Wachse oder Gase gewinnen.

Eine weit verbreitete Form der energetischen Verwertung ist die thermische Abfallbehandlung: Der Abfall wird verbrannt, und die dabei freigesetzte Energie wird zur Wärmebereitstellung oder Stromerzeugung genutzt. Eine weitere Option der energetischen Verwertung ist die Nutzung von Bioabfällen in Biogasanlagen.

Im Marktsegment Abfalldeponierung werden diejenigen Technologielinien zusammengefasst, die der umweltgerechten Beseitigung von Abfällen dienen, die nicht für eine stoffliche oder energetische Verwertung infrage kommen.

Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft



Die Produkte, Dienstleistungen und Verfahren des Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft stellen sich der Herausforderung, vor dem Hintergrund des weltweit steigenden Wasserbedarfs eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen sicherzustellen, die die Grundbedürfnisse der heutigen Generationen befriedigt ohne die Lebensgrundlage künftiger Generationen zu gefährden. Dieses Ziel zu erreichen, ist nur durch den Einsatz leistungsfähiger Umwelttechnik möglich. Zum Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft gehören vier Marktsegmente, deren Systematik die verschiedenen Stationen im Kreislauf der Wasserwirtschaft abbildet (siehe Abbildung 11).

Das Marktsegment Wassergewinnung und -aufbereitung stellt die erste Etappe dieses Kreislaufs dar. Es umfasst unter anderem Produkte und Verfahren zur Erschließung und Förderung von Frischwasservorkommen, Überwachung des Grundwassers sowie die Planung, Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Wasseraufbereitung. Dem Marktsegment Wassernetz werden alle Komponenten des Wasserverteilungssystems zugerechnet, die den Transport des Frischwassers von der Wasseraufbereitungsanlage bis zum Verbraucher und in umgekehrter Richtung den Transport des Abwassers vom Verbraucher bis zur Kläranlage bewerkstelligen. Die Abwasserreinigung bildet ein weiteres Marktsegment der Nachhaltigen Wasserwirtschaft.

Ein breites Spektrum an Technologien beinhaltet das Marktsegment Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung. Dazu gehören Produkte und Verfahren, die den effizienten Umgang mit der Ressource Wasser unterstützen, beispielsweise Instrumente zur Wassermessung oder Wassermanagementsysteme. Die Technologielinien dieses Marktsegments sind nach den Anwendergruppen private Haushalte, Industrie und Gewerbe sowie Landwirtschaft unterteilt.

Nachhaltige Wasserwirtschaft

Marktsegmente	Wesentliche Technologielinien
Wassergewinnung und -aufbereitung	• Wassergewinnung • Wasseraufbereitung • Neuartige Sanitärsysteme (NASS)
Wassernetz	• Wasserverteilung • Abwassersammlung und -transport
Abwasserreinigung	• Abwasserbehandlung • Schlammbehandlung • Energiemanagement Kläranlagen • Rückgewinnung von Stoffen bei der Abwasserbehandlung
Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung	• Wassereffizienztechnologien im häuslichen Bereich • Wassereffizienztechnologien im gewerblichen und industriellen Bereich • Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft

Quelle: Roland Berger

Abbildung 11: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft

4 Der globale und nationale Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz

„An globalen Megatrends und ihren vernetzten Wechselwirkungen kommt niemand mehr vorbei."[1] – Diese Aussage von Dr. Volkmar Denner, Vorsitzender der Geschäftsführung der Robert Bosch GmbH, liefert extrem komprimiert die Begründung, weshalb die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ihren Wachstumskurs fortsetzen wird. Klimawandel, Ressourcenknappheit, die rasant fortschreitende Industrialisierung der Schwellenländer, Urbanisierung und demografischer Wandel bewirken rund um den Globus eine steigende Nachfrage nach Gütern, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Zu dieser Einschätzung gelangen Experten in unterschiedlichen Studien.[2]

Dieses Kapitel liefert eine detaillierte Betrachtung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf den internationalen Märkten und in Deutschland. Dargestellt werden sowohl die aktuelle Lage dieser Querschnittsbranche als auch die voraussichtliche Entwicklung bis 2025.

1 Robert Bosch GmbH (2013), S. 4.

2 Vgl. beispielsweise KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft/DCTI Deutsches GreenTech Institut GmbH/EuPD Research (2013).

Entwicklung auf den internationalen Märkten

In den folgenden Abschnitten werden die Entwicklungen der GreenTech-Branche und ihrer Leitmärkte aus globaler Perspektive betrachtet. Die Dynamik auf den internationalen Märkten spielt für GreenTech-Anbieter am Standort Deutschland eine wichtige Rolle: Viele von ihnen sind stark exportorientiert, sodass ihre Geschäftsentwicklung maßgeblich von der Auslandsnachfrage abhängt. Außerdem beeinflusst das Geschehen auf den internationalen Märkten den Heimatmarkt. Deutsche Anbieter müssen sich auch hier den Wettbewerbern aus dem Ausland stellen.

„Alle Prognosen weisen auf eine weltweit expansive Marktentwicklung in den kommen Jahren hin."[3] – Dieses Zitat aus einer Veröffentlichung des Umweltbundesamtes bringt die Tendenz auf den internationalen Märkten für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf den Punkt. Die GreenTech-Branche wird ihren Expansionskurs fortsetzen.

Die sechs Leitmärkte dieser Branche erreichten 2013 weltweit ein Volumen von 2.536 Milliarden Euro (siehe Abbildung 12). Die Energieeffizienz ist mit Abstand der größte Leitmarkt. Mit 825 Milliarden Euro entfiel 2013 rund ein Drittel des gesamten Marktvolumens der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf die Energieeffizienz. Steigende Energiepreise haben in der Vergangenheit erheblich dazu beigetragen, Anreize für eine Verbesserung der Energieeffizienz zu setzen.

Auf einen Blick

Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz erreichte 2013 ein globales Marktvolumen von 2.536 Milliarden Euro. Rund ein Drittel davon entfiel auf die Energieeffizienz, den mit Abstand größten Leitmarkt der GreenTech-Branche.

Die weiterhin steigende Nachfrage nach „grünen" Produkten, Verfahren und Dienstleistungen hält die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in den nächsten Jahren auf Expansionskurs. Im Jahr 2025 wird das globale Marktvolumen voraussichtlich 5.385 Milliarden Euro betragen.

Die Nachhaltige Mobilität erweist sich im Zeitraum 2013 bis 2025 als der wachstumsstärkste Leitmarkt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Für diese Dynamik sorgt vor allem das Wachstum der Alternativen Antriebe, denn diese Technologielinie spielt eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors.

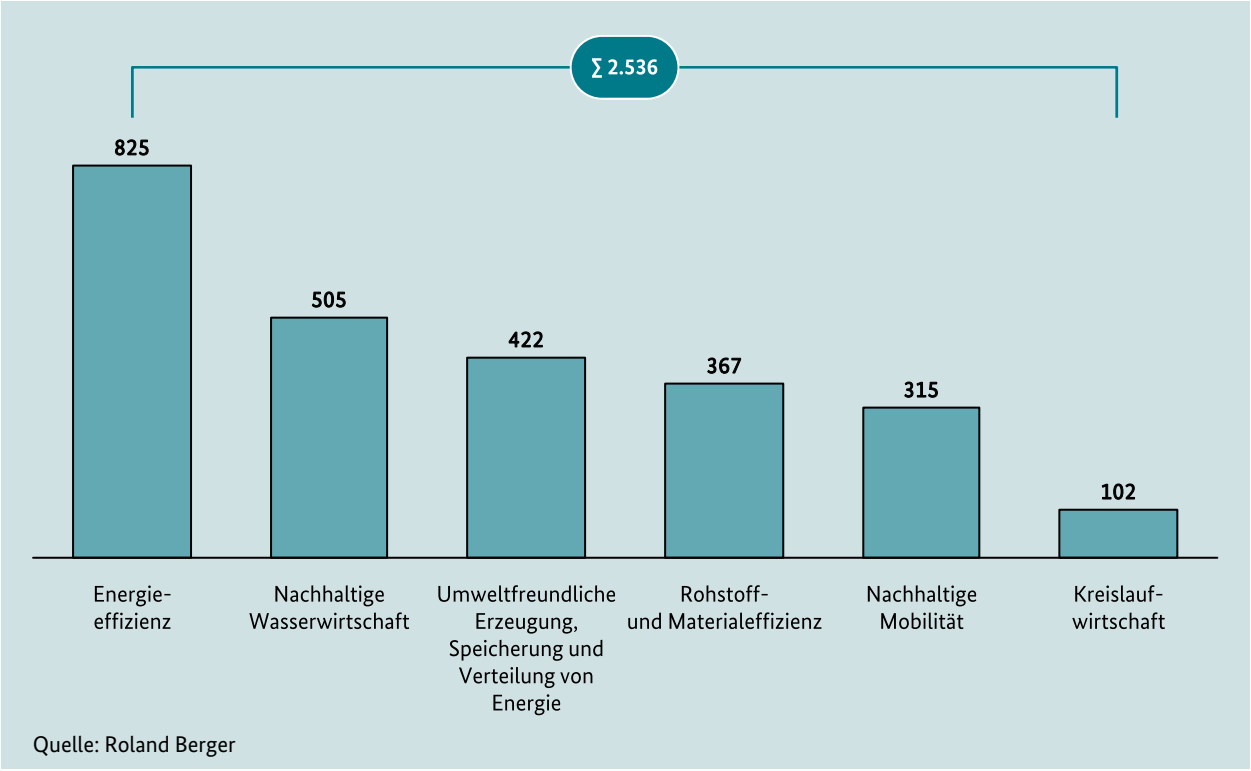
Zur Methodik: Die Grundlage der Marktprognosen

Den in diesem Kapitel ermittelten aktuellen Marktvolumina sowie den Prognosen für deren Wachstum bis 2025 liegt das Marktmodell von Roland Berger Strategy Consultants zugrunde. Seinen Ausgangspunkt bilden die Technologielinien (Produkte, Verfahren und Dienstleistungen) der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

Das Marktmodell basiert auf der Analyse der einzelnen Technologielinien; in einem Bottom-up-Ansatz werden aus den Technologielinien die Größe der Marktsegmente und Leitmärkte errechnet. Die Datengrundlage für die jeweiligen Technologielinien liefern einschlägige Markt- und Branchenstudien.

Betrachtet werden im Marktmodell die Marktgröße im Jahr 2013 und die Wachstumsraten bis 2025 sowohl für den nationalen Markt als auch für die globalen Märkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Aus dem globalen Marktvolumen wurden die Anteile der deutschen GreenTech-Anbieter abgeleitet.

Folglich ist die Nachfrage nach Produkten, Verfahren und Dienstleistungen dieses Leitmarktes in den letzten Jahren gewachsen; dementsprechend hat die Energieeffizienz ihre Position als größter GreenTech-Leitmarkt ausbauen können.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 12: Globales Volumen der Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 (in Milliarden Euro)

Die weltweit steigende Nachfrage nach „grünen" Produkten, Verfahren und Dienstleistungen lässt das Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz weiterhin expandieren. Diese Querschnittsbranche wird sich im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,5 Prozent entwickeln.[4] Demnach wird das globale Volumen der GreenTech-Leitmärkte 2025 voraussichtlich bei 5.385 Milliarden Euro liegen (siehe Abbildung 13).

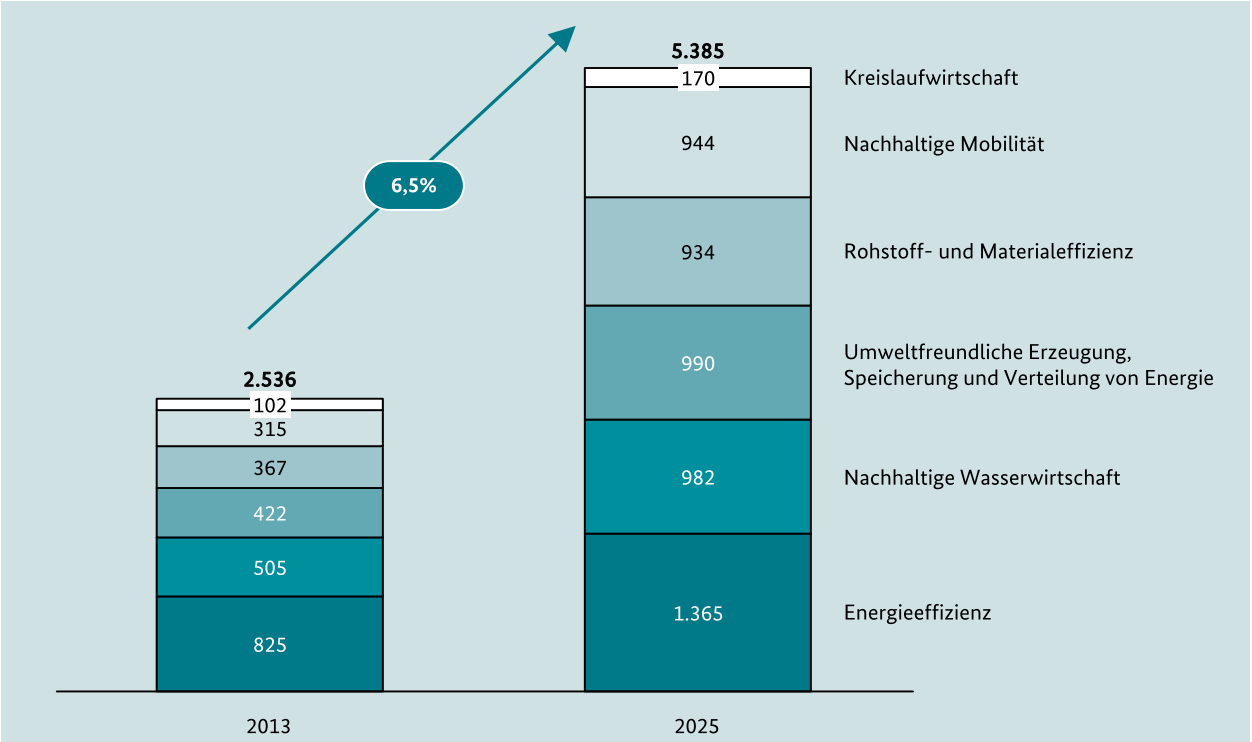
Wie Abbildung 14 zeigt, legen die einzelnen Leitmärkte ein unterschiedliches Tempo bei ihrer Expansion vor. Die Nachhaltige Mobilität zeigt sich mit einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von 9,6 Prozent im Zeitraum 2013 bis 2025 als der wachstumsstärkste Leitmarkt. (siehe Abbildung 14). Als Treiber dieser Entwicklung erweist sich die notwendige Transformation des Verkehrssektors in Richtung einer umweltverträglichen und kohlenstoffarmen Mobilität: Angesichts des weltweit wachsenden Verkehrsaufkommens ist es dringend erforderlich, den Verbrauch fossilier Energieträger für Mobilitätszwecke zu begrenzen. Dies kann jedoch nur gelingen, wenn die bisher vom Erdöl dominierte Energiebasis des Verkehrssektors stärker differenziert wird. Eine Schlüsselrolle spielen dabei Alternative Antriebstechnologien. Das Wachstum dieses Marktsegments zeigt sich als wesentlicher Treiber der überdurchschnittlichen Dynamik des Leitmarktes Nachhaltige Mobilität in den nächsten Jahren.

Auch der Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz entwickelt sich mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 8,1 Prozent dynamischer als der Durchschnitt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt. Das Wachstum dieses Leitmarktes wird vor allem vom Marktsegment Branchenübergreifende Querschnittstechnologien und -methoden mit den Technologielinien Nanotechnologie und Biotechnologie getrieben. Die im Vergleich zum Gesamtdurchschnitt der GreenTech-Branche ebenfalls leicht überdurchschnittliche Dynamik des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und

3 Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014b), S. 5.

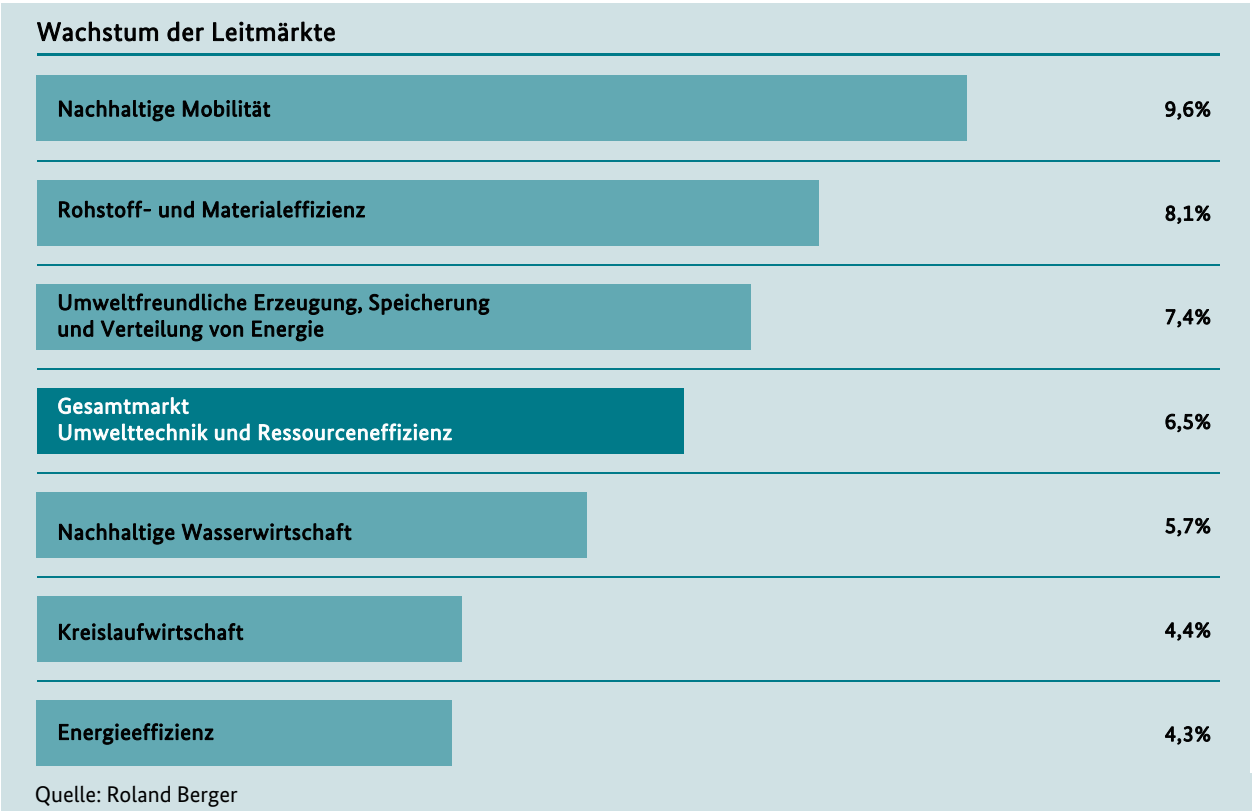
4 Der Wert von 6,5 Prozent errechnet sich aus dem gewichteten Durchschnitt der jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der einzelnen Leitmärkte.

Verteilung von Energie (7,4 Prozent) lässt sich vor allem auf die steigenden Marktvolumina der Marktsegmente Erneuerbare Energien und Speichertechnologien zurückführen. Das vergleichsweise geringe Wachstumstempo des Leitmarktes Energieeffizienz ändert nichts an seiner grundlegenden Bedeutung: Da es sich um einen bereits sehr reifen und großen Markt handelt, fallen die Wachstumsraten niedriger aus.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 13: Entwicklung des globalen Marktvolumens für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013-2025 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)



Quelle: Roland Berger

Abbildung 14: Globales Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2013-2025 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

In Abbildung 15 sind die Anteile der einzelnen Leitmärkte am Gesamtvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz für die Jahre 2013 und 2025 dargestellt. Aktuell ist die Energieeffizienz mit einem globalen Marktvolumen von 825 Milliarden Euro der mit Abstand größte Leitmarkt, auf den fast ein Drittel des gesamten Marktvolumens der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz entfällt. Der Anteil des zweitgrößten Leitmarktes – Nachhaltige Wasserwirtschaft – liegt 2013 bei einem Fünftel.

Die unterschiedlich ausgeprägte Entwicklungsdynamik der einzelnen Leitmärkte verschiebt bis 2025 die Gewichte innerhalb der globalen GreenTech-Branche. Die Energieeffizienz bleibt zwar der Leitmarkt mit dem größten Volumen, aber ihr Anteil am Gesamtmarkt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz sinkt auf 25 Prozent. Der Anteil der Nachhaltigen Wasserwirtschaft gibt um zwei Prozentpunkte nach. Seinen Anteil am Gesamtmarkt deutlich ausbauen kann der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität: Die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate von 9,6 Prozent (siehe Abbildung 14) verhilft ihm bis 2025 zu einem Anteil am Gesamtmarkt von 18 Prozent – sechs Prozentpunkte mehr als 2013.

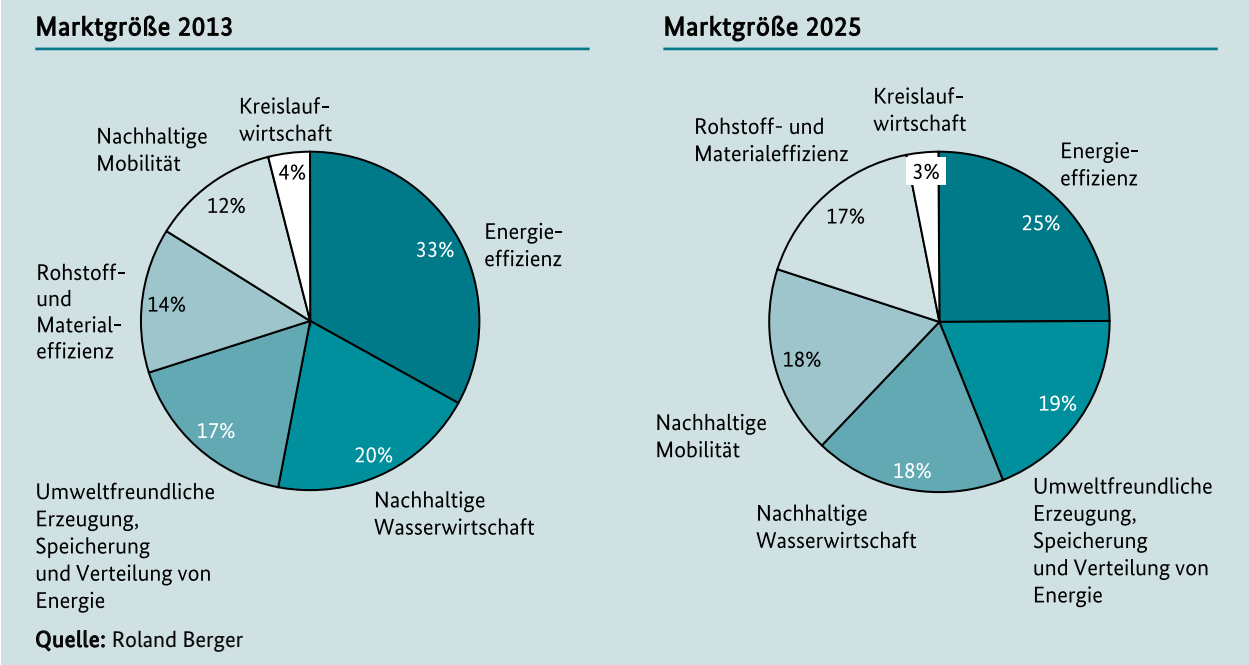


Abbildung 15: Anteile der einzelnen Leitmärkte am weltweiten Gesamtmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 und 2025 (in Prozent)

Übergreifende Aspekte: Technologien für Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Bevor die globalen GreenTech-Leitmärkte im Detail betrachtet werden, geht dieser Abschnitt leitmarktübergreifend auf Technologien ein, die zum Klimaschutz beitragen und Anpassungsstrategien an den Klimawandel unterstützen. Deren hervorgehobene Darstellung spiegelt die große Bedeutung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen wider, die dazu beitragen, CO_2-Emissionen zu vermeiden oder zu mindern. Diese sogenannten Klimaschutztechnologien[5] gewinnen zunehmend an Relevanz und lassen sich unterschiedlichen Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zuordnen. Dasselbe gilt für Güter und Dienstleistungen, die die Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützen.

In seinem im Frühling 2014 veröffentlichten Sachstandsbericht hat der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change) erneut auf die tiefgreifenden Folgen des fortschreitenden Klimawandels für die Menschen und die Natur hingewiesen.[6] Selbst wenn es ge-

5 Vgl. Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014a), S. 5.

6 Vgl. Intergovernmental Panel on Climate Change (2014).

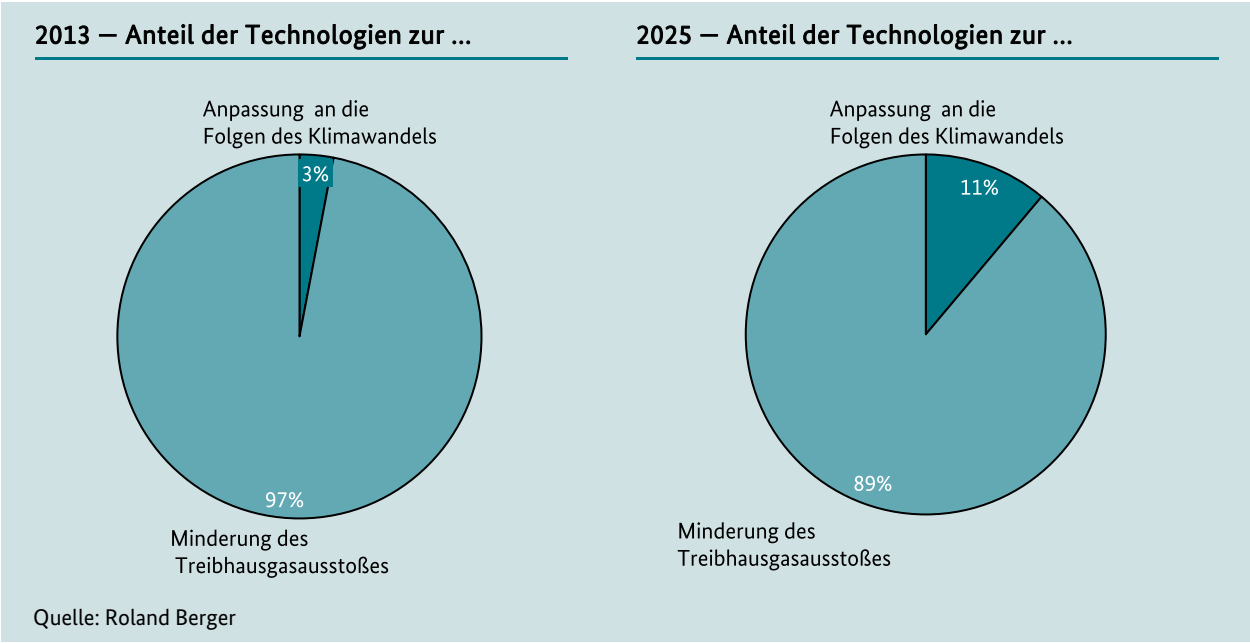
lingt, durch eine Senkung der Treibhausgasemissionen den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf 2° C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, sind bestimmte durch den Klimawandel bedingte Veränderungsprozesse irreversibel. Die globale Erwärmung hat Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft, die eine Anpassung erforderlich machen.

Die Klimapolitik muss deshalb auf eine Doppelstrategie setzen: Zum einen geht es um die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, zum anderen um die Begrenzung des Temperaturanstiegs durch die Vermeidung beziehungsweise Minderung des Treibhausgasausstoßes. Anpassung und Vermeidung beziehungsweise Minderung sind keine konkurrierenden Ziele, sondern zwei Säulen einer zeitgemäßen Klimapolitik. Anpassung ist eine Reaktion auf die globale Erwärmung, aber kein Instrument zu deren Verhinderung oder Begrenzung.

Derzeit überwiegt bei Weitem der Anteil der Technologielinien, die der Umsetzung der Strategie „Minderung des Treibhausgasausstoßes“ dienen: Im Jahr 2013 entfallen auf Produkte und Dienstleistungen zur Vermeidung und Minderung der Treibhausgasemissionen 97 Prozent des globalen Marktvolumens der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (siehe Abbildung 16). Zur Strategie „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ zählt 2013 lediglich das Marktsegment Klimaangepasste Infrastruktur mit den Technologielinien Sturm-, Hochwasser-, Hitze- und Feuerschutz. Außerdem werden geringe Anteile einzelner Marktsegmente und Technologielinien aus den Leitmärkten Nachhaltige Wasserwirtschaft (Wassergewinnung und -aufbereitung; Technologielinie Wasserverteilung; Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft) und Kreislaufwirtschaft (Technologielinie Abfallsammlung, Abfalltransport) zur Anpassungsstrategie gerechnet.

Im Jahr 2025 wird sich der Anteil der Produkte und Dienstleistungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels am Weltmarktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf elf Prozent erhöht haben. Die Gründe für diese Entwicklung sind die bis dahin deutlicher spürbaren Auswirkungen der globalen Erwärmung, beispielsweise fortschreitende Desertifikation und Zuspitzung der Wasserkrise in einigen Regionen, zunehmende Häufung von Extremwetterereignissen und Naturkatastrophen. Die im Rahmen der Anpassungsstrategie gefragten Güter finden sich vorrangig im Leitmarkt Nachhaltigen Wasserwirtschaft. Hier wird in den Marktsegmenten Wassergewinnung und -aufbereitung sowie Wassernetz jeweils die Hälfte des globalen Marktvolumens zu den Anpassungsstrategien gerechnet. Bei der Technologielinie Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft werden etwa drei Viertel des Marktvolumens für Anpassungsstrategien veranschlagt.

Auch außerhalb der Nachhaltigen Wasserwirtschaft gibt es Marktsegmente beziehungsweise Technologielinien, in denen Produkte und Dienstleistungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Jahr 2025 eine wesentliche Rolle spielen werden. Dazu zählen die Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Biotechnologie, Nachwachsende Rohstoffe als Feedstock für die Chemische Industrie, Bodenschutz, Luftreinhaltung, Naturschutz und Landschaftspflege, Grundwasser- und Gewässerschutz sowie Abfallsammlung, Abfalltransport.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 16: Anteile der Technologien zur „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ und „Minderung des Treibhausgasaustoßes“ am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 und 2025

Die globalen Leitmärkte im Fokus

Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

12.730.400.000

Tonnen Rohöleinheiten[7] Energie wurden 2013 weltweit verbraucht – knapp 30 Prozent mehr als 2002.[8] Das globale Bevölkerungswachstum, die Urbanisierung und die weiterhin fortschreitende Industrialisierung der Schwellenländer werden den Energiebedarf auch künftig in die Höhe treiben. Die Internationale Energie-Agentur (IEA) geht in ihrem Hauptszenario („Szenario der neuen energiepolitischen Rahmenbedingungen") davon aus, dass der Primärenergieverbrauch zwischen 2010 und 2035 um ein Drittel zunehmen wird.[9]

Aktuell dominieren die fossilen Energieträger den globalen Energiemix: Zusammen stellen Erdöl, Erdgas und Kohle einen Anteil von rund 87 Prozent am weltweiten Primärenergieverbrauch.[10] Dies unterstreicht den Zusammenhang zwischen Klimaschutz und Energieversorgung: „Da der Energiesektor für zwei Drittel der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist, wird er entscheidend bestimmen, ob die Klimaziele erreicht werden oder nicht."[11] Wenn das Hauptszenario der IEA Realität werden sollte, werden die energiebedingten CO_2-Emissionen bis 2035 um etwa ein Fünftel ansteigen. Das klimapolitische Ziel, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf 2° Celsius zu begrenzen, wäre damit Makulatur.

So besteht die große Herausforderung darin, unter den Vorzeichen des Klimawandels das „Trilemma" der Energiepolitik zu lösen: Versorgungssicherheit, Wirtschaft-

7 Rohöleinheiten (RÖE; Öleinheiten; oil equivalent): Maßeinheit für die in Energieträgern vorhandene Energie beziehungsweise den Energieverbrauch. 1 kg RÖE = 41.868 Joule = 11,63 kW.
8 Vgl. BP Statistical Review of World Energy June 2014, S. 40.
9 Vgl. International Energy Agency (2011), S. 4.
10 Vgl. BP Statistical Review of World Energy June 2014, S. 41.
11 Vgl. International Energy Agency (2013b), S. 2.

lichkeit und Nachhaltigkeit. Um diese Herausforderung stärker in den Fokus der internationalen Staatengemeinschaft zu rücken, haben die Vereinten Nationen den Zeitraum 2014 bis 2024 zur „UN Dekade der Nachhaltigen Energie für Alle“ erklärt.[12] Dabei stehen drei Ziele im Mittelpunkt, die bis 2030 verwirklicht werden sollen: (1) Zugang zu Strom und modernen Energieformen für alle Menschen rund um den Globus; (2) weltweit eine Steigerung der Energieeffizienz um den Faktor zwei; (3) Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien am globalen Energiemix.[13]

Für eine nachhaltige Energieversorgung, die trotz des weltweit wachsenden Energiebedarfs die Treibhausgasemissionen auf ein klimaverträgliches Niveau reduziert, stehen neben der Verbesserung der Energieeffizienz vor allem zwei Handlungsoptionen zur Verfügung: Zum einen gilt es, den Anteil von CO_2-freien beziehungsweise CO_2-armen Energiequellen auszubauen; zum anderen müssen der Ressourcenverbrauch und die Schadstoffemissionen bei der Nutzung fossiler Energieträger minimiert werden.

Die Dynamik beim Ausbau der erneuerbaren Energien hat alle Skeptiker verblüfft: 2012 lag der Anteil der regenerativen Energien bereits bei 19 Prozent des globalen Endenergieverbrauchs; auch 2013 waren regenerative Energien weltweit im Aufwärtstrend.[14] Im selben Jahr belief sich die global installierte Leistung der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien auf 560 Gigawatt.[15] Zum Vergleich: 2004 waren es lediglich 85 Gigawatt. 138 Staaten haben sich Ziele für den Ausbau der erneuerbaren Energien gesetzt und diese Pläne durch entsprechende Förderpolitiken untermauert.[16] Nach Einschätzung der IEA wird der Anteil der regenerativen Energien an der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2035 bei 31 Prozent liegen.[17]

12 Vgl. Sustainable Energy for All (2013).

13 Vgl. ebenda.

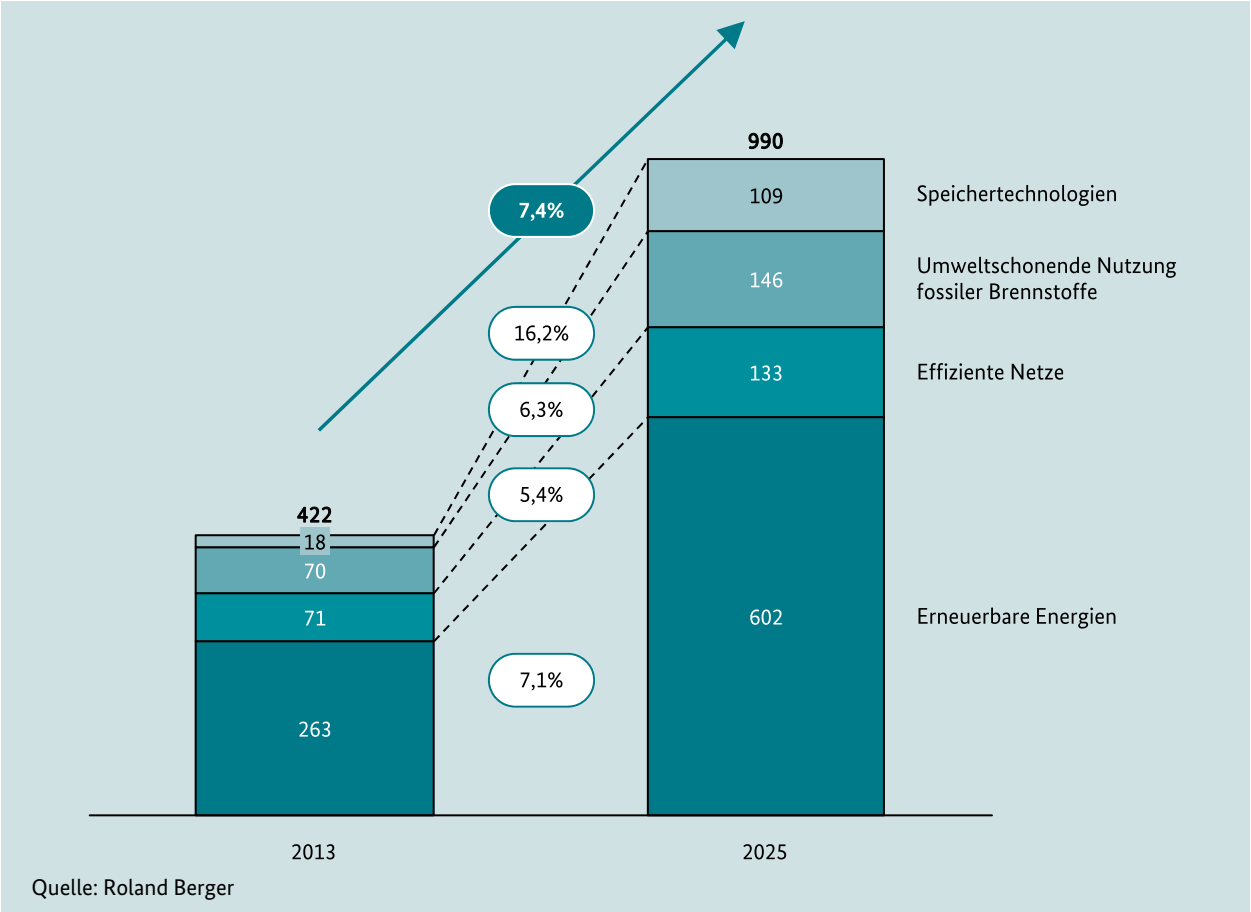
14 Die genauen Daten für 2013 lagen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des „Renewables 2014 Global Status Report“ noch nicht vor. Vgl. REN 21 (2014), S. 13.

15 Dieser Wert berücksichtigt keine Energieerzeugung aus Wasserkraft. Würden die mit Wasserkraft betriebenen Anlagen mit einbezogen, läge die installierte Leistung aus Anlagen zur Nutzung regenerativer Energieträger bei 1.560 Gigawatt, Vgl. REN 21 (2014), S. 15.

16 Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013).

17 Das Hauptszenario der IEA („New Policies“) prognostiziert für das Jahr 2035 einen weltweiten Anteil der Erneuerbaren an der Stromerzeugung von 31 Prozent. Im Szenario „Current Policies“ liegt dieser Anteil bei 25 Prozent, während er im „450 Scenario“ auf 48 Prozent veranschlagt wird. Vgl. International Energy Agency (2014), S. 200.

Der Ausbau der Erneuerbaren und die Verbesserung der Energieeffizienz führen zu einer Transformation der Energiesysteme, die durch den Einsatz neuer Technologien in den Bereichen Speicher und Netze ermöglicht wird. Aus diesen Anforderungen – Ausbau der regenerativen Energien, umweltschonende Nutzung fossiler Brennstoffe, Energiespeicherung und effiziente Netze – ergeben sich die Marktsegmente des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie. Das Weltmarktvolumen dieses Leitmarktes bezifferte sich 2013 auf 422 Milliarden Euro. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 7,4 Prozent wird sich das globale Marktvolumen bis 2025 auf 990 Milliarden Euro erhöhen (siehe Abbildung 17).



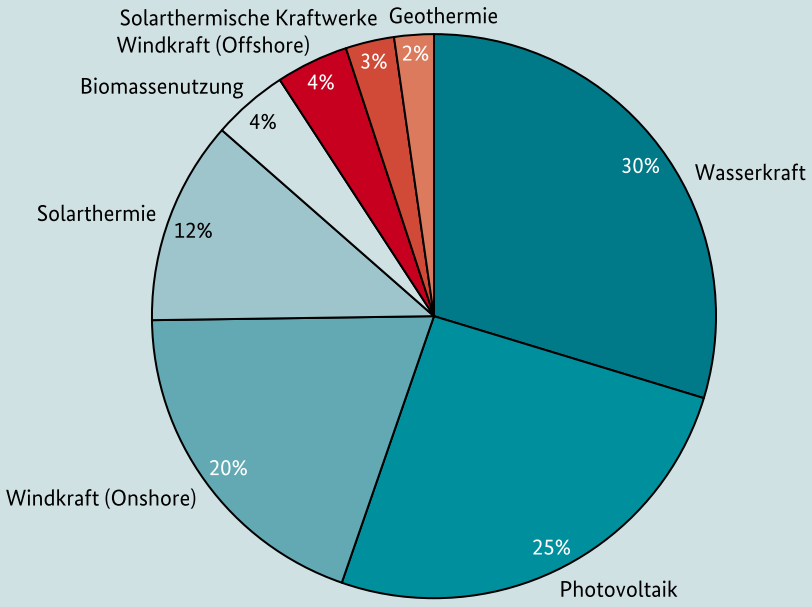
Quelle: Roland Berger

Abbildung 17: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Die Nahaufnahme des Marktsegments Erneuerbare Energien macht deutlich, dass die Wasserkraft unter den regenerativen Energieträgern weltweit nach wie vor eine dominierende Rolle spielt. Wie Abbildung 18 zeigt, lag ihr Anteil am globalen Marktvolumen der Erneuerbaren Energien im Jahr 2013 bei 30 Prozent. Allerdings verzeichnet die Wasserkraft sowohl im Vergleich zur Entwicklung des gesamten Leitmarktes (7,4 Prozent) als auch zur Entwicklung des Marktsegments Erneuerbare Energien (7,1 Prozent) eine mit zwei Prozent deutlich geringer jahresdurchschnittliche Wachstumsrate. Das Weltmarktvolumen dieser Technologielinie wird sich im Zeitraum 2013 bis 2025 von 78,8 Milliarden Euro auf 99,7 Milliarden Euro erhöhen. Ihr Marktanteil wird bis 2025 auf 17 Prozent schrumpfen.

Bereits heute haben Sonne und Wind eine starke Position im regenerativen Energiemix: An der weltweit installierten Leistung erneuerbarer Energien stellt die Photovoltaik einen Anteil von acht Prozent, die Windenergie von 19 Prozent. Die Photovoltaik hat 2012 die Marke von 100 Gigawatt installierter Leistung überschritten; die installierte Leistung Windenergie belief sich auf 238 Gigawatt.[18] Aufgrund dieser starken Positionierung zählen Photovoltaik und Windkraft Onshore zu den umsatzstärksten Technologielinien im

18 Weltweit bezifferte sich die installierte Leistung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung im Jahr 2012 auf knapp 1.471 Gigawatt. Vgl. REN21 (2013), S. 93.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 18: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Erneuerbare Energien 2013 (in Prozent)

Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie. Gemeinsam stellen die beiden Technologielinien einen Anteil von 45 Prozent am Weltmarktvolumen des Marktsegments Erneuerbare Energien; ihr Anteil am Weltmarktvolumen des gesamten Leitmarktes beläuft sich auf 28 Prozent. Einschlägige Prognosen über den Zubau von Photovoltaik- und Windkraftanlagen bewegen sich in einer enormen Bandbreite: Nach konservativen Schätzungen wird die Photovoltaik-Kapazität im Jahr 2030 bei 490 Gigawatt liegen; die optimistischste Prognose geht von 1.750 Gigawatt aus. Bei der Windkraft reicht die Spannweite der Szenarien von 920 bis 2.900 Gigawatt.[19] Ungeachtet dieser Unterschiede gibt es eine Gemeinsamkeit der Studien: Alle gehen von einem starken Wachstum der Photovoltaik und der Windenergie aus. Unsere Analysen weisen in dieselbe Richtung: Die Technologielinie Photovoltaik entwickelt sich im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von sechs Prozent; die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der Windkraft Onshore wird bei 8,4 Prozent liegen.

Derzeit stellen solarthermische Kraftwerke zur Stromerzeugung mit einem Anteil von drei Prozent des Weltmarktvolumens noch ein relativ kleines Segment der Erneuerbaren Energien dar (siehe Abbildung 18). Jedoch wird sich diese Technologielinie in den nächsten Jahren sehr dynamisch entwickeln: Zwischen 2013 und 2025 wird das Weltmarktvolumen durchschnittlich um 23 Prozent per annum zulegen. Sinkende Kosten für Spiegel und Reflektoren sowie die Integration von Speicherkapazitäten führen weltweit zu einem Ausbau der installierten Leistung Solarthermischer Kraftwerke.[20] Damit wächst deren globales Marktvolumen von sieben Milliarden Euro 2013 auf 85 Milliarden Euro im Jahr 2025; entsprechend vergrößert sich der Anteil am Weltmarktvolumen der Erneuerbaren Energien in diesem Zeitraum von knapp drei auf 14 Prozent.

Im Marktsegment Umweltschonende Nutzung fossiler Brennstoffe sind GuD- und Hochleistungskraftwerke[21] die dominierenden Technologielinien. Gemeinsam erreichen sie ein Weltmarktvolumen von 68,3 Milliarden Euro und stellen damit einen Anteil von 98 Prozent

19 Die unterschiedlichen Prognosen sind in der Publikation Renewables 2013 Global Status Report zusammengefasst. Vgl. REN21 (2013), S. 53.

20 Vgl. REN21 (2013), S. 57

21 Hochleistungskraftwerke werden Kohlekraftwerke mit einem Wirkungsgrad von mehr als 45 Prozent genannt. Herkömmliche Kohlekraftwerke erreichen Wirkungsgrade um die 32 Prozent. Eine andere Bezeichnung für Hochleistungskraftwerke ist ‚Supercritical' (SC) oder ‚Ultra-Supercritical' (USC). Durch Hochtemperatur- und Hochdrucktechnik wird der Dampf auf über 374°C erhitzt und auf einen Druck von mehr als 221 bar gebracht. Auf diese Weise lassen sich höhere Wirkungsgrade als in konventionellen Kraftwerken erreichen.

am gesamten Marktsegment. Diese Gewichtung wird sich bis 2025 nicht wesentlich verändern: Gas- und Dampfturbinenkraftwerke sowie Hochleistungskraftwerke werden einen Anteil von 92 Prozent am globalen Marktvolumen der Umweltschonenden Nutzung fossiler Brennstoffe haben, denn die Technologielinien Abwärmenutzung und Blockheizkraftwerke werden trotz jahresdurchschnittlicher Wachstumsraten von 15,7 Prozent beziehungsweise 6,4 Prozent aufgrund ihrer geringen Marktvolumina an den Kräfteverhältnissen innerhalb des Marktsegments nichts verändern. Der CCS-Technologie (Carbon Capture and Storage) wird es nicht gelingen, ihr weltweites Marktvolumen nennenswert zu vergrößern. Nach Berechnungen der IEA werden bis 2035 weltweit nur etwa ein Prozent der mit fossilen Energieträgern betriebenen Kraftwerke mit CCS ausgestattet sein.[22]

Die Speichertechnologien bilden mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 16,2 Prozent innerhalb des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie das Marktsegment mit einer besonders dynamischen Entwicklung in den nächsten Jahren. Der Blick auf die Zusammensetzung des globalen Marktes für Speichertechnologien offenbart, dass die mechanische Speicherung von Energie mit einem Anteil von 72 Prozent derzeit die klar dominierende Technologielinie des Marktsegments darstellt (siehe Abbildung 19). Zu den mechanischen Speichern zählen Pumpspeicherkraftwerke, Druckluftspeicherkraftwerke, Hubspeicherkraftwerke sowie das Schwungrad. Vor allem Pumpspeicherkraftwerke leisten einen wesentlichen Beitrag für die Stabilisierung der Stromversorgung: Sie gleichen Schwankungen im Stromnetz aus, etwa einen Anstieg der Stromnachfrage in Spitzenlastzeiten, und dienen als „eiserne Reserve“ für Kraftwerksausfälle – Pumpspeicherkraftwerke sind nämlich „Schwarzstart“-fähig; das heißt, sie können ohne externe Energiezufuhr hochgefahren werden.

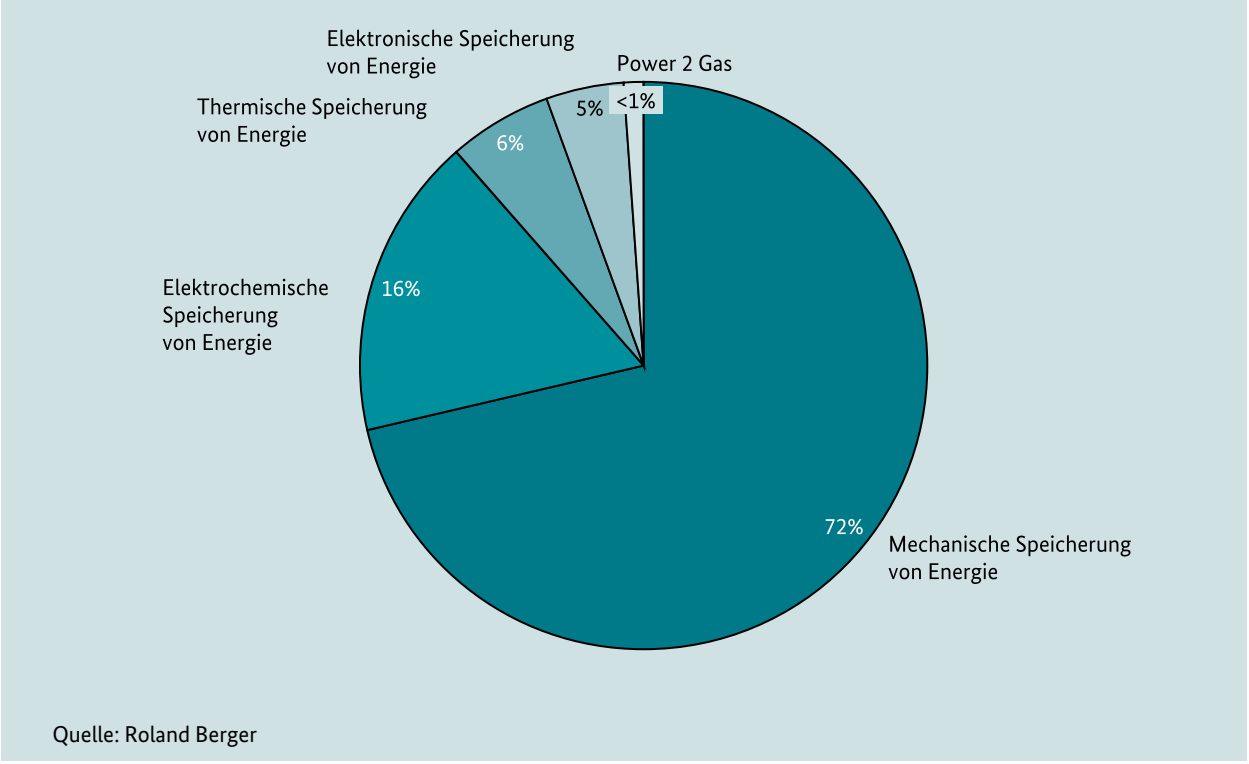


Abbildung 19: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Speichertechnologien 2013 (in Prozent)

22 Vgl. International Energy Agency (2013b), S. 6.

Innerhalb der Speichertechnologien zeichnen sich die Elektrochemischen Speicher als Technologielinie durch eine ausgeprägte Dynamik aus: Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 25,4 Prozent bauen sie ihr Weltmarktvolumen von 3,1 Milliarden Euro im Jahr 2013 auf 47,6 Milliarden Euro im Jahr 2025 aus. Zu den elektrochemischen Speichern gehören verschiedene Technologien: Wasserstoff kann als Speichermedium verwendet werden (Details dazu auf der Themenseite *Power to Gas*); auch die Gewinnung von Erdgas aus regenerativ erzeugtem Strom basiert auf elektrochemischen Prozessen. Des Weiteren zählen die unterschiedlichen Arten von Batterien (zum Beispiel Redox-Flow-Zellen) und Akkumulatoren (unter anderem Blei, Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid, Lithium-Ionen) zu den elektrochemischen Speichern.

Ausschlaggebend für das starke Wachstum der elektrochemischen Speicher bis 2025 ist vor allem die dynamische Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterien. Aktuell hat zwar der klassische Blei-Akkumulator als Starterbatterie das größte Marktvolumen unter den elektrochemischen Speichern, gefolgt von der Lithium-Ionen-Batterie. Deren Wachstum wird vor allem durch die Anwendung in mobilen Endgeräten wie Notebooks und Smartphones getrieben; außerdem tragen Anwendungen in der Elektromobilität (etwa in Elektroautos und E-Bikes) sowie stationäre Energiespeicher in den nächsten Jahren zur dynamischen Entwicklung der Lithium-Ionen-Akkus bei.

Im Vergleich zu den anderen Marktsegmenten des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie hat das Marktsegment Effiziente Netze mit 5,4 Prozent die geringste jahresdurchschnittliche Wachstumsrate im Zeitraum 2013 bis 2025. Ein Erklärungsansatz für diese relativ geringe Dynamik ist, dass die hochentwickelten Volkswirtschaften bereits über eine gut ausgebaute Netzinfrastruktur mit langlebigen Anlagen verfügen. Hinzu kommt, dass aktuell Geschäftsmodelle fehlen, die eine Realisierung intelligenter Stromnetze fördern.

Power-to-Gas

Im Jahr 2013 haben erneuerbare Energien in Deutschland einen Anteil von 25,4 Prozent am Bruttostromverbrauch erreicht.[23] Regenerative Energieträger stellten insgesamt 152,6 Milliarden Kilowattstunden Strom bereit;[24] über die Hälfte davon wurde in Windenergie- und Photovoltaikanlagen produziert. Der rasante Ausbau der Erneuerbaren bringt eine zunehmende Volatilität des Stromangebots mit sich: Die Stromeinspeisung von Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen schwankt je nach Tageszeit und Wetterlage. Dies kann zu einer Lücke zwischen Stromangebot und Stromnachfrage oder zu einem Stromüberschuss führen – und stellt somit eine große Herausforderung für das Netzmanagement dar. Denn um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, müssen Stromeinspeisung und Stromentnahme jederzeit im Gleichgewicht stehen. Da das Stromnetz selbst keine Energie speichern kann, muss der Ausgleich zwischen Stromerzeugung und Stromnachfrage bei Lastspitzen oder in Schwachlastzeiten über andere Mechanismen erfolgen. Dazu zählen Speicher, die elektrische Energie zwischenlagern und bei entsprechender Nachfrage wieder ins Netz einspeisen.

Die Ausbauziele für die erneuerbaren Energien in Deutschland lassen absehen, dass die fluktuierende Einspeisung ins Stromnetz zunimmt. Dementsprechend wächst der Bedarf an Speichern, um die zunehmende Volatilität des Stromangebots zu beherrschen. Viele Experten halten Power-to-Gas für einen vielversprechenden Ansatz: „Power to Gas bietet eine systemübergreifende Lösung, um Wind- und Solarkraftwerke mit ihrer stark schwankenden Stromerzeugung in das Energiesystem zu integrieren“, so Stephan Kohler, Vorsitzender der Geschäftsführung der Deutschen Energie-Agentur (dena).[25]

Beim Power-to-Gas-Verfahren (auch als P2G oder PtG bezeichnet) wird mit regenerativ erzeugtem Strom durch Elektrolyse Wasser in Sauerstoff (O_2) und Wasserstoff (H_2) zerlegt. Für diesen Prozess kann sogenannter Überschussstrom genutzt werden; der fällt an, wenn eine besonders hohe Menge Grünstrom produziert wird, aber nicht ins Netz integriert werden kann. Der Wasserstoff kann als Speichermedium genutzt werden. Das Gas kann mittels Gasturbinen rückverstromt, als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge oder zum Heizen benutzt werden.

Aus dem durch Elektrolyse gewonnenen Wasserstoff lässt sich synthetisches Methan herstellen: Durch die Reaktion des Wasserstoffs mit Kohlendioxid entsteht Methan, das chemisch normalem Erdgas entspricht. So kann die gesamte Gasinfrastruktur (Netze und Speicher) für dieses Speicherkonzept genutzt werden. Das „Erdgas aus Ökostrom“ lässt sich für Erdgasheizungen, zur Stromerzeugung sowie zum „Betanken“ von Erdgasfahrzeugen verwenden.

23 Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014b), S. 2.
24 Vgl. ebenda, S. 3.
25 Deutsche Energie-Agentur (2014b).

Diesem breiten Einsatzspektrum in der Stromerzeugung und im Verkehrssektor verdankt das Power-to-Gas-Konzept sein Potenzial, sich zu einer Basis- und Schlüsseltechnologie eines von Erneuerbaren geprägten Energiesystems zu entwickeln. Hinzu kommt, dass Power-to-Gas die bisher getrennten Energiewelten der Stromerzeugung und des Stromnetzes auf der einen sowie der Gasinfrastruktur auf der anderen Seite verbinden könnte. Dieser Brückenschlag „ermöglicht neue Spielräume, mehr Flexibilität und modernisiert beziehungsweise revolutioniert damit unsere herkömmliche, traditionelle Energiewelt grundlegend", so die Einschätzung einer Studie Deutsche Bank Research.[26]

Um das Power-to-Gas-Verfahren voranzutreiben und seine Anwendungsmöglichkeiten auszuloten, hat sich in Deutschland die von der dena initiierte Strategieplattform „Power to Gas" gegründet. Partner aus der Wirtschaft, der Wissenschaft und von Verbänden arbeiten gemeinsam an der Weiterentwicklung der Systemlösung P2G für den wirtschaftlichen und großtechnischen Einsatz. Eine Reihe von Pilotprojekten vermitteln bereits heute einen Eindruck von den Perspektiven, die P2G in unterschiedlichen Energienutzungspfaden bietet. Hier einige Beispiele:

- In der Initiative CO2RRECT (CO2-Reaction using Regenerative Energies and Catalytic Technologies) kooperieren 15 Partner aus der chemischen Industrie, Energiewirtschaft und Wissenschaft. Sie wollen Sonnenenergie und Windkraft für die Wasser-Elektrolyse nutzen, um mit dem erzeugten Wasserstoff kohlestämmiges CO_2 aus dem Braunkohlekraftwerk Niederaußem (Nordrhein-Westfalen) in Basischemikalien umzuwandeln. Gesteuert wird dieses Projekt von Bayer Technology Services. Während des Versuchsbetriebs soll die Flexibilität eines Elektrolyseurs von Siemens für einen Einsatz im Stromverbund mit einem hohen Anteil regenerativer Energien getestet werden.[27]
- Im Audi e-gas Projekt hat sich der Automobilhersteller das Ziel gesetzt, synthetisches Methan als Kraftstoff für eine CO_2-freie Langstreckenmobilität zu nutzen. Audi hat im Emsland eine Anlage zur Gewinnung von Wasserstoff beziehungsweise synthetischem Methan errichtet. Sie wird den Kraftstoff für das erste mit synthetischem Methan betriebene Modell der Marke Audi produzieren: Der neue A3 Sportback g-tron soll 2014 in den Verkauf gehen.[28]
- Im August 2013 hat E.ON die Power-to-Gas-Pilotanlage Falkenhagen (Brandenburg) in Betrieb genommen. Dort testet der Energiekonzern die Umwandlung von Strom aus Windenergie zu Wasserstoff. Die Anlage hat eine Leistung von zwei Megawatt, das entspricht der Produktion von 360 Kubikmetern Wasserstoff pro Stunde. Der Wasserstoff wird in das regionale Ferngasnetz eingespeist und wie fossiles Erdgas genutzt. Bei Errichtung und Betrieb der Anlage arbeitet E.ON mit der Swissgas AG zusammen.[29]

Die Herausforderung der nächsten Jahre besteht darin, die Forschungs- und Demonstrationsprojekte in eine großtechnisch verfügbare und wirtschaftlich nutzbare Technologie zu überführen. Gelingt dies, wäre P2G ein wesentlicher Baustein für den erfolgreichen Umbau des Energiesystems.

26 Deutsche Bank Research (2014a), S. 6.
27 Vgl. Deutsche Energie-Agentur (2014c).
28 Vgl. Audi AG (2014).
29 Vgl. E.ON SE (2013).

Energieeffizienz

170.000.000.000

US-Dollar – würde weltweit pro Jahr diese Summe in Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz investiert, läge die Rendite nach Schätzungen der UN-Initiative *Sustainable Energy for All* bei 17 Prozent.[30] Energieeffizienz rechnet sich, und zwar nicht nur in monetären Größen: „What simple tool offers the entire world an extended energy supply, increased energy security, lower carbon missions, cleaner air and extra time to mitigate climate change? Energy efficiency."[31] – Diese Argumente der IEA-Direktorin Maria van der Hoeven sprechen für sich selbst. Eine Steigerung der Energieeffizienz wirkt dem weiteren Anstieg der Energiepreise entgegen, begrenzt die Abhängigkeit von Energieimporten und mindert den Energieverbrauch und damit den Ausstoß von klimaschädlichem Kohlendioxid.

Effizienz lässt sich definieren als Verhältnis eines bestimmten Nutzens oder Ergebnisses zum dafür nötigen Aufwand. Demnach soll eine Steigerung der Energieeffizienz bewirken, dass mit jeder eingesetzten Einheit Energie ein höherer Beitrag zur Wirtschaftsleistung erbracht wird. Indikatoren für die Energieeffizienz sind die Energieproduktivität (wirtschaftliche Leistung pro Einheit eingesetzter Energie) und die Energieintensität (Energieeinsatz pro Einheit wirtschaftlicher Leistung).

Anhand dieser Indikatoren wird deutlich, dass die Energieeffizienz maßgeblich das Verhältnis zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch beeinflusst. Die im Zuge der Grünen Transformation angestrebte absolute Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch ist nur durch eine Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz möglich. Dieser Zusammenhang macht den Leitmarkt Energieeffizienz zu einem zentralen Handlungsfeld der Transformation in Richtung Green Economy.

30 Vgl. Sustainable Energy for all (2013).
31 iea energy – The Journal of the International Energy Agency (2013), S. 3.

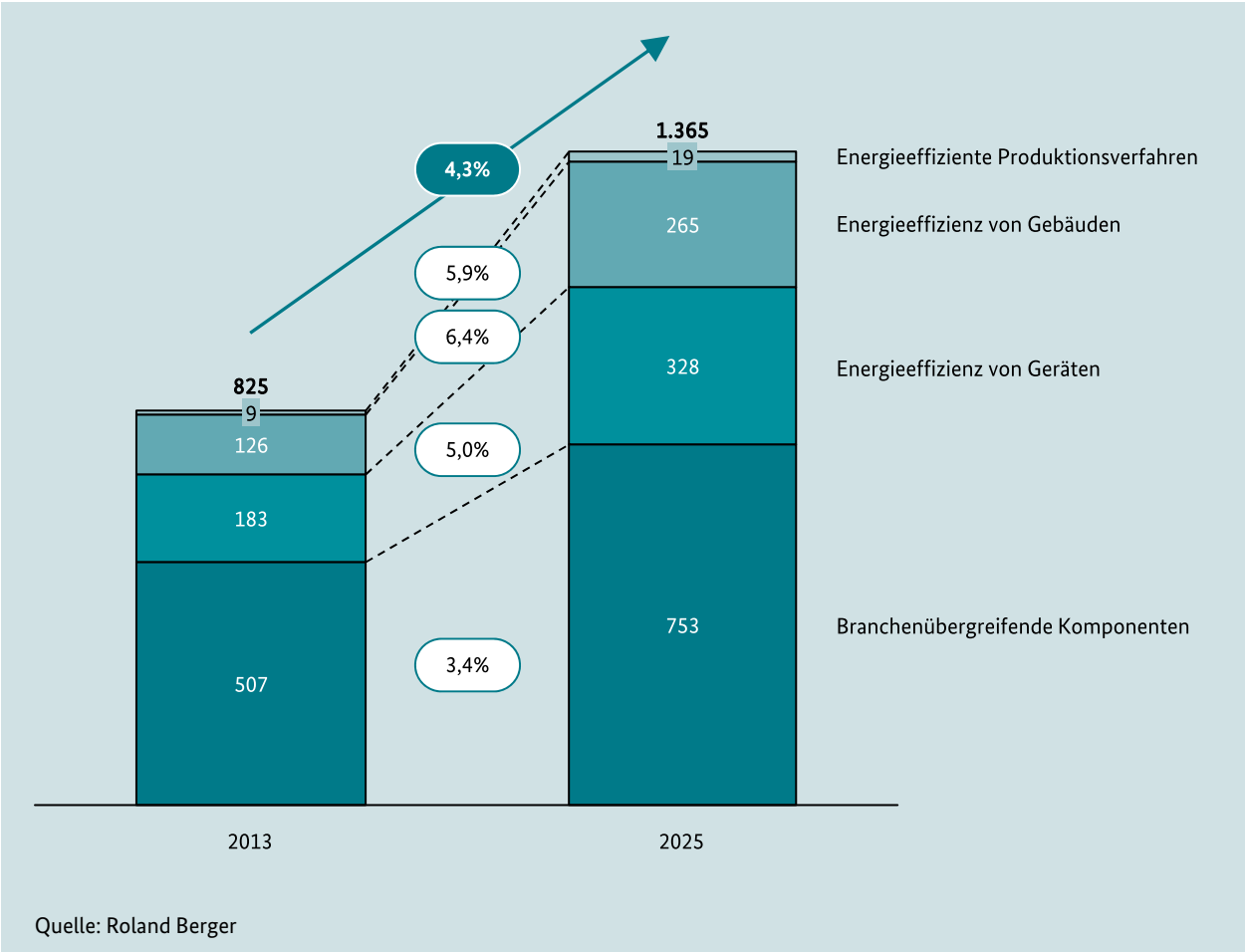
Auf diesem Handlungsfeld gibt es derzeit noch viel brachliegendes Potenzial: In ihrem Hauptszenario geht die IEA davon aus, dass weltweit zwei Drittel des wirtschaftlichen Potenzials der Energieeffizienz ungenutzt bleiben.[32] Zahlreiche politische Initiativen rund um den Globus wollen hier Abhilfe schaffen: So plant Japan, seinen Stromverbrauch bis zum Jahr 2030 um ein Zehntel zu reduzieren. China hat sich zum Ziel gesetzt, die Energieintensität bis 2016 um 16 Prozent zu senken.[33]

Das Thema Energieeffizienz nimmt auch einen zentralen Platz auf der energiepolitischen Agenda der Europäischen Union (EU) ein: Gegenüber dem Basisjahr 2005 soll die Energieeffizienz der EU-Mitgliedsstaaten um 20 Prozent gesteigert werden. Das heißt in absoluten Zahlen, der Primärenergieverbrauch in der EU darf bis 2020 maximal 1.474 Millionen Tonnen Rohöleinheiten betragen. Zum Vergleich: In einem Referenzszenario ohne Berücksichtigung energieeffizienter Maßnahmen liegt dieser Wert bei 1.842 Millionen Tonnen Rohöleinheiten.[34]

Im Zeitraum 2005 bis 2011 ist der Primärenergieverbrauch in den EU-Staaten um sieben Prozent gesunken.[35] Diese Entwicklung ist jedoch nur teilweise auf eine Verbesserung der Energieeffizienz zurückzuführen. Ausschlaggebend für diese Reduktion war vor allem die nachlassende Wirtschaftsleistung im Euro-Raum. Es bleibt also in den nächsten Jahren eine große Herausforderung, die Energieeffizienz-Ziele zu erreichen.

32 Vgl. International Energy Agency (2013b), S. 3.
33 Vgl. iea energy – The Journal of the International Energy Agency (2013), S. 3.
34 Vgl. Eurostat (2013), S. 191.
35 Vgl. ebenda, S. 191.

Der globale Leitmarkt Energieeffizienz wird im Jahr 2025 ein Volumen von 1.365 Milliarden Euro erreichen. Das entspricht im Zeitraum 2013 bis 2025 einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 4,3 Prozent. Betrachtet man die Entwicklung der einzelnen Marktsegmente, zeigen sich Unterschiede im Hinblick auf die Wachstumsdynamik: Die Branchenübergreifenden Komponenten stellen zwar das größte Marktsegment innerhalb des Leitmarktes dar, weisen jedoch mit 3,4 Prozent die geringste jahresdurchschnittliche Wachstumsrate auf. Diese relativ geringe Zuwachsrate ist auf die weit fortgeschrittene Marktreife der Produkte und Dienstleistungen der Branchenübergreifenden Komponenten zurückzuführen; dieses Marktsegment umfasst überwiegend traditionelle Technologielinien. Die stärkste Wachstumsdynamik verzeichnet das Marktsegment Energieeffizienz von Gebäuden mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,4 Prozent (siehe Abbildung 20).

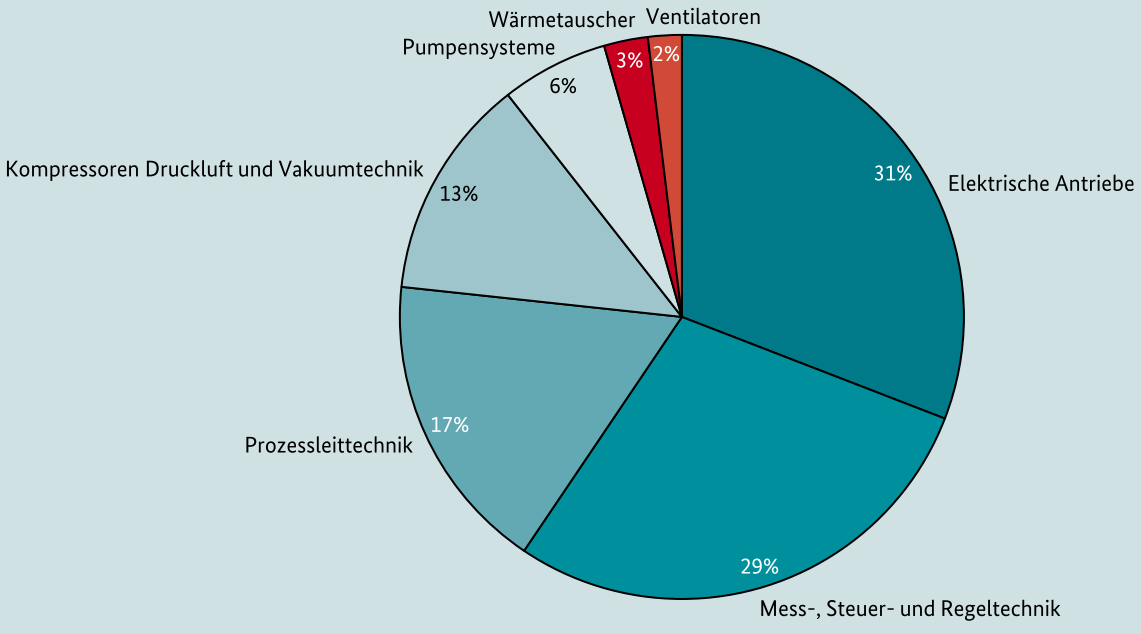


Quelle: Roland Berger

Abbildung 20: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Energieeffizienz 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Legt man den Fokus auf die Ebene der Marktsegmente und betrachtet die Anteile beziehungsweise die Entwicklung der einzelnen Technologielinien, ergibt sich ein differenziertes Bild des Leitmarktes Energieeffizienz.

Im Marktsegment Branchenübergreifende Komponenten (siehe Abbildung 21) stellen die Elektrischen Antriebe mit einem Volumen von 156,5 Milliarden Euro (2013) aktuell die größte Technologielinie dar. Im Jahr 2025 werden die Elektrischen Antriebe weltweit ein Marktvolumen von 251,4 Milliarden Euro erreichen und damit ihre Position als umsatzstärkste Technologielinie des Marktsegments Branchenübergreifende Komponenten behaupten. Ein wichtiger Treiber des Wachstums dieser Technologielinie ist die universelle Einsetzbarkeit von Elektromotoren und die kontinuierliche Verbesserung ihrer Effizienz. Die Technologielinien Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie Prozessleittechnik spielen eine wesentliche Rolle als Basis für ressourceneffiziente Produktionsverfahren (siehe dazu auch Themenseite *Industrie 4.0*). Diese zwei Technologielinien erreichten 2013 ein globales Marktvolumen von 232,9 Milliarden Euro. Für 2025 ist eine Steigerung auf 337,2 Milliarden Euro zu erwarten.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 21: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Branchenübergreifende Komponenten 2013 (in Prozent)

Industrie 4.0

Industrie 4.0 ist längst zu einem Buzz-Word in den Wirtschaftsmedien avanciert. Trotz des aktuellen Hypes ist dieses Thema jedoch kein flüchtiger Trend: Die unter dem Etikett Industrie 4.0 zusammengefassten Entwicklungen werden in den nächsten Jahren die Produktion maßgeblich prägen.

Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution und knüpft damit an die wesentlichen Etappen der Industriegeschichte an. Die erste industrielle Revolution begann Ende des 18. Jahrhunderts mit der Einführung mechanischer Produktionsanlagen, die durch Wasserkraft oder Dampf angetrieben wurden. Die zweite industrielle Revolution vollzog sich Ende des 19. Jahrhunderts mit der Verbreitung der Massenproduktion durch die Elektrifizierung der Fabrikhallen. Die dritte industrielle Revolution wurde in den 1970er Jahren proklamiert, als Elektronik- und Informationstechnologien in die Fertigung Einzug hielten und die Automatisierung vorantrieben.[36]

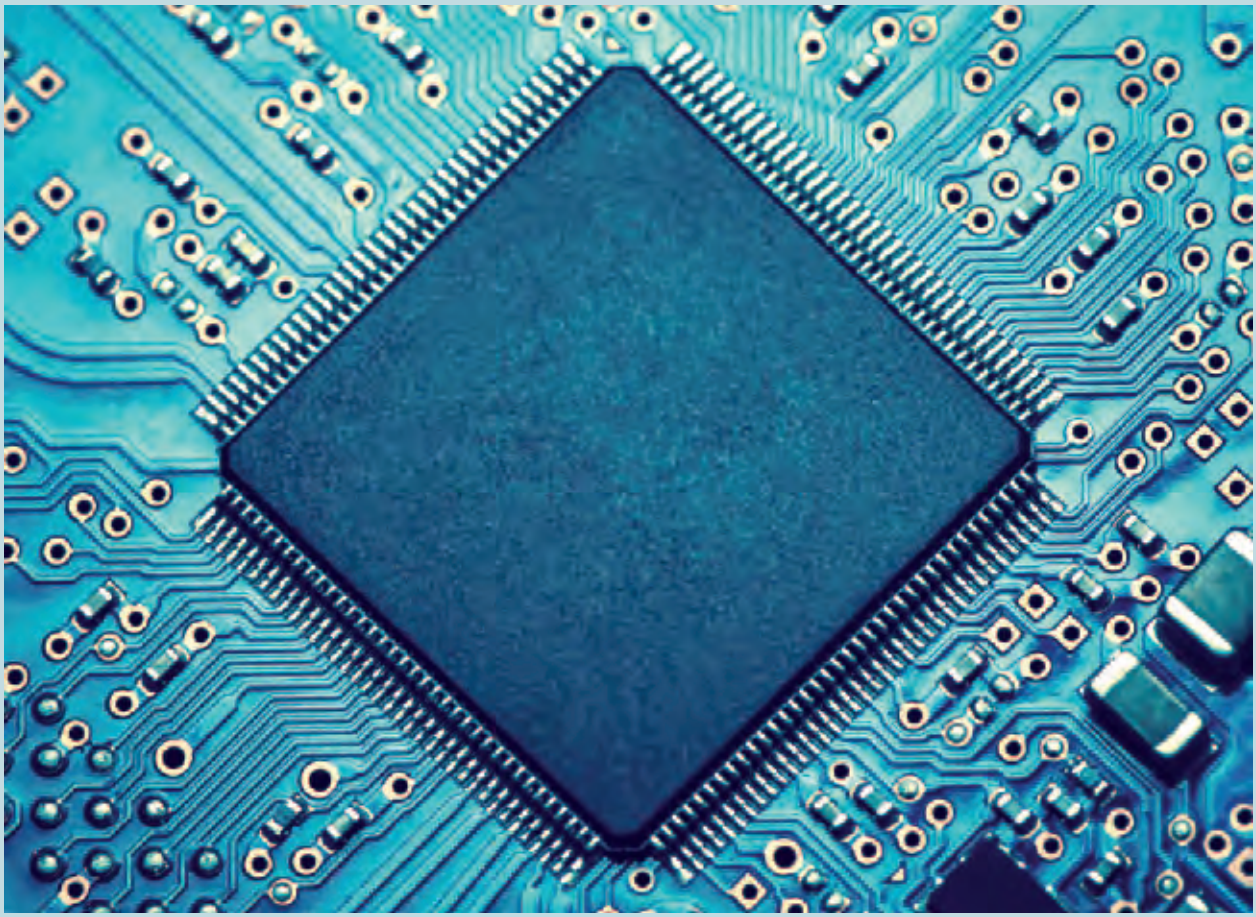
Die vierte industrielle Revolution bringt nun das „Internet der Dinge und Dienste" in die Fabriken, die sich zu Smart Factories entwickeln. Unternehmen werden in der Lage sein, Betriebsmittel, Maschinen und Logistiksysteme in Cyber-Physical Systems (CPS) online zu vernetzen. Dies ermöglicht dezentrale, autarke und selbstoptimierende Produktionsprozesse.

Einen zentralen Baustein dafür sind „Embedded Systems". Diese mikroelektronischen Systeme verfügen über eine eigene Rechenfähigkeit, Sensorik und Aktorik und sind wiederum Bestandteile größerer Systeme oder Gegenstände. Embedded Systems können mit einer eindeutigen Identifizierung und drahtlosen Kommunikationsschnittstellen ausgestattet werden. Über diese Schnittstellen sind Embedded Systems in der Lage, sich mit anderen Systemen in der Wertschöpfungskette zu vernetzen. So entsteht ein Cyber-Physical System.[37]

In einer Smart Factory erfolgt die Steuerung der Produktion auf Basis des Daten- und Informationsaustausches der beteiligten Objekte. Intelligente Werkstücke steuern und unterstützen den Fertigungsprozess und die Dokumentation, indem sie kommunizieren: Mittels eingebetteter Systeme können solche „Smart Products" mitteilen, in welcher Etappe des Fertigungsprozesses sie sich befinden, mit welchen Parametern sie ausgestattet werden und wohin sie geliefert werden sollen. Das heißt, von der heute verbreiteten zentralen Steuerung von Produktionsanlagen erfolgt ein Übergang zur dezentralen Steuerung.

So fällt der Smart Factory eine Schlüsselrolle zu: „Mit ihren Schnittstellen zu Smart Mobility, Smart Logistics und Smart Grid ist die intelligente Fabrik ein wichtiger Bestandteil künftiger intelligenter Infrastrukturen. Damit werden sich die altbekannten Wertschöpfungsketten fortentwickeln und völlig neue Geschäftsmodelle etablieren."[38]

36 Vgl. Deutsche Bank Research (2014b), S. 4f.
37 Vgl. ZVEI (2014).
38 Deutsche Bank Research (2014b), S. 5.

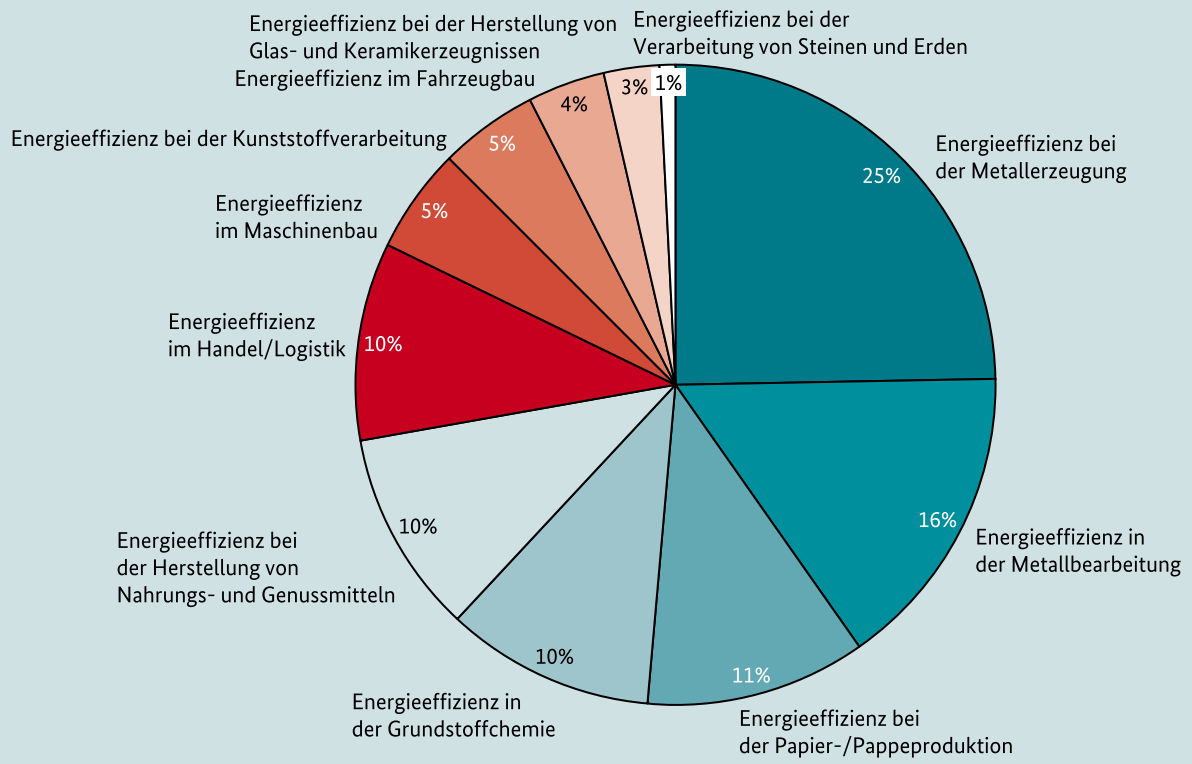


Nach Einschätzung der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) und anderer Experten leistet die Industrie 4.0 einen wichtigen Beitrag für die Verbesserung der Energieeffizienz.[39] Unternehmen können durch die effiziente Nutzung und Steuerung ihrer Produktionsanlagen ihren Energiebedarf senken. Ein wichtiger Hebel dafür ist, dass Produktionsanlagen nur dann laufen, wenn sie tatsächlich genutzt werden. In der Praxis laufen sie jedoch häufig auch an Freischichten auf vollen Touren, um das lange Anfahren zu vermeiden. Intelligente Steuerungskonzepte stoppen solche Energieverschwendung, sie schalten in produktionsfreien Zeiten in den Stand-by-Modus.[40]

Dem Standort Deutschland werden gute Chancen attestiert, von der Industrie 4.0 zu profitieren: „Mit seinem starken Maschinen- und Anlagenbau, seiner in ihrer Konzentration weltweit beachtlichen IT-Kompetenz und dem Know-how bei Eingebetteten Systemen und in der Automatisierungstechnik verfügt Deutschland über beste Voraussetzungen, um seine Führungsposition in der Produktionstechnik auszubauen. Wie kein anderes Land ist Deutschland befähigt, die Potenziale einer neuen Form der Industrialisierung zu erschließen: Industrie 4.0.“[41] Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung gelangt eine Studie der Deutschen Bank Research: „Industrie 4.0 wird den Industriestandort Deutschland upgraden.“[42]

39 Vgl. acatech – Deutsche Akademie für Technikwissenschaften e.V. (2013), S. 5.
40 Vgl. Deutsche Bank Research (2014b), S. 14.
41 acatech – Deutsche Akademie für Technikwissenschaften e.V. (2013), S. 5.
42 Deutsche Bank Research (2014b), S. 1.

Das Marktsegment Energieeffiziente Produktionsverfahren zeigt sich fragmentiert, allerdings mit stark ausgeprägten Anteilen in den Bereichen Metallerzeugung und Metallbearbeitung (siehe Abbildung 22). Diese beiden Technologielinien hielten im Jahr 2013 zusammen einen Anteil von 41 Prozent am globalen Marktvolumen der Energieeffizienten Produktionsverfahren. Auch in anderen energieintensiven Branchen Grundstoffchemie sowie Papier- und Pappeherstellung spielen energiesparende Fertigungsverfahren eine wesentliche Rolle. Die Effizienztechnologien für diese Industrien stellten 2013 gemeinsam einen Anteil von mehr als 20 Prozent am Weltmarktvolumen der Energieeffizienten Produktionsverfahren.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 22: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffiziente Produktionsverfahren 2013 (in Prozent)

Ressourceneffiziente Titan-Gussteile

Innovatives Fertigungsverfahren spart bis zu 75 Prozent Energie und Material ein

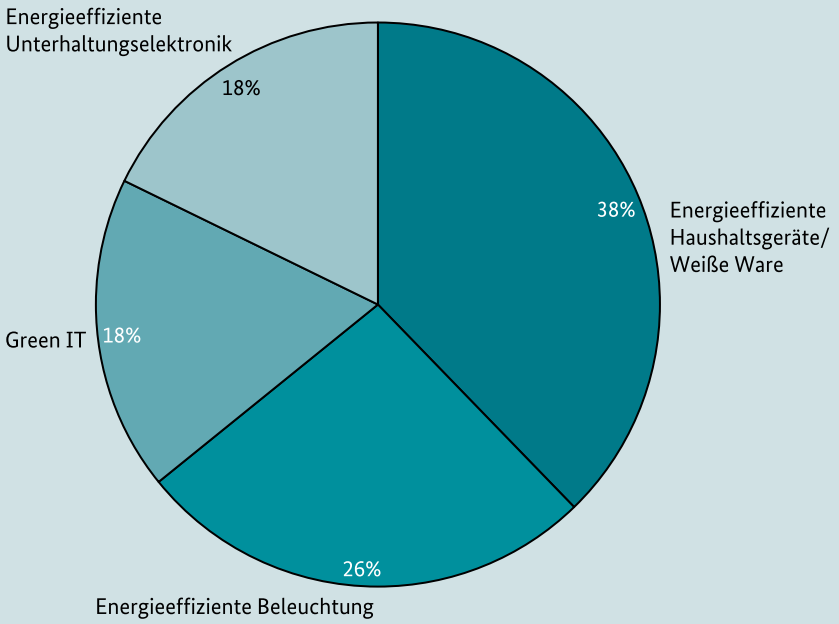
Die Tital GmbH zählt zu den international führenden Herstellern von Feingussprodukten aus Titan- und Aluminiumlegierungen. Von seinem Stammsitz in Bestwig (Nordrhein-Westfalen) aus beliefert das Unternehmen, das über 600 Mitarbeiter beschäftigt, weltweit seine Kunden aus der Luft- und Raumfahrtindustrie, der Elektronik- und Optikindustrie, der Industrie- und Medizintechnik sowie aus Formel 1 und Motorsport.

Die Tital GmbH setzt auf eine besonders ressourceneffiziente Herstellung von Titan-Gussteilen. Diese konnten früher nur bis zu einer Größe von circa 600 Millimetern gegossen werden. Dann investierte das Unternehmen in einen innovativen Vakuumlichtbogenofen der ALD Vacuum Technologies GmbH. Er macht es möglich, dass nun komplexe Titan-Gussteile mit einer Größe von bis zu 1,5 Metern und Bauteilgewichten von bis zu 300 Ki-

logramm hergestellt werden. Dieses Verfahren führt im Vergleich zur Zerspanungstechnologie zu erheblichen Einsparungen: Der Verbrauch von Energie und Material lässt sich um bis zu 75 Prozent senken, sodass pro Jahr der Ausstoß von rund 15.000 Tonnen CO_2 vermieden wird.

Auch bei der Herstellung komplex gestalteter Aluminium-Bauteile setzt die Tital GmbH auf ressourcenschonende Verfahren. Schon seit Mitte der 1990er fertigt das Unternehmen mit dem patentierten HERO Premium Casting®-Verfahren Aluminium-Bauteile mit überdurchschnittlichen mechanischen Eigenschaften mit dem Gussfaktor 1.0. Auf diese Weise lassen sich deutliche Gewichts- und Materialeinsparungen erzielen.
www.tital.de

Der Großteil des globalen Marktvolumens im Marktsegment Energieeffizienz von Geräten entfällt auf Energieeffiziente Haushaltsgeräte und Energieeffiziente Beleuchtung (siehe Abbildung 23). Das Marktvolumen der beiden Technologielinien addierte sich 2013 auf 112,5 Milliarden Euro und wird bis 2025 auf 200,3 Milliarden Euro anwachsen. Die Technologielinie Energieeffiziente Beleuchtung wird im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 6,1 Prozent zulegen. Ausschlaggebend für diese dynamische Entwicklung ist vor allem die zunehmende Marktdurchdringung von energiesparenden LED[43] und Halogenlampen.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 23: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Geräten 2013 (in Prozent)

43 Light emitting diode; lichtemittierende Diode.

Das Marktsegment Energieeffizienz von Gebäuden wird sich bis 2025 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,4 Prozent entwickeln. Die Technologielinie Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik legt mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 7,7 Prozent überproportional zu. Treiber dieser dynamischen Entwicklung ist das hohe Energieeinsparpotenzial dieser Technologielinie in Verbindung mit relativ kurzen Amortisationszeiten. Die Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik wird deshalb bis 2025 ihren Anteil am globalen Marktvolumen der Energieeffizienz von Gebäuden von 36 Prozent im Jahr 2013 auf 41 Prozent ausbauen. Sehr dynamisch entwickelt sich auch die Technologielinie Passivhäuser und Plus-Energiehäuser: Ihre jahresdurchschnittliche Wachstumsrate im Zeitraum 2013 bis 2025 liegt bei 12,6 Prozent; dies macht sie zu der am schnellsten expandierenden Technologielinie des gesamten Leitmarktes Energieeffizienz. In absoluten Zahlen betrachtet, ist der Markt dieser Technologielinie mit einem weltweiten Volumen von 6,1 Milliarden Euro noch relativ jung und bislang vorrangig auf Europa fokussiert.

Fertighaus als smartes Multitalent

Immobilie ermöglicht durch intelligente Komponenten Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Ein Fertighaus mit dezentraler und smarter Energieversorgung ist das Ergebnis der Zusammenarbeit des Massivhausherstellers Heinz von Heiden GmbH, des Photovoltaik-Unternehmens Azur Solar GmbH und der Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, eines Anbieters für Haus- und Systemtechnik. Die drei Partner kooperierten bei der Entwicklung des „Energiewendehauses EcoStar INDEPENDA“: Die Immobilie mit einer Wohnfläche von 177 Quadratmetern erfüllt mit einer guten Gebäudedämmung, dreifach verglasten Fenstern und einer energieeffizienten Fußbodenheizung die Anforderungen nach KfW-70-Standard.

Das Fertighaus ermöglicht seinen Bewohnern dank der intelligenten Verknüpfung der einzelnen Komponenten zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie ein besonders hohes Maß an Eigenstromversorgung: Bis zu 80 Prozent des Stromverbrauchs kann die Immobilie „aus eigener Produktion“ decken, so die Angaben der Heinz von Heiden GmbH. Die Photovoltaik-Anlage auf dem Dach erzeugt Solarstrom. Übersteigt die produzierte Strommenge den aktuellen Bedarf des Haushalts, wird die gerade nicht benötigte Menge gespeichert. Die darüber hinaus erzeugte Strommenge wird ins öffentliche Netz eingespeist.

Dieses Wechselspiel aus Speichern, Verbrauchen und Einspeisen steuert der „Azur Energiemanager“. Der Strom aus Eigenproduktion dient außerdem als Energiequelle für die Luft/Wasser-Wärmepumpe von Stiebel Eltron. Eine weitere Komponente des „Energiewendehauses“ ist die thermische Solaranlage von Stiebel Eltron; sie gewinnt aus Sonnenenergie Wärme, die für Warmwasserbereitung und Heizung genutzt wird. Dabei fungiert der Systemspeicher als Puffer für Warmwasser und Heizung: Er gibt die erzeugte Wärme erst dann ab, wenn sie benötigt wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das hauseigene Kraftwerk auf dem Dach optimal ausgelastet ist und einen hohen Anteil der Energieversorgung autark bestreiten kann.
www.heinzvonheiden.de
www.azur-independa.de
www.stiebel-eltron.de

Rohstoff- und Materialeffizienz

10.000

Kilogramm Rohstoffe[44] hat im Jahr 2008 jeder Mensch im weltweiten Durchschnitt verbraucht.[45] Vor drei Jahrzehnten wog dieses statistische Ressourcenpaket noch 8,4 Tonnen – im Zeitraum 1980 bis 2008 hat sich die Rohstoffentnahme weltweit deutlich erhöht. Dabei war nach 2003 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 3,7 Prozent ein markanter Anstieg zu verzeichnen; zwischen 1980 und 2002 lag die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der globalen Rohstoffentnahme bei 1,7 Prozent.[46] Nach einer Studie der australischen Forschungsorganisation CSIRO wurden 2008 weltweit 70 Milliarden Tonnen Rohstoffe gefördert und verarbeitet.[47]

Die Zunahme des Rohstoffverbrauchs ist durch das Zusammenwirken verschiedener Faktoren bedingt: Bevölkerungswachstum, Verbreitung ressourcenintensiver Konsummuster sowie die nachholende Industrialisierung vieler Schwellenländer werden die Nachfrage nach Rohstoffen auch künftig auf einem hohen Niveau halten.

Ein weiteres Anschwellen des weltweiten Rohstoffbedarfs scheint deshalb unausweichlich. Aber eine Fortschreibung des heutigen Ressourcenverbrauchs würde bedeuten, dass – gemessen am ökologischen Fußabdruck – fünf Planeten Erde nötig wären, um den Rohstoffbedarf der Menschheit zu decken. Dies würde die Tragfähigkeit der Ökosysteme überfordern.

Bei den meisten Rohstoffen ist die physische Knappheit nicht das eigentliche Problem. Der Begriff ‚Knappheit' im Kontext Ressourcen ist vielschichtiger: Nach der Definition des Umweltbundesamtes bezeichnet ‚Ressourcenknappheit' einen „Zustand, in dem der derzeitige und erwartete Bedarf an natürlichen Ressourcen größer ist als ihre Verfügbarkeit".[48] So gilt beispielsweise die Verfügbarkeit von Metallen, Industriemineralien sowie Steine und Erden aus geologischer Perspektive als mittel- und langfristig gesichert.[49] Die Verknappung von Rohstoffen schließt jedoch auch andere Dimensionen und Ursachen ein, etwa Kapazitätsengpässe, Preissteigerungen oder politisch motivierte Restriktionen des Angebots.

Ein schwerwiegendes Problem des zunehmenden Rohstoffbedarfs sind die ökologischen Folgen des Abbaus und der Verarbeitung. So werden bei der Gewinnung, dem Transport und der Verarbeitung von Rohstoffen Treibhausgasemissionen in erheblichem Umfang freigesetzt. Häufig sind mit dem Abbau von Rohstoffen gravierende Eingriffe in Natur und Landschaft sowie gesundheitliche Risiken für die Menschen in den betroffenen Regionen verbunden.

44 „Stoff oder Stoffgemisch in un- oder gering bearbeitetem Zustand, der/das in einen Produktionsprozess eingehen kann. Man unterscheidet Primär- und Sekundärrohstoffe." – Vgl. Umweltbundesamt (2012), S. 27.
45 Vgl. Dittrich, M./Giljum, S./Lutter, S./Polzin, C. (2012), S. 21.
46 Vgl. ebenda.
47 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; vgl. Wiedmann, T. et al. (2013), S. 2.
48 Vgl. Umweltbundesamt (2012), S. 24.
49 Vgl. Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.) (2013), S. 398.

Die ökonomische Konsequenz der gestiegenen Nachfrage auf den Rohstoffmärkten ist die Preisentwicklung, hier illustriert anhand der Statistik des Internationalen Währungsfonds für Metallpreise in der Periode 2005 bis 2013: Im Basisjahr 2005 wurde der Indexwert 100 gesetzt. Zur Jahresmitte 2013 wird der Indexwert mit 183 angegeben.[50] An dieser Entwicklung zeigt sich die Reaktion der Preise auf die Ausweitung der Nachfrage, während das Angebot nur mit Verzögerung vergrößert werden konnte. Zwar wird die Annäherung von Angebot und Nachfrage die Preis-Rallye in den nächsten Jahren dämpfen. Dennoch ist zu erwarten, dass das zyklische Verhalten der Rohstoffmärkte auch künftig zu Preisspitzen führt, so die Einschätzung des Hamburgischen WeltWirtschaftsInstituts (HWWI).[51]

Die Preisentwicklung auf den Rohstoffmärkten ist vor allem für diejenigen Industrieländer eine große Belastung, deren Volkswirtschaften stark von Rohstoffimporten abhängig sind. Die zunehmenden Kosten und Versorgungsrisiken beeinträchtigen die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Hinzu kommt, dass Anbieterkonzentration sowie Warentermingeschäfte die Volatilität der Rohstoffmärkte verstärken. Die starken Schwankungen, denen die Preise einiger Rohstoffe auf dem Weltmarkt unterliegen, stellen insbesondere für Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes eine große Herausforderung dar. Beispielsweise gab es bei der Preisentwicklung der Seltenen Erden extreme Ausschläge der Preiskurve. Der Preis für das Element Lanthanum bewegte sich im Zeitraum 2009 bis 2013 in einer Schwankungsbreite von 71 Prozent. Die Monatsdurchschnittspreise des für die Stahlbranche extrem wichtigen Eisenerzes wiesen eine Schwankungsbreite von 27 Prozent auf.[52] Diese hohen Preisvolatilitäten bringen für die Unternehmen erhebliche Kalkulationsrisiken mit sich.

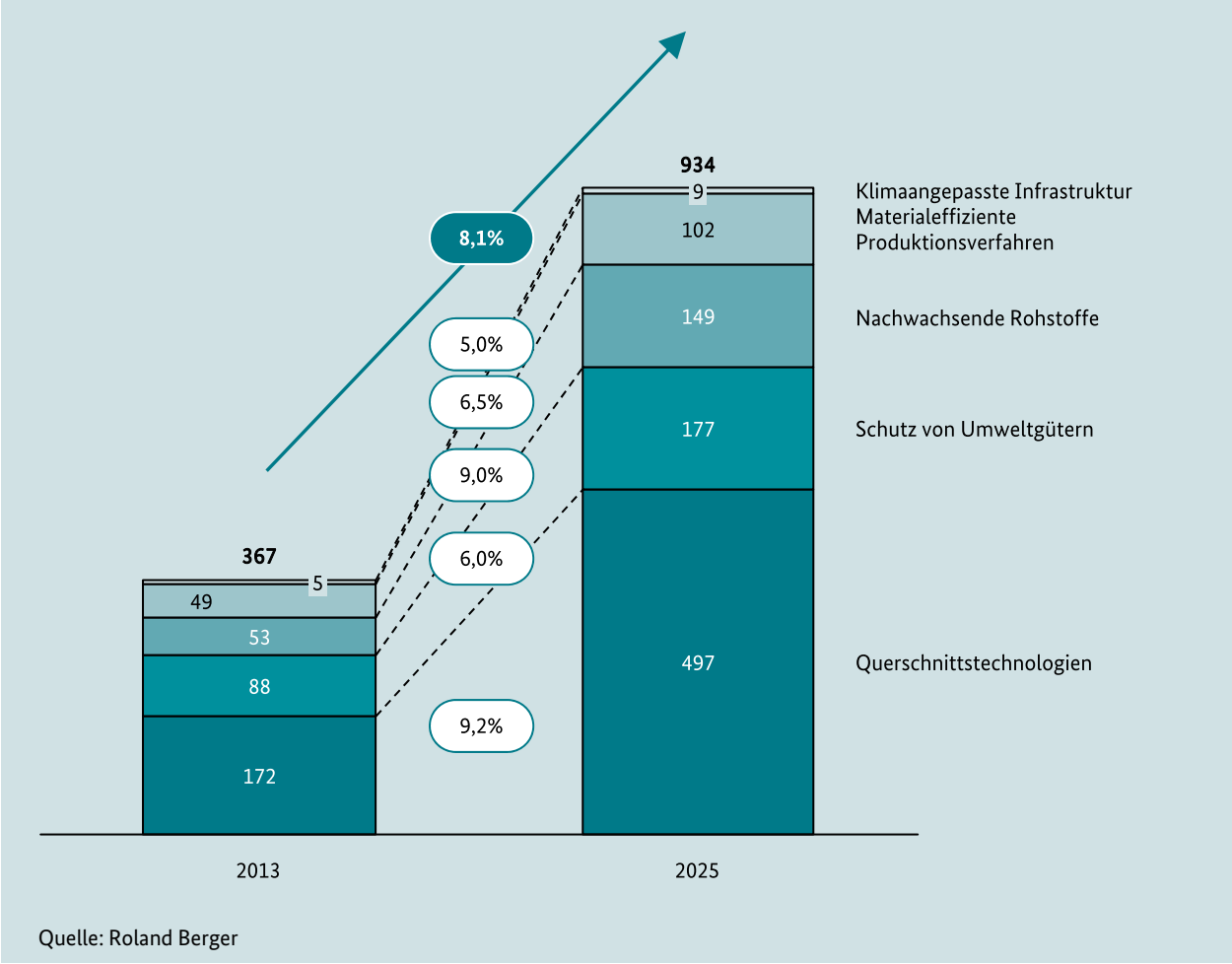
Es besteht dringend Handlungsbedarf, den Druck aus steigenden beziehungsweise volatilen Preisen und der Importabhängigkeit von bestimmten Rohstoffen zu lindern und gleichzeitig die Belastung der Ökosysteme durch die Rohstoffentnahme zu minimieren. Im Zuge der Grünen Transformation sind deshalb Strategien für eine Entkoppelung von Wachstum und Ressourcenverbrauch erforderlich. Dabei geht es mittel- und langfristig nicht nur um eine relative Entkoppelung, sondern um eine absolute Senkung des Rohstoffverbrauchs.

Die Verbesserung der Ressourceneffizienz ist ein entscheidender Hebel, um Wachstum und Rohstoffverbrauch zu entkoppeln. Dieses Ziel hat die Europäische Union in ihrer 2011 beschlossenen Leitinitiative *Ressourcenschonendes Europa* festgeschrieben. Eine Verbesserung der Ressourceneffizienz und Förderung der Wiederverwertung sind wesentliche Bestandteile dieser Leitinitiative im Rahmen der Strategie Europa 2020.

Die Reduktion ihres Rohstoffbedarfs bietet Unternehmen die Chance, Kosten und Risiken zu verringern. Gleichzeitig profitiert die Umwelt. Vor diesem Hintergrund zeichnet sich ab, dass die globale Nachfrage nach innovativen Produkten, Verfahren und Dienstleistungen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz zunehmen wird. Dementsprechend positiv fallen die Wachstumsprognosen für den Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz aus. Er umfasst Technologielinien, die den Verbrauch von nicht-energetischen Rohstoffen und Werkstoffen senken.

50 Dieser Index umfasst Kupfer, Aluminium, Eisenerz, Zinn, Nickel, Blei und Uran; vgl. International Monetary Fund (2014c).
51 Vgl. Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI) (2013), S. 4.
52 Vgl. Deutsche Rohstoffagentur (2014).

Das Marktvolumen des globales Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz bezifferte sich im Jahr 2013 auf 367 Milliarden Euro. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 8,1 Prozent wird dieser Leitmarkt bis zum Jahr 2025 ein Marktvolumen von 934 Milliarden Euro erreichen. Diese Expansion wird vor allem durch die Marktsegmente Querschnittstechnologien und Nachwachsende Rohstoffe getrieben, die im Vergleich zum gesamten Leitmarkt überproportional wachsen (siehe Abbildung 24).



Quelle: Roland Berger

Abbildung 24: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

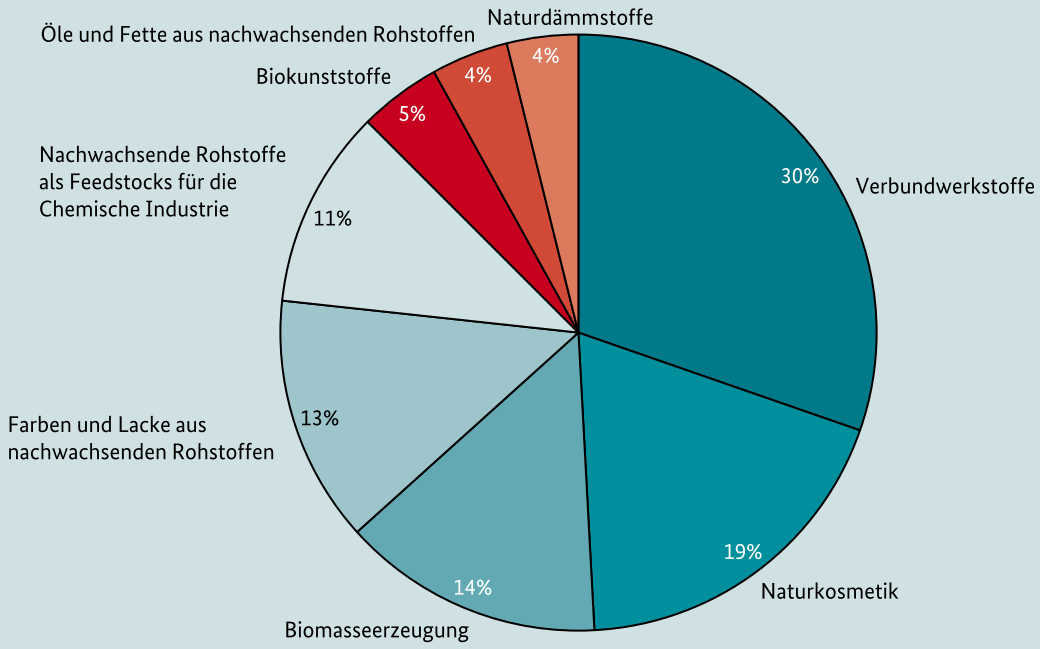
Mit 46 Prozent hält das Marktsegment Querschnittstechnologien den größten Anteil am Marktvolumen des Leitmarktes. Diese Gewichtung wird sich mit einem Anteil von 53 Prozent im Jahr 2025 leicht verändert haben. Die Nanotechnologie ist mit einem globalen Marktvolumen von 104,9 Milliarden Euro nicht nur die größte Technologielinie des Marktsegments Querschnittstechnologien; gemessen am Marktvolumen ist die Nanotechnologie auch die führende Technologielinie innerhalb des gesamten Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz. Steigende Forschungsaufwendungen, staatliche Fördermaßnahmen sowie die Erschließung neuer Anwendungsgebiete von Feinelektronik bis hin zu Lacken sorgen für einen weiteren Expansionsschub dieser Technologielinie, sodass im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 9,7 Prozent zu rechnen ist. Damit wird die Nanotechnologie 2025 weltweit ein Marktvolumen von 317,3 Milliarden Euro erreichen – und damit ihre Spitzenposition unter allen Technologielinien des Leitmarktes behaupten.

Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 5,5 Prozent entwickelt sich die Biotechnologie weniger dynamisch als die Nanotechnologie (9,7 Prozent). Der Anteil der Biotechnologie am Marktsegment Querschnittstechnologien wird sich deshalb von 34 Prozent (2013) auf 22 Prozent bis 2025 reduzieren. Ein rasantes Wachstum mit einer durchschnittlichen Zuwachsrate von 18,2 Prozent pro Jahr verzeichnet dagegen die Organische Elektronik aufgrund des zunehmenden Einsatzes in der Photovoltaik, Beleuchtung (OLED) und Displays (siehe dazu Themenseite *Organische Elektronik*). Diese Technologielinie steigert ihr globales

Marktvolumen von 9,4 Milliarden Euro im Jahr 2013 auf 70 Milliarden Euro im Jahr 2025.

Im Marktsegment Nachwachsende Rohstoffe[53] stellt die Technologielinie Verbundwerkstoffe derzeit einen Anteil von 30 Prozent am globalen Marktvolumen (siehe Abbildung 25). Durch die Kombination von Naturfasern und Kunststoffen entstehen Werkstoffe, die nicht nur den Verbrauch endlicher Ressourcen eindämmen, sondern auch verbesserte Eigenschaften (unter anderem Leichtigkeit, höhere Stabilität) im Vergleich zu herkömmlichen Faserverbünden aufweisen.[54] Auf Biokunststoffe entfiel zwar 2013 nur ein geringer Anteil (fünf Prozent) am Volumen des Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe, jedoch wird die Bedeutung dieser Technologielinie in den nächsten Jahren erheblich zunehmen: Bis 2025 wird sie mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 21,9 Prozent expandieren. Hinter dieser dynamischen Entwicklung steht die zunehmende Massenproduktion biobasierter Kunststoffe.

In Bezug auf das weltweite Marktvolumen stellt die Naturkosmetik mit 10 Milliarden Euro einen erheblichen Anteil am Marktsegment Nachwachsende Rohstoffe. Die steigende Nachfrage der Verbraucher nach Kosmetikprodukten mit natürlichen Inhaltsstoffen sorgt weiterhin für einen Schub (jahresdurchschnittliche Wachstumsrate zwölf Prozent). 2025 wird das globale Marktvolumen der Naturkosmetik bei 38,9 Milliarden Euro liegen. Immer mehr gefragt sind 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 10,2 Prozent wider – das weltweite Marktvolumen dieser Technologielinie wird von 7,1 Milliarden Euro im Jahr 2013 auf 22,6 Milliarden Euro im Jahr 2025 steigen.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 25: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe 2013 (in Prozent)

53 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 beziehungsweise zunichtegemacht.

54 Beim Einsatz von Verbundstoffen sollte bereits in der Design-Phase eines Produkts der Aspekt der Recyclingfähigkeit berücksichtigt werden: „Eine gute Recyclingstrategie beginnt besonders bei Verbundwerkstoffen durch eine recyclinggerechte Konstruktion und eine geeignete Werkstoffauswahl." – Siehe Marek, A. (2000).

Organische Elektronik

Die Experten des Weltwirtschaftsforums (WEF) veröffentlichen jedes Jahr eine Liste der zehn wichtigsten Technologien, die unmittelbar vor dem Durchbruch zur großtechnischen Anwendung stehen. Um sich für diese Top 10 zu qualifizieren, müssen die Technologien in den nächsten Jahrzehnten einen wesentlichen Beitrag zum nachhaltigen Wirtschaftswachstum erwarten lassen. Dieses Kriterium erfüllt die Organische Elektronik, die 2013 in das WEF-Ranking aufgenommen wurde.[55]

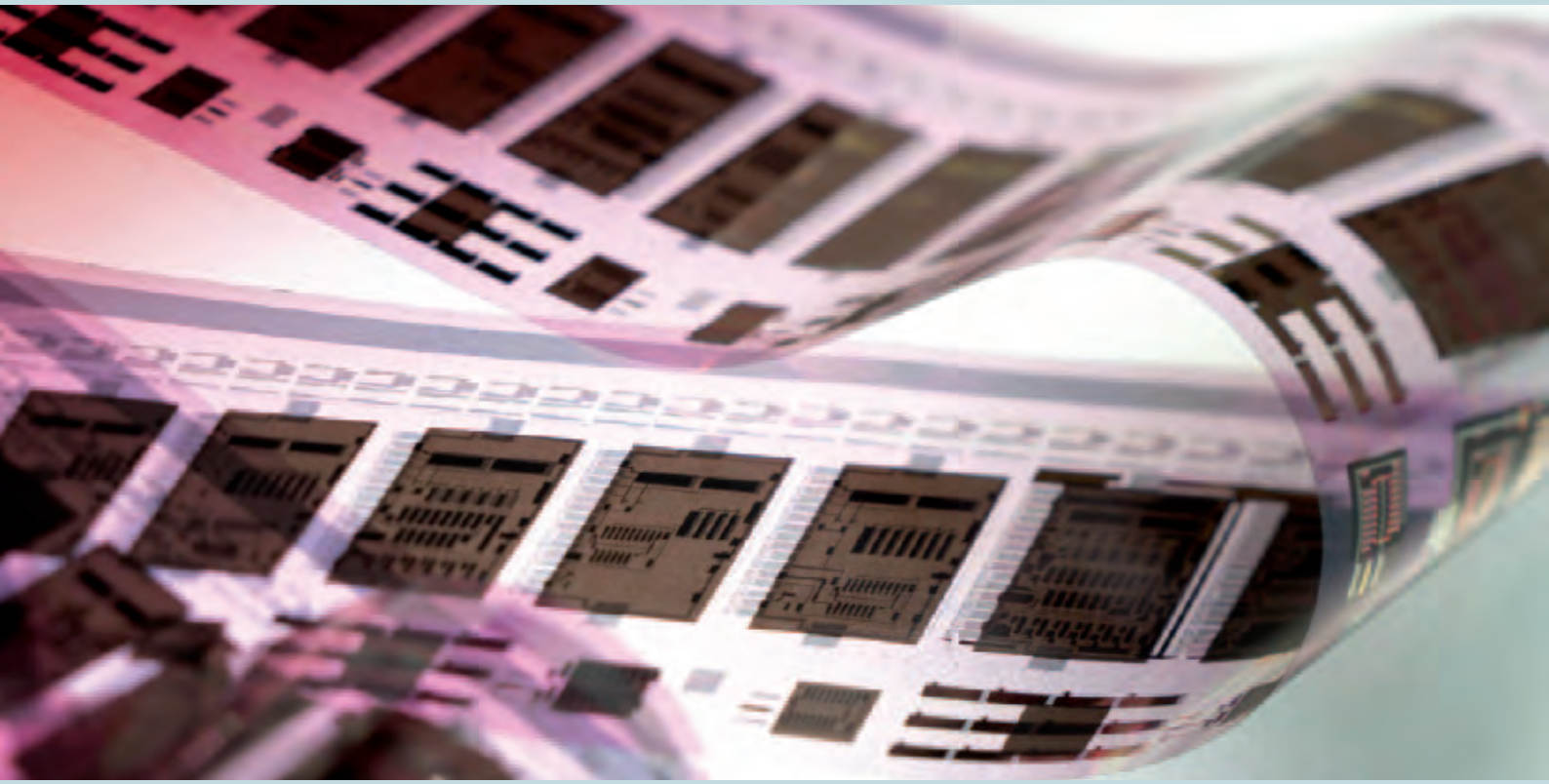
Die Organische Elektronik gilt als „grüne" Querschnittstechnologie, die sich zur umweltfreundlichen Energieerzeugung, Steigerung der Energieeffizienz und Verbesserung der Rohstoff- und Materialeffizienz einsetzen lässt.[56]

In der konventionellen kristallinen Halbleiterelektronik werden Halbleiter wie Silizium und Metalle wie Kupfer oder Silber verwendet. Stattdessen kommen bei der Organischen Elektronik elektronische Schaltungen und Leiterbahnen aus leitfähigen Polymeren oder kleineren organischen Verbindungen zum Einsatz. Anders ausgedrückt: Elektronische Komponenten werden auf Basis von leitenden und halbleitenden Kunststoffen hergestellt.

Organische Moleküle und Polymere bilden ungeordnete, amorphe Strukturen, die sich in extrem dünnen Schichten auf unterschiedliche Substrate aufbringen lassen. Im Vergleich zur siliziumbasierten Elektronik weist die Organische Elektronik jedoch eine geringere Leitfähigkeit und einen niedrigeren Wirkungsgrad auf. Allerdings ermöglicht sie durch Flexibilität, hohe mechanische Strapazierfähigkeit und große Transparenz völlig neue Funktionalitäten. Hier ein Einblick in die unterschiedlichen Anwendungsfelder der Organischen Elektronik:

- Bei der Organischen Photovoltaik ersetzen Kohlenwasserstoffverbindungen das Silizium in den Solarzellen. Organische Solarzellen sind biegsam, dünn, semitransparent und bruchfest. Dank dieser Eigenschaften können sie dort Strom erzeugen, wo die Installation von Paneelen mit kristallinen Modulen nicht infrage kommt. Folien mit organischen Solarzellen lassen sich beispielsweise auf Fenster von Gebäuden oder Fahrzeugen aufbringen. Zwar ist ihr Wirkungsgrad geringer als der von Silizium-Solarzellen, aber dafür ist das Produktionsverfahren weniger aufwendig: Es kommt ohne Reinraum, mit geringerem Energieaufwand und Rohstoffeinsatz aus. Dies verspricht, dass die Organische Photovoltaik den geringen Wirkungsgrad durch eine hohe Ertragsstärke bei niedrigen Stromgestehungskosten kompensieren kann.
- Organische Licht emittierende Dioden (OLED - organic light emitting diodes) sind Licht emittierende Halbleiter mit einem elektro-luminiszenten Bereich, der aus organischen Verbindungen besteht.[57] In den Displays von Smartphones oder Navigationsgeräten haben OLEDs bereits den Einzug in den Massenmarkt geschafft. Nun folgt der Durchbruch für Beleuchtungsanwendungen, wo die Organische Elektronik neue Dimensionen der Energieeffizienz und der Ästhetik eröffnet: Die OLED-Technologie verbraucht im Vergleich zu konventionellen Leuchtmitteln um bis zu 50 Prozent weniger Energie. Da OLED-Panels eine leuchtende Fläche erzeugen und das Licht nicht punktförmig abgegeben wird, sorgen sie für eine Be-

55 Vgl. World Economic Forum (2013).
56 Vgl. InnovationLab GmbH (2014).
57 Vgl. Osram AG, S. 56.



leuchtung ohne Blendeffekt. So lassen sich OLED-Paneele auch an Wänden oder Möbeln einsetzen, was neuartige Konzepte der Raumbeleuchtung ermöglicht. Die Osram AG will die OLED-Technologie demnächst sogar auf die Straße bringen: Der – gemessen am Umsatz – weltweit führende Lichthersteller hat 2013 eine neue Rückleuchte für Autos vorgestellt, die aus OLEDs besteht. Der Einstieg in die Serienfertigung ist 2016 geplant.[58]

- In der Medizintechnik können Organische Sensoren zur Messung von Organfunktionen über die Haut eingesetzt werden. Die Organischen Sensoren sind ultraflach und flexibel; außerdem enthalten sie keine schädlichen Schwermetalle. Im Pilotprojekt „GLUCOSENS“ arbeiten die BASF SE, Freudenberg & Co., Roche Diagnostics GmbH und die Universität Heidelberg an der Entwicklung eines Messgeräts zur kontinuierlichen Bestimmung des Blutzuckerspiegels. Das intelligente Messgerät soll mittels Sensoren auf Basis Organischer Elektronik Diabetiker rechtzeitig über Unter- bzw. Überzuckerung warnen und durch die Steuerung einer Insulinpumpe die notwendigen Therapiemaßnahmen einleiten.[59]

Die Perspektiven der Organischen Elektronik gelten nicht zuletzt aufgrund des Produktionsverfahrens der Drucktechnologie als besonders vielversprechend: „Diese Herstellungsmethode ist einfach, kostengünstig und umweltschonend und ermöglicht somit eine ökologisch und ökonomisch rentable Massenproduktion von elektronischen Bauteilen“, so die Expertenmeinung.[60] Beim Drucken der Komponenten wird eine Art „Tinte“, in der die leitfähigen organischen Moleküle als Lösung vorliegen, mit gängigen Druckverfahren wie Siebdruck oder Inkjet auf unterschiedliche, flexible Substrate aufgebracht, beispielsweise auf Folie. Dieses Verfahren kann bei relativ niedrigen Verarbeitungstemperaturen durchgeführt werden.

58 Vgl. ebenda, S. 9.
59 Vgl. InnovationLab GmbH (2014).
60 Vgl. ebenda.

Der Grundwasser- und Gewässerschutz ist mit einem weltweiten Marktvolumen von 49,3 Milliarden Euro die größte Technologielinie im Marktsegment Schutz von Umweltgütern. Die Technologielinie Naturschutz und Landschaftspflege erreichte 2013 ein globales Marktvolumen von 13,9 Milliarden Euro. Da das Bewusstsein für die Notwendigkeit der Prävention von Naturkatastrophen deutlich wächst, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern, wächst die Bereitschaft zu Investitionen in Naturschutz und Landschaftspflege. Vor diesem Hintergrund wird sich diese Technologielinie mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 16,2 Prozent entwickeln, sodass ihr weltweites Marktvolumen 2025 bei 84,4 Milliarden Euro liegen wird. Damit wird Naturschutz und Landschaftspflege künftig den größten Anteil am Marktvolumen des gesamten Marktsegments stellen.

Innerhalb des Marktsegments Klimaangepasste Infrastruktur ist der Hochwasserschutz die größte Technologielinie: Ihr weltweites Marktvolumen bezifferte sich 2013 auf 4,6 Milliarden Euro und wird bis 2025 6,5 Milliarden Euro erreichen. Den Ausschlag für diese Prognose geben die verstärkten Hochwasserschutzmaßnahmen in Europa, die nach den immensen Schäden des Elbe- und Donau-Hochwassers 2013 geplant werden. Nach den verheerenden Flutkatastrophen in Südostasien, Pakistan und Indien wächst in den betroffenen Regionen die Bereitschaft, in den Hochwasserschutz zu investieren – zumal als Folge des Klimawandels die Gefahr von Flutkatastrophen wächst. Auch die Technologielinien Sturmschutz sowie Hitze- und Feuerschutz werden in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen.

Nachhaltige Mobilität

2.500.000.000

Autos werden im Jahr 2050 auf den Straßen rund um den Globus unterwegs sein – so die Prognosen zum weltweiten Fahrzeugbestand. Eher gemäßigte Schätzungen liegen zwar „nur" bei zwei Milliarden, aber selbst dieser Wert bedeutet eine Verdoppelung im Vergleich zum Jahr 2010.[61]

Auch das Weltverkehrsforum (International Transport Forum – ITF) geht von einer starken Expansion des Verkehrssektors aus. Die Sonderorganisation im Geschäftsbereich der OECD legt jedes Jahr den „Transport Outlook" vor; diese Publikation analysiert die Trends, die den Verkehrssektor in den nächsten Jahrzehnten prägen werden. Das ITF rechnet weltweit mit einer deutlichen Zunahme der Verkehrsleistung: Gemessen an Passagierkilometern könnte sich die weltweite Verkehrsleistung bis 2050 verfünffachen. Beim Frachtaufkommen von Gütern, die auf der Straße oder der Schiene transportiert werden, könnte ein Anstieg um bis zu 430 Prozent in Nicht-OECD-Ländern und um bis zu 120 Prozent in OECD-Ländern zu verzeichnen sein.[62]

Diese Zunahme der Verkehrsleistung ist dem Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren geschuldet: Das weltweite Bevölkerungswachstum, das Wirtschaftswachstum und die Motorisierung der Schwellenländer sowie der zunehmende internationale Warenaustausch auf globalisierten Märkten führen in Summe zu mehr Verkehr.

Diese Entwicklung ist eine große Herausforderung für den Klimaschutz, denn der Verkehrssektor ist eine entscheidende Größe im Kampf gegen die globale Erwärmung. Auf den Verkehrssektor entfallen weltweit etwa 22 Prozent der CO_2-Emissionen; etwa drei Viertel dieses Anteils werden durch den Straßenverkehr verursacht.[63] In der Europäischen Union gehen rund ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs[64] und 20 Prozent der CO_2-Emissionen[65] auf das Konto des Verkehrssektors.

Sein hoher Anteil an den Treibhausgasemissionen ist eng verknüpft mit der starken Ölabhängigkeit des Verkehrssektors. Nach wie vor ist Öl die Schlüsselressource. So werden in der Europäischen Union über 90 Prozent des Energiebedarfs im Verkehrssektor durch Erdölderivate gedeckt.[66] Will Europa das klimapolitische Ziel erreichen, die CO_2-Emissionen bis 2050 um 80 Prozent gegenüber 1990 zu senken, muss auch der Verbrauch fossiler Energieträger im Verkehr entsprechend reduziert

61 Vgl. GreenGear (2014).
62 Vgl. International Transport Forum (2013).
63 Vgl. International Energy Agency (2013a), S. 11
64 Vgl. Eurostat (2014a).
65 Vgl. Eurostat (2014b)
66 Vgl. Europäische Kommission (2014).

werden.[67] Eine Abkehr von fossilen Kraftstoffen ist auch ökonomisch geboten, denn eine Wirtschaft auf Basis endlicher und knapper werdender Rohstoffe steht auf wackeligen Füßen.

Klimaschädliche Treibhausgasemissionen sind jedoch nicht die einzigen unerwünschten Nebenwirkungen zunehmend motorisierter Volkswirtschaften: Gerade in den Städten bedeutet der Autoverkehr für viele Menschen eine Belastung für Gesundheit und Lebensqualität. Der Ausstoß verkehrsbedingter Luftschadstoffe wie Feinstaub und NO_x hat in vielen Metropolen ein Ausmaß erreicht, das zu gravierenden, teilweise lebensbedrohlichen, Gesundheitsrisiken führt. Zudem führen Staus und Unfälle auch zu erheblichen volkswirtschaftlichen Schäden.

Trotz dieser Kehrseite des zunehmenden Verkehrsaufkommens ist unstrittig, dass Mobilität ein wesentliches Bedürfnis von Menschen und eine Voraussetzung für das Funktionieren moderner Gesellschaftssysteme und Volkswirtschaften darstellt. Entscheidend ist daher, wie Mobilität nachhaltig gestaltet werden kann. Im Kern geht es dabei um eine Minimierung der Schäden für Mensch und Umwelt sowie um die Entkoppelung des verkehrsbedingten Energieverbrauchs und der verkehrsbedingten CO_2-Emissionen vom Wachstum des Verkehrsaufkommens. Um diesem Ziel näher zu kommen, ist ein integrierter Ansatz aus Verkehrsvermeidung, Verlagerung von Verkehr auf umweltschonende Verkehrsmittel und die Verminderung von Emissionen erforderlich. Es geht also nicht nur darum, das Auto klimafit zu machen, sondern im Sinne einer nachhaltigen Stadt- und Raumentwicklung die Mobilität zu erhalten und auszubauen, ohne dass zwangsläufig mehr motorisierter Verkehr die Folge ist. Der Leitmarkt Nachhaltige Mobilität umfasst wesentliche Maßnahmen, die auf den genannten Handlungsfeldern die Transformation in Richtung einer Green Economy beschleunigen.

67 „Das setzt radikale Änderungen bei der Brennstofftechnik und den Fortbewegungsmodi voraus.“; vgl. Europäische Kommission (2014).

Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 9,6 Prozent kann die Nachhaltige Mobilität unter den globalen Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz mit der höchsten Dynamik aufwarten. Das weltweite Marktvolumen dieses Leitmarktes bezifferte sich 2013 auf 315 Milliarden Euro. Im Jahr 2025 wird es 944 Milliarden Euro betragen (siehe Abbildung 26).

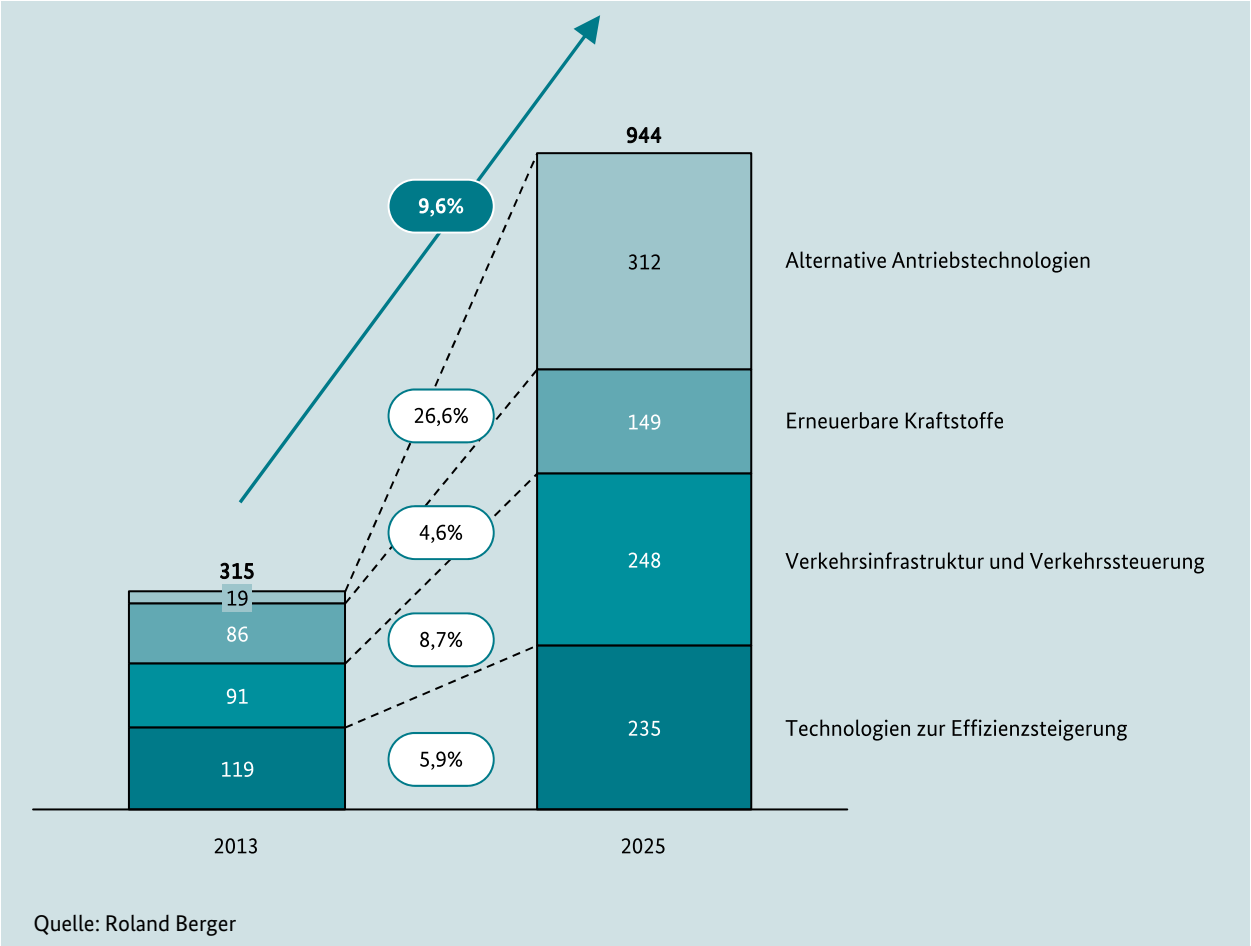
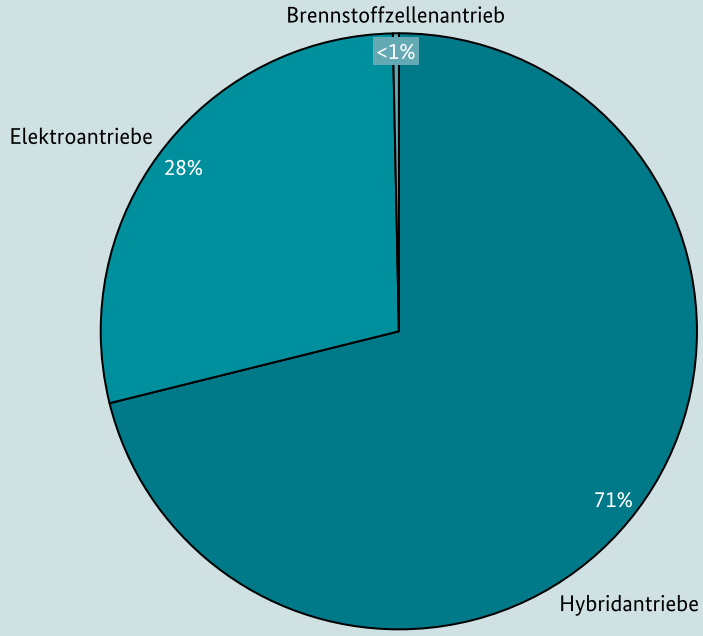


Abbildung 26: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Nachhaltige Mobilität 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Das mit Abstand rasanteste Tempo bei der Expansion legen die Alternativen Antriebstechnologien vor. Dieses Marktsegment wird sich im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 26,6 Prozent entwickeln, sodass sich das globale Marktvolumen 2025 auf 312 Milliarden Euro belaufen wird – eine Steigerung um den Faktor 16 gegenüber 2013. Die Impulse für diese Dynamik werden vor allem von der Technologielinie Elektroantriebe gesetzt, die in die Phase der Massenproduktion eintreten werden: Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 37,8 Prozent steigern sie ihren Anteil am Marktvolumen dieses Marktsegments von 28 Prozent (2013) auf 78 Prozent im Jahr 2025.

Damit werden sich die Gewichte unter den Technologielinien dieses Marktsegments deutlich verschieben: 2013 dominierten eindeutig die bereits ausgereiften Hybridantriebe mit einem Anteil am weltweiten Marktvolumen des Marktsegments von 71 Prozent. Bis zum Jahr 2025 wird der Anteil dieser Technologielinie am Marktsegment auf 19 Prozent schrumpfen. Brennstoffzellenantriebe können zwar mit einem hohen durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 47 Prozent aufwarten, aber die Entwicklung startet von einer sehr niedrigen Ausgangsbasis: Das weltweite Marktvolumen dieser Technologielinie lag 2013 bei 69 Millionen Euro. Bislang existieren nur Prototypen von Brennstoffzellenfahrzeugen; die Serienproduktion wird voraussichtlich erst 2015 aufgenommen. Aktuell liegen die Kosten für diese Antriebstechnologie, selbst im Vergleich zu Elektrofahrzeugen, noch sehr hoch. Zudem ist die fehlende Ladeinfrastruktur für Wasserstoff ein Hindernis für den Markthochlauf der Brennstoffzellenfahrzeuge.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 27: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Alternative Antriebstechnologien 2013 (in Prozent)

Im Marktsegment Effizienzsteigerung zeichnet sich ein klarer Wachstumstrend für Leichtbautechnologien ab, die das Gewicht von Fahrzeugen verringern – und damit den Kraftstoffverbrauch reduzieren. In Kombination mit einer verbesserten Aerodynamik kann konsequenter Leichtbau die Energieeffizienz von Autos erheblich steigern. Dies macht Leichtbautechnologien zu einem wichtigen Handlungsfeld, um Treibstoffeinsparungen im Autobau und in der Luftfahrtindustrie zu erzielen. Das globale Marktvolumen dieser Technologielinie lag 2013 bei 60,8 Milliarden Euro und wird bis 2025 auf 150,5 Milliarden Euro ansteigen (jahresdurchschnittliche Wachstumsrate 7,9 Prozent). Die Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren hat nach wie vor einen hohen Stellenwert im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität. Trotz der zunehmenden Verbreitung Alternativer Antriebe wird der Großteil der Autos weltweit in den nächsten Jahren mit einem Verbrennungsmotor unterwegs sein – auch im Jahr 2025 wird der Verbrennungsmotor noch die am häufigsten verwendete Antriebsart für Pkw sein.[68] Verbrennungsmotoren werden außerdem in Kombination mit Elektrofahrzeugen benötigt, beispielsweise für Hybridfahrzeuge und Range Extender bei Elektrofahrzeugen.

Das Marktsegment Verkehrssteuerung und Verkehrsinfrastruktur erreichte 2013 ein globales Marktvolumen von 91,4 Milliarden Euro. Der mit weitem Abstand größte Anteil (54 Prozent) daran entfiel auf die Technologielinie Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur (siehe Abbildung 28). An der dominierenden Stellung dieser Technologielinie wird sich in den nächsten Jahren nichts ändern. Im Jahr 2025 wird ihr globales Marktvolumen fast 66,6 Milliarden Euro betragen.

68 O.V. (2014).

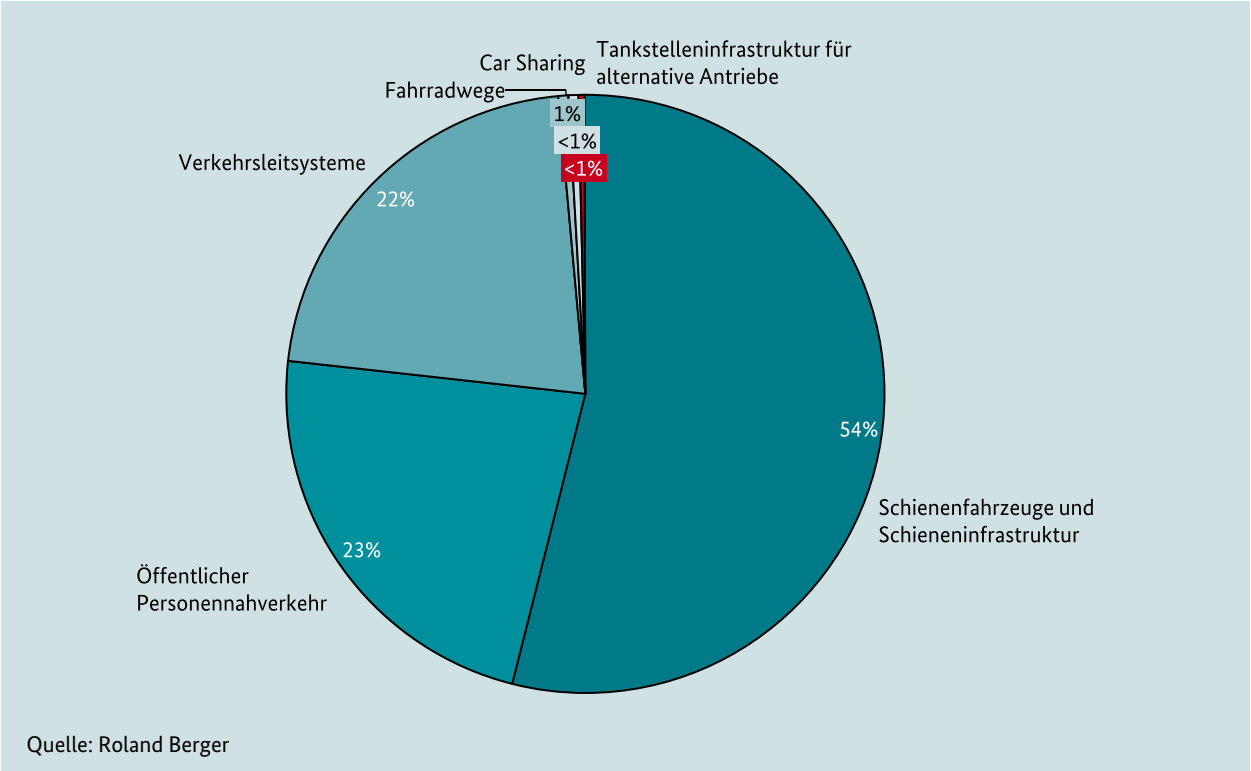


Abbildung 28: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung 2013 (in Prozent)

Angesichts des Megatrends Urbanisierung und der zunehmenden Sensibilisierung für die Umweltbelastungen durch den motorisierten Individualverkehr gewinnt der Öffentliche Personennahverkehr an Bedeutung. Diese Entwicklung spiegelt sich in einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 5,2 Prozent im Zeitraum 2013 bis 2025 wider. Das globale Marktvolumen dieser Technologielinie wird von 21,4 Milliarden Euro im Jahr 2013 auf 39,3 Milliarden Euro im Jahr 2025 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. Car Sharing hat zwar aktuell noch ein geringes globales Marktvolumen in Höhe von 400 Millionen Euro. Aber die Technologielinie kann mit einer beeindruckenden durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 36,8 Prozent aufwarten. Für 2025 ist mit einem globalen Marktvolumen von 16,4 Milliarden Euro zu rechnen.

Eine stärkere Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben[69] lässt sich nur realisieren, wenn auch die öffentliche Lade- beziehungsweise Tankinfrastruktur bedarfsgerecht ausgebaut wird. Im Jahr 2013 beschränkte sich das globale Marktvolumen der Tankstelleninfrastruktur für alternative Antriebe auf 260 Millionen Euro. Getrieben von der steigenden Nachfrage nach Fahrzeugen mit alternativen Antrieben wird sich diese Technologielinie im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 60,4 Prozent rasant entwickeln. Im Jahr 2025 wird das globale Marktvolumen 76 Milliarden Euro betragen.

69 Zu den alternativen Antrieben werden hier Hybridantriebe, Elektroantriebe (batterieelektrische Antriebe und Brennstoffzellenantriebe gezählt.

Kreislaufwirtschaft

2.500.000.000

Tonnen – auf dieses Gewicht summieren sich alle Abfälle, die pro Jahr in der Europäischen Union entstehen. Statistisch betrachtet füllt jeder EU-Bürger einen Müllsack von rund 500 Kilogramm allein an Hausmüll.[70] Von geringen Schwankungen abgesehen, ist damit in Europa das Abfallaufkommen in den letzten Jahren relativ konstant geblieben.[71] Ein ganz anderer Trend ist in den meisten Schwellen- und Entwicklungsländern zu beobachten. Dort wächst das Abfallaufkommen rasant. Die Gründe für diese Entwicklung sind das Bevölkerungswachstum sowie das steigende Einkommensniveau in vielen Schwellenländern. Da eine Korrelation zwischen dem Wohlstand einer Volkswirtschaft und dem Abfallaufkommen besteht, zeichnet sich ab, dass die Müllmenge weltweit zunehmen wird.[72]

Die rund um den Globus wachsenden Müllberge stellen eine immense ökologische Herausforderung dar. In den meisten Schwellen- und Entwicklungsländern ist die Infrastruktur zur Abfallentsorgung unzureichend. Ungeregelte Lagerung, illegale Deponien und Müllverbrennung unter freiem Himmel führen zu erheblichen Umweltbelastungen und Gesundheitsrisiken. Verunreinigungen des Bodens, des Grundwassers und der Oberflächengewässer gefährden und schädigen Ökosysteme in erheblichem Umfang.

Als weiteres Umweltrisiko kommt die Bildung von Deponiegasen hinzu, die durch Vergärung organischer Bestandteile des Abfalls entstehen. In diesen Deponiegasen ist das extrem klimaschädliche Methan enthalten, sodass die Abfallwirtschaft ein wichtiges Aktionsfeld im Kampf gegen die globale Erwärmung darstellt.

Auch unter dem Aspekt der Ressourcenknappheit gewinnt die Kreislaufwirtschaft immer mehr an Bedeutung. Die Verwertung von Abfällen trägt dazu bei, neue Quellen für die Beschaffung von Rohstoffen zu erschließen. Insofern liefert die Abfallwirtschaft wertvolle Beiträge zu einer ressourcenschonenden Green Economy.

Die Begrenzung der Abfallmengen und die optimale Verwertung des Abfallaufkommens sind die zentralen Anliegen der Nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Deren Leitbild verlangt, dass ein möglichst großer Teil der Abfälle wieder genutzt werden kann. Die stoffliche oder energetische Verwertung trägt erheblich dazu bei, den Ressourcenverbrauch zu verringern; dabei hat die stoffliche Verwertung Vorrang vor der energetischen. Nicht verwertbare Abfälle müssen umweltgerecht beseitigt werden.

Die EU-Abfallrahmenrichtlinie ist ein Beispiel, wie mittels ordnungspolitischer Weichenstellungen der Weg in eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft geebnet

70 Vgl. Eurostat (2013), S. 80.
71 Vgl. ebenda.
72 Vgl. dazu Hoornweg, D./Badha-Tata, P./Kennedy, C. (2013).

werden kann. Die EU-Direktive, die von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umzusetzen ist, schreibt eine sogenannte „Abfallhierarchie“ vor: Die Entstehung von Abfall von vornherein zu vermeiden, ist die beste Strategie zur Schonung der Umwelt und zur Senkung des Ressourcenverbrauchs. Dann folgen die Wiederverwendung, das Recycling und die sonstige Verwertung; am Ende der Hierarchie steht die Beseitigung von Abfall.

Die EU-Abfallrahmenrichtlinie schreibt das Ziel fest, dass die Mitgliedsstaaten bis 2020 mindestens die Hälfte der Siedlungsabfälle zur Wiederverwendung vorbereiten oder recyceln. Die Distanz zu dieser Zielmarke fällt in einzelnen EU-Länder sehr unterschiedlich aus. So landen beispielsweise in Kroatien, Bulgarien und Rumänien etwa 90 Prozent der Siedlungsabfälle auf Deponien. Dieser Anteil liegt in Deutschland, den Niederlanden und Schweden bei knapp einem Prozent.[73]

Im internationalen Vergleich gehört die EU zu den Vorreitern bei der Abfallverwertung. Der Anteil der Siedlungsabfälle, die recycelt oder kompostiert werden, liegt in der EU bei knapp 40 Prozent, in Deutschland bei 63 Prozent. Dieser Wert beträgt in Südkorea 49 Prozent, dagegen fallen die Recycling- und Kompostier-Quoten in den USA (32 Prozent), Australien (30 Prozent) und Japan (17 Prozent) deutlich geringer aus.[74]

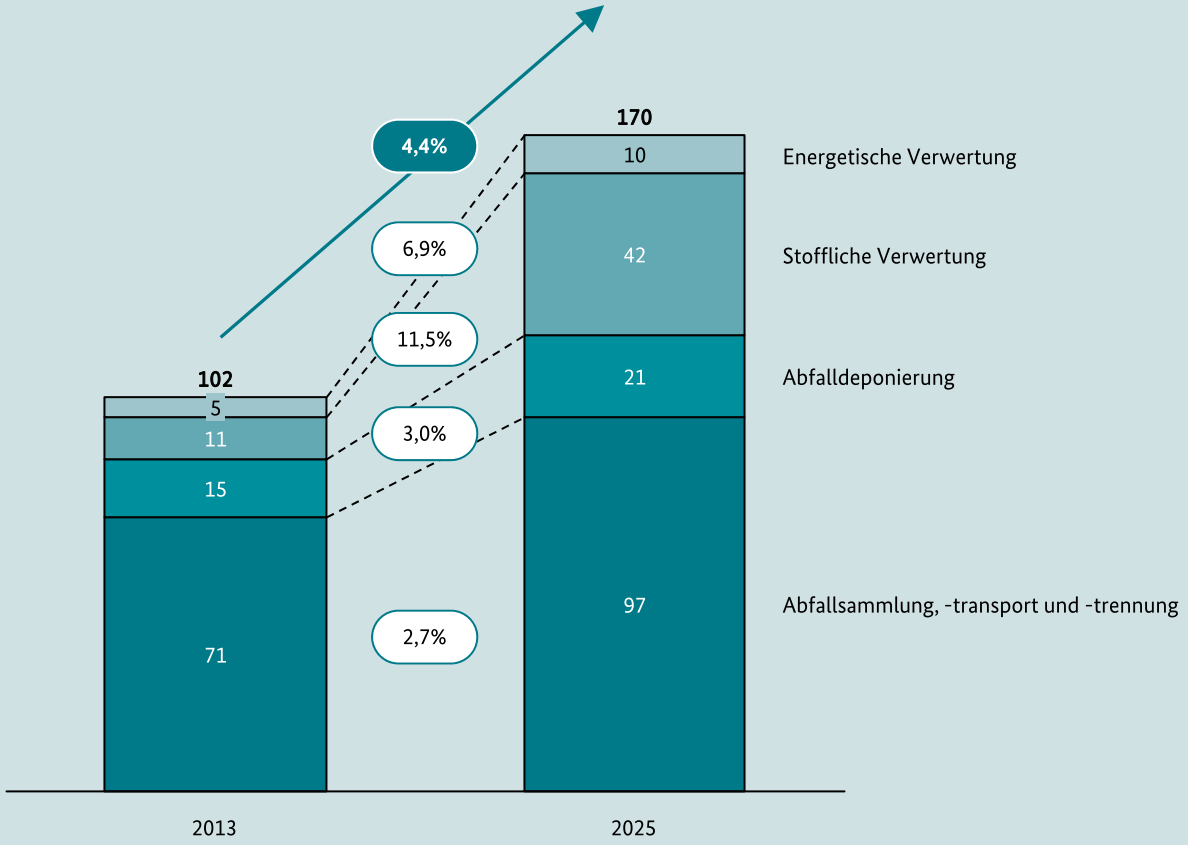
Es ist davon auszugehen, dass in den Industrieländern außerhalb Europas sowie in Schwellenländern künftig der Abfallwirtschaft eine höhere Bedeutung beigemessen wird. Diese Einschätzung spiegelt sich in den Prognosen für die Entwicklung des weltweiten Leitmarktes Kreislaufwirtschaft wider. Das globale Marktvolumen lag 2013 bei 102 Milliarden Euro. Mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 4,4 Prozent wird es sich bis 2025 auf 170 Milliarden Euro erhöhen (siehe Abbildung 29).

Abfallsammlung und -transport war 2013 mit einem globalen Marktvolumen von 57 Milliarden Euro die dominierende Technologielinie des Leitmarktes. Die Größe des Marktvolumens – es stellt einen Anteil von 56 Prozent der gesamten Kreislaufwirtschaft – ist auf hohe Logistikkosten und einen hohen Dienstleistungsanteil zurückzuführen. Die in vielen Ländern bereits gut ausgebaute Infrastruktur für Abfallsammlung und -transport legt im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 1,6 Prozent zu. Eine stärkere Dynamik zeigt die Technologielinie Abfalltrennung mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 6,1 Prozent. Diese Entwicklung spiegelt die steigende Investitionsbereitschaft in einigen Schwellenländern wider, beispielsweise in China: Automatisierte Mülltrennungs- und Recyclinganlagen ersetzen zunehmend die manuelle Abfalltrennung.

Das Marktsegment Stoffliche Verwertung – das globale Marktvolumen lag 2013 bei 11,3 Milliarden Euro – umfasst die Technologielinien Werkstoffliche Verwertung und Rohstoffliche Verwertung. Als werkstoffliche Verwertung werden Recyclingverfahren bezeichnet, bei denen die chemischen Bindungen der genutzten Stoffe nicht verändert werden. Darunter fällt beispielsweise das Umschmelzen von Altkunststoffen zur Herstellung von Granulat. Bei der rohstofflichen Verwertung werden die Stoffe so behandelt, dass es zu einer chemischen Veränderung (Änderung der Bindungsform) kommt: Aus Altkunststoffen lassen sich zum Beispiel Öle, Wachse oder Gase gewinnen.

Derzeit verteilt sich das Weltmarktvolumen des Marktsegments Stoffliche Verwertung relativ ausgewogen auf die Werkstoffliche Verwertung und die Rohstoffliche Verwertung. Die letztgenannte Technologielinie entwickelt sich jedoch dynamischer und kann im Zeitraum 2013 bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 14,3 Prozent aufwarten; dagegen liegt die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der Werkstofflichen Verwertung bei acht Prozent. So wird sich das globale Marktvolumen der Rohstofflichen Verwertung bis 2025 auf fast 26,9 Milliarden Euro beziffern; das entspricht einem Anteil von 64 Prozent am Weltmarktvolumen des gesamten Marktsegments Stoffliche Verwertung.

73 Vgl. Eurostat (2013), S. 81.
74 Vgl. ebenda.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 29: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Kreislaufwirtschaft 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Hightech-Alchemie

Aus Anodenschlämmen lassen sich Edelmetalle zurückgewinnen

Die Aurubis AG betreibt in Hamburg eine Anlage zur Rückgewinnung von Edelmetallen aus Anodenschlämmen. Aurubis ist nach eigenen Angaben der führende integrierte Kupferkonzern und größter Kupferrecycler weltweit. Die im August 2013 in Betrieb genommene Anlage macht es möglich, die edelmetallhaltigen Anodenschlämme aus den Aurubis-Werken in Deutschland, Belgien und Bulgarien zentral an einem Standort zu verarbeiten. Die Jahreskapazität der Hamburger Anlage mit Investitionskosten von 50 Millionen Euro liegt bei rund 8.000 Tonnen Anodenschlamm.

Anodenschlamm ist ein Nebenprodukt der Elektrolyse, mit der hochreines Kupfer (Reinheitsgrad 99,995 Prozent) hergestellt wird, und enthält Edelmetalle wie Gold und Silber. Diese wertvollen Ressourcen lassen sich durch ein spezielles Verfahren extrahieren. Ein innovatives Verfahren wurde im Rahmen eines Pilotprojekts entwickelt, das vom BMUB aus Mitteln des Umweltinnovationsprogramms gefördert wurde. Durch den Einsatz einer beheizbaren Membranfilterpresse kann der Energieverbrauch für die Trocknung der Anodenschlämme um bis zu 35 Prozent gesenkt werden; das entspricht einer Minderung des CO_2-Ausstoßes um 460 Tonnen pro Jahr. In der Hamburger Anlage wird diese Prozessinnovation erstmals in großtechnischem Maßstab angewendet.
www.aurubis.com

Nachhaltige Wasserwirtschaft

884.000.000

Menschen weltweit haben kein sauberes Trinkwasser. Die Folgen schlechter Wasserversorgung fordern pro Jahr etwa 3,5 Millionen Todesopfer. Rund zwei Milliarden Menschen leben in Gebieten mit knappen Wasservorkommen.[75]

Gerade in solchen Gegenden wird die rare Ressource auch als „blaues Gold" bezeichnet, denn sie hat eine zentrale Rolle für die Menschen: Ernährung, Gesundheit, Umwelt, Energieerzeugung und wirtschaftliche Entwicklung hängen von einer quantitativ und qualitativ ausreichenden Wasserversorgung ab.

Doch der Druck auf diese (über)lebenswichtige Ressource nimmt zu. Der UN-Weltwasserbericht warnt vor einer Zuspitzung der weltweiten Wasserkrise.[76] In den letzten 50 Jahren hat sich die globale Wasserentnahme verdreifacht. Treiber dieser Entwicklung sind das Bevölkerungswachstum, die Industrialisierung und damit einhergehend der höhere Lebensstandard und veränderte Konsumgewohnheiten.

Im globalen Durchschnitt entfallen etwa 70 Prozent der Wassernutzung auf die Landwirtschaft. Da nach Prognosen der UN-Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO – Food and Agricultural Organization) der Nahrungsmittelbedarf aufgrund des Bevölkerungswachstums weltweit bis zum Jahr 2050 um 70 Prozent zunehmen dürfte, wird auch die Anzahl der bewässerten Anbauflächen steigen – mit entsprechenden Konsequenzen für den Wasserbedarf.[77]

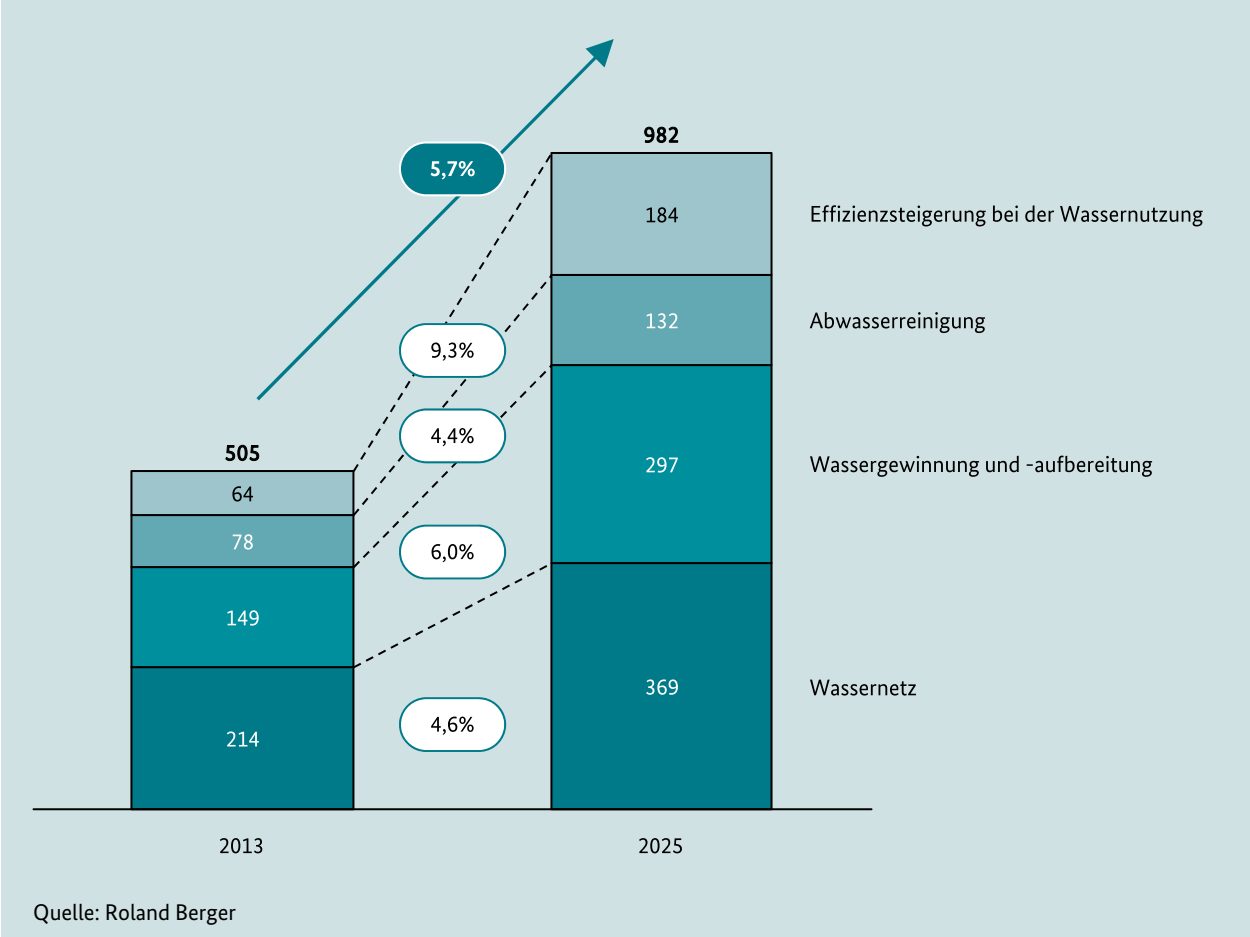
Die Wasserkrise hat nicht nur eine quantitative Dimension, sondern auch eine qualitative: Die Verschmutzung der Wasserressourcen verschärft in vielen Regionen das Problem der Wasserversorgung. So belastet der Schadstoffeintrag durch Düngemittel und Pestizide das Grundwasser. Abwässer aus der Industrie und privaten Haushalten verunreinigen Flüsse, Seen und Meere. Etwa 80 Prozent der kommunalen Abwässer fließen weltweit unbehandelt in Oberflächengewässer.[78]

Vor diesem Hintergrund zählt es zu den großen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte, die weitere Zuspitzung der weltweiten Wasserkrise zu verhindern. Dies kann angesichts des steigenden Wasserbedarfs nur durch eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen gelingen, die die Grundbedürfnisse der heutigen Generationen befriedigt ohne die Lebensgrundlage künftiger Generationen zu gefährden.

Dieser Anspruch macht die Nachhaltige Wasserwirtschaft zu einem zentralen Handlungsfeld der Grünen Transformation und zu einem wichtigen Leitmarkt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

75 Vgl. UNESCO (2012).
76 Vgl. ebenda.
77 Vgl. ebenda.
78 Vgl. ebenda.

Angesichts der zunehmenden Herausforderung, die Wasserversorgung einer wachsenden Weltbevölkerung sicherzustellen, nimmt die Bedeutung des Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft in den nächsten Jahren zu. Dies spiegelt sich in der Entwicklung des globalen Marktvolumens wider, das sich 2013 auf 505 Milliarden Euro bezifferte. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 5,7 Prozent wird es sich 2025 voraussichtlich auf 982 Milliarden Euro belaufen (siehe Abbildung 30).



Quelle: Roland Berger

Abbildung 30: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

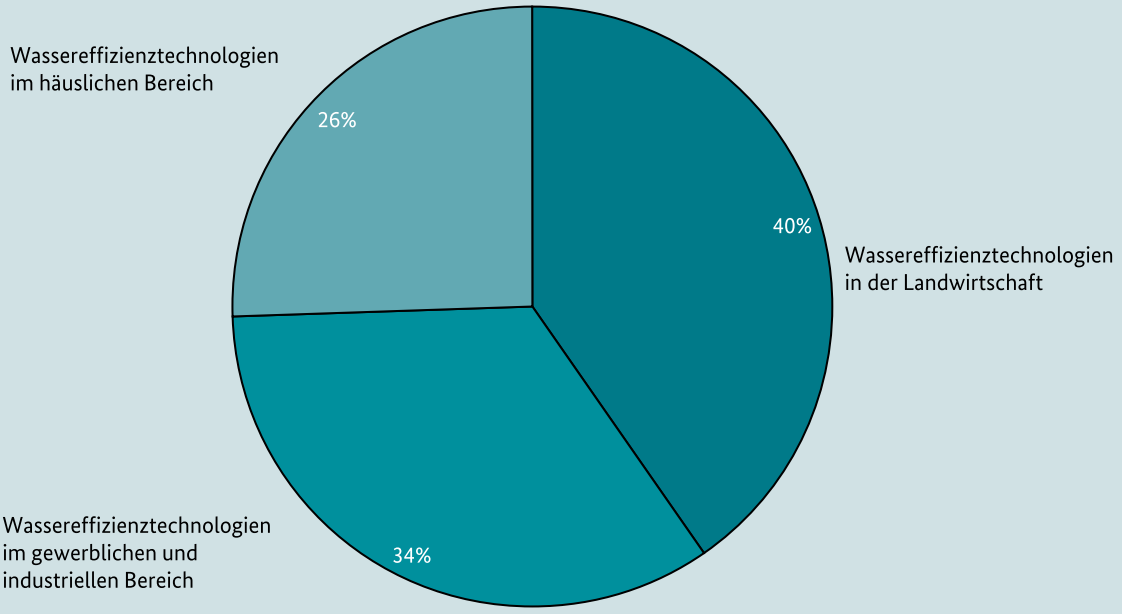
Das Marktsegment Wassergewinnung und -aufbereitung hält mit einem Marktvolumen von 149 Milliarden Euro einen Anteil von 29 Prozent am Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft. Im Zeitraum 2013 bis 2025 wird das durchschnittliche jährliche Wachstum dieses Marktsegments bei sechs Prozent liegen. Ein wesentlicher Treiber dieser Expansion ist das globale Bevölkerungswachstum. Mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,8 Prozent entwickelt sich die Wasseraufbereitung etwas dynamischer als der Leitmarkt insgesamt. Diese Technologielinie spielt angesichts des drohenden Wassermangels in vielen Regionen der Welt eine zunehmend wichtigere Rolle für die Wasserversorgung.

Die Technologielinie Wasserverteilung im Marktsegment Wassernetz hat 2013 ein globales Marktvolumen von 148,5 Milliarden Euro, das entspricht einem Anteil von 29 Prozent am gesamten Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft. Die Wasserverteilung ist eine investitionsintensive Technologielinie, deren Wachstum in vielen Ländern durch Regulierung beeinflusst wird. Das Weltmarktvolumen der Wasserverteilung wird bis 2025 auf 257,4 Milliarden Euro ansteigen. Abwassersammlung und -transport, die zweite Technologielinie des Marktsegments Wassernetz, ist aktuell 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 2013 auf 65,9 Milliarden Euro; 2025 wird es 111,1 Milliarden Euro betragen.

Im Marktsegment Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung verteilt sich das Marktvolumen auf drei Technologielinien, die nach Anwendungsberei-

chen unterschieden werden: Wassereffizienzlinien in der Landwirtschaft, im gewerblichen und industriellen Bereich sowie im häuslichen Bereich (siehe Abbildung 31). Die Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft zählen vor dem Hintergrund des globalen Bevölkerungswachstums zu den Wachstumstreibern des Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft. Im Zeitraum 2013 bis 2025 wird diese Technologielinie mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 12,8 Prozent wachsen; das globale Marktvolumen wird sich von 25,4 Milliarden Euro auf 107,4 Milliarden Euro erhöhen.

Durch diesen Schub steigt der Anteil des Marktsegments Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung am Marktvolumen des gesamten Leitmarktes von 13 Prozent (2013) auf 19 Prozent. Ausschlaggebend für dieses starke Wachstum ist der zunehmende Bedarf an künstlicher Bewässerung für landwirtschaftliche Flächen. Gerade Anbaugebiete mit stark wechselnden klimatischen Bedingungen sowie chronischem Wassermangel sind auf den Einsatz von Bewässerungstechnologien angewiesen, um ausreichend Erträge für die wachsende Bevölkerung zu erwirtschaften. Auch in Regionen mit grundsätzlich ausreichendem Wasserdargebot nimmt der Einsatz von Bewässerungstechnologien für Sonderkulturen zu. Ein entscheidender Beitrag für eine optimierte Nutzung von Agrarflächen ist das Zusammenspiel von Bewässerungsinfrastruktur, -technologie und -praxis. Insbesondere in Entwicklungsländern spielen Wassereffizienztechnologien eine Schlüsselrolle bei der Transformation zu einer nachhaltigen Landwirtschaft.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 31: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung 2013 (in Prozent)

Entwicklungsdynamik: Die „Top 10“ der international führenden Technologielinien

Bis jetzt wurden in diesem Kapitel die globalen Leitmärkte, deren Marktsegmente und Technologielinien betrachtet; wesentlicher Punkt dieser Darstellung waren der aktuelle Stand des globalen Marktvolumens sowie dessen voraussichtliche Entwicklung bis zum Jahr 2025. In diesem Abschnitt rücken zehn Technologielinien in den Fokus, die aus unterschiedlichen Leitmärkten herausgegriffen werden. Die Auswahl erfolgte anhand einer Kombination von zwei Merkmalen (siehe Abbildung 32): Zum einen weisen diese Technologielinien hohe Anteile am globalen Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf; zusammen brachten es die zehn Technologielinien weltweit auf ein Marktvolumen von 770,4 Milliarden Euro. Diese Summe entspricht fast einem Drittel des globalen GreenTech-Marktvolumens. Zum anderen entwickeln sich die dargestellten Technologielinien mit einer relativ hohen jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate, sodass sie auch künftig eine starke Rolle auf den internationalen Märkten spielen werden.

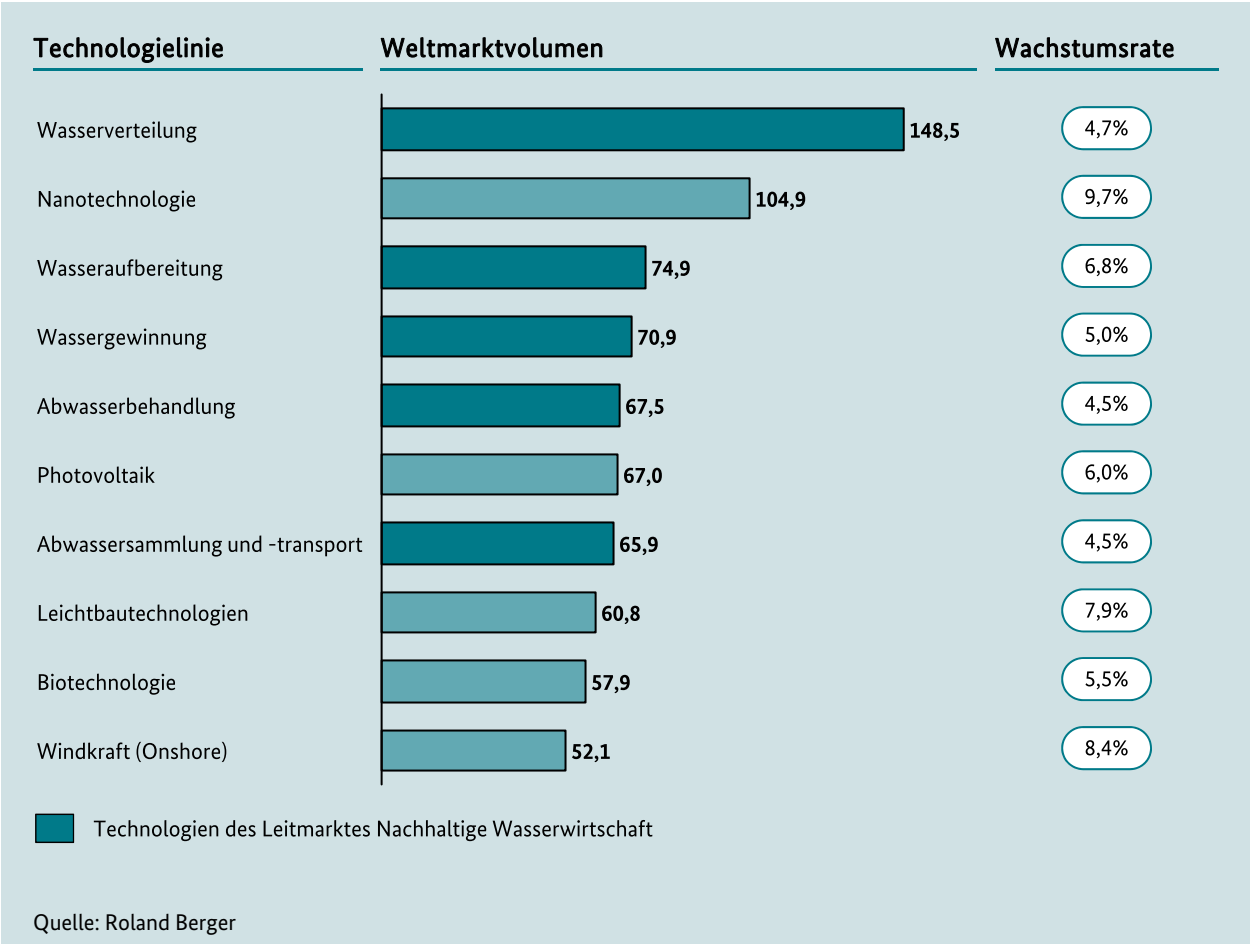


Abbildung 32: Ausgewählte Technologielinien mit hohem Weltmarktvolumen im Jahr 2013 und hohen Wachstumsraten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

In Abbildung 32 fällt sofort die starke Rolle der Nachhaltigen Wasserwirtschaft auf. Zu diesem Leitmarkt gehören fünf der zehn – gemessen am globalen Marktvolumen – größten Technologielinien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz: Wasserverteilung, Wasseraufbereitung, Wassergewinnung, Abwasserbehandlung sowie Abwassersammlung und -transport. Dies macht deutlich, dass die Wasserversorgung der wachsenden Weltbevölkerung international zu den größten Herausforderungen zählt.

Die Nanotechnologie sticht als Technologielinie mit einem hohen globalen Marktvolumen und einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 9,7 Prozent bis 2025 heraus. Auch die Biotechnologie ist in diesen „Top 10“ der international führenden Techno-

logielinien vertreten. Die dynamische Entwicklung von Nanotechnologie und Biotechnologie wird in den nächsten Jahren von der Erschließung neuer Anwendungsfelder getrieben. Beide Technologielinien sind wesentliche Querschnittstechnologien, die als Grundlage für die Weiterentwicklung anderer Gebiete genutzt werden, etwa für Brennstoffzellen, OLED (Organic light emitting diodes) oder Plastikkomponenten auf Basis von Biokunststoffen.

Photovoltaik und Windkraft Onshore werden sich bis 2025 mit jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten von sechs Prozent beziehungsweise 8,4 Prozent ent-wickeln. Dies zeigt, dass diese etablierten Umweltmärkte auch in den nächsten Jahren eine wesentliche Rolle unter den erneuerbaren Energien spielen und ihr Potenzial zum Ausbau nutzen werden. Allerdings werden die Anbieter von Photovoltaik-Anlagen und Windenergieanlagen auf den internationalen Märkten weiterhin mit starkem Kostendruck konfrontiert sein.

Leichtbautechnologien erweisen sich auch auf den internationalen Märkten als sehr expansive Technologielinie: Ihre jahresdurchschnittliche Wachstumsrate bis 2025 wird auf 7,9 Prozent veranschlagt. Treiber dieser Dynamik sind die Anstrengungen, den Energieverbrauch im Verkehrssektor zu reduzieren. Die Leichtbautechnologien ermöglichen eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs von Fahrzeugen und Flugzeugen. Deshalb werden in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie die Aktivitäten zur Forschung und Entwicklung im Bereich Leichtbau verstärkt.

Seit 2011 haben sich die Rahmenbedingungen und die technologischen Entwicklungen auf den nationalen und internationalen GreenTech-Märkten verändert – dieser Wandel beeinflusst die Wachstumsprognosen für einzelne Technologielinien. Abbildung 33 stellt dar, für welche Technologielinien die prognostizierten jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten angepasst wurden. Die folgenden Absätze erläutern kurz die Gründe für diese Korrekturen.

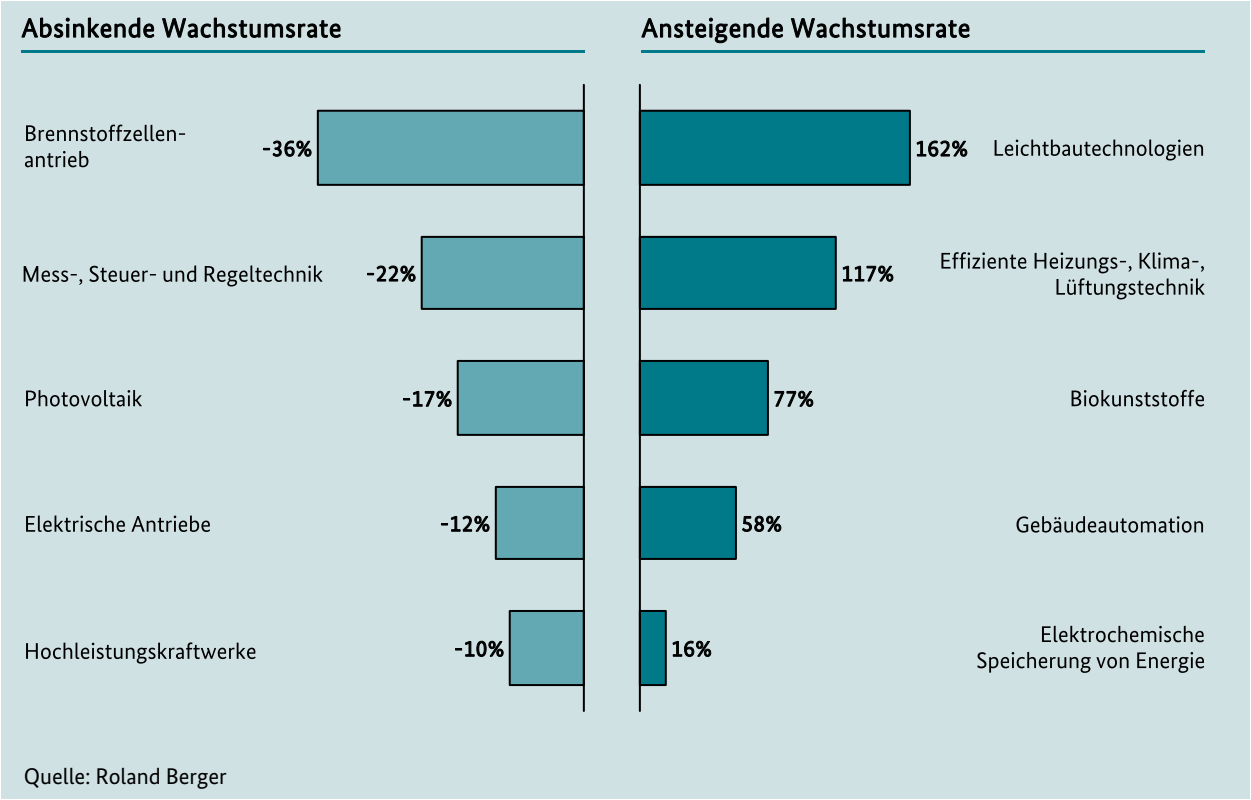


Abbildung 33: Ausgewählte Technologielinien mit stark positiver oder negativer Änderung der prognostizierten weltweiten Wachstumsrate gegenüber 2011 (Veränderung der jährlichen Wachstumsrate bis 2025 in Prozent)

Die Leichtbautechnologien werden stärker wachsen als erwartet, weil der Einstieg in die Serienproduktion früher erfolgt als vor zwei bis drei Jahren vermutet. Ein wesentlicher Grund für diese Entwicklung ist die zunehmende Marktdurchdringung von Elektroautos. Für die Fertigung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben gilt Leichtbau als Schlüsseltechnologie.

Einen weltweiten Wachstumsschub erfährt die Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik aufgrund ihres Stellenwerts für die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden. Die Entwicklung dieser Technologielinie verläuft weitaus dynamischer als prognostiziert. Rückenwind für das globale Wachstum der Effizienten Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik

wird von stationären Brennstoffzellen kommen, die demnächst Marktreife erlangen: Sie übernehmen in Systemlösungen zur dezentralen Energieversorgung einen wichtigen Part bei der Wärmebereitstellung und Stromproduktion in Gebäuden.

Energiewende im Heizkeller

Internet-Plattform vereinfacht den Austausch alter Heizungsanlagen

Behagliche Raumtemperaturen sind ein Teil der Lebensqualität. Aber die wohlige Wärme in Wohnungen und Häusern treibt den Energiebedarf und die Heizkosten nach oben. Der Großteil des Energieverbrauchs in privaten Haushalten geht in Deutschland auf das Konto der Heizung. In den teilweise stark veralteten Heizanlagen steckt erhebliches Potenzial, um die Energieeffizienz im Gebäudesektor zu verbessern. Hier sehen die Geschäftsführer der Thermondo GmbH, Philipp Pausder und Florian Tetzlaff, ihre Chance. Das Geschäftsmodell des 2012 gegründeten Berliner Startups will die Energiewende in deutschen Heizungskellern beschleunigen, indem sie den Heizungswechsel so einfach wie möglich gestalten. Ein Komplett-Paket aus Installation, Dienstleistungen und Finanzierung erleichtert den Abschied von der alten Heizanlage. Die Kunden sparen viel Zeit, denn sie müssen keine Handwerker-Termine koordinieren und Angebote vergleichen.

Das technologische Rückgrat dieses Geschäftsmodells ist ein web-basiertes Tool, der Heizungsplaner. Interessenten füllen online ein Formular aus: Standardmäßig werden der „Aktuelle Brennstoff", der „Gewünschte Brennstoff", die Gebäudeart, die zu beheizende Fläche sowie die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen abgefragt. Anhand dieser Angaben schlägt der Heizungsplaner passende Modelle renommierter Hersteller wie Viessmann, Buderus, Vaillant oder Wolf vor und unterbreitet sofort entsprechende Angebote. Sie beinhalten nicht nur die „Hardware", sondern auch den Einbau durch Fachhandwerker, die Demontage und den Abtransport der ausgedienten Heizung, die Gewährleistung sowie bei Gasheizungen die Koordination mit dem Netzbetreiber.

Der Heizungsplaner erfasst standardisierte Heizungswechsel, beispielsweise das Ersetzen einer alten Erdgas-Heizung durch eine neue Erdgas-Brennwerttherme. Diese standardisierten Heizungswechsel betreffen etwa 80 Prozent der über 500.000 Heizungen, die pro Jahr in Deutschland ausgetauscht werden. Für sogenannte spezifische Heizungswechsel, etwa von einer Öl- zu einer Pellet-Heizung, werden Angebote nicht sofort online, sondern erst nach einer Begehung durch Handwerker erstellt. Ihre neue Heizanlage können die Kunden über die Partnerbank von Thermondo finanzieren, die Deutsche Kreditbank AG.
www.thermondo.de

Eine wesentliche Rolle für die Verbesserung der Energieeffizienz im Immobiliensektor spielt auch die Gebäudeautomation. Deren Wachstumsprognose bis 2025 wird ebenfalls nach oben korrigiert. Gründe für diese Einschätzung liegen vor allem in der zunehmenden Verbreitung von „smarten Technologien", die eine Steuerung von Licht, Heizung und Kühlung über mobile Endgeräte, beispielsweise Smartphones, ermöglichen. Sogenannte „Smarthome"-Applikationen erlauben den Fernzugriff auf die Heizungs-, Klima- und Lüftungsinstallationen in gewerblichen und privaten Gebäuden.

Einen stärkeren Aufschwung als vermutet werden Biokunststoffe erleben. Die Bedeutung dieser Technologielinie aus dem Marktsegment Nachwachsende Rohstoffe des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz wird zunehmen: Die Substitution mineralölbasierter Kunststoffe wird umso attraktiver, je stärker der Preis von Biokunststoffen aufgrund von Skaleneffekte durch den Ausbau der Produktionskapazitäten sinkt und sich gleichzeitig die Ölpreise erhöhen.

Leicht nach oben angepasst wurden die Wachstumsprognosen für Elektrochemische Speicher. Die Relevanz dieser Technologielinie wird zunehmen, weil die Transformation der Energiesysteme mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien dezentrale Speicherlösungen erfordert. Stationäre elektrochemische Speicher werden ihr globales Marktvolumen erhöhen, weil die Produkt- und Anbietervielfalt in Verbindung mit weltweiten Förderprogrammen die Marktdynamik begünstigen.

Langsamer als gedacht kommen die Brennstoffzellenantriebe in Fahrt. Autos mit Brennstoffzellenantrieben haben derzeit noch keine Marktreife. Autohersteller

wie Daimler und Audi wollen zwar Wasserstoff-Autos auf die Straße bringen (siehe Themenseite *Power-to-Gas*), aber der Gesamtantrieb inklusive Wasserstoffspeicher ist derzeit noch teuer – selbst im Vergleich zu Elektro- und Hybridantrieben – und schneidet deshalb in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung schlecht ab. Dementsprechend wurde die Wachstumsprognose nach unten korrigiert.

Die Mess-, Steuer- und Regeltechnik zählt mit einem Anteil von sechs Prozent am globalen Marktvolumen der Umwelttechnik- und Ressourceneffizienz zu den bedeutendsten Technologielinien der GreenTech-Branche. Da sie in vielen Anwendungsbereichen zur Verbesserung der Energieeffizienz beiträgt, wird die Mess-, Steuer- und Regeltechnik auch in den nächsten Jahren konstant wachsen, allerdings in einem gemächlicheren Tempo als prognostiziert.

Kürzungen von Förderprogrammen in einigen Ländern sowie eine Marktkonsolidierung verringern die Geschwindigkeit beim weiteren Ausbau der Photovoltaik. Überkapazitäten bei der Produktion von Solarmodulen und der damit einhergehende zunehmende Kosten- und Preisdruck lassen die Wachstumsperspektiven der Technologielinie Photovoltaik etwas zurückgehen.

Zum Zeitpunkt der letzten Wachstumsprognose 2011 befand sich die Weltwirtschaft gerade in einer Phase, in der nach der Finanz- und Wirtschaftskrise viele bis dato aufgeschobene Investitionen nachgeholt wurden. Dies wirkte sich auch auf den Absatz von elektrischen Antrieben aus. Dementsprechend positiv waren die Prognosen für das Wachstum dieser Technologielinie. Diese Einschätzung wurde angepasst, da sich der seinerzeit krisenbedingte Investitionsstau aufgelöst hat.

Eine leichte Anpassung nach unten wurde auch für Hochleistungskraftwerke vorgenommen. Diese Technologielinie, der Kohlekraftwerke mit einem Wirkungsgrad von mehr als 45 Prozent zugerechnet werden, wird sich bis 2025 mit einer etwas geringeren Wachstumsrate entwickeln als angenommen. Ein Grund dafür ist der zu erwartende beschleunigte weltweite Ausbau erneuerbarer Energien.

Dynamische Entwicklung – Perspektiven der deutschen GreenTech-Branche

„Deutschland hat hervorragende Chancen, auf den grünen Leitmärkten der Zukunft eine wichtige Rolle zu spielen." – Diesen zuversichtlichen Ausblick in die Zukunft der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz „made in Germany" formulierte der damalige Bundesumweltminister Sigmar Gabriel 2007 im Vorwort der ersten Auflage des Umwelttechnik-Atlas.[79]

Wie sich zeigt, war dieser Optimismus gerechtfertigt. Die deutsche GreenTech-Branche beeindruckte in den letzten Jahren durch ihr dynamisches Wachstum und konnte von der rund um den Globus zunehmenden Nachfrage nach Produkten, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz profitieren. Die GreenTech-Anbieter aus Deutschland haben ihre gute Positionierung auf dem Weltmarkt behauptet – trotz der verschärften internationalen Konkurrenz.

In diesem Abschnitt werden der Status quo und die Perspektiven der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland analysiert. Dargestellt werden sowohl die aktuellen Marktvolumina der GreenTech-Leitmärkte als auch die Prognosen ihrer Entwicklung bis zum Jahr 2025. Für eine tiefenscharfe Betrachtung wird der Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in diesem Abschnitt nicht nur auf der Ebene der Leitmärkte, sondern auch auf Basis der Technologielinien analysiert.

Auf einen Blick

Das Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland bezifferte sich im Jahr 2013 auf 344 Milliarden Euro. Die Energieeffizienz ist mit einem Marktvolumen von 100 Milliarden Euro der größte Leitmarkt der deutschen GreenTech-Branche.

In den nächsten Jahren wird die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ihren Wachstumskurs fortsetzen. Für 2025 wird für diese Querschnittsbranche ein Marktvolumen von 740 Milliarden Euro prognostiziert.

Nicht nur in der globalen Betrachtung, sondern auch auf dem nationalen Markt zeigt sich die Nachhaltige Mobilität als der Leitmarkt mit der größten Dynamik. Impulse für dieses überdurchschnittliche Wachstum setzt vor allem die positive Entwicklung der Technologielinie Alternative Antriebe.

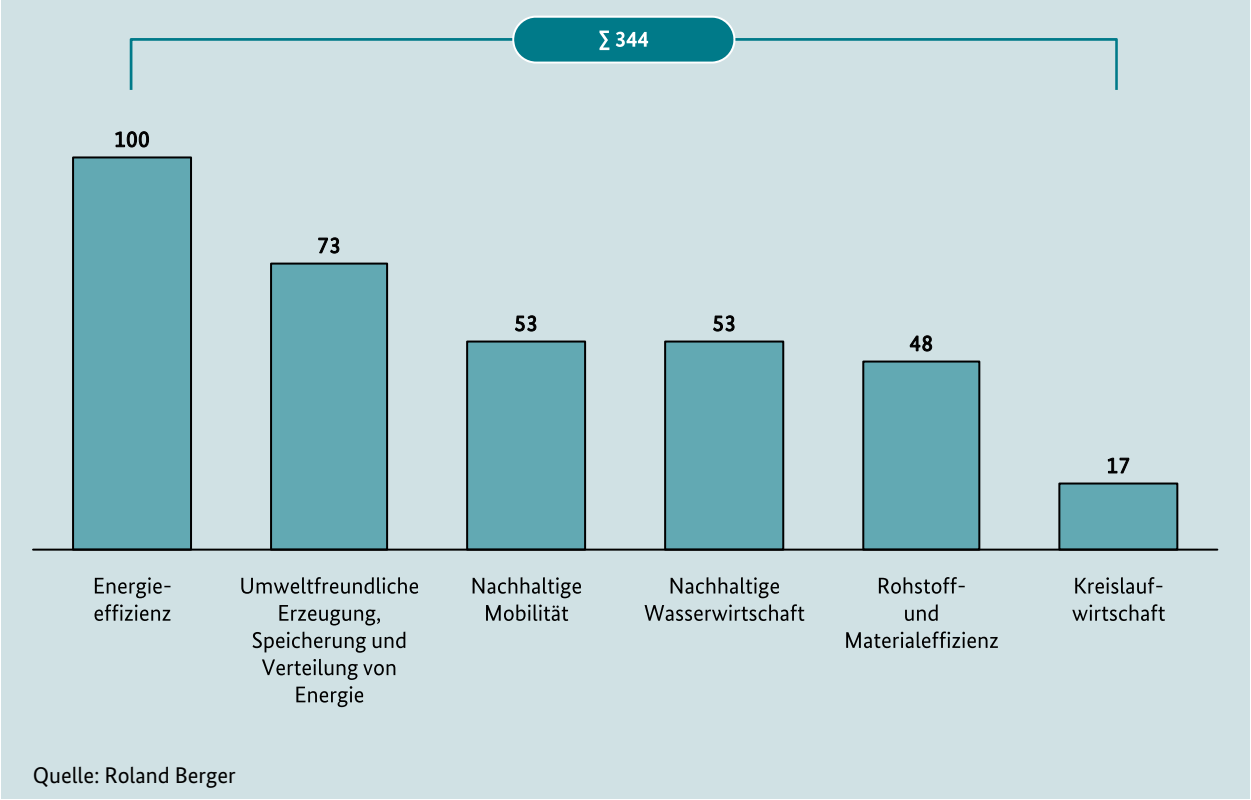
Eine Analyse des deutschen Marktes für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf Basis der Technologielinien zeigt eine Konzentration des Marktvolumens: Auf die zehn umsatzstärksten Technologielinien entfallen mit knapp 148 Milliarden Euro rund 40 Prozent des gesamten GreenTech-Marktvolumens.

Betrachtet man die Dynamik der einzelnen Technologielinien der GreenTech-Branche in Deutschland und erstellt eine Top-10-Liste nach dem Kriterium Wachstumsstärke, so ist in diesem Ranking die Nachhaltige Mobilität stark präsent. Dieser Leitmarkt stellt sechs von zehn Technologielinien.

Auf Ebene der Technologielinien wurden die Weltmarktanteile deutscher GreenTech-Anbieter untersucht. Hier wird sichtbar: Es gibt in den meisten Leitmärkten Technologielinien, deren Güter, Verfahren und Dienstleistungen „made in Germany" Weltmarktanteile aufweisen, die signifikant höher ausfallen als im Durchschnitt der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (14 Prozent). Beispielsweise liegen die Weltmarktanteile der Technologielinien Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren bei 50 Prozent, Energetische Verwertung bei 34 Prozent, Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik bei 31 Prozent und Hochleistungskraftwerke bei 27 Prozent.

79 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007), S. VI.

Wie auf den internationalen Märkten, so wird die GreenTech-Branche in den nächsten Jahren ihre dynamische Entwicklung auch in Deutschland fortsetzen. Derzeit liegt das Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland bei 344 Milliarden Euro (siehe Abbildung 34). Mit einem Marktvolumen von 100 Milliarden Euro ist die Energieeffizienz nicht nur global betrachtet, sondern auch in Deutschland der größte Leitmarkt; er hält einen Anteil von 29 Prozent am Marktvolumen der gesamten deutschen GreenTech-Branche.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 34: Volumina der Leitmärke für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2013 (in Milliarden Euro)

Der heimische Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bleibt auf Expansionskurs: Im Zeitraum 2013 bis 2025 ist mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 6,6 Prozent zu rechnen. Das Marktvolumen wird sich dementsprechend von 344 Milliarden Euro auf 740 Milliarden Euro im Jahr 2025 erhöhen (siehe Abbildung 35).

Die Zuwachsraten in den einzelnen Leitmärkten fallen unterschiedlich aus. Mit der höchsten jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate – 8,7 Prozent – kann die Nachhaltige Mobilität aufwarten. Die niedrigste durchschnittliche jährliche Wachstumsrate – 4,9 Prozent – wird für die Energieeffizienz prognostiziert. Insgesamt ergibt der Vergleich der Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Leitmärkte in Deutschland dieselbe Reihenfolge wie in der globalen Perspektive.[80]

Das in den Leitmärkten unterschiedlich ausgeprägte Wachstumstempo führt zu einer Verschiebung der Gewichte innerhalb der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

Nach den Prognosen wird in Deutschland die Energieeffizienz auch im Jahr 2025 in Bezug auf das Marktvolumen der größte GreenTech-Leitmarkt bleiben. Allerdings reduziert sich der Anteil der Energieeffizienz am gesamten Marktvolumen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz von 29 auf 24 Prozent, denn das unterschiedliche Wachstumstempo der Leitmärkte verschiebt deren Gewichtung. In Abbildung 37 ist dargestellt, wie sich die Anteile der einzelnen Leitmärkte an der gesamten GreenTech-Branche verändern. Die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate von 8,7 Prozent des Leitmarktes Nachhaltige Mobilität lässt dessen An-

80 Vgl. Abbildung 13.

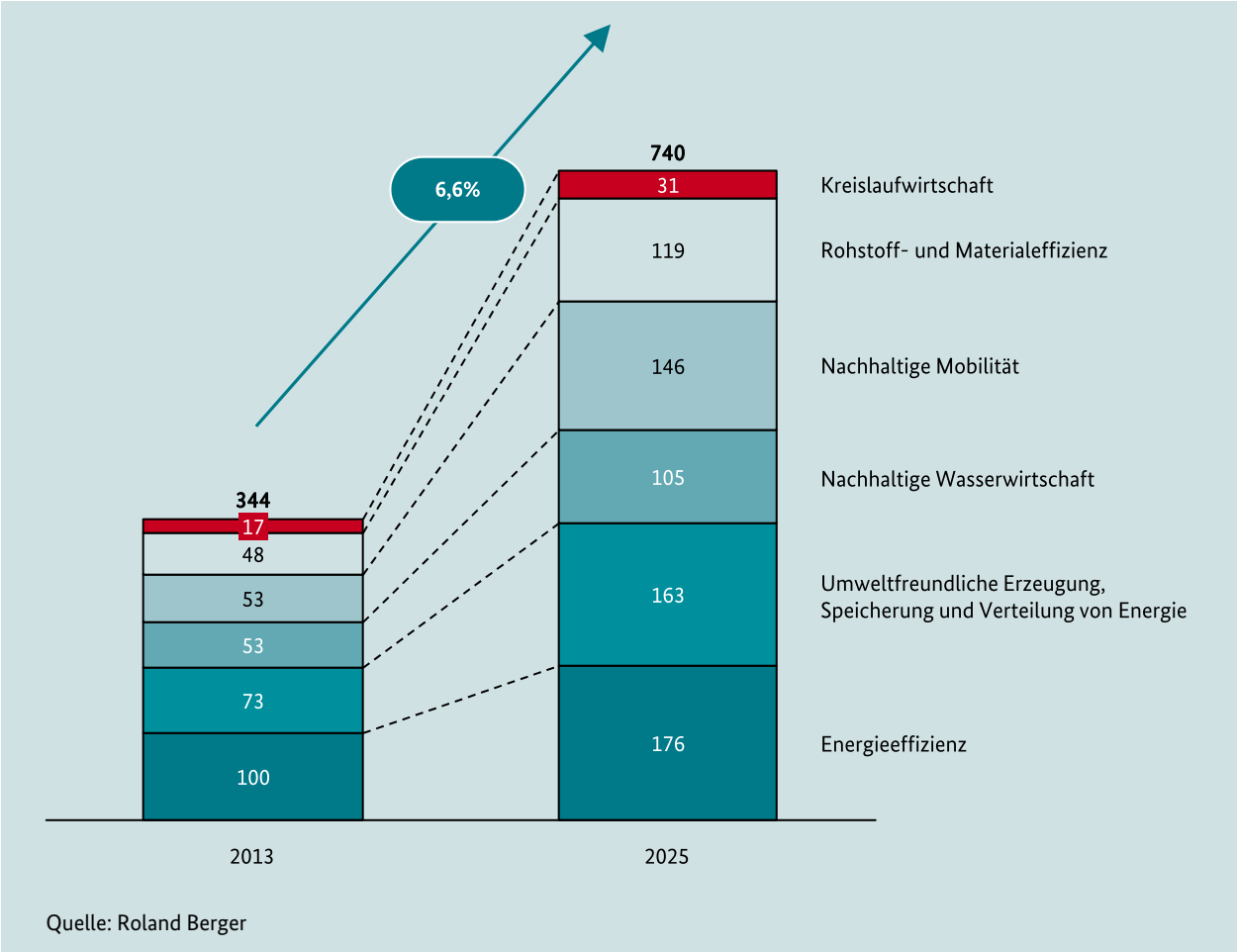


Abbildung 35: Entwicklung des deutschen Marktes für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013-2015 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

teil am grünen Gesamtmarkt um vier Prozentpunkte wachsen. Die steigende Bedeutung der Technologielinien Biotechnologie und Nanotechnologie trägt maßgeblich dazu bei, dass der Anteil des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz um zwei Prozentpunkte zulegt. Marginale Rückgänge verzeichnen die Leitmärkte Kreislaufwirtschaft und Nachhaltige Wasserwirtschaft, während der Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie einen leichten Zugewinn verbuchen kann.

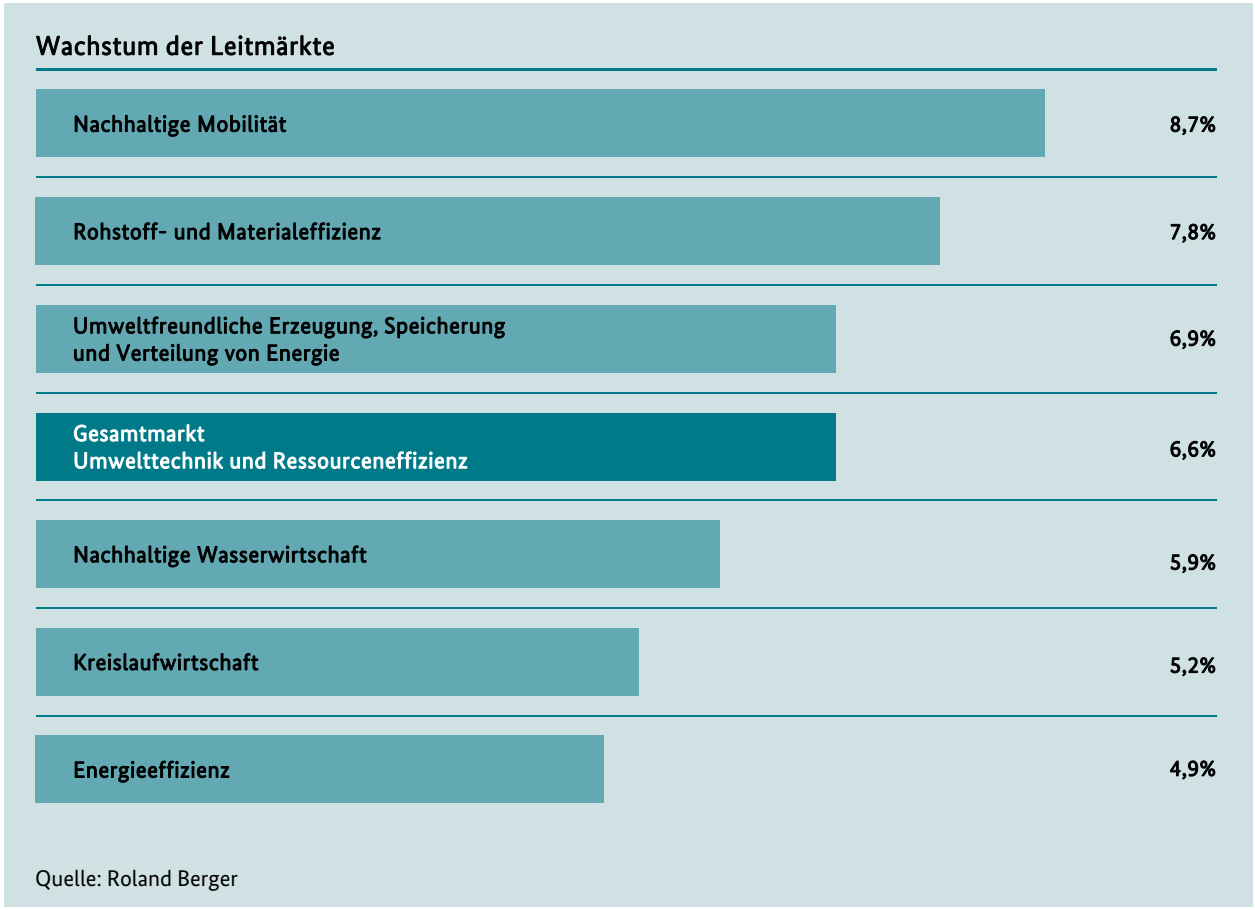


Abbildung 36: Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2013-2025 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

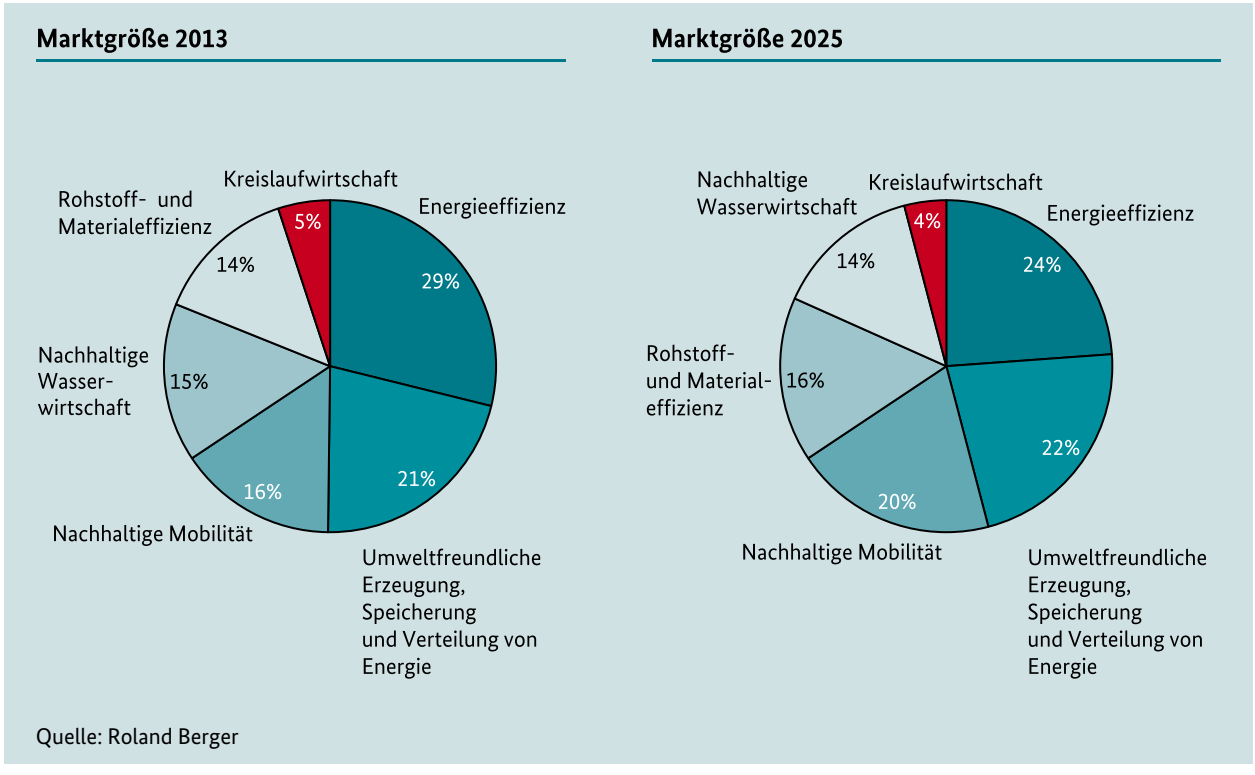


Abbildung 37: Entwicklung der Marktanteile einzelner Leitmärkte an der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2013 und 2025

Die folgenden Abbildungen (38, 39, 40) zeigen eine differenzierte Darstellung der Entwicklung in den einzelnen Leitmärkten. Die Grafiken betrachten nicht nur die Leitmarktebene, sondern illustrieren auch, wie sich das Marktvolumen der einzelnen Marktsegmente in Deutschland in den nächsten Jahren entwickeln wird.

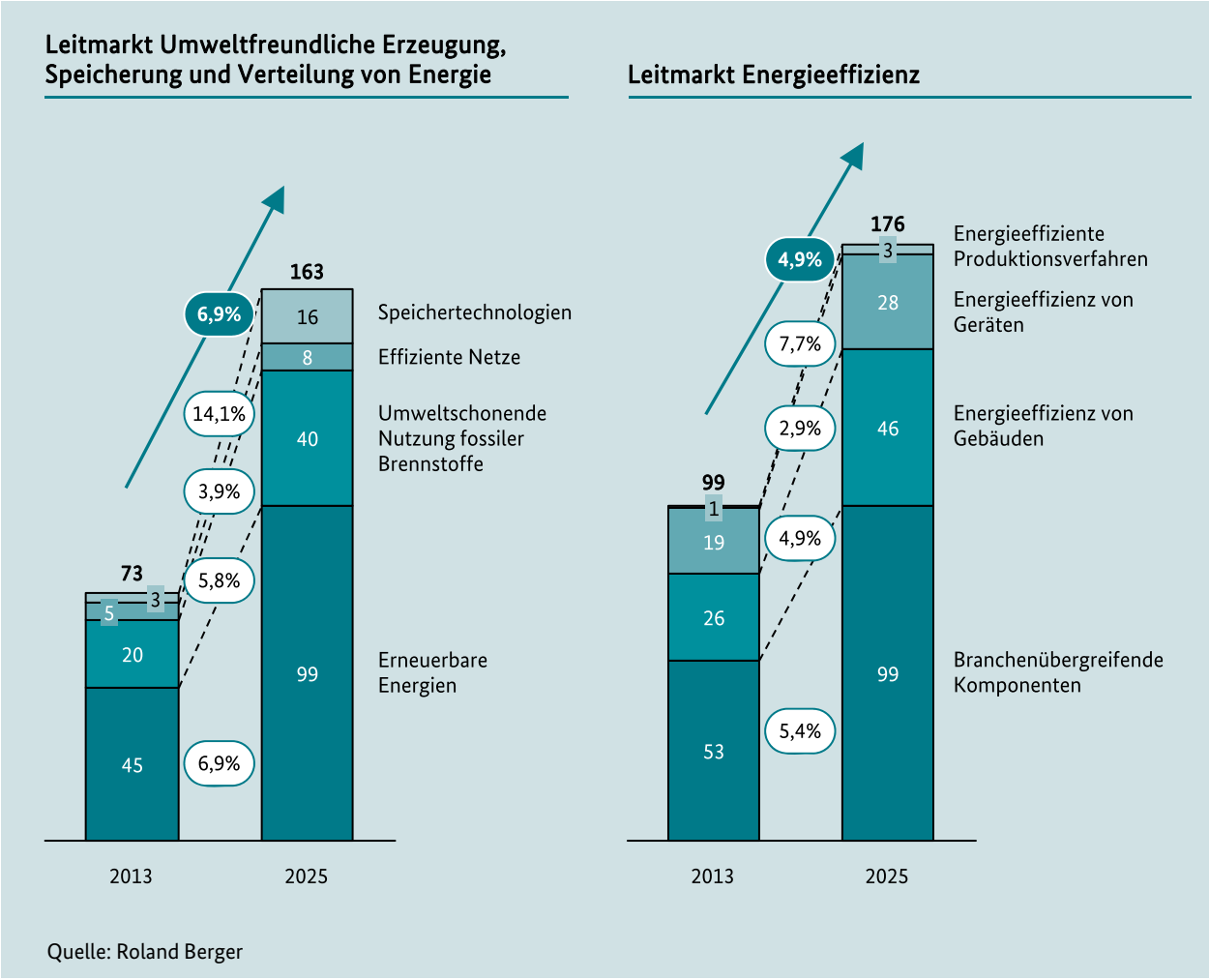
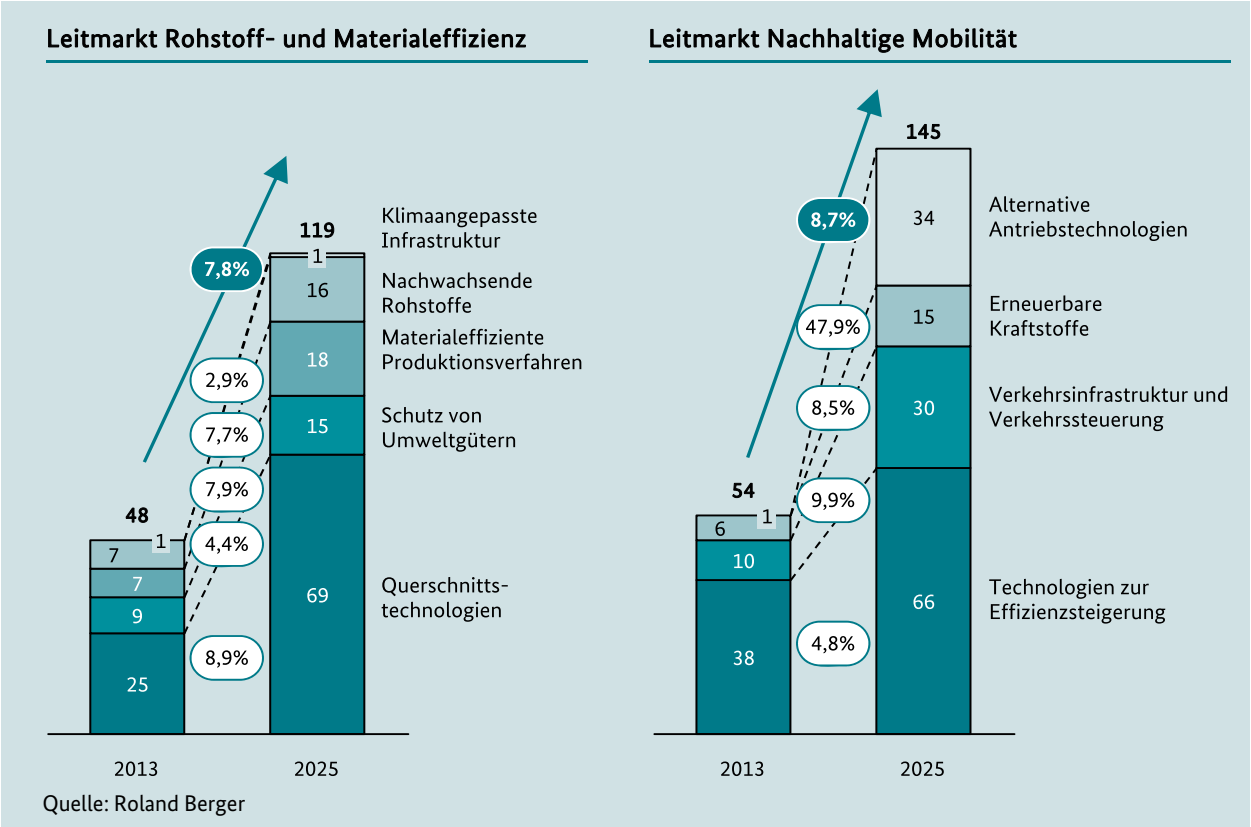
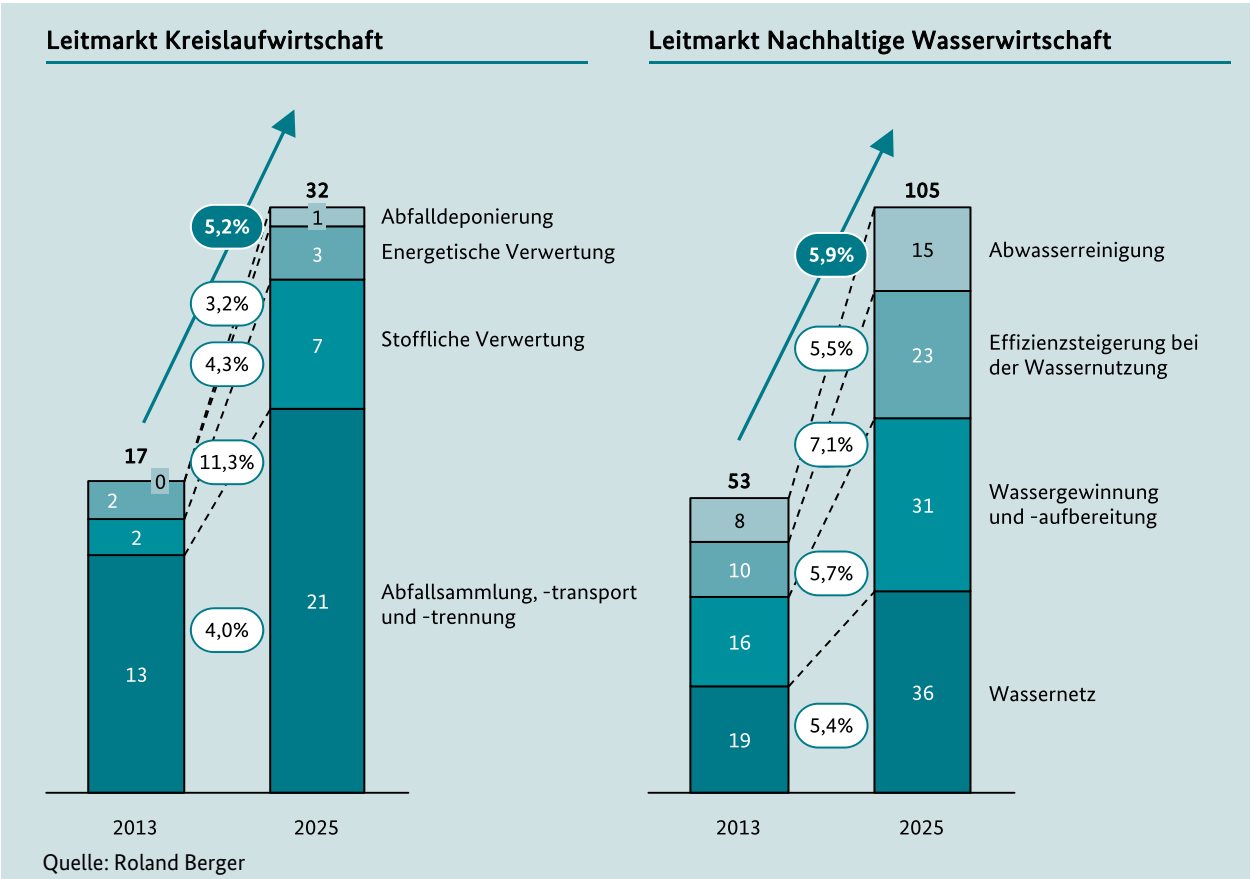


Abbildung 38: Entwicklung des Marktvolumens in Deutschland 2013-2025 – Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie und Leitmarkt Energieeffizienz (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)



Quelle: Roland Berger

Abbildung 39: Entwicklung des Marktvolumens in Deutschland 2013-2025 – Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz und Leitmarkt Nachhaltige Mobilität (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)



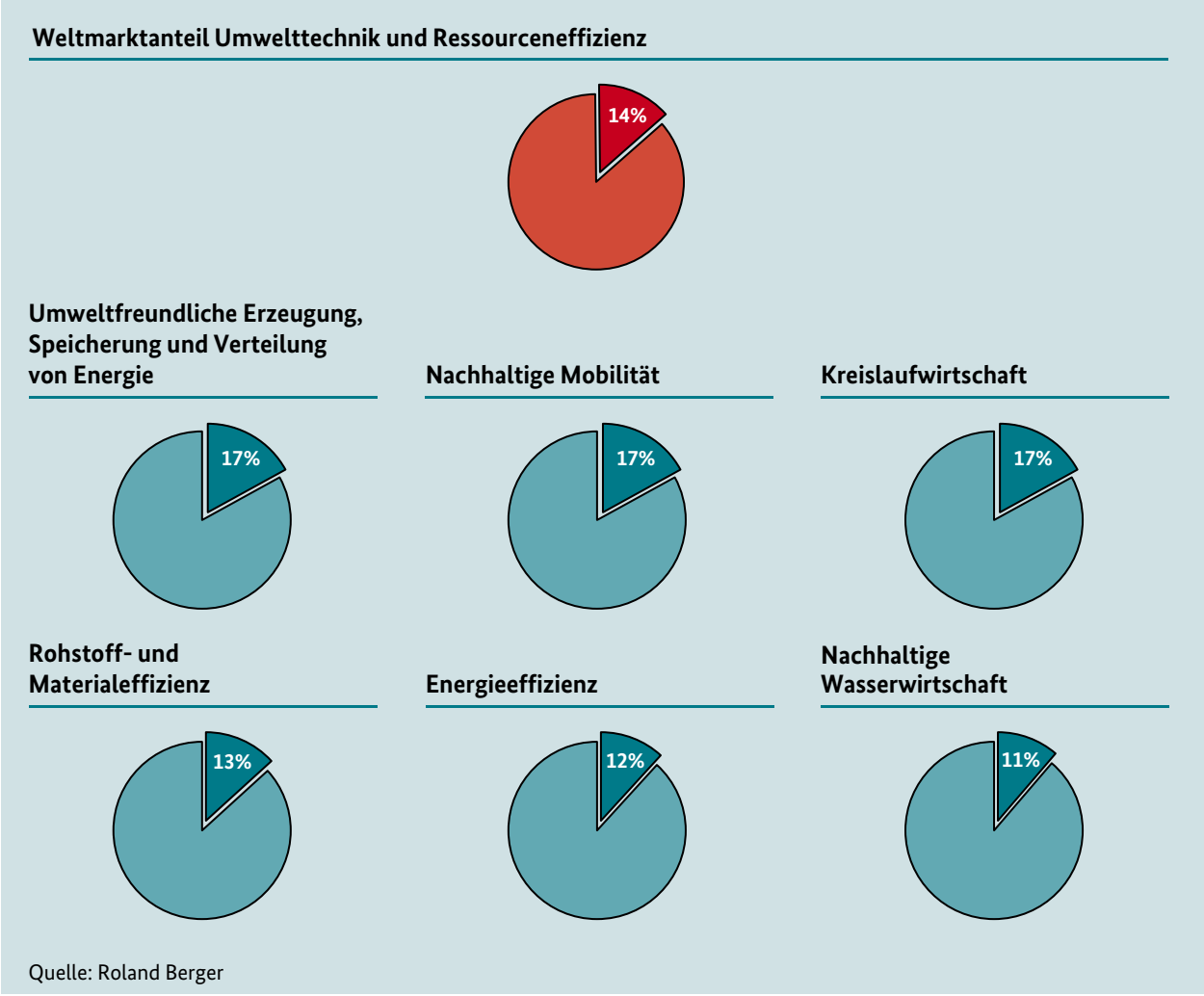
Quelle: Roland Berger

Abbildung 40: Entwicklung des Marktvolumens 2013-2025 in Deutschland – Leitmarkt Kreislaufwirtschaft und Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Positionierung deutscher GreenTech-Anbieter auf dem Weltmarkt

Die Positionierung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz „made in Germany“ auf dem globalen Markt hat sich im Vergleich zum Jahr 2011 als relativ konstant erwiesen: Die Unternehmen auf den Leitmärkten Kreislaufwirtschaft und Nachhaltige Mobilität konnten ihren Weltmarktanteil von jeweils 17 Prozent halten (siehe Abbildung 41). Dieser Wert spiegelt die Technologieführerschaft deutscher Anbieter in der Automobilindustrie und Abfallwirtschaft wider. Der Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie erreicht ebenfalls einen Weltmarktanteil von 17 Prozent, hatte jedoch starke Einbußen zu verkraften: 2011 lag der Weltmarktanteil dieses Leitmarktes noch bei 23 Prozent. Dieser Rückgang ist vor allem auf die Krise der deutschen Photovoltaik-Industrie zurückzuführen. Die Überkapazitäten in der Solarmodulproduktion auf den internationalen Märkten haben zu stark sinkenden Preisen und einem harten Verdrängungswettbewerb unter den Herstellern geführt. Viele deutsche Anbieter konnten im verschärften Preiswettbewerb mit asiatischen Wettbewerbern nicht Schritt halten.

Gegenüber 2011 leicht zugelegt haben die Weltmarktanteile der Leitmärkte Rohstoff- und Materialeffizienz (von 12 auf 13 Prozent) und der Nachhaltigen Wasserwirtschaft (von 10 auf 11 Prozent). Dieser relativ geringe Marktanteil ist ein Abbild der Branchenstruktur: Den Großteil der deutschen Anbieter in diesem Leitmarkt machen kleine und mittlere Unternehmen aus, die ihre Aktivitäten häufig regional ausgerichtet



Quelle: Roland Berger

Abbildung 41: Anteil deutscher Unternehmen am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz nach Leitmärkten 2013 (in Prozent)

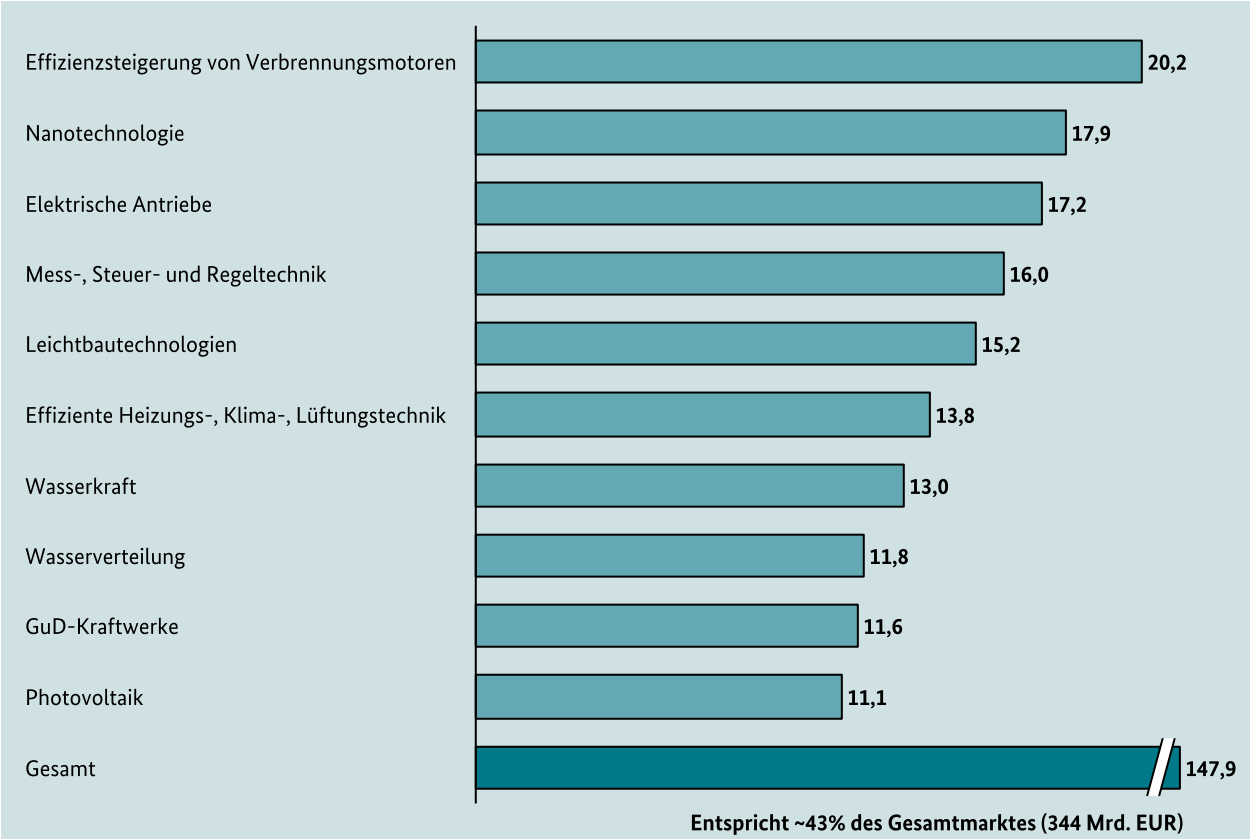
haben. Dementsprechend zeigen sie wenig Präsenz auf den internationalen Märkten. Der Weltmarktanteil der Unternehmen auf dem Leitmarkt Energieeffizienz ist von 14 auf 12 Prozent zurückgegangen.

Insgesamt liegt der Weltmarktanteil der GreenTech-Produkte „made in Germany“ 2013 bei 14 Prozent. Setzt man diesen Wert in Relation zum Anteil Deutschlands an der globalen Wirtschaftsleistung in Höhe von fünf Prozent, zeigt sich die nach wie vor überproportional hohe Bedeutung der deutschen GreenTech-Branche auf den internationalen Märkten.

Technologielinien im Fokus

Der Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland lässt sich nicht nur auf der Ebene der Leitmärkte analysieren, sondern auch auf Basis der Technologielinien. Abbildung 42 zeigt die zehn Technologielinien der GreenTech-Branche mit dem größten Marktvolumen. Gemeinsam erreichten diese Top-10-Technologielinien im Jahr 2013 ein Volumen von 147,9 Milliarden Euro; das entspricht einem Anteil von 43 Prozent am Gesamtmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland.

Die führende Technologielinie in diesem Ranking ist mit einem Marktvolumen von 20,2 Milliarden Euro die Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren. Darin spiegelt sich wider, dass die deutsche Automobilindustrie bereits seit Jahren den Fokus auf die Entwicklung effizienter Verbrennungsmotoren legt und hier einen Forschungsschwerpunkt gesetzt hat. Den regulatorischen Hintergrund bilden die Verschärfung der Verbrauchsnormen in der Europäischen Union sowie in wichtigen internationalen Märkten wie den USA.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 42: Top-10-Technologielinien in Deutschland nach Marktgröße 2013 (in Milliarden Euro)

Filigrane Bohrtechnik

Ultrakurzpulslaser optimiert die Benzin-Direkteinspritzung und senkt den Treibstoffverbrauch

Schon seit Jahrzehnten zählt die Robert Bosch GmbH weltweit zu den führenden Innovationstreibern bei der Weiterentwicklung der Benzin-Direkteinspritzung. Bei dieser Technologie wird das Luft-Kraftstoff-Gemisch direkt im Brennraum des Motors gebildet. In Kombination mit Downsizing-Konzepten und Turboaufladung ermöglicht diese Technologie eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und der CO_2-Emissionen um bis zu 15 Prozent sowie eine größere Fahrdynamik.

Bei der Benzin-Direkteinspritzung dosieren und zerstäuben Hochdruckeinspritzventile, die direkt im Kraftstoffverteiler verbaut sind, den Kraftstoff. Auf diese Weise ist eine optimale Aufbereitung des Luft-Kraftstoff-Gemischs gewährleistet. Die Feinheit der Spritzlöcher spielt eine entscheidende Rolle, denn sie sorgen für maximale Flexibilität bei der Sprayauslegung und für eine minimale Wandbenetzung im Brennraum.
Die Feinheit der Löcher an den Einspritzdüsen durch ein neues Verfahren zu optimieren, gehörte zu den Zielen eines Gemeinschaftsprojektes, an dem neben der Robert Bosch GmbH die Trumpf Laser GmbH + Co. KG sowie das Institut für Angewandte Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena beteiligt waren. Dieses Projekt – „Ultrakurzpulslaser für die industrielle Massenfertigung – produzieren mit Lichtblitzen“ – wurde mit dem Deutschen Zukunftspreis 2013 ausgezeichnet.

Werden herkömmliche Laser zum Bohren oder Schneiden von Metall oder Kunststoff eingesetzt, führt die Hitze des Lichtstrahls dazu, dass der bearbeitete Werkstoff schmilzt und nur teilweise verdampft. Dadurch können Grate oder Wölbungen entstehen, was in vielen Fällen eine Nachbehandlung erforderlich macht.
Anders beim Einsatz von Ultrakurzpulslasern, deren Lichtblitze sehr kurz, aber sehr energiereich sind. So wirkt das Laserlicht hoch konzentriert auf den Werkstoff ein, das Material verdampft ohne den Zwischenschritt der Schmelze. Dies ermöglicht eine sehr hohe Genauigkeit; außerdem erübrigt sich die Nachbearbeitung der Produkte.

Im Rahmen dieses Projekts spezifizierte Bosch gemeinsam mit Trumpf den Laser, damit dieser allen Anforderungen an die Materialbearbeitung gerecht wurde. Außerdem konstruierte Bosch die Systemtechnik für die industrielle Fertigung mit diesem neuen Verfahren. Ein bedeutender Anwendungsbereich sind die Einspritzdüsen für Motoren mit lasergebohrten Spritzlöchern.
www.bosch.de

Die starke Positionierung deutscher Unternehmen in der Nanotechnologie zeigt sich in einem Marktvolumen von 17,9 Milliarden Euro. Ein erhebliches Potenzial für den Einsatz von Nanomaterialien, -beschichtungen und -strukturierung lässt die Bedeutung dieser Technologielinie weiter wachsen.

Die Elektroindustrie gehört in Deutschland zu den Schlüsselindustrien mit einer langen Tradition. Elektromotoren bilden den wichtigsten „grünen“ Teilmarkt dieser Branche und haben ein Marktvolumen von 17,2 Milliarden Euro. Ihr herausragender Effizienzstandard macht elektrische Antriebe „made in Germany“ auf dem Heimatmarkt und international zu einem wichtigen Produkt für die Verbesserung der Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe.

Die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) stellt mit einem Marktvolumen von 16,0 Milliarden Euro ebenfalls eine wesentliche Technologielinie der deutschen GreenTech-Branche dar.

Mit dem Leichtbau ist eine weitere Technologielinie aus dem Leitmarkt Nachhaltige Mobilität in den zehn volumenstärksten Technologielinien vertreten. Das Marktvolumen der Leichtbautechnologien bezifferte sich 2013 auf 15,2 Milliarden Euro. Dieser große Marktanteil spiegelt die zunehmende Bedeutung dieser Technologielinie für die Senkung des Kraftstoffverbrauchs sowie die starke Position der deutschen Automobilindustrie wider.

Die wachstumsstärkten Technologielinien in Deutschland

Nachdem die Dynamik der Technologielinien auf den globalen GreenTech-Märkten betrachtet wurde (siehe Abbildung 32), rückt hier der Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland in den Fokus. Erstellt man für den deutschen GreenTech-Markt nach dem Kriterium „jahresdurchschnittliches Wachstum 2013 bis 2025“ ein Ranking der Top-10-Technologielinien, ergibt sich die in Abbildung 43 dargestellte Reihenfolge.

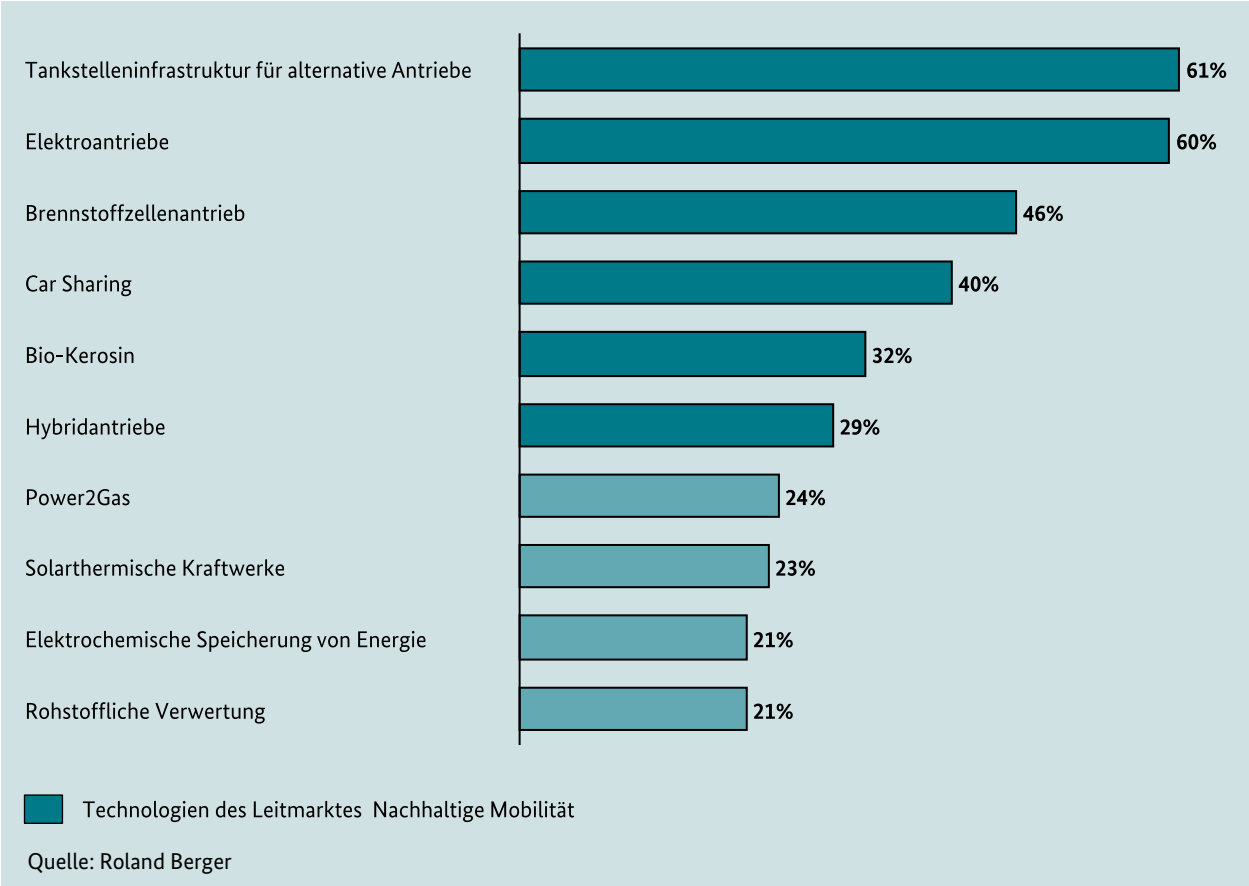


Abbildung 43: Top-10-Technologielinien in Deutschland nach Wachstum 2013-2025 (durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

In diesem Ranking fällt sofort auf, dass sechs von zehn der in puncto Dynamik führenden Technologielinien zum Leitmarkt Nachhaltige Mobilität gehören. Hier erweist sich die Transformation des Verkehrssektors in Richtung einer umweltverträglichen und kohlenstoffarmen Mobilität als Wachstumstreiber. Die zunehmende Nachfrage nach Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, insbesondere nach Elektroautos, führt zu einem Ausbau der Ladeinfrastruktur. Die Technologielinie Tankstelleninfrastruktur für alternative Antriebe entwickelt sich deshalb mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 61 Prozent. Die Massenproduktion von Elektroantrieben wird in den nächsten Jahren immer mehr Fahrt aufnehmen. Bis Jahresende 2014 wollen deutsche Hersteller sechzehn Fahrzeugmodelle mit Elektroantrieb auf den Markt gebracht haben. Angesichts dieser Planungen ist für die Technologielinie Elektroantriebe bis 2025 ein jahresdurchschnittliches Wachstum von 60 Prozent zu erwarten. Die Serienproduktion von Brennstoffzellenantrieben wird voraussichtlich erst 2017 starten. Ob die Prognose eines durchschnittlichen jährlichen Wachstums 46 Prozent Realität wird, hängt entscheidend davon ab, ob und in welchem Umfang es gelingt, die Kosten für die Produktion von Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb zu senken.

Gerade in Verbindung mit dem Öffentlichen Personennahverkehr, zur Anbindung von Flughäfen sowie in Ballungsräumen etabliert sich Car Sharing als attraktives Glied einer integrativen Mobilitätskette. Kurze Distanzen für Fahrten in Großstädten und ein dicht geknüpftes Netz von Verleihstationen bilden die Basis für ein durchschnittliches jährliches Marktwachstum von 40 Prozent.

Aus Algen gewonnenes Biokerosin wurde bereits erfolgreich auf Kurzstreckenflügen getestet. Bei der Entwicklung dieses alternativen Treibstoffes der dritten Generation hat Deutschland einen Forschungsvorsprung. Dies bedeutet Rückenwind für die weitere Entwicklung dieser Technologielinie, die bis 2025 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten von 32 Prozent wachsen wird.

Algen für den Flugzeugtank

Biokerosin kann die CO_2-Emissionen der Luftfahrtindustrie senken

Bis 2050 soll der CO_2-Ausstoß im Flugverkehr weltweit um 50 Prozent niedriger liegen als 2005 – dieses klimapolitische Ziel hat sich die globale Luftfahrtindustrie gesetzt. Ein wichtiges Instrument dabei ist der Einsatz von Biokerosin. Bei seiner Verbrennung wird nur so viel CO_2 frei gesetzt, wie die Pflanzen aufgenommen haben. Außerdem ist Biokerosin schwefel- und aromatenfrei, sodass bei seiner Verbrennung weniger Rußpartikel gebildet werden als bei fossilen Treibstoffen.

Als biogene Energieträger für die Biokraftstoffe der jüngsten Generation können Algen mit wichtigen Vorteilen punkten: Sie vermehren sich schnell; ihre Wachstumsrate ist sieben- bis zehnmal so hoch wie die von Landpflanzen. Auf die Anbaufläche bezogen haben Algen eine deutlich höhere Biomasse-Produktivität als andere Energiepflanzen. Außerdem sind Algen keine Konkurrenz für die Nahrungsmittelproduktion – die „Teller-oder-Tank"-Kontroverse erübrigt sich. Weitere Vorzüge der grün-glitschigen Rohstoff-Produzenten: Sie ernähren sich von CO_2 aus der Luft oder aus industriellen Emissionen.

Diese Eigenschaften machen Algen zu einem interessanten Rohstoff für die Gewinnung von Biokerosin. Allerdings ist die Herstellung des algen-basierten Treibstoffs so kostspielig, das er bislang für den kommerziellen Einsatz nicht infrage kommt. Dieses Problem soll gelöst werden: Im Forschungsprojekt AUFWIND, das im Sommer 2013 gestartet ist, klären unter der Leitung des Forschungszentrums Jülich zwölf Partner aus der Forschung und Industrie, unter welchen Voraussetzungen und in welchem Umfang sich Biomasse aus Mikroalgen als Basis für die Herstellung von Kerosin eignet. AUFWIND steht für „Algenproduktion und Umwandlung in Flugzeugtreibstoffe: Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Demonstration". Dieses Akronym unterstreicht den Anspruch, entlang der gesamten Prozesskette sowohl wirtschaftliche als auch ökologische Aspekte zu untersuchen und dabei dem Praxisbezug einen hohen Stellenwert einzuräumen.

Es gibt bereits vielversprechende Ansätze für die Produktion von Kerosin auf Algenbasis: Ein Projektpartner, die Verfahrenstechnik Schwedt GmbH, hat ein Verfahren entwickelt, um aus Biomasse Flugbenzin herzustellen. Der Luftfahrtkonzern EADS, ebenfalls an AUFWIND beteiligt, hat bereits Testflüge mit algen-basiertem Kerosin absolviert.

Im Rahmen des auf eine Laufzeit von zweieinhalb Jahren angelegten Verbundprojekts (Gesamtvolumen: 7,4 Millionen Euro) werden die Beteiligten unter anderem verschiedene Technologien zur Zucht von Mikroalgen vergleichen. Eine wichtige Fragestellung ist außerdem, welche Algenarten sich am besten zur Kerosinproduktion eignen. Um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, soll die Verwertbarkeit der Nebenprodukte geprüft werden, die bei der Treibstoffproduktion aus Algen anfallen.
www.fz-juelich.de
www.vts-um.de

Deutschlands Weltmarktanteile in einzelnen Technologielinien

Auf Ebene der Leitmärkte wurde bereits dargestellt (siehe Abbildung 41), wie hoch die Weltmarktanteile der deutschen GreenTech-Anbieter ausfallen. Auf den folgenden Seiten wird der Fokus geschärft und dieselbe Betrachtung für die Technologielinien der einzelnen Leitmärkte angestellt, ergänzt um ein prognostisches Element: Für jede einzelne Technologielinie wird nicht nur der Anteil deutscher Anbieter am globalen Markt ausgewiesen, sondern auch eine Einschätzung abgegeben, wie sich diese Positionierung bis zum Jahr 2025 entwickelt.

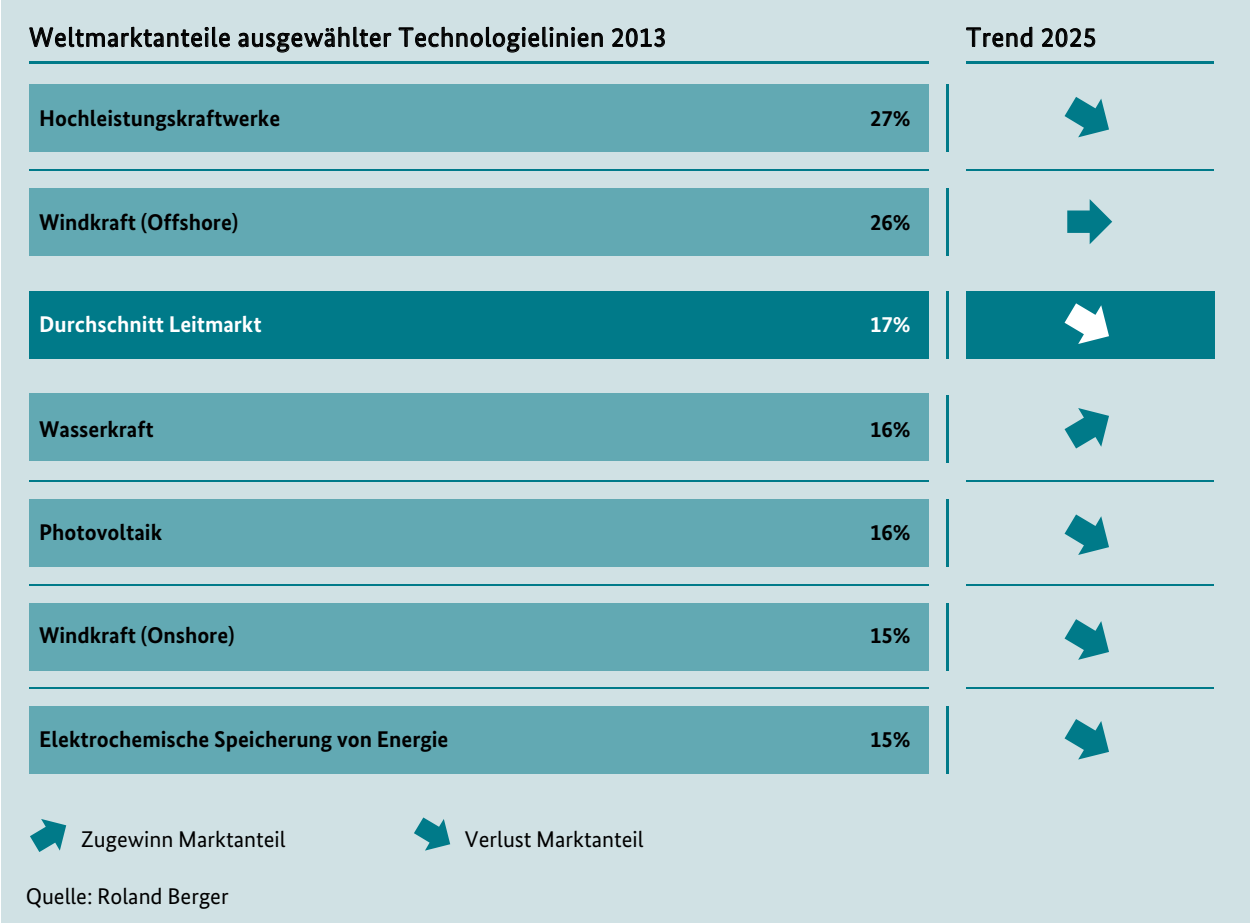


Abbildung 44: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2013 und Trend bis 2025

Auf der Anbieterseite des internationalen Marktes für Hochleistungskraftwerke[81] finden sich nur wenige Wettbewerber. Dazu gehört die Siemens AG, die maßgeblich hinter dem deutschen Weltmarktanteil von 27 Prozent in dieser Technologielinie steht. Konkurrenten aus Japan und Südkorea erhöhen jedoch den Preisdruck, sodass der Weltmarktanteil Deutschlands in den nächsten Jahren zurückgehen dürfte.

Der Bau, die Anbindung ans Stromnetz und die Wartung von Windenergieanlagen auf See stellen höhere technologische Anforderungen als die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen an Land. Für die Marktpositionierung in der Technologielinie Windkraft Offshore sind deshalb Know-how und Expertise entscheidende Kriterien, weniger die Preisführerschaft. Dies kommt deutschen Anbietern zugute, die bei der

81 Vgl. Definition von Hochleistungskraftwerken in Fußnote 21 in diesem Kapitel..

Windkraft auf See einen Weltmarktanteil von 26 Prozent halten; der wird bis 2025 voraussichtlich konstant bleiben.

Der Einsatz von Wasserkraft zur Stromerzeugung hat in Deutschland zwar eine lange Tradition, ist jedoch aufgrund der geografischen Gegebenheiten kaum ausbaufähig. Von den rund 7.500 deutschen Wasserkraftanlagen zählen über 7.000 zu den sogenannten Kleinstwasserkraftwerken mit einer Leistung von weniger als einem Megawatt. Deutsche Unternehmen sind auf den internationalen Märkten im Bereich Turbinen und Anlagen für Wasserkraftwerke sehr gut positioniert. Da die Wasserkraft in den nächsten Jahren als regenerative Energiequelle in vielen Ländern eine wesentliche Rolle bei der Stromversorgung spielen soll, wird das Marktvolumen dieser Technologielinie zunehmen. Für die Expansion sorgen der Bau neuer Wasserkraftwerke sowie Repowering und Wartung bestehender Anlagen. Anbieter aus Deutschland können von diesem Aufwärtstrend profitieren und ihren Weltmarktanteil von derzeit 16 Prozent in den nächsten Jahren ausbauen.

Neue Stromquellen erschließen

Kompakte Turbinen-Generator-Einheit für den umweltverträglichen Ausbau der Kleinwasserkraft

Zwar deckt die mit Wasserkraft erzeugte Elektrizität schon heute etwa ein Sechstel der weltweiten Strommenge. Doch es gibt Spielraum, die Rolle der Wasserkraft bei der Energieversorgung auszubauen. Derzeit werden etwa 85 Prozent der Dämme und Wehranlagen in Fließgewässern nicht für die Stromerzeugung genutzt. Einer der Gründe, dass dieses Potenzial bislang brachliegt, sind die niedrigen Gefällestufen vieler Flussbauwerke. Für eine wirtschaftliche Stromerzeugung sind herkömmliche Turbinen-Generator-Einheiten auf eine bestimmte Fallhöhe der Gewässer angewiesen. Die notwendigen Gefällestufen ließen sich mit konventioneller Wasserkraftwerkstechnik nur durch relativ aufwendige Flussbauwerke erreichen. Hinzu kommt, dass solche massiven baulichen Eingriffe häufig negative Konsequenzen auf die Ökosysteme der Fließgewässer nach sich ziehen. Solche schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt will der StreamDiver® vermeiden. Dieses Wasserkraftwerkskonzept der Voith GmbH kann durch seine innovative Bauweise neue Standorte im Bereich Kleinwasserkraft erschließen. Der StreamDiver® ist eine wartungsarm konstruierte Turbinen-Generator-Einheit, die von dem Familienunternehmen in Heidenheim (Baden-Württemberg) entwickelt wurde.

Dank seiner kompakten Bauweise lässt sich der StreamDiver® direkt in eine Wehranlage integrieren. So entfällt die Notwendigkeit, zusätzlich zum Einbau der Turbinen-Generator-Einheit Kraftwerksbauten zu errichten – was die Wirtschaftlichkeit erhöht und gleichzeitig die Eingriffe in die Ökosysteme der Fließgewässer minimiert. Außerdem reduziert die Integration in bereits vorhandene Querbauten Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes. Weil ihre Lager wassergeschmiert sind, läuft die Turbine öl- und fettfrei. Die Gewässer werden durch den Betrieb des StreamDiver® nicht verschmutzt.

Mit dieser Innovation hat sich Voith 2014 in einem Feld von 300 Bewerbern in der Gruppe der Großunternehmen unter den vier Finalisten des Innovationspreises der deutschen Wirtschaft platziert. Nachdem sich der Prototyp des StreamDiver® im Testbetrieb über ein Jahr lang bewährt hat, sind inzwischen die ersten Bestellungen für diese Innovation eingegangen. Seinen ersten kommerziellen Einsatz wird der StreamDiver® in Schweden haben.
www.voith.com

Am Weltmarkt der Technologielinie Photovoltaik hält Deutschland 2013 einen Anteil von 16 Prozent. Dies unterstreicht die Kompetenz und das Know-how deutscher Anbieter, die nach wie vor die Technologieführerschaft bei der Entwicklung von Dünnschichtmodulen und bei der Organischen Photovoltaik innehaben. Die in den letzten Jahren entstandenen Überkapazitäten für Photovoltaik-Module und der daraus resultierende Preisdruck werden jedoch zu einer weiteren Konsolidierung des internationalen Photovoltaik-Marktes führen. Da asiatische Wettbewerber weitgehend die Kostenführerschaft übernommen haben, werden die Weltmarktanteile der deutschen Photovoltaik-Unternehmen tendenziell sinken.

Während die Marktentwicklung für Windenergieanlagen auf See vor allem technologiegetrieben ist, spielen in der Technologielinie Windkraft Onshore die Kosten eine wesentliche Rolle. Hinzu kommt, dass die Anbieterstruktur eher lokal und regional ausgerichtet ist, denn weite Transportwege sind unrentabel. Der Ausbau von Windenergieanlagen an Land wird sich international mit einem schnelleren Tempo vollziehen als in Deutschland. In Summe führen diese Faktoren dazu, dass der Weltmarktanteil deutscher Hersteller von derzeit 15 Prozent in den nächsten Jahren sinken wird.

Aktuell wird in Deutschland die Marktdiffusion elektrochemischer Speicher gefördert, die in Verbindung mit Photovoltaikanlagen die Verfügbarkeit von Strom aus fluktuierend-regenerativen Quellen sicherstellen und damit zur Netzstabilisierung beitragen sollen. Die ersten Batteriekraftwerke mit einer Leistung von einem bis zu zehn Megawatt sind bereits in das Stromnetz integriert. Als geografischer Schwerpunkt der Zellproduktion etablieren sich asiatische Länder, vor allem Japan, Südkorea, China, sowie die USA. In den nächsten Jahren wird der Weltmarktanteil deutscher Hersteller von Speichertechnologie, der 2013 bei 15 Prozent lag, voraussichtlich sinken.

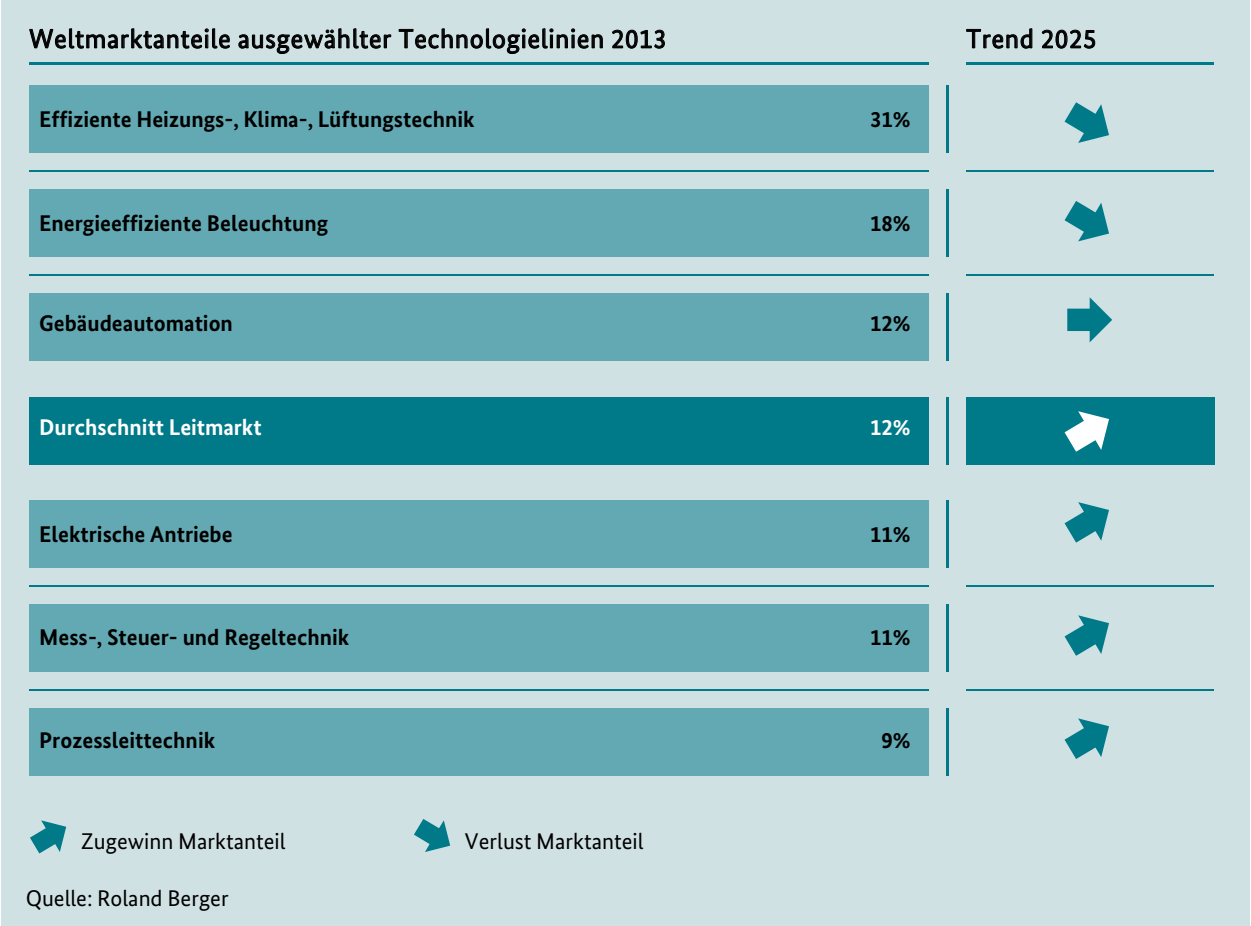


Abbildung 45: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Energieeffizienz 2013 und Trend bis 2025

Der Weltmarktanteil deutscher Hersteller an der Effizienten Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik lag 2013 bei 31 Prozent – und damit weit über dem Durchschnitt des Leitmarktes Energieeffizienz insgesamt. Allerdings verbessern lokale Anbieter in anderen Ländern ihre Positionierung, vor allem durch Lüftungssysteme mit erhöhtem Wirkungsgrad. Dies schmälert die Exportchancen von Produkten „made in Germany“. Bei den stationären Brennstoffzellen hat sich Japan als klarer Marktführer vor Deutschland etabliert. Diese Entwicklungen lassen bis 2015 einen Rückgang des sehr hohen Weltmarktanteils erwarten.

Mit Osram ist ein deutsches Unternehmen der zweitgrößte Anbieter energieeffizienter Beleuchtung weltweit. Allerdings nimmt der Preisdruck in den Segmenten LED und Halogenlampen zu. Osram ist zwar Technologieführer, jedoch wird das sinkende Preisniveau voraussichtlich zu Einbußen an Weltmarktanteilen führen.

Einen positiven Schub versetzt die Entwicklung auf den internationalen Märkten den in der Technologielinie Gebäudeautomation engagierten deutschen Unternehmen. Die Nachfrage auf dem Weltmarkt wächst dynamischer als im Inland, und die Firmen aus Deutschland profitieren vom globalen Aufwärtstrend. Diese Entwicklung kompensiert eine schwächere Nachfrage im Heimatmarkt Deutschland. Der deutsche Anteil am Weltmarkt bleibt konstant bei zwölf Prozent.

Der globale Markt für Elektrische Antriebe ist weniger dynamisch gewachsen als 2011 prognostiziert. Deutsche Anbieter von effizienten Elektromotoren sind jedoch mit einem Anteil von elf Prozent gut im Weltmarkt positioniert. Es zeichnet sich ab, dass sie diesen Anteil bis 2025 ausbauen können.

Höherer Wirkungsgrad

EC-Technologie verbessert die Energieeffizienz von Ventilatoren

„Ressourcenschonend in der Herstellung, energieeffizient im Betrieb“ – Auf diesen Punkt bringt die ebm-papst Gruppe ihre konsequent auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Strategie. Das Unternehmen mit Sitz in Mulfingen (Baden-Württemberg) zählt zu den international führenden Herstellern energieeffizienter Ventilatoren und Elektromotoren. Weltweit beschäftigt die ebm-papst Gruppe an 18 Produktionsstätten und über 50 Vertriebsstandorten rund 18.000 Mitarbeiter und erwirtschaftet einen Jahresumsatz von 1,4 Milliarden Euro (Geschäftsjahr 2012/2013).

Seine exzellente Positionierung auf dem Markt hat sich das Technologieunternehmen durch Innovationen erarbeitet, die internationale Standards gesetzt und sich dabei insbesondere durch eine hohe Energieeffizienz ausgezeichnet haben. Die Effekte der energieeffizienten Produktpalette haben eine starke Durchschlagskraft, denn die Motoren und Ventilatoren von ebm-papst werden in zahlreichen Branchen verwendet, unter anderem in der Lüftungs-, Klima- und Kältetechnik, in Haushaltsgeräten, Heiztechnik, Informations- und Kommunikationstechnik sowie im Fahrzeugbau.

Die Forschung und Entwicklung bei ebm-papst folgt der Maxime, dass jedes Produkt seinen Vorgänger ökonomisch und ökologisch übertreffen soll. Dementsprechend werden Motortechnik, Elektronik und Strömungstechnik kontinuierlich verbessert, um eine Senkung des Energieverbrauchs zu erreichen.

Eine Schlüsselrolle spielt dabei die „GreenTech EC-Technologie“. „EC“ steht für Electronic Commutation“, auf Deutsch: elektronische Stromwendung. ebm-papst war weltweit einer der ersten Hersteller, der die Vorteile der EC-Technik für eine Effizienzstrategie erkannt und maßgeblich vorangetrieben hat: Im Vergleich zu den herkömmlichen Asynchronmotoren weisen Ventilatoren und Motoren in „GreenTech EC-Technologie“ einen deutlich höheren Wirkungsgrad auf. Dieser liegt bei bis zu 90 Prozent gegenüber 20 bis 70 Prozent bei AC-Motoren. So wird nicht nur Primärenergie effizienter genutzt; auch die Bildung von Verlustwärme fällt geringer aus, was sich positiv auf die Lebensdauer auswirkt. Hinzu kommt: Wegen der optimierten Drehzahlsteuerverfahren und der strömungstechnischen Auslegung der Ventilatorenräder sind die EC-Ventilatoren sehr leise. Aufgrund der EC-Technologie übertreffen ebm-Ventilatoren bereits heute die Vorgaben der EU-Ökodesign-Richtlinie über die Mindesteffizienzstandards von Ventilatoren, die ab 2015 gelten. Für ihr Engagement für energieeffiziente, umweltschonende Produkte und ihre nachhaltige Ausrichtung hat die ebm-papst Gruppe bereits zahlreiche nationale und internationale Auszeichnungen bekommen. 2013 erhielt das Unternehmen den renommierten Deutschen Nachhaltigkeitspreis.
www.ebmpapst.com

Bei den Technologielinien Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie Prozessleittechnik im Marktsegment Branchenübergreifende Komponenten gehören deutsche Unternehmen zu den Technologieführern auf den internationalen Märkten. Die Weltmarktanteile lagen 2013 bei elf beziehungsweise neun Prozent.

Deutsche Zulieferer und Ausrüster können davon profitieren, dass die Überwachung und Steuerung effizienter Produktionsverfahren in der Industrie immer mehr an Bedeutung gewinnt: Die Bündelung des am Standort vorhandenen Know-hows im Maschinen- und Anlagenbau, bei Eingebetteten Systemen und der Automatisierungstechnik in Kombination mit den Kompetenzen in der Mess-, Steuer- und Regeltechnik verschafft den Anbietern aus Deutschland eine exzellente Positionierung auf den internationalen Märkten.[82] So können die deutschen Unternehmen die steigende Nachfrage nach Produkten und Verfahren des Mess-, Steuer- und Regeltechnik für die Fortsetzung ihres Expansionskurses nutzen und wachsen überproportional zum Weltmarkt. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass die Weltmarktanteile in der Mess-, Steuer- und Regeltechnik und der Prozessleittechnik zulegen werden.

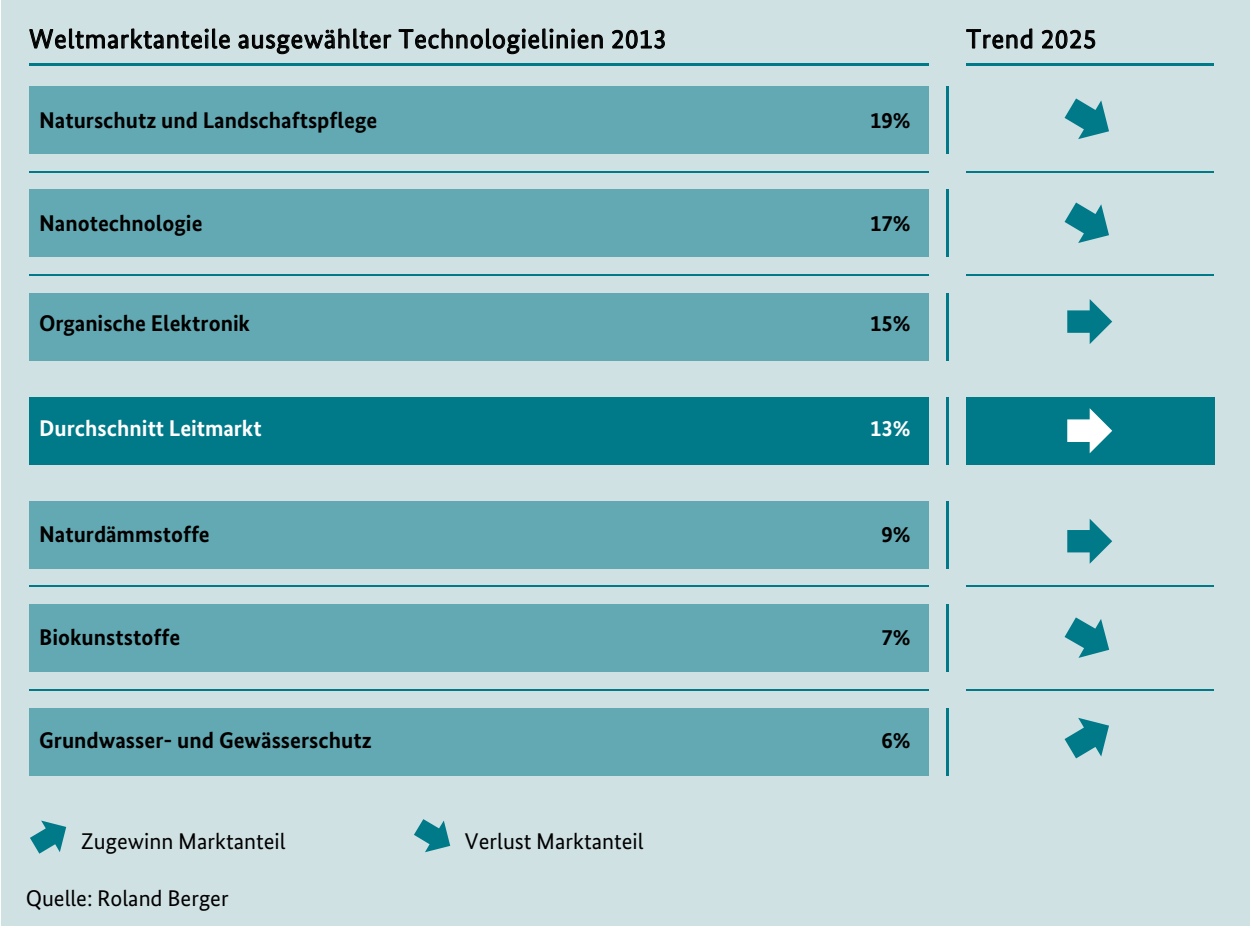


Abbildung 46: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz 2013 und Trend bis 2025

Deutschland gilt als Vorreiter bei Naturschutz und Landschaftspflege. Aufgrund strenger Regulierungsvorschriften, relativ hoher Ausgaben seitens der öffentlichen Hand und des im internationalen Vergleich ausgeprägten Umweltbewusstseins der Bevölkerung hielt Deutschland im Bereich Natur- und Landschaftspflege 2013 einen Weltmarktanteil von 19 Prozent. Für die nächsten Jahre zeichnet sich ab, dass die Schwellen- und Entwicklungsländer nicht umhinkommen werden, ebenfalls verstärkt Maßnahmen gegen die fortschreitende Natur- und Landschaftszerstörung zu ergreifen. Andernfalls droht ein Versagen der Ökosysteme. Aufgrund dieses Nachholbedarfs bei Naturschutz und Landschaftspflege wächst der globale Markt dieser Technologielinie mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 16 Prozent – und damit mit der

82 Siehe dazu auch Themenseite *Industrie 4.0* auf S. 62f.

vierfachen Dynamik des deutschen Marktes. Deshalb ist für Deutschland bis 2025 ein sinkender Weltmarktanteil zu erwarten.

Hinter dem Marktführer USA besitzt Deutschland eine starke Position in der Nanotechnologie. Konzerne wie Bayer und BASF investieren in Forschung und Entwicklung sowie in neue Anwendungsfelder. Der Weltmarktanteil deutscher Anbieter in dieser Technologielinie lag 2013 bei 17 Prozent. Dieses hohe Niveau wird sich jedoch bis 2025 voraussichtlich nicht halten lassen: China und Russland wollen ihre staatlichen Investitionen in den Ausbau der Nanotechnologie erhöhen und werden so die deutschen Forschungsausgaben übertreffen. Auch Japan und Südkorea planen, ihre Forschung zu intensivieren.

Intelligente Fensterscheiben

Variable Verglasung mit Nanomaterialien macht Klimaanlage überflüssig und senkt damit den Stromverbrauch im Gebäude

Wenn den Gymnasiasten in Cham die Köpfe rauchen, liegt es nicht unbedingt an den hohen Temperaturen, weil die Sonne die Klassenzimmer aufheizt. Deren Fenster sind nämlich aus EControl®-Glas. Dieses elektrisch dimmbare Glas kann je nach Tages- und Jahreszeit durch das Anlegen einer geringen Spannung transparent oder teildurchlässig werden, wobei stets der Durchblick erhalten bleibt. So entfallen die Stromkosten für den Betrieb einer Klimaanlage, weil die Räume im Sommer durch Sonneneinstrahlung nicht überhitzen.
Die in puncto Licht- und Energiedurchlässigkeit variable Verglasung wurde von der EControl Glas GmbH & Co. KG entwickelt, einem in Plauen (Sachsen) ansässigen Unternehmen. Der Aufbau der intelligenten Gebäudeverglasung entspricht grundsätzlich einer konventionellen Sonnen- oder Wärmeschutzverglasung im Sandwich-Prinzip. Allerdings besteht die äußere Lage aus einer steuerbaren elektrochromen Verbundscheibe. Dahinter liegt eine leitfähige Polymerfolie. Der Scheibenzwischenraum ist mit Gas gefüllt. Die innere Schicht des Sandwichs bildet die sogenannte Gegenscheibe, die mit einer Wärmedämmbeschichtung versehen ist.

Die leitfähige Polymerfolie verfärbt sich blau, wenn eine elektrische Spannung angelegt wird. So können Lichtdurchlässigkeit und Wärmeeintrag in fünf Stufen oder stufenlos gesteuert werden. Ausgelöst wird dieser Farbwechsel durch die Abgabe von elektrischen Ladungen, die zu einer optischen Reaktion in der Beschichtung führt. Die Elektrodenschichten bestehen aus Nanomaterialien mit einem Durchmesser von 20 bis 50 Nanometern.
www.econtrol-glas.de

Am Standort Deutschland ist eine Reihe von kleinen und mittleren Unternehmen aktiv, die weltweit zu den Technologieführern für Organische Elektronik zählen. Exzellente Grundlagenforschung und Innovationsmanagement für Materialien und Komponenten sind die Basis für einen Weltmarktanteil von 15 Prozent. Auch wenn die Endprodukte vor allem in Asien produziert werden, dürfte der Weltmarktanteil Deutschlands in den nächsten Jahren konstant bleiben.

Im Vergleich zu herkömmlichen Dämmstoffen weisen Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen eine bessere Ökobilanz auf. Diese Eigenschaft fördert die Nachfrage seitens umweltbewusster Endverbraucher – trotz des Preisunterschieds: NAWARO-Dämmstoffe sind derzeit noch zwei bis vier Mal so teuer wie konventionelles Dämmmaterial. Von der politischen Förderung der Wärmedämmung in Deutschland gehen keine signifikanten Impulse für die Positionierung heimischer Anbieter auf den internationalen Märkten aus: Deren Weltmarktanteil bleibt konstant bei neun Prozent.

Im Marktsegment Nachwachsende Rohstoffe verzeichnet die Technologielinie Biokunststoffe eine besonders dynamische Entwicklung: Als teil-biobasiertes PET[83] können Biokunststoffe in Massenproduktion überführt werden. Allerdings werden die Produktionskapazitäten vor allem in Asien und Südamerika ausgeweitet; bis 2016 werden diese Regionen zusammen etwa 90

83 Das Kurzzeichen PET steht für Polyethylenterephtalat.

Prozent der Nachfrage des Gesamtmarktes decken. Deutschland behält seine Führungsrolle in der Forschung und Entwicklung sowie beim Verbrauch. Der Marktanteil Deutschlands von derzeit sieben Prozent wird voraussichtlich bis 2025 schrumpfen.

Die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union setzt für die Mitgliedsstaaten die regulatorischen Leitplanken beim Grundwasser- und Gewässerschutz. Dies lässt erwarten, dass einige europäische Staaten ihre Investitionen in die entsprechenden Technologien verstärken werden. Deutsche Anbieter haben in diesem Bereich einen technologischen Vorsprung und sind bereits gut auf dem Markt positioniert. Deshalb werden sie vermutlich ihren aktuellen Marktanteil von sechs Prozent bis 2025 ausbauen.

Schwermetalle bleiben hängen

Filtersystem reinigt Straßenabwasser von Schadstoffen

„Umweltfreundlich Wasser nutzbar machen" – An diesem Leitspruch orientiert sich das Produktportfolio der 3P Technik Filtersysteme GmbH, die sich auf dezentrale Regenwasserbehandlung spezialisiert hat. Für seine Technik zur Reinigung von Regenwasser ist das schwäbische Unternehmen 2013 mit einem GreenTec Award ausgezeichnet worden.

Niederschlagswasser von Straßen, Parkplätzen und Dachflächen ist in der Regel mit Schwermetallen wie beispielsweise Cadmium, Zink, Blei sowie Ammonium oder Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) belastet. Das 3P Hydrosystem verhindert, dass diese Schadstoffe über die Kanalisation beziehungsweise über das Versickern im Boden ins Grundwasser gelangen. Je nach Größe und Verschmutzungsgrad der jeweiligen Fläche kann die Anlage unterschiedlich dimensioniert und mit verschiedenen Filtern ausgestattet werden. Für Flächen bis zu 175 Quadratmetern kommt das 3P Hydrosystem 400 infrage, das direkt ins Erdreich eingebaut werden kann – und damit kaum Platz beansprucht, der gerade im innerstädtischen Bereich knapp ist. Das Regenwasser wird im Aufstromverfahren durch die Filterelemente gespült: Zunächst fließt es durch ein Zulaufrohr in einen hydrodynamischen Abscheider. Feststoffe, vor allem Sand, landen durch Gravitation und Sedimentation in dem darunterliegenden Schlammfang („Teacup-Effekt"). Dieser Schlammeimer lässt sich zur Reinigung entnehmen und über einen Auslass entleeren. Über dem Abscheideraum befindet sich der Filtereinsatz, der den gesamten Gehäusedurchmesser einnimmt.

Der Druck der nachlaufenden Wassermenge presst das Regenwasser nach oben, sodass es sich durch sämtliche Filterelemente quetschen muss. Hier finden nun die Hauptreinigungsschritte statt. Zunächst erfolgt die Filtration. Dabei bleiben etwa 98 Prozent aller Feststoffe mit einer Größe von mehr als 0,4 Millimetern hängen, sedimentieren und landen im Schlammfang. Bei der Adsorption werden Schwermetalle gebunden. Bei der Fällung, der dritten chemischen Reaktion in den Filtersubstraten, werden Moleküle so gewandelt, dass sie unlöslich werden, adsorbiert werden oder sedimentieren. Auf diese Weise wird zum Beispiel Phosphor gebunden. Nach diesen Reinigungsprozessen verlässt das Regenwasser das Hydrosystem über einen Auslauf und kann wieder in den natürlichen Wasserkreislauf integriert werden.

Mit seinen dezentralen Technologien zur Regenwasserbehandlung ist das Unternehmen aus Baden-Württemberg auch im Ausland aktiv. Die in Donzdorf ansässige 3P Technik Filtersysteme GmbH ist in Europa, in Nord- und Südamerika sowie in einigen asiatischen Ländern engagiert.
www.3ptechnik.de

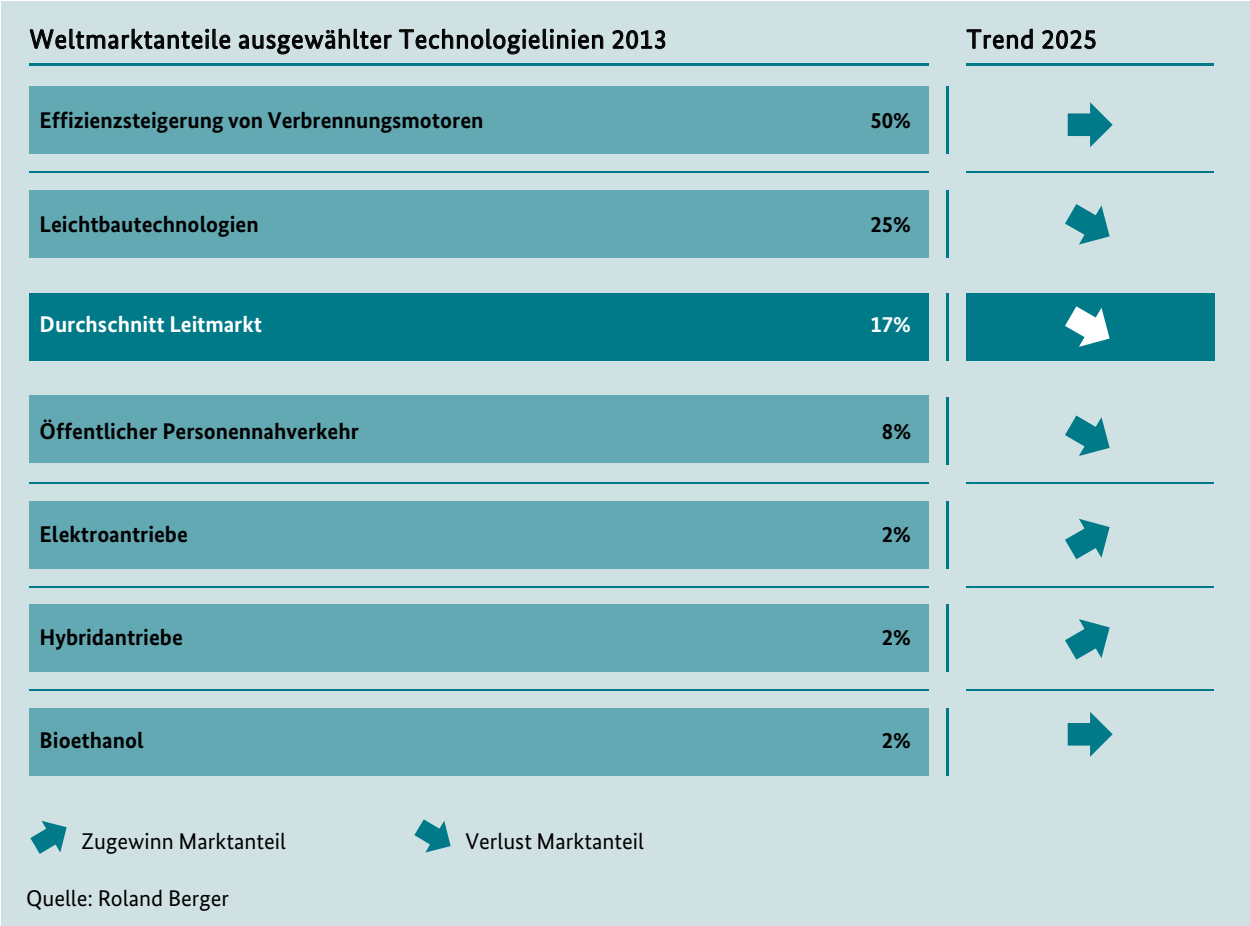


Abbildung 47: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Nachhaltige Mobilität 2013 und Trend bis 2025

Mit einem Weltmarktanteil von 50 Prozent ist Deutschland global führend in der Technologielinie Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren. Diese Technologie wird in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen, denn Regulierungsvorschriften senken die zulässigen Grenzwerte für den Ausstoß von CO_2 und anderen Schadstoffen, was die Entwicklung und Diffusion effizienter Technologien vorantreibt. Selbst wenn langfristig Elektrofahrzeuge einen größeren Anteil am weltweiten Fahrzeugbestand stellen, bleibt die Effizienz von Verbrennungsmotoren ein wichtiges Thema, denn auch Hybridfahrzeuge sind auf diese Technologien angewiesen. Aufgrund ihrer Technologieführerschaft werden deutsche Anbieter ihren Weltmarktanteil im Bereich Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren bis 2025 konstant hochhalten.

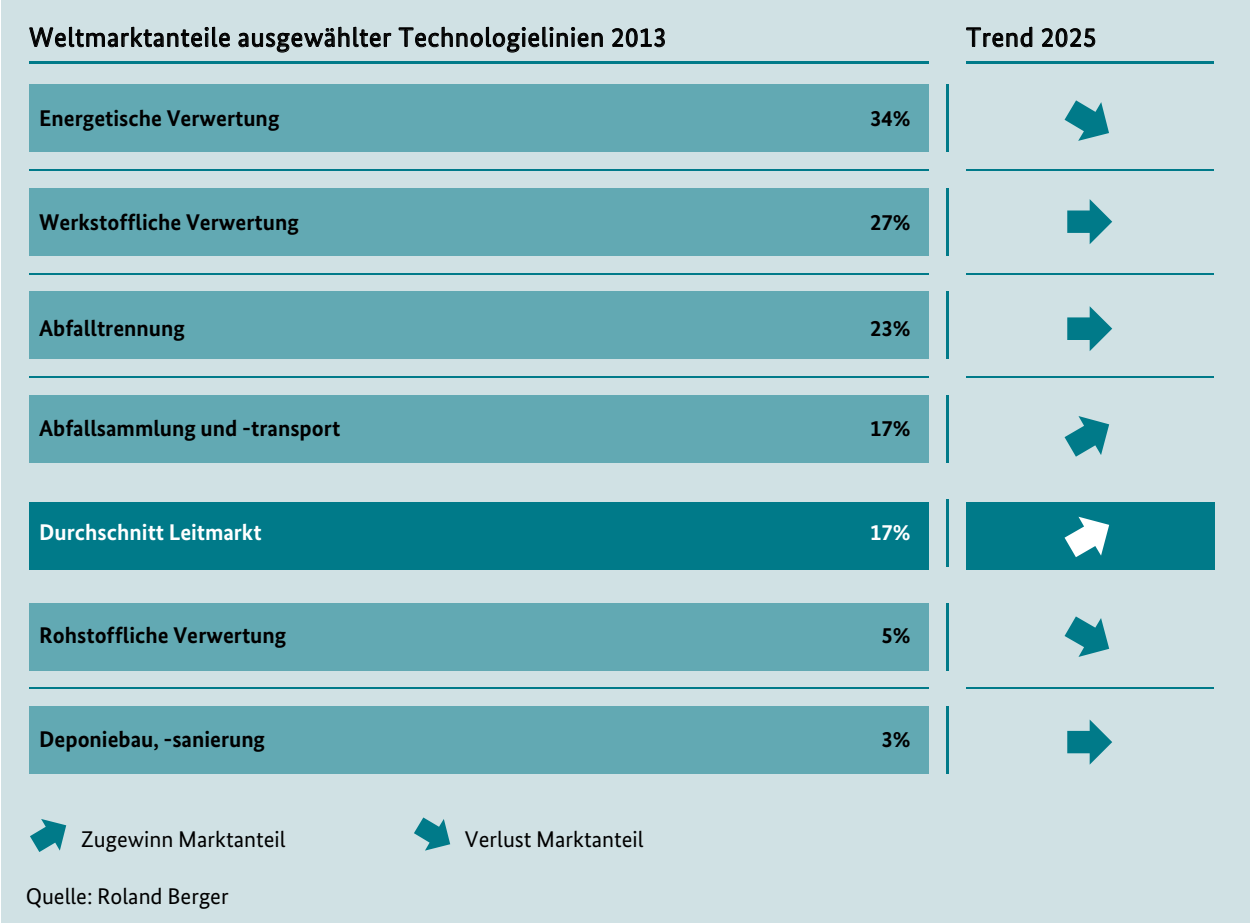
Aktuell entfällt auf deutsche Unternehmen ein Anteil von 25 Prozent am Weltmarkt für Leichtbautechnologien; Deutschland ist der größte Hersteller Europas. Allerdings holen Anbieter aus China und Südostasien auf und profitieren von der zunehmenden Bedeutung des Leichtbaus für die Effizienzsteigerung von Fahrzeugen. Deutschland und andere europäische Länder werden deshalb Weltmarktanteile einbüßen.

Im internationalen Vergleich ist der Ausbaugrad des Öffentlichen Personennahverkehrs in Deutschland auf einem hohen Niveau. Die deutschen Anbieter fokussieren die Bedürfnisse des Heimatmarktes und legen den Schwerpunkt weniger auf Exportchancen. Langlebige und teure Fahrzeuge aus der Produktion deutscher Unternehmen entsprechen nur bedingt der Nachfrage auf den Wachstumsmärkten der Schwellen- und Entwicklungsländer. Der Weltmarktanteil Deutschlands an der Technologielinie Öffentlicher Personennahverkehr – derzeit acht Prozent – wird voraussichtlich bis 2025 abnehmen.

Derzeit werden Elektroantriebe vor allem in Japan und den USA produziert. Deutsche Hersteller bringen es in dieser Technologielinie nur auf einen Weltmarktanteil von zwei Prozent. Dieses Bild wird sich verändern, sobald in Deutschland die Serienproduktion von Elektrofahrzeugen startet beziehungsweise ausgebaut wird. Bis zum Jahresende 2014 planen deutsche Autohersteller den Start der Serienfertigung von bis zu 16 Fahrzeugmodellen mit Elektroantrieb. Vor diesem Hintergrund ist bis 2025 ein deutlicher Anstieg des deutschen Weltmarktanteils zu erwarten.

Den Weltmarkt für Hybridantriebe dominieren japanische Hersteller. Derzeit halten deutsche Unternehmen einen Anteil am globalen Markt von zwei Prozent; sie haben jedoch angekündigt, das Angebot an Hybridmodellen auszuweiten. Deshalb wird der Weltmarktanteil bis 2025 voraussichtlich zunehmen, aber nicht im gleichen Maß wie in der Technologielinie Elektroantriebe.

Bioethanol im Tank ist bei deutschen Endverbrauchern unbeliebt, was an der mangelnden Akzeptanz von E10 deutlich wurde. Die USA ist mit Abstand der größte Produzent von Bioethanol, gefolgt von Brasilien. Aufgrund der Begrenzung von Anbauflächen sowie der kritischen Diskussion um landwirtschaftliche Monokulturen von Energiepflanzen und die Anbaukonkurrenz zu Nahrungsmitteln – Stichwort „Teller oder Tank" – ist keine Expansion der Bioethanol-Produktion in Deutschland zu erwarten. Dementsprechend wird der Weltmarktanteil von derzeit zwei Prozent vermutlich konstant bleiben.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 48: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Kreislaufwirtschaft 2013 und Trend bis 2025

Die Energetische Verwertung umfasst im Wesentlichen Waste-to-Energy-Anlagen. Die bei der Verbrennung von Müll (thermische Behandlung) frei gesetzte Energie wird zur Wärmebereitstellung und Stromerzeugung genutzt. Deutsche Unternehmen haben sich als Hersteller von Komplettanlagen und Zulieferer von Turbinen und Generatoren profiliert. Ihr Anteil am Weltmarkt für Energetische Verwertung liegt derzeit bei 34 Prozent. Allerdings zeichnen sich langfristig Einbußen ab: Die Nachfrage nach Waste-to-Energy- Technologie wird vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern wachsen. Auf diesen Märkten werden jedoch tendenziell Anlagen kostengünstiger Anbieter bevorzugt, sodass die hochpreisigen Anlagen „made in Germany" ins Hintertreffen geraten könnten.

Die Regulierung durch EU-Richtlinien und ein seit Langem etabliertes Mehrwegsystem fördern die Werkstoffliche Verwertung und die zugehörigen Technologien in Deutschland. Dementsprechend hoch ist der Weltmarktanteil an dieser Technologielinie, der 2013 bei 27 Prozent lag. Bedingt durch steigende Exporte und eine anhaltend hohe inländische Nachfrage wird der Weltmarktanteil bis 2025 auf diesem Niveau bleiben.

Die Abfalltrennung mithilfe automatisierter Verfahren zur Stofferkennung und -trennung ist technologieinten-

siv. Europäische Unternehmen sind Marktführer, und deutsche Anbieter halten einen Weltmarktanteil von 23 Prozent. Gerade Komplettanlagen für mobile und stationäre Anwendungen haben einen hohen Exportanteil. Es ist zu erwarten, dass Deutschland diese Positionierung auf dem Weltmarkt in den nächsten Jahren halten wird.

Wesentliche Voraussetzungen für hohe Quoten bei der Verwertung von Abfällen sind Technologien für Abfallsammlung und Abfalltransport nach dem Hol- oder Bringsystem mit einer ausgebauten Logistik und Infrastruktur, die kurze Wege ermöglicht. Deutschland hat als Anbieter solcher Technologien einen Weltmarktanteil von 17 Prozent; bis 2025 werden die deutschen Unternehmen ihre Position auf den internationalen Märkten ausbauen können, da sie von der wachsenden Nachfrage aus dem Ausland profitieren.

Zweite Chance für ausrangierte Kleider

Sammelboxen im Einzelhandel fördern Recycling und belohnen die Kunden

Weltweit landen Millionen Tonnen ausrangierter Schuhe und Textilien im Müll. Diese Ressourcenverschwendung will I:CO mit einem innovativen Konzept stoppen. Das Unternehmen nimmt getragene Schuhe und Kleidungsstücke direkt im Laden zurück. In den Geschäften der Partnerunternehmen – darunter H&M, Puma, Adidas, Adler und andere bekannte Handelsriesen – stellt I:CO unterschiedliche Sammelsysteme auf. Eine Variante ist der automatische „I:COunter“, der beispielsweise in den Filialen der Schuh-Kette Reno steht: Der Kunde wirft seine abgelegten Sachen in die elektronische Box; dafür erhält er einen Gutschein, den er beim nächsten Einkauf einlösen kann. Bei anderen Einzelhändlern finden sich Sammelbehälter ohne Elektronik; hier wird der Gutschein vom Verkaufspersonal überreicht.

I:CO leert die Sammelbehälter und bringt den Inhalt in Recycling-Depots. Dort werden die ausgedienten Schuhe und Textilien sortiert und je nach Zustand verwertet, etwa für die Herstellung von Dämmmaterial oder Teppichen.

Mit seinem Take-back-System will I:CO dazu beitragen, das Ideal des Full-Cycle-Konzepts zu verwirklichen. Das Modell der geschlossenen Kreisläufe folgt dem Prinzip natürlicher Ökosysteme, die keinen Müll produzieren, sondern alle Stoffe in wiederverwertbare Ressourcen verwandeln. Um diesem Ziel geschlossener Produktkreisläufe näherzukommen, setzt I:CO neben dem Recycling auf die Lösungsansätze „Rewear“ und „Upcycling“. Rewear heißt, das Kleidungsstück soll wieder getragen werden. Beim Upcycling entsteht aus dem ausrangierten Paar Schuhe oder T-Shirt ein neues Produkt in gleicher oder besserer Qualität. Um das Upcycling zu fördern, hat I:CO mit der EPEA Internationale Umweltforschung GmbH den I:CO Award initiiert. Dieser Preis wird alle zwei Jahre für Forschungsarbeiten und Projekte mit wegweisenden Ideen für geschlossene Kreisläufe bei Textilien und Schuhen vergeben.

Das Take-back-System von I:CO hat sich weltweit zu einem Erfolgsmodell entwickelt. Rund um den Globus haben es 36 Partnerunternehmen in ihren Filialen eingeführt. Somit ist I:CO in 54 Ländern präsent.
www.ico-spirit.com

Im Vergleich zur Werkstofflichen Verwertung fällt der Weltmarktanteil deutscher Anbieter bei der Rohstofflichen Verwertung mit fünf Prozent kleiner aus. Der Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass die Rohstoffliche Verwertung geringere technologische Anforderungen stellt – was die Nachfrage nach hochpreisiger Technologie „made in Germany“ eher dämpft. Die Rohstoffliche Verwertung benötigt keine sauberen und sortenrein getrennten Abfälle. Die Polymerketten des Recycling-Gutes werden thermisch gespalten.

Beim Deponiebau und der Deponiesanierung halten deutsche Anbieter einen Weltmarktanteil von drei Prozent. Dieser Anteil wird bis 2025 voraussichtlich konstant bleiben.

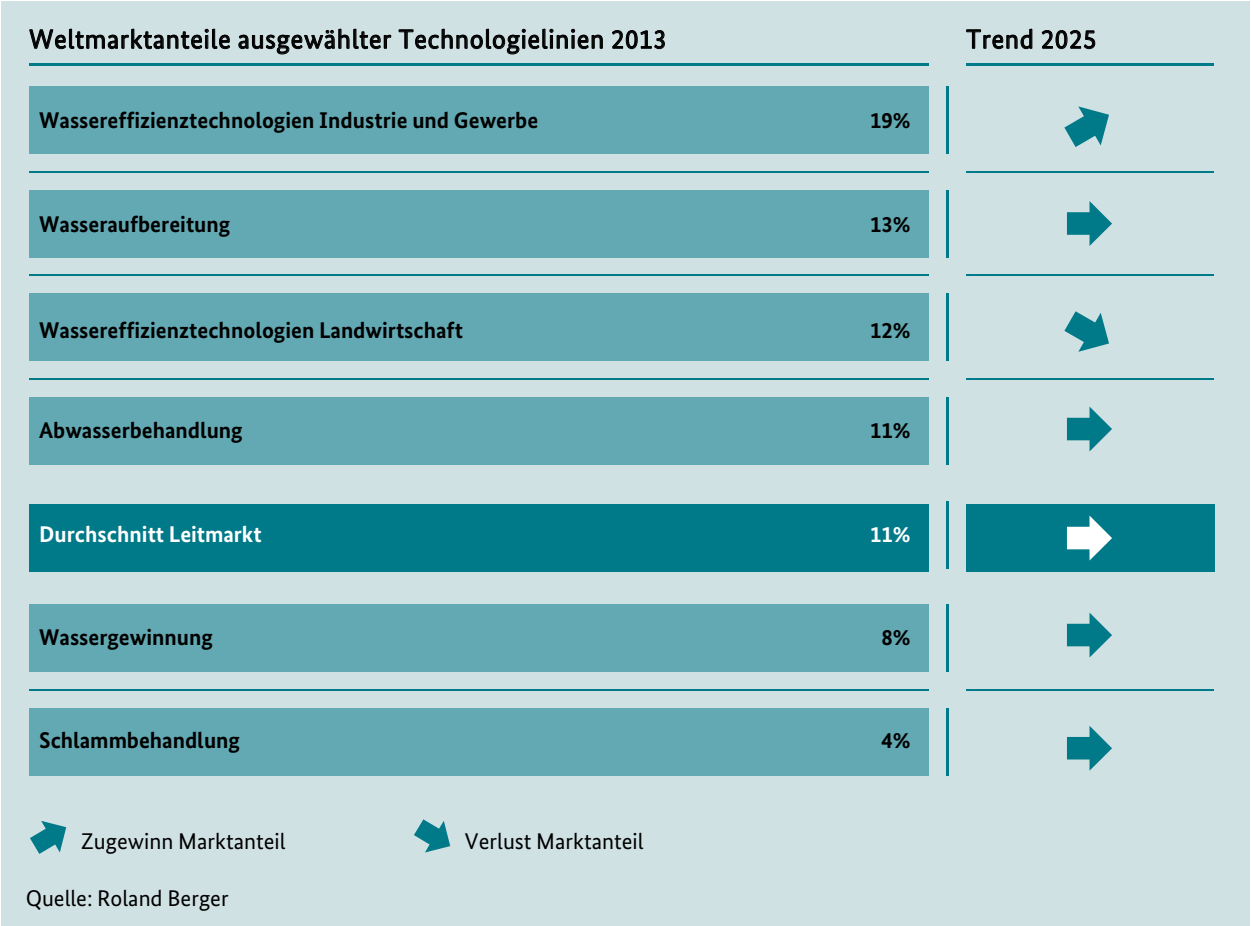


Abbildung 49: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft 2013 und Trend bis 2025

Angesichts des steigenden Wasserbedarfs bei einer in vielen Regionen eingeschränkten Verfügbarkeit nimmt die Nachfrage nach Wassereffizienztechnologien im gewerblichen und industriellen Bereich zu. Ein zusätzlicher Treiber für den Einsatz von Wassereffizienztechnologien sind die damit verbundenen Energiesparpotenziale. Deutsche Anbieter halten in dieser Technologielinie einen Weltmarktanteil von 19 Prozent; besonders stark sind sie bei Produkten und Verfahren zur Temperatursteuerung, Luftzufuhr und Durchlaufbegrenzern positioniert. Weil in wasserarmen Regionen die Nachfrage nach ausgereiften Effizienztechnologien „made in Germany“ wächst, wird Deutschland seinen Weltmarktanteil in dieser Technologielinie ausbauen.

Durch den Einsatz diverser Filtertechnologien ist die Aufbereitung von Wasser auf verschiedene Reinheitsgrade möglich. In Deutschland kommen biologische und chemische Filter zum Einsatz sowie andere Filtertechniken zur Elimination von Spurenstoffen und mikrobiologischen Verunreinigungen. Der Anteil Deutschlands am Weltmarkt der Wasseraufbereitung liegt bei 13 Prozent und wird bis 2025 auf diesem Niveau bleiben.

In der Technologielinie Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft ist auf dem Heimatmarkt Deutschland das Potenzial bereits weitgehend ausgeschöpft, vor allem bei Technologien zur Bewässerungsinfrastruktur und Dosierung der Wassermenge. Die zunehmende Nachfrage der Agrarländer nach Wassereffizienztechnologien kommt deutschen Anbietern voraussichtlich weniger zugute. Der Weltmarktanteil von 13 Prozent im Jahr 2013 wird voraussichtlich bis 2025 abnehmen.

Die Güte der Abwasserbehandlung ist eine Voraussetzung für den Schutz von Gewässern, Grundwasser und Böden. In Deutschland gelten für die Einleitung von Abwasser in die Gewässer im internationalen Vergleich strenge Grenzwerte nach dem Stand der Technik. Dementsprechend leistungsfähig sind die Technologien deutscher Anbieter. Allerdings ist abzusehen, dass die Regulierung in den meisten Schwellenländern auch in den nächsten Jahren hinter den deutschen Standards zurückbleiben wird; deshalb wird die Nachfrage nach hochwertigen – und dementsprechend im oberen Preissegment verorteten – Produkten „made in Germany“ nicht signifikant zunehmen. Deutschland wird demnach seinen Weltmarktanteil von elf Prozent

in der Technologielinie Abwasserbehandlung in den nächsten Jahren nicht ausbauen können.

Die Bedeutung von Technologien zur Wassergewinnung auf Basis geografischer Gegebenheiten, etwa Entsalzung von Meerwasser oder Reinigung von Gletschersüßwasser, nimmt zu. Dieser Trend reduziert das Exportpotenzial für deutsche Technologien, deren Schwerpunkt eher auf der Wassergewinnung aus Grundwasser liegt. Dennoch ist für deutsche Anbieter mit einem konstanten Weltmarktanteil von acht Prozent zu rechnen.

Energieautarke Kläranlagen

Nutzung von Biogas in hocheffizienten BHKW liefert Klärwerken Strom und Wärme

Der Energiebedarf von Klärwerken ist immens: Die rund 10.000 abwassertechnischen Anlagen in Deutschland verbrauchen pro Jahr etwa 4.400 Gigawattstunden Strom und emittieren rund drei Millionen Tonnen CO_2. Die Verbesserung der Energieeffizienz in der Abwasserentsorgung ist deshalb ein wichtiger Hebel, um das Ziel einer klimafreundlichen und nachhaltigen Wasserwirtschaft zu erreichen.

Mit ihrem „Water2Energy"-Dienstleistungsportfolio will die Veolia Wasser GmbH dazu beitragen, die Energieautonomie von Abwasserentsorgungsbetrieben zu stärken. Dabei setzt die deutsche Tochtergesellschaft der französischen Veolia-Gruppe auf die Senkung des Energieverbrauchs sowie auf die Erhöhung der Energieproduktion vor Ort aus regenerativen Quellen. Hier spielt Biogas eine Schlüsselrolle: Bei der Abwasserbehandlung werden organische Bestandteile des Klärschlamms durch anaerobe Prozesse in Biogas umgewandelt, das einen Methan-Gehalt von bis zu 60 Prozent aufweist. Dieses Biogas wird für die Erzeugung von Strom und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung) in Blockheizkraftwerken (BHKW) verwendet. Die Biogasmenge lässt sich durch die sogenannte Co-Gärung erhöhen. Dabei werden dem Klärschlamm weitere organische Substanzen, beispielsweise Fette, Speiseabfälle oder landwirtschaftliche Abfälle, hinzugefügt.

Produziert ein Klärwerk mindestens so viel Energie, wie es für den Betrieb benötigt, spricht man von Energie-Autarkie. Dieses Ziel wurde mithilfe des Water2Energy-Programms in den Kläranlagen in Gera und Braunschweig erreicht. Die Kläranlage in Gera (Kapazität: 200.000 Einwohnergleichwerte) versorgt sich seit 2011 selbst mit Strom und Wärme. Auch die Abwasserentsorgung in Braunschweig läuft energie-autark. Betreiber des Klärwerks Steinhof, das täglich etwa 52.000 Kubikmeter Abwasser reinigt, ist die Stadtentwässerung Braunschweig GmbH, eine Tochtergesellschaft von Veolia. Die Kläranlage deckt ihren Strombedarf zu 100 Prozent selbst. Dies wurde durch die Installation hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ermöglicht sowie durch die Biogas-Gewinnung vor Ort, die dem Blockheizkraftwerk zugutekommt. Dort wird zur Erzeugung von Strom und Wärme ein Mischgas eingesetzt; seine wesentlichen Komponenten sind das Faulgas der Kläranlage, Gas aus einer nahegelegenen Deponie sowie Gas aus der Bioabfallvergärung.
www.veoliawater2energy.com
www.veoliawasser.de

Die Verfahren zur Klärschlammbehandlung sind kostenintensiv; ihr Einsatz hängt davon ab, ob beziehungsweise welche Möglichkeiten zur Verwertung des Klärschlamms gegeben sind. In Frage kommen beispielsweise die Gewinnung von Biogas zur Energieerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung), die Verbrennung (thermische Verwertung) in Monoverbrennungsanlagen oder als Beimengungen in Kohlekraft- oder Zementwerken. Eine weitere Option ist die Düngung von Ackerflächen; allerdings muss dabei sichergestellt sein, dass die Klärschlämme die zulässigen Grenzwerte der Kontamination mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen nicht überschreiten. Perspektivisch wird die Rückgewinnung von Phosphat aus dem Klärschlamm an Bedeutung gewinnen. Aktuell liegt der deutsche Anteil am Weltmarkt für Klärschlammbehandlungsverfahren bei vier Prozent; dieser Anteil wird bis 2025 konstant bleiben.

5 Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Modernisierungstreiber

Dieses Kapitel stellt die Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz aus einer makroökonomisch geprägten Perspektive dar. Dabei werden vor allem die Impulse betrachtet, die die GreenTech-Branche setzt, um die Grüne Transformation in Deutschland zu beschleunigen. Diese Ansatzpunkte, an denen die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Modernisierungstreiber wirkt, werden für unterschiedliche Bereiche und Akteure der Volkswirtschaft beschrieben.

Ein Indikator für die wachsende Bedeutung der GreenTech-Branche ist ihr Anteil an der Wirtschaftsleistung und der Beschäftigung am Standort Deutschland.

Die auf den folgenden Seiten dargestellten Zahlen und Trends zeichnen ein aktuelles Bild der Entwicklungen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Dieses Branchenportrait erhebt keinen Anspruch auf statistische Repräsentativität und Vollständigkeit der Erhebung. Es will jedoch auf Basis der Ergebnisse der Unternehmensbefragung einen Einblick in die Dynamik und Bedeutung der GreenTech-Branche ermöglichen[1].

1 Eine wesentliche Grundlage für das Branchenportrait ist die im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellte Unternehmensdatenbank.

GreenTech schafft Mehrwert für Anbieter und Anwender

Die Güter, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz leisten einen wichtigen Beitrag zur Transformation in Richtung Green Economy: Sie entfalten positive ökologische und ökonomische Effekte auf der Angebots- und Nachfrageseite der Märkte, sowohl Anbieter als auch Anwender profitieren durch den Einsatz „grüner" Produkte, Verfahren und Dienstleistungen

Auf der Anbieterseite lassen sich bei den GreenTech-Produzenten zwei Gruppen unterscheiden: zum einen die Unternehmen der originären Umwelttechnik[2], zum anderen die Unternehmen, die in den klassischen Industrien beheimatet sind und mit einem Teil ihres Leistungsportfolios in die GreenTech-Branche diversifiziert haben. Wie Abbildung 50 zeigt, bietet eine starke Positionierung in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz beiden Kategorien von Anbietern erhebliche ökonomische Vorteile.

Die Anwenderseite umfasst Unternehmen, Staat und Privatpersonen (siehe Abbildung 50). Diesen Akteuren kommen GreenTech-Produkte und Dienstleistungen sowohl hinsichtlich ökologischer als auch ökonomischer Aspekte zugute. Unternehmen als Anwender können ökonomischen Nutzen ziehen, etwa durch die Generierung von Wettbewerbsvorteilen, ein verbessertes Risikomanagement und Kostenreduktion durch die explizite Einbeziehung des Umweltschutzes und eine Optimierung des Ressourceneinsatzes. Der Staat profitiert durch die volkswirtschaftliche Dynamik („grünes Wachstum", Standortvorteil im internationalen Wettbewerb) und in Hinblick auf die gesellschaftliche Entwicklung (Begrenzung von Umweltschäden, höhere Lebensqualität). Den Privathaushalten helfen GreenTech-Produkte, Bedürfnisse umweltverträglich zu befriedigen; eine verbesserte Ressourceneffizienz trägt zur finanziellen Entlastung bei, etwa durch verminderte Ausgaben für Strom und Heizung. Gleichzeitig helfen „grüne" Produkte und Dienstleistungen dabei, das übergeordnete Ziel der Umweltverbesserung zu erreichen.

Auf einen Blick

Die Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz setzt in verschiedenen Bereichen der Volkswirtschaft Impulse, die den Wandel zur Green Economy fördern.

Güter, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz schaffen Mehrwert für Anbieter und Anwender. Staat, Unternehmen und private Haushalte können sowohl in Bezug auf ökonomische als auch auf ökologische Aspekte vom Leistungsportfolio der GreenTech-Branche profitieren.

Der Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Bruttoinlandsprodukt belief sich 2013 auf 13 Prozent. Der Beitrag dieser Querschnittsbranche zur Wirtschaftsleistung wird in den nächsten Jahren weiterhin steigen und 2025 voraussichtlich bei über 20 Prozent liegen.

Die Bedeutung der Dienstleistungen als Beschleuniger auf dem Weg in die Green Economy lässt sich an ihrem Marktvolumen ablesen: Es liegt in Deutschland bei 184 Milliarden Euro, mehr als der Hälfte des gesamten GreenTech-Marktvolumens.

2 Siehe dazu auch Kapitel 7.

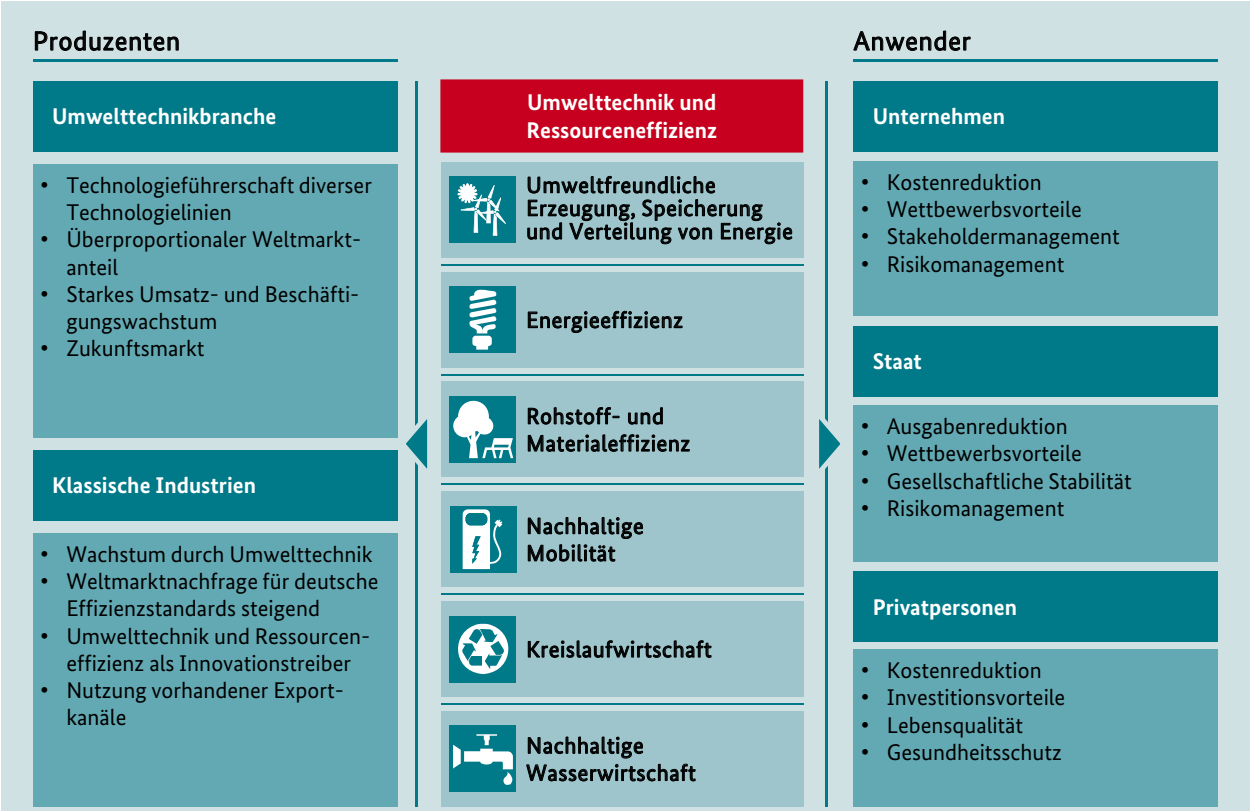
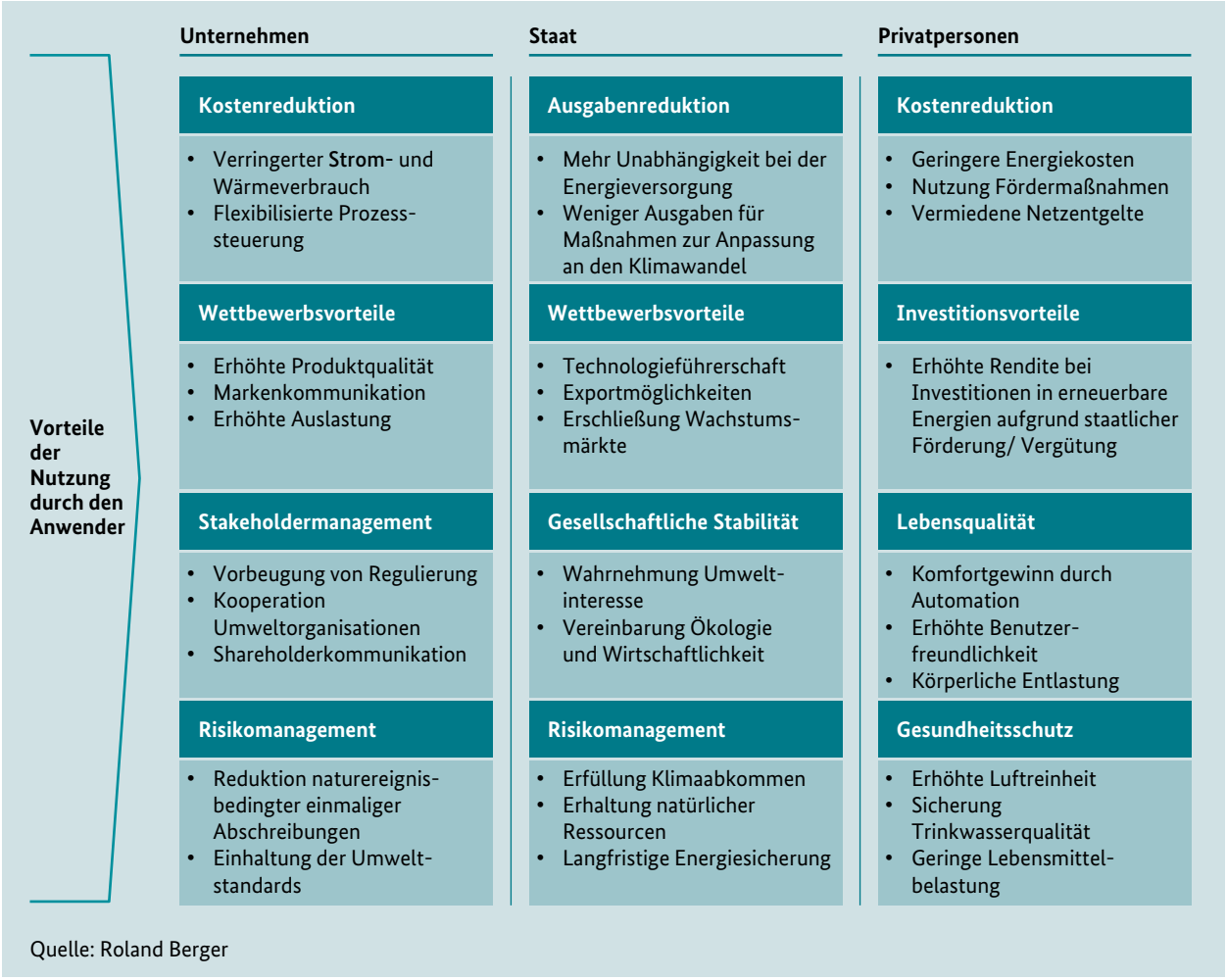


Abbildung 50: Umwelttechnik und Ressourceneffizienz schafft Win-win-Situation für Anbieter und Anwender

Diese Vorteile führen zu einer stärkeren Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und stimulieren das Wachstum dieser Querschnittsbranche. Abbildung 51 gibt einen detaillierten Überblick, welchen Nutzen GreenTech-Güter und Dienstleistungen für die einzelnen Anwender stiften.

Die Relevanz der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz für die Transformation zur Green Economy bestätigt sich im Rahmen der durchgeführten Unternehmensbefragung in Deutschland sowohl aus der Perspektive der Anbieter als auch der Anwender. Das heißt, die Unternehmen gaben ihre Einschätzungen aus unterschiedlichen Rollen ab: Zum einen als Produzenten beziehungsweise Anbieter von „grünen" Gütern, Verfahren und Dienstleistungen, zum anderen als Abnehmer im Business-to-Business-Geschäft und Anwender. Aus beiden Blickwinkeln wird der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz eine hohe Bedeutung beigemessen.[3] Nach ihrem Blick in die Zukunft gefragt, gehen die Unternehmen sowohl als Anbieter wie auch als Anwender davon aus, dass die Relevanz der GreenTech-Branche weiter zunimmt.

3 Im Durchschnitt bewerten die Anbieter die Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Jahr 2014 mit einem Wert von 3,7 auf einer Skala von 0 („unwichtig") bis 5 („sehr wichtig"). Auf Anwenderseite liegt diese Bewertung bei 3,5.



Quelle: Roland Berger

Abbildung 51: Vorteile durch den Einsatz von Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf Anwenderseite

Umwelttechnik und Ressourceneffizienz setzt Impulse für Wachstum und Beschäftigung

Es hat sich gezeigt, dass die Unternehmen sowohl in der Rolle als Anbieter wie auch als Anwender „grüner" Güter, Verfahren und Dienstleistungen von einer zunehmenden Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ausgehen. Diese Einschätzung wird durch die wachsenden Anteile dieser Querschnittsbranche an der Wirtschaftsleistung und der Beschäftigung am Standort Deutschland gestützt.

Die GreenTech-Branche hat für den Wirtschaftsstandort Deutschland erneut an Bedeutung gewonnen. Der Anteil der Umwelttechnik am Bruttoinlandsprodukt (BIP) liegt inzwischen bei 13 Prozent (2011: 11 Prozent). Das volkswirtschaftliche Gewicht dieses Wirtschaftszweiges fällt damit in Deutschland wesentlich größer aus als in der globalen Betrachtung. Bezogen auf die Weltwirtschaftsleistung stellt die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz einen Anteil von drei Prozent (siehe Abbildung 52).

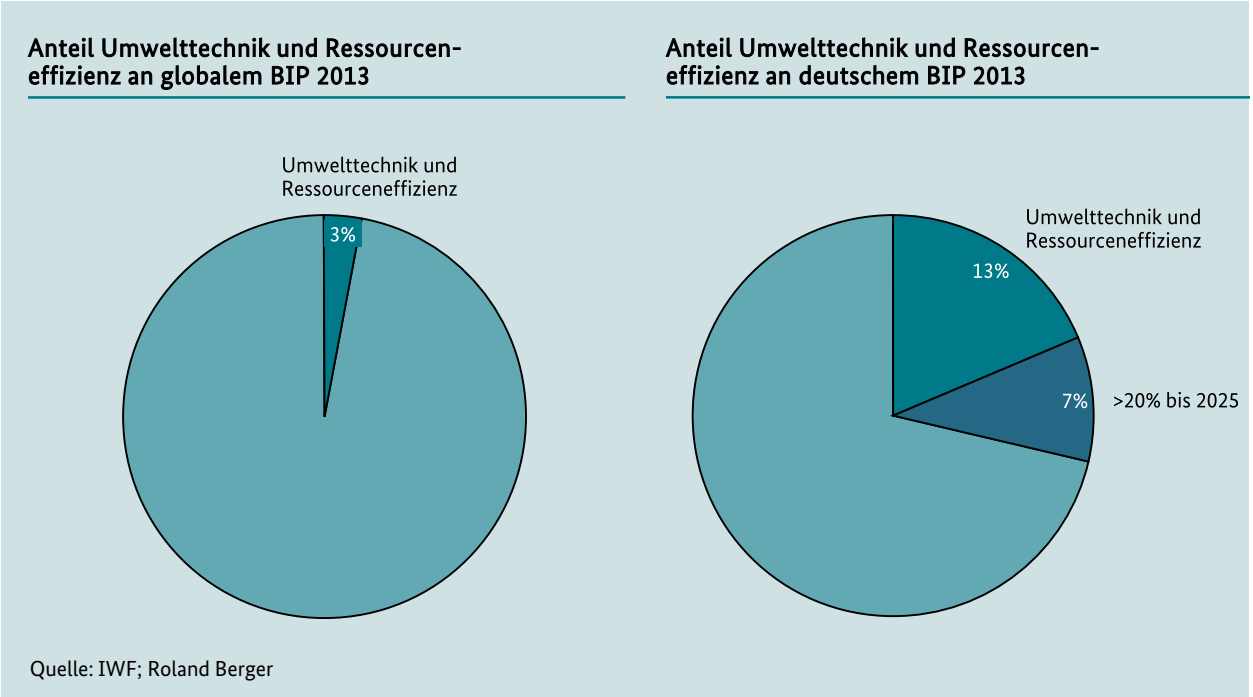


Abbildung 52: Anteil des Marktes für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz an der Gesamtwirtschaftsleistung 2013 (in Prozent)

Die Wachstumsprognosen für die sechs Leitmärkte (siehe Kapitel 4) weisen darauf hin, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland ihren Beitrag zum BIP weiter ausbauen wird. Es ist zu erwarten, dass die Branche ihren BIP-Anteil von 13 Prozent im Jahr 2013 bis 2025 auf über 20 Prozent erhöhen wird. Diese Zunahme spiegelt das überproportionale Wachstum des deutschen GreenTech-Marktes im Vergleich zur nationalen Wirtschaftsleistung wider.

Als Beleg für die steigende volkswirtschaftliche Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz lassen sich neben dem BIP-Anteil die Beschäftigungseffekte der GreenTech-Märkte heranziehen.

Die dargestellten Beschäftigtenzahlen basieren zum einen auf der in Kapitel 4 vorgenommenen Marktanalyse für Deutschland entlang von Technologielinien und zum anderen auf der Befragung von circa 2.100 Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

In der Marktanalyse werden für jeden der sechs Leitmärkte für 2013 die Marktgröße und das voraussichtliche Wachstum bis 2025 berechnet. Die Grundlage dafür bildet die Analyse von über 120 einzelnen Technologielinien, die dem Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zugerechnet werden. Dabei handelt es sich um eine Betrachtung der Anbieterseite.

Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung beinhalten unter anderem Angaben der Teilnehmer zu ihren Tätigkeitsschwerpunkten (entlang der sechs Leitmärkte) sowie zum Umsatz und den Beschäftigtenzahlen mit den jeweiligen Wachstumserwartungen. Daraus lässt sich für jeden Leitmarkt die Kennzahl „durchschnittlicher Umsatz pro Beschäftigter“ errechnen. Die Kombination dieser beiden Analysen macht es möglich, anhand einer Hochrechnung die Anzahl der Beschäftigten im Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu ermitteln.

Auf Basis dieser Berechnungsmethodik ergeben sich die Beschäftigtenzahlen der sechs Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. In dieser Querschnittsbranche gab es in Deutschland im Jahr 2013 rund 1,5 Millionen Beschäftigte. Diese Zahl umfasst ausschließlich diejenigen Beschäftigten, die in Unternehmen der sechs GreenTech-Leitmärkte tätig sind (siehe Abbildung 53).

Das im Vergleich zur Wirtschaftsleistung insgesamt überproportionale Wachstum der GreenTech-Branche am Standort Deutschland zeigt sich in den nächsten Jahren auch an der Entwicklung der Beschäftigtenzahlen: Bis 2025 wird deren durchschnittliche jährliche Wachstumsrate bei 3,9 Prozent liegen. Im selben Zeitraum wird der Gesamtmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz jahresdurchschnittlich um 6,6 Prozent zunehmen.

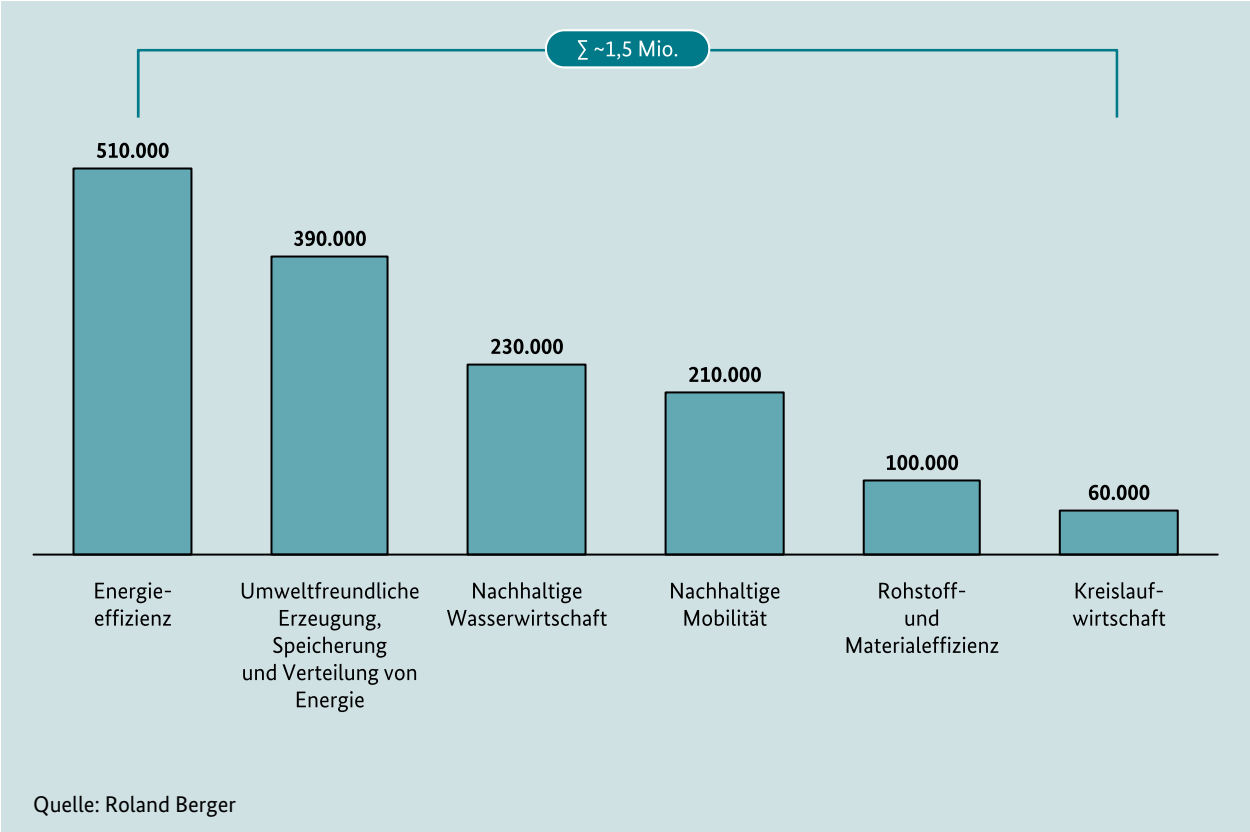


Abbildung 53: Beschäftigte in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2013

Dienstleistungen beschleunigen den Weg in die Green Economy

GreenTech-Dienstleistungen haben eine wesentliche Funktion als Treiber für die ökologische Modernisierung der Wirtschaft und lassen sich in drei Kategorien einteilen: originäre, industriebezogene und unternehmensbezogene Dienstleistungen.[4] Zur Gruppe der originären Umwelttechnik-Dienstleistungen zählen Dienstleistungen mit unmittelbarem Bezug zur Umwelttechnik, die in der Umweltbranche entstanden sind und keine Entsprechung in anderen Wirtschaftszweigen haben. Beispiele sind Beratungsleistungen, etwa zu den Themen Energieeffizienz oder Materialeffizienz, sowie der Vertrieb von Ökostrom.

Der Gruppe der industriebezogenen Umwelttechnik-Dienstleistungen werden Services zugeordnet, die bestimmte Stufen der Wertschöpfung der Umwelttechnik-Industrie unterstützen. Die Dienstleistung wird dabei entwicklungsbezogen im Vorfeld der Produktion, produktionsbezogen als direkte Dienstleistung bei der Herstellung von Umwelttechnik-Produkten sowie produktbezogen nach Fertigstellung des Endprodukts erbracht. Beispiele für industriebezogene Dienstleistungen sind die Forschung – sowohl Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung und Entwicklung –, technische Planung, Beratung und Prüfung, materialwirtschaftliche Dienstleistungen (Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe), Vertrieb, Logistik, Handel sowie Betrieb und Wartung von technischen Anlagen.

Zur Kategorie der unternehmensbezogenen Umwelttechnik-Dienstleistungen werden Dienstleistungen gerechnet, die Produktions- und Dienstleistungsunternehmen aus der Umwelttechnik-Branche unterstützen. Im Unterschied zu den industriebezogenen Umwelt-

4 Vgl. zur Systematisierung der Dienstleistungen ausführlich in der Studie *Umwelttechnik-Dienstleistungen. Treiber für ökologische Modernisierung und Beschäftigung*, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009).

technik-Dienstleistungen beschränken sich unternehmensbezogene Umwelttechnik-Dienstleistungen nicht auf bestimmte Stufen der Wertschöpfungskette, sondern werden für das Gesamtunternehmen angeboten. Typische Beispiele für unternehmensbezogene Umwelttechnik-Dienstleistungen sind Finanzierung durch Banken und Private-Equity-Capital-Gesellschaften, Versicherungsleistungen, Beratung (Strategie, Personal, IT) durch Rechtsanwaltskanzleien, Wirtschaftsprüfer, Steuerberater sowie Angebote im Bereich der betrieblichen Aus- und Weiterbildung.

Die Bedeutung der Dienstleistungen für die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wird an ihrem Beitrag zum Marktvolumen dieser Querschnittsbranche deutlich. In Deutschland liegt der Anteil der Dienstleistungen am gesamten GreenTech-Marktvolumen bei 54 Prozent; das entspricht 184 Milliarden Euro. Die Relevanz der Umwelttechnik-Dienstleistungen geht jedoch über diesen quantitativen Aspekt hinaus. Im Kontext der Grünen Transformationen übernehmen sie unterschiedliche Funktionen, beispielsweise:[5]

- GreenTech-Dienstleistungen beschleunigen die Grüne Transformation: Zum Beispiel berät ein Energiecontractor Kunden bei der Planung, Finanzierung und dem Betrieb von Energieanlagen. Auf diese Weise trägt er zu einer Verbesserung der Energieeffizienz und damit zur Senkung der CO_2-Emissionen bei.
- GreenTech-Dienstleistungen sind Innovationstreiber. Auf Umwelttechnik spezialisierte Entwicklungsdienstleister tragen beispielsweise zur Effizienzsteigerung von Windkraftanlagen bei, etwa durch die Entwicklung von Rotorblättern mit höherer Effizienz.
- GreenTech-Dienstleistungen wirken als Markttreiber. Zum Beispiel generieren Projektentwickler zusätzliche Nachfrage nach entsprechenden Technologien aus ihrer Planung.
- GreenTech-Dienstleistungen fördern die Adaption bestehender und die Entwicklung neuer „grüner“ Geschäftsmodelle. Ein Beispiel sind Elektrotankstellen, die die Akkus von Elektroautos auf verschiedene Arten laden, beispielsweise in Schnellladestationen durch das „Auftanken“ fest installierter Batterien oder durch den Austausch des kompletten Batterieblocks.
- GreenTech-Dienstleistungen treiben die Professionalisierung von Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz voran. So ermöglichen beispielsweise Versicherer durch die Entwicklung spezifischer Produkte eine effiziente Risikoabsicherung und tragen auf diese Weise zur Professionalisierung bei.

In Abbildung 54 ist neben dem Marktvolumen für jeden Leitmarkt die Dienstleistungsintensität dargestellt. Mit 76 Prozent weist die Kreislaufwirtschaft eine ausgeprägt hohe Dienstleistungsintensität auf. Insbesondere im Marktsegment Abfallsammlung, -transport und -trennung ist der Dienstleistungsanteil sehr hoch. Im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität liegt der Dienstleistungsanteil mit 60 Prozent über dem Durchschnitt und hat gegenüber 2010 markant zulegt. Dieser deutliche Aufwärtstrend bildet die Entwicklung ab, dass die Bedeutung dienstleistungsintensiver Angebote wie Car Sharing oder ÖPNV in diesem Leitmarkt zunimmt. Abnehmende Tendenz zeigt der Dienstleistungsanteil in den Leitmärkten Energieeffizienz und Nachhaltige Wasserwirtschaft.

5 Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009).

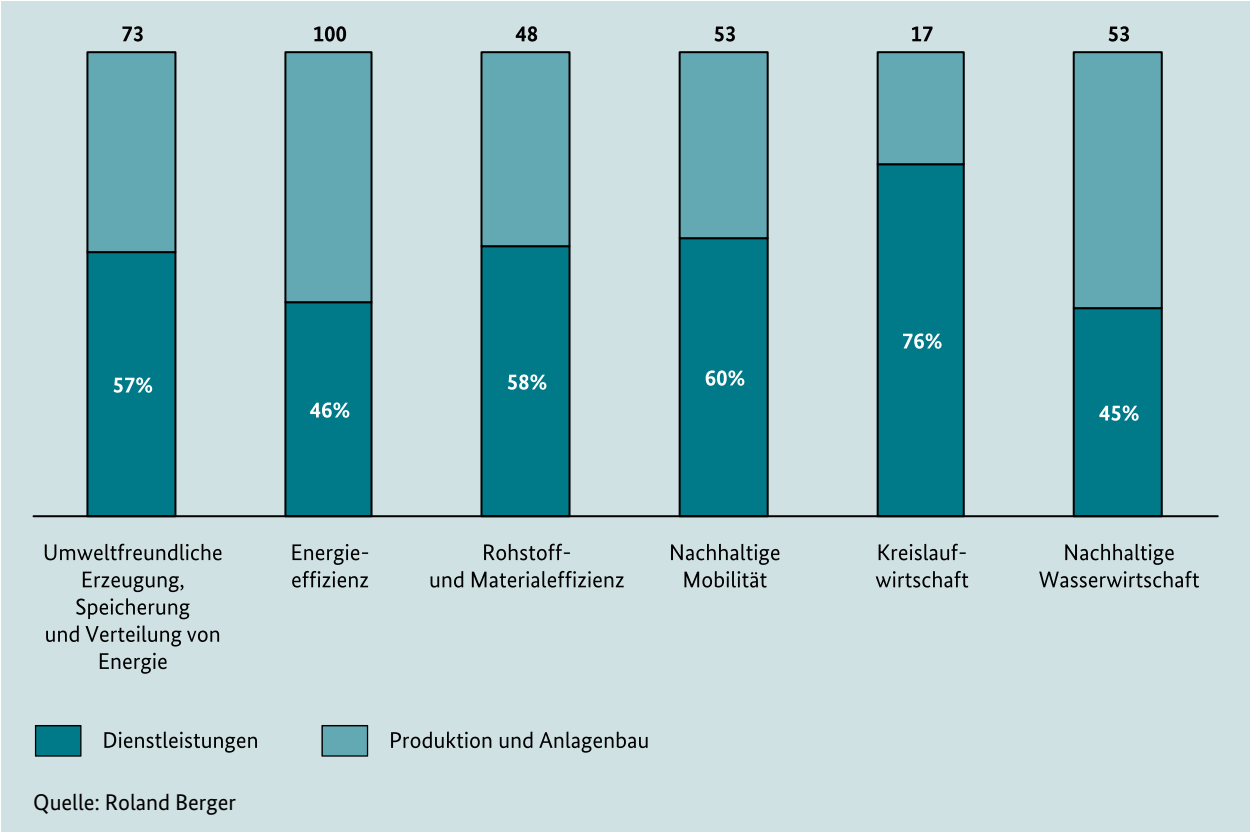


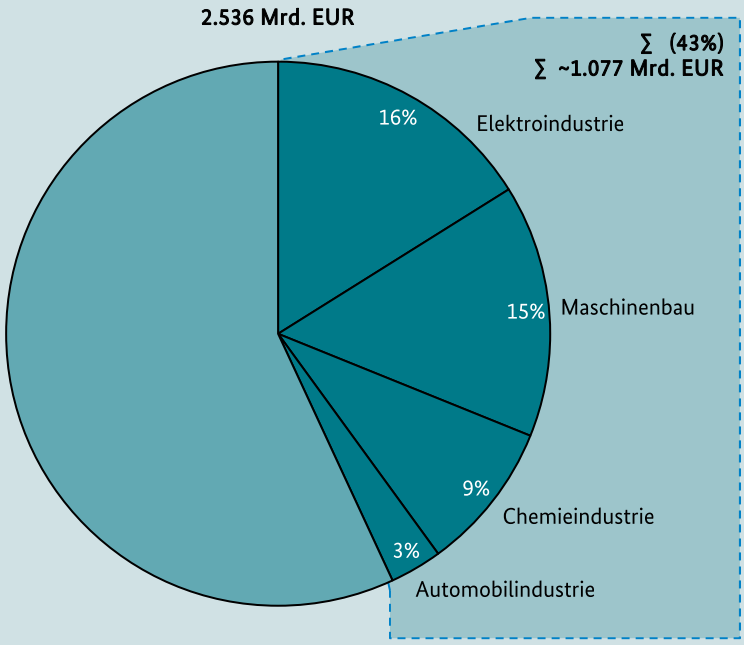
Abbildung 54: Marktvolumen der Umwelttechnik-Dienstleistungen und Dienstleistungsintensität auf Leitmarktebene Deutschland 2013 (in Milliarden Euro)

Geben und Nehmen – Als Querschnittsbranche fördert die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz die Grüne Transformation in Schlüsselindustrien

Als Querschnittsbranche gehört es zu den charakteristischen Merkmalen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz, dass sie zahlreiche Überschneidungen mit Schlüsselindustrien wie dem Maschinenbau, der Chemieindustrie, der Elektroindustrie oder der Automobilindustrie aufweist. Es gibt sowohl in Deutschland als auch im Ausland nicht wenige Unternehmen, deren Wurzeln in einer diesen „klassischen" Branchen lagen, ehe sie auch in die Umwelttechnik diversifizierten. Diese Unternehmen sind nach wie vor in ihren Herkunftsbranchen verankert und bieten nun zusätzlich GreenTech-Produkte und Dienstleistungen als Teil ihres Portfolios an.

Im Rahmen dieser Studie wird betrachtet, in welchem Umfang Unternehmen aus anderen Branchen auf dem Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz tätig sind. Für diese Analyse werden die Elektroindustrie, der Maschinenbau, die Chemieindustrie und die Automobilindustrie herangezogen.[6] Insgesamt liegt der Anteil dieser vier Wirtschaftszweige am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bei 43 Prozent

Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013



Quelle: Roland Berger

Abbildung 55: Anteil klassischer Industrien am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 (in Prozent)

6 Das wesentliche Kriterium für die Auswahl dieser Schlüsselindustrien ist deren große Bedeutung für die deutsche Gesamtwirtschaft sowie innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes. Auf die Automobilindustrie, den Maschinenbau, die Chemieindustrie und die Elektroindustrie entfallen mit einem Umsatz von insgesamt fast 900 Mrd. Euro etwa 56 Prozent des Gesamtumsatzes der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland. In Summe sind in diesen vier Branchen rund 2,7 Millionen Menschen tätig; das entspricht etwa 52 Prozent aller im Verarbeitenden Gewerbe Beschäftigten. Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014a).

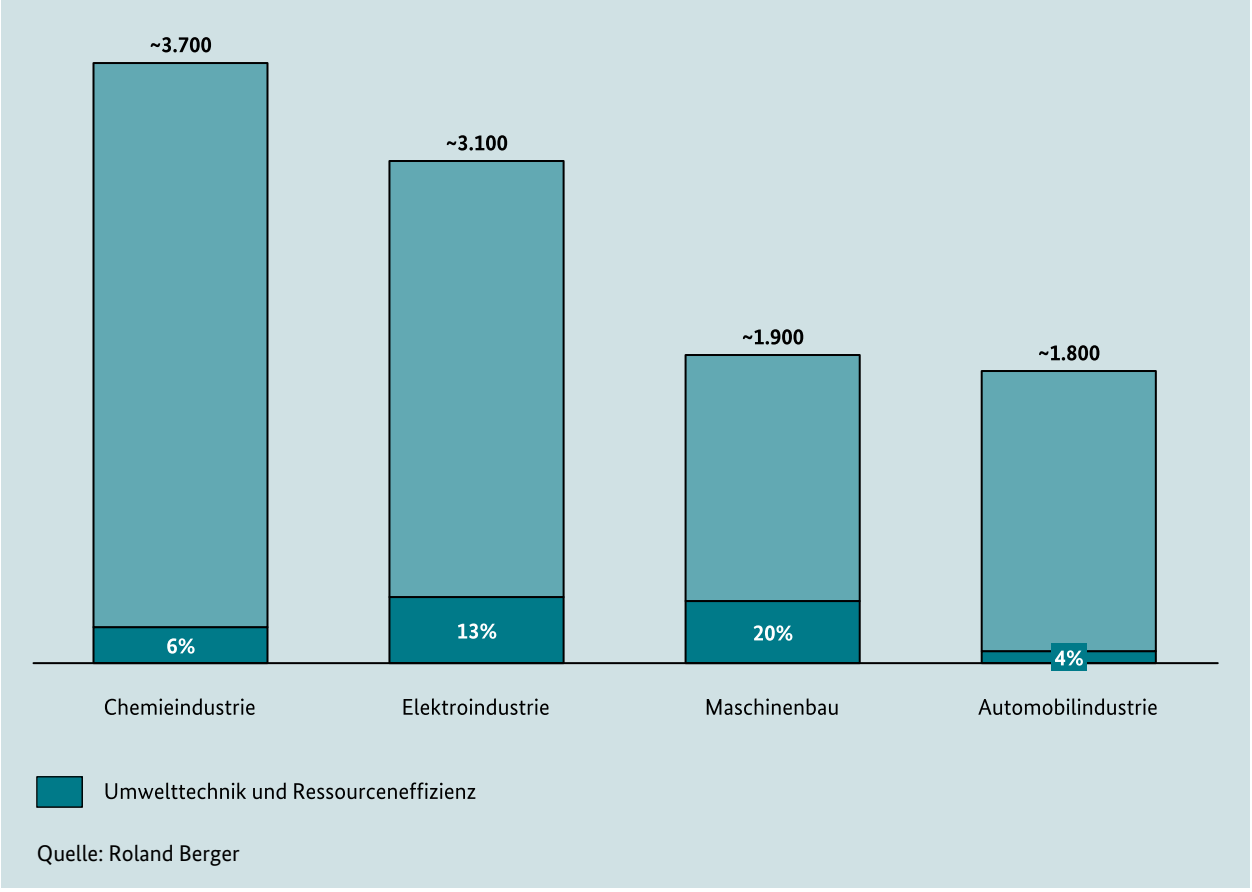
(siehe Abbildung 55). Davon stellt die Elektroindustrie mit 16 Prozent den höchsten Anteil, gefolgt vom Maschinenbau (15 Prozent), der Chemieindustrie (neun Prozent) und der Automobilindustrie (drei Prozent).

Der Vergleich mit den entsprechenden Werten von 2012 zeigt einen ganz leichten Rückgang bei der Elektroindustrie. Eine mögliche Erklärung dafür liefert die Entwicklung im Marktsegment Erneuerbare Energien im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie: Die Marktvolumina der Photovoltaik und der Windenergie sind weniger dynamisch gewachsen als erwartet. Etwas höher als 2012 liegt der Anteil der Chemieindustrie. Dieser leichte Aufwärtstrend ist vor allem der Biotechnologie geschuldet, deren Wachstum die Erwartungen übertroffen hat. Diese Tendenz spiegelt auch die zunehmende Bedeutung der Technologielinie Organische Elektronik wider.

Auch der Anteil der Automobilindustrie am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz verzeichnet ein leichtes Plus. Es ist unter anderem auf das Wachstum des Marktsegments Alternative Antriebstechnologien zurückzuführen. Die Prognosen für die weitere Entwicklung der Elektromobilität sprechen dafür, dass die Automobilindustrie bis 2025 einen weitaus höheren Anteil am globalen GreenTech-Markt halten wird als heute.

In Abbildung 56 wird dargestellt, welchen Anteil die Technologielinien der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Marktvolumen der Wirtschaftszweige Chemieindustrie, Elektroindustrie, Maschinenbau und Automobilindustrie stellen. Diese Betrachtung 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 20 Prozent am globalen Marktvolumen dieser Branche spielt GreenTech im Maschinenbau eine besonders starke Rolle. In der Elektroindustrie entfällt auf Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ein Anteil von 13 Prozent am weltweiten Marktvolumen. Diese Werte unterstreichen, dass GreenTech im Leistungsportfolio der in diesen Schlüsselindustrien beheimateten Unternehmen einen hohen Stellenwert einnimmt. Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist in diesen klassischen Industrien fest verankert.

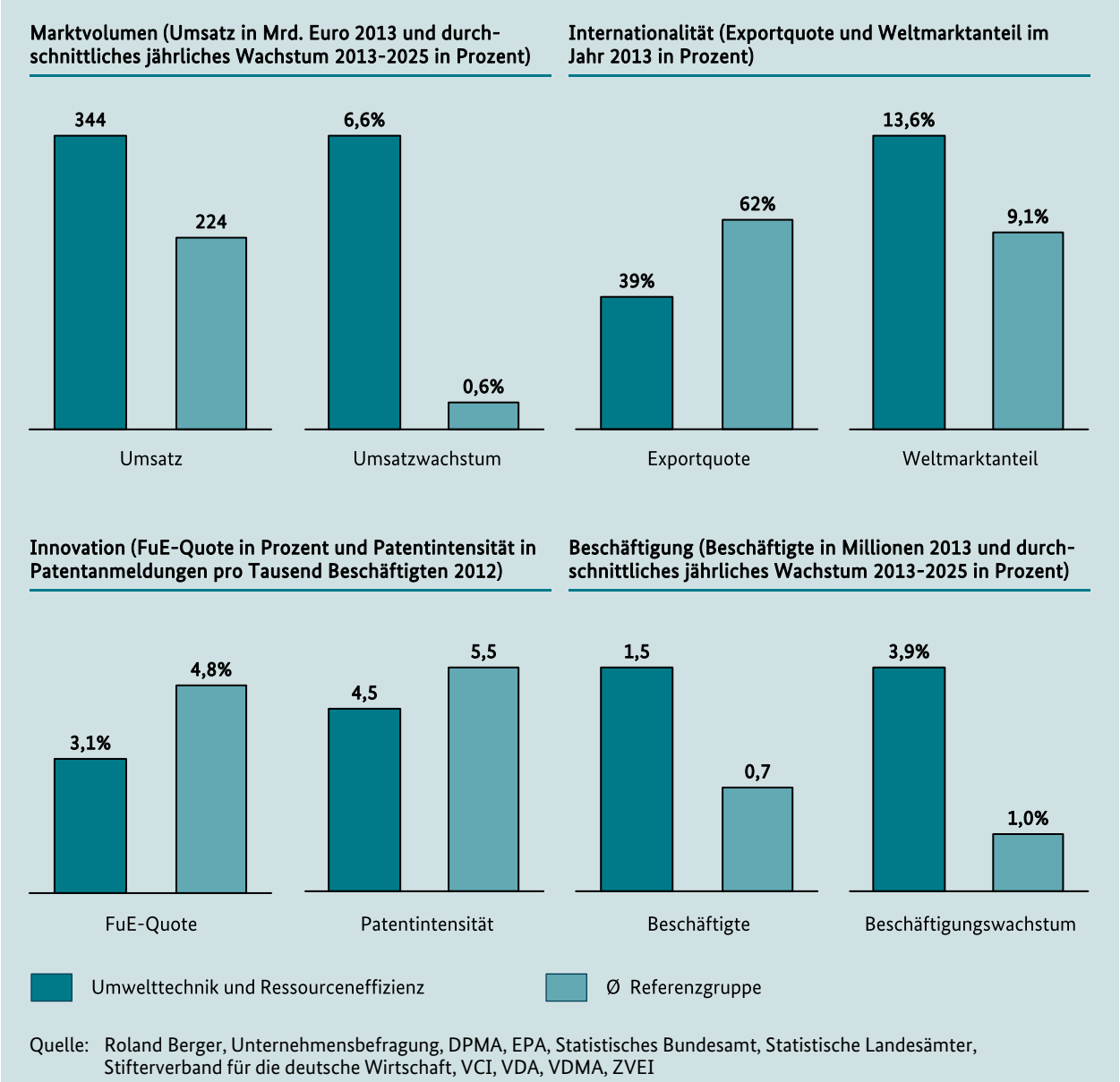


Quelle: Roland Berger

Abbildung 56: Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am globalen Marktvolumen ausgewählter Industrien 2013 (in Milliarden Euro)

GreenTech-Branche im Vergleich mit anderen Wirtschaftszweigen

Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist eine relative junge Branche, deren Abgrenzung schwierig ist. Dennoch soll hier der Versuch unternommen werden, diesen Wirtschaftszweig mit einigen Schlüsselindustrien zu vergleichen. Dafür wurden die Kriterien Marktentwicklung, Beschäftigungsentwicklung, Innovation und Internationalisierung betrachtet. Anhand dieser Kategorien wurde die GreenTech-Branche mit einer Referenzgruppe verglichen. Diese Referenzgruppe umfasst die Elektroindustrie, die Chemische Industrie, den Maschinenbau und die Automobilindustrie. Aus diesen für den Vergleich ausgewählten Kennzahlen dieser vier Branchen wurde der Durchschnittswert innerhalb der Referenzgruppe gebildet. Dieser Wert wird der entsprechenden Kennzahl der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz gegenübergestellt. Abbildung 57 zeigt eine zusammenfassende Darstellung dieses Vergleichs.



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung, DPMA, EPA, Statistisches Bundesamt, Statistische Landesämter, Stifterverband für die deutsche Wirtschaft, VCI, VDA, VDMA, ZVEI

Abbildung 57: Marktentwicklung, Beschäftigung, Innovation und Internationalisierung – Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Vergleich mit einer Referenzgruppe aus Schlüsselindustrien in Deutschland

In Deutschland erreichte die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 ein Marktvolumen von 344 Milliarden Euro. Das Marktvolumen der einzelnen Branchen innerhalb der Referenzgruppe aus Automobilindustrie, Chemieindustrie, der Elektroindustrie und dem Maschinenbau lag im Durchschnitt bei 224 Milliarden Euro. Als Kennziffer für die Marktentwicklung lässt sich darüber hinaus das durchschnittliche jährliche Wachstum bis 2025 heranziehen: Als relativ junge Branche entwickelt sich die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bis 2025 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 6,6 Prozent, während das prognostizierte Wachstum im Durchschnitt der Referenzgruppe bei 0,6 Prozent liegt.

Mit rund 1,5 Millionen ist die Beschäftigtenzahl in der GreenTech-Branche wesentlich höher als die Vergleichsziffer aus der Referenzgruppe. Im Durchschnitt beschäftigen die Branchen aus der Referenzgruppe jeweils 679.000 Arbeitnehmer. Für die Umwelttechnik und Ressourcentechnik ist bis 2025 ein durchschnittliches jährliches Beschäftigungswachstum von 3,9 Prozent zu erwarten. Diese Zuwachsrate wird im Durchschnitt der Referenzgruppe mit 1,0 Prozent veranschlagt.

Bei den Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz machen die Forschungs- und Entwicklungsausgaben einen Anteil von 3,1 Prozent am Gesamtumsatz aus. Mit dieser FuE-Quote bleiben die GreenTech-Unternehmen hinter dem durchschnittlichen Wert der FuE-Quote der Branchen aus der Referenzgruppe zurück, der bei 4,8 Prozent liegt.

Als weitere Kennziffer für die Innovationsstärke lässt sich die Patentintensität heranziehen, die als Relation der Anzahl der Patentanmeldungen pro Jahr zur Anzahl der Beschäftigten dargestellt wird. Die Patentintensität der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz beträgt 4,5. Zum Vergleich: Die Patentintensität der Branchen aus der Referenzgruppe liegt im Durchschnitt bei 5,5.

Die Exportquote der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz liegt nach den Ergebnissen der Unternehmensbefragung bei 39 Prozent.[7] Der Weltmarktanteil „grüner“ Produkte, Verfahren und Dienstleistungen „made in Germany“ liegt bei 13,6 Prozent, während die Wirtschaftszweige der Referenzgruppe im Durchschnitt einen Weltmarktanteil von 9,1 Prozent erreichen. Die Exportquote gilt neben dem Weltmarktanteil als ein Gradmesser für die Internationalisierung einer Branche und gibt an, welcher Anteil des Umsatzes auf ausländischen Märkten erwirtschaftet wird. Die Exportquote der deutschen GreenTech-Unternehmen fällt mit 39 Prozent geringer aus als der Durchschnittswert der Referenzgruppe, der bei 62 Prozent liegt.

7 Vgl. dazu S. 153.

Exkurs: Umweltentlastungspotenzial der GreenTech-Leitmärkte

Bislang wurden im vorliegenden Kapitel vor allem die ökonomischen Impulse betrachtet, mit denen die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Modernisierungstreiber die Entwicklung zur Green Economy fördert. Auf den folgenden Seiten steht das Umweltentlastungspotenzial der GreenTech-Leitmärkte im Mittelpunkt, sodass der Schwerpunkt auf den ökologischen Wirkungen liegt. Umweltentlastungspotenzial wird als Umweltentlastungswirkung aufgefasst, die durch den Gebrauch, die Anwendung beziehungsweise Inanspruchnahme eines Produktes, Verfahrens oder einer Dienstleistung realisiert wird.

Dieser Exkurs unternimmt den Versuch, in Form einer groben Indikation eine Abschätzung abzuliefern, in welchem Umfang einzelne Marktsegmente und Technologielinien die Umwelt entlasten. Diese Beurteilung basiert auf folgender Herangehensweise: Im Rahmen einer vergleichenden Gegenüberstellung wurde das Umweltentlastungspotenzial einzelner Technologielinien analysiert und auf Leitmarkt-Ebene aggregiert ausgewertet. Es wurde darauf verzichtet, das absolute Umweltentlastungspotenzial einzelner Technologielinien zu berechnen. Stattdessen wurden die Technologielinien in Bezug auf ihr Umweltentlastungspotenzial in Form eines Rankings strukturiert.

Die Grundlage dieses Rankings bilden die Meinungen von Experten aus dem Roland-Berger-Netzwerk. Die Einschätzungen dieser Fachleute aus unterschiedlichen Technologiebereichen wurden herangezogen und bottom-up zu Trends in Bezug auf das Umweltentlastungspotenzial der Technologielinien verdichtet. Im Fokus standen dabei die Auswirkungen auf die Umweltgüter Klima, Energie, Luft, Wasser, Boden, Artenvielfalt und Landschaft, Lärm, Natürliche Ressourcen (biotisch), Rohstoffe (abiotisch). Um eine Einschätzung des Umweltentlastungspotenzials zu gewinnen, wurden nicht die Auswirkungen auf einzelne Umweltgüter analysiert, sondern aggregiert in Summe bewertet. Des Weiteren wurde bei der Abschätzung des Umweltentlastungspotenzials die Studie *Grüne Zukunftsmärkte* berücksichtigt.[8]

Die Abschätzung hinsichtlich der Entwicklung des Umweltentlastungspotenzials bis 2025 basiert auf der Annahme zur Entwicklung einzelner Technologielinien. Deren Wachstumsdynamik wurde auf Leitmarktebene aggregiert ausgewertet. Zusätzlich wurden auch Veränderungen des Umweltentlastungspotenzials innerhalb einzelner Technologielinien berücksichtigt.

Die so gewonnene Einschätzung wird in Abbildung 58 visualisiert. Alle Leitmärkte weisen eine positive Umweltwirkung auf. In einer dreigliedrigen Skala („Leichte Entlastung", „Moderate Entlastung", „Starke Entlastung") wird der Grad des Umweltentlastungspotenzials ausgedrückt. Dabei werden der Status quo und die Einschätzung für 2025 gegenüberstellt. Pfeile symbolisieren die Entwicklungstrends „Gleichbleibend", „Abnehmend" und „Zunehmend".

Bei der Betrachtung von Abbildung 58 fällt auf, dass das Umweltentlastungspotenzial der Leitmärkte Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie sowie Rohstoff- und Materialeffizienz aufgrund der positiven Umwelteffekte der Erneuerbaren Energien, Energiespeicher, Bio- und Nanotechnologie eher hoch eingeschätzt wird.

Für die Leitmärkte Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie, Nachhaltige Mobilität, Kreislaufwirtschaft und Nachhaltige Wasserwirtschaft ist nach der Meinung der Roland-Berger-Experten bis 2025 eine Steigerung des Umweltentlastungspotenzials zu erwarten. Dagegen rechnen sie im selben Zeitraum für die Leitmärkte Energieeffizienz und Rohstoff- und Materialeffizienz mit einem gleichbleibenden beziehungsweise leicht verringerten Umweltentlastungspotenzial. Grundlage dieser Beurteilung ist das überdurchschnittliche Marktwachstum von Technologielinien in diesen Leitmärkten, die ein vergleichsweise geringes Umweltentlastungspotenzial aufweisen (etwa Naturkosmetik, Biokunststoffe, Energieeffiziente Unterhaltungselektronik, Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik).

Die folgenden Abschnitte befassen sich mit dem Umweltentlastungspotenzial der sechs GreenTech-Leitmärkte. Im Detail ergibt sich folgendes Bild:

8 Im Projekt *Grüne Zukunftsmärkte* haben adelphi, Roland Berger Strategy Consultants und die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) im Auftrag des Umweltbundesamtes die Entwicklung der grünen Zukunftsmärkte in Deutschland analysiert. Der Abschlussbericht soll 2014 publiziert werden.

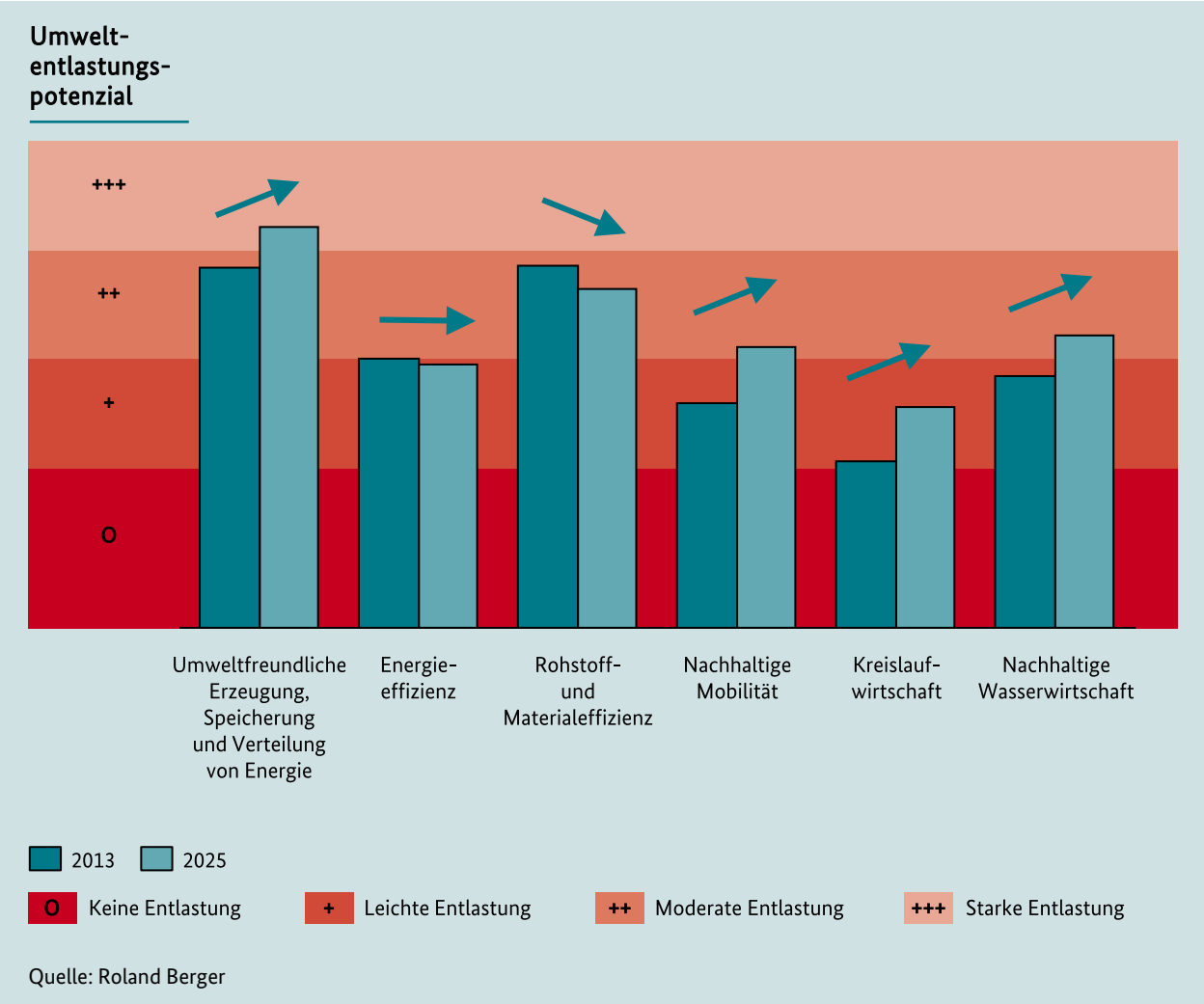


Abbildung 58: Veränderung des globalen Umweltentlastungspotenzials nach Leitmärkten auf Basis einer Auswertung von Experteninterviews

Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Im Marktsegment Erneuerbare Energien besteht grundsätzlich ein hohes Umweltentlastungspotenzial bezogen auf die Umweltgüter Klima und Energie. Regenerative Energien verbessern die CO_2-Bilanz und reduzieren den Verbrauch von fossilen Energieträgern. Die größten Umweltentlastungspotenziale werden den Technologien Photovoltaik und Windenergie attestiert. Zwar ist die Produktion von Solarzellen relativ energieaufwendig; dies wird jedoch in den weiteren Phasen des Lebenszyklus kompensiert: In der Betriebsphase muss für Photovoltaik-Anlagen keine Energie zugeführt werden.[9]

Windenergieanlagen werden mitunter negative Effekte hinsichtlich Lärmbelastung für Anwohner, Tierschutz und Landschaftsbild zugeschrieben. In Summe fallen die Entlastungseffekte für Klima und Energie in der Ökobilanz jedoch stärker ins Gewicht.

Speichertechnologien spielen eine Schlüsselrolle für die Transformation des Energiesystems: Sie ermöglichen die Integration von fluktuierenden regenerativen Energien (Photovoltaik und Windenergie) durch die zeitliche Entkoppelung von Stromerzeugung und Stromverbrauch. Aus dieser Funktion ergeben sich

9 Vgl. Quaschning, O. (2013), S. 155.

positive Effekte der Speichertechnologien für den Klimaschutz und die Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger. Diesen Vorzügen steht jedoch bei elektrochemischen Speichern ein hoher Rohstoffverbrauch gegenüber.

Insgesamt zeigt sich im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie zwischen 2013 und 2025 eine deutlich positive Dynamik des Umweltentlastungspotenzials. Treiber dieser Entwicklung sind die Technologielinien Windkraft (Onshore und Offshore), Solarthermische Kraftwerke und Elektrochemische Speicher. Diese Technologielinien weisen ein hohes Umweltentlastungspotenzial auf. Durch ihr überproportionales Wachstum erhöhen sie ihre Anteile am Marktvolumen des Leitmarktes – und damit auch sein Umweltentlastungspotenzial.

Energieeffizienz

Das Umweltentlastungspotenzial dieses Leitmarktes wird im Zeitraum 2013 bis 2025 auf konstantem Niveau bleiben. Diese Aussage wird gestützt durch die Entwicklung, die bereits in den letzten Jahren zu beobachten war: Seit 2006 weist die Energieproduktivität relativ geringe Steigerungsraten auf.[10]

Die Technologielinien in den Marktsegmenten des Leitmarktes Energieeffizienz tragen dazu bei, den Energieverbrauch zu senken. So kann eine Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden erhebliche Umweltentlastungswirkungen auf die Umweltgüter Klima und Energie haben: Durch die energetische Sanierung werden die CO_2-Emissionen und der Energiebedarf in der Betriebsphase von Gebäuden reduziert.

Ein hohes Umweltentlastungspotenzial in Bezug auf die Umweltgüter Klima und Energie entfalten auch die Technologielinien der Marktsegmente Energieeffiziente Produktionsverfahren und Branchenübergreifende Komponenten. Durch Energieeinsparungen ergeben sich direkte und indirekte Entlastungseffekte für das Klima und den Verbrauch von Energierohstoffen. Auf die Umweltgüter Wasser, Boden und Gesundheit haben die Technologielinien des Leitmarktes Energieeffizienz keinen beziehungsweise nur einen geringen direkten Einfluss.

Innerhalb des Leitmarktes haben die Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie die Elektrischen Antriebe ein starkes Gewicht, die den Energieverbrauch kontrollieren beziehungsweise begrenzen. Diese Technologielinien haben ein moderates Umweltentlastungspotenzial. Deshalb wird das Umweltentlastungspotenzial des gesamten Leitmarktes in die Kategorie „leichte Entlastung“ eingestuft.

Rohstoff- und Materialeffizienz

Die Entwicklung des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz wird wesentlich vom überproportionalen Wachstum der Technologielinien Biotechnologie und Nanotechnologie sowie von dem Marktsegment Schutz von Umweltgütern getrieben. Vor allem Bio- und Nanotechnologie haben erhebliche positive Effekte auf die Reduktion des Rohstoffverbrauchs.

Schon seine Bezeichnung macht deutlich, dass das Marktsegment Schutz von Umweltgütern ein großes Umweltentlastungspotenzial birgt. Seine Technologielinien tragen insbesondere zur Erhaltung der Artenvielfalt und des Landschaftsbildes bei: Schadstoffreduktion und Luftreinhaltung sowie Lärmschutz minimieren Gesundheitsrisiken und Beeinträchtigungen der Lebensqualität. Der Grundwasser- und Gewässerschutz mindert die Belastung von Grundwasser und Oberflächengewässern. Besonders wichtig ist hierbei die Minderung des Ammonium- und Nitrateintrags, um gesundheitliche Risiken durch die Schadstoffbelastung des Trinkwassers zu reduzieren.

Innerhalb des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz steigt der Anteil des Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe, zu dem die Biomasseerzeugung gehört. Gerade diese Technologielinie weist über den gesamten Lebenszyklus betrachtet eine durchwachsene Ökobilanz auf. Negativ zu Buche schlagen hier die Anbaukonkurrenz zu Nahrungsmitteln, die Auswirkungen auf die Biodiversität und den Landschaftsschutz. Diese kritischen Faktoren schmälern das Umweltentlastungspotenzial des gesamten Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe.

10 Siehe dazu S. 202.

Zu den überproportional wachsenden Technologielinien der Rohstoff- und Materialeffizienz zählt die Organische Elektronik. Aufgrund eines starken Ressourcenverbrauchs hat diese Technologielinie jedoch kein hohes Umweltentlastungspotenzial. Vor diesem Hintergrund ist im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz bis 2025 mit einer leicht nachlassenden Dynamik des Umweltentlastungspotenzials zu rechnen.

Nachhaltige Mobilität

Im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität wird das Umweltentlastungspotenzial bis 2025 von „leichte Entlastung" auf „moderate Entlastung" hochgestuft. Diese Dynamik ist vor allem dem sich abzeichnenden Produktionsausbau von Elektroantrieben geschuldet: Elektroautos emittieren in der Betriebsphase kein CO_2 und wesentlich weniger Schadstoffe als Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb. Demnach leisten Elektroautos einen großen Beitrag zum Klimaschutz und zur Luftreinhaltung – allerdings nur unter der Voraussetzung, dass sie mit regenerativ erzeugtem Strom betrieben werden. In die Betrachtung der Umweltwirkungen muss außerdem der Rohstoffverbrauch bei der Batterieherstellung einbezogen werden. Das Umweltentlastungspotenzial von Hybridfahrzeugen ist geringer als das von „reinen" Elektroautos. Die Technologielinien Schienenfahrzeuge und Schieneninfrastruktur sowie Öffentlicher Personennahverkehr senken den Energieverbrauch und Schadstoffausstoß im Individualverkehr erheblich. Deshalb haben sie trotz des Ressourcenverbrauchs bei der Herstellung von Fahrzeugen und dem Bau der Infrastruktur über den ganzen Lebenszyklus betrachtet ein hohes Umweltentlastungspotenzial.

Kreislaufwirtschaft

Im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft nimmt das Umweltentlastungspotenzial bis 2025 leicht zu. Hinter diesem Trend steht vor allem die dynamische Entwicklung im Marktsegment Stoffliche Verwertung. Vor allem für Metalle und Kunststoffe ist die Stoffliche Verwertung ein Handlungsfeld mit erheblichem Potenzial für die Senkung des Rohstoffverbrauchs und die damit einhergehende Begrenzung diverser Umweltbelastungen. Die stoffliche Verwertung trägt nicht nur zur Begrenzung des Abfallaufkommens bei, sondern fördert auch die Energie- und Ressourceneffizienz. Bei den Prozessen der stofflichen Verwertung wird in der Regel weniger Energie benötigt als bei Primärprozessen. Die Rückführung von Abfällen in den Wirtschaftskreislauf durch Recycling reduziert die Rohstoffentnahme. Da der Abbau von Rohstoffen mit CO_2-Emissionen sowie erheblichen Eingriffen in das Landschaftsbild und Ökosysteme verbunden ist, bedeutet eine Verminderung des Rohstoffverbrauchs ein hohes Umweltentlastungspotenzial.

Durch die Weiterentwicklung von Recycling-Technologien zeichnet sich ab, dass in den nächsten Jahren die Umweltentlastungswirkungen bei der stofflichen Verwertung zunehmen werden. In einigen Bereichen finden derzeit intensive Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten statt, die künftig neue Verfahren für eine wirtschaftliche Anwendung der stofflichen Verwertung erwarten lassen. Dazu gehören beispielsweise das Recycling von Elektroschrott, die Wiederverwertung von Seltenen Erden sowie das Recycling von Altholz oder Beton.

Nachhaltige Wasserwirtschaft

Der Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft will eine umweltverträgliche und effiziente Bewirtschaftung der Wasserressourcen sicherstellen. Die Versorgung mit sauberem Trinkwasser gehört zu den Grundbedürfnissen des Menschen. Wassermangel oder verunreinigtes Wasser gefährden die Gesundheit. Abwasserreinigung ist ein wesentlicher Faktor für den Schutz der Böden und des Grundwassers. Vor diesem Hintergrund hat die Nachhaltige Wasserwirtschaft insgesamt gravierende Umwelteffekte. In den nächsten Jahren wird das Umweltentlastungspotenzial dieses Leitmarktes weiter zunehmen, weil das Thema Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung immer mehr an Bedeutung gewinnt. Der Ausbau der Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft trägt dazu bei, den Ertrag der Anbauflächen zu steigern und gleichzeitig die Wasserentnahme zu begrenzen. Technologien zur Wasseraufbereitung ermöglichen ein Wasserressourcenmanagement, das den jeweiligen klimatischen, ökonomischen und sozialen Verhältnissen angepasst ist.

6 Nahaufnahme: Daten und Fakten zur Lage und Stimmung deutscher GreenTech-Anbieter

Das Fundament dieser Detailbetrachtung der GreenTech-Branche in Deutschland bilden verschiedene Quellen. Ihr Kern ist die Auswertung der Datenbank, die auf Basis einer Unternehmensbefragung erstellt wurde. Diese web-basierte Unternehmensbefragung wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit durchgeführt. Rund 2.100 deutsche Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz haben sich daran beteiligt – und damit wertvollen Input für neue Erkenntnisse über den relativ jungen und überaus dynamischen Wirtschaftszweig geliefert. Die Antworten der Umfrage-Teilnehmer sind in die Unternehmensdatenbank eingeflossen, deren Informationen allen Interessenten zur Verfügung stehen.

Das in diesem Kapitel gezeichnete Branchenportrait bildet die Angebotsseite des Marktes für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland ab. Damit komplettiert es die Analyse in Kapitel 4, wo die Nachfrageseite auf den internationalen und nationalen Märkten im Fokus steht.

Die hier präsentierte Detailbetrachtung des deutschen GreenTech-Marktes soll in erster Linie die wesentlichen Strukturdaten und die aktuellen Trends der Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz aus der Perspektive der deutschen Anbieter deutlich machen.

Mittelständisch geprägt, innovationsstark und international orientiert – Das Profil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland

Auf den folgenden Seiten wird ein markantes Portrait der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Standort Deutschland präsentiert, das mithilfe aussagekräftiger Kennzahlen erstellt worden ist. Für dieses Branchenprofil werden folgende Merkmale und Trends herangezogen, die aus den Ergebnissen der Unternehmensbefragung abgeleitet wurden: Umsatzstruktur, Mitarbeiterstruktur, FuE-Quote, Leistungsangebot sowie die Geschäftslage und Geschäftserwartung.

Auf einen Blick

Die aktuelle Unternehmensbefragung bestätigt erneut die starke Rolle der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU): Unter den Anbietern der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland stellen Unternehmen mit einem Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro einen Anteil von 91 Prozent.

Mehr als ein Drittel der befragten Unternehmen bietet Dienstleistungen im Bereich Forschung und Entwicklung an. Dies unterstreicht die Innovationskraft und die Technologieorientierung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

Das Stimmungsbild der GreenTech-Anbieter ist überwiegend optimistisch: Mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen beurteilt die aktuelle Geschäftslage als „gut“.

Die meisten GreenTech-Anbieter geben sich in Hinblick auf die Umsatzentwicklung zuversichtlich: Im Durchschnitt rechnen die befragten Unternehmen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz bis 2018 mit einem jährlichen Umsatzwachstum von 10,5 Prozent.

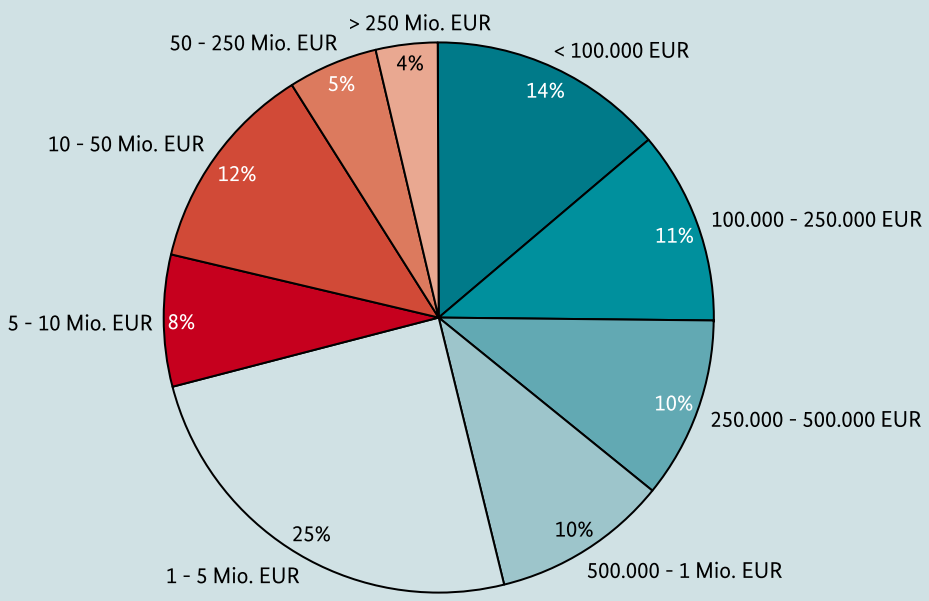
Nach Auswertung der Unternehmensdaten liegt die Exportquote der deutschen GreenTech-Branche bei 39 Prozent. Dies bestätigt den Trend zur Internationalisierung des Wirtschaftszweigs.

Aus Sicht der Unternehmen bilden Europa und China heute die wichtigsten internationalen Absatzmärkte für die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Bis 2025 wird die Bedeutung von Osteuropa, Brasilien, Russland, Indien und China als Exportregion beziehungsweise Exportländer für „GreenTech made in Germany“ zunehmen.

Fast die Hälfte aller GreenTech-Unternehmen erwirtschaftet einen Jahresumsatz zwischen einer und 50 Millionen Euro

Die Ergebnisse der aktuellen Unternehmensbefragung zeigen erneut die starke Rolle der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Diese Unternehmen mit einem Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro stellen mit 91 Prozent den bei weitem größten Anteil der GreenTech-Branche (siehe Abbildung 59). Mit dieser Verteilung der Unternehmen auf die Umsatzgrößenklassen unterscheidet sich der Wirtschaftszweig grundsätzlich nicht von der Struktur der deutschen Wirtschaft insgesamt. Hier liegt der Anteil der Unternehmen, die einen Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro erwirtschaften, nach Angaben des Instituts für Mittelstandsforschung bei 99,6 Prozent.[1]

Auch im Vergleich zu einzelnen Branchen zeigt sich, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Bezug auf die Struktur keinen überproportional hohen Anteil an kleinen und mittleren Unternehmen aufweist, sondern im Mittelfeld liegt. In der Informations- und Kommunikationstechnologie liegt der KMU-Anteil in Deutschland bei 99 Prozent,[2] im Maschinenbau bei 87 Prozent[3] und in der Energieversorgung bei 71 Prozent.[4]



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 59: Verteilung der Unternehmen nach Umsatzgröße (Anzahl der Nennungen in Prozent)

1 Nach der Definition des Instituts für Mittelstandsforschung Bonn werden zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) diejenigen Unternehmen gerechnet, die einen Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro erwirtschaften und nicht mehr als 500 Mitarbeiter beschäftigen. Das Statistische Bundesamt fasst unter den Begriff KMU ebenfalls Unternehmen mit einem Jahresumsatz von maximal 50 Millionen Euro, setzt die maximale Mitarbeiterzahl jedoch bei 250 an. Nach diesen Kriterien beläuft sich der KMU-Anteil an den Unternehmen in Deutschland auf 99,3. Vgl. dazu Institut für Mittelstandsforschung (2014) sowie Statistisches Bundesamt (2014a).

2 Vgl. Statistisches Bundesamt (2014b).

3 Vgl. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (2014).

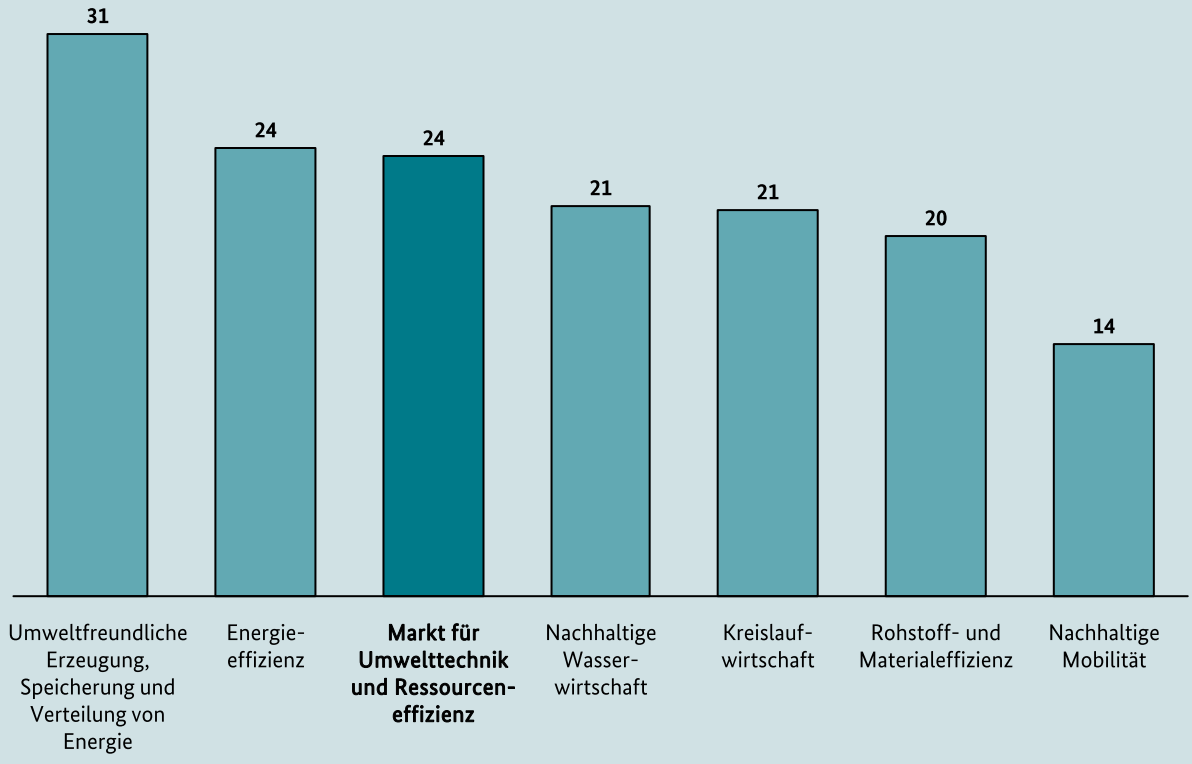
4 Die Definition dieser Branche ergibt sich aus der Gruppe D der Klassifikation der Wirtschaftszweige; vgl. dazu Statistisches Bundesamt (2014b).

Jedes vierte GreenTech-Unternehmen erzielt einen Jahresumsatz zwischen einer Million und fünf Millionen Euro. Diejenigen Unternehmen, die einen Jahresumsatz in der Größenklasse zwischen einer Million Euro und 50 Millionen Euro erwirtschaften, stellen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz einen Anteil von 45 Prozent. Wie aus Abbildung 59 deutlich wird, entfällt auf Unternehmen mit einem Jahresumsatz von weniger als einer Million Euro ein Anteil von 46 Prozent an der Umwelttechnik-Branche. Diese sogenannten kleinen Unternehmen stellen in der Gesamtwirtschaft einen Anteil von 87 Prozent aller Unternehmen.[5]

Die Gegenüberstellung dieser Strukturdaten der GreenTech-Branche mit der Unternehmensstatistik insgesamt weist darauf hin, dass die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Vergleich zur Gesamtwirtschaft in Deutschland durch eine besonders hohe Anzahl an mittleren Unternehmen und einem unterdurchschnittlichen Anteil kleiner Unternehmen gekennzeichnet ist.

Eine wichtige Kennzahl für die Branchenanalyse ist der Umsatz, den die einzelnen Akteure der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland erwirtschaften. Im Durchschnitt liegt der Jahresumsatz eines GreenTech-Unternehmens bei 24 Millionen Euro (siehe Abbildung 60). Die Jahresumsätze der einzelnen Unternehmen weichen deutlich von diesem für die Gesamtbranche erhobenen Durchschnittswert ab. Abbildung 60 zeigt eine Darstellung, die den Umsatz der einzelnen Unternehmen differenziert nach Leitmarktfokus betrachtet. Leitmarktfokus bedeutet, dass die Unternehmen bei der Befragung angegeben haben, in welchem Leitmarkt sie den größten Anteil ihres Umsatzes erwirtschaften.

Unternehmen mit Leitmarktfokus Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie erwirtschaften im Durchschnitt einen Jahresumsatz von 31 Millionen Euro. Dieser Wert liegt höher als in den anderen Leitmärkten. Ein Erklärungsansatz ist die Struktur dieses Leitmarktes, wo relativ viele mittlere und große Unternehmen aktiv sind. Mit 14 Millionen Euro verbuchen die Unternehmen mit Leitmarktfokus Nachhaltige Mobilität den geringsten durchschnittlichen Jahresumsatz. Die Erklärung dafür liegt in der Geschäftsausrichtung der befragten Unternehmen. Überwiegend handelt es sich um Dienstleistungsanbieter für nachhaltige Mobilitätskonzepte (etwa Car Sharing und effizientes Flottenmanagement) sowie Ingenieur- und Beratungsunternehmen im Umfeld von alternativen Antrieben (zum Beispiel Brennstoffzellentechnologie).



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 60: Durchschnittlicher Jahresumsatz pro Unternehmen nach Leitmarktfokus (in Millionen Euro)

5 Vgl. dazu die Angaben in Institut für Mittelstandsforschung (2014).

Das Stimmungsbild einer Branche wird entscheidend von den Erwartungen ihrer Akteure bestimmt. Deshalb spielten diese Aspekte bei der Analyse der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz eine wichtige Rolle. Die Unternehmen wurden zu ihren Umsatzerwartungen für die nächsten Jahre befragt. GreenTech-Unternehmen in Deutschland rechnen bis 2018 mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 10,5 Prozent (siehe Abbildung 61).[6]

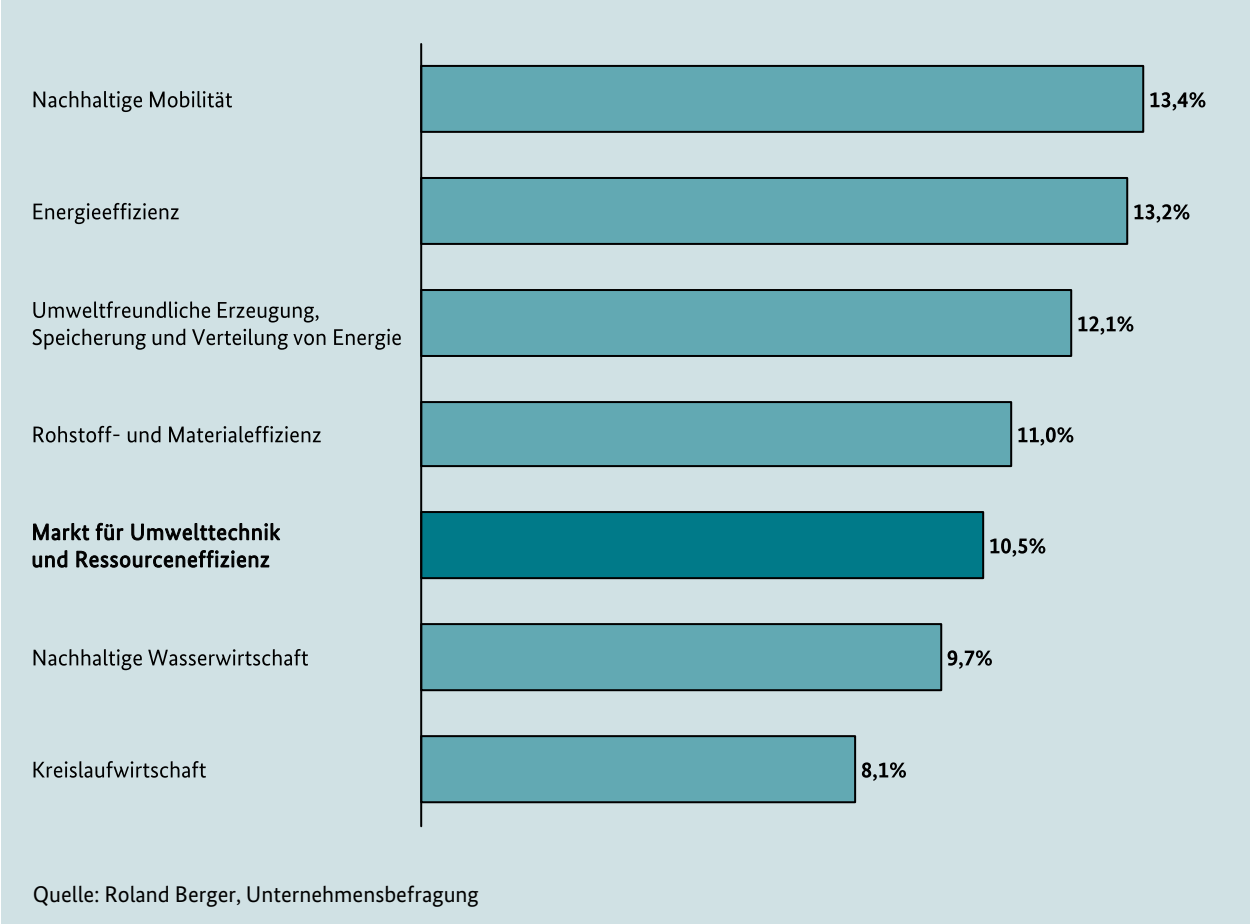


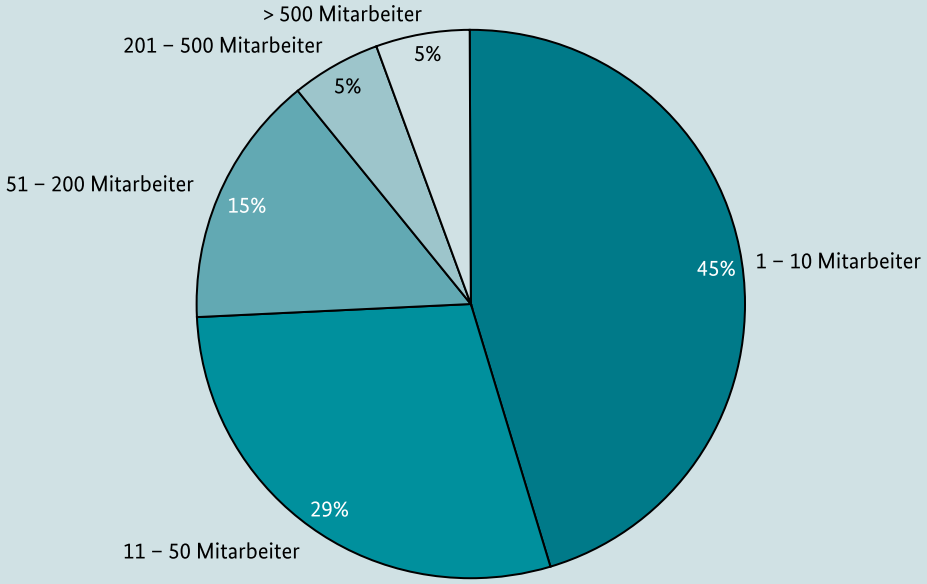
Abbildung 61: Durchschnittlich erwartetes Umsatzwachstum pro Unternehmen bis 2018 nach Leitmarktfokus (in Prozent pro Jahr)

Unternehmen mit Leitmarktfokus Nachhaltige Mobilität erwarten durchschnittlich mit 13,4 Prozent jährlichem Umsatzwachstum bis 2018 die höchste Wachstumsdynamik (siehe Abbildung 61). Hinter dieser Einschätzung steht die starke Expansion alternativer Antriebstechnologien mit Elektromobilität als Schwerpunkt. Ähnlich hohe Erwartungen an ihre Umsatzentwicklung knüpfen die Unternehmen mit Leitmarktfokus Energieeffizienz. Im Durchschnitt erwarten sie ein Umsatzwachstum von 13,2 Prozent pro Jahr. Diese Zuversicht gründet sich insbesondere auf die dynamische Entwicklung der Technologielinien Effiziente Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik sowie Energieeffiziente Beleuchtung. Markttreiber sind hierbei unter anderem die übergreifenden Trends zur Entwicklung des „Smart Home“. Die geringsten Erwartungen an die Entwicklung ihrer Umsätze haben die Unternehmen mit Leitmarktfokus Kreislaufwirtschaft: Sie gehen bis 2018 von einem durchschnittlichen Umsatzwachstum in Höhe von 8,1 Prozent per annum aus. Dies spiegelt die bereits ausgeprägte Marktreife der Kreislaufwirtschaft in Deutschland wider.

6 Nicht nach Umsätzen gewichtet.

Viele Unternehmen wollen neue Arbeitsplätze schaffen

Die Verteilung der GreenTech-Unternehmen nach Mitarbeiterzahl ist ebenso wie die Verteilung nach Umsatzgrößenklassen ein wesentliches Merkmal, um die Struktur der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zu erfassen. Etwa 45 Prozent der Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges beschäftigen bis zu zehn Mitarbeiter (siehe Abbildung 62). Darin spiegelt sich die große Anzahl kleinerer Unternehmen in der GreenTech-Branche wider, die beispielsweise Ingenieurs- oder Beratungsdienstleistungen anbieten. Etwa drei Viertel der GreenTech-Unternehmen beschäftigen maximal 50 Mitarbeiter. Nur bei einem kleinen Anteil – fünf Prozent – der Unternehmen zählt die Belegschaft mehr als 500 Mitarbeiter. Im Durchschnitt beschäftigen die Unternehmen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz circa 250 Mitarbeiter.



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 62: Verteilung der Unternehmen nach Mitarbeiterzahl (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Die Personalplanung ist ein wichtiger Gradmesser für die Stimmung der GreenTech-Akteure. So war auch das erwartete Mitarbeiterwachstum ein Thema der Unternehmensbefragung. Im Wirtschaftszweig Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt erwarten die Unternehmen bis 2018 ein Wachstum der Mitarbeiterzahl von jährlich durchschnittlich 6,7 Prozent (siehe Abbildung 62).[7]

Die Unternehmen mit Leitmarktfokus Nachhaltige Mobilität rechnen mit der größten Dynamik bei der Beschäftigungsentwicklung. Sie gehen von davon aus, dass die Mitarbeiterzahl jahresdurchschnittlich um 9,6 Prozent wächst. Dagegen fallen die Erwartungen der Unternehmen mit Leitmarktfokus Kreislaufwirtschaft deutlich bescheidener aus: Sie rechnen bis 2018 mit einem Wachstum der Mitarbeiterzahl von jahresdurchschnittlich 5,2 Prozent.

Die unterschiedlichen Einschätzungen der Unternehmen mit Schwerpunkten in der Nachhaltigen Mobilität und in der Kreislaufwirtschaft entsprechen dem Stimmungsbild, das sich bereits bei den Umsatzerwartungen gezeigt hat: Die Akteure im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität rechnen mit einem Wachstumsschub, der maßgeblich durch die Expansion alternativer Antriebstechnologien mit Elektromobilität als Schwerpunkt ausgelöst wird. Hingegen agieren die Unternehmen mit Leitmarktfokus Kreislaufwirtschaft in einem Segment mit ausgeprägter Marktreife.

7 Nicht nach Umsätzen gewichtet.

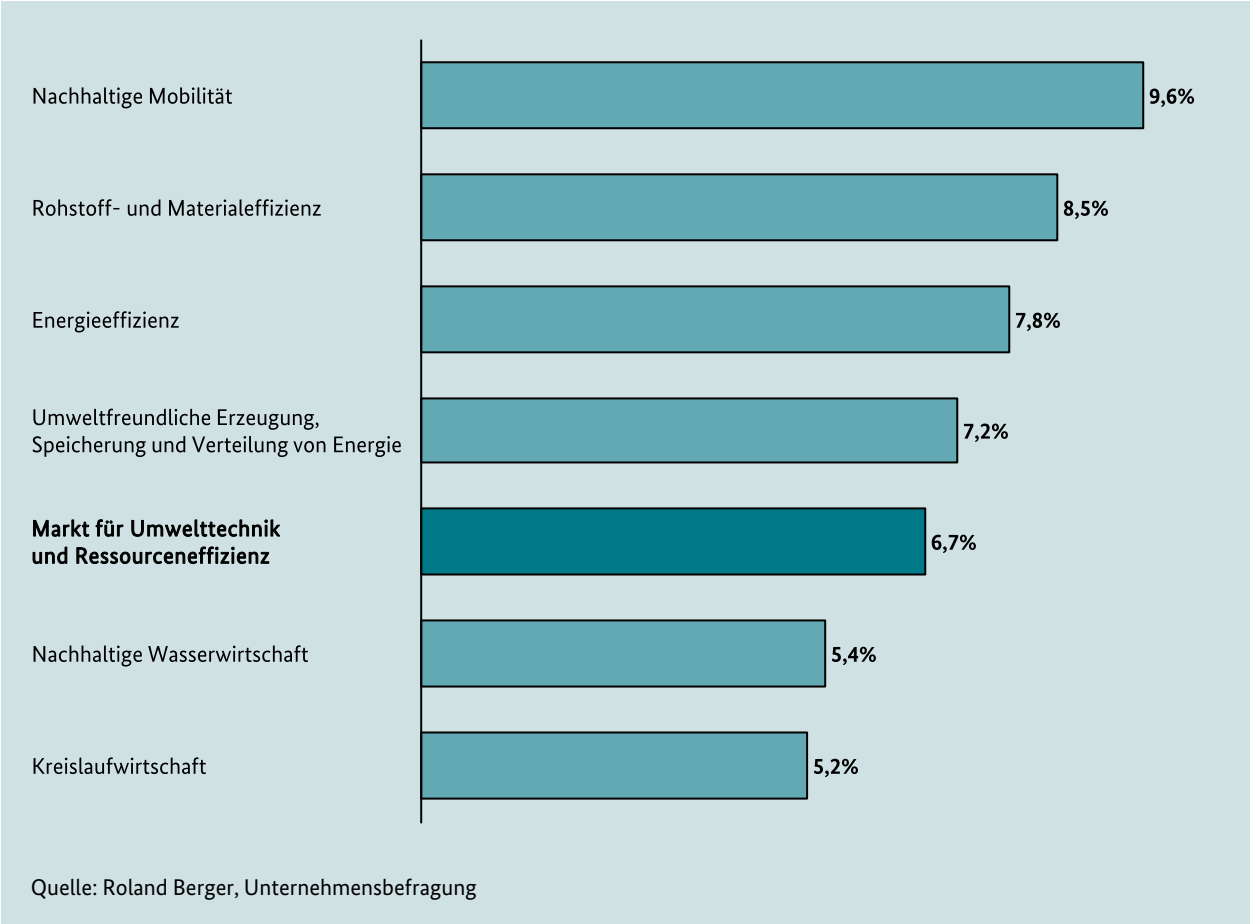


Abbildung 63: Durchschnittlich erwartetes Mitarbeiterwachstum pro Unternehmen bis 2018 nach Leitmarktfokus (in Prozent pro Jahr)

Aus der Kombination von Umsatz und Mitarbeiterzahl ergibt sich die Produktivität. Diese Kennzahl steht für das Verhältnis von Input- und Output-Faktoren. Die Produktivität wird anhand der Relation von Umsatz und Beschäftigtenzahl dargestellt. Aus den Einschätzungen der Unternehmen in Bezug auf die Entwicklung von Umsatz und Beschäftigung wurden für die sechs Leitmärkte die Erwartungen des Produktivitätswachstums abgeleitet (siehe Abbildung 64). Im Durchschnitt aller Leitmärkte wird bis 2018 mit einer jahresdurchschnittlichen Zunahme der Produktivität von 3,4 Prozent gerechnet.[8] Zur besseren Einordnung dieses Wertes: Mit dieser Wachstumsrate würde die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz mehr Dynamik zeigen als die deutsche Wirtschaft insgesamt im Zeitraum 1992 bis 2012. Deren Produktivität legte in diesen Jahren mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 0,99 Prozent zu.[9]

8 Wachstum nach Umsatz gewichtet.
9 Vgl. Statistisches Bundesamt (2014c).

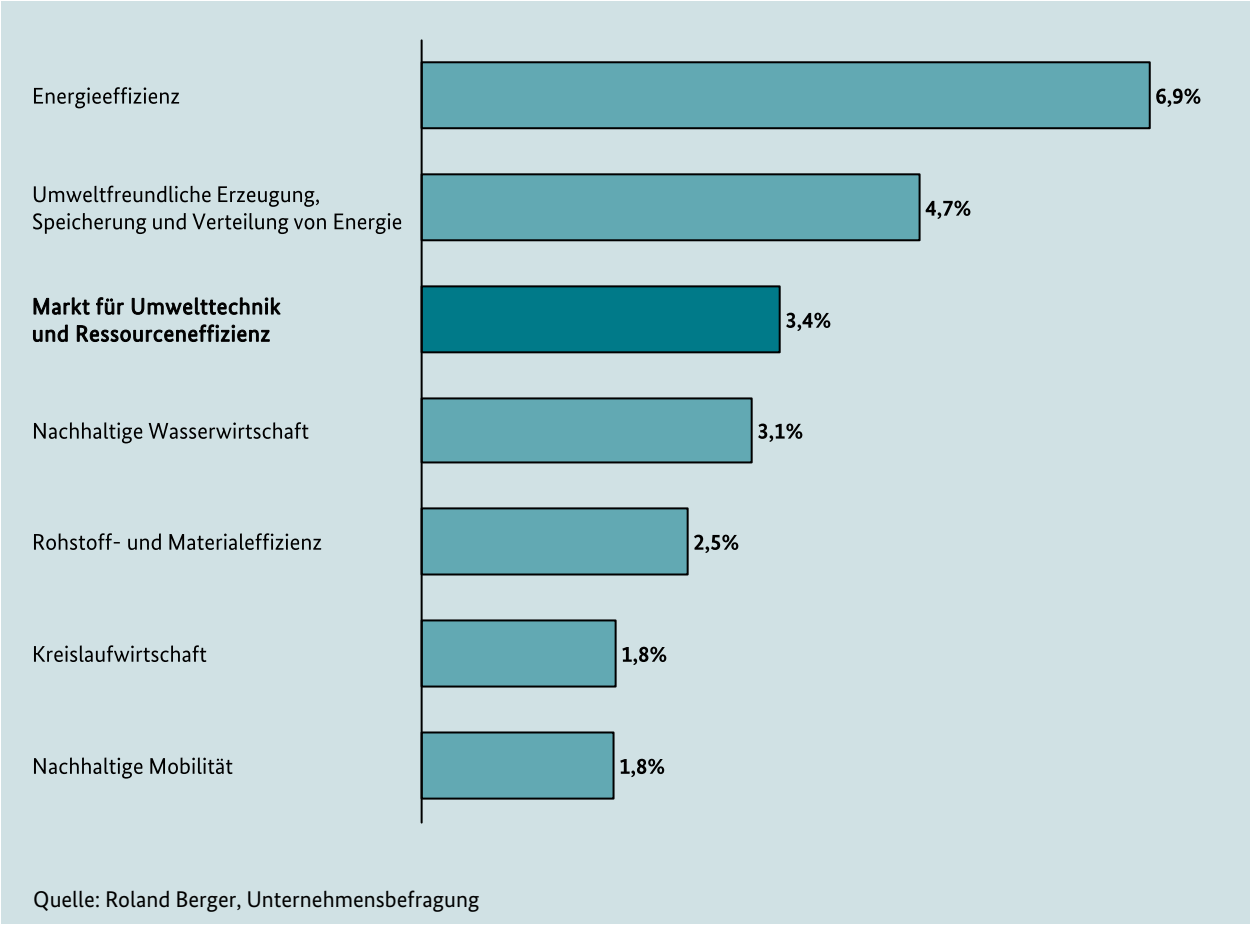


Abbildung 64: Durchschnittliches jährliches Produktivitätswachstum bis 2018 nach Leitmarktfokus (in Prozent)

Umwelttechnik-Anbieter zeigen Innovationsstärke

Im Durchschnitt der GreenTech-Unternehmen liegt die FuE-Quote bei drei Prozent (siehe Abbildung 65). Die FuE-Quote gibt den Anteil der Forschungs- und Entwicklungsausgaben am Gesamtumsatz an. Diese Kennzahl gilt als wichtiger Input-Indikator für die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens.

Eine nach Leitmarktfokus differenzierte Betrachtung der FuE-Quote zeigt, dass die Unternehmen mit Schwerpunkt in der Nachhaltigen Mobilität mit 3,8 Prozent die höchste durchschnittliche FuE-Quote der sechs Umwelttechnik-Leitmärkte aufweisen. Darin spiegelt sich die hohe Innovationsdynamik in diesem Leitmarkt wider, die vor allem von den Entwicklungen in der Elektromobilität getrieben wird.

Die FuE-Quote der in der Kreislaufwirtschaft aktiven Unternehmen beträgt im Durchschnitt 2,4 Prozent. Mit diesem Wert ist die Kreislaufwirtschaft der einzige Leitmarkt, dessen durchschnittliche FuE-Quote unterhalb des Branchendurchschnitts von drei Prozent bleibt. Dies scheint die Einschätzung zu bestätigen, dass die große Innovationswelle in der Kreislaufwirtschaft bereits in den 1980er und 1990er Jahren stattgefunden hat.[10]

10 Vgl. dazu Kapitel 7, S. 177.

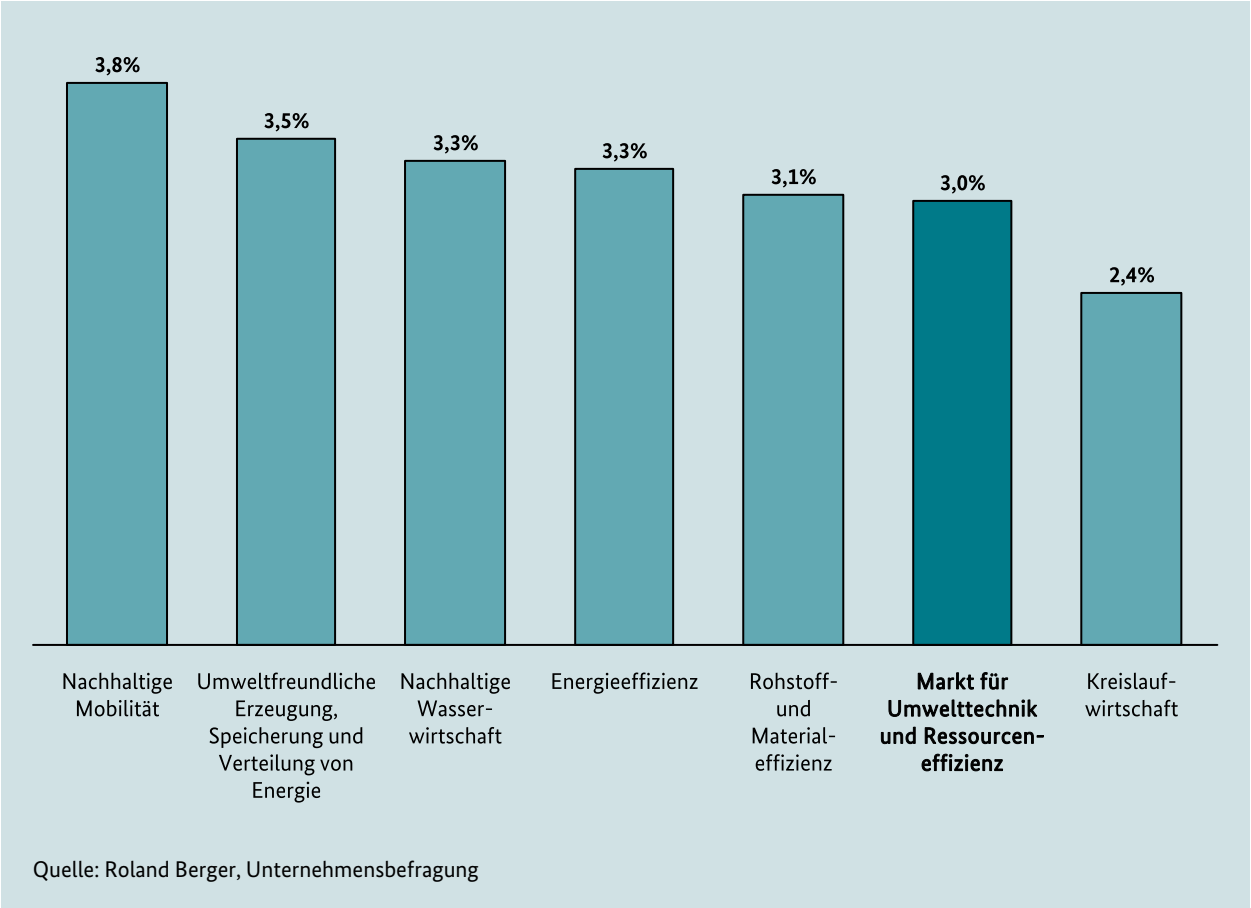


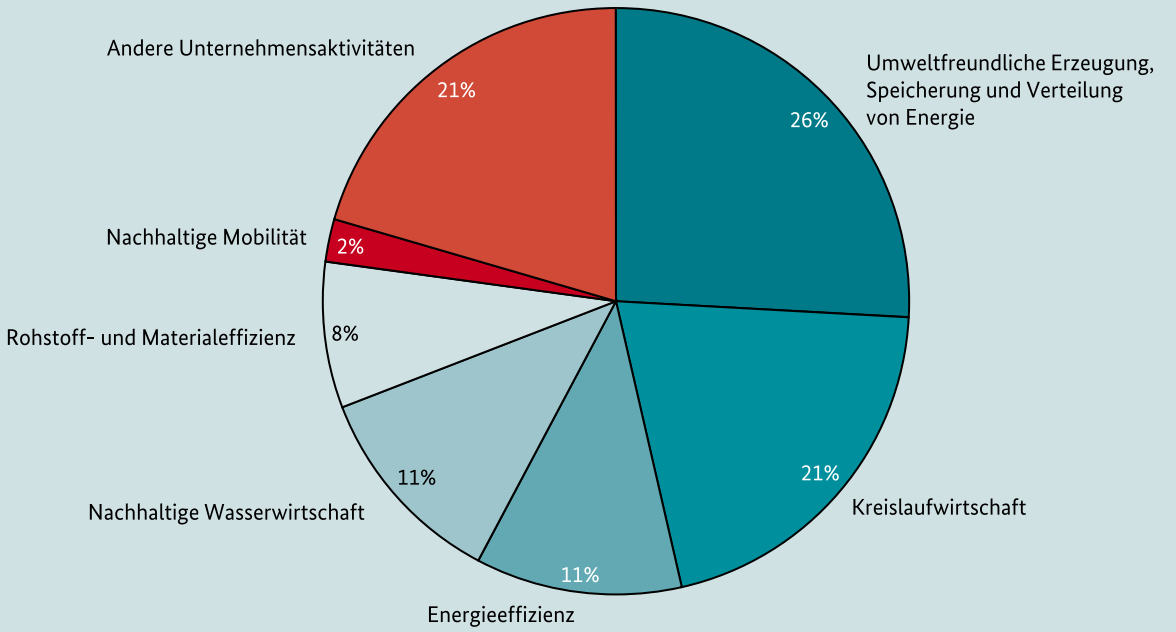
Abbildung 65: Durchschnittliche FuE-Quote pro Unternehmen nach Leitmarktfokus (in Prozent)

Angebotsportfolio deutscher GreenTech-Unternehmen umfasst die gesamte Wertschöpfungskette

In welchem Leitmarkt erwirtschaften die GreenTech-Unternehmen den größten Teil ihrer Umsätze? Die Antwort auf diese Frage ist ein wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der Angebotsstruktur im Wirtschaftszweig Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Die Teilnehmer der Unternehmensbefragung erwirtschaften mehr als ein Viertel ihres Umsatzes (26 Prozent) im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie (siehe Abbildung 66). Mit jeweils 21 Prozent entfällt ein Großteil der Umsätze in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf den Leitmarkt Kreislaufwirtschaft sowie auf die Kategorie „andere Unternehmensaktivitäten“. Das geringste Umsatzvolumen verzeichnen die Leitmärkte Rohstoff- und Materialeffizienz (acht Prozent) und Nachhaltige Mobilität (zwei Prozent).

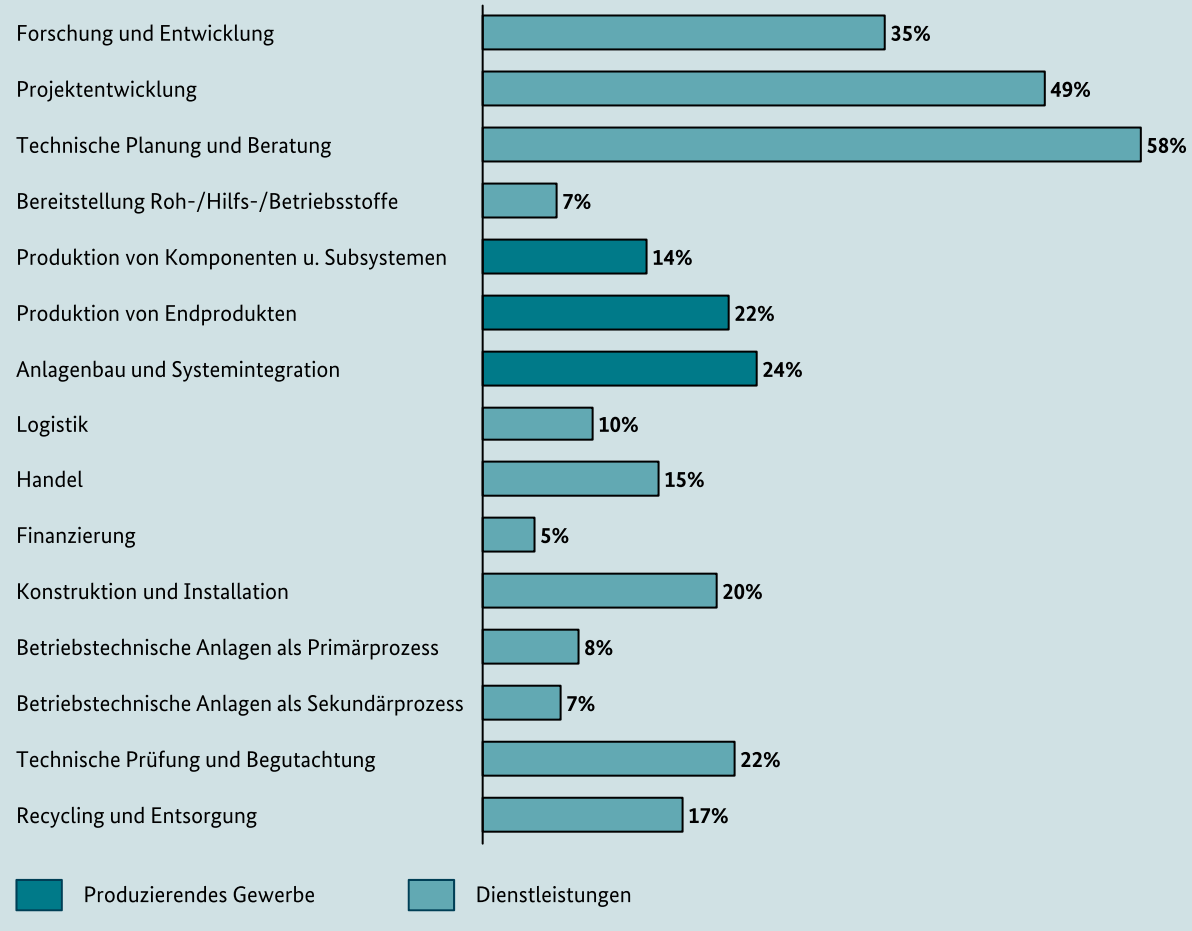
Die Betriebe, die sich an der Unternehmensbefragung beteiligt haben, verteilen sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette (siehe Abbildung 67). Fast alle Unternehmen (94 Prozent) bieten Dienstleistungen an; dagegen sind nur 39 Prozent im produzierenden Bereich tätig. Im Angebotsportfolio besonders stark vertreten sind die Kategorien Technische Planung und Beratung sowie Projektentwicklung. 58 Prozent beziehungsweise 49 Prozent der befragten Unternehmen haben angegeben, dass sie in diesen Bereichen am Markt aktiv sind. Dies weist auf die hohe Anzahl an Ingenieur- und Beratungsbüros in der GreenTech-Branche hin.

Die Ergebnisse der Befragung zur Positionierung entlang der Wertschöpfungskette unterstreichen die Innovationskraft der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Mehr als ein Drittel der befragten Unternehmen bietet Dienstleistungen im Bereich Forschung und Entwicklung an. Daran zeigt sich ein weiteres typisches Merkmal, das die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als wissensintensive und technologieorientierte Branche ausweist.



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 66: Verteilung der Gesamtumsätze der Unternehmen auf die Leitmärkte



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 67: Leistungsangebot der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Diejenigen Unternehmen der Umwelttechnik-Branche, die ein reines Dienstleistungsportfolio anbieten, unterscheiden sich in Bezug auf die Größenstruktur von Unternehmen, die ausschließlich im produzierenden Bereich tätig sind. Bei Letztgenannten liegt der Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen bei 82 Prozent; bei den reinen GreenTech-Dienstleistern beträgt der KMU-Anteil 94 Prozent.

Zufriedenheit und Zuversicht überwiegen – Über die Hälfte der Unternehmen beurteilt die aktuelle Geschäftslage als „gut“

Im Stimmungsbild der GreenTech-Unternehmen überwiegen die hellen Farbtöne: Unabhängig von ihrer Leitmarktzugehörigkeit beurteilt über die Hälfte der befragten Unternehmen (53 Prozent) die aktuelle Geschäftslage als „gut“. Ein „Befriedigend“ vergeben 41 Prozent; lediglich sechs Prozent bezeichnen die Geschäftslage als „schlecht“ (siehe Abbildung 68).

Der Blick in die nahe Zukunft ist ebenfalls von Optimismus geprägt: Leitmarktübergreifend zeigen sich die befragten Unternehmen zuversichtlich. Die Hälfte von ihnen schätzt die Geschäftserwartungen für 2015 als „günstiger“ ein; 46 Prozent gehen von gleichbleibenden Geschäftserwartungen aus, und vier Prozent rechnen damit, dass die Geschäfte schlechter laufen.

In dieser überwiegend positiven Beurteilung der Geschäftslage und der Geschäftserwartung spiegeln sich die hohe Wachstumsdynamik sowie das erwartete Umsatz- und Mitarbeiterwachstum der GreenTech-Branche wider.

Am stärksten ausgeprägt ist der Optimismus in Bezug auf die wirtschaftliche Gegenwart und Zukunft bei Unternehmen mit Leitmarktfokus Nachhaltige Mobilität. Kein einziges Unternehmen mit diesem Tätigkeitsschwerpunkt rechnet für 2015 mit einer Verschlechterung der Geschäftslage. Diese Einschätzung ist ein weiteres Indiz für die hohen Wachstumserwartungen, die an den Bereich Elektromobilität geknüpft sind.

In der zuversichtlichen Beurteilung der Geschäftslage und der Geschäftserwartungen der Unternehmen mit Leitmarktfokus Energieeffizienz spiegelt sich die zunehmende Relevanz des Themas Energieeffizienz wider. Sie erhält Rückenwind aus zwei Richtungen: Zum einen durch die steigende Nachfrage im Business-to-Business-Segment. Unternehmen beurteilen das Einsparpotenzial durch Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz als besonders hoch.[11] Zum anderen ist die Verbesserung der Energieeffizienz ein zentrales Ziel der Energie- und Klimapolitik der Europäischen Union und der deutschen Bundesregierung. Neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien gilt die Steigerung der Energieeffizienz als wesentlicher Hebel für die Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Durchwachsen fällt das Stimmungsbild bei den Unternehmen mit Leitmarktfokus Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie aus. Zwar beurteilen die meisten von ihnen ihre aktuelle Geschäftslage als positiv. Gleichzeitig schätzen zehn Prozent der befragten Unternehmen mit dem Schwerpunkt in diesem Leitmarkt ihre derzeitige Geschäftslage als „schlecht“ ein. So häufig wurde diese negative Bewertung in keinem anderen Leitmarkt vergeben. Für das nächste Jahr gehen sieben Prozent der befragten Unternehmen mit diesem Leitmarktfokus von einer Verschlechterung der Geschäftslage aus. Dieser im Vergleich zu den übrigen Leitmärkten deutlich stärker ausgeprägte Skeptizismus ist vermutlich auf die Erfahrungen einiger Unternehmen mit der fortschreitenden Marktkonsolidierung in diesem Leitmarkt zurückzuführen.[12]

Bei der Betrachtung der Kreislaufwirtschaft fällt auf, dass die Unternehmen mit Fokus in diesem Leitmarkt überwiegend von einer gleichbleibenden Geschäftsentwicklung für 2015 ausgehen. Diese Einschätzung spiegelt die geringe Wachstumsdynamik im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft wider.

11 Siehe dazu die Analyse in Kapitel 7 zum Transformationsfeld Ökologischer Wandel.

12 Vgl. dazu zur Lage in der Photovoltaik-Industrie, S. 103.

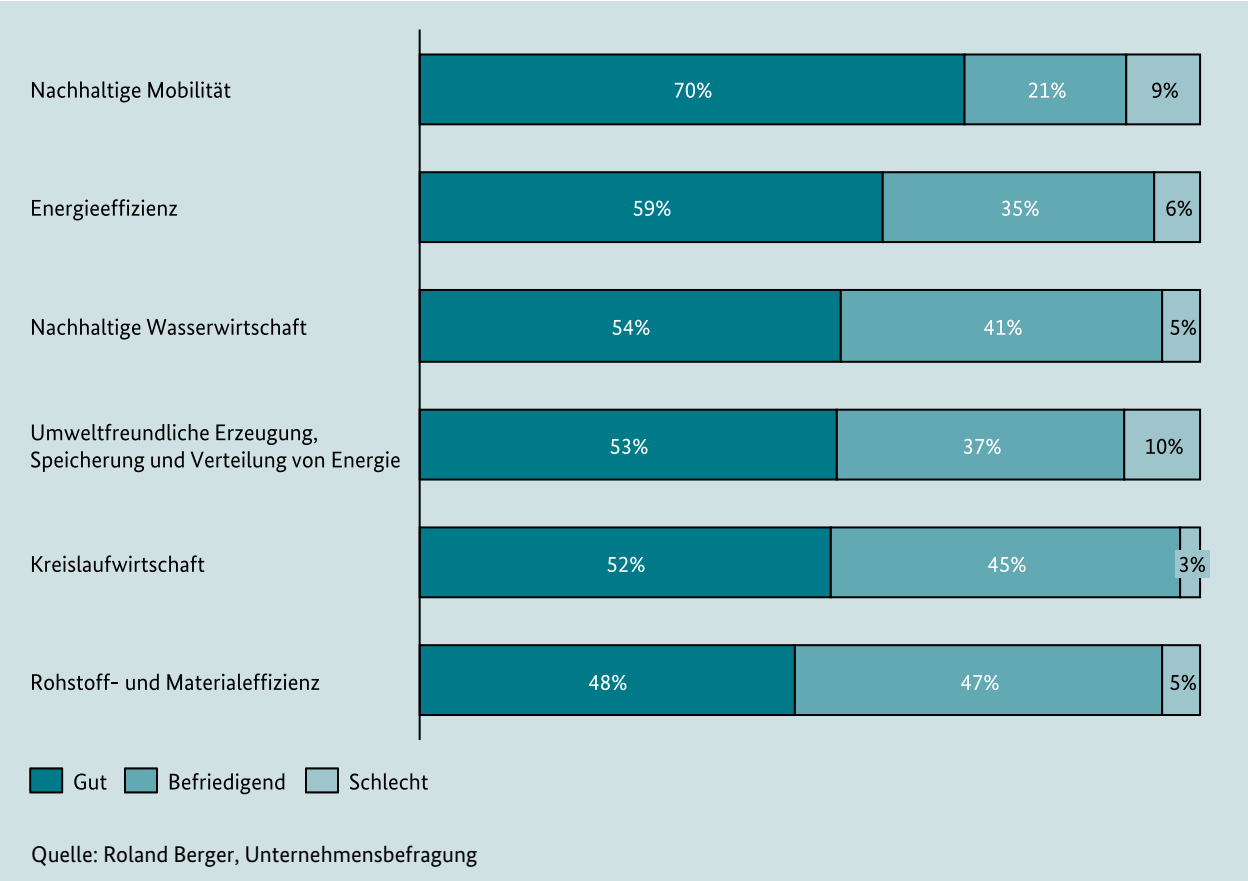


Abbildung 68: Beurteilung der aktuellen Geschäftslage differenziert nach Leitmarkt

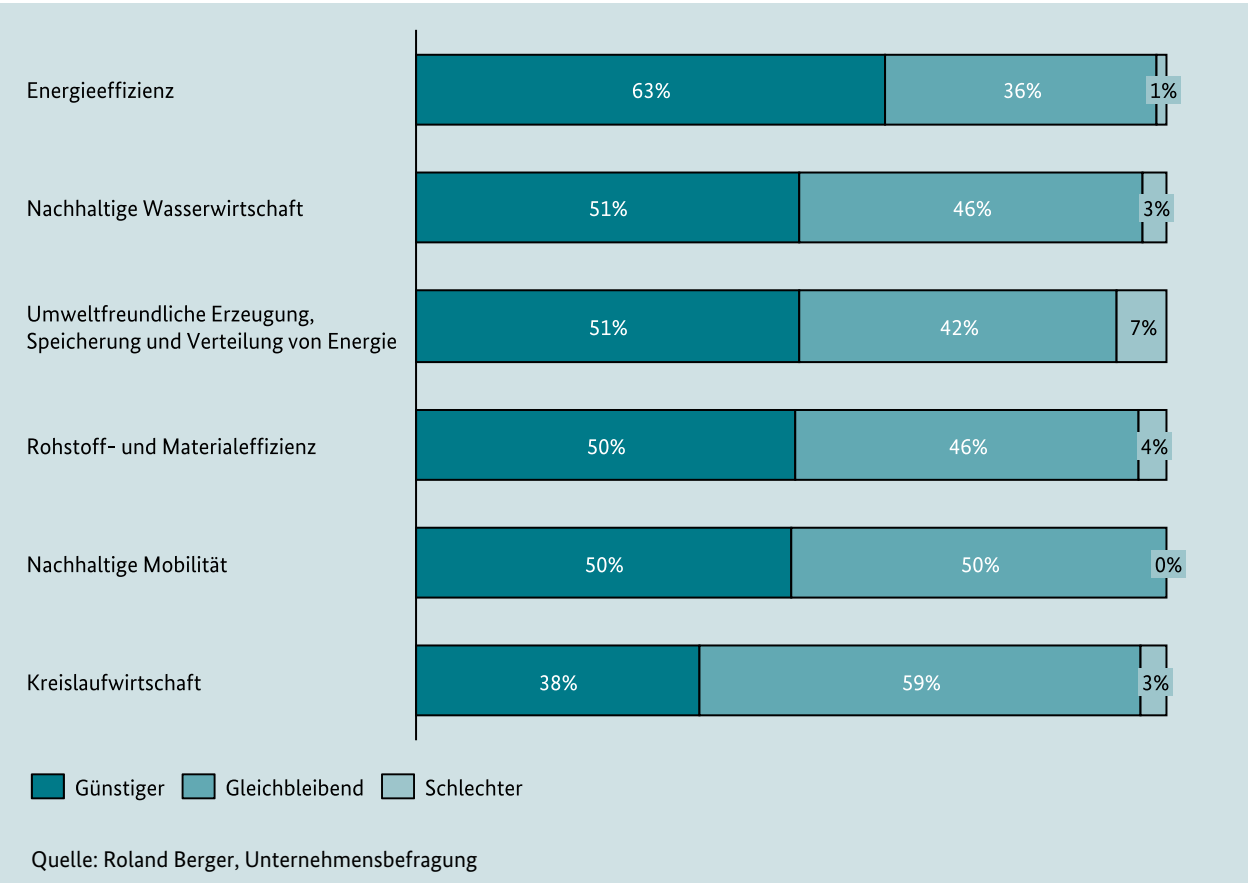
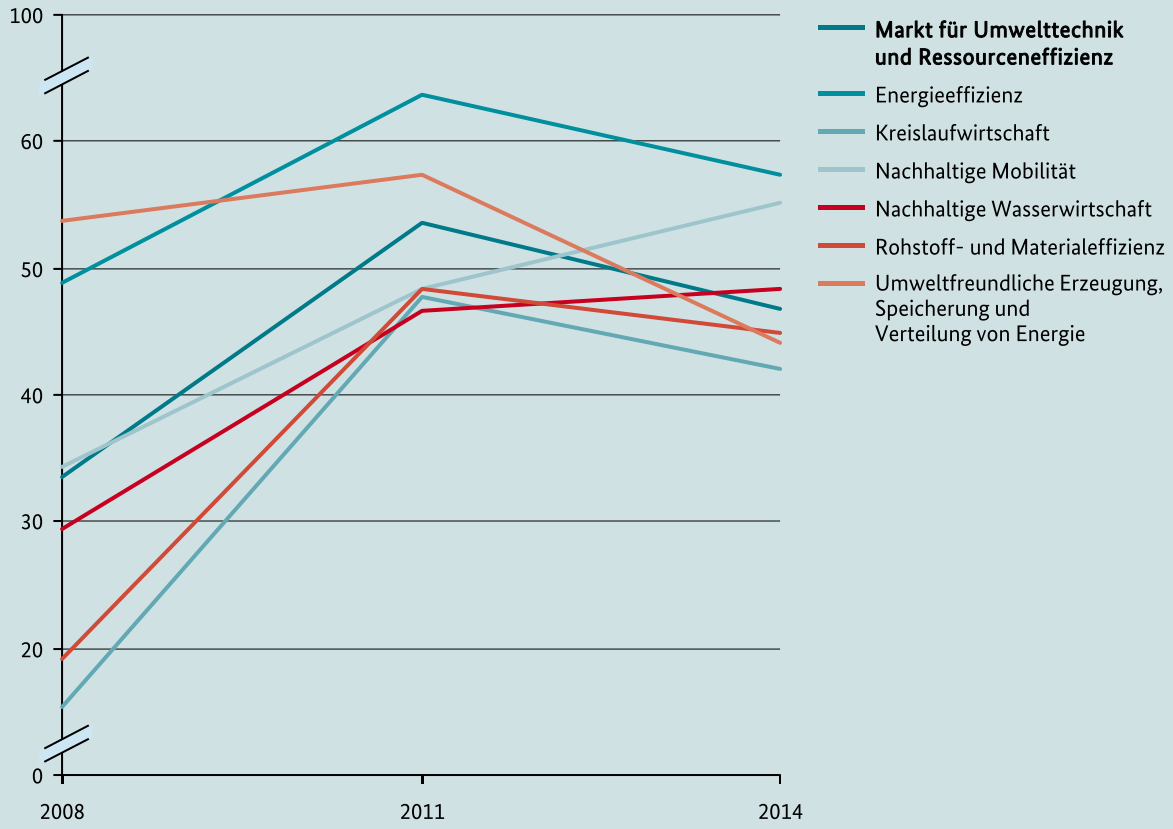


Abbildung 69: Beurteilung der Geschäftserwartungen differenziert nach Leitmarkt

Geschäftsklimaindex

Quasi als Stimmungsbarometer für die Befindlichkeit der GreenTech-Unternehmen in Deutschland wurde im Rahmen der Branchenanalyse ein Geschäftsklimaindex berechnet, der sowohl die Einschätzung der Gegenwart als auch die Erwartungen für die nahe Zukunft ausdrückt. Diese auf Jahresbasis berechnete Kennzahl ergibt sich aus den beiden Kategorien Geschäftslage („Beurteilung der aktuellen Geschäftslage“) und Geschäftserwartungen. Ein Gesamtindex von 100 bedeutet, dass alle Unternehmen die aktuelle Geschäftslage als „gut“ und die Geschäftserwartungen als „günstiger“ bewerten.

Abbildung 70 zeigt, wie sich die Geschäftsklimaindices in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zwischen 2008 und 2014 entwickelt haben. Dargestellt wird nicht nur der Geschäftsklimaindex für die Gesamtbranche, sondern auch die analog nach demselben Ansatz berechneten Indices der einzelnen Leitmärkte.



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 70: Entwicklung des Geschäftsklimaindex zwischen 2008 und 2014 (Index von 0 bis 100)

Die Entwicklung des Geschäftsklimaindex der GreenTech-Branche spiegelt im Wesentlichen die konjunkturelle Entwicklung in Deutschland wider. So lag der jahresdurchschnittliche ifo-Geschäftsklimaindex 2008 auf dem niedrigen Wert von 100,8 und stieg bis 2011 auf 111,3 Indexpunkte an.[13] In den Monaten Januar bis April 2014 ging der ifo-Index marginal zurück auf einen durchschnittlichen Wert von 111,0.

Einen detaillierten Blick auf die Veränderungen der Geschäftsklimaindices der einzelnen Leitmärkte ermöglicht Abbildung 71. Nachhaltige Mobilität und

13 Der ifo-Index wird seit 1972 regelmäßig erhoben und berechnet sich auf Basis der Geschäftslage und Geschäftserwartungen von rund 7.000 Unternehmen. Der Wert des ifo-Index ist auf das Jahr 2005 indexiert (ifo-Index 2005 = 100).

Nachhaltige Wasserwirtschaft sind die beiden Leitmärkte, die im Zeitraum 2011 bis 2014 eine positive Entwicklung ihrer Geschäftsklimaindices verzeichnen. Der Geschäftsklimaindex der Nachhaltigen Mobilität hat seit 2011 um 6,4 Indexpunkte zugelegt – ein weiteres Indiz für die bereits beschriebene ausgeprägte Wachstumsdynamik dieses Leitmarktes. Beim Geschäftsklimaindex der Nachhaltigen Wasserwirtschaft war zwischen 2011 und 2014 ein Plus von 1,8 Indexpunkten zu verbuchen.

Im Leitmarkt Energieeffizienz ist der Geschäftsklimaindex in den letzten Jahren rückläufig: Der Stand 2014 liegt um 6,3 Indexpunkte unter dem Wert von 2011. Allerdings zeigt die hellblaue Linie in Abbildung 70 deutlich, dass der Geschäftsklimaindex für die Energieeffizienz die höchsten Werte aller Leitmärte aufweist. Dies kann als Ausdruck der positiven Geschäftserwartungen der Unternehmen mit Leitmarktfokus Energieeffizienz interpretiert werden.

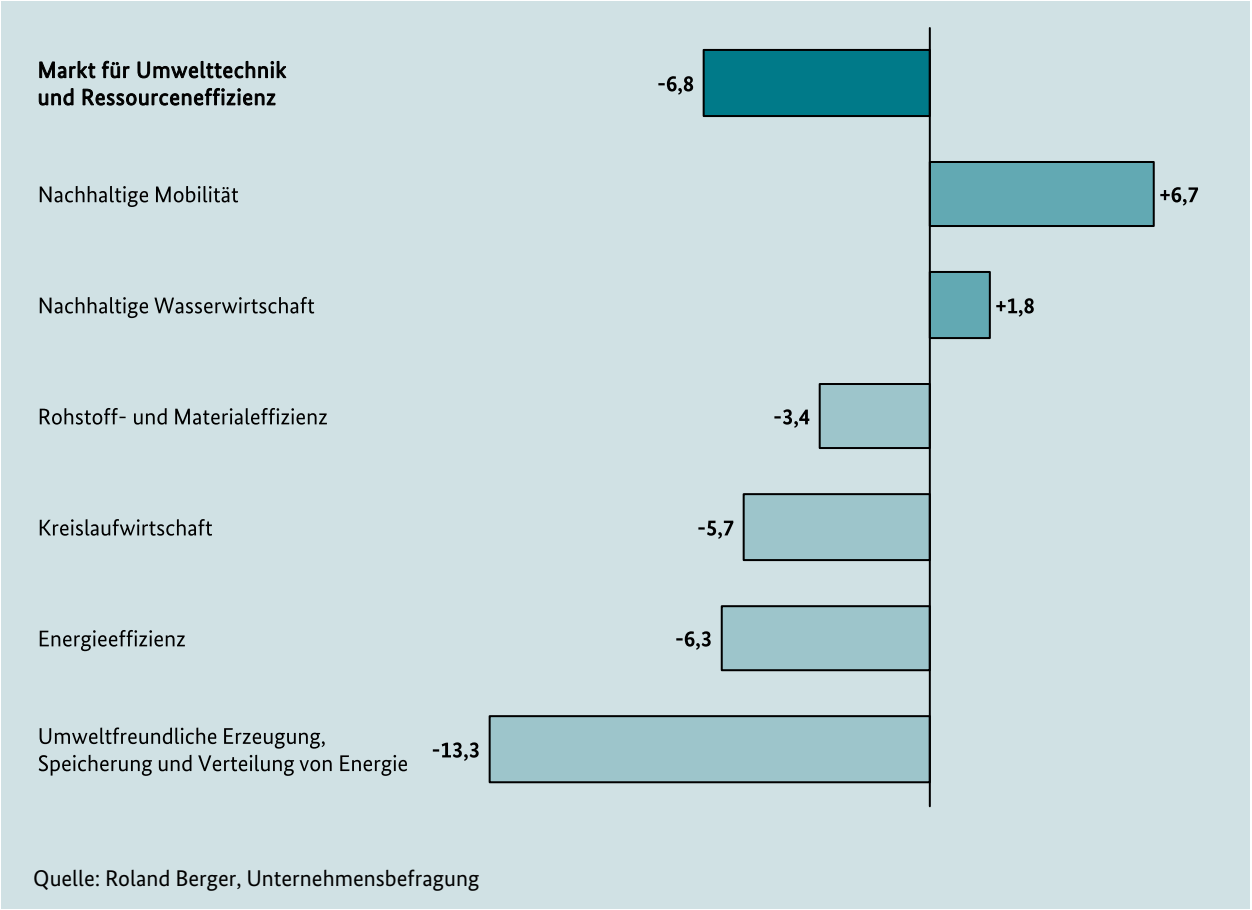
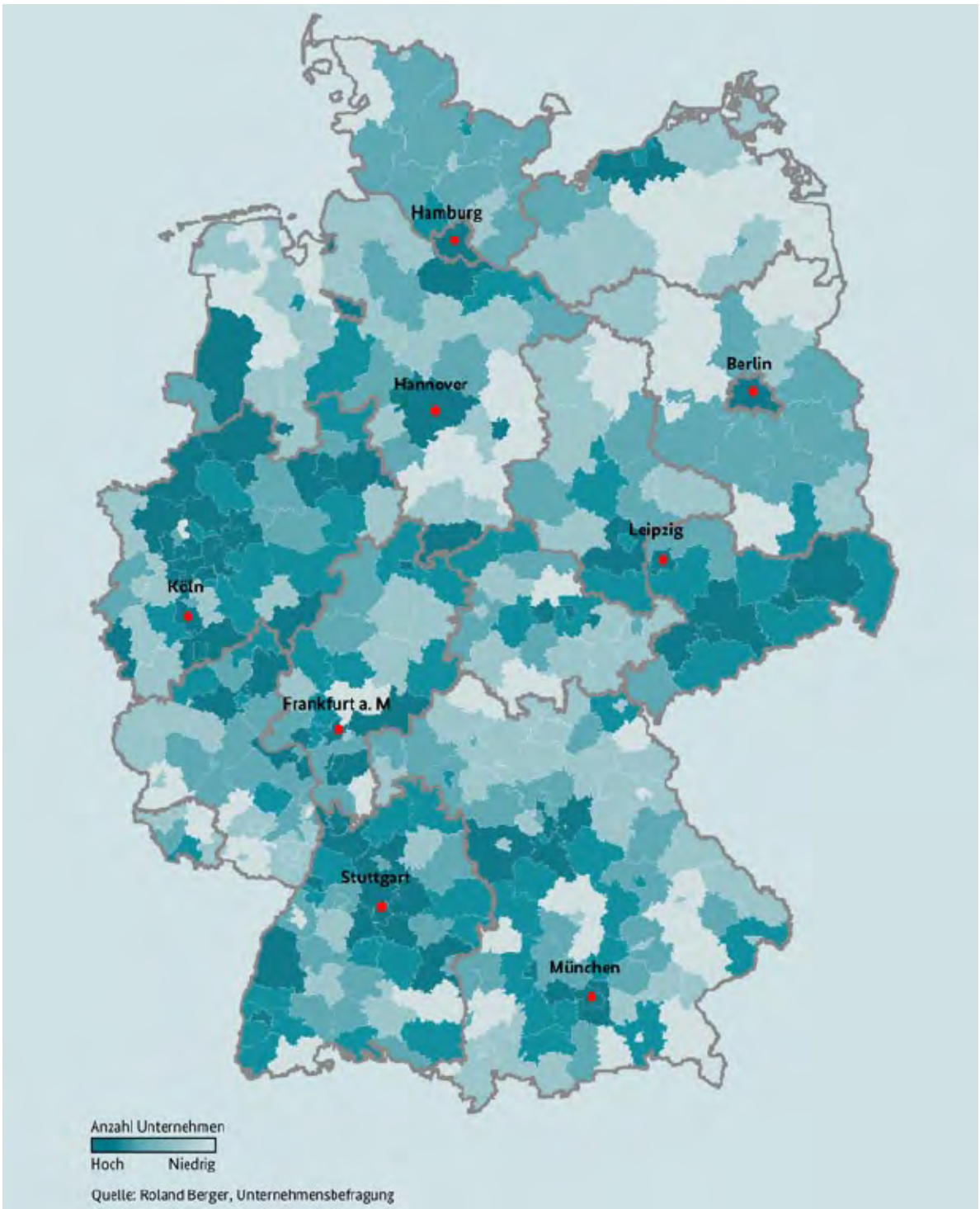


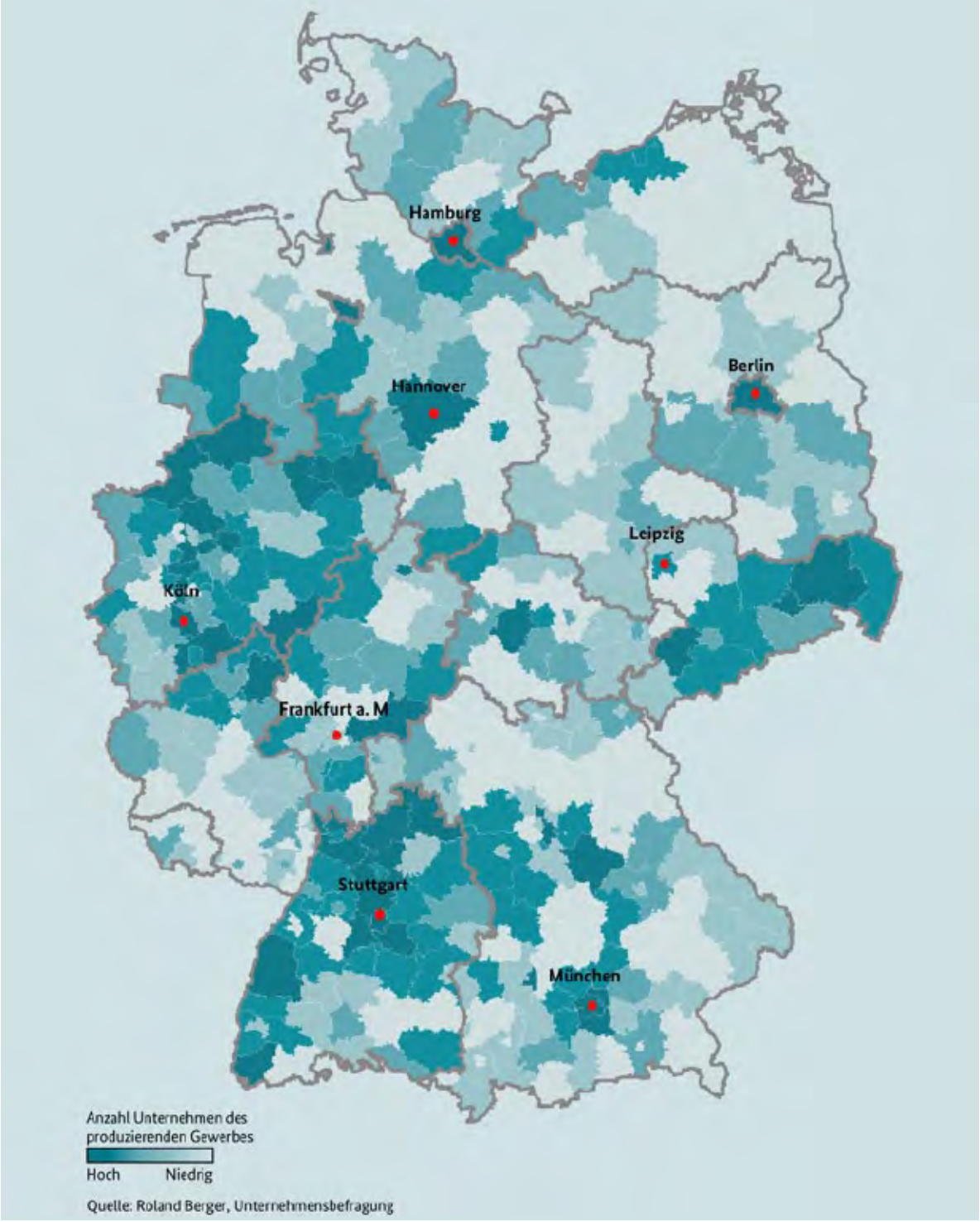
Abbildung 71: Veränderung des Geschäftsklimaindex zwischen 2011 und 2014 (Veränderung in Indexpunkten absolut)

Ansichten der deutschen GreenTech-Branche: Die geografische Verteilung der Unternehmen

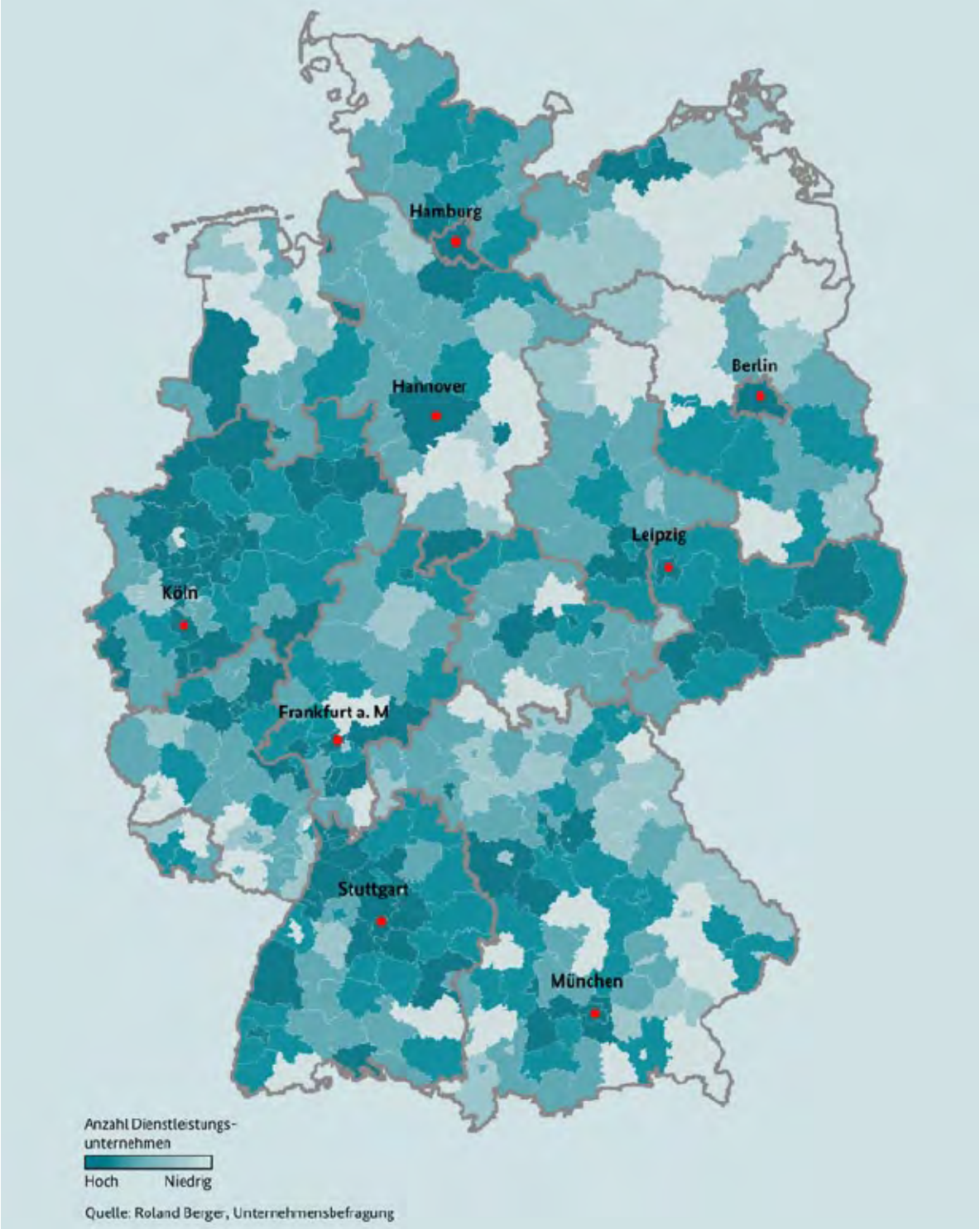
Regionale Verteilung von Unternehmen im Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf Kreisebene



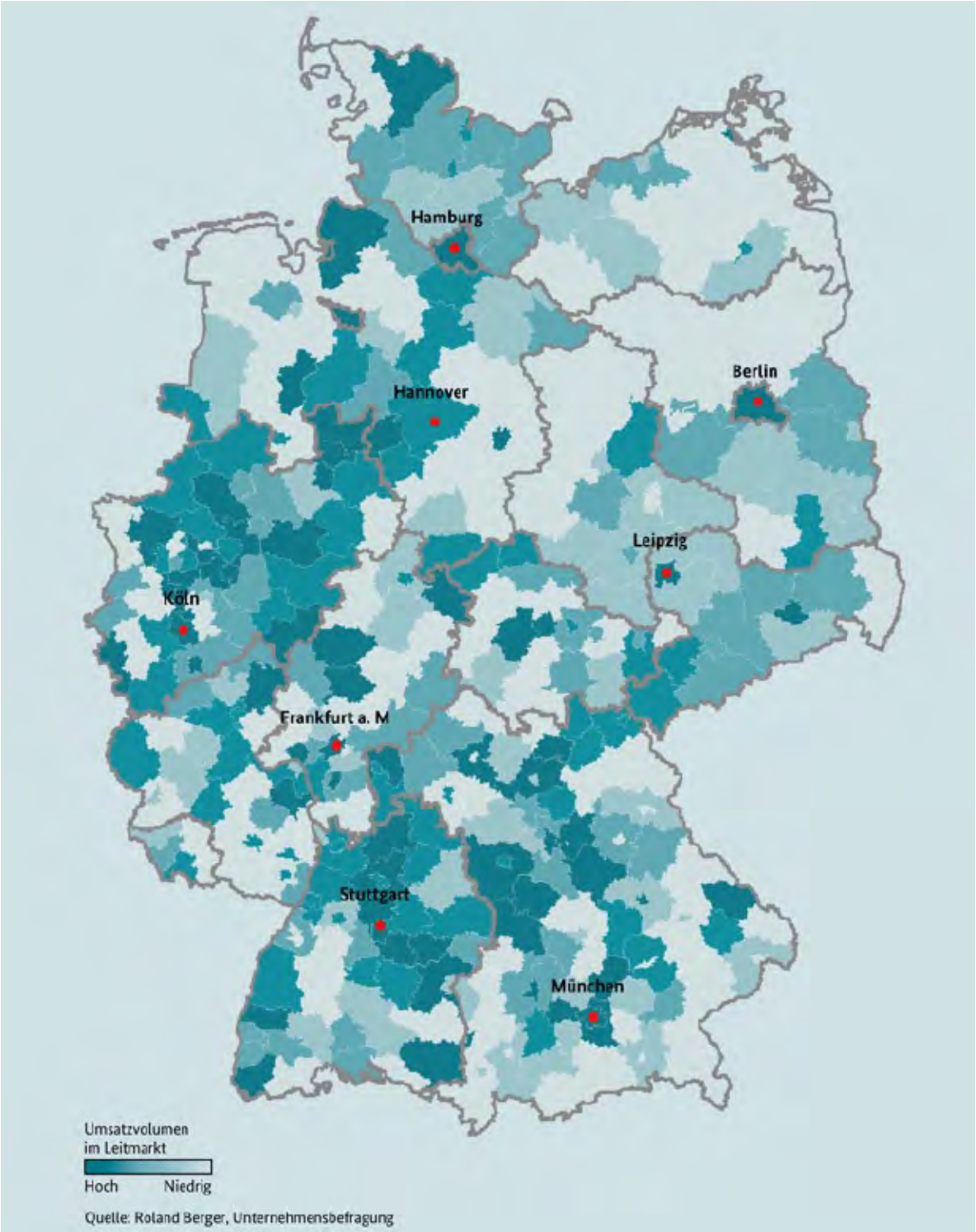
Regionale Verteilung von Unternehmen des produzierenden Gewerbes im Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf Kreisebene



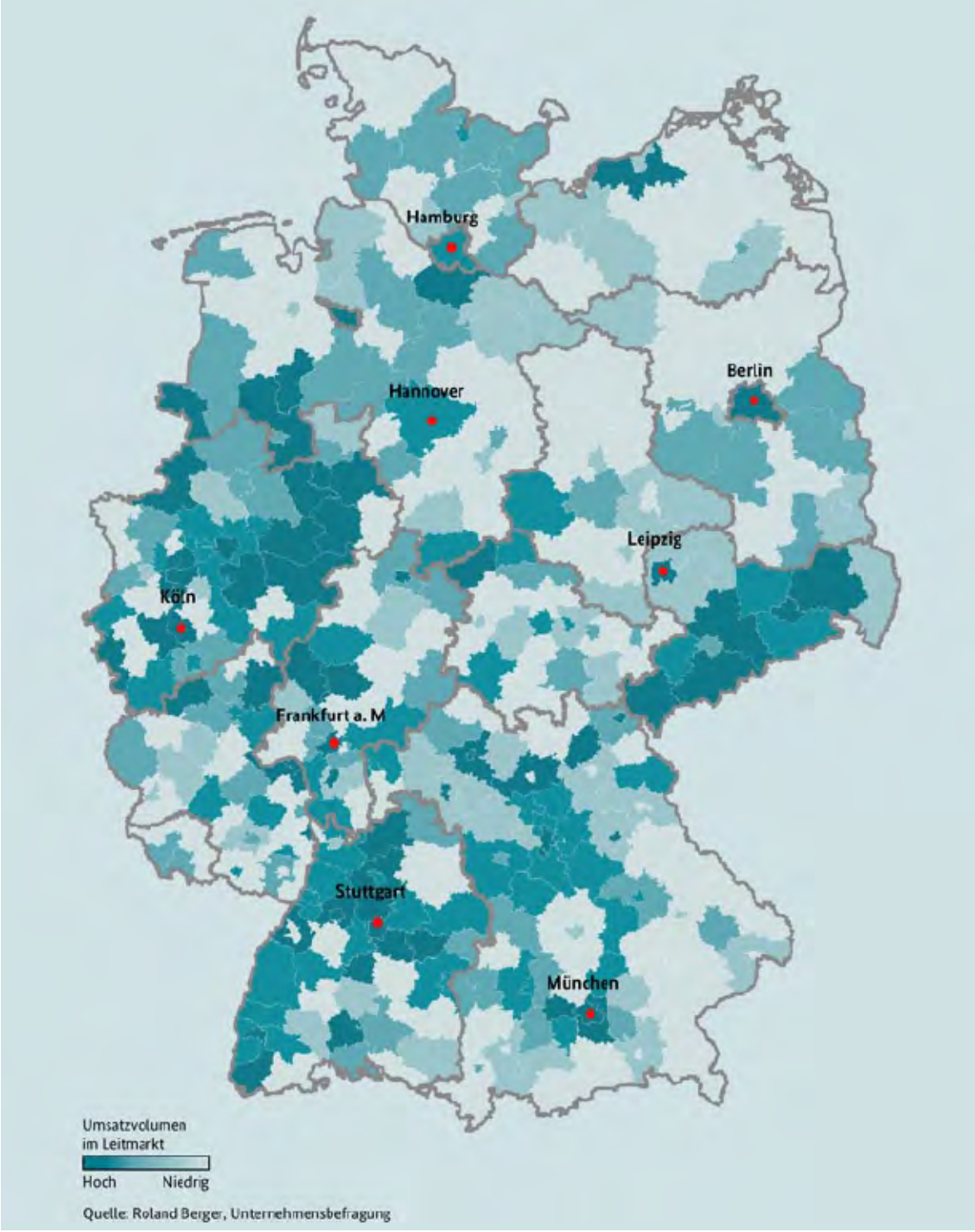
Regionale Verteilung von Dienstleistungsunternehmen im Markt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf Kreisebene



Regionale Verteilung des Umsatzvolumens im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie auf Kreisebene

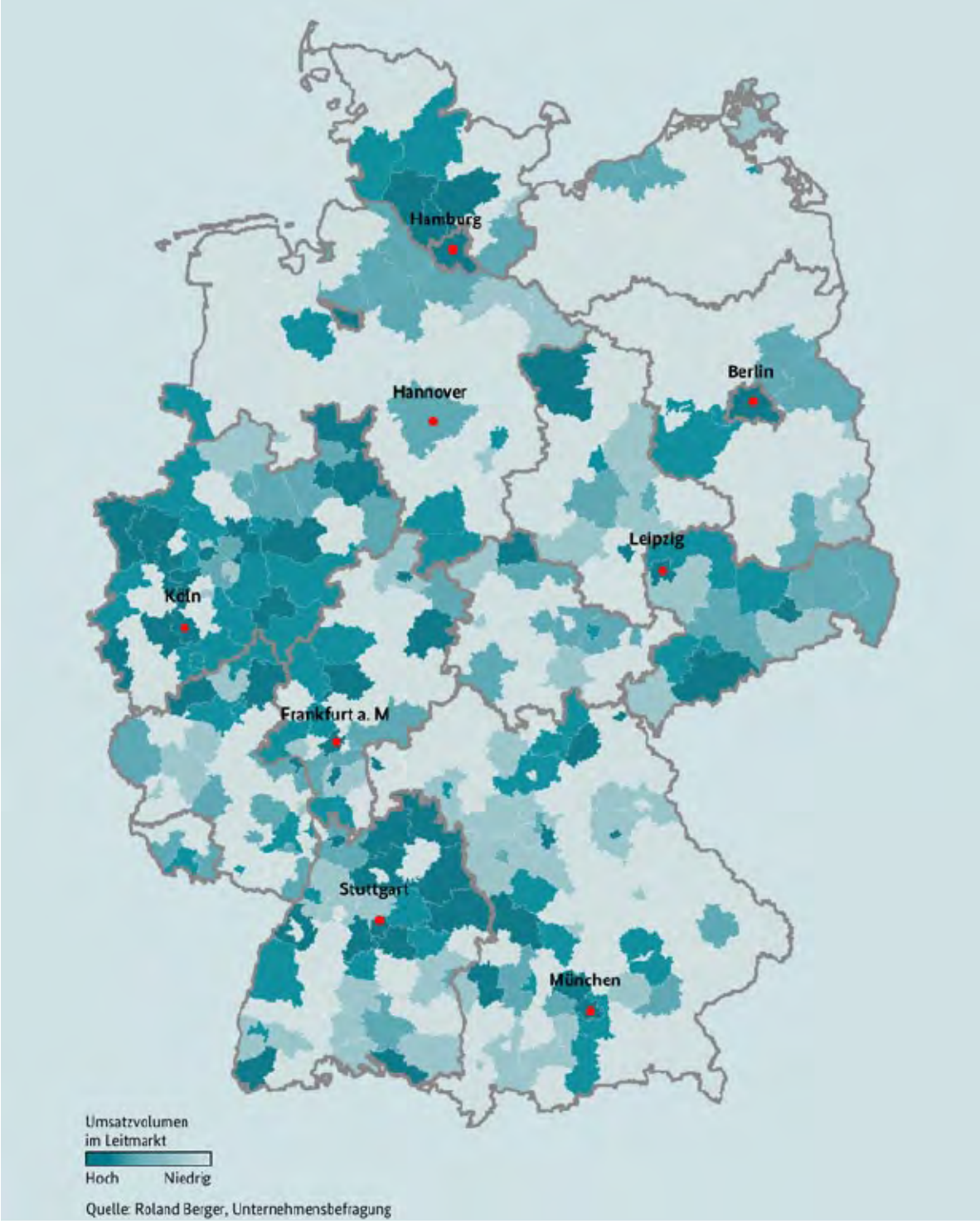


Regionale Verteilung des Umsatzvolumens im Leitmarkt Energieeffizienz auf Kreisebene



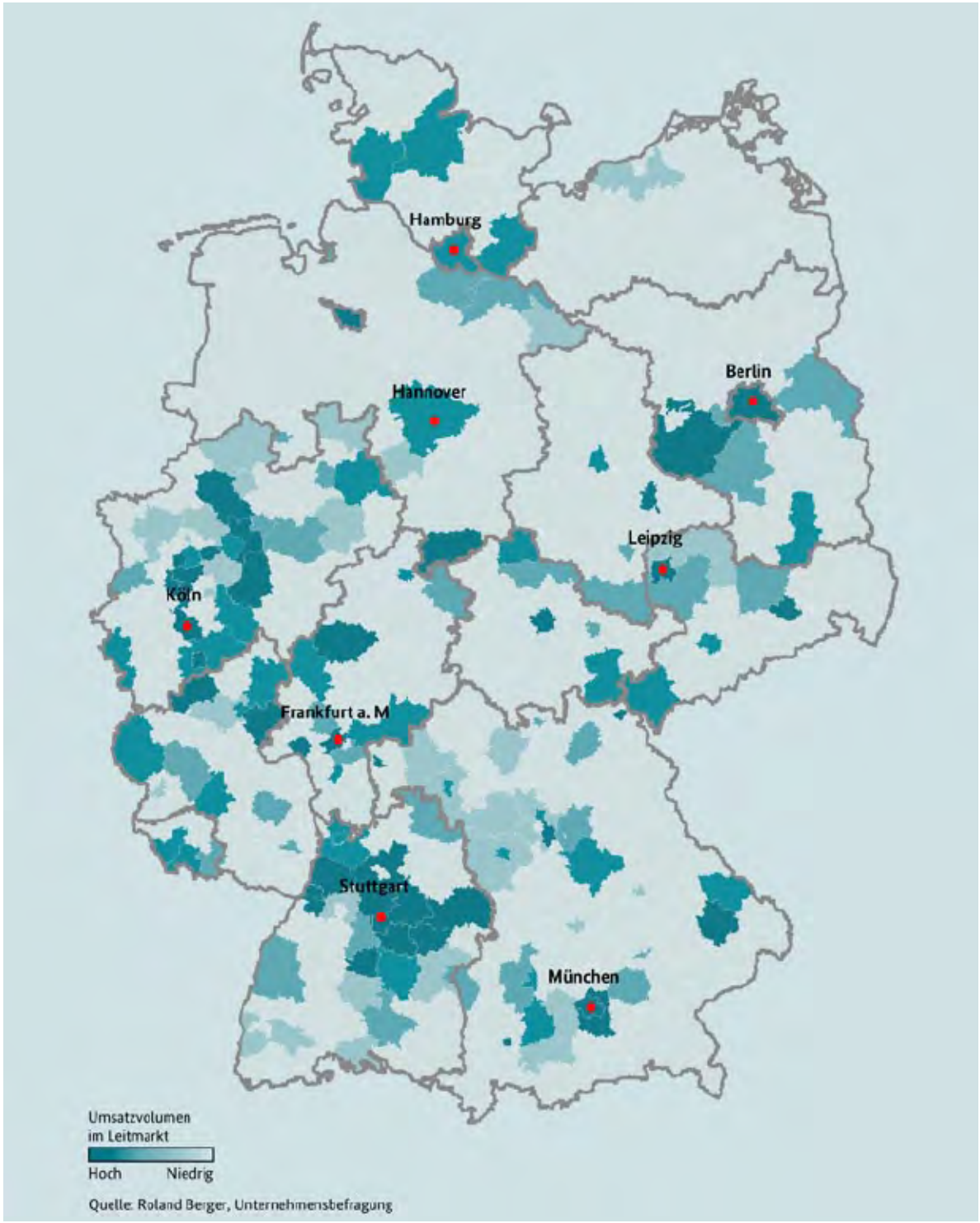
Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Regionale Verteilung des Umsatzvolumens im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz auf Kreisebene

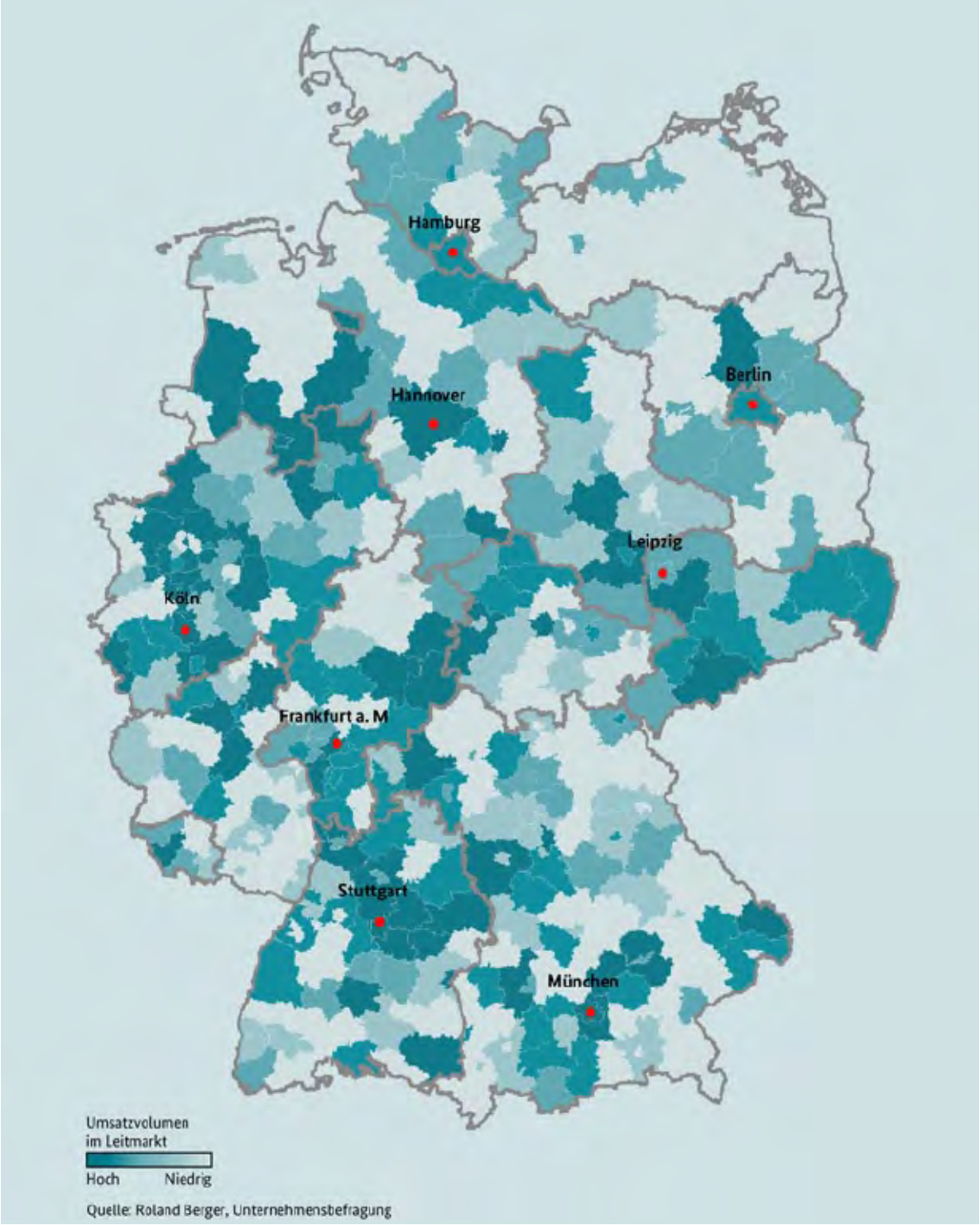


Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

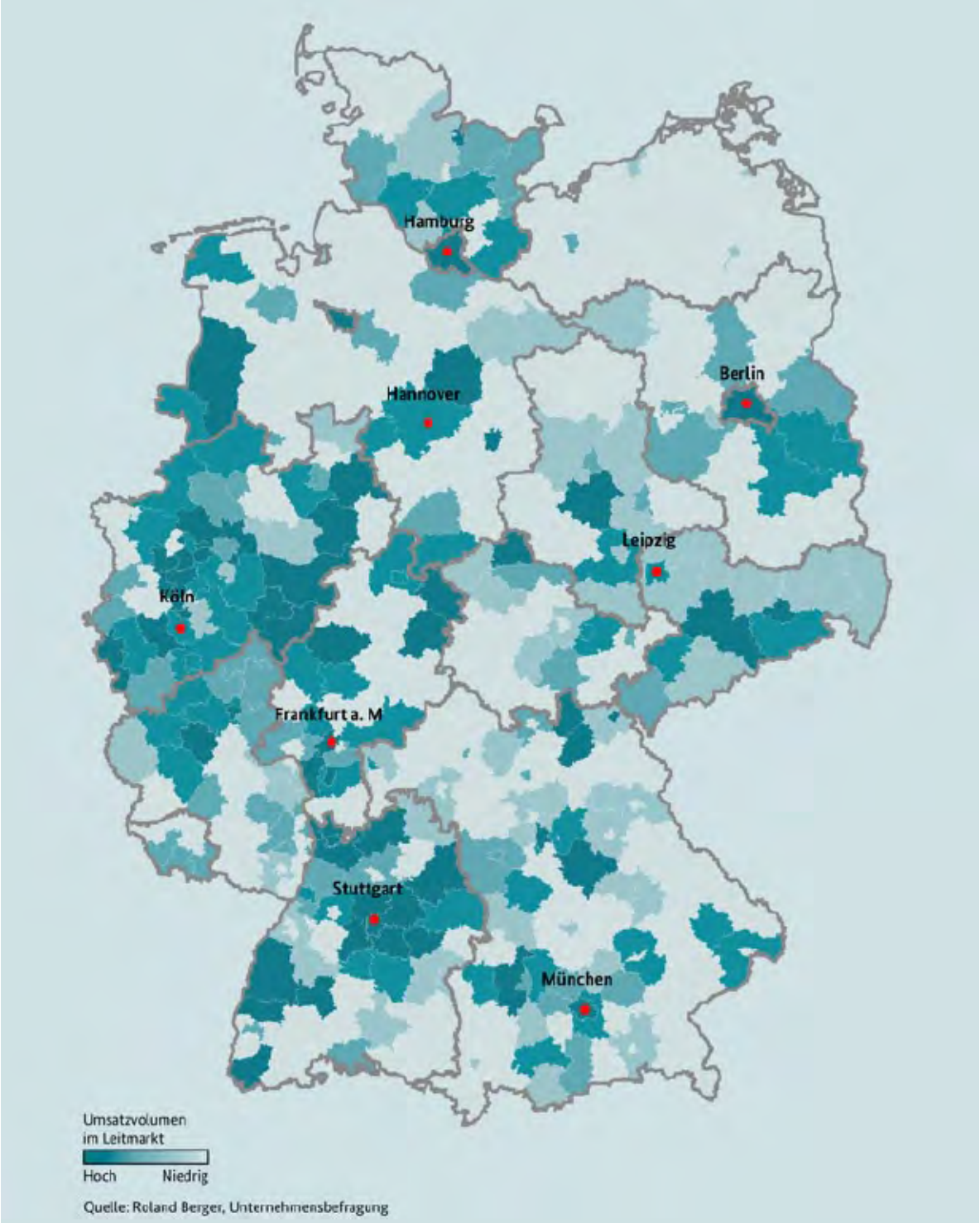
Regionale Verteilung des Umsatzvolumens im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität auf Kreisebene



Regionale Verteilung des Umsatzvolumens im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft auf Kreisebene



Regionale Verteilung des Umsatzvolumens im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft auf Kreisebene



Exportquote legt deutlich zu – „GreenTech made in Germany“ auf Auslandsmärkten zunehmend gefragt

Die deutschen Anbieter von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz zeigen eine starke Präsenz auf internationalen Märkten: Die Auswertung der Unternehmensdaten hat für die GreenTech-Branche insgesamt eine Exportquote von 39 Prozent ergeben; das heißt, 39 Prozent des Umsatzes in dieser Querschnittsbranche werden im Ausland erwirtschaftet. Das entspricht in etwa der Exportquote der deutschen Wirtschaft, die 2013 bei 40 Prozent lag.[14] 2011 lag die Exportquote der Unternehmen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in der Befragung für die Publikation *GreenTech made in Germany 3.0* bei rund 23 Prozent.[15] Dieser markante Anstieg zeigt, dass die deutsche GreenTech-Branche bei der Internationalisierung deutlich aufgeholt hat. Künftig ist eine Fortsetzung dieses Trends zu erwarten.

Der Umsatzanteil von 61 Prozent im Inlandsgeschäft lässt sich differenzieren nach Aktivitäten innerhalb und außerhalb des Bundeslandes des Firmensitzes der Unternehmen. Diese Unterscheidung zeigt nach wie vor eine starke regionale Orientierung der Akteure in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Im Durchschnitt erwirtschaften die Unternehmen dieses Wirtschaftszweiges 26 Prozent ihrer Umsätze im Bundesland des Firmensitzes. Jenseits der Grenzen des eigenen Bundeslandes wird im Inland ein Umsatzanteil von 35 Prozent erzielt.

Abbildung 72 zeigt differenziert nach Leitmarktfokus die regionale Umsatzverteilung der Unternehmen. Bei Unternehmen mit Leitmarktfokus Nachhaltige Wasserwirtschaft (56 Prozent) und Nachhaltige Mobilität (53 Prozent) fällt der Anteil der im Ausland realisierten Umsätze am höchsten aus. Daran zeigt sich eine starke Exportorientierung der Unternehmen.

Der Anteil der Umsätze, die im eigenen Bundesland erwirtschaftet werden, ist bei Unternehmen mit Leitmarktfokus Kreislaufwirtschaft größer als in den anderen Leitmärkten (35 Prozent). Darin spiegelt sich ein besonders hoher Grad regionaler Wertschöpfung und Kundenbindung innerhalb der Kreislaufwirtschaft wider.

In Abbildung 73 wird die regionale Verteilung der Umsätze von Dienstleistungsunternehmen und Unternehmen des produzierenden Gewerbes gegenübergestellt. GreenTech-Unternehmen, die ausschließlich Dienstleistungen anbieten, erwirtschaften weniger als ein Viertel ihrer Umsätze im Ausland. Dagegen liegt die durchschnittliche Exportquote bei Unternehmen des produzierenden Gewerbes bei 47 Prozent. Dementsprechend ist die regionale Orientierung bei den reinen Dienstleistern wesentlich stärker ausgeprägt: Unternehmen, die dieser Kategorie zugerechnet werden, erwirtschaften 47 Prozent ihrer Umsätze in ihrem Heimat-Bundesland.

Ein interessanter Aspekt für die Prognosen zum weiteren Internationalisierungsprozess der deutschen GreenTech-Anbieter ist die Frage, welchen internationalen Absatzmärkten die Unternehmen aktuell und in Zukunft die größte Bedeutung beimessen. Die Einschätzung, die sich bei der Auswertung der Unternehmensdaten herauskristallisiert hat, wird in den Abbildungen 74 und 75 visualisiert.

Aus Sicht der Unternehmen bilden Europa und China heute die wichtigsten internationalen Absatzmärkte für die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz. Bis 2025, so die Erwartung der Unternehmen, wird Osteuropa als Absatzmarkt mehr Bedeutung erlangen. Auch Brasilien, Russland, Indien und China, die sogenannten BRIC-Staaten, werden eine zunehmend wichtige Rolle als Exportländer für „GreenTech made in Germany“ spielen.

Die Erwartungen der Unternehmen in Bezug auf die Relevanz von Absatzmärkten im Ausland wurden zu einem Ranking verdichtet. Die Top-5-Absatzmärkte im Jahr 2025 werden demnach von folgende Regionen beziehungsweise Staaten gebildet: Westeuropa rangiert auf Platz eins, gefolgt von Osteuropa. China besetzt Rang drei, gefolgt von Russland. Der Nahe Osten steht in diesem Ranking auf Platz fünf.

14 Vgl. Statistisches Bundesamt (2014d).

15 Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012b), S. 189.

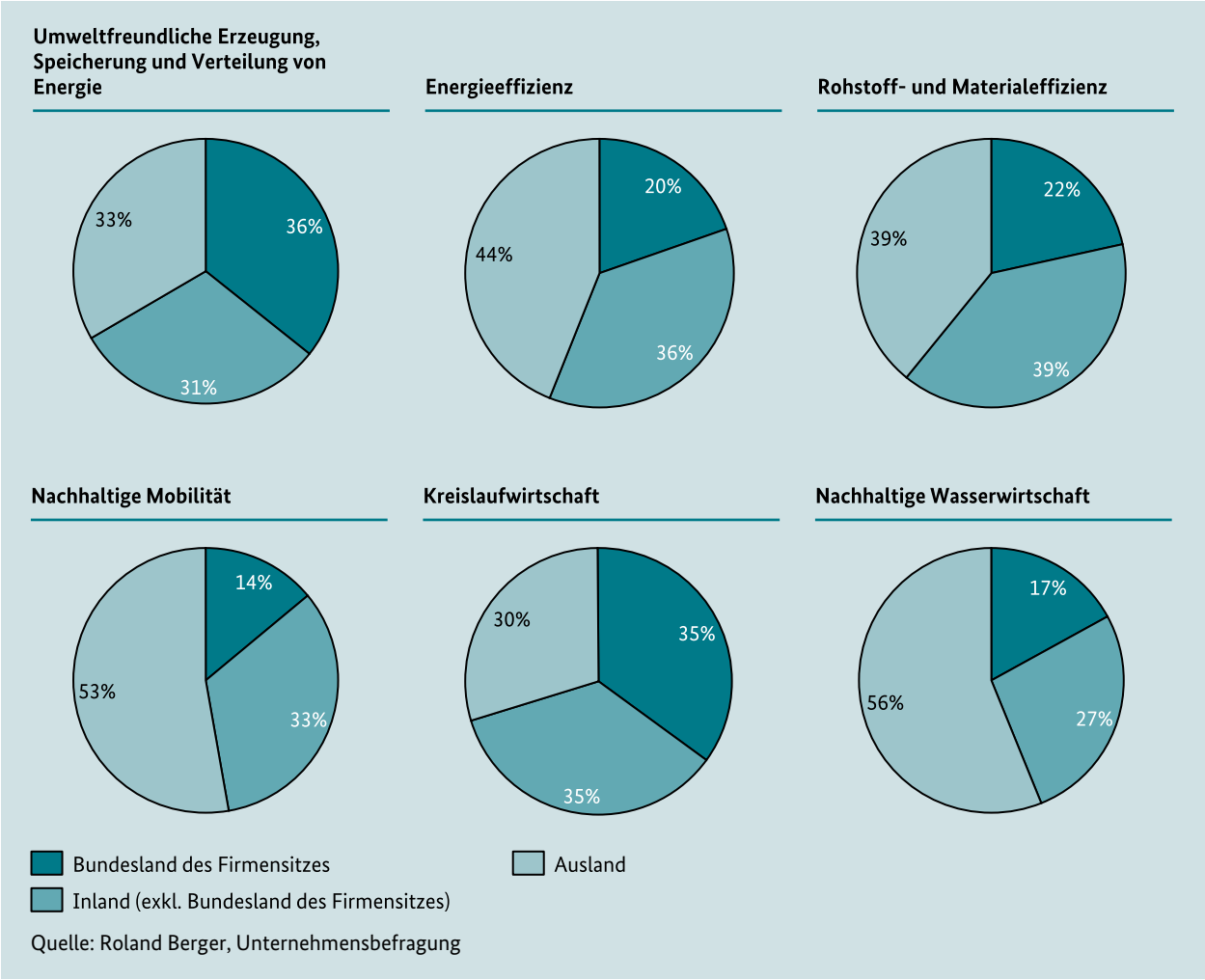


Abbildung 72: Umsatzverteilung nach Regionen, differenziert nach Leitmarktfokus (in Prozent)

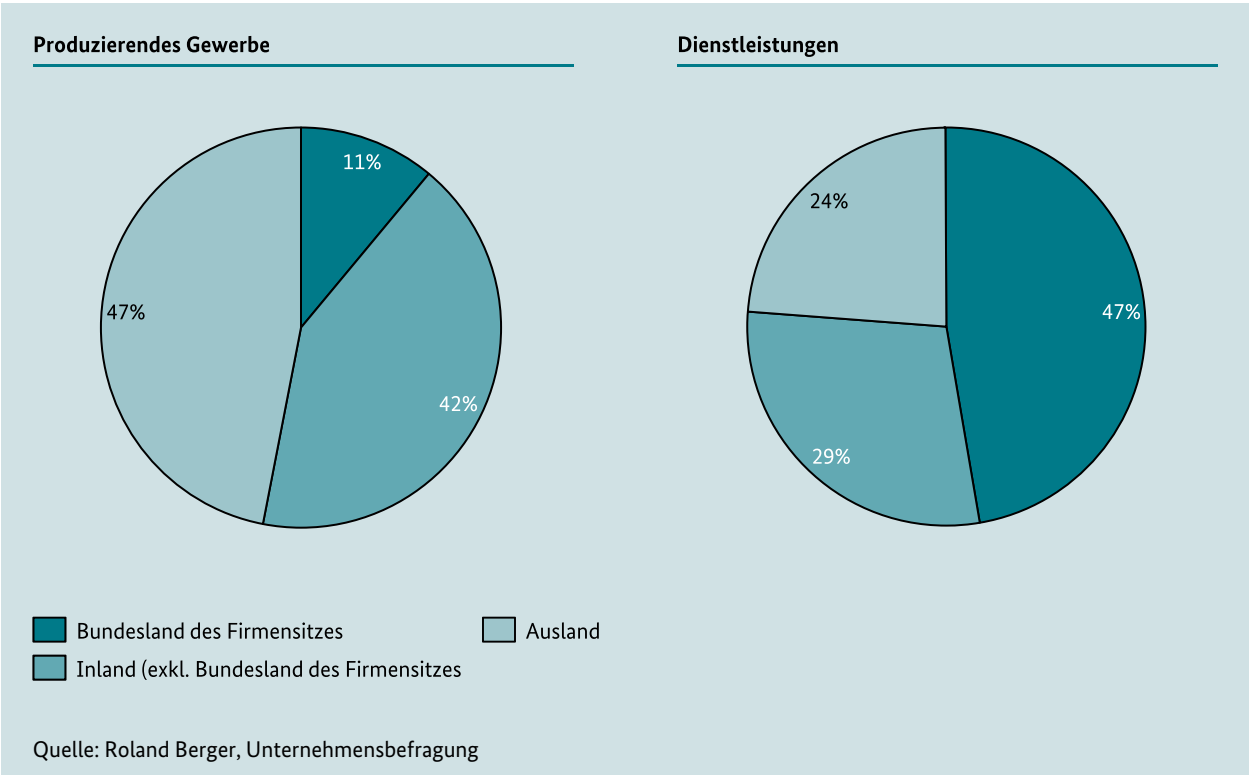


Abbildung 73: Umsatzverteilung nach Regionen von produzierenden Unternehmen und Dienstleistern (in Prozent)

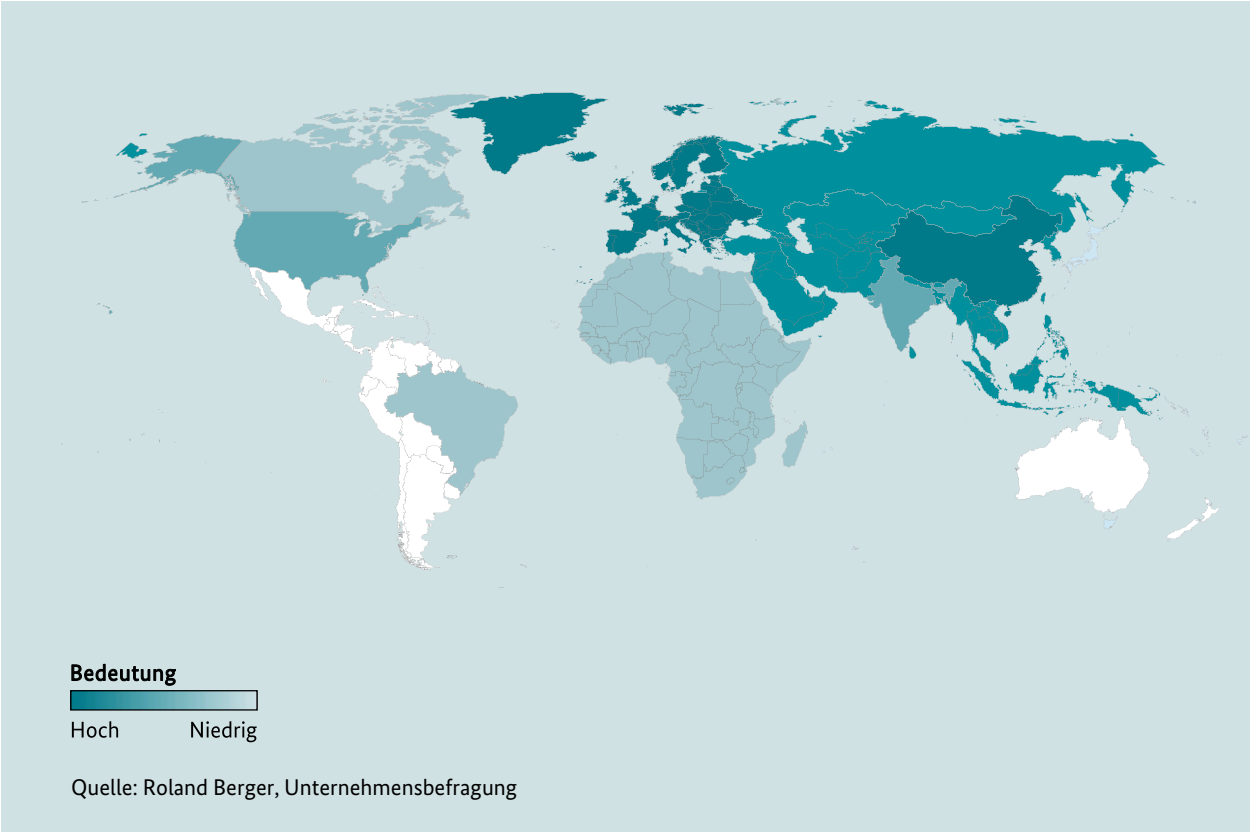


Abbildung 74: Bedeutung internationaler Absatzmärkte im Jahr 2014 aus Sicht der befragten Unternehmen

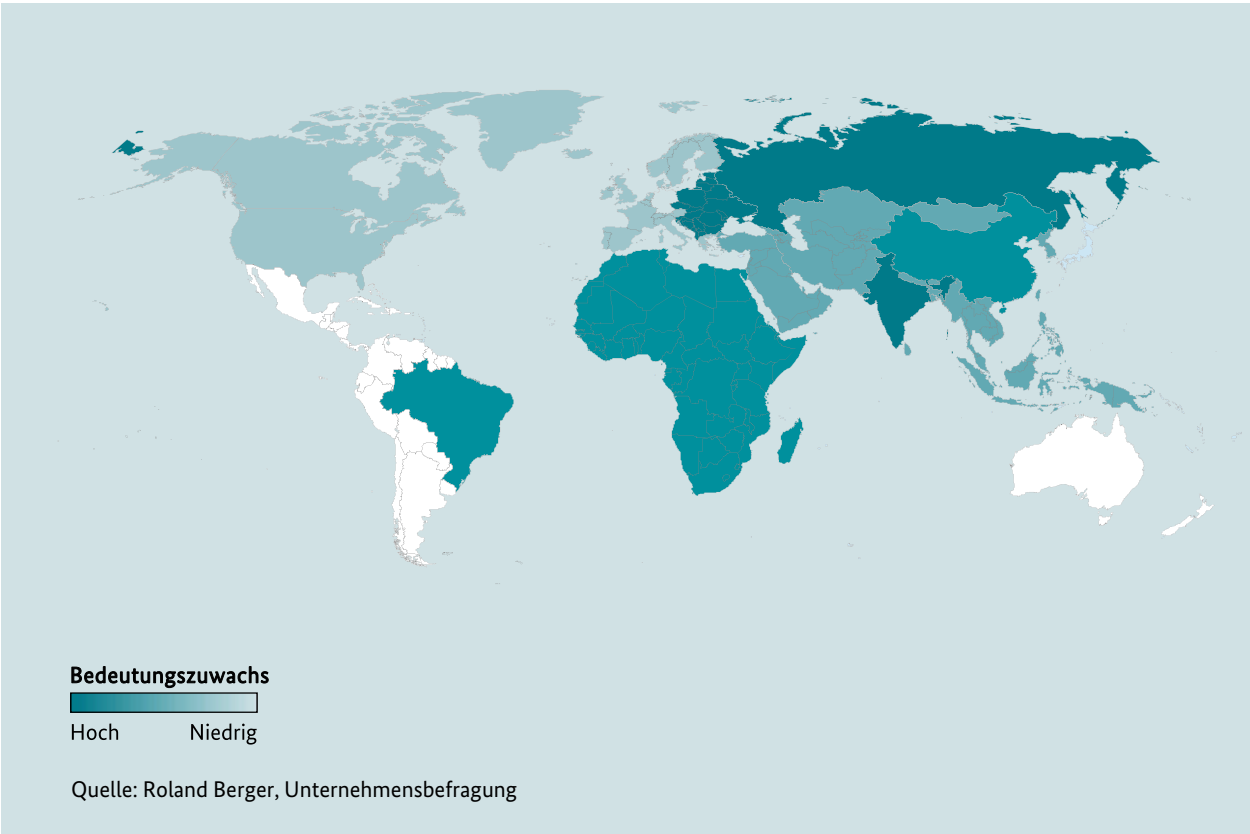


Abbildung 75: Erwarteter Bedeutungszuwachs internationaler Absatzmärkte bis 2025 aus Sicht der befragten Unternehmen

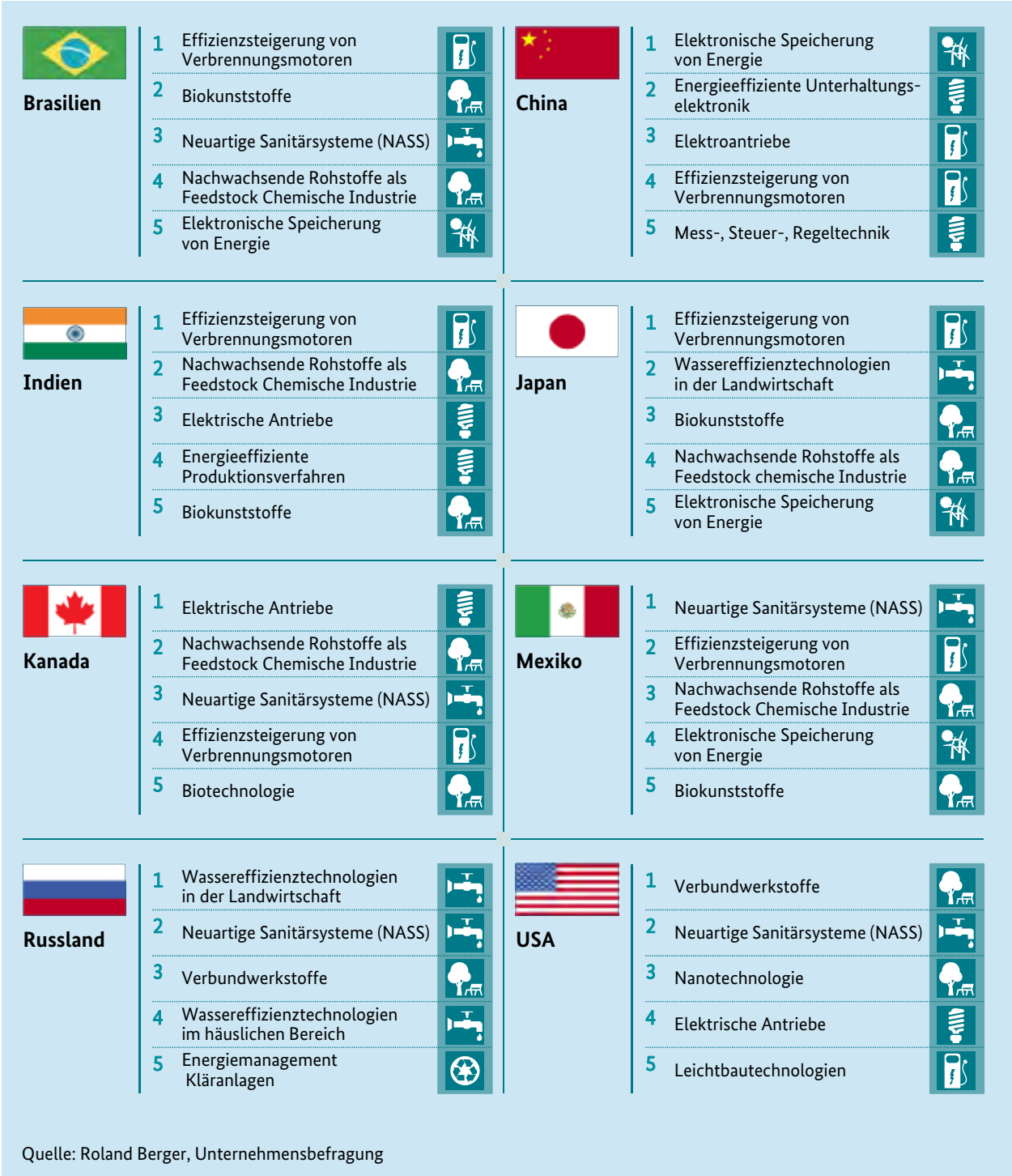
In Abbildung 76 wird die relative Attraktivität der Auslandsmärkte für bestimmte Marktsegmente anhand einer zweidimensionalen Matrix gezeigt. Die relative Attraktivität wurde aus den erwarteten Umsatzentwicklungen der befragten Unternehmen in den jeweiligen Ländern beziehungsweise Regionen abgeleitet. So stellt die relative Attraktivität in diesem Kontext einen Indikator dafür dar, dass ein Bestimmungsland beziehungsweise eine Region ein potenziell umsatzstarker Exportmarkt für Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ist.

Abbildung 76: Relative Attraktivität von ausgewählten Ländern und Regionen nach Marktsegmenten im Jahr 2025

Bei der Betrachtung der relativen Attraktivität nach Auslandsmärkten und Marktsegmenten fällt auf, dass Europa, China und Russland über alle Marktsegmente hinweg die höchste Attraktivität aufweisen (siehe Abbildung 76).

Differenziert nach Marktsegmenten zeigt sich, dass insbesondere Energieeffziente Produktionsverfahren (Leitmarkt Energieeffizienz) sowie Technologien zur Effizienzsteigerung im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität ein hohes Exportpotenzial aufweisen. Die höchsten Exportpotenziale für Märkte außerhalb Europas sehen die befragten Unternehmen beim Verkauf von Alternativen Antriebstechnologien nach China sowie bei der Ausfuhr von Technologien zur Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung nach Russland und Osteuropa.

Die Abbildungen 77 und 78 geben einen Überblick, welchen fünf Technologielinien in einzelnen Ländern und Regionen besonders hohe Exportchancen zugeschrieben werden.



Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 77: Top-5 Technologielinien nach Auslandsmarkt und Attraktivität mit Leitmarktzuordnung

Afrika

1. Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft
2. Mechanische Speicherung von Energie
3. Nachwachsende Rohstoffe als Feedstock Chemische Industrie
4. Photovoltaik
5. Kompressoren, Druckluft und Vakuumtechnik

Asien (exkl. China, Indien, Japan)

1. Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren
2. Elektronische Speicherung von Energie
3. Energieeffiziente Unterhaltungselektronik
4. Elektrische Antriebe
5. Nachwachsende Rohstoffe als Feedstock Chemische Industrie

Mittel- und Südamerika (exkl. Brasilien, Mexiko)

1. Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft
2. Mechanische Speicherung von Energie
3. Neuartige Sanitärsysteme (NASS)
4. Nachwachsende Rohstoffe als Feedstock Chemische Industrie
5. Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren

Naher Osten

1. Leichtbautechnologien
2. Nachwachsende Rohstoffe als Feedstock Chemische Industrie
3. Elektrische Antriebe
4. Hochleistungskraftwerke
5. Verkehrsleitsysteme

Osteuropa (exkl. Russland)

1. Wassereffizienztechnologien in der Landwirtschaft
2. Neuartige Sanitärsysteme (NASS)
3. Wassereffizienztechnologien im häuslichen Bereich
4. Biokunststoffe
5. Mechanische Speicherung von Energie

Westeuropa (exkl. Deutschland)

1. Verbundwerkstoffe
2. Naturdämmstoffe
3. Organische Elektronik
4. Biokunststoffe
5. Elektrische Antriebe

Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung

Abbildung 78: Top-5 Technologielinien nach Regionen und Attraktivität mit Leitmarktzuordnung

7 Die Grüne Transformation – Unternehmen auf dem Weg in die Green Economy

In Deutschland hat der Strukturwandel der Wirtschaft hin zu einer Green Economy längst begonnen. Die Fortschritte dieser Grünen Transformation wurden durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure ermöglicht: Das Zusammenspiel von Bürgern, Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Politik hat wesentlich zur Verankerung umweltpolitischer Ziele in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft beigetragen.

Im Fokus dieses Kapitels stehen die Unternehmen: Als zentrale Akteure der Entwicklung zu einer kohlenstoffarmen und ressourceneffizienten Ökonomie spielen sie eine besonders exponierte Rolle bei der Grünen Transformation und setzen wichtige Impulse für die Annäherung an das Leitbild der Green Economy, die sich als eine mit Natur und Umwelt in Einklang stehende, innovationsorientierte Volkswirtschaft charakterisieren lässt.

Das vorliegende Kapitel betrachtet, welche Etappen die Unternehmen in Deutschland auf dem Weg der Transformation zu einer Green Economy bereits zurückgelegt haben. Dabei bilden die Selbsteinschätzung der Unternehmen ihrer schon erreichten Ziele und der Ausblick auf die noch vor ihnen liegenden Aufgaben einen wesentlichen Teil der Darstellung.

Zur Methode: Interviews mit Unternehmen zeigen ein facettenreiches Bild der Grünen Transformation

Wo stehen die Unternehmen in Deutschland auf dem Weg in eine Green Economy? Welche Ziele der Grünen Transformation haben sie bereits erreicht? In welchen Bereichen sehen sie Potenzial für weitere Maßnahmen? – Die systematische Auseinandersetzung mit diesen Fragen erfolgte im Rahmen von Tiefeninterviews mit Unternehmensvertretern.[1] Bei der Auswahl der Unternehmen für diese Gespräche wurde ein breites Spektrum berücksichtigt. Die Interviewpartner kommen sowohl aus klassischen GreenTech-Unternehmen als auch aus anderen Branchen. Der Teilnehmerkreis umfasst Unternehmen unterschiedlicher Positionierung entlang der Wertschöpfungskette, verschiedener Größenklassen und Kundenausrichtung (Business-to-Business, Business-to-Consumer). Auf diese Weise soll ein möglichst vielschichtiges Bild der Grünen Transformation auf Unternehmensebene gezeichnet werden.

Im Fokus dieser Gespräche stehen die aktuelle Selbsteinschätzung der Unternehmen in Bezug auf ihre Fortschritte im Transformationsprozess sowie die bis 2024 anvisierten Ziele. Die Interviews wurden im ersten Quartal 2014 geführt. Die Aussagen und Ergebnisse, die in diesem Kapitel präsentiert werden, erheben nicht den Anspruch einer empirisch vollständigen, repräsentativen Darstellung der Grünen Transformation. Die Intention besteht vielmehr darin, facettenreiche Einblicke in diesen Prozess zu bieten und diese Impressionen, die auf Grundlage einer reflektierten Auswahl von Unternehmen gewonnen wurden, zu einem Gesamteindruck zu verdichten.

Als Rahmen für die Analyse der Grünen Transformation auf Unternehmensebene werden fünf Transformationsfelder bestimmt: Wirtschaftlicher Wandel, Technologischer Wandel, Ökologischer Wandel, Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel. Diese Systematik ermöglicht eine Fokussierung auf Bereiche, denen sich unterschiedliche Maßnahmen zum Greening von Unternehmen zuordnen lassen (siehe Abbildung 79).

Wirtschaftlicher Wandel: Hier wird der Transformationsprozess im Unternehmen durch eine Ausweitung des „grünen“ Leistungsportfolios sichtbar. Ein Indikator dafür ist unter anderem eine aktive Steigerung des Anteils „grüner“ Produkte und Dienstleistungen am Gesamtumsatz. Auch die Entwicklung „grüner“ Geschäftsmodelle (etwa Energieeinspar-Contracting und Energieeffizienzberatung) wird im wirtschaftlichen Wandel deutlich.

Technologischer Wandel: Hierunter versteht man eine gezielte Ausweitung des Forschungs- und Entwicklungsbudgets für „grüne“ Technologien, sowie einen Anstieg „grüner“ Patentanmeldungen. Dazu zählen beispielsweise Patente für einen hocheffizienten elektrischen Antrieb oder ein Verfahren zur Gewinnung von Bio-Kerosin aus Algen.

Ökologischer Wandel: Hier wird der Transformationsprozess auf Unternehmensebene durch Maßnahmen sichtbar, die dem Schutz der Umweltmedien und Natur sowie der Verbesserung der Ressourceneffizienz dienen: Dazu zählen unter anderem die Nutzung erneuerbarer Energien, die Steigerung der Energieeffizienz sowie der Rohstoff- und Materialeffizienz, die Substitution nicht erneuerbarer durch erneuerbare Ressourcen, der Ausbau des betrieblichen Umweltmanagements, die Reduktion des CO_2-Ausstoßes, die Erhöhung der Recycling-Quote und Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität.

Mitarbeiter-Wandel: Unter diesen Begriff werden vor allem unternehmensinterne Maßnahmen gefasst, die Beschäftigte zu umweltbewusstem Handeln motivieren sollen. Dazu gehören zum einen Instrumente, die für ökologische Belange sensibilisieren (etwa Schulungen für Mitarbeiter) und damit der Reflexion dienen. Zum anderen geht es in diesem Transformationsfeld um Maßnahmen, die den Transfer des Umweltbewusstseins in konkretes Handeln fördern, zum Beispiel bei der Umsetzung des Umweltmanagements am Arbeitsplatz. Ein weiterer Aspekt, der in diesem Transformationsfeld zum Tragen kommt, ist die berufliche Qualifikation der Mitarbeiter auf der fachlichen Ebene. Eine erfolgreiche Erweiterung des Angebots um „grüne“ Produkte und Dienstleistungen setzt eine entsprechende Befähigung

1 Ein Tiefeninterview ist ursprünglich ein Instrument der qualitativen Marktforschung und bezeichnet eine Form der nicht standardisierten, aber strukturierten persönlichen Befragung eines Gesprächspartners. Vgl. dazu Gabler (2014b).

der Beschäftigten voraus. Beispielsweise verlangen die Dezentralisierung der Energieversorgung und der zunehmende Anteil regenerativer Energieträger nach einer Weiterqualifizierung der Fachkräfte im Bereich Heizungs-, Klima und Lüftungstechnik.

Institutioneller Wandel: Hier manifestiert sich der Transformationsprozess auf Unternehmensebene durch die organisatorische Verankerung von Green-Economy-Zielen und Aktivitäten. Es geht dabei vor allem um Methoden der Betriebsführung und Prozesse, mit denen soziale und ökologische Belange in die Strategie eines Unternehmens integriert werden und die zur nachhaltigen Entwicklung beitragen können. Dazu zählen beispielsweise der Ausbau von Umweltmanagementsystemen und Corporate-Social-Responsibility-Management (unter anderem durch ein Green Controlling), Etablierung von festen personellen Verantwortlichkeiten im Bereich Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (zum Beispiel durch die Schaffung einer Nachhaltigkeitsabteilung) sowie die Vernetzung mit externen umweltrelevanten Akteuren (etwa Kooperationsprojekte mit Umweltverbänden und anderen NGOs[2]). Hinzu kommt eine transparente, sich an etablierten Standards orientierende Unternehmensberichterstattung, die neben ökonomischen auch ökologische und soziale Belange berücksichtigt.

Wirtschaftlicher Wandel	Unter wirtschaftlichem Wandel versteht man im Unternehmenskontext die Realisierung von Gewinn durch den Verkauf „grüner" Produkte, Verfahren und Dienstleistungen sowie die Entwicklung „grüner" Geschäftsmodelle
Technologischer Wandel	Der technologische Wandel umfasst unter anderem den Aufbau und Ausbau von Forschung und Entwicklung sowie Aus- und Weiterbildung im Bereich „grüner" Technologien
Ökologischer Wandel	Unter ökologischem Wandel auf Unternehmensebene versteht man beispielsweise Handlungsfelder wie den betrieblichen Umweltschutz, Energieversorgung aus erneuerbaren Energien sowie Energie- und Ressourceneffizienz
Mitarbeiter Wandel	Der Mitarbeiter-Wandel beschreibt Unternehmensaktivitäten zur Förderung des Umweltbewusstseins im Unternehmen sowie die Umsetzung von umweltbewusstem Handeln seitens der Mitarbeiter
Institutioneller Wandel	Der institutionelle Wandel umfasst unter anderem organisatorische Maßnahmen zur Selbstverpflichtung, Kontrolle und zum Nachhalten eines umweltschonenden Wirtschaftens sowie im weiteren Sinne einen Green-Controlling-Ansatz

Quelle: Roland Berger

Abbildung 79: Beschreibung und Definition der Transformationsfelder der Grünen Transformation auf Unternehmensebene

Die unternehmensbezogene Analyse anhand der genannten Transformationsfelder soll den Weg in die Green Economy anschaulich darstellen und auf diese Weise das Ziel einer umweltverträglichen und ressourceneffizienten Wirtschaftsweise von einer abstrakten auf eine konkrete Ebene holen. Schon heute zeichnen sich klare Konturen eines „grünen" Strukturwandels ab. Dieser vollzieht sich durch eine Vielzahl einzelner Maßnahmen, deren Zusammenspiel die Geschwindigkeit und die Gestaltung der Grünen Transformation bestimmt. Diese Bandbreite soll auf den folgenden Seiten deutlich werden. So ergibt sich ein Bild, wie weit die Grüne Transformation auf Unternehmensebene bereits fortgeschritten ist.

2 Non-governmental organization (NGO) – Nicht-Regierungsorganisation.

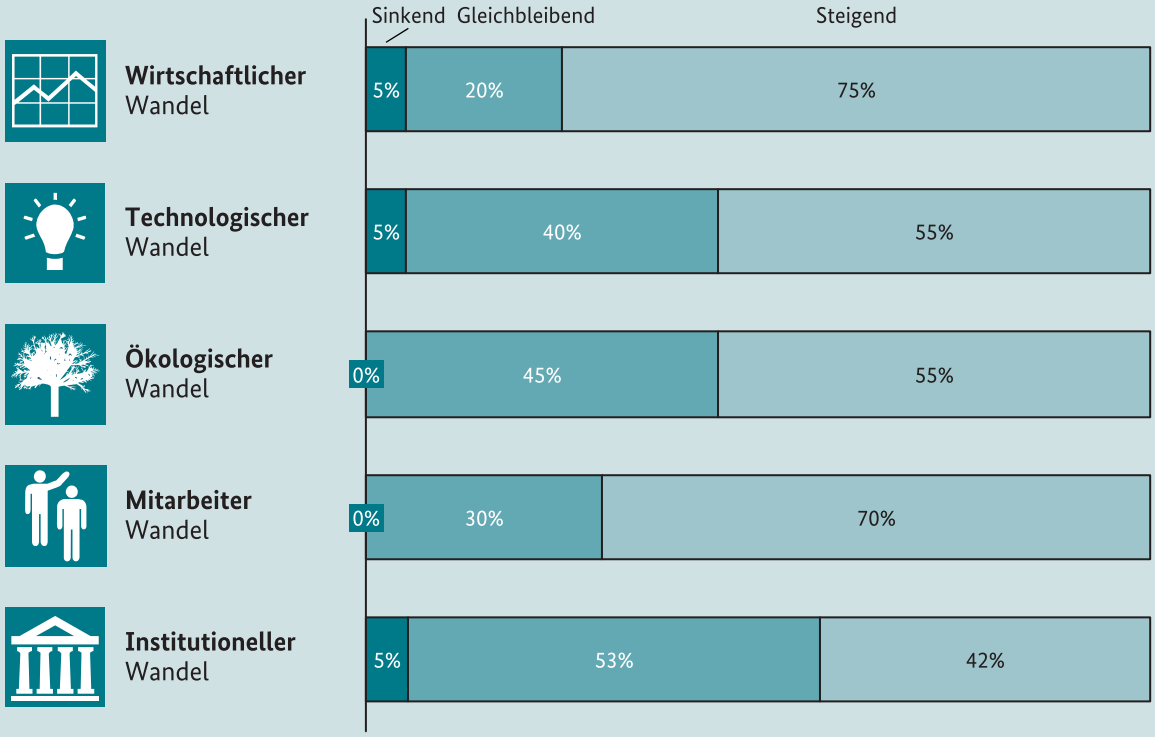
Status quo und Selbsteinschätzung ausgewählter Unternehmen auf dem Weg zur Green Economy

Auf einen Blick

Der Wandel zu einer Green Economy auf Unternehmensebene kommt voran: Die befragten Unternehmen schätzen bereits heute ihren Zielerreichungsgrad bei Maßnahmen zur Umsetzung der Grünen Transformation bei 60 Prozent ein.

Aus Sicht der befragten Unternehmen wird der Transformationsprozess auf Unternehmensebene in den nächsten Jahren voranschreiten. Allerdings ist die Umsetzung weiterer Maßnahmen mit größeren Anstrengungen verbunden als in den bislang zurückgelegten Etappen der Grünen Transformation.

Die befragten Unternehmen vertreten überwiegend die Meinung, dass ein Greening auf Unternehmensebene ein ganzheitliches Herangehen erfordert: Alle fünf Transformationsfelder sind zu berücksichtigen: Wirtschaftlicher Wandel, Technologischer Wandel, Ökologischer Wandel, Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel. Denn zwischen den Maßnahmen in den einzelnen Bereichen besteht eine hohe Wechselwirkung.



Quelle: Roland Berger, Interviews mit Unternehmen

Abbildung 80: Bedeutung der fünf Transformationsfelder bis 2025 nach Einschätzung der befragten Unternehmen (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Die Betrachtung der fünf Transformationsfelder vermittelt ein umfassendes Bild über Prozesse und Maßnahmen, die das Greening auf Unternehmensebene beschreiben – so der einhellige Tenor der Gesprächspartner in den Tiefeninterviews. Für vier von fünf Transformationsfeldern sehen die Unternehmen überwiegend einen Bedeutungsanstieg für das Greening in ihrem Unternehmen (siehe Abbildung 80). Lediglich beim Institutionellen Wandel rechnet über die Hälfte der Interview-Teilnehmer damit, dass die Bedeutung dieses Transformationsfelds unverändert bleibt.

Drei Viertel der befragten Unternehmen gehen von einer wachsenden Bedeutung für das Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel aus. Dies unterstreicht das wachsende Marktpotenzial für die Umwelttechnikbranche, das in Kapitel 5 detailliert beschrieben wurde.

Eine zunehmende Bedeutung für das Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel sehen 70 Prozent der befragten Unternehmen. Dies verdeutlicht die Einschätzung, dass diesem Transformationsfeld ein wachsender Stellenwert als Instrument zur Mitarbeiterbindung und für die Personalgewinnung zugeschrieben wird. So unterstützen zum Beispiel ein ökologisch ausgerichteter Fahrzeug-Pool oder Zuschüsse bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel als Maßnahmen des Arbeitgeber-Marketings die Positionierung eines Unternehmens im Wettbewerb um Fachkräfte. Die Profilierung als ökologisch handelndes Unternehmen spielt unter den Vorzeichen des demografischen Wandels und des drohenden Fachkräftemangels eine wesentliche Rolle: Gerade der „Generation Y“, der Alterskohorte der zwischen 1980 und 2000 Geborenen, wird eine ausgeprägte Werteorientierung und ein „Streben nach Sinnhaftigkeit“ in Bezug auf die Arbeitswelt attestiert. Diese Einstellung bedingt, dass Unternehmen durch eine konsequent nachhaltige Orientierung bei der Gewinnung von motivierten Mitarbeitern einen Vorteil geltend machen können.

In den meisten Tiefeninterviews haben die Teilnehmer betont, dass für den Erfolg der Grünen Transformation auf Unternehmensebene ein ganzheitliches und integratives Herangehen erforderlich sei. Dabei müssten Wirtschaftlicher Wandel, Technologischer Wandel, Ökologischer Wandel, Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel berücksichtigt werden. Dieser

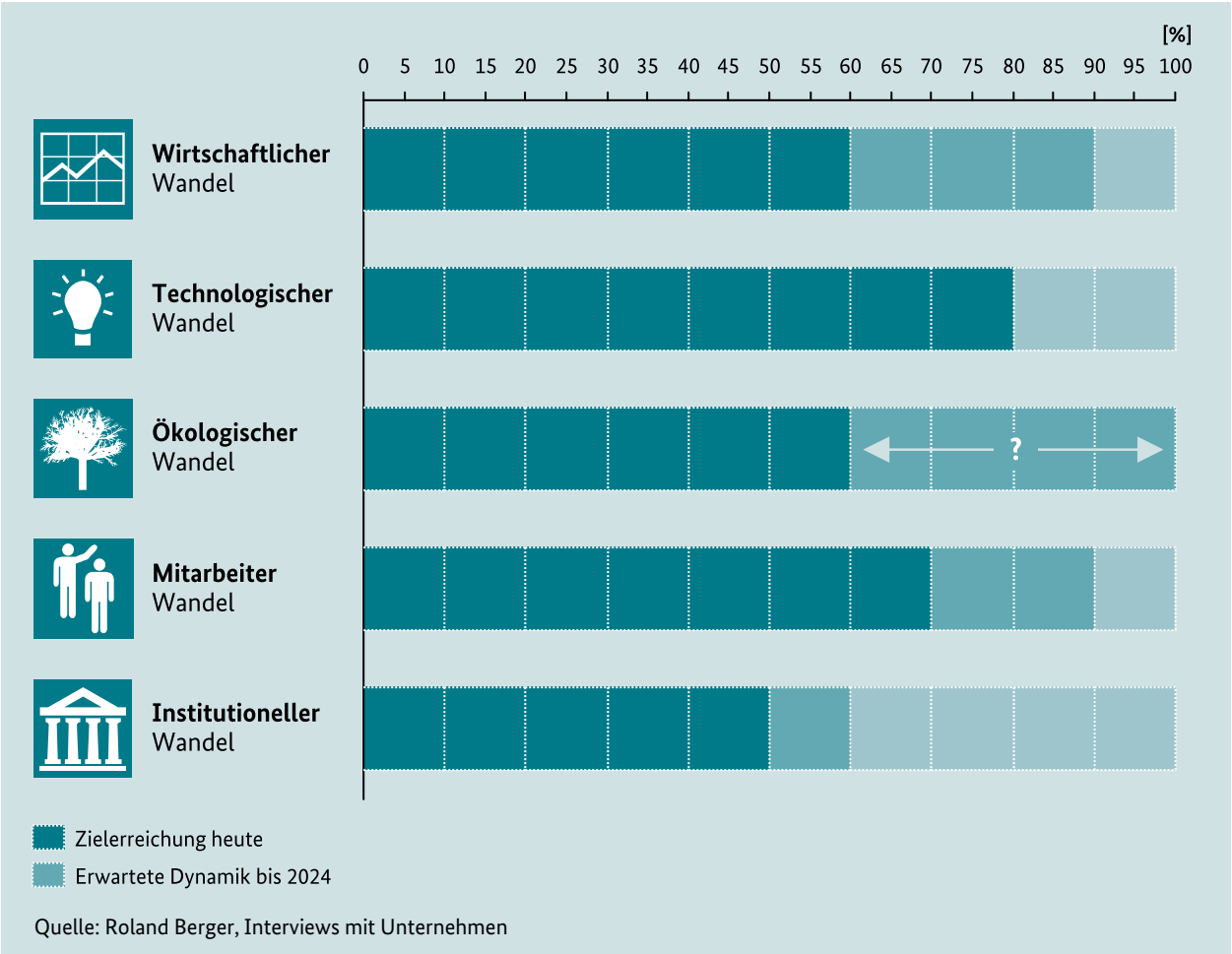


Abbildung 81: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen - aktueller Wert und erwartete Dynamik bis 2024 (in Prozent)

ganzheitliche Ansatz trägt dem hohen Grad an Interdependenz zwischen den Maßnahmen in den einzelnen Transformationsfeldern Rechnung.

Ein zentraler Aspekt der Tiefeninterviews ist die Einschätzung der Unternehmen, wie sie ihre Fortschritte in den einzelnen Transformationsfeldern aus ihrer subjektiven Wahrnehmung heraus beurteilen. Die Tiefeninterviews ergeben die in Abbildung 81 dargestellten durchschnittlichen Zielerreichungsgrade für den Wirtschaftlichen Wandel, Technologischen Wandel, Ökologischen Wandel, Mitarbeiter-Wandel, Institutionellen Wandel (Eine Erläuterung des Zielverständnisses findet sich in der Textbox auf dieser Seite). Im Folgenden werden die Ergebnisse aus den Gesprächen für jedes Transformationsfeld detailliert dargestellt.

Zum Zielverständnis

Die Bedeutung des maximalen Zielerreichungsgrads von 100 Prozent unterscheidet sich zwischen den einzelnen Transformationsfeldern geringfügig. Im Wirtschaftlichen und Technologischen Wandel entsprechen 100 Prozent den individuellen Unternehmenszielen für den Umsatzanteil „grüner“ Produkte und Dienstleistungen sowie dem Anteil „grüner“ Innovation am Budget für Forschung und Entwicklung.

Beim Ökologischen Wandel entspricht der Zielerreichungsgrad von 100 Prozent dem Einsatz aller am Markt verfügbaren Effizienz- und Umwelttechnologien. In den Transformationsfeldern Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel entsprechen 100 Prozent dem Einsatz aller bekannten Maßnahmen und Instrumente.

Wirtschaftlicher Wandel

Die befragten Unternehmen schätzen ihren Zielerreichungsgrad im Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel im Durchschnitt auf 60 Prozent. Das heißt, nach Einschätzung der Interview-Teilnehmer sind die selbst gesetzten Unternehmensziele in Bezug auf den Wirtschaftlichen Wandel zu 60 Prozent erfüllt. In Zukunft, so die Meinung der Befragten, wird im Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel eine deutliche Wachstumsdynamik zu verzeichnen sein – in den nächsten zehn Jahren ist eine Steigerung des Zielerreichungsgrads auf 90 Prozent zu erwarten.

In vielen Unternehmen existieren noch keine expliziten Kriterien, um anhand bestimmter Charakteristika ein „grünes“ Produkt- und Leistungsportfolio zu definieren und dessen Anteil am Gesamtumsatz zu ermitteln. Vor diesem Hintergrund ist die Quantifizierung der Zielerreichung im Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel meistens stark subjektiv geprägt.

In einigen Unternehmen gibt es bereits erste Ansätze zur Bestimmung eines „grünen“ Produktportfolios. Bei der Siemens AG qualifizieren sich Produkte und Verfahren für das Umweltportfolio, wenn sie verbindliche und überprüfbare Kriterien erfüllen. Dazu gehört beispielsweise eine im Vergleich zu herkömmlichen Referenzprodukten signifikant höhere Energieeffizienz. Außerdem werden Technologien zur Luftreinhaltung, Wasseraufbereitung oder für das Recycling sowie erneuerbare Energien zum Umweltportfolio gerechnet.[3] Diese Abgrenzung eines „grünen“ Produktportfolios ermöglicht es Siemens, die Entwicklung im Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel und den Ausbau des Angebots „grüner“ Produkte, Verfahren und Dienstleistungen gezielt zu steuern.

Bei der Gestaltung des Wirtschaftlichen Wandels durch die Ausweitung eines „grünen“ Produktportfolios zeigen sich bei den befragten Unternehmen unterschiedliche Muster – je nachdem, zu welchem Branchencluster sie gehören.[4] Unternehmen aus der originären Umwelttechnik vollziehen den wirtschaftlichen Wandel häufig durch die Ergänzung ihrer Geschäftsmodelle um weitere innovative Dienstleistungen. So hat zum

3 Siehe detailliert auf S. 185.

4 Die befragten Unternehmen wurden drei verschiedenen Branchenclustern zugeordnet: „Originäre Umwelttechnik“, „Unternehmen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik“ und „Unternehmen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umweltwelttechnik“. Vgl. dazu ausführlich auf S. 176ff.

Beispiel ein klassischer Wasserversorger wie die Veolia Wasser-Gruppe sein Portfolio um Energiedienstleistungen zur Energieanlagenoptimierung und technischen Instandhaltung für Industrieunternehmen ergänzt.

Unternehmen außerhalb der originären Umwelttechnik treiben den wirtschaftlichen Wandel vor allem durch die Einführung von Green Design voran: Der Fokus liegt nicht auf der Einführung neuer Produkte, sondern auf dem Greening bestehender Produkte durch Verbesserung ihrer Effizienzcharakteristika oder der Substitution knapper und teurer werdender nicht erneuerbarer Rohstoffe. Ziel ist es hierbei, sich durch verbesserte Produkteigenschaften vom Wettbewerb abzugrenzen. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung hocheffizienter Elektromotoren mit höherem Wirkungsgrad mit der Zielsetzung, ein Alleinstellungsmerkmal aufzubauen und damit eine vorteilhaftere Positionierung im Wettbewerb zu erreichen.

Bei der Entwicklung der Gewinnmarge sehen die meisten der befragten Unternehmen keine signifikanten Unterschiede zwischen „grünen" Produkten, Dienstleistungen und herkömmlichen Produkten. Die Margenentwicklung folgt meist dem bei einer Produkteinführung typischen Verlauf: (1) Hohe Investitionskosten für die Produktentwicklung führen zu Beginn der Markteinführung zu einer niedrigen Marge für ein „grünes" Produkt. (2) Durch die Kombination aus geringem Wettbewerb und hohem Marktanteil lassen sich unmittelbar nach der Markeinführung vergleichsweise hohe Margen pro Produkt realisieren. (3) Wettbewerber ziehen nach und bringen eigene „grüne" Produkte auf den Markt. Die Preise geben nach, und die Marge sinkt im Zuge der Marktkonsolidierung auf ein durchschnittliches Niveau.

Im Rahmen der Tiefeninterviews wurde auch das Thema Innovation erörtert. Hier sehen sich die befragten Unternehmen in Bezug auf den wirtschaftlichen Wandel einem hohen Innovationsdruck bei der Entwicklung von „grünen" Produkten und Dienstleistungen ausgesetzt. Immer kürzere Produktlebenszyklen, die in einigen Segmenten auch durch die Rahmenbedingungen einer Verschärfung ökologischer Richtlinien und Grenzwerte beschleunigt werden, verstärken den Druck, das bestehende Produkt- und Dienstleistungsportfolio weiterzuentwickeln.

Ein Beispiel für diesen Trend ist die Entwicklung der Energieeffizienzklassen. Kühl- und Gefrierschränke, Waschmaschinen oder Fernseher müssen mit Etiketten zum Energieverbrauch gekennzeichnet sein, die unterschiedliche Effizienzklassen ausweisen. Während bis 2010 die Klassen A bis G den Energieverbrauch beschrieben haben, wurde diese Einteilung revidiert, um die Fortschritte bei der Verbesserung der Energieeffizienzklassen zu berücksichtigen. So wurde die Klasse A weiter differenziert in A+, A++ und A+++. Kühl- und Gefriergeräte sowie Waschmaschinen der Klassen E, F und G verschwanden aus dem Markt.

Technologischer Wandel

Der bereits erwähnte hohe Innovationsdruck hat dazu geführt, dass die meisten Unternehmen in den letzten zehn Jahren sehr stark in den technologischen Wandel investiert haben. Dies spiegelt sich in dem hohen Zielerreichungsgrad von 80 Prozent wider (siehe Abbildung 81). Vor diesem Hintergrund betrachtet der überwiegende Teil der befragten Unternehmen den Umfang seiner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Bezug auf „grüne" Innovationen als derzeit ausreichend. Demnach planen sie keine weiteren Erhöhungen ihrer Forschungsbudgets. Die Interview-Teilnehmer gehen davon aus, dass die FuE-Quote[5] und der Anteil der Patentanmeldungen für „grüne" Technologien in Zukunft weitgehend stabil bleiben werden.

Die Entwicklung „grüner" Technologien ist heute aus Sicht der meisten der befragten Unternehmen stärker anwendungsorientiert als in der Vergangenheit. Das bedeutet, die anwendungsorientierte Forschung für „grüne" Technologien gewinnt gegenüber der Grundlagenforschung an Relevanz. Dies spiegelt sich auch in der Ausgestaltung von staatlichen Förderprogrammen wider. Ein Beispiel dafür ist Horizont 2020. Ein wichtiges Anliegen dieses EU-Forschungs- und Innovationsprogramms ist es, die Nutzung und Einbindung von Schlüsseltechnologien in Produktionsprozesse zu unterstützen.[6]

5 Die FuE-Quote gibt das Verhältnis der für den Innovationsprozess eingesetzten Ressourcen zum Output an.

6 *Horizont 2020* ist das Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation mit einer Laufzeit von 2014 bis 2020. Mit einem Budget von 80 Milliarden Euro ausgestattet, zählt es zu den größten mit öffentlichen Mitteln finanzierten Forschungsprogrammen weltweit. Vgl. dazu Europäische Union (2013).

Die Anwendungsorientierung und die Akzentsetzung auf Markteinführung und Marktdurchdringung „grüner" Technologien hat sich auch in den Tiefeninterviews als zunehmend wichtiger Fokus der Innovationstätigkeit der befragten Unternehmen herauskristallisiert. Ein Beispiel dafür bieten die Viessmann Werke GmbH & Co. KG, die ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten derzeit auf die Entwicklung einer marktfähigen Anwendung einer stationären Brennstoffzelle konzentriert. Die Herausforderung besteht darin, dass diese Entwicklung den Erfordernissen einer kostengünstigen Produktion gerecht werden muss, um die Markteinführung des Produkts wirtschaftlich realisieren zu können. Im Kern geht es darum, die Produktkosten auf ein Niveau zu bringen, das den Marktbedürfnissen entspricht.

Diese Zielsetzung lässt sich nur durch ein straffes Kostenmanagement erreichen, das unter anderem die Materialauswahl, die eingesetzten Maschinen sowie die Optimierung der Produktionsverfahren beinhaltet.

Für die erfolgreiche Markteinführung von Technologien setzen die meisten der befragten Unternehmen im Transformationsfeld Technologischer Wandel auf bestimmte Instrumente, die sich auf dem Weg „von der Technologie zur Applikation" bewährt haben. Dazu gehören der Einsatz von Prototypen, Entwicklung branchenspezifischer Applikationen, Entwicklung von Technologien für den Einsatz in massentauglichen Produktionsverfahren („weg vom Labormaßstab hin zum Industriemaßstab"), Mitarbeiterqualifizierung, Aktivitäten in Netzwerken sowie Investitionen in neue Maschinen und Anlagen.

Oft wirken Dienstleistungsanbieter, unter anderem auf Planung und Beratung spezialisierte Ingenieurbüros, als Katalysatoren beziehungsweise Treiber für die Diffusion „grüner" Innovationen im Markt: Sie machen ihre Kunden auf neue verfügbare grüne Technologien aufmerksam und empfehlen deren Anwendung. Diese Funktion als Treiber des Technologischen Wandels unterstreicht auch die Bedeutung von Dienstleistungen für die Transformation zu einer Green Economy.[7]

Ökologischer Wandel

Im Transformationsfeld Ökologischer Wandel wurden aus Sicht der befragten Unternehmen aufgrund von umweltpolitischen Rahmensetzungen in den letzten zehn Jahren bereits eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt.

- Bei den Investitionen in den Umweltschutz haben die befragten Unternehmen schon in der Vergangenheit eine Verlagerung des Investitionsvolumens vom nachgelagerten Umweltschutz (end-of-pipe; additive Umweltschutz-Maßnahmen) hin zu einem präventiven Umweltschutz (integrierte Umweltschutz-Maßnahmen) beobachtet. Die meisten Interview-Teilnehmer gehen davon aus, dass sich dieser Trend fortsetzt.
- Fragt man die Unternehmen, wo sie in den nächsten zehn Jahren in der Effizienzdiskussion einen Schwerpunkt sehen, wird heute der Energieeffizienz gegenüber der Materialeffizienz eine gewisse Priorität eingeräumt. Die im Vergleich leichtere Realisierbarkeit scheint hier entscheidend zu sein.
- Bei der Materialproduktivität liegen aus Sicht der Unternehmen die Hebel für den ökologischen Wandel in den Kernprozessen. Dabei werden die Recycling-Quoten im Allgemeinen von den befragten Unternehmen aktuell bereits als sehr hoch eingestuft. Als Herausforderung und Hemmnisse für die weitere Verbesserung der Ressourceneffizienz von Kernprozessen betrachten die Interview-Teilnehmer zum einen die aktuellen Investitionsanforderungen mit zu kurzen Amortisationszeiträumen von zwei bis drei Jahren, zum anderen das erforderliche technische Know-how für die Optimierung komplexer Kernprozesse.
- Bei der Energieeffizienz sehen die meisten der befragten Unternehmen Optimierungspotenzial in Gebäuden und den Support-Prozessen, dagegen weniger in den Kernprozessen.[8] Beim Neubau und der Sanierung von Gebäuden stehen dabei insbesondere die Gebäudetechnik und Gebäudehülle im Fokus. Beispielsweise lassen sich durch die Modernisierung von Heizungsanlagen relativ schnell deutliche Einsparungen beim Energieverbrauch realisieren. Bei Investitionen in die Gebäudehülle, etwa Dämmung oder Einbau neuer Fenster, müssen Unternehmen jedoch längere Amortisationszeiten in Kauf nehmen. Diese bewegen sich in der Regel zwischen zehn und fünfzehn Jahren, können jedoch für die Gebäudedämmung auch bis zu 20 Jahre betragen.

7 Vgl. dazu detailliert Kapitel 5, S. 119ff., sowie Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009).

8 Vgl. zur Unterscheidung zwischen Support-Prozessen und Kernprozessen Kapitel 3, S. 38f.

- Einzelne Unternehmen haben begonnen, die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im ökologischen Wandel auch auf immaterielle Güter auszuweiten. So nutzt beispielsweise die Bäckerei Schüren die Umstellung ihres Fuhrparks auf E-Mobility-Angebote als Instrument zur langfristigen Mitarbeiterbindung. In der Recycling-Industrie/Kreislaufwirtschaft und anderen Bereichen der originären Umwelttechnik werden Investitionen in den ökologischen Wandel auch unter dem Aspekt der Vermarktung und Glaubwürdigkeit für den Aufbau eines ökologischen Images vorangetrieben.
- Teilweise nutzen Unternehmen ihre Erfahrungen am Heimatstandort, um erfolgreich umgesetzte Maßnahmen künftig auch in ihren Niederlassungen im Ausland anzuwenden. Auf diese Weise soll der ökologische Wandel im Gesamtkonzern vorangetrieben werden. So orientiert sich beispielsweise Viessmann bei der geplanten konzernweiten Umsetzung von Maßnahmen im Transformationsfeld Ökologischer Wandel an denjenigen Aktionen, die sich am Stammsitz Allendorf bewährt haben.

Die von den Unternehmen im Transformationsfeld Ökologischer Wandel in der Vergangenheit bereits implementierten Schritte adressierten vor allem Maßnahmen, die ohne hohe Komplexität und hohen Kostenaufwand umzusetzen sind.

Die befragten Unternehmen schätzen damit den Zielerreichungsgrad im Transformationsfeld Ökologischer Wandel im Durchschnitt derzeit bei 60 Prozent ein. Für weitere Fortschritte sehen die Interview-Teilnehmer in den nächsten zehn Jahren unter den aktuell geltenden Rahmenbedingungen nur eingeschränkt Spielraum. Unternehmen sehen sich mit einem Investitionswettbewerb konfrontiert, bei dem die Anforderungen an kurze Payback-Perioden weitere Investitionen in den ökologischen Wandel erheblich erschweren. Für Maßnahmen jenseits der Low Hanging Fruits müssen in der Regel längere Amortisationszeiträume in Kauf genommen werden.

Unter gegebenen Rahmenbedingungen ist aufgrund der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in den nächsten zehn Jahren nicht damit zu rechnen, dass die wesentlichen Impulse für das Fortschreiten des ökologischen Wandels von den Unternehmen selbst ausgehen werden. Eher ist zu erwarten, dass die Entwicklung auf diesem Transformationsfeld durch externe Faktoren angetrieben wird. So lässt sich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – zum Beispiel von Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz – durch finanzielle Anreize seitens der öffentlichen Hand positiv beeinflussen. Aufgrund gesetzlicher Vorschriften – beispielsweise durch die Verschärfung von Grenzwerten – können Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen als Entscheidungsparameter auch in den Hintergrund rücken. Die befragten Unternehmen machten in den Tiefeninterviews deutlich, dass die in den nächsten zehn Jahren zu erwartende Dynamik im Transformationsfeld Ökologischer Wandel maßgeblich von extern vorgegebenen Rahmenbedingungen abhängig sein wird. In einigen Punkten ist deren Gestaltung aktuell aus der Sicht der Unternehmen mit großer Ungewissheit behaftet. Deshalb ist die perspektivische Einschätzung in Abbildung 81 mit einem Fragezeichen versehen.

Zu den externen Faktoren, die den Ökologischen Wandel treiben können, zählen zum einen die Verfügbarkeit neuer Technologien, etwa die Nutzung von E-Mobility-Angeboten im Fuhrparkmanagement oder der Einsatz von Speicherlösungen als Grundlage einer dezentralen Energieversorgung. Zum anderen fördern auch veränderte Anforderungen und Erwartungen verschiedener Stakeholder-Gruppen wie Politik, Finanzinvestoren, Kunden und Verbraucher den Ökologischen Wandel:

- **Veränderung der politischen Rahmenbedingungen:** Der Gesetzgeber kann durch Anreize und Regulierung Maßnahmen des Ökologischen Wandels erheblich beeinflussen. Zu diesen politischen Instrumenten gehören beispielsweise Regelungen zur steuerlichen Absetzbarkeit energetischer Gebäudesanierung oder eine Anpassung des sogenannten steuerfreien Sachbezugswerts: Wenn der Arbeitgeber das kostenlose Aufladen von Elektroautos auf dem Firmengelände ermöglicht, sollte diese „Tankladung“ nicht als geldwerter Vorteil und damit als zu versteuerndes Einkommen zu Buche schlagen. Die Festlegung von Grenzwerten beeinflusst die Entwicklung ressourceneffizienter Produkte. So begünstigt die in der Europäischen Union ab 2020 geltende weitere Reduktion von Grenzwerten für den CO_2-Ausstoß von Personenkraftwagen (95 Gramm pro gefahrener Kilometer im Mittel der gesamten Neuwagen eines Herstellers), FuE-Aktivitäten und Investitionen in alternative Antriebstechnologien.
- **Höhere Anforderungen an Unternehmen vonseiten der Investoren**
  Institutionelle Investoren und Banken achten bei der Beurteilung von Unternehmen tendenziell stärker auf die Einhaltung von ESG-Kriterien.[9] In diesem Kontext spielen gerade Maßnahmen im Transformationsfeld Ökologischer Wandel eine wichtige Rolle, da sie einen wesentlichen Beitrag für das Risikomanagement von Unternehmen leisten.

9 Das Akronym ‚ESG‘ steht für Environmental, Social und (Corporate) Governance. ESG-Kriterien erfassen die Dimensionen Umwelt, Soziales und Governance.

- **Steigende Erwartungen der Kunden**
  Sowohl im Business-to-Business-Geschäft („B2B“) als auch im Business-to-Consumer-Segment („B2C“) werden Unternehmen motiviert, ihre Maßnahmen im ökologischen Wandel weiter auszubauen. Im Bereich B2B werden Zulieferer mit hohen Anforderungen konfrontiert. Immer mehr Unternehmen verlangen im Rahmen ihres Lieferkettenmanagements von ihren Lieferanten einen Nachweis, etwa durch eine Zertifizierung nach ISO 14001 oder eine Validierung nach EMAS[10], dass bei der Produktion ökologische Standards eingehalten werden. Im B2B-Geschäft haben sich die Erwartungen der Kunden in den letzten Jahren ebenfalls verändert: „Nachhaltigkeit und Corporate Responsibility sind im gesellschaftlichen und unternehmerischen Alltag zu Konsensfaktoren geworden“, so eine zentrale Aussage der Otto Group Trendstudie 2013.[11] Das heißt, Unternehmen, die ökologische Anforderungen vernachlässigen und diese „Konsensfaktoren“ nicht beachten, riskieren eine Verschlechterung ihrer Positionierung auf dem Markt.

Sollten sich die Rahmenbedingungen ändern, etwa durch staatliche Regulierung oder Kundenpräferenzen, sehen die befragten Unternehmen durchaus Potenzial, den ökologischen Wandel in der nächsten Dekade weiter voranzutreiben.

Mitarbeiter-Wandel

Im Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel wurde nach Einschätzung der Interview-Teilnehmer in den letzten zehn Jahren bereits eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt. Heute sehen die befragten Unternehmen ihren Zielerreichungsgrad bei durchschnittlich 70 Prozent. Für die nächste Dekade erachten die Unternehmen einen Wert von 90 Prozent als machbar. Das bedeutet, dass aus Sicht der befragten Unternehmen bei Maßnahmen im Bereich Mitarbeiter-Wandel noch Spielraum besteht.

Bei der Beurteilung der Fortschritte im Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel unterscheiden die befragten Unternehmen die beiden Kategorien Reflexion und Akzeptanz. Die Reflexion des Umweltbewusstseins spiegelt sich beispielsweise in der Ausgestaltung von Maßnahmen wie dem betrieblichen Vorschlagswesen und Mitarbeiterschulungen wider. Die Akzeptanz des Umweltbewusstseins bedeutet, dass ökologisches Bewusstsein tatsächlich von den Mitarbeitern gelebt und in umweltbewusstes Handeln umgesetzt wird. Als weiterer Aspekt des Mitarbeiter-Wandels kommen Qualifizierungsmaßnahmen auf der fachlichen Ebene dazu. Sie umfassen beispielsweise berufliche Weiterbildungen, die infolge eines veränderten Leistungsportfolios erforderlich werden. Als Beispiel lassen sich die Bereiche Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik, Elektroinstallation oder Kfz-Werkstätten anführen. Durch die zunehmende Verbreitung von Anlagen zur Energieerzeugung und Wärmebereitstellung auf Basis regenerativer Energieträger müssen die Fachkräfte entsprechende Zusatzqualifikationen erwerben, etwa zur Installation von Photovoltaik-Anlagen, Wärmepumpen oder dezentraler Speicherlösungen.

Als Beispiele für die Reflexion des Umweltbewusstseins lässt sich eine Reihe unterschiedlicher Instrumente anführen: ökologisch ausgerichtetes Fuhrparkmanagement (Green Fleet), inklusive Erhebung eines Malus-Beitrags für die Nutzung von Fahrzeugen mit hohem Schadstoffausstoß, Anreize zur Nutzung von ÖPNV-Angeboten, Nutzung von Videokonferenztechnologie, um Dienstreisen zu minimieren, klimaneutrale Dienstreisen durch Substitution von Flügen durch Bahnfahrten und Abgabe eines CO_2-Ausgleichs, Angebote zur Erstellung von Fahrgemeinschaften, Angebote zur Nutzung von Betriebsfahrrädern und E-Bikes/Pedelecs. Inzwischen können nach einer Entscheidung der Landesfinanzminister Unternehmen ihren Beschäftigten auch Diensträder zur privaten Nutzung zur Verfügung stellen, ebenso wie Pedelecs. Weitere Instrumente sind der Einsatz von Mitarbeiter-Green Teams und Energiescouts, die ökologische Ausrichtung der Betriebskantine, die Etablierung eines betrieblichen Vorschlagswesens zu ökologisch relevanten Themen verbunden mit Preisverleihungen, unternehmensweite Green Days, Online-Spiele für Mitarbeiter zum Training von Nachhaltigkeitsmaßnahmen, Verwendung von Recycling-Papier, Verbreitung von Energieeinspar-Tipps im Intranet und Mitarbeiter-Zeitungen.

Für den Großteil der befragten Unternehmen aus der originären Umwelttechnik gilt, dass sie durch ein intrinsisches Umweltbewusstsein geprägt werden.

10 Siehe dazu S. 171.

11 Die Otto Group Trendstudien werden seit 2007 alle zwei Jahre publiziert und beschäftigen sich mit der Konsumethik der Verbraucher. Siehe Otto Group (2013), S. 7.

Das heißt, Unternehmen aus der originären Umwelttechnik setzen sich bedingt durch ihr Geschäftsmodell und ihr Produkt- und Dienstleistungsportfolio von Haus aus intensiv mit dem Thema Umweltbewusstsein auseinander. Dies führt dazu, dass Mitarbeiter solcher Unternehmen in der Regel von vornherein eine große Aufgeschlossenheit für ökologische Belange mitbringen. Viele Bewerber entscheiden sich bewusst für einen Arbeitgeber aus der originären Umwelttechnik, weil sie sich mit den Unternehmenszielen identifizieren können. Auf den ersten Blick scheint es deshalb erstaunlich, dass gerade Betriebe der originären Umwelttechnik die Reflexion des Umweltbewusstseins im Unternehmen als weniger wichtig erachten. Auf den zweiten Blick wird diese Einschätzung jedoch nachvollziehbar, weil sie auf das bereits vorhandene stark ausgeprägte Umweltbewusstsein der Belegschaft abhebt. Dies ist auch der Grund, weshalb die Unternehmen dieser Gruppe für die nächsten zehn Jahre kaum noch Ausbaupotenzial in Hinblick auf den Mitarbeiter-Wandel sehen.

Der Großteil der befragten Unternehmen außerhalb der originären Umwelttechnik nutzt die betrieblichen Maßnahmen zur Förderung des Umweltbewusstseins, um die Mitarbeiterbindung zu stärken und die Attraktivität als Arbeitgeber zu steigern. Die Reflexion des Umweltbewusstseins wird somit zu einem wichtigen Element der Positionierung als Arbeitgeber-Marke. Wie das Beispiel der Deutschen Telekom AG zeigt, fordern die Beschäftigten die Reflexion des Umweltbewusstseins und daran geknüpfte Maßnahmen, wie beispielsweise eine Green Car Policy, aktiv ein. Als Reaktion auf die steigenden Erwartungen der Mitarbeiter planen die meisten Unternehmen den Einsatz weiterer Instrumente im Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel.

Der überwiegende Teil der befragten Unternehmen betrachtet eine zielgerichtete Strategie der internen Kommunikation als maßgeblich, um bei den Mitarbeitern die Akzeptanz der Maßnahmen zu fördern. Einzelne Unternehmen beobachten, dass die Ausprägung des umweltbewussten Handelns je nach Funktion der Mitarbeiter unterschiedlich ausfällt. Interview-Teilnehmer aus der Chemieindustrie registrieren beispielsweise bei „Blue-Collar"-Mitarbeitern ein größeres Umweltbewusstsein als bei „White-Collar"-Mitarbeitern. Ein Erklärungsansatz hierfür ist, dass „Blue-Collar"-Mitarbeiter in dieser Branche in ihrem Arbeitsalltag mit potenziell umweltgefährdenden Substanzen hantieren und deshalb stärker für das Thema Umweltbewusstsein sensibilisiert sind als beispielsweise Angestellte im kaufmännischen Bereich.

Institutioneller Wandel

In Bezug auf den Institutionellen Wandel wurden aus Sicht der befragten Unternehmen in den letzten zehn Jahren bereits zahlreiche Maßnahmen umgesetzt, die vor allem Verfahren in der Betriebsführung betreffen, mit denen soziale und ökologische Belange in die Unternehmensstrategie integriert werden können. Die Interview-Teilnehmer sehen ihren Zielerreichungsgrad in diesem Transformationsfeld aktuell bei durchschnittlich 50 Prozent. Zu den bereits implementierten Maßnahmen gehören vor allem:

- Der Aufbau von Personalfunktionen im Bereich Umweltschutz und Ressourceneffizienz (unter anderem Etablierung von Umweltschutzbeauftragten, Aufbau einer Nachhaltigkeits-/CSR-Abteilung).
- Teilnahme an externen Zertifizierungen (beispielsweise ISO 9001, ISO 14001, EMAS, ISO 50001, OHSAS 18001) für einzelne Produktionsstandorte und Veröffentlichung von Nachhaltigkeitsberichten.
- Mitgliedschaft in umweltrelevanten Netzwerken (z.B. Brancheninitiativen, Global Compact, Klimaschutzinitiative der deutschen Wirtschaft, Kooperationen mit Umwelt-NGOs wie BUND und NABU etc.).

Die Interview-Teilnehmer erachten die bisher im Transformationsfeld Institutioneller Wandel etablierten Instrumente als völlig ausreichend. Deshalb haben die befragten Unternehmen keine Pläne, den Einsatz weiterer Maßnahmen in den nächsten Jahren im großen Stil auszuweiten. So erwarten die befragten Unternehmen in zehn Jahren einen Zielerreichungsgrad von 60 Prozent (siehe Abbildung 81).

Betrachtet man die Aussagen in den Tiefeninterviews differenziert nach Unternehmensgröße, so ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Einschätzungen der Großkonzerne und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Die befragten Großkonzerne haben überwiegend ihren aktuellen durchschnittlichen Zielerreichungsgrad im Institutionellen Wandel höher eingeschätzt als KMU. Zum Beispiel werden heute bei der Deutschen Telekom AG Umweltkennzahlen in Form von Key Performance Indicators gemessen und in das betriebliche Berichtswesen integriert.[12] Des Weiteren setzt die Telekom insbesondere durch die Mitgliedschaft in der Global e-sustainability Initiative

12 Die Funktion von KPI werden im Exkurs Green Controlling erläutert.

erfolgreich auf die Vernetzung in Brancheninitiativen, die die Grüne Transformation unterstützen.[13]

Aufgrund der schon umgesetzten Maßnahmen in diesem Transformationsfeld betrachten die befragten Großkonzerne in den nächsten zehn Jahren eine Ausweitung des Einsatzes von Instrumenten zur Förderung des Institutionellen Wandels zwar als möglich, aber nicht immer als zielführend. Statt neue Instrumente einzuführen, planen die Interview-Teilnehmer häufig die Übertragung bereits genutzter Instrumente auf weitere (internationale) Standorte. Beispielsweise hat die Telekom vor, die Umwelt-Key-Performance-Indikatoren in anderen Landesgesellschaften anzuwenden, um auf diese Weise eine Vergleichbarkeit von möglichst vielen Standorten zu schaffen.

Charakteristisch für den Institutionellen Wandel in vielen Großkonzernen ist außerdem, dass Mitarbeiter mit Verantwortung im Bereich Umweltschutz und Ressourceneffizienz häufig in übergreifenden CSR- und Nachhaltigkeitsabteilungen integriert sind. Ein ganz anderes Bild des institutionellen Wandels ergibt sich für den Großteil der befragten kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Die Interview-Teilnehmer aus den KMU geben an, dass sie in den letzten zehn Jahren nur wenige Maßnahmen im Transformationsfeld Institutioneller Wandel umgesetzt haben und auch für die nächste Dekade keine entsprechenden Planungen verfolgen.

Statt einer Institutionalisierung von Mess- und Steuerungssystemen setzen die meisten KMU und Handwerksbetriebe auf den Wandel der Unternehmenskultur, um die Grüne Transformation erfolgreich zu gestalten. Dies beinhaltet unter anderem eine starke Motivierung der Mitarbeiter, sich aktiv in den Prozess einzubringen und die Ziele der Grünen Transformation zu verwirklichen. Diese Überzeugungsarbeit kann nur gelingen, wenn die Führungsebene voll hinter den Zielen des Transformationsprozesses steht und dessen Fortschritte ganz oben auf die Management-Agenda setzt. In einem Familienunternehmen spielt dabei die Haltung der Eigentümer eine Schlüsselrolle. Auch in Handwerksbetrieben zählt entscheidend die Einstellung der Meister aus der Führungsmannschaft, wie die Aktivitäten der Bäckerei Schüren zeigen.

Unabhängig von ihrer Größe beabsichtigen die befragten Unternehmen in den nächsten zehn Jahren keinen weiteren Ausbau von Mitarbeiterkapazitäten und Personalfunktionen für Umweltschutz und Ressourceneffizienz (zum Beispiel Umweltschutzbeauftragte, Etablierung oder Ausbau einer Nachhaltigkeits-/CSR-Abteilung). Der überwiegende Teil der Interview-Teilnehmer plant in diesem Bereich eher einen Transfer bestehender Unternehmensfunktionen (beispielsweise der Nachhaltigkeitsabteilung) auf weitere Standorte und ins Ausland; auf der Agenda stehen außerdem die Integration des Themas Umweltschutz und Ressourceneffizienz in die Verantwortungsbereiche aller Mitarbeiter; das heißt, die Bearbeitung des Themas Umweltschutz und Ressourceneffizienz wird als Querschnittsaufgabe verstanden.

Die Teilnahme an ISO-Zertifizierungen und EMAS-Validierungen[14] als Managementsysteme, die die Grüne Transformation voranbringen, wird von der Mehrzahl der befragten Unternehmen als unzureichend eingeschätzt. So betrachten beispielsweise einzelne Unternehmen aus der Kunststoffindustrie diese Zertifizierungen als „Hygienefaktor", der im B2B-Geschäft häufig zum „Branchenstandard" gehöre und durch Anforderungen im Lieferkettenmanagement obligatorisch sei. Die Einrichtung solcher standardisierter Zertifizierungen werde allerdings auf dem Markt nicht unbedingt als Merkmal betrachtet, das per se eine bessere Positionierung im Wettbewerb oder gar die Bereitschaft seitens der Kunden begründet, ein höheres Preisniveau in Kauf zu nehmen. Zum Zweck der internen Steuerung durch ein Umweltmanagement artikulieren die meisten Interview-Teilnehmer eher den Bedarf, außerhalb der ISO- und EMAS-Zertifizierungen eigene unternehmensinterne Kennzahlen zu erheben und kontinuierlich auszuwerten (etwa Scope 3 CO_2-Emissionen[15] oder Anwendung eines Balanced-Scorecard-Ansatzes[16] für das Umweltmanagement).

13 Der Global e-Sustainability Initiative (GeSI) gehören über 30 der global führenden Anbieter von ITK-Dienstleistungen an. Ziel dieser Initiative ist es, die Nachhaltigkeit in der Informations- und Kommunikationstechnologie zu fördern. Die Deutsche Telekom AG ist in der GeSI engagiert: Luis Neves, Konzernbeauftragter für Klimaschutz und Nachhaltigkeit, ist Vorsitzender des GeSI-Vorstands. Vgl. GeSi (2014).

14 ISO 14001 und EMAS (Eco-Management and Audit Scheme; Verordnung der Europäischen Union für das „Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung" gehören zu den bekanntesten Umweltmanagementsystemen. Nach Angaben des Umweltbundesamtes sind in Deutschland circa 6.000 Unternehmen nach ISO 14001 zertifiziert und 1.800 Standorte nach EMAS registriert. Vgl. dazu Umweltbundesamt (2014a).

15 Das Greenhouse Gas Protocol unterteilt die CO_2-Emissionen nach Scope 1, Scope 2 und Scope 3. Scope 1 umfasst alle Emissionen, die innerhalb eines Unternehmens entstanden sind. Scope 2 umfasst alle Emissionen, die bei der Erzeugung der innerhalb eines Unternehmens verbrauchten Energie entstanden sind. Scope 3 umfasst weitere CO_2-Emissionen, die als Folge der Geschäftsaktivitäten eines Unternehmens bei dessen Geschäftspartnern (Lieferanten, Kunden etc.) entstehen. Vgl. Greenhouse Gas Protocol (2014).

16 Siehe dazu detailliert im Exkurs Green Controlling, S. 173ff.

Für die Ausweitung der Grünen Transformation auf ausländische Standorte und Tochtergesellschaften sieht der Großteil der befragten Unternehmen die Institutionalisierung der Grünen Transformation als Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung auf Konzernebene.

Einen wichtigen Ansatz im Institutionellen Wandel stellt die Anpassung des Controllings dar. Damit sie ihren Weg einer Grünen Transformation gestalten können, sind Unternehmen auf Daten und Fakten angewiesen. Dabei kommt dem Controlling eine entscheidende Rolle zu, das als Subsystem der Unternehmensführung einen wichtigen Beitrag zum Greening eines Unternehmens liefern kann. Dazu muss das Controlling in der Lage sein, alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökonomie, Ökologie, soziale Verantwortung – in den Strukturen und Prozessen eines Unternehmens zu erfassen und adäquat abzubilden.

Bereits in den 1980-Jahren existierten erste Ansätze, das Thema Ökologie ins Controlling zu integrieren. Allerdings standen seinerzeit operative Aspekte im Vordergrund, etwa die Messung und Dokumentation gesetzlich festgelegter Grenzwerte. Inzwischen wurde die strategische Bedeutung des „Green Controlling" erkannt: „Die wichtigste Aufgabe eines Green Controlling sehe ich darin, die Wirtschaftlichkeit ökologischer Strategien nachzuweisen, deren Zielrichtung zu monitoren und mithilfe von den ‚richtigen' Kennzahlen einen transparenten und objektiven Umgang mit ökologischen Themen zu ermöglichen", so der international renommierte Controlling-Spezialist Peter Horvath.[17] Dazu sollen keine Parallelstrukturen entwickelt werden; vielmehr soll „die ökologische Perspektive integrativer Bestandteil des gesamten Steuerungssystems im Unternehmen werden".

Um diesem Anspruch gerecht zu werden, bedarf ein funktionierendes Nachhaltigkeitscontrolling eines Fundaments objektivierbarer und operationalisierbarer Messgrößen. Im Exkurs „Green Controlling" wird auf den nächsten Seiten detailliert beschrieben, welche Kennzahlensysteme und welche Berichtsrahmen in der Praxis verwendet werden.

17 Gleich, R./Bartels, P./Breisig, V. (Hrsg.) (2012), S. 19.

Exkurs Green Controlling

Auf dem Weg in eine Green Economy brauchen Unternehmen Orientierungspunkte, um ihren Standort zu bestimmen und den weiteren Kurs festzulegen. Auch für die Akzeptanz des Unternehmens in der Öffentlichkeit – die „licence to operate“[18] – gewinnen belastbare nachhaltigkeitsbezogene Daten und Informationen zunehmend an Relevanz. Dabei spielt das Green Controlling eine Schlüsselrolle.

Entscheidend für ein funktionierendes „grünes“ Controlling ist ein Fundament aussagekräftiger Messgrößen. Das heißt, es bedarf objektivierbarer und operationalisierbarer Kriterien unternehmerischen Handelns. Deren Festlegung ist nur in einigen Bereichen gesetzlich geregelt, etwa durch regulatorische Vorgaben zur Einhaltung von Grenzwerten und Normen oder die Vorschriften der externen Rechnungslegung. Es gibt jedoch eine Reihe etablierter Kennzahlen und Berichtsrahmen, die Unternehmen auf freiwilliger Basis zur Beurteilung ihrer Fortschritte bei der Grünen Transformation heranziehen können.

KPI for ESG

In einem Kennzahlensystem werden Kennzahlen zusammengefasst, indem die Einzelwerte in ihren wechselseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten dargestellt werden. Key Performance Indicators (KPI) werden diejenigen Kennzahlen genannt, die „Faktoren abbilden, welche für den gegenwärtigen oder zukünftigen Erfolg eines Unternehmens von entscheidender Bedeutung sind“.[19] Im Kontext des Nachhaltigkeitscontrollings ist es notwendig, ein Kennzahlensystem festzulegen, das die Leistung des Unternehmens in den Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Ökologie und soziale Verantwortung erfasst.

Zu den etablierten Kennzahlensystemen gehört das KPI-Modell „KPI für ESG 3.0“, das von der Deutschen Vereinigung für Finanzanalyse und Asset Management (DVFA) entwickelt wurde.[20] Sein Aufbau orientiert sich an der Brancheneinteilung der Stoxx Industry Classification Benchmarks. Danach werden 114 Teilsektoren in zehn Wirtschaftszweigen gebildet. Für jeden dieser Teilsektoren werden Schlüsselindikatoren definiert. Zu ihnen zählen beispielsweise die Energieeffizienz (ausgedrückt als Gesamtenergieverbrauch), die Treibhausgasemissionen, Mitarbeiterfluktuation, Innovation (FuE-Ausgaben), Abfallmenge sowie Emissionen von Luftschadstoffen.

Berichtsrahmen der Global Reporting Initiative

Den international als führend anerkannten Standard für die Nachhaltigkeitsberichterstattung („the gold standard for CSR reporting“[21]) bilden die Richtlinien der Global Reporting Initiative (GRI). Ihre erste Fassung wurde im Jahr 2000 veröffentlicht; inzwischen ist der GRI-Berichtsrahmen in der vierten Generation („G4“) erschienen.

Die G4 *Leitlinien zur Nachhaltigkeitsberichterstattung* bestehen aus 58 „Allgemeinen Standardangaben“. Diese Angaben müssen alle Unternehmen veröffentlichen, die Nachhaltigkeitsberichte erstellen; abgebildet werden alle relevanten Informationen zur Strategie und Analyse und zum Profil des Unternehmens. Darüber hinaus werden in den „Spezifischen Standardangaben“ die Kategorien „Wirtschaftlich, Ökologisch und Gesellschaftlich“ vertieft.[22]

18 Mit „licence to operate“, auch Betriebslizenz, wird die gesellschaftliche Akzeptanz von Unternehmen bezeichnet. Vgl. Gabler (2014c).
19 Schulze, M./Nuhn, H./Gleich, R. (2012), S. 95.
20 DVFA – Deutsche Vereinigung für Finanzanalyse und Assetmanagement (2014).
21 Hohensee, J. (2013), S. 157.
22 Vgl. Global Compact (2014).

Deutscher Nachhaltigkeitskodex[23]

Der 2011 verabschiedete Deutsche Nachhaltigkeitskodex (DNK) versteht sich als „freiwillige Selbstauskunft gegenüber der interessierten Öffentlichkeit" und wurde für private und öffentliche Unternehmen jeder Größe und Rechtsform konzipiert.[24,25] Der DNK will anhand von 20 Kriterien und ergänzenden Leistungsindikatoren prägnant darstellen, was den „Kern unternehmerischer Nachhaltigkeit ausmacht", so die Erklärung auf der Internet-Seite des Deutschen Nachhaltigkeitskodex.[26]

Die 20 Kriterien erfassen die Aspekte Ökologie, Soziales und Unternehmensführung und erstrecken sich auf die Themenfelder Strategie (Strategische Analyse, Strategie und Ziele), Prozessmanagement (Regeln und Prozesse, Anreizsysteme, Stakeholder-Engagement, Innovations- und Produktmanagement), Umwelt (Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen) und Gesellschaft (Arbeitnehmerrechte und Diversity, Menschenrechte, Gemeinwesen, Politische Einflussnahme, Korruption). Für jedes Kriterium werden bis zu zwei Leistungsindikatoren aus den Standards der Global Reporting Initiative oder des Europäischen Dachverbands der Finanzanalysten (EFFAS) herangezogen. Insofern unternimmt der DNK den Versuch, die wichtigsten Leistungsindikatoren aus diesen beiden Berichtsstandards zu verdichten.[27]

Sustainability Balanced Scorecard

Das Anfang der 1990er Jahre erstmals vorgestellte Konzept der Balanced Scorecard ist inzwischen ein Klassiker unter den betriebswirtschaftlichen Instrumente. Ins Deutsche übersetzt, bedeutet Balanced Scorecard „ausgewogener Berichtsbogen". Das Attribut bezieht sich auf die Mischung der Kennzahlen. Um die Ausgewogenheit des Kennzahlensystems sicherzustellen, wird die finanzielle Perspektive in der Balanced Scorecard um drei Perspektiven ergänzt: um die Kundenperspektive, die Perspektive der internen Geschäftsprozesse sowie um die Lern- und Entwicklungsperspektive.

Dieser konzeptionelle Rahmen befähigt die Balanced Scorecard als Managementsystem, den strategischen Führungsprozess in einem Unternehmen zu unterstützen, indem sie den Brückenschlag zwischen der Entwicklung einer Strategie und ihrer Umsetzung bewerkstelligt. Außerdem ist dieser Ansatz geeignet, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen den Perspektiven und deren Wechselwirkungen darzustellen. Aufgrund dieser Eigenschaften konnte die Balanced Scorecard als Managementsystem im Kontext der nachhaltigen Unternehmensführung weiterentwickelt werden.[28] Der Entwicklungsschritt von der klassischen Balanced Scorecard zur Sustainability Balanced Scorecard beinhaltet die Integration der Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie und soziale Verantwortung: Sie werden als weitere Perspektiven in das Kennzahlensystem der Balanced Scorecard ergänzt.

23 Derzeit wird der Deutsche Nachhaltigkeitskodex in einigen Punkten überarbeitet. Ein wesentlicher Grund für die Aktualisierung, die bei Redaktionsschluss der vorliegenden Publikation noch nicht abgeschlossen war, ist die Harmonisierung des Deutschen Nachhaltigkeitskodex an die Fortschreibung der Leitlinien der Global Reporting Initiative (von G 3.1 auf G 4). Vgl. Deutscher Nachhaltigkeitskodex (2014a).

24 Vgl. Rat für Nachhaltige Entwicklung (2012), S. 3.

25 Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex ist im Auftrag des Rates für Nachhaltige Entwicklung von Prof. Dr. Alexander Bassen entwickelt worden. Er hat der Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität Hamburg eine Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Kapitalmärkte und Unternehmensführung.

26 Deutscher Nachhaltigkeitskodex (2014b).

27 Vgl. ebenda.

28 Dieser Ansatz wurde maßgeblich von Prof. Dr. Stefan Schaltegger entwickelt, der die Sustainability Balanced Scorecard als „Strukturierungsrahmen für ein Nachhaltigkeitscontrolling" bezeichnet. Schaltegger ist Leiter des Centre for Sustainability Mangement und Inhaber des Lehrstuhls für Nachhaltigkeitsmanagement an der Leuphana Universität Lüneburg.

Integriertes Reporting

Die Trennung von Finanz- und Nachhaltigkeitsberichterstattung zu überwinden, ist das Anliegen der „Integrierten Unternehmensberichterstattung“ („Integrated Reporting“). Im Kern geht es um eine Integration der klassischen Finanzberichterstattung und der Berichte über nichtfinanzielle Faktoren, etwa Angaben zu Umwelt-, Sozial- und Governance-Aspekten. Die Auswirkungen von ökologischen und sozialen Faktoren auf die finanzielle Entwicklung des Unternehmens sollen dargestellt werden; das heißt, die Wechselwirkungen der drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales werden auch in der Unternehmensberichterstattung angemessen abgebildet. Von der integrierten Berichterstattung können nicht nur die Stakeholder als externe Adressaten profitieren, sondern das Unternehmen selbst: „Letztlich lassen sich mit integriertem Denken und einer integrierten Berichterstattung neue Möglichkeiten für eine ganzheitliche Wertschöpfung aufdecken“, so die Einschätzung der SAP AG zu den Vorzügen des integrierten Reporting.[29]

29 SAP AG (2014).

Transformationspfade aus der Branchenperspektive

Auf einen Blick

Die Selbsteinschätzung der Unternehmen in Bezug auf den Zielerreichungsgrad in den einzelnen Feldern der Grünen Transformation fällt je nach der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Branchencluster unterschiedlich aus.

Die größten Unterschiede in der Selbsteinschätzung zeigen sich in den Transformationsfeldern Wirtschaftlicher Wandel und Institutioneller Wandel. Hier weichen die Beurteilungen der befragten Unternehmen je nach Branchencluster sehr stark voneinander ab. Im Cluster „Originäre Umwelttechnik" veranschlagen die Interview-Teilnehmer den Zielerreichungsgrad tendenziell niedrig – was auf die ambitionierte Zielsetzung in diesem Branchencluster zurückzuführen sein dürfte, die den hohen Anforderungen seitens der Kunden und der Investoren geschuldet ist.

Relativ ähnlich fallen die Ausprägungen der Zielerreichungsgrade aller drei Branchencluster in den Transformationsfeldern Ökologischer Wandel und Mitarbeiter-Wandel aus. Hier spielt offensichtlich die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Branchencluster für die Selbsteinschätzung der befragten Unternehmen keine Rolle.

Die Zuordnung der Unternehmen in ein Branchencluster spielte für die bisher präsentierten Ergebnisse keine wesentliche Rolle. In diesem Abschnitt ändert sich der Fokus: Die Transformationspfade der Unternehmen zum Ziel Green Economy werden differenziert nach der Zugehörigkeit zu einem Branchencluster analysiert. Dazu wurden drei Cluster gebildet.

1. Originäre Umwelttechnik (zum Beispiel Umweltfreundliche Energien, Kreislaufwirtschaft).
2. Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik (zum Beispiel Chemische Industrie, Elektroindustrie).
3. Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik (zum Beispiel Konsumgüterindustrie, IKT-Branche).

Der Vergleich zwischen den drei Branchenclustern zeigt in Bezug auf die Wahrnehmung des Transformationsprozesses keine großen Unterschiede: Die befragten Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik" schätzen ihren Zielerreichungsgrad mit durchschnittlich 70 Prozent um zehn Prozentpunkte höher ein als die Unternehmen aus den anderen beiden Branchenclustern. Ausschlaggebend für diese leichte Differenz dürfte die historische Verankerung dieser Unternehmen im Bereich Ökologie sein.

Unterschiede zwischen den Branchenclustern offenbaren sich in Bezug auf die Treiber der Transformation. Ein wichtiger Aspekt der Tiefeninterviews war die Frage, welche Faktoren nach Ansicht der Unternehmen die Grüne Transformation vorantreiben. Die Gewichtung dieser Treiber weist je nach Cluster-Zugehörigkeit der befragten Unternehmen graduelle Unterschiede auf; sie werden in dem Ranking sichtbar, das in Abbildung 82 dargestellt wird.

Die meisten Interview-Teilnehmer betrachten unabhängig von der Cluster-Zugehörigkeit ihres Unternehmens Kostensenkung (zum Beispiel Einsparung von Energiekosten durch Verbesserung der Energieeffizienz) und Kundenanforderungen) als die wichtigsten Treiber für den Transformationsprozess. Dabei spielen die Themen Image, Vermarktung und Markenwert eine wesentliche Rolle für die Positionierung im Wettbewerb und die Abgrenzung von der Konkurrenz.

Politische Vorgaben und Anreize werden von den befragten Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik" als wichtiger Treiber für den Transformationsprozess gesehen. Diese Einschätzung spiegelt die Tatsache wider, dass der Transformationsprozess für Unternehmen der Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik stärker von externen Faktoren bestimmt wird. Politische Rahmenbedingungen werden in diesem Cluster verstärkt als Katalysator für die Erschließung neuer Märkte betrachtet. So fördert beispielsweise die staatliche Trinkwasserverordnung den Einsatz bleifreier Rohre für die Wasserversorgung und begünstigt damit die Marktentwicklung für Rohre mit Kupferlegierungen in der metallverarbeitenden Industrie.

Das Risikomanagement (im Sinne einer Minimierung von Risiken, denen das Unternehmen in Folge von Um-

Ranking	Originäre Umwelttechnik	Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik	Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik
1	Kostensenkung	Kundenanforderungen	Kundenanforderungen
2	Kundenanforderungen	Kostensenkung	Kostensenkung
3	Unternehmenshistorie / Ethische Gründe	Politische Vorgaben und Anreize	Risikomanagement
4	Politische Vorgaben und Anreize	Unternehmenshistorie / Ethische Gründe	Unternehmenshistorie / Ethische Gründe
5	Risikomanagement	Risikomanagement	Politische Vorgaben und Anreize

Quelle: Roland Berger, Interviews mit Unternehmen

Abbildung 82: Ranking der Treiber für die Grüne Transformation nach Branchencluster

weltschäden ausgesetzt ist) wird insbesondere von den befragten Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik" als wichtiger Treiber für den Transformationsprozess erachtet. So nennen beispielsweise Unternehmen mit internationaler Ausrichtung aus der Konsumgüterindustrie das Risikomanagement als stärksten Treiber für den Transformationsprozess, da die Rohstoffe für ihre Produkte stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind. Durch Umweltschäden, die Unternehmen selbst verursachen – beispielsweise durch Verunreinigung von Gewässern infolge von Überschreitungen zulässiger Grenzwerte – können auch haftungsrechtliche und damit finanzielle Risiken für Unternehmen entstehen.

Im Folgenden wird die Selbsteinschätzung der befragten Unternehmen in Hinblick auf den Zielerreichungsgrad in den fünf Transformationsfeldern differenziert nach Cluster-Zugehörigkeit betrachtet.

Cluster „Originäre Umwelttechnik"

Die Interview-Teilnehmer aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik" beurteilen ihre Zielerreichung in der Grünen Transformation vor allem auf den Transformationsfeldern Wirtschaftlicher Wandel (90 Prozent) und Technologischer Wandel (80 Prozent) bereits als sehr weit fortgeschritten. Diese Selbsteinschätzung spiegelt die – für die „Originäre Umwelttechnik" charakteristische – starke Ausrichtung des Geschäftsmodells auf ökologische Themen wider und zeigt eine starke Verbindung zwischen ökologischen und wirtschaftlichen Unternehmenszielen (siehe Abbildung 83).

Beispielsweise haben die befragten Unternehmen aus der Kreislaufwirtschaft maßgebliche Innovationen größtenteils bereits in der Vergangenheit umgesetzt. So hat in der Recycling-Branche eine Innovationswelle in den 1980er und 1990er Jahren stattgefunden.

In Bezug auf den Mitarbeiter-Wandel hat der Großteil der befragten Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik" in den letzten zehn Jahren nicht viele Instrumente zur Reflexion des Umweltbewusstseins eingesetzt. Dies spiegelt sich in dem vergleichsweise geringen Zielerreichungsgrad von durchschnittlich 60 Prozent wider. Die Interview-Teilnehmer halten den Ausbau der Aktivitäten in diesem Transformationsfeld auch in der kommenden Dekade für nicht notwendig.

Im Transformationsfeld Institutioneller Wandel sehen sich die meisten der befragten Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik" aktuell bei einer vergleichsweisen niedrigen Zielerreichung von 40 Prozent. Ein wichtiger Grund für diese Einschätzung ist die in diesem Branchencluster in der Regel besonders ausgeprägte intrinsische Motivation der Beschäftigten in Bezug auf die Unterstützung der Grünen Transformation. Durch diese Einstellung der Mitarbeiter, so die Argumentation einiger Unternehmen, erübrigen sich institutionalisierte Lösungen, um das Greening auf

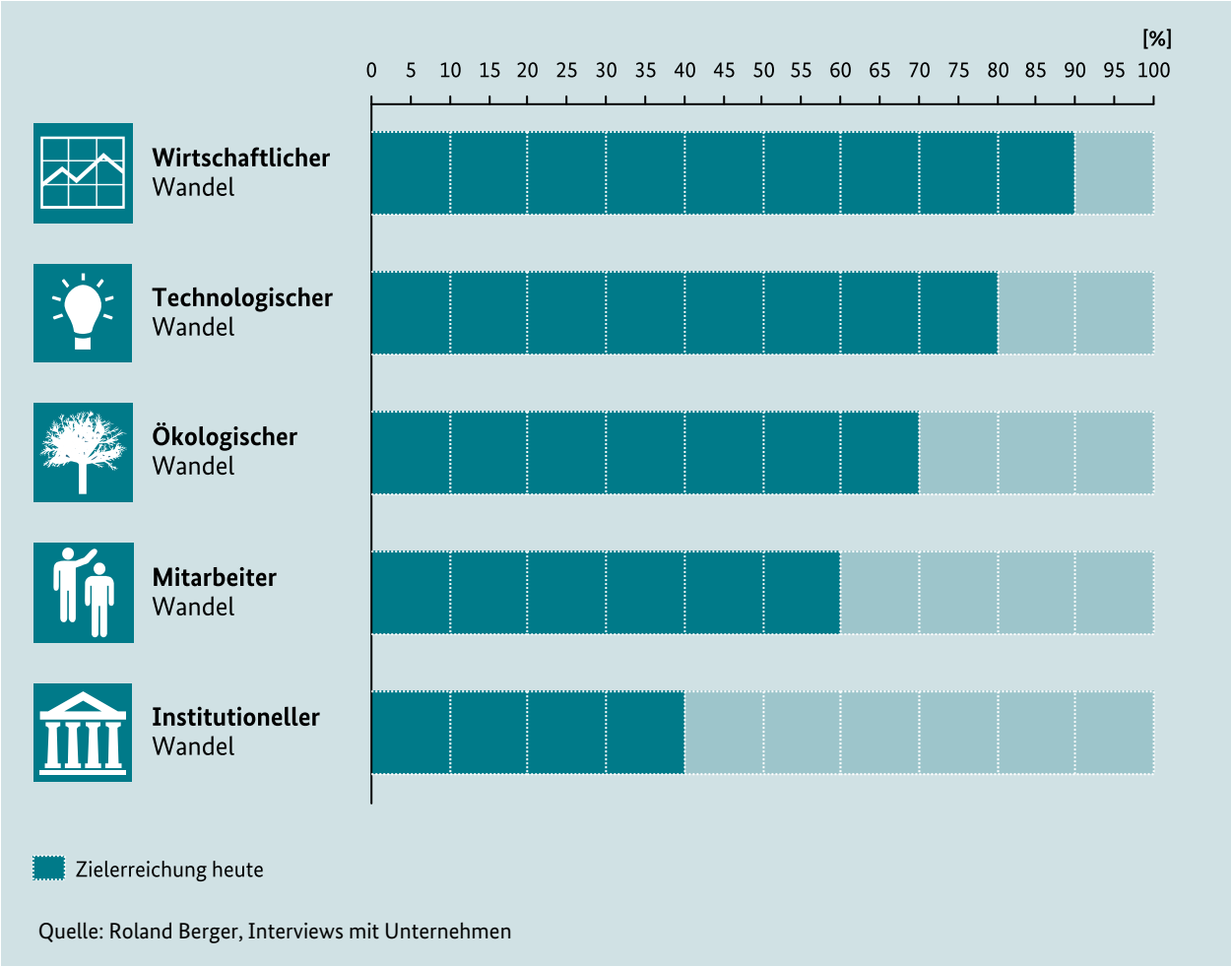


Abbildung 83: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik“ (in Prozent)

Unternehmensebene voranzutreiben. Hinzu kommt, dass die Struktur der Unternehmen im Branchencluster „Originäre Umwelttechnik“ stark von kleinen und mittleren Unternehmen geprägt wird – was die Möglichkeiten, zusätzliche Personalkapazitäten zu schaffen, etwa für einen Nachhaltigkeitsbeauftragten, deutlich einschränkt.

Die Selbsteinschätzung der befragten Unternehmen aus der originären Umwelttechnik zur Zielerreichung in Bezug auf die Grüne Transformation lässt sich auch differenziert nach der Positionierung entlang der Wertschöpfungskette betrachten (siehe Abbildung 84).

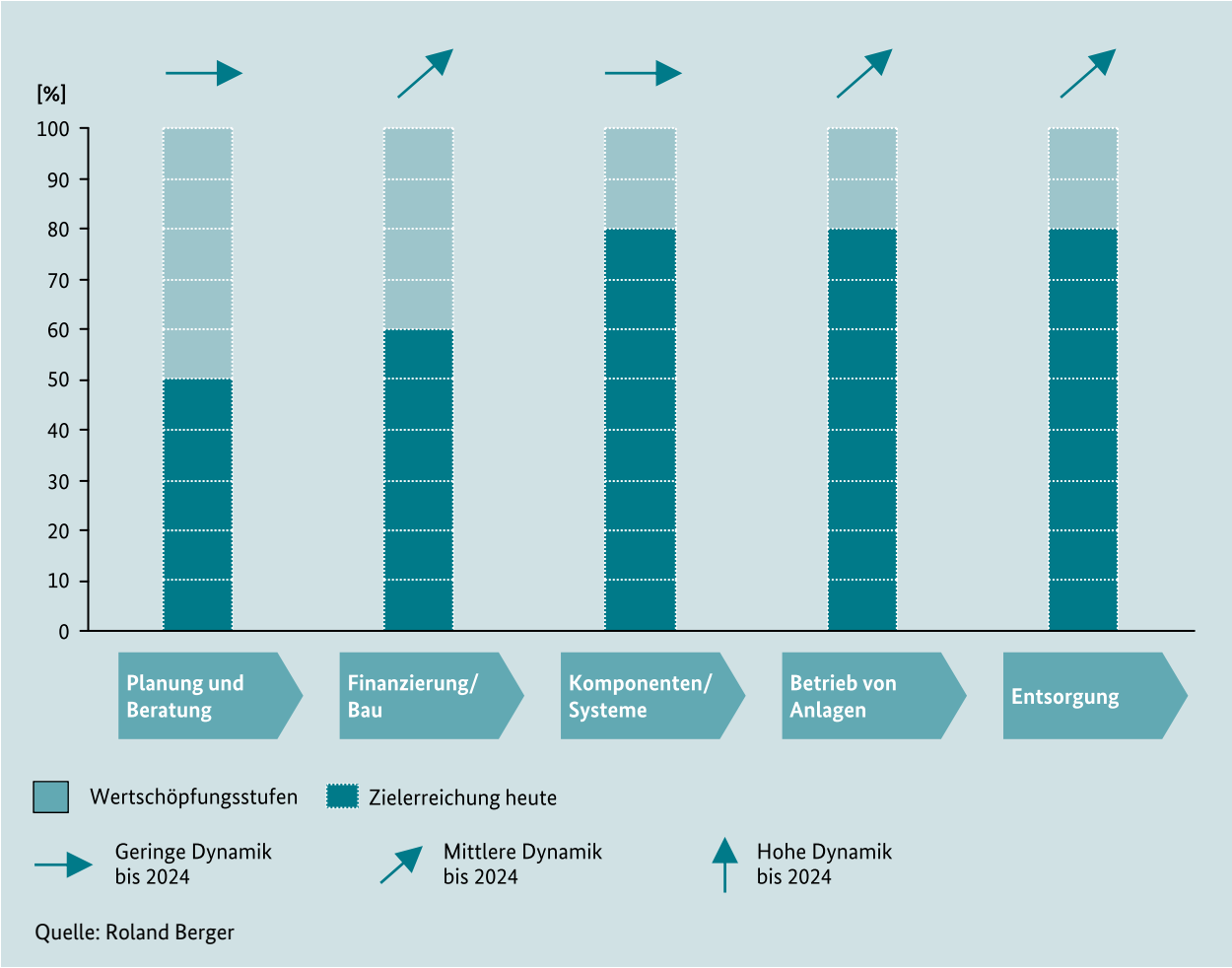


Abbildung 84: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad und Dynamik nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik", differenziert nach Wertschöpfungsstufen – aktueller Wert und erwartete Dynamik bis 2024 (in Prozent)

Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik"

Die befragten Unternehmen des Clusters „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik" schätzen ihren Zielerreichungsgrad im Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel aktuell bei durchschnittlich 60 Prozent ein. Dieser Wert ist ein Hinweis, dass in diesem Transformationsfeld durchaus noch Spielraum für Maßnahmen zur Beschleunigung des Greenings besteht. Vielversprechende Ansätze sind beispielsweise der Green-Design-Ansatz (Änderung des bestehenden Produkt- und Dienstleistungsportfolios nach ökologischen Gesichtspunkten) und die Einführung neuer Produkte. So kann ein Automobilhersteller seine Flotte beispielsweise durch Fahrzeuge mit alternativen Antrieben ergänzen.

Viele Maßnahmen zur Förderung des technologischen Wandels haben die befragten Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik" schon in der Vergangenheit umgesetzt. Ein durchschnittlicher Zielerreichungsgrad von 90 Prozent spiegelt diese Einschätzung wider. Als besondere Herausforderung im Transformationsfeld Technologischer Wandel sieht der Großteil der Interview-Teilnehmer die Markteinführung bereits entwickelter Technologien. Dies wird unter anderem am Beispiel der Markteinführung von OLED-Beleuchtungslösungen deutlich. Bislang werden OLEDs in hochwertigen Flachbildschirmen, Digitalkameras und Smartphone-Displays verwendet. Trotz der Vorteile der OLEDs – dünn, blendfrei und flächiges Leuchten – steht der Durchbruch in der Anwendung als Leuchtmittel noch aus, weil die Herstellungsverfahren für die Massenproduktion zu kostspielig sind.

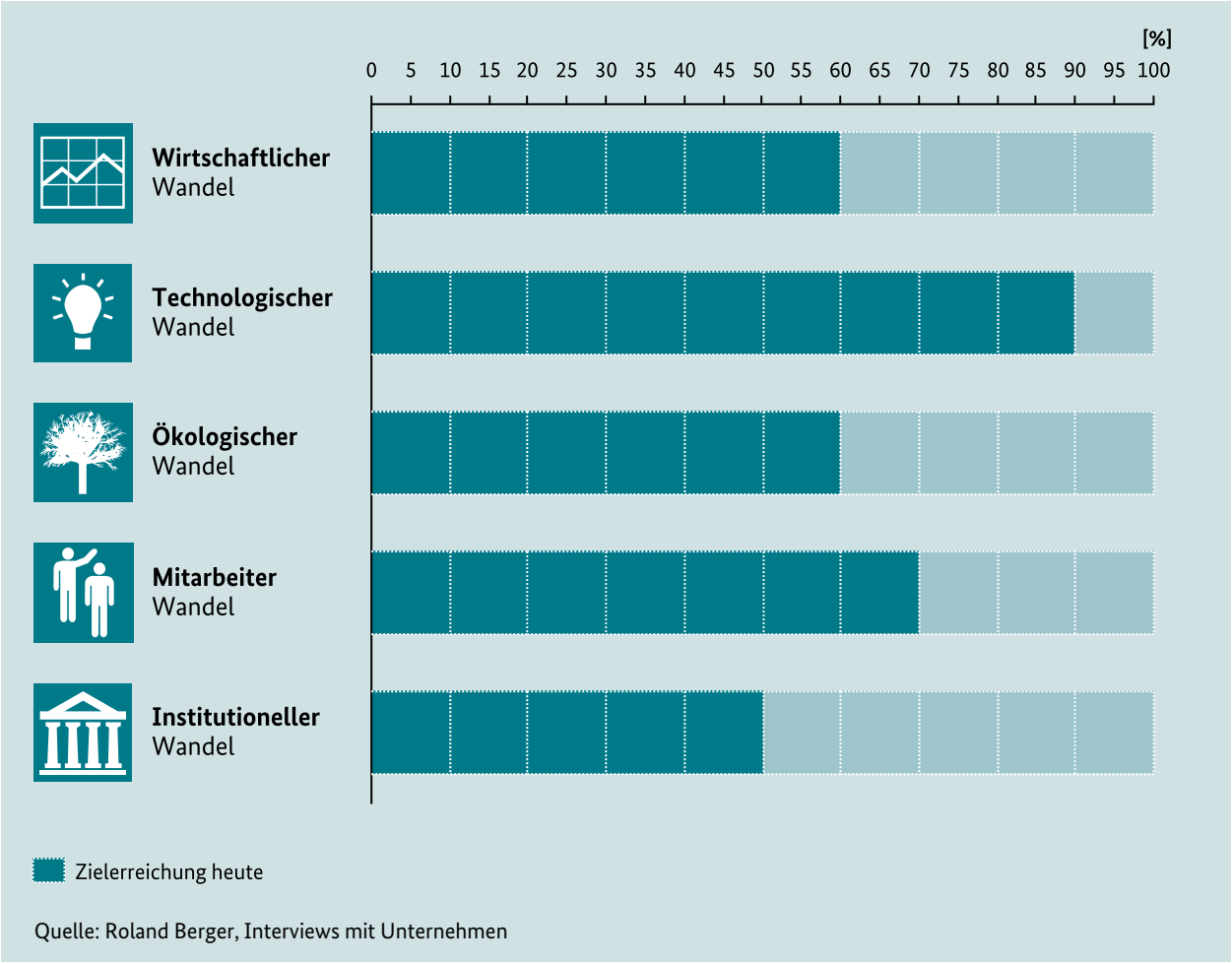


Abbildung 85: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik“ (in Prozent)

Auf dem Transformationsfeld Ökologischer Wandel sind für die Mehrheit der befragten Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik“ der wesentliche Treiber des Greenings die Anforderungen der Kunden. Vor allem das Lieferkettenmanagement sorgt hier für ambitionierte Rahmenbedingungen: Immer mehr Unternehmen verlangen von ihren Zulieferern den Nachweis, etwa durch eine Zertifizierung nach ISO 14001 oder eine Validierung nach EMAS[30], dass bei der Produktion ökologische Standards eingehalten werden. Die Unternehmen schätzen ihren Zielerreichungsgrad beim Ökologischen Wandel aktuell im Durchschnitt bei 60 Prozent ein.

Die Transformationspfade der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik“ lassen sich noch detaillierter analysieren, wenn man die Zielerreichungsgrade differenziert nach Wirtschaftszweigen betrachtet (siehe Abbildung 86). Abbildung 86 zeigt bei einzelnen Branchen Abweichungen vom Durchschnittswert (60 Prozent) des Zielerreichungsgrads.

Am höchsten fällt der Zielerreichungsgrad im Transformationsprozess aktuell in der Elektroindustrie (80 Prozent), der Automobilindustrie (70 Prozent) und der Chemischen Industrie (70 Prozent) aus. Die Gründe für diese überdurchschnittlichen Werte liegen vor allem in den Fortschritten auf den Transformationsfeldern Wirtschaftlicher und Technologischer Wandel. Dieser Befund wird von der Tatsache untermauert, dass gerade in der Elektroindustrie und der Chemischen Industrie ein relativ hoher Anteil „grüner“ Unternehmensgründungen zu verzeichnen ist.[31] Dies ist ebenfalls ein Hinweis auf die Innovationskraft dieser Branchen und deren starke Rolle beim Technologischen Wandel.

Die befragten Unternehmen der Metallerzeugenden Industrie schätzen ihren Zielerreichungsgrad im Transformationsprozess bei 50 Prozent ein – und

30 Siehe dazu S. 169.
31 Siehe dazu S. 200.

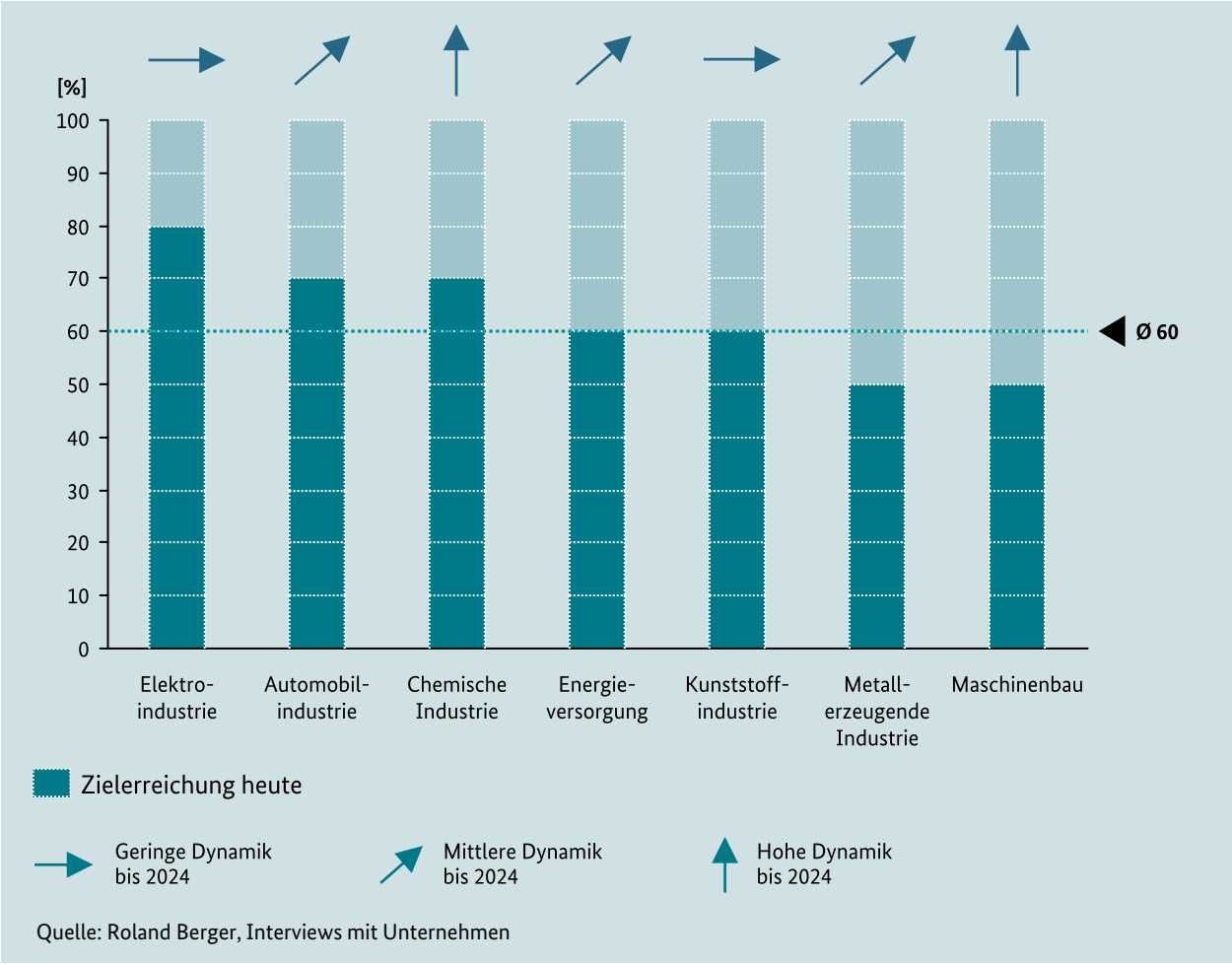


Abbildung 86: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik", differenziert nach Wirtschaftszweigen – aktueller Wert und erwartete Dynamik bis 2024 (in Prozent)

damit etwas niedriger als der Durchschnitt des Clusters „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik". Eine Erklärung für diese Bewertung bietet die geringe Ausprägung der Zielerreichung in den Transformationsfeldern Wirtschaftlicher und Ökologischer Wandel. Zugleich signalisiert der Zielerreichungsgrad von 50 Prozent jedoch Potenzial für eine Ausweitung der Maßnahmen: Die Interview-Teilnehmer aus der Metallerzeugenden Industrie rechnen für die nächsten zehn Jahre mit einer zunehmenden Dynamik.

Die befragten Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau veranschlagen aktuell ihren Zielerreichungsgrad im Transformationsprozess im Durchschnitt mit 50 Prozent. Dieser Wert liegt ebenfalls leicht unter dem Cluster-Durchschnitt, was auf die relativ geringe Ausprägung des Institutionellen Wandels und des Mitarbeiter-Wandels zurückzuführen ist. Für die nächsten zehn Jahre rechnen die Interview-Teilnehmer aus dem Maschinenbau jedoch mit einer stark ansteigenden Dynamik im Transformationsprozess.

Vergleicht man die einzelnen Wirtschaftszweige des Clusters „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik" miteinander, zeigen sich unter anderem Unterschiede im Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel. Die Akzeptanz für umweltbewusstes Handeln lässt sich in der Chemieindustrie bei „Blue-Collar-Mitarbeitern" durch gezielte Ansprache und Information relativ leicht erreichen. Die Beschäftigten im gewerblich-technischen Bereich sind durch Umgang mit gefährlichen Substanzen bereits stark für die Umweltauswirkungen der im Produktionsprozess verwendeten Stoffe sensibilisiert. Dagegen scheint es grundsätzlich schwieriger, die Akzeptanz ökologischen Handelns bei „Blue-Collar"-Mitarbeitern in der Automobilbranche zu fördern. Aufgrund traditioneller Prägungen verbinden die Beschäftigten „ihre" Branche eher mit Sportlichkeit, Dynamik und Geschwindigkeit und identifizieren sich in der Regel mit diesen Inhalten, sodass die Aufgeschlossenheit für ökologische Werte eine untergeordnete Rolle spielt.

In einzelnen Wirtschaftszweigen gibt es auch unternehmensübergreifende Initiativen mit dem Ziel, den ökologischen Wandel in der Branche voranzutreiben. Hier drei Beispiele für solche Kooperationen:

- In der Brancheninitiative „Chemie³„ haben sich der Verband der Chemischen Industrie e.V., die Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie und der Bundesarbeitgeberverband Chemie zusammengeschlossen. „Chemie³“ hat *zwölf Leitlinien zur Nachhaltigkeit für die chemische Industrie in Deutschland* definiert und plant, sich mittelfristig zu konkreten Best Practices auszutauschen.[32]
- In der Metallerzeugenden Industrie hat die Brancheninitiative „Metalle Pro Klima“ fast 60 branchenspezifische Best Practices für die Nichteisen-Metallindustrie herausgearbeitet, die in der Anwendung die Energie- und Ressourceneffizienz erhöhen beziehungsweise einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.[33]
- Die Brancheninitiative „Blue Competence“ des VDMA stellt branchenspezifische Best Practices für den Maschinen- und Anlagenbau vor, die das Nachhaltigkeitsmanagement der Branche stärken (siehe Info-Box).[34]

Blue Competence – Grüne Technologie im Maschinen- und Anlagenbau

Umwelttechnik und Ressourceneffizienz sind wichtige globale Wachstumstreiber. Die Unternehmen des europäischen Maschinen- und Anlagenbaus haben dieses Potenzial nachhaltigen Wirtschaftens als Schlüssel zu Wettbewerbsvorteilen und Zukunftsfähigkeit erkannt. Rund 400 Unternehmen haben sich deshalb in der vor fünf Jahren gegründeten Nachhaltigkeitsinitiative Blue Competence des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) zusammengeschlossen.

Als Vorreiter auf dem Gebiet nachhaltiger Produkt- und Produktionsinnovation entwickeln die Partner der Initiative unter dem Motto „Viele reden über Nachhaltigkeit – wir entwickeln Lösungen“ ressourceneffiziente und umweltschonende Technologien und Produktionsverfahren. Blue Competence deckt alle sechs GreenTech-Leitmärkte ab, von Lösungen für umweltfreundliche Energiegewinnung und -speicherung, Energieeffizienzsteigerung über Rohstoff- und Materialeffizienz, Nachhaltige Mobilität und Kreislaufwirtschaft bis zu Technologien für Nachhaltige Wasserwirtschaft.
www.bluecompetence.net

Cluster „Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik“

Wie Abbildung 87 zeigt, schätzen die befragten Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik“ ihren Zielerreichungsgrad beim Mitarbeiter-Wandel (70 Prozent) und Institutionellen Wandel (80 Prozent) als besonders ausgeprägt ein. Treiber für die Fortschritte bei der Grünen Transformation in diesen Bereichen sind vor allem die Anforderungen im Business-to-Business-Geschäft, der Investoren, der Beschäftigten sowie der Kunden. Gerade für börsennotierte Unternehmen wie die Deutsche Telekom oder SAP spielen die Erwartungen der Finanzmärkte in Bezug auf die institutionelle Verankerung von Green-Economy-Prinzipien in den Unternehmensstrukturen eine wichtige Rolle. Vor allem institutionelle Anleger erwarten den Nachweis, etwa in Form von Nachhaltigkeitsberichten und eines Green Controlling, dass Unternehmen im Einklang mit ökologischen und sozialen Kriterien sowie nach den Grundsätzen guter Unternehmensführung wirtschaften.

Bei der Auswertung der Tiefeninterviews mit Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik“ wurde auch der Aspekt der der Kundenorientierung betrachtet und

32 Vgl. Chemie³ Die Nachhaltigkeitsinitiative der Deutschen Chemie (2014).
33 Vgl. Metalle pro Klima (2014).
34 Vgl. Blue Competence (2014).

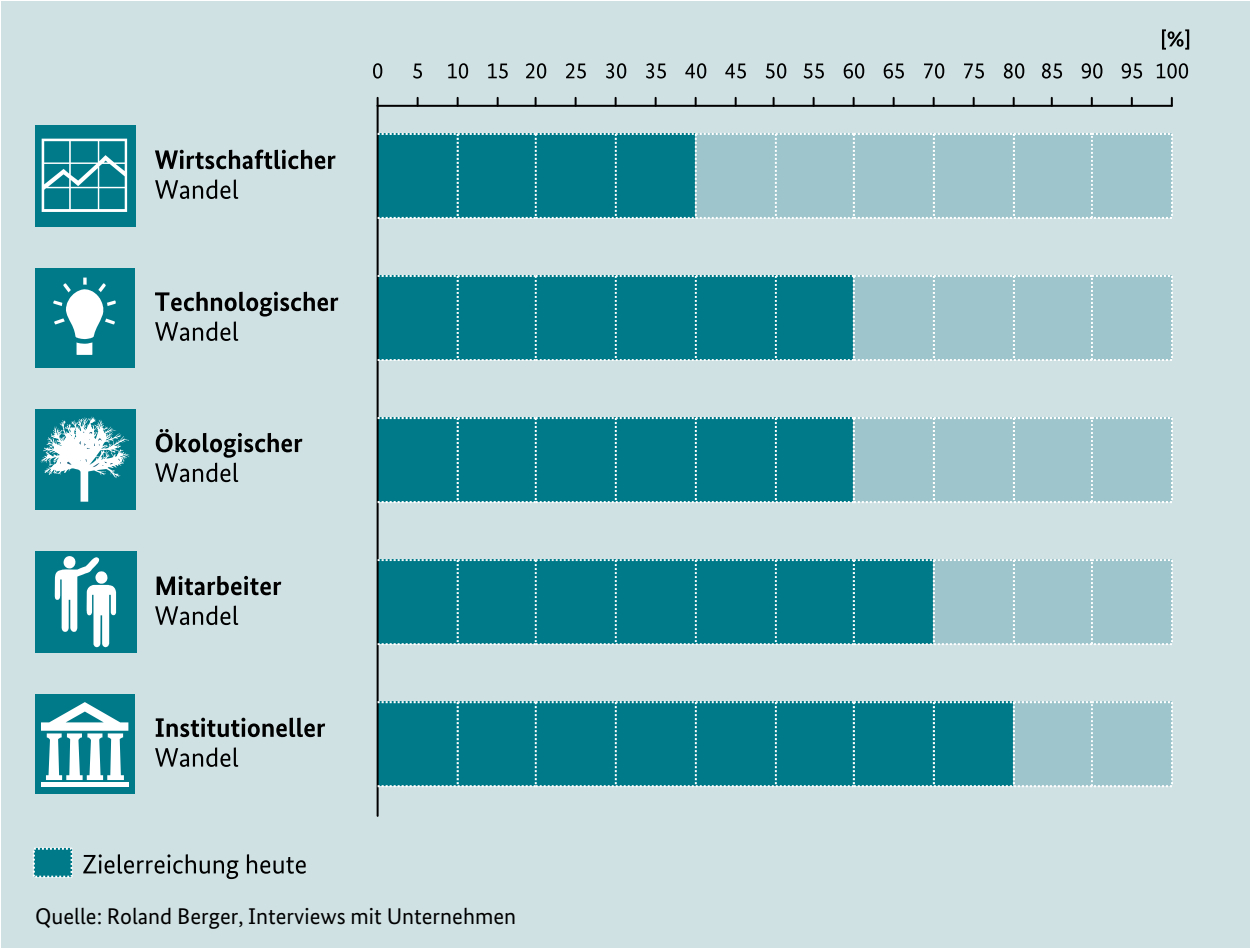


Abbildung 87: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik“ (in Prozent)

zwischen Unternehmen im Business-to-Consumer-Geschäft (B2C) und Akteuren aus dem Bereich Business-to-Business (B2B) differenziert.

In den Gesprächen mit Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik“ wird deutlich, dass vor allem die Akteure mit Schwerpunkt im B2C-Geschäft (etwa aus der Konsumgüterindustrie) für die nächsten zehn Jahre erhebliches Ausbaupotenzial in Bezug auf die Grüne Transformation sehen. Dieses Ausbaupotenzial ist besonders ausgeprägt im Transformationsfeld Wirtschaftlicher Wandel. Beispielsweise planen Konsumgüterhersteller, bei der Produktion stärker auf ökologische Gesichtspunkte zu achten, etwa bei der Verpackungstechnik.

Der Vergleich der befragten Unternehmen aus dem B2B- und aus dem B2C-Bereich zeigt eine unterschiedliche Herangehensweise beziehungsweise Erwartungshaltung der jeweiligen Kundengruppen. Für die Endverbraucher im B2C-Bereich steht bei Kaufentscheidungen derzeit vor allem das Thema Bio-Produkte im Vordergrund, etwa bei Naturkosmetik oder Textilien aus Biobaumwolle. Eine ganzheitliche Betrachtung der Grünen Transformation, zu der unter anderem ökologische Produktionsprozesse und der CO_2-Footprint von Produkten gehört, spielt jedoch für den Großteil der Kundschaft bislang eine eher untergeordnete Rolle. So haben beispielsweise Biokunststoffe derzeit noch oft eine schlechtere Ökobilanz als Recycling-Kunststoffe, dies wird jedoch vom B2C-Kunden anders wahrgenommen.

Dagegen richten B2B-Kunden ihr Augenmerk gerade auf den Produktionsprozess und achten darauf, dass der gesamte Lebenszyklus eines Produkts den Kriterien des Umweltschutzes sowie der Ressourceneffizienz entspricht und Sozialstandards eingehalten werden. Diese ganzheitliche Betrachtung setzt sich aufgrund der steigenden Anforderungen an das Lieferkettenmanagement sowie der Erwartung der Investoren immer stärker durch.

Diese Unterschiede spiegeln sich auch in der heutigen Einschätzung des Zielerreichungsgrads wider: Die befragten Unternehmen aus dem B2C-Bereich veranschlagen ihren Zielerreichungsgrad im Transformationsprozess auf durchschnittlich 40 Prozent; die Unternehmen aus dem B2B-Bereich beurteilen ihre Fortschritte positiver und schätzen ihren Zielerreichungsgrad auf 70 Prozent.

Erfolgreiche Instrumente und Maßnahmen ausgewählter Unternehmen

Grüne Transformation und Green Economy sind keine theoretischen Konstrukte, sondern bewähren sich längst in der unternehmerischen Praxis. Um diese Erfolge zu illustrieren, werden auf den folgenden Seiten Best Practices aus der deutschen Wirtschaft dargestellt.

Bei der Auswahl war maßgeblich, dass die Beschreibungen ein breites Spektrum abdecken und Vertreter aus allen drei Branchenclustern berücksichtigt werden. Die Best Practices stammen aus dem Kreis der Unternehmen, die an den Interviews teilgenommen haben. Im Sinne größtmöglicher Authentizität wurden die Darstellungen von den Unternehmen selbst verfasst. Jeweils zwei Best Practices beschreiben ein Transformationsfeld.

Wirtschaftlicher Wandel

SIEMENS

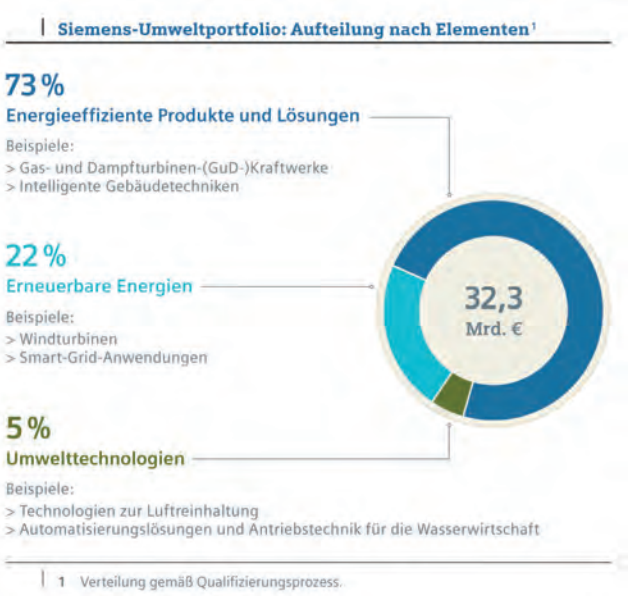
Mit Energieeffizienz nach vorn: Das Siemens Umweltportfolio

Die Siemens AG ist ein weltweit führendes Unternehmen der Elektronik und Elektrotechnik. Der Konzern ist auf den Gebieten Industrie, Energie sowie im Gesundheitssektor tätig und liefert Infrastrukturlösungen, insbesondere für Städte und urbane Ballungsräume. Nachhaltigkeit ist in allen Stufen der Wertschöpfungskette von Bedeutung – und wird beispielsweise über den Verhaltenskodex für Siemens-Lieferanten, über Umweltmanagementsysteme und Energieeffizienzprogramme an den eigenen Standorten adressiert. Der größte Hebel für mehr Energie- und Ressourceneffizienz ist aber die Nutzung des Siemens-Leistungsportfolios beim Kunden. Innovative Technologien zu entwickeln, die Ressourcen schonen, Kosten senken und die Energieeffizienz erhöhen – dies hat für Siemens zentrale Bedeutung und bietet einen mehrfachen Nutzen: für Kunden, für die Umwelt und für das Unternehmen.

Seit 2008 bündelt Siemens in seinem Umweltportfolio Produkte, Lösungen und Dienstleistungen, die einen besonderen Beitrag zu Energieeffizienz leisten, sowie erneuerbare Energien und Umwelttechnologien. Das Umweltportfolio umfasst – ähnlich den Leitmärkten des Umwelttechnologieatlas – zehn Technologiefelder entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Elektrifizierung: Erneuerbare Energien, fossile Stromerzeugung, Energieübertragung und -verteilung, Smart Grids, Energiespeicher, Mobilität, Industrielösungen, Gebäudetechnologien, Gesundheitslösungen sowie Wasser.

Da es keine allgemein verbindlichen Standards für die Definition „grüner" Technologien gibt, hat Siemens eine eigene Methodik und Prozesse für die Definition von Kriterien entwickelt, die Produkte und Verfahren für die Zugehörigkeit zum Umweltportfolio qualifizieren. Zur glaubwürdigen Darstellung werden diese Kriterien jährlich einer unabhängigen Prüfung durch eine Wirtschaftsprüfungsgesellschaft unterzogen. Die Aufnahme in das Umweltportfolio basiert auf folgenden Kriterien:

- Energieeffizienz: Qualifizieren können sich Produkte, Lösungen und Dienstleistungen, die eine signifikant höhere Effizienz aufweisen als eine herkömmliche Vergleichslösung. Rund zwei Drittel seiner Produkte und Lösungen werden dem Umweltportfolio aufgrund dieses Kriteriums zugerechnet. Beispiele sind hocheffiziente Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke, energieeffiziente Antriebstechnik, Gebäudeautomatisierung oder Züge.
- Erneuerbare Energien: Dieses Kriterium umfasst Technologien wie On- und Offshore-Windturbinen und Lösungen für Wasserkraft sowie Smart-Grid-Anwendungen, zum Beispiel Smart Meters oder intelligente Steuerungen für Energieverteilungsnetze.
- Umwelttechnologien: Schwerpunkt sind Technologien zur Luftreinhaltung, Wasseraufbereitung oder für das Recycling. Zusätzlich können sich Lösungen aus dem Bereich Healthcare für das Umweltportfolio qualifizieren – wenn für den Kunden wesentliche Auswirkungen wie Lärm oder Röntgenstrahlung im Vergleich zu einem konventionellen Referenzprodukt um mindestens ein Viertel reduziert werden.



Mit dem Umweltportfolio unterstützt Siemens seine Kunden, ihre Kohlendioxidemissionen zu verringern, Energiekosten zu senken und ihre Profitabilität durch Produktivitätssteigerungen zu erhöhen. Der Umweltnutzen ist eindeutig: Die CO_2-Einsparungen bei Siemens-Kunden durch Produkte, Lösungen und Dienstleistungen des Umweltportfolios betrugen im Geschäftsjahr 2013 (fortgeführte Aktivitäten) rund 377 Millionen Tonnen CO_2. Das entspricht in Summe den jährlichen Kohlendioxidemissionen der folgenden zwölf Städte: Berlin, Kapstadt, London, Los Angeles, Melbourne, Mexiko City, Moskau, New York City, São Paulo, Seoul, Singapur und Tokio.

Über diesen Umweltnutzen hinaus bietet das Umweltportfolio vor allem die Möglichkeit, in attraktiven Märkten erfolgreich zu sein und nachhaltig zu wachsen.

www.siemens.com/umweltportfolio

Wirtschaftlicher Wandel

Energiespar-Contracting: Evolution eines grünen Geschäftsmodells

Kontinuierlich steigende Energiepreise im Kontext der Energiewende und klimapolitische Zielsetzungen zur CO_2-Minderung zwingen auch Kommunen und andere öffentliche Gebäudeeigner dazu, die Energiebilanzen ihrer Liegenschaften und Anlagen zu überdenken. Gleichzeitig müssen sie ihr ohnehin schon knappes Haushaltsbudget im Auge behalten. In den vergangenen Jahren hat sich das Energiespar-Contracting daher für den öffentlichen Sektor zu einem der wichtigsten Energiesparmodelle entwickelt.

Dabei garantiert ein externer Dienstleister, der sogenannte Contractor, eine bestimmte Energiekosteneinsparung und übernimmt die Planung, Umsetzung und Finanzierung der notwendigen energetischen Optimierungsmaßnahmen. Während der Vertragslaufzeit kümmert sich der Contractor auch um die Instandhaltung und den reibungslosen Betrieb der neuen Anlagen. Die Refinanzierung seiner Investitionen erfolgt ausschließlich über die eingesparten Energiekosten. Vor allem öffentliche Bauherren profitieren von diesem Modell: Ohne Bedarf an zusätzlichen Haushaltsmitteln lassen sich große Sanierungspakete in kurzer Zeit umsetzen – und das mit garantiertem Erfolg. Mithilfe der vertraglich festgelegten Einspargarantie werden die Investitions- und Betriebsrisiken komplett an den externen Dienstleister ausgelagert.

Mit den energetisch optimierten Gebäuden und Anlagen können öffentliche Träger langfristig hohe Energie- und Kosteneinsparungen realisieren und die CO_2-Emissionen nachhaltig senken. Wie viel Potenzial im Energiespar-Contracting tatsächlich liegt, zeigen aktuelle Zahlen der Cofely Deutschland GmbH. Als einer der Pioniere am deutschen Markt feiert das Unternehmen 20 erfolgreiche Jahre im Energiespar-Contracting. In dieser Zeit konnten für die Kunden bei einer durchschnittlichen Vertragslaufzeit von acht Jahren im Schnitt 30 Prozent Energie eingespart werden. Den dafür notwendigen Investitionen von rund 109 Millionen

Euro standen Energiekosten-Einsparungen in Höhe von 236 Millionen Euro gegenüber.[35]

Seit Beginn der 1990er Jahre hat sich das Geschäftsmodell aufgrund der Veränderungen bei der Energieoptimierung und -versorgung kontinuierlich weiterentwickelt. Zu Beginn beschränkten sich die Maßnahmen vor allem auf den Einsatz einer neuen Gebäudeautomation. Dabei bestand jederzeit die Möglichkeit, auf die Betriebsweise ohne Energiesparmaßnahmen zurückzuschalten. Mit dem zunehmenden Vertrauen in das Contracting und aufgrund fortwährend angespannter Haushalte wurde die Anlagensanierung zu einem immer wichtigeren Vertragsbestandteil. Der Trend ging schließlich zu durchgängigen Sanierungslösungen, die zum Beispiel den kompletten Austausch von Heizungs- und Lüftungsanlagen oder die Einbindung in eine durchgängige Gebäudeautomation umfassten. Heute bietet Cofely als Contracting-Dienstleister ganzheitliche Energiekonzepte. Diese beinhalten neben klassischen Optimierungsmaßnahmen auch die Sanierung von Gebäudehülle oder Baukörper und maximieren die Einsparquoten zusätzlich.

Die Finanzierung energetischer Optimierungsmaßnahmen wird für öffentliche Bauherren auch in Zukunft eine anspruchsvolle Aufgabe bleiben. Immer höhere Energiepreise, knappe Ressourcen und strenge gesetzliche Rahmenbedingungen werden dafür sorgen, dass die Nachfrage nach Contracting-Lösungen weiter steigt. Anbieter sind daher gefordert, das Geschäftsmodell kontinuierlich zu optimieren und zu variieren. So bietet beispielsweise Cofely mit FM+ schon heute ein Vertragskonstrukt, das klassische Facility Management-Leistungen mit einer Einspargarantie kombiniert, wie man sie aus dem Energiespar-Contracting kennt.

www.cofely.de

35 Den Berechnungen liegen die Vorgaben der Deutschen Energieagentur (dena) zugrunde.

Technologischer Wandel

Produktentwicklung des BMW i3: Das „purpose built“-Konzept

„Aus der Tradition entstanden“ oder gar „historisch gewachsen“. Argumente wie diese sind oftmals eine gewichtige Begründung, um auf Etabliertem aufzubauen. Und um sich lediglich auf den Um- und Weiterbau vorhandener Architekturen zu beschränken. Bei der Entwicklung von Software, technischen Produkten oder dem Ausbau von Infrastrukturen stößt diese Philosophie aber immer häufiger an ihre Grenzen. Ein „Weiterentwickeln“ – ohne das große Ganze kritisch zu hinterfragen – kann die optimale Abstimmung der beteiligten Elemente erschweren, die Komplexität steigern und führt letztlich nur mit kontinuierlich hohem Aufwand zum Ziel. Die BMW Group hat deshalb nach grundsätzlich neuen Ansätzen gesucht, wie die Erfahrungen eines weltweit führenden Premiumherstellers, modernste Erkenntnisse bei der Fahrzeugentwicklung sowie umwelt- und sozialverträgliche Entwicklungs- und Herstellungsprozesse optimal ineinander greifen können.

Das Ergebnis ist die Submarke BMW i, deren Philosophie vor rund vier Jahren der automobilen Öffentlichkeit präsentiert wurde. Sie steht für visionäre Fahrzeuge und Mobilitätsdienstleistungen, inspirierendes Design und ein neues Verständnis von Premium, das sich stark über Nachhaltigkeit definiert. Weltweit Aufsehen erregende Protagonisten von BMW i sind der rein elektrisch fahrende BMW i3 als Stadt- und Pendelfahrzeug sowie der Plug-in-Hybrid BMW i8. Beide Fahrzeuge stehen für ein neues Denken in der Automobilentwicklung.

Die übliche Vorgehensweise bei der Konstruktion eines Elektrofahrzeugs ist der so genannte Conversion-Ansatz. Dabei werden die elektrischen Komponenten in ein Fahrzeug integriert, das ursprünglich für den Einsatz mit Verbrennungsmotor konzipiert war. Diese Form der Elektrifizierung eines Fahrzeugs aber hat grundlegende Nachteile. Denn die elektrischen Antriebskomponenten stellen völlig andere Anforderungen an die Bauräume eines „historisch gewachsenen“ und auf einen konventionellen Motor ausgelegten Fahrzeugs. Deshalb muss das gesamte Fahrzeug aufwändig überarbeitet und „angepasst“ werden. Zudem sind diese Überarbeitungen mit einem deutlichen Mehrgewicht des Wagens verbunden. Die Ingenieure der BMW Group verfolgen deshalb einen anderen Weg. Sie orientierten sich am späteren Einsatzzweck der BMW i Fahrzeuge, agierten unabhängig von tradierten Konzepten und erfanden einen Großteil der Fahrzeugarchitektur neu. Dieses „Purpose Built Design“ gewährleistet, dass sämtliche technischen Anforderungen eines Elektroantriebs „passgenau“ erfüllt werden. So wurde jedes Bauteil des BMW i3 konsequent hinsichtlich Funktion und Gewicht entwickelt, überprüft und gegebenenfalls modifiziert.

Die BMW Group nennt diese Vorgehensweise „LifeDrive-Konzept“. Im Gegensatz zu Fahrzeugen mit selbsttragender Karosserie besteht das LifeDrive-Konzept grundsätzlich aus zwei getrennten, unabhängigen funktionalen Einheiten. Das „Drive“-Modul integriert neben dem Fahrwerk außerdem Energiespeicher, Antrieb sowie Struktur- und Crashfunktionen in einer Konstruktion großteils aus Aluminium. Der Gegenpart, das „Life“-Modul, besteht hauptsächlich aus einer hochfesten Fahrgastzelle aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK). Durch den großflächigen Einsatz dieses Hightech-Werkstoffes wird das Life-Modul sehr leicht und ermöglicht damit eine höhere Reichweite. Zudem profitiert das Fahrverhalten deutlich: Ein leichtes Fahrzeug agiert souveräner: Es beschleunigt schneller, fährt agiler durch Kurven und kommt beim Bremsen schneller zum Stehen.

Die Elektromobilität bietet der Automobilindustrie große Möglichkeiten. Mit ihrem „purpose built“-Konzept nutzt die BMW Group die Chancen des technologischen Wandels vollständig und konsequent aus.

www.bmw.de/i3

Technologischer Wandel

NATUR PUR INSTITUT | HSE

Über den Tag hinaus denken und handeln

Das NATURpur Institut wurde im Frühjahr 2008 als gemeinnützige GmbH von der HEAG Südhessischen Energie AG (HSE) gegründet. Finanziert wird die Arbeit durch das Erwirtschaften von Zinserträgen.

Wer Fortschritt in Richtung einer modernen Daseinsvorsorge will, muss über den Tag hinaus denken und handeln. Das NATURpur Institut fördert daher Innovationen in Forschung und Entwicklung, um Lösungen im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung durch regenerative Energien, neue technische Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz und Möglichkeiten des verantwortungsvollen Umgangs mit knappen Ressourcen zu schaffen. Darüber hinaus beschleunigt es den gesellschaftlichen Diskurs in diesen Bereichen.

Energieeffizienz
Moderne und zukunftsweisende Effizienztechnologien gewinnen immer mehr an Bedeutung, nicht nur aus ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten, sondern auch in der internationalen und nationalen Wettbewerbsfähigkeit von deutschen Unternehmen. Das NATURpur Institut fördert deshalb gezielt ausgewählte Forschungsprojekte, die innovative Lösungen versprechen, wie beispielsweise das Forschungsprojekt „Hier!“ (Hessen-Innovationen für Energie- und Ressourceneffizienz), das gemeinsam mit dem Land Hessen, der Universität Kassel und der LIMON GmbH durchgeführt wurde. Erforscht wurden Möglichkeiten, mit denen Unternehmen in ihrem Produktionsprozess gezielt Energie einsparen, ihren CO_2-Ausstoß verringern und letztendlich Kosten einsparen können.

Erneuerbare Energien
Der Ausbau regenerativer Energien ist eine der wichtigsten Säulen der Energiewende und der erste Schritt zur Vermeidung von CO_2-Emissionen. Windkraft, Photovoltaik, Biogas und Biomasse bilden regionale Schwerpunkte. Das Thema Geothermie spielt eine ebenso prägende Rolle im Förderprogramm des NATURpur Instituts.

Bei der Geothermie handelt es sich um eine grundlastfähige regenerative Energie. Deshalb hat sich das NATURpur Institut entschlossen, einen entscheidenden Beitrag zu leisten und am Institut für Angewandte Geowissenschaften der Technischen Universität Darmstadt für das neue Fachgebiet Angewandte Geothermie eine Stiftungsprofessur zu finanzieren. Das NATURpur Institut arbeitet bei diesem Projekt eng mit dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. und der Universität selbst zusammen. Die Stiftungsprofessur gehört zu den in der deutschen Forschungslandschaft am höchsten dotierten und hat bereits einige neue Erkenntnisse über die Wechselwirkungen von Gesteinsformationen mit zur geothermischen Nutzung eingebrachten Flüssigkeiten und die Integration geothermischer Systeme in die Netzwerke anderer regenerativer Energien erbracht. Zudem werden im Rahmen der Stiftungsprofessur Machbarkeits- und Potenzialstudien für geothermische Kraftwerke“ erstellt. Dabei soll die „angewandte Geothermie“ naturwissenschaftliche Grundlagen mit ingenieurwissenschaftlicher Praxis verbinden.

Öffentlichkeitswirksamer Diskurs
Das NATURpur Institut fördert außerdem den Diskurs über Themen wie Klimawandel, Energiewende und die Herausforderungen für eine nachhaltige und zukunftsweisende Energieversorgung. Sowohl die Veranstaltungsreihe „Future Energy Dialog“ als auch die jährliche Vortragsreihe in Zusammenarbeit mit der Hochschule Darmstadt leisten hier einen relevanten Beitrag.

www.naturpur-institut.de

Ökologischer Wandel

Für die Zukunft das beste Rezept: Innovative, nachhaltige Ideen und erneuerbare Energien

Wir arbeiten an dem Ziel, unser gesamtes Unternehmen aus eigener Kraft CO_2-neutral zu betreiben. Mit den bereits realisierten Maßnahmen haben wir den CO_2-Ausstoß um 91 Prozent reduziert und sparen mehr als 50 Prozent Energie ein (Vergleich vorher/nachher bei gleicher Herstellungsmenge). Unser Energiekonzept Backstube ruht auf den drei energetisch relevanten Säulen „heiß", „kalt" und die „Verbindung" der beiden.

- „Heiße Säule" (Backöfen): Wir konnten unseren Ofenhersteller überzeugen, mit uns als Praxispartner die Entwicklung und Erprobung einer Pilotanlage für Biomassekessel umzusetzen. Bei dieser neuen Technologie wird der fossile Brennstoff Gas zu 100 Prozent durch Biomasse ersetzt. In unserer Anlage werden die technischen Voraussetzungen für eine bis zu 30-prozentige Beimischung von Altbrot zu Holzpellets erprobt und zur Serienreife gebracht.

- „Kalte Säule" (Kühlung): Der größte Stromverbraucher in einer Bäckerei ist die Kälteanlage. In unserer höchst effizienten Kühlanlage arbeiten die Kompressoren wasser- statt luftgekühlt. Dieses Wasser wird über Erdwärmetauscher-Rohre rückgekühlt. Im Sommer geschieht das über Sonden, die in die Tiefe ragen und somit die Erdkühle nutzen. Im Winter nutzen wir dazu einen unter der Erde verlegten Wasserkreislauf, weil es dort kälter ist und die Wärme an die Bodenoberfläche abgegeben wird. Nebeneffekt: Nie mehr Schnee schippen! Mit dieser von uns mitentwickelten Konfiguration der Kälteanlagen liegt der Energieverbrauch bei nur noch 15 bis 20 Prozent im Vergleich zu konventionell gebauten Kälteanlagen.
- „Verbindung von heiß und kalt" (Wärmerückgewinnung der „heißen Säule" von der auch die „kalte Säule" profitiert): Dank der Wärmerückgewinnung der Backöfen wird der gesamte Heiz- und Warmwasserbedarf der Backstube, der Verwaltung und des Ladens gedeckt. Darüber hinaus ersetzt die Wärmerückgewinnung große elektrische Verbraucher, wie zum Beispiel die Abtauheizungen in den Kühl- und Tiefkühlräumen.

Strom kommt zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen, davon ein großer Teil aus den eigenen Photovoltaikanlagen.

Die positive Entwicklung der Nachfrage nach unseren Backwaren machte eine Erweiterung der Backstube unausweichlich. Nach „Energiekonzept Backstube" und „Energiewende Logistik" war der nächste Schritt die Erweiterung unseres Backstubengebäudes zu einem der sehr seltenen gewerblichen Plusenergiegebäude. Dieses Gebäude erzeugt mehr Energie als es verbraucht. Die installierte Photovoltaikleistung erhöht sich von 29 auf jetzt 155 Kilowatt Peak.[36] Eine deutlich verstärkte Ostausrichtung kostet uns zwar etwas Spitzenleistung, hat aber einen großen Vorteil: Es wird mehr Strom in den Morgen- und Vormittagsstunden produziert, an denen wir ihn bäckerei-typisch früh selbst verbrauchen.

Ideal wäre es, wenn wir unseren vom späten Vormittag bis zum Abend selbstproduzierten Sonnenstrom jeweils für die Bäckerfrühschicht der nächsten Nacht zwischenspeichern könnten. Diese Möglichkeit eröffnen neben stationären Batteriespeichern auch mobile zum Bi-direktionalen Laden in Elektro-Lieferfahrzeu-

36 Die Leistung von Photovoltaik-Anlagen wird in Watt Peak (Wp) oder Kilowatt Peak (kWp) angegeben.

Ökologischer Wandel

gen. Diese Technik wird bald erstmalig bei uns zum Einsatz kommen. Bis dahin verschenken wir Photovoltaik-Strom, den wir nicht selbst nutzen können, gerne an E-Mobilisten.

Unsere Fahrer beliefern mehrfach täglich die 18 eigenen Filialen und Großkunden mit frischen Backwaren. Damit die Umweltbelastung möglichst gering ist, liefern wir Waren ausschließlich mit elf Erdgas-Fahrzeugen und einem E-Lieferfahrzeug aus. Zusätzlich werden vier E-Firmen-PKW betrieben. Alle Elektrofahrzeuge werden mit Strom aus erneuerbaren Quellen geladen. Dafür wird überwiegend Strom aus der eigenen Photovoltaik-Anlage genutzt. Sobald die Hersteller auch Lieferwagen der Sprinter-Klasse als Elektrofahrzeuge anbieten, sollen die mit Erdgas betriebenen größeren Fahrzeuge Zug um Zug ersetzt werden. Die wenigen, bislang noch durch den Einsatz von Erdgas anfallenden CO_2-Emissionen, werden derzeit noch durch Ausgleichsmaßnahmen neutralisiert.

www.ihr-bäcker-schüren.de

Ökologischer Wandel

VIESMANN
climate of innovation

Effizienz Plus – Leuchtturmprojekt für Ressourceneffizienz, Klimaschutz und Standortsicherung

Als international führender Hersteller von Systemen der Heiz-, Kälte- sowie Klimatechnik und Familienunternehmen legt Viessmann besonderen Wert auf verantwortungsvolles und langfristig angelegtes Handeln. In den Unternehmensgrundsätzen und der Organisation ist die stetige Erhöhung der Effizienz entlang der kompletten Prozesskette verankert. Gelebte Nachhaltigkeit bedeutet für Viessmann, Ökonomie, Ökologie und soziale Verantwortung im ganzen Unternehmen in Einklang zu bringen, sodass die heutigen Bedürfnisse befriedigt werden, ohne die Lebensgrundlagen kommender Generationen zu beeinträchtigen.

Um einen Leuchtturm für Ressourceneffizienz, Klimaschutz und Standortsicherung zu setzen, hat Viessmann das strategische Nachhaltigkeitsprojekt Effizienz Plus aufgelegt. Im Ergebnis wurden der Verbrauch fossiler Energie am Unternehmensstammsitz Allendorf (Eder) um zwei Drittel und der CO_2-Ausstoß um mehr als 80 Prozent gesenkt. Damit zeigt Viessmann am eigenen Beispiel, dass die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung für 2050 schon heute erreicht werden können. Alle dazu benötigten Technologien sind am Markt verfügbar.

Das Energiekonzept für den Standort Allendorf folgt der energiepolitischen Doppelstrategie aus Effizienzsteigerung und Substitution fossiler durch erneuerbare Energien. Neben dem Neubau einer Energiezentrale umfasst es Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs in der Produktion. Dazu zählen:

- neue, hocheffiziente Maschinen und Anlagen
- bedarfsangepasste Regelung von Pumpen, Antrieben und Beleuchtung
- Verbesserung der Anlagenhydraulik
- Wärmerückgewinnungszentrale zur Nutzung der bei den industriellen Prozessen entstehenden Abwärme
- Dämmung der Gebäudehülle

In der neu errichteten Energiezentrale werden sowohl fossile als auch erneuerbare Energieträger eingesetzt – Öl und Gas genauso wie Biomasse, Sonnenenergie sowie Wärme aus der Luft und dem Erdreich. Für ihre hocheffiziente Nutzung sorgen innovative Technologien wie Brennwerttechnik und Kraft-Wärme-Kopplung. Bei den erneuerbaren Energien setzt Viessmann insbesondere auf Biomasse, die standortnah auf eigenen Kurzumtriebsplantagen gewonnen wird. Auf einer Fläche von 170 Hektar wurden dafür Pappeln und Weiden angepflanzt, die alle drei Jahre geerntet und in Form von Hackschnitzeln energetisch verwertet werden.

Zusätzlich liefert eine nach dem Prinzip der Trockenfermentation arbeitende Biogasanlage jährlich rund 2,7 MWh Strom und Wärme. Als Substrat dienen Reststoffe aus der heimischen Landwirtschaft und Landschaftspflege sowie nachwachsende Rohstoffe. Eine zweite Biogasanlage wurde 2013 in Betrieb genommen. Dabei handelt es sich um eine Nassfermentationsanlage, die jährlich rund 1,6 Millionen Kubikmeter Biogas erzeugt, das auf Erdgasqualität aufbereitet und in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Bioenergie deckt schon heute 80 Prozent des Wärmebedarfs am Standort Allendorf. Langfristiges Ziel ist die vollständige Versorgung mit diesem klimaschonenden Energieträger. Dabei gilt das Prinzip der Nachhaltigkeit: Das heißt, immer nur so viel Biomasse zu nutzen, wie im selben Zeitraum nachwächst. Effizienz Plus dient als Best-Practice-Beispiel und soll andere Unternehmen, aber auch Entscheider aus Politik und Verwaltung motivieren, ebenfalls Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, Arbeitseffizienz und Materialeffizienz zu ergreifen beziehungsweise zu forcieren.

www.viessmann.de

Mitarbeiter-Wandel

Informieren und trainieren – Employee Engagement-Programm der BASF zu Nachhaltigkeit

Der Begriff Nachhaltigkeit ist heute überall präsent und wird in unterschiedlichen Zusammenhängen benutzt. Was Nachhaltigkeit für BASF bedeutet und Mitarbeiter und Führungskräfte selbst zum Unternehmenszweck „We create chemistry for a sustainable future" beitragen können, vermittelt Employee Engagement der BASF. Das Programm startete in Ludwigshafen und wird in Zusammenarbeit mit weiteren Standorten weltweit umgesetzt.

Das Programm besteht aus verschiedenen Modulen und vermittelt Mitarbeitern anhand von Beispielen das Nachhaltigkeitsverständnis der BASF. Nachhaltigkeit wird dazu nicht nur in der Mitarbeiterzeitung, im Intranet und in einem Newsletter thematisiert, sondern auch in internen Veranstaltungen diskutiert. Greifbar wird Nachhaltigkeit unter anderem in der Ausstellung „Nachhaltigkeit – ein Perspektivwechsel", die seit März 2014 im Lernzentrum der BASF für Mitarbeiter verfügbar ist. In diesem Format werden über das ganze Jahr hinweg kontinuierlich neue Themen aufgegriffen – einmal monatlich auch für externe Besucher.

Um bei den Mitarbeitern jedoch nicht nur ein Bewusstsein zu schaffen, sondern auch Wissen aufzubauen und eigene Handlungsmöglichkeiten zu eröffnen, wurden spezifische Trainingsformate entwickelt. Ein Online-Training vermittelt Grundkenntnisse über Nachhaltigkeit und ist derzeit in sechs Sprachen verfügbar. Ein Lern-Event in der Mittagspause macht Nachhaltigkeit an praktischen Beispielen deutlich – wie dem Weg zur Arbeit. Nutze ich dafür das Fahrrad? Den Bus? Das Auto? „Darauf gibt es nicht ‚eine' Antwort", erklärt Thorsten Pinkepank, Director Sustainability Relations und für Employee Engagement zuständig. Umweltaspekte, Kosten, Unfallzahlen, Zeit – all das müsse bedacht werden.

Der Lern-Event vermittelt, dass es bei Nachhaltigkeit nie eine Musterlösung gibt, sondern immer um eine Balance aller drei Nachhaltigkeits-Dimensionen geht. Wie jeder Mitarbeiter Nachhaltigkeit in der täglichen Arbeit umsetzen kann, wird in einem vierstündigen Seminar erarbeitet. Damit die Weiterbildungen auch an anderen Standorten stattfinden, werden weltweit Mitarbeiter zu Trainern ausgebildet. „Das Konzept in eine andere Sprache zu übersetzen, reicht allerdings nicht immer aus. Manche Formate müssen auch an eine andere Kultur angepasst werden", erläutert Thorsten Pinkepank. Zum Beispiel lasse sich der Arbeitsweg der Mitarbeiter aus Ludwigshafen nun mal schwer mit dem der Kollegen in Shanghai vergleichen.

Da das Portfolio und die Kundenindustrien der BASF sehr vielfältig sind, gibt es auch in den Unternehmensbereichen Ansprechpartner für Nachhaltigkeit. Sie wissen am besten, wie die Strategie in den einzelnen Geschäftsbereichen umgesetzt wird und wo Nachhaltigkeit in ihrem Arbeitsalltag greifbar wird. In unterschiedlichen Initiativen erarbeiten Mitarbeiter, wie Produkte und Lösungen ihres Unternehmensbereichs zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen.

Die Mehrheit der Mitarbeiter beurteilt Nachhaltigkeit konstruktiv und differenziert: 90 Prozent sehen Nachhaltigkeit als Chance und Herausforderung für BASF. So das Ergebnis einer Online-Umfrage an der sich mehr 8.000 Mitarbeiter beteiligten. „Das bestätigt, wie wichtig Nachhaltigkeit für unsere Mitarbeiter ist", so Pinkepank.

www.deutschland.basf.com

Mitarbeiter-Wandel

Sustainability Dashboard: Mit mehr Transparenz zu mehr nachhaltigem Verhalten

Die Entwicklung zu einem nachhaltigeren Unternehmen geht mit einem Wandel der Kultur und Verhaltensweisen in einem Unternehmen einher. Sie erfolgt langfristig und erscheint oft wenig greifbar. Umso wichtiger ist es, die Reise in Etappen aufzuteilen und messbar zu machen, wo man sich gerade befindet, wie man vorwärts gekommen ist und was das nächste Etappenziel ist. Die jährlichen Nachhaltigkeitsberichte von Unternehmen mit den Kennziffern auf Konzernebene bilden die Grundlage für mehr Transparenz und Messbarkeit. Um den einzelnen Mitarbeiter mitzunehmen und bei der Stange zu halten, ist es jedoch hilfreich, die Daten aus der globalen Anonymität zu holen und einen stärkeren persönlichen Bezug herzustellen, indem die Nachhaltigkeitskennziffern zeitlich, räumlich und organisatorisch heruntergebrochen werden.

Das Sustainability Dashboard knüpft an dieses Prinzip an und bietet den idealen Einstiegspunkt, um nachhaltigkeitsbezogene Daten aus dem eigenen Unternehmensbereich oder eigenen Standort einsehen und vergleichen zu können. Es visualisiert in anschaulicher und ansprechender Weise nicht-finanzielle Kennzahlen aus den Bereichen Umwelt, wie beispielsweise CO_2-Emissionen oder Flüge, und Soziales, wie beispielsweise Mitarbeiterbindung oder Frauen in Führungspositionen. Der Nutzer kann eine geographische oder organisationale Perspektive wählen und dabei bis auf die Ebene des jeweiligen Standortes oder der zweiten Führungsebene des eigenen Geschäftsbereiches gehen.

Für jede Kennzahl lassen sich zeitliche Trends ablesen: Wie hat sich der jeweilige Wert über die letzten fünf Quartale entwickelt? Hat sich der aktuelle Quartalswert gegenüber dem Vergleichsquartal im Vorjahr verbessert oder verschlechtert? So kann einerseits ermittelt werden, ob eingeleitete Initiativen bereits Wirkung zeigen. Das kann Mitarbeiter zum Weitermachen anspornen. Andererseits kann auch Handlungsbedarf verdeutlicht werden, was Mitarbeiter verstehen lässt, warum gegensteuernde Maßnahmen erforderlich sind, und ihre Unterstützung sichert.

Ergänzend dazu wird der Grad der Zielerreichung für jeden Geschäftsbereich beziehungsweise Standort angezeigt, sodass erkennbar wird, ob erreichte absolute Verbesserungen bereits ausreichen, um die hochgesteckten Ziele zu erreichen, oder weitere Anstrengungen erforderlich sind. Spannend wird es, wenn man im Dashboard den eigenen Geschäftsbereich oder Standort mit anderen vergleicht und die eigene Position abliest. Dies appelliert an den Wettbewerbssinn. Wer möchte schließlich nicht zu den Besten gehören?

Als i-Tüpfelchen wird schließlich eine Verbindung von monetären Kennzahlen zu nachhaltigkeitsbezogenen Kennzahlen hergestellt. Das bedeutet beispielsweise, dass bei den Umweltkennziffern auch die finanziellen Auswirkungen hervorgehoben werden und damit der „Business Case“ herausgestellt wird.

Mit seinen vielfältigen, variablen Vergleichsoptionen bietet das Sustainability Dashboard ein ergiebiges Hilfsmittel, um den Nachhaltigkeitsdialog in den einzelnen Teams zu fördern. Durch die erhöhte Sichtbarkeit der eigenen Nachhaltigkeitsleistung wird ein Anreiz geschaffen, Stärken und Verbesserungspotenziale zu reflektieren und Nachhaltigkeit mehr und mehr in das eigene Denken und Handeln einzubetten. Es wirkt damit als Stimulus für eine Verhaltensänderung und verspricht, zusammen mit anderen Maßnahmen, sukzessive Fortschritte im Bereich Nachhaltigkeit anzustoßen.

www.sapintegratedreport.com

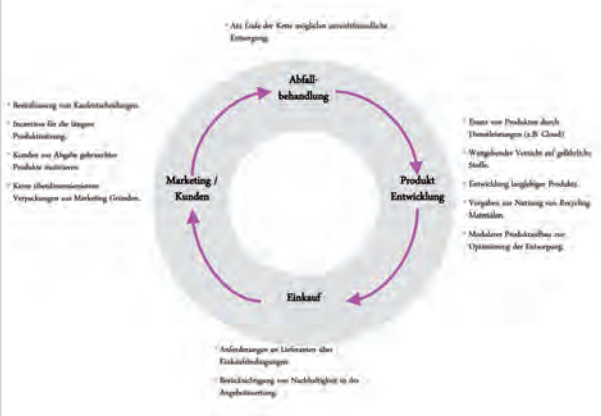
Institutioneller Wandel

International abgestimmte KPIs für mehr Ressourceneffizienz

Ressourceneffizienz ist eine der Top-Prioritäten für die Europäische Kommission. Nach den Worten des EU-Umweltkommissars Janez Potocnik sind wesentliche Themen die Endlichkeit natürlicher Ressourcen, die zunehmende Knappheit von Rohstoffen aufgrund des weltweit steigenden Verbrauchs sowie die im Vergleich mit der Produktivitätsentwicklung von Arbeit und Kapital deutlich zurückbleibende Verbesserungen der Ressourceneffizienz. Dieser Umstand sowie die neue EU-Gesetzgebung zum Thema E-Waste mit der Zielsetzung deutlich steigender Recycling-Quoten waren für die Deutsche Telekom Grund genug, sich mit dem Thema geeigneter Kennzahlen zur Optimierung der konzernweiten Ressourceneffizienz zu beschäftigen.

Im Vordergrund des Projektes stand neben dem internationalen Alignment der grundlegenden Prinzipien und Prioritäten auch die Abstimmung geeigneter konzernübergreifender Kennzahlen. Am Ende eines mehr als einjährigen Prozesses konnte eine Einigung über sieben Grundprinzipien des konzernweiten Abfallmanagements erreicht werden. Hinzu kommt eine verbindliche Verpflichtung zu zwei Kennzahlen für alle Gesellschaften sowie je einer zusätzlichen Kennzahl für das Festnetz- und Mobilfunkgeschäft. Diese vier Kennzahlen sind (1) die Veränderung der Gesamtabfallmenge, (2) die Veränderung der Menge gefährlicher Abfälle, (3) die Zahl zurückgenommener Mobilfunkendgeräte im Verhältnis zur Summe der in den Markt gebrachten Geräte sowie (4) die Menge des aus der Entsorgung von Kupferkabeln gewonnenen Kupfers. Darüber hinaus wurden weitere Kennzahlen auf freiwilliger Basis zur internen Steuerung vereinbart, wie zum Beispiel die Recycling-Quote.

Die internationalen Gesellschaften der Telekom wurden nicht nur zum Reporting der verbindlichen Kennzahlen verpflichtet. Auch die Entwicklung einer eigenen Strategie im Rahmen und auf der Basis der international verbindlichen Prinzipien ist obligatorisch sowie die verbindliche Festlegung eigener Ziele im Abfallmanagement. Dieser Punkt war aus zentraler Sicht von herausragender Bedeutung, denn am Ende rentiert sich der Aufwand für die Erfassung und das Reporting der Daten nur, wenn die Datentransparenz für zielgerichtete Verbesserungen genutzt wird. Dabei ist es für die Umsetzung wichtig, die Komplexität der Beeinflussung von Abfallmengen über die gesamte Wertschöpfung zu verstehen (siehe Abbildung).



Schnell zeigte sich, dass die Vereinbarung von abstrakten Prinzipien und Grundsätzen, wie beispielsweise die Präferenz der Vermeidung von Abfällen oder der Vorrang der Wiederverwertung gegenüber dem stofflichen Recycling weitaus einfacher zu erzielen ist als die Vereinbarung verbindlicher Kennzahlen und Ziele – insbesondere auch vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Größe und Geschäftsmodelle der Telekom-Landesgesellschaften.

Dass eine Einigung mit den zahlreichen Landesgesellschaften der Telekom innerhalb des internationalen Corporate Responsibility (CR) Managers Netzwerks erreicht werden konnte, ist mehr als positiv zu bewerten. Vor dem Hintergrund sehr begrenzter Ressourcen in vielen Landesgesellschaften war dies nur durch Reduzierung und Fokussierung der Datenanforderungen möglich. In diesem Punkt sind Realismus und Augenmaß gefragt. Aufwendig erstellte Zahlenfriedhöfe ohne Steuerungsrelevanz führen nicht zu den gewünschten Verbesserung und widersprechen zudem dem Auftrag unserer Unternehmensleitlinien, Dinge einfacher zu machen.

www.telekom.com

Institutioneller Wandel

„Wachstum und Nachhaltigkeit schließen einander nicht aus. Tatsächlich zeigt unsere Erfahrung, dass Nachhaltigkeit ein Wachstumstreiber ist“

Unilever Deutschland gehört zum niederländisch-britischen Unilever-Konzern. Als einer der größten Hersteller von Konsumgütern weltweit hat sich Unilever zum Ziel gesetzt, die Lebensqualität zu verbessern und sich dabei für Nachhaltigkeit einzusetzen. Zum Produktportfolio von Unilever gehören einige der international bekanntesten und beliebtesten Marken wie Knorr, Rama, Langnese, Ben & Jerry’s, Lipton, Dove, Axe und Coral.

Nachhaltigkeit als Bestandteil der Geschäftsstrategie
„Wir leben in einer Welt, in der die Temperaturen steigen, Wasser knapp und Energie teuer sind, in der die Nahrungsmittelversorgung ungewiss ist und die Schere zwischen Reich und Arm immer größer wird. Wir können unsere Augen nicht vor den globalen Herausforderungen verschließen. Wir bei Unilever glauben, dass Unternehmen ein Teil der Lösung sein müssen.“ – Dieses Statement liefert die Begründung, weshalb Unilever seit Jahren auf das Geschäftsmodell eines nachhaltigen, stetigen Wachstums setzt.

2010 wurde der Unilever Sustainable Living Plan initiiert. Dieser weltweite Nachhaltigkeitsplan des Unternehmens wurde konzernweit verabschiedet und umfasst das gesamte Markenportfolio und alle Länder, in denen Unilever-Produkte verkauft werden. Der Nachhaltigkeitsplan definiert drei Oberziele, die bis 2020 erfüllt werden sollen:

1. Steigerung von Gesundheit und Wohlbefinden
2. Reduzierung der Umweltbelastungen
3. Verbesserung der Lebensbedingungen

Aus diesen Oberzielen werden soziale, ökologische und ökonomische Verpflichtungen abgeleitet. Dazu gehört das Ziel, mehr als eine Milliarde Menschen dabei zu unterstützen, ihre Hygienestandards zu verbessern. Unilever hat sich vorgenommen, den ökologischen Fußabdruck über den gesamten Produktlebenszyklus zu halbieren. Das bedeutet, dass die durch Unilever-Produkte verursachten Treibhausgasemissionen, die Abfallmenge und der Wasserverbrauch bis 2020 halbiert werden sollen. Bestandteil des Sustainable Living Plan ist auch die nachhaltige Beschaffung. Bis 2020 hat sich Unilever das Ziel gesetzt, alle landwirtschaftlichen Rohmaterialien aus nachhaltigem Anbau zu beziehen.

Der Ansatz, Nachhaltigkeit auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette (inklusive der Produktnutzungsphase) zu erzielen, ist als fester Bestandteil der Geschäftsstrategie etabliert worden.

Organisatorische Einbindung der Nachhaltigkeitsstrategie
Das Nachhaltigkeitsprogramm von Unilever umfasst etwa 50 spezifische Zielvorgaben, die mit konkretem Zeitbezug in die Organisation integriert worden sind. Verantwortlich für die Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele sind also die Fachabteilungen. Darüber hinaus gibt es in allen Länderorganisationen, Funktionen und Kategorien sogenannte „Sustainability Champions“, die bei übergeordneten Fragen zur Nachhaltigkeit beratend zur Seite stehen. Diese „Sustainability Champions“ pflegen den regelmäßigen fachlichen Austausch mit dem globalen Nachhaltigkeitsmanagement des Unternehmens. Auf diese Weise agieren sie als Schnittstelle zwischen der zentralen Steuerung des Nachhaltigkeitsmanagements und den Fachabteilungen, die für die Umsetzung verantwortlich sind.

Institutioneller Wandel

Messbarkeit von Nachhaltigkeit
Die Fortschritte für sämtliche Nachhaltigkeitsziele (und deren Business Impacts) werden quartalsweise in allen Länderorganisationen, Funktionen und Kategorien gemessen und an den CEO und das Leadership Executive Board berichtet. Einmal im Jahr werden diese Ergebnisse in einem Fortschrittsbericht als Teil des Geschäftsberichtes publiziert. Außerdem wird dieser Fortschrittsbericht im Internet veröffentlicht (http://www.unilever.de/sustainable-living-2014/unilever-sustainable-living-plan/).

Die Fortschritte bei der Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie spielen bei der Vergütung der Führungskräfte eine Rolle: Die Performance einer zunehmenden Anzahl von Managern wird am Erreichen von persönlichen Nachhaltigkeitszielen gemessen. Diese sind wiederum die Basis für die jährlichen Bonuszahlungen. Die Integration der Nachhaltigkeitsstrategie auf allen Ebenen des Konzerns hat sich als maßgeblicher Erfolgsfaktor bei der Umsetzung erwiesen. Vor diesem Hintergrund zieht Paul Polman, Group Chief Executive der britisch-niederländischen Unilever-Gruppe, eine positive Zwischenbilanz des Sustainable Living Plans: „Wachstum und Nachhaltigkeit schließen einander nicht aus. Tatsächlich zeigt unsere Erfahrung, dass Nachhaltigkeit ein Wachstumstreiber ist."

www.unilever.de

Grüne Transformation auf der volkswirtschaftlichen Ebene

Im Fokus dieses Abschnitts steht die Fragestellung, inwieweit sich der Transformationsprozess in den Unternehmen auf der volkswirtschaftlichen Ebene widerspiegelt. Auf den folgenden Seiten wird betrachtet, ob sich die Einschätzung der der befragten Unternehmen als konsistent mit makroökonomischen Trends erweist.

Für die Gegenüberstellung der Selbsteinschätzung der Akteure auf der mikroökonomischen Ebene und dem Stand der Grünen Transformation auf der makroökonomischen Ebene werden drei Merkmale herangezogen: innovatives Wachstum, ökologisches Wachstum und partizipatives Wachstum.[37]

Zum Abgleich zwischen der subjektiven Einschätzung der Unternehmen zu den Erfolgen des Greenings und den Veränderungen, die die Grüne Transformation auf volkswirtschaftlicher Ebene bewirkt hat, werden für jedes Merkmal ausgewählte Kennzahlen und Trends betrachtet. Diese Vorgehensweise erhebt nicht den Anspruch, ein Indikatorenset zur Abbildung der Grünen Transformation zu repräsentieren. Gleichwohl kann diese Art der Darstellung wichtige Entwicklungslinien des Transformationsprozesses sichtbar machen und zeigen, ob beziehungsweise welche Auswirkungen das Greening auf Unternehmensebene auf volkswirtschaftlicher Ebene hat.

Auf einen Blick

Die Grüne Transformation in den Unternehmen hat Auswirkungen auf den Transformationsprozess auf volkswirtschaftlicher Ebene. Das Greening der Unternehmen setzt positive Impulse für die Fortschritte in den drei Transformationsfeldern Innovatives Wachstum, Ökologisches Wachstum und Partizipatives Wachstum.

Die hier betrachteten Kenngrößen und Trends in den Feldern Innovatives Wachstum, Ökologisches Wachstum und Partizipatives Wachstum weisen darauf hin, dass die Grüne Transformation auf Unternehmensebene den volkswirtschaftlichen Wandel in Richtung Green Economy fördert.

Beim Innovativen Wachstum zeigt sich der positive Beitrag von Unternehmen insbesondere in Bezug auf Patentanmeldungen in der Umwelttechnik sowie im Bereich Unternehmensgründungen.

Der positive Einfluss der Unternehmen auf den Transformationsprozess manifestiert sich beim Ökologischen Wachstum vor allem in der Verbesserung der Rohstoff- und Energieproduktivität sowie der Reduktion der Emissionen von Treibhausgasen und Schadstoffen.

Der positive Beitrag von Unternehmen wird beim Partizipativen Wachstum vor allem am wachsenden Anteil der Umwelttechnikbranche an der Gesamtwirtschaftsleistung Deutschlands und der Zunahme der Beschäftigtenzahlen in der GreenTech-Branche sichtbar.

Innovatives Wachstum

Die befragten Unternehmen schätzten ihren Zielerreichungsgrad im Technologischen Wandel im Durchschnitt bei 80 Prozent ein. Die Entwicklung in diesem Transformationsfeld ist ein wichtiger Faktor für das Innovative Wachstum. Unter diesen Begriff werden in der makroökonomischen Perspektive vor allem die Bereiche Bildung, Wissen, Forschung und Entwicklung gefasst. Im Folgenden wird der Transformationsprozess in diesen Bereichen anhand der Anzahl der Patentanmeldungen sowie der Entwicklung „grüner“ Unternehmensgründungen mit dem Ziel betrachtet, ob die positive Beurteilung des Transformationsprozesses seitens der befragten Unternehmen gestützt wird.

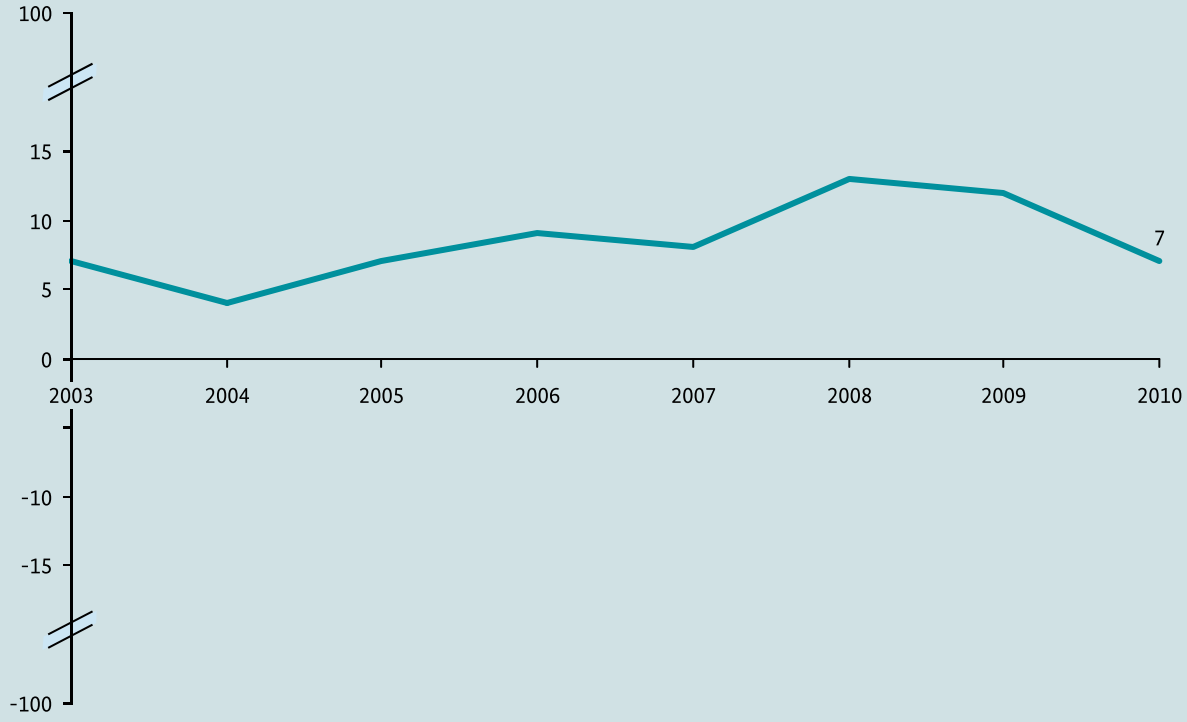
37 Vgl. dazu Kapitel 2 *Die Umwelttechnik und Ressourceneffizienz als Wegbereiter einer Green Economy*.

Patente

Im Kontext der Grünen Transformation gilt das besondere Augenmerk der Positionierung Deutschlands bei den Patentanmeldungen „grüner“ Technologien. Dazu wird die Kenngröße Relativer Patentanteil (RPA) verwendet. Als Spezialisierungsmaß gibt der RPA Aufschluss über die Innovationsstärke eines Landes in bestimmten Technologiebereichen. Er setzt den Patentanteil eines Landes in diesem Technologiebereich ins Verhältnis zu den Patentanteilen des Landes über alle Technologiebereiche hinweg.[38] Der RPA kann Werte zwischen -100 und +100 annehmen. Positive Werte bedeuten, dass in dem betreffenden Land im betrachteten Technologiebereich überdurchschnittlich (bezogen auf die gesamten Patentanmeldungen) viele Patente angemeldet werden und folglich in diesem Technologiebereich von einer überdurchschnittlichen Innovationsstärke ausgegangen werden kann.[39]

In Abbildung 88 ist die Entwicklung des RPA Deutschlands im Technologiebereich Umwelt in den Jahren 2003 bis 2010 dargestellt. Erfasst wurden Patentanmeldungen in den Segmenten Klima[40], Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Abfall und Recycling, Abwasser, Lärm und Luftreinhaltung.[41] Wie die Grafik zeigt, hat der RPA im betrachteten Zeitraum durchweg positive Werte, was auf eine Spezialisierung Deutschlands bei den Patentanmeldungen für Umwelttechnologien schließen lässt.

Weitere wichtige Indikatoren für die Innovationsstärke im Bereich Umwelttechnik sind die Anzahl der „grünen“ Patentanmeldungen und deren Anteil an den Patentanmeldungen in Deutschland insgesamt. Wie Abbildung 89 zeigt, haben sich beide Kenngrößen im Zeitraum 2003 bis 2012 mit einer geringen Dynamik



Quelle: PATSAT – Berechnung des Fraunhofer ISI; Roland Berger

Abbildung 88: Relativer Patentanteil Deutschlands im Technologiebereich Umwelt 2003-2010

38 Diese Definition findet sich in der Studie Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Hier wird auch die Berechnung des RPA erläutert; sie erfolgt nach der Formel
RPAij = 100*tanh ln[(pij/Sipij)/(Sjpij/Sijpij)]
pij: Zahl der Patentanmeldungen des Landes i im Technologie-/Kompetenzfeld j. Vgl. Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014a), S. 149.

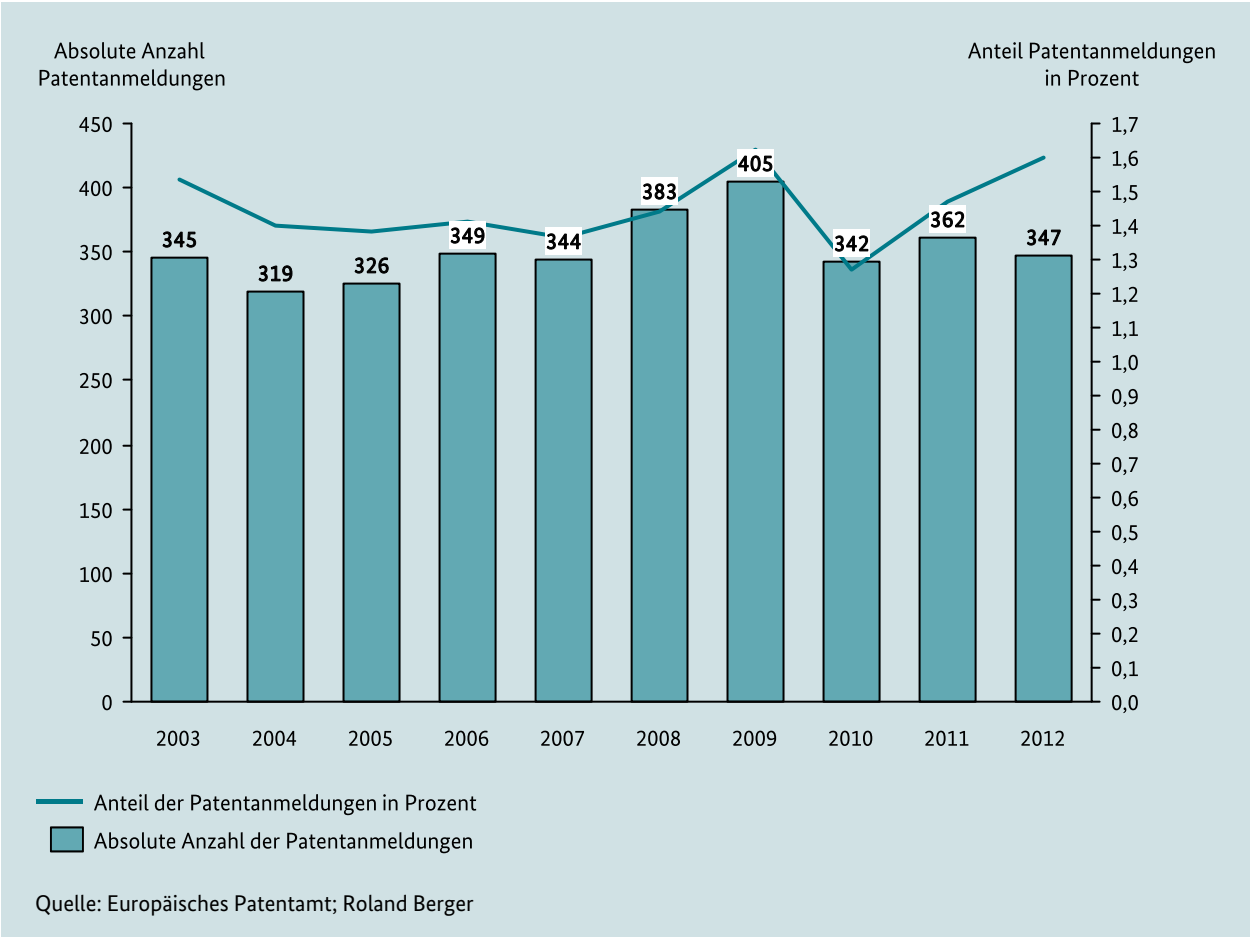
39 Vgl. ebenda.

40 Diesem Segment werden Patentanmeldungen in den Feldern erneuerbare Energien, rationelle Energieumwandlung und rationelle Energieumwandlung zugeordnet. Vgl. Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014a), S. 104.

41 Vgl. ebenda

entwickelt. Von 2009 auf 2010 waren sogar Rückgange zu verzeichnen, sowohl gemessen an absoluten Zahlen „grüner“ Patente als auch bei deren Anteil an den Patentanmeldungen insgesamt. Ein Erklärungsansatz dafür könnte die der Finanz- und Wirtschaftskrise geschuldete Zurückhaltung der Unternehmen bei FuE-Investitionen sein.

Wie aus den Abbildungen 88 und 89 ersichtlich wird, ist die Entwicklung des Relativen Patentanteils und der Patentanmeldungen Deutschlands in Bezug auf die Umwelttechnologien seit 2003 weitgehend stabil. Dies stützt die Einschätzung der befragten Unternehmen, dass eine Vielzahl an innovativen Umwelttechnologien bereits in den letzten zehn Jahren entwickelt wurde und heute zur Anwendung und Marktdiffusion zur Verfügung steht.



Quelle: Europäisches Patentamt; Roland Berger

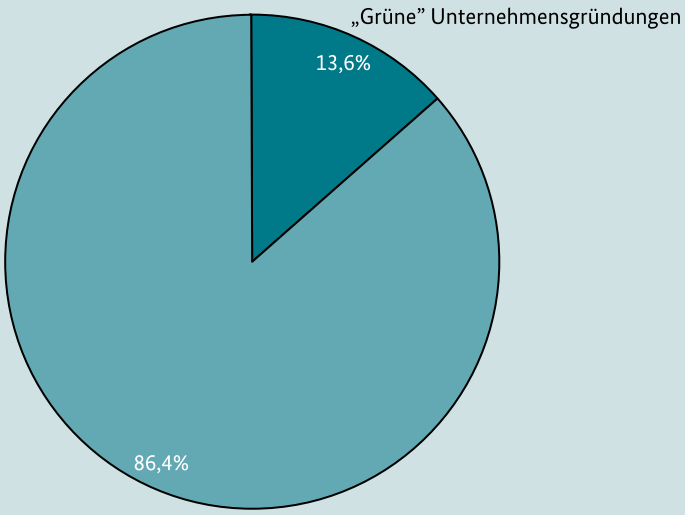
Abbildung 89: Deutsche Patentanmeldungen für Umwelttechnologien 2003-2012 (Absolute Anzahl an Patenten und Anteil an Gesamtpatenten in Prozent)

Unternehmensgründungen

Die Gründung von Unternehmen ist ein entscheidender Faktor für die ökonomische Dynamik einer Volkswirtschaft und spielt auch im Kontext Innovation eine wesentliche Rolle. Viele Startups entstehen aus Anlass und auf Basis einer Innovation. Trends der Gründungsaktivitäten sind folglich ein wichtiger Aspekt der Innovationskraft. Vor diesem Hintergrund sind Unternehmensgründungen in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz ein aussagefähiger Indikator über die Fortschritte im Handlungsfeld Innovatives Wachstum. Aufgrund ihrer Funktion als Multiplikator bei der Applikation von Technologien haben „grüne“ Startups das Potenzial, als Katalysator für die Grüne Transformation zu wirken und den Weg von der Technologie zur Applikation zu beschleunigen. Darüber hinaus tragen diese Existenzgründungen erheblich zur Entwicklung innovativer „grüner“ Geschäftsmodelle bei.

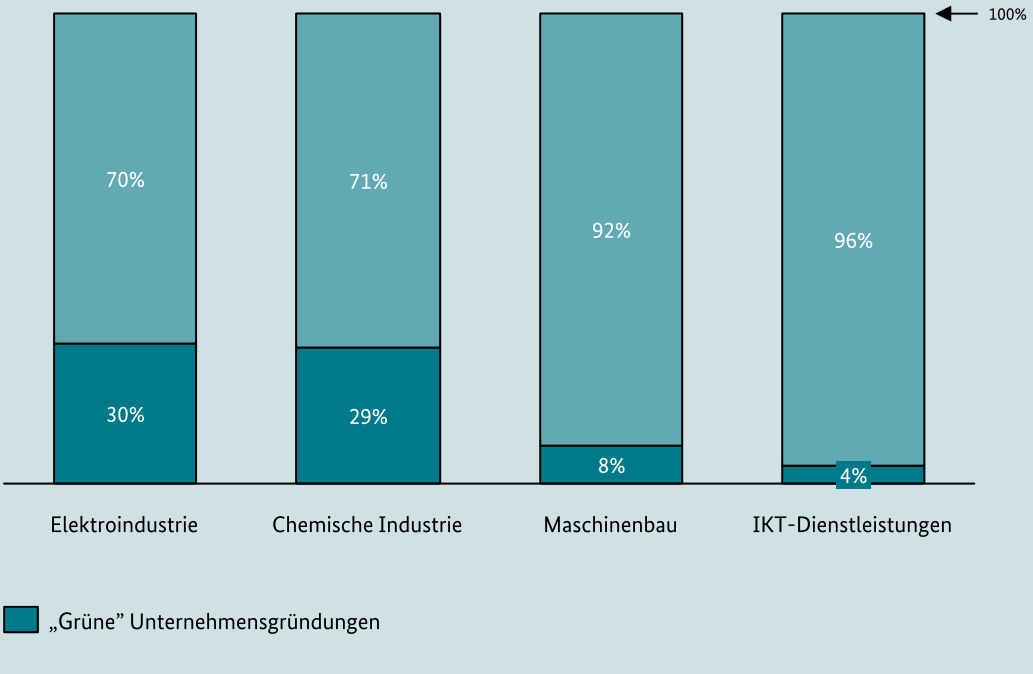
Im Rahmen einer vom Bundesumweltministerium unterstützten Studie des Borderstep Instituts und der EXIST-Gründerhochschule der Universität Oldenburg wurde das Gründungsgeschehen in der Umwelttechnik

systematisch erfasst.[42] Bei dieser Erhebung wurden über 1.000 Startups und junge Unternehmen in 30 deutschen Gründer- und Innovationszentren untersucht. Die Ergebnisse wurden im Green Economy Gründungsmonitor präsentiert. Demnach zeigt sich bei Unternehmensgründungen ein hoher Stellenwert grüner Technologien: Der Anteil „grüner" Startups in den 30 untersuchten Gründungszentren lag 2012 bei knapp 14 Prozent (siehe Abbildung 90). Betrachtet man die Gründungsaktivitäten in einzelnen Industriezweigen, zeigen sich besonders hohe Anteile „grüner" Startups in der Elektroindustrie (30 Prozent) und in der Chemischen Industrie (29 Prozent) (siehe Abbildung 91).[43]



Quelle: Green Economy Gründungsmonitor; Roland Berger

Abbildung 90: Anteil „grüner" Startups an den Gesamtgründungen in deutschen Gründerzentren 2012 (in Prozent)



Quelle: Green Economy Gründungsmonitor; Roland Berger

Abbildung 91: Anteil „grüner" Startups in deutschen Gründerzentren nach Industriebranchen 2012 (in Prozent)

42 Vgl. Borderstep Institut (Hrsg.) (2013).
43 Vgl. ebenda, S. 3.

Zur Förderung „grüner“ Innovationen tragen auch Wettbewerbe und Auszeichnungen bei, die in den letzten Jahren initiiert wurden: Seit 2008 wird der Deutsche Nachhaltigkeitspreis verliehen. Ausgezeichnet werden Spitzenleistungen der Nachhaltigkeit in Wirtschaft, Kommunen und Forschung. Im Rahmen dieses Wettbewerbs vergibt das Bundesministerium für Bildung und Forschung auch einen Preis für Forschungsprojekte, die den Wandel zu einer Green Economy unterstützen.[44] Ebenfalls seit 2008 werden jedes Jahr die GreenTec Awards vergeben. Die Initiatoren dieses Wettbewerbs wollen ökologisches und ökonomisches Engagement sowie die Verbreitung von Umwelttechnologien fördern.[45] Bereits seit 1993 gibt es den Deutschen Umweltpreis. Mit dieser Auszeichnung ehrt die Deutsche Bundesstiftung Umwelt Persönlichkeiten für ihr Engagement im Umweltschutz, Unternehmen für innovative und kreative Umwelttechnik sowie Wissenschaftler, deren Forschung zu mehr Nachhaltigkeit in Politik und Gesellschaft beiträgt.[46]

Mit Blick auf das Innovative Wachstum zeigt sich auf volkswirtschaftlicher Ebene, dass die Grüne Transformation in den letzten Jahren bereits zu sichtbaren Veränderungen geführt hat. Der Transformationsprozess auf Unternehmensebene hat unter anderem in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie bei der Dynamik „grüner“ Unternehmensgründungen Spuren hinterlassen. Um die Grüne Transformation auf volkswirtschaftlicher Ebene auch in Zukunft erfolgreich durchzuführen, sind Innovationssprünge nötig, die das innovative Wachstum weiter voranbringen.

Ökologisches Wachstum

In Bezug auf den Ökologischen Wandel haben die befragten Unternehmen angegeben, dass unter Einsatz der am Markt verfügbaren Technologien theoretisch ein Zielerreichungsgrad von 100 Prozent möglich wäre. Praktisch stehen dem jedoch Wirtschaftlichkeitserwägungen entgegen. Deshalb schätzen die Interview-Teilnehmer den Zielerreichungsgrad derzeit bei 60 Prozent ein. Das heißt, es gibt durchaus Spielraum für weitere Verbesserungen. Dieser Befund sollte sich im Merkmal Ökologisches Wachstum der Green Economy widerspiegeln und sich als konsistent mit den Entwicklungen in diesem Handlungsfeld der Grünen Transformation erweisen. Ihm werden im Wesentlichen die Themen Ressourceneffizienz, Durchdringungsgrad grüner Technologien sowie die umweltbezogene Lebensqualität zugeordnet. Aus diesen Bereichen werden im Folgenden die Entwicklung von Kennzahlen sowie Trends vorgestellt, die den Grad der Grünen Transformation auf volkswirtschaftlicher Ebene wiedergeben.

Ressourceneffizienz

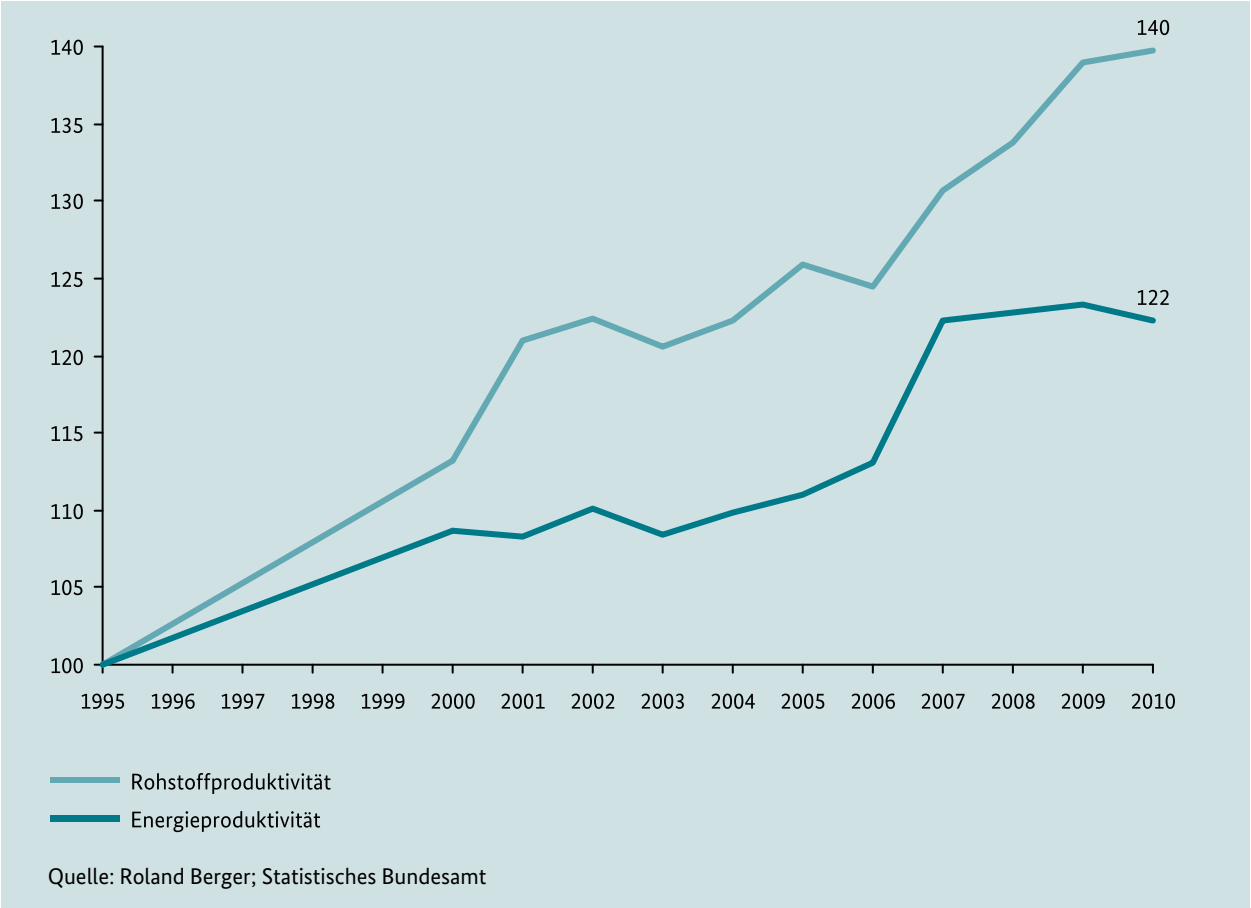
Die Verbesserung der Ressourceneffizienz gehört zu den grundlegenden Zielen der Grünen Transformation und ist ein wesentliches Merkmal der Green Economy. Die Energieproduktivität und die Rohstoffproduktivität sind wichtige Messgrößen, um die Entwicklung der Ressourceneffizienz abzubilden. Beide Indikatoren bestimmen den Produktoutput im Verhältnis zum Energie- beziehungsweise Materialinput. Die Entwicklung dieser Relationen im Zeitablauf zeigt, ob beziehungsweise in welchem Umfang sich die Ressourceneffizienz verbessert hat. Die Energieproduktivität und Rohstoffproduktivität zählen zu den 38 Einzelindikatoren, die zur Beurteilung der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie herangezogen werden.[47]

Die Energieproduktivität – definiert als preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch – hat im Zeitraum 1995 bis 2010 um 22 Prozent zugenommen (siehe Abbildung 92). Dieser Wert signalisiert zwar eine Tendenz in die richtige Richtung, weist aber dennoch auf Verbesserungsbedarf hin: Zum einen spiegelt sich die Effizienzsteigerung unzureichend in der Entwicklung des Primärenergieverbrauchs wider. Zum anderen liegt die Steigerung der Energieeffizienz derzeit hinter den Zielen der Nachhaltigkeitsstrategie und der Energiepolitik zurück: Die Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands sieht vor, die Energieproduktivität bis 2020 gegenüber dem Basisjahr 1990 zu verdoppeln. Das Verfehlen dieser Marke ist absehbar, falls die Energieef-

44 Vgl. Deutscher Nachhaltigkeitspreis (2014).
45 Vgl. GreenTec Awards (2014).
46 Vgl. Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2014).
47 Vgl. Statistisches Bundesamt (2012), S. 4f.

fizienz in den nächsten Jahren nicht deutlich gesteigert wird. Dieser Befund passt zu der Aussage der befragten Unternehmen, die im Bereich Energieeffizienz Verbesserungsmöglichkeiten für die nächsten Jahre sehen.

Ein weiterer Indikator für den effizienten Umgang mit Ressourcen ist die Rohstoffproduktivität, definiert als preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt je eingesetzter Tonne an abiotischem Primärmaterial.[48] Seit 1995 hat sich die Rohstoffproduktivität erheblich verbessert (40 Prozent) (siehe Abbildung 92). Dies spricht für die Einschätzung der Interview-Teilnehmer, dass die Unternehmen in der Vergangenheit bereits viele Maßnahmen umgesetzt haben, um die Rohstoff- und Materialeffizienz zu erhöhen. Dennoch bleibt diese Steigerung hinter dem Nachhaltigkeitsziel der Bundesregierung zurück; demnach soll die Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber dem Basisjahr 1994 verdoppelt werden.



Quelle: Roland Berger; Statistisches Bundesamt

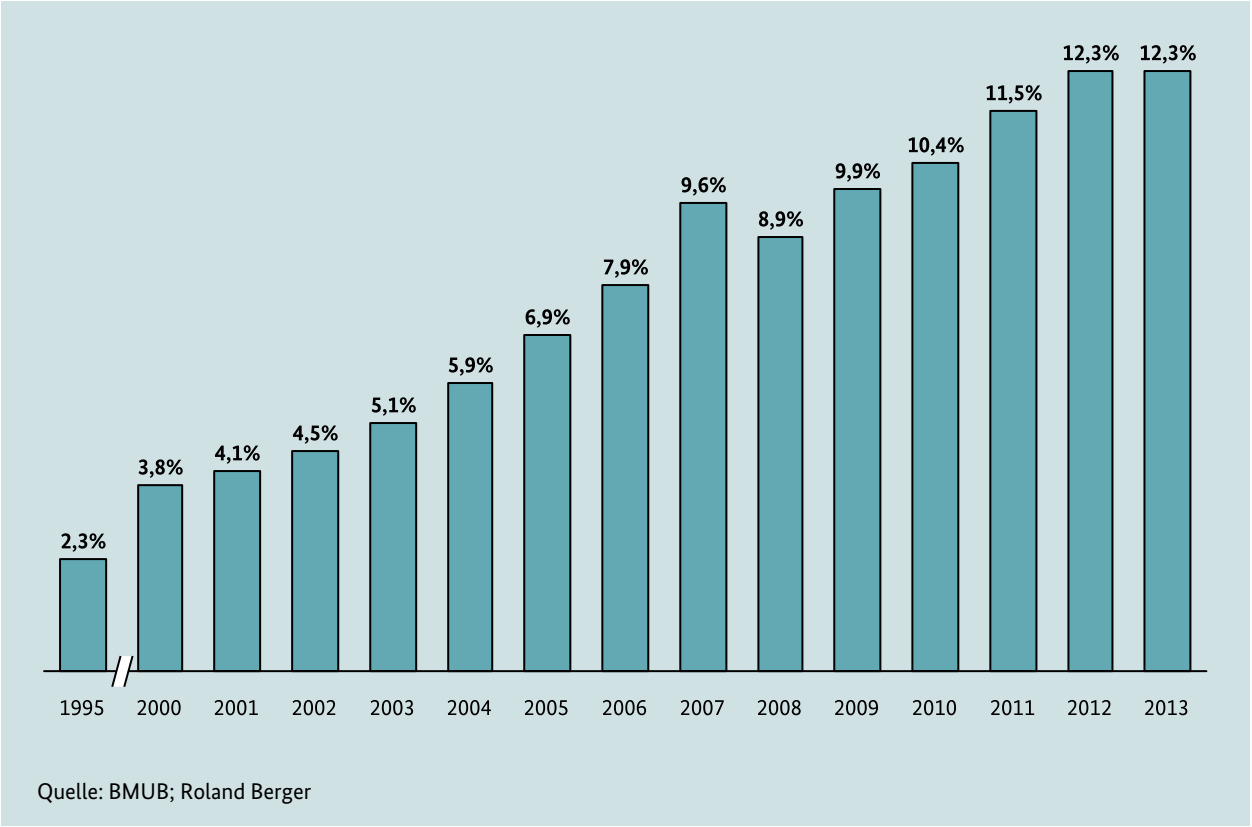
Abbildung 92: Veränderung der Rohstoff- und Energieproduktivität 1995-2010 (indiziert, 1995=100)

Durchdringungsgrad „grüner" Technologien

Die Messgrößen im Bereich Durchdringungsgrad grüner Technologien beschreiben, in welchem Umfang und in welcher Intensität Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in den unterschiedlichen Bereichen der Volkswirtschaft zum Einsatz kommen. Anhand der Entwicklung in einem bestimmten Zeitraum lassen sich die Fortschritte bei der Grünen Transformation beurteilen.

Eine aussagefähige Kennzahl ist in diesem Kontext der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch (siehe Abbildung 93). Er ist von 2,2 Prozent im Jahr 1995 auf 12,3 Prozent im Jahr 2013 gestiegen. Zu dieser Steigerung – die wesentlich größer ausfällt als in anderen europäischen Ländern – hat der privatwirtschaftliche Sektor erheblich beigetragen. Auch die Unternehmen decken einen immer größer werden Teil ihrer Strom- und Wärmeversorgung aus regenerativen Quellen.

48 Zum abiotischen Primärmaterial werden laut Definition des Statistischen Bundesamtes „die im Inland aus der Natur entnommenen Rohstoffe – ohne land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse – und alle importierten abiotischen Materialien (Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren)" gezählt. Siehe dazu Statistisches Bundesamt (2012), S. 8.



Quelle: BMUB; Roland Berger

Abbildung 93: Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Endenergieverbrauch 1995-2013 (in Prozent)

Für den Durchdringungsgrad „grüner" Technologien spielen die Investitionen in die Verbesserung des Umweltschutzes im Produzierenden Gewerbe eine wesentliche Rolle. Der Anteil der Investitionen in Umweltschutztechnologien an den Gesamtinvestitionen des Produzierenden Gewerbes ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen: Er lag 2006 bei 3,4 Prozent, 2011 bei 9,7 Prozent. Diese Entwicklung stützt die Einschätzung der befragten Unternehmen, dass insbesondere das Transformationsfeld Ökologischer Wandel in der Vergangenheit an Bedeutung gewonnen hat.[49]

Recycling ist ein wichtiges Element, um den Ressourcenverbrauch zu minimieren. Insofern trägt die stoffliche Wiederverwertung zur Verbesserung der Ressourcenproduktivität bei. Deshalb sind Recycling-Quoten ein Indikator, der Rückschlüsse auf den Durchdringungsgrad „grüner" Technologien erlaubt. Die Recycling-Quote in Deutschland erreicht mit 69 Prozent (2011) bereits ein hohes Niveau. Es gibt dennoch Spielraum für Verbesserungen: Ausbaupotenzial zeigt sich insbesondere bei der Verbesserung der Recycling-Quote für Abfälle aus Produktion und Gewerbe (59 Prozent) und gefährlichen Abfällen (57 Prozent).[50]

Umweltbezogene Lebensqualität

Diesem Themenfeld werden Messgrößen für Umweltzustände zugeordnet, die die Lebensqualität der Menschen maßgeblich beeinflussen. Die Nachhaltigkeitsindikatoren des Statistischen Bundesamtes beinhalten dazu unter anderem Schadstoffbelastung der Luft und die Treibhausgasemissionen.[51]

Die globale Erwärmung ist eine enorme Herausforderung für die Menschheit, da die Folgen eines ungebremsten Klimawandels Natur und Umwelt massiv beeinflussen und eine erhebliche Bedrohung für die Lebensgrundlagen der Menschheit darstellen. Um den Klimawandel zu begrenzen, ist eine Reduktion der Treibhausgasemissionen[52] erforderlich. Die Klimaziele

49 Vgl. S. 167f.

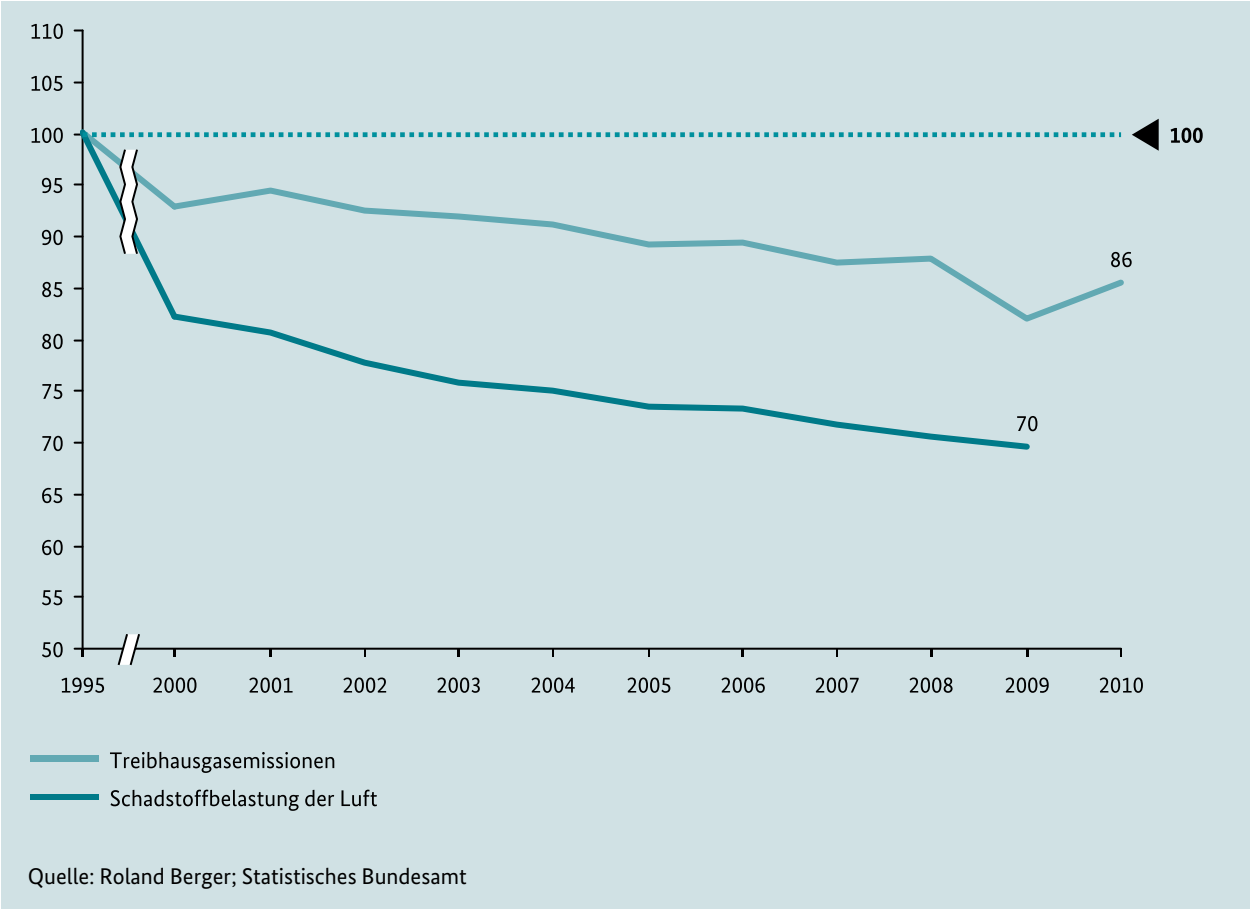
50 Vgl. Statistisches Bundesamt (2013).

51 Vgl. Statistisches Bundesamt (2012), S. 4f.

52 Nach dem Kyoto-Protokoll zählen zu den Treibhausgase folgende Stoffe: Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (Lachgas – N_2O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW/HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PFC) und Schwefelhexafluorid (SF_6).

Deutschlands sehen vor, den Ausstoß von Treibhausgasen bis 2020 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Im Vergleich zum Basisjahr 1995 ist der Ausstoß von Treibhausgasemissionen bis 2010 um 14 Prozent zurückgegangen (siehe Abbildung 94). Allerdings ist inzwischen ein Anstieg des Treibhausgasausstoßes zu verzeichnen. 2013 wurden fast zwölf Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente mehr emittiert als im Vorjahr (plus 1,2 Prozent). Ein Grund dafür ist, dass der Anteil der Kohle bei der Stromerzeugung zugenommen hat.[53]

Luftschadstoffe gefährden die Gesundheit des Menschen, beispielsweise durch ein erhöhtes Risiko von Atemwegserkrankungen. Zugleich wirken sich Luftschadstoffe negativ auf Ökosysteme aus, zum Beispiel durch den Schadstoffeintrag in Böden (Stichwort: Versauerung und Überdüngung).[54] Vor diesem Hintergrund ist die Reduzierung der Luftschadstoffe ein wesentliches Feld der Grünen Transformation. Wie Abbildung 94 zeigt, wurde die Schadstoffbelastung zwischen 1995 und 2009 um 30 Prozent verringert. Dies spricht für die Hypothese, dass insbesondere Investitionen im nachgelagerten Umweltschutz (End-of-Pipe-Technologien), etwa der Einbau von Abluftfiltern in der Industrie, erfolgreich umgesetzt wurden.



Quelle: Roland Berger; Statistisches Bundesamt

Abbildung 94: Veränderung der Treibhausgasemissionen und Schadstoffbelastung der Luft 1995-2010 (indiziert 1995=100)

In Bezug auf das Ökologische Wachstum wird deutlich, dass die Grüne Transformation in den letzten zehn Jahren bereits erheblich fortgeschritten ist. Die Auswirkungen dieses Transformationsprozesses zeigen sich anhand wichtiger Kenngrößen wie Energieeffizienz, CO_2-Ausstoß, Schadstoffbelastung der Luft etc. Damit diese positive Entwicklung in den nächsten Jahren weitergeht, bedarf es jedoch in einigen Bereichen erhöhter Anstrengungen. Insofern besteht beim Ökologischen Wachstum durchaus Spielraum für Verbesserungen, so auch die Einschätzung der befragten Unternehmen. Ob und in welchem Umfang weitere Maßnahmen des Ökologischen Wandels realisiert werden, ist vor allem von den politischen Rahmenbedingungen sowie den Anforderungen und Erwartungen der Stakeholder abhängig.

53 Vgl. dazu Umweltbundesamt (2014b).

54 Vgl. Statistisches Bundesamt (2012), S. 44.

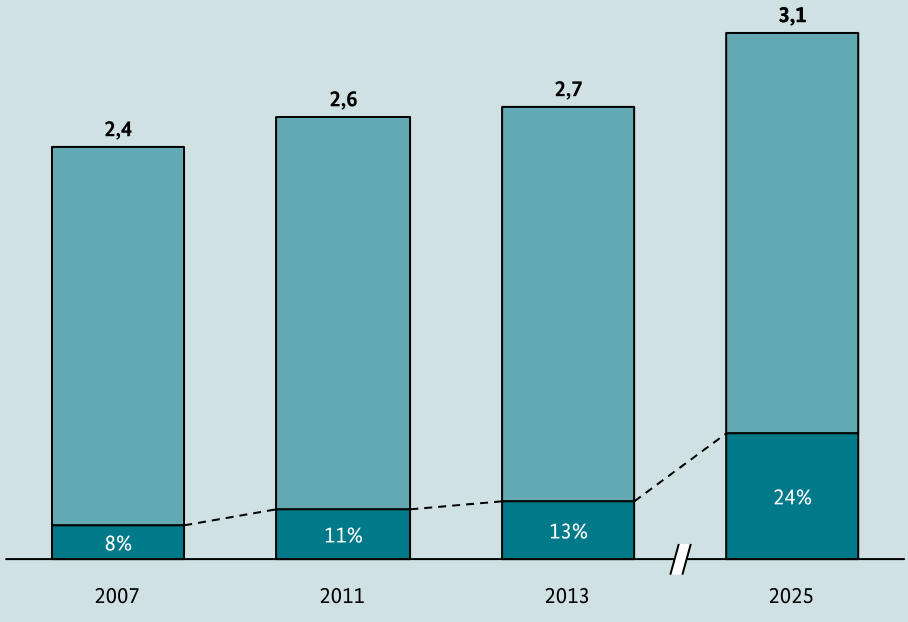
Partizipatives Wachstum

Aus volkswirtschaftlicher Perspektive werden unter den Begriff Partizipatives Wachstum unter anderem die Themenfelder Gesamtwirtschaftliche Bedeutung sowie die Wahrnehmung beziehungsweise die Akzeptanz der Grünen Transformation in der Gesellschaft gefasst. Anhand dieser Bereiche sollen die Auswirkungen des Greenings auf Unternehmensebene auf den volkswirtschaftlichen Wandel zur Green Economy betrachtet werden. Dabei spielen mehrere Transformationsfelder eine Rolle, die in den Tiefeninterviews erörtert wurden. In der Gesamtwirtschaftlichen Bedeutung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz wirkt sich der Wirtschaftliche Wandel deutlich aus. Aktuell geben die befragten Unternehmen in diesem Transformationsfeld einen Zielerreichungsgrad von durchschnittlich 60 Prozent an; bis 2024 erwarten sie eine Steigerung auf 90 Prozent. Diese Einschätzung entspricht den Wachstumsprognosen für die Branche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz.

Die Wahrnehmung und Akzeptanz der Grünen Transformation in der Gesellschaft wird auf Unternehmensebene maßgeblich durch die Entwicklung in den Transformationsfeldern Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel beeinflusst. In diesen Bereichen sehen die befragten Unternehmen in den nächsten Jahren Ausbaupotenzial. Auch diese Einschätzung wird durch einschlägige Studien zum Umweltbewusstsein in der Bevölkerung gestützt.[55]

Gesamtwirtschaftliche Bedeutung

Für den Bereich Gesamtwirtschaftliche Bedeutung werden zwei Messgrößen ausgewählt, die den Fortschritt des Transformationsprozesses illustrieren: die Entwicklung des GreenTech-Anteils an der Wirtschaftsleistung in Deutschland und die wachsende Anzahl der Erwerbstätigen, die in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz beschäftigt sind. Der Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am deutschen Bruttoinlandsprodukt ist zwischen 2007 und 2013 von 8 auf 13 Prozent gewachsen. Bis 2025 wird ein weiterer Anstieg auf bis zu 24 Prozent erwartet (siehe Abbildung 95). Diese Entwicklung unterstreicht die wirtschaftliche Bedeutung der GreenTech-Branche im Bereich partizipatives Wachstum. Der wachsende Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz an der Wirtschaftsleistung macht deutlich, dass die Grüne Transformation auf makroökonomischer Ebene bereits sichtbare Spuren hinterlassen hat.



Quelle: IWF; Roland Berger

Abbildung 95: Entwicklung des Anteils der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz an der Gesamtwirtschaftsleistung in Deutschland 2007-2025 (nominales BIP in Billionen Euro und Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Prozent)

55 Vgl. dazu Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012); siehe auch S. 207.

Die Anzahl der Beschäftigten in den Leitmärkten der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz hat sich zwischen 2007 und 2012 von 1,2 Millionen auf 1,5 Millionen erhöht; das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 3,9 Prozent (siehe Abbildung 96). Dieser expansive Trend wird sich fortsetzen. Voraussichtlich werden bis zum Jahr 2025 etwa 2,4 Millionen Menschen in der GreenTech-Branche beschäftigt sein. So zeigt sich die Grüne Transformation auf volkswirtschaftlicher Ebene auch auf dem Arbeitsmarkt.

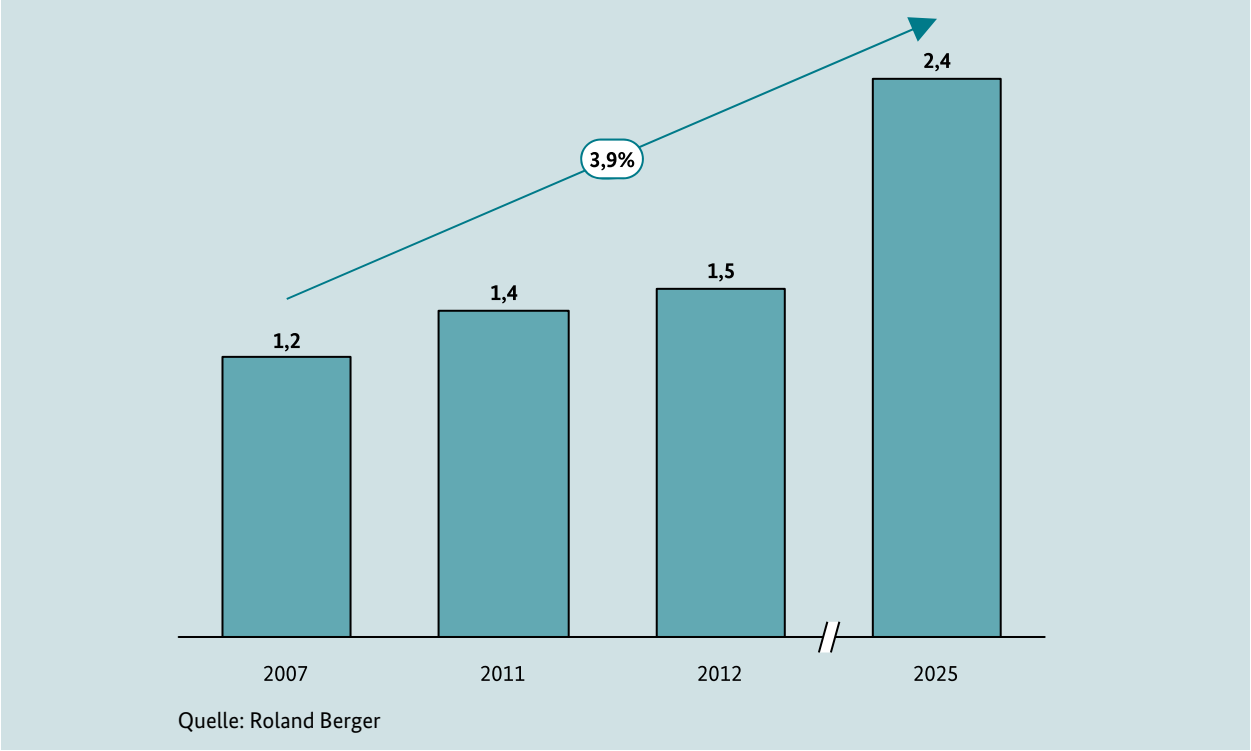


Abbildung 96: Beschäftigungsentwicklung in der Branche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2007-2025 (in Millionen und durchschnittliche jährliche Veränderung 2007-2025 in Prozent)

Wahrnehmung und Akzeptanz der Grünen Transformation in der Gesellschaft

Die Wahrnehmung der Grünen Transformation in der Bevölkerung lässt sich nur schwer anhand qualitativer Messgrößen abbilden. Dennoch ist es aufschlussreich, sich mit dem Stand des Umweltbewusstseins in der Bevölkerung auseinanderzusetzen. Dies ist ein zentrales Anliegen der Studien zum Umweltbewusstsein und Umweltverhalten in Deutschland, die seit 1996 alle zwei Jahre im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes durchgeführt werden. Die Studie *Umweltbewusstsein in Deutschland 2012*[56] setzte den Schwerpunkt auf die Fragestellung, „welche Anknüpfungspunkte sich für nachhaltige Lebensweisen im Alltagsleben der Menschen finden lassen".[57]

Im Rahmen der Studie wurde die Frage gestellt „Wird von den [..] Akteuren in Deutschland genug für den Klimaschutz getan?"[58] Für die Antworten waren die Kategorien „Genug", „Eher genug", „Eher nicht genug" und „Nicht genug" vorgegeben. Die Befragten halten das Klimaschutz-Engagement der Bürger für ausgeprägter als das der Industrie. Das Klimaschutz-Engagement aufseiten der Bürger wird von den Befragten für den Zeitraum von 2008 bis 2012 als leicht ansteigend eingeschätzt. In derselben Zeitspanne wird das Klimaschutz-Engagement der Industrie als weitgehend stabil beurteilt. Aus den Unterschieden im wahrgenommenen Klimaschutz-Engagement aufseiten der

56 Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012).
57 Vgl. ebenda, S. 14.
58 Vgl. ebenda, S. 19.

Bürger und der Industrie lässt sich ableiten, dass die Reflexion des Umweltbewusstseins in Unternehmen (vgl. Industrie) im Vergleich zur Akzeptanz der Grünen Transformation der Mitarbeiter (vgl. Bürger) niedriger ist; demnach besteht für die Reflexion des Transformationsprozesses bei Unternehmen durchaus noch Verbesserungsbedarf.

Um die gesellschaftliche Akzeptanz des Transformationsprozesses abzubilden, müssen Messgrößen zeigen, ob beziehungsweise inwiefern sich die Erfordernisse der Grünen Transformation bereits auf der Handlungsebene widerspiegeln. Für das Konsumentenverhalten lässt sich in Bezug auf umweltfreundliche Produkte zwischen 2008 und 2010 keine positive Entwicklung feststellen – so das Ergebnis des GfK-Haushaltspanels.[59] Fast die Hälfte der Befragten gibt an, bewusst umweltfreundliche Produkte zu konsumieren. Jedoch ist nur circa ein Drittel der Befragten bereit, für umweltfreundliche Produkte tiefer in die Tasche zu greifen. Für etwa 20 Prozent der Befragten spielen Umweltaspekte beim Konsum kaum eine Rolle.

Die repräsentative Umfrage für die Studie *Umweltbewusstsein in Deutschland 2012* hat ergeben, dass über ein Drittel der Deutschen noch nie Bio-Produkte gekauft hat.[60] Entweder hielten die Befragten Bio-Erzeugnisse für zu teuer oder stellten deren Vorteile infrage. Betrachtet man jedoch die Statistiken des Einzelhandels, wird diese ablehnende Haltung zumindest etwas relativiert: Der Umsatz mit Bio-Lebensmitteln in Deutschland ist zwischen 2004 und 2013 von 3,5 Milliarden Euro auf 7,55 Milliarden Euro gewachsen. Im Jahr 2013 gaben deutsche Haushalte etwa sieben Prozent mehr Geld für Bio-Lebensmittel und Getränke aus.[61] Diese Entwicklung kann als Indikator für eine Veränderung des Verbraucherverhaltens im Sinne der Grünen Transformation gedeutet werden.

Als Anhaltspunkt für die Akzeptanz der Grünen Transformation und Teilhabe der Bürger an diesem Prozess lässt sich die Mitwirkung der Bürger an der Umgestaltung des Energiesystems heranziehen. Ein Indikator dafür ist der Anteil von Privatleuten an der Finanzierung von dezentralen Anlagen zur Energieerzeugung. Etwa 35 Prozent der installierten Leistung aus Erneuerbare-Energien-Anlagen entfallen auf Privatleute.[62] Ein weiterer Hinweis auf das zunehmende Engagement der Bürger beim Systemwechsel in der Energieversorgung ist die Entwicklung der Energiegenossenschaften. In dieser Organisationsform schließen sich Bürger zusammen und verwirklichen regionale Projekte zur dezentralen Erzeugung von Strom und Wärme aus regenerativen Quellen, beispielsweise Windparks. Das Eigenkapital wird über Genossenschaftsanteile aufgebracht. Beim Deutschen Genossenschafts- und Raiffeisenverband waren 2013 etwa 800 Energiegenossenschaften registriert. Ihre rund 200.000 Mitglieder haben circa 1,5 Milliarden Euro in erneuerbare Energien investiert.[63] Im Jahr 2001 gab es in Deutschland lediglich 66 Energiegenossenschaften. Diese überaus dynamische Entwicklung in Bezug auf Anzahl, Mitgliederzahlen und Investitionsvolumen von Energiegenossenschaften lässt sich als Hinweis auf wachsendes bürgerschaftliches Engagement für die Umsetzung der Grünen Transformation interpretieren.

Die zunehmende Akzeptanz und das Engagement für die Ziele der Grünen Transformation in der Gesellschaft haben Auswirkungen auf die Entwicklungen im Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel: Wenn das Umweltbewusstsein der Beschäftigten zunimmt, steigen deren Anforderungen an die ökologische Profilierung des Arbeitgebers. Angesichts des sich abzeichnenden Fachkräftemangels entsteht für Unternehmen eine starke Motivation, diesen Erwartungen zu entsprechen. Ein Weg zu diesem Ziel ist der Ausbau der Maßnahmen im Transformationsfeld Mitarbeiter-Wandel.

Mit Blick auf das Partizipative Wachstum zeigen sich auf volkswirtschaftlicher Ebene die Auswirkungen der Grünen Transformation in Deutschland. Diese Aussage lässt sich unter anderem am wachsenden Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am Bruttoinlandsprodukt sowie an der Beschäftigungsentwicklung in der GreenTech-Branche festmachen. In Hinblick auf die gesellschaftliche Wahrnehmung und Akzeptanz des Transformationsprozesses bestehen für die nächsten Jahre Steigerungsmöglichkeiten. Diese Aussage entspricht der Einschätzung der befragten Unternehmen für die Zielerreichungsgrade in den Transformationsfeldern Mitarbeiter-Wandel und Institutioneller Wandel.

59 Vgl. GfK Haushaltspanel Consumerscan (2011).
60 Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012), S. 37.
61 Vgl. Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (AMI) (2014).
62 Vgl. Quaschning, V. (2013), S. 120.
63 Vgl. Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband (2014).

„Green Race“: Die Fortschritte der Grünen Transformation in Deutschland im internationalen Vergleich

Die betrachteten Kenngrößen und Trends in den Feldern Institutionelles Wachstum, Ökologisches Wachstum und Partizipatives Wachstum haben sichtbar gemacht, dass das Greening der Unternehmen bereits Spuren auf der volkswirtschaftlichen Ebene hinterlassen hat. Daran lässt sich die Betrachtung anknüpfen, wie weit die Grüne Transformation in Deutschland im Vergleich zu anderen Industrieländern fortgeschritten ist und welche Etappen es auf dem Weg zur Green Economy noch zu bewältigen gibt.

Die OECD nennt im Rahmen ihrer Green Growth Strategie[64] Indikatoren, die als Gradmesser für die Fortschritte bei der Grünen Transformation herangezogen werden können. Zu diesen Indikatoren zählen die produktionsbezogenen CO_2-Emissionen, die Energieproduktivität und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung. Bei diesen Kenngrößen liegt Deutschland besser als die meisten OECD-Mitglieder. Die Energieproduktivität[65] lag 2011 im Durchschnitt der OECD-Länder bei 7,1 US-Dollar/Tausend Tonnen Öleinheit. Deutschland erreichte einen Wert von 9,2 US-Dollar/Tausend Tonnen Öleinheit. Beim Indikator Produktionsbezogene CO_2-Emissionen belief sich der Indexwert Deutschlands für das Jahr 2011 auf 78,7, im OECD-Durchschnitt bei 110,7 (Index: 1990 = 100).[66]

In der Außenwahrnehmung wird Deutschlands Voranschreiten auf wichtigen Handlungsfeldern der Grünen Transformation anerkannt, wie dieser Auszug aus dem Umweltprüfbericht der OECD belegt: „Die ehrgeizige Umweltpolitik trug dazu bei, die Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen sowie die CO_2- und Energieintensität der Volkswirtschaft erheblich zu reduzieren. Energieeffizienzsteigerungen und die rasche Entwicklung erneuerbarer Energieträger zählten zu den wichtigen Faktoren für diese Trends.“[67] Das Gutachten der OECD würdigt ausdrücklich die Rolle der deutschen Umweltpolitik für die Beschleunigung des Greenings: „Strenge Vorschriften und Standards, die die Technologieentwicklung vorantreiben“ hätten dazu beigetragen, „die Umweltergebnisse und Lebensqualität des Landes zu verbessern und der Entwicklung eines international wettbewerbsfähigen Sektors für Umweltgüter und –dienstleistungen Impulse zu verleihen.“[68]

Jedoch gilt auch auf dem Weg Richtung Green Economy, dass Stillstand gleichbedeutend mit Rückschritt sein kann. Die Bemühungen, die Grüne Transformation weiter voranzubringen, dürfen nicht nachlassen. Zu viel steht auf dem Spiel: Klimawandel und Ressourcenknappheit stellen die Menschheit vor enorme Herausforderungen. Bei ihrer Bewältigung kann Deutschland einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Unternehmen am Standort haben sich dafür eine exzellente Ausgangsposition im „grünen Rennen“ erarbeitet. Dieser Begriff wird in der Peer Review zur deutschen Nachhaltigkeitspolitik verwendet. In ihrer Stellungnahme konstatiert eine internationale Expertengruppe „einen zunehmenden Wettbewerb [...] zwischen Staaten, den Umbau zu einer emissionsarmen Wirtschaft voranzutreiben und sich als führender Anbieter ressourceneffizienter Technologien und Lösungen zu etablieren“.[69]

Im Zuge der Internationalisierung übernehmen Unternehmen aus Deutschland nicht nur im Inland Verantwortung für den Wandel zur Green Economy. Sie leisten durch den Transfer erfolgreicher Maßnahmen im Wirtschaftlichen Wandel, Technologischen Wandel, Ökologischen Wandel, Mitarbeiter-Wandel und Institutionellen Wandel auf ausländische Standorte einen wichtigen Beitrag zur Grünen Transformation in anderen Staaten.

Auf diese Weise zeigen deutsche Unternehmen, dass „grünes“ Wachstum keine Utopie bleiben muss, sondern längst in der Praxis gelebt wird.

64 Vgl. dazu ausführlich Kapitel 3.
65 Die Energieproduktivität wird hier definiert als preisbereinigtes Bruttoinlandsprodukt je Einheit Primärenergieverbrauch.
66 Vgl. Organisation for Economic Co-operation and Development (2014b).
67 Organisation for Economic Co-operation and Development (2012c), S. 9.
68 Ebenda.
69 Rat für Nachhaltige Entwicklung (2013).

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme durch Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Anwendungsbeispielen

Abbildung 2: Marktvolumen und Anwendungsbeispiele der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Bereich nachhaltige Stadtentwicklung (in Milliarden Euro)

Abbildung 3: Anteil umweltrelevanter Marktsegmente für Bau und Stadtentwicklung am gesamten Bauvolumen in Deutschland 2013 (in Milliarden Euro und Prozent)

Abbildung 4: Smart Mobility basiert auf der Verknüpfung verschiedener Verkehrsmittel

Abbildung 5: Die sechs Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz und deren Marktsegmente

Abbildung 6: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie

Abbildung 7: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Energieeffizienz

Abbildung 8: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz

Abbildung 9: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Mobilität

Abbildung 10: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft

Abbildung 11: Marktsegmente und wesentliche Technologielinien im Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft

Abbildung 12: Globales Volumen der Leitmärkte der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 (in Milliarden Euro)

Abbildung 13: Entwicklung des globalen Marktvolumens für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013-2025 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 14: Globales Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2013-2025 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 15: Anteile der einzelnen Leitmärkte am weltweiten Gesamtmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 und 2025 (in Prozent)

Abbildung 16: Anteile der Technologien zur „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ und „Minderung des Treibhausgasaustoßes“ am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013 und 2025

Abbildung 17: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 18: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Erneuerbare Energien 2013 (in Prozent)

Abbildung 19: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Speichertechnologien 2013 (in Prozent)

Abbildung 20: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Energieeffizienz 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 21: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Branchenübergreifende Komponenten 2013 (in Prozent)

Abbildung 22: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffiziente Produktionsverfahren 2013 (in Prozent)

Abbildung 23: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Energieeffizienz von Geräten 2013 (in Prozent)

Abbildung 24: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 25: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Nachwachsende Rohstoffe 2013 (in Prozent)

Abbildung 26: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Nachhaltige Mobilität 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 27: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Alternative Antriebstechnologien 2013 (in Prozent)

Abbildung 28: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssteuerung 2013 (in Prozent)

Abbildung 29: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Kreislaufwirtschaft 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 30: Entwicklung des Volumens des globalen Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft 2013-2025 differenziert nach Marktsegmenten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent

Abbildung 31: Anteil einzelner Technologielinien am Weltmarktvolumen des Marktsegments Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung 2013 (in Prozent)

Abbildung 32: Ausgewählte Technologielinien mit hohem Weltmarktvolumen im Jahr 2013 und hohen Wachstumsraten (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 33: Ausgewählte Technologielinien mit stark positiver oder negativer Änderung der prognostizierten weltweiten Wachstumsrate gegenüber 2011 (Veränderung der jährlichen Wachstumsrate bis 2025 in Prozent)

Abbildung 34: Volumina der Leitmärke für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2013 (in Milliarden Euro)

Abbildung 35: Entwicklung des deutschen Marktes für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013-2015 (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 36: Wachstum der einzelnen Leitmärkte 2013-2025 im Vergleich zur Entwicklung der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland insgesamt (durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 37: Entwicklung der Marktanteile einzelner Leitmärkte an der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2013 und 2025

Abbildung 38: Entwicklung des Marktvolumens in Deutschland 2013-2025 – Leitmarkt Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie und Leitmarkt Energieeffizienz (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 39: Entwicklung des Marktvolumens in Deutschland 2013-2025 – Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz und Leitmarkt Nachhaltige Mobilität (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 40: Entwicklung des Marktvolumens 2013-2025 in Deutschland – Leitmarkt Kreislaufwirtschaft und Leitmarkt Nachhaltige Wasserwirtschaft (in Milliarden Euro und durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 41: Anteil deutscher Unternehmen am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz nach Leitmärkten 2013 (in Prozent)

Abbildung 42: Top-10-Technologielinien in Deutschland nach Marktgröße 2013 (in Milliarden Euro)

Abbildung 43: Top-10-Technologielinien in Deutschland nach Wachstum 2013-2025 (durchschnittliche jährliche Veränderung 2013-2025 in Prozent)

Abbildung 44: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Umweltfreundliche Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Energie 2013 und Trend bis 2025

Abbildung 45: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Energieeffizienz 2013 und Trend bis 2025

Abbildung 46: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Rohstoff- und Materialeffizienz 2013 und Trend bis 2025

Abbildung 47: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Nachhaltige Mobilität 2013 und Trend bis 2025

Abbildung 48: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Kreislaufwirtschaft 2013 und Trend bis 2025

Abbildung 49: Weltmarktanteile deutscher Anbieter in ausgewählten Technologielinien des Leitmarktes Nachhaltige Wasserwirtschaft 2013 und Trend bis 2025

Abbildung 50: Umwelttechnik und Ressourceneffizienz schafft Win-win-Situation für Anbieter und Anwender

Abbildung 51: Vorteile durch den Einsatz von Umwelttechnik und Ressourceneffizienz auf Anwenderseite

Abbildung 52: Anteil des Marktes für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz an der Gesamtwirtschaftsleistung 2013 (in Prozent)

Abbildung 53: Beschäftigte in der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Deutschland 2013

Abbildung 54: Marktvolumen der Umwelttechnik-Dienstleistungen und Dienstleistungsintensität auf Leitmarktebene Deutschland 2013 (in Milliarden Euro)

Abbildung 55: Anteil klassischer Industrien am Weltmarkt für Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2013

Abbildung 56: Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz am globalen Marktvolumen ausgewählter Industrien 2013 (in Milliarden Euro)

Abbildung 57: Marktentwicklung, Beschäftigung, Innovation und Internationalisierung – Umwelttechnik und Ressourceneffizienz im Vergleich mit einer Referenzgruppe aus Schlüsselindustrien in Deutschland

Abbildung 58: Veränderung des globalen Umweltentlastungspotenzials nach Leitmärkten auf Basis einer Auswertung von Experteninterviews

Abbildung 59: Verteilung der Unternehmen nach Umsatzgröße (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Abbildung 60: Durchschnittlicher Jahresumsatz pro Unternehmen nach Leitmarktfokus (in Millionen Euro)

Abbildung 61: Durchschnittlich erwartetes Umsatzwachstum pro Unternehmen bis 2018 nach Leitmarktfokus (in Prozent pro Jahr)

Abbildung 62: Verteilung der Unternehmen nach Mitarbeiterzahl (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Abbildung 63: Durchschnittlich erwartetes Mitarbeiterwachstum pro Unternehmen bis 2018 nach Leitmarktfokus (in Prozent pro Jahr)

Abbildung 64: Durchschnittliches jährliches Produktivitätswachstum bis 2018 nach Leitmarktfokus (in Prozent)

Abbildung 65: Durchschnittliche FuE-Quote pro Unternehmen nach Leitmarktfokus (in Prozent)

Abbildung 66: Verteilung der Gesamtumsätze der Unternehmen auf die Leitmärkte

Abbildung 67: Leistungsangebot der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Abbildung 68: Beurteilung der aktuellen Geschäftslage differenziert nach Leitmarkt

Abbildung 69: Beurteilung der Geschäftserwartungen differenziert nach Leitmarkt

Abbildung 70: Entwicklung des Geschäftsklimaindex zwischen 2008 und 2014 (Index von 0 bis 100)

Abbildung 71: Veränderung des Geschäftsklimaindex zwischen 2011 und 2014 (Veränderung in Indexpunkten absolut)

Abbildung 72: Umsatzverteilung nach Regionen, differenziert nach Leitmarktfokus (in Prozent)

Abbildung 73: Umsatzverteilung nach Regionen von produzierenden Unternehmen und Dienstleistern (in Prozent)

Abbildung 74: Bedeutung internationaler Absatzmärkte in 2014 aus Sicht der befragten Unternehmen

Abbildung 75: Erwarteter Bedeutungszuwachs internationaler Absatzmärkte bis 2025 aus Sicht der befragten Unternehmen

Abbildung 76: Relative Attraktivität von ausgewählten Ländern und Regionen nach Marktsegmenten im Jahr 2025

Abbildung 77: Top-5 Technologielinien nach Auslandsmarkt und Attraktivität mit Leitmarktzuordnung

Abbildung 78: Top-5 Technologielinien nach Regionen und Attraktivität mit Leitmarktzuordnung

Abbildung 79: Beschreibung und Definition der Transformationsfelder der Grünen Transformation auf Unternehmensebene

Abbildung 80: Bedeutung der fünf Transformationsfelder bis 2025 nach Einschätzung der befragten Unternehmen (Anzahl der Nennungen in Prozent)

Abbildung 81: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen – aktueller Wert und erwartete Dynamik bis 2024 (in Prozent)

Abbildung 82: Ranking der Treiber für die Grüne Transformation nach Branchencluster

Abbildung 83: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik“ (in Prozent)

Abbildung 84: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad und Dynamik nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Originäre Umwelttechnik“, differenziert nach Wertschöpfungsstufen – aktueller Wert und erwartete Dynamik bis 2024 (in Prozent)

Abbildung 85: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik“ (in Prozent)

Abbildung 86: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit Aktivitäten in der Umwelttechnik“, differenziert nach Wirtschaftszweigen – aktueller Wert und erwartete Dynamik bis 2024 (in Prozent)

Abbildung 87: Durchschnittlicher Zielerreichungsgrad in den einzelnen Transformationsfeldern nach Selbsteinschätzung der Unternehmen aus dem Cluster „Branchen mit relativ geringen Aktivitäten in der Umwelttechnik“ (in Prozent)

Abbildung 88: Relativer Patentanteil Deutschlands im Technologiebereich Umwelt 2003-2010

Abbildung 89: Deutsche Patentanmeldungen für Umwelttechnologien 2003-2012 (Absolute Anzahl an Patenten und Anteil an Gesamtpatenten in Prozent)

Abbildung 90: Anteil „grüner“ Startups an den Gesamtgründungen in deutschen Gründerzentren

Abbildung 91: Anteil „grüner“ Startups in deutschen Gründerzentren nach Industriebranchen im Jahr 2013 (in Prozent)

Abbildung 92: Veränderung der Rohstoff- und Energieproduktivität 1995-2010 (indiziert, 1995=100)

Abbildung 93: Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Endenergieverbrauch 1995-2013 (in Prozent)

Abbildung 94: Veränderung der Treibhausgasemissionen und Schadstoffbelastung der Luft 1995-2010 (indiziert 1995=100)

Abbildung 95: Entwicklung des Anteils der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz an der Gesamtwirtschaftsleistung in Deutschland 2007-2025 (nominales BIP in Milliarden Euro und Anteil der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz in Prozent)

Abbildung 96: Beschäftigungsentwicklung in der Branche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz 2007-2025 (in Millionen und durchschnittliche jährliche Veränderung 2007-2025 in Prozent)

Literaturverzeichnis

A

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (Hrsg) (2011): Smart Cities. Deutsche Hochtechnologie für die Stadt der Zukunft. Aufgaben und Chancen [www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_bezieht_Position_Nr10_Smart-Cities_WEB.pdf; abgerufen am 31. Juli 2014]

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 [www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Abschlussbericht_Industrie4.0_barrierefrei.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (AMI) (2014): Auch 2013 – Umsatzsteigerung bei Bio-Lebensmitteln. Pressemitteilung vom 11. Februar 2014 [www.ami-informiert.de/uploads/media/20140211_AMI_Bio-Umsatz_2013.pdf; abgerufen am 2. Mai 2014]

Audi AG (2014): Audi e-gas – neuer Kraftstoff [www.audi.com/corporate/de/responsibility/wir-leben-verantwortung/produkt/audi-e-gas.html; abgerufen am 10. April 2014]

B

Barbier, E./Markandya, A. (2013): A New Blueprint for a Green Economy

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie/ifo Institut (2010): Umweltwirtschaft in Bayern. München

Blue Competence (2014) [www.bluecompetence.net/about;jsessionid=E815989D8BAA6D6DC9C4AE6EBBB0B6DD; abgerufen am 20. Mai 2014]

Borderstep Institut (Hrsg.) (2013): Green Economy Gründungsmonitor. Unternehmensgründungen für Energiewende und Klimaschutz. Kurzbericht [www.innovation.uni-oldenburg.de/download/Green_Economy_Gruendungsmonitor_kurz.pdf; abgerufen am 20. Mai 2014]

BP Statistical Review of World Energy June 2014 (2014) [www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf; abgerufen am 4. Juli 2014]

Brookings (2011): Sizing the clean economy. Washington

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

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): Umwelttechnik-Dienstleistungen. Treiber für ökologische Modernisierung und Beschäftigung. Berlin

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2012a): Green Economy. In: Umwelt, 6/2012, S. 58-61

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

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013): Energiewende global: Trend zu erneuerbaren Energien setzt sich fort. Pressemitteilung vom 12. Juni 2013 [www.bmub.bund.de/bmub/presse-reden/pressemitteilungen/pm/browse/1/artikel/energiewende-global-trend-zu-erneuerbaren-energien-setzt-sich-fort/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=289&cHash=4fda34947b1d706537baa9d350b38a17; abgerufen am 26. April 2014]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2012): Memorandum für eine Green Economy. Eine gemeinsame Initiative des BDI und BMU [www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/memorandum_green_economy_bf.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012): Umweltbewusstsein in Deutschland 2012. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage [www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/studie_umweltbewusstsein_2012_bf.pdf; abgerufen am 20. Mai 2014]

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013): Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Energie auf neuen Wegen [www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?__blob=publicationFile; abgerufen am 13. Juli 2014]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014a): Gesamtwirtschaftliche Bedeutung [www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Industrienation-Deutschland/gesamtgesellschaftliche-bedeutung,did=9844.html; abgerufen am 17. Juni 2014]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014b): Erneuerbare Energien im Jahr 2013 [www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/A/agee-stat-bericht-ee-2013,proberty=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf; abgerufen am 28. August 2014]

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Energiekonzept für eine umweltfreundliche, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin

Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.) (2013): Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft [www.bpb.de/shop/buecher/schriftenreihe/175745/schlussbericht-der-enquete-kommission; abgerufen am 25. April 2014]

C

Chemie3 Die Nachhaltigkeitsinitiative der Deutschen Chemie (2014) [www.chemiehoch3.de/de/home/ambitionen/die-initiative.html; abgerufen am 20. Mai 2014]

D

Deutsche Bank Research (2014a): Deutsche Energiewende treibt Power-to-Gas. Von einer Idee zur Markteinführung [www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000328220/Deutsche+Energiewende+treibt+Power-to-Gas%3A+Von+einer+Idee+zur+Markteinf%C3%BChrung.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

Deutsche Bank Research (2014b): Industrie 4.0. Upgrade des Industriestandorts Deutschland steht bevor [www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000328961/Industrie+4_0%3A+Upgrade+des+Industriestandorts+Deutschland+steht+bevor.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (2014): Der Deutsche Umweltpreis [www.dbu.de/343.html; abgerufen am 18. Mai 2014]

Deutsche Energie-Agentur (2012): Verkehr. Energie. Klima. Alles Wichtige auf einen Blick [www.dena.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Verkehr/Dokumente/Daten-Fakten-Broschuere.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Deutsche Energie-Agentur (2014a): Energieeffiziente Gebäude [www.dena.de/themen/energieeffiziente-gebaeude.html?tx_dscoverview%5Bliste%5D=1&tx_dscoverview%5Bpluginid%5D=143; abgerufen am 8. Juli 2014]

Deutsche Energie-Agentur (2014b): Rahmenbedingungen für Power to Gas verbessern. Pressemitteilung vom 27. Februar 2014 [dena.de/presse-medien/pressemitteilungen/rahmenbedingungen-fuer-power-to-gas-verbessern.html; abgerufen am 6. März 2014]

Deutsche Energie-Agentur (2014c): Strategieplattform Power to Gas. CO2RRECT [www.powertogas.info/power-to-gas/interaktive-projektkarte/co2rrect.html; abgerufen am 10. April 2014]

Deutsche IPCC Kordinierungsstelle (2014a): Fünfter Sachstandsbericht des IPCC. Teilbericht 1 (Wissenschaftliche Grundlagen) [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/kernbotschaften_des_fuenften_sachstandsberichts_des_ipcc.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Deutsche IPCC Koordinierungsstelle (2014b): Fünfter Sachstandsbericht des IPCC. Teilbericht 2 (Folgen, Anpassung, Verwundbarkeit) [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/fuenfter_sachstandsbericht_des_ipcc_teilbericht_2_auswirkungen_vulnerabilitaet_anpassung_0.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Deutsche IPCC Koordinierungsstelle (2014c): Fünfter Sachstandsbericht des IPCC. Teilbericht 3 (Minderung des Klimawandels) [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/140413_botschaften20ipcc_wgiii.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Deutsche Rohstoffagentur (2014): Volatilitätsmonitor Juni 2013 – Mai 2014 [www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/Volatilitaetsmonitor/vm_14_05.pdf?_blob=publicationFile; abgerufen am 5. Juli 2014]

Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband (2014): EEG-Pläne bremsen Energiegenossenschaften. Pressemitteilung vom 13. März 2014 [www.dgrv.de/de/news/news-2014.03.13-1.html; abgerufen am 2. Mai 2014]

Deutscher Nachhaltigkeitskodex (2014a): Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex auf dem Prüfstand [www.deutscher-nachhaltigkeitskodex.de/de/hintergruende/aktuelles-und-presseinfos/nachricht/artikel/der-deutsche-nachhaltigkeitskodex-auf-dem-pruefstand.html; abgerufen am 23. Juni 2014]

Deutscher Nachhaltigkeitskodex (2014b) [www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNE_Der_Deutsche_Nachhaltigkeitskodex_DNK_texte_Nr_41_Januar_2012.pdf; abgerufen am 21. Mai 2014]

Deutscher Nachhaltigkeitspreis (2014): Das ist der deutsche Nachhaltigkeitspreis [www.nachhaltigkeitspreis.de; abgerufen am 18. Mai 2014]

Dittrich, M./Giljum, S./Lutter, S./Polzin, C. (2012): Green economies around the world. Implications of resource use for development and the environment [seri.at/wp-content/uploads/2012/06/green_economies_around_the_world.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

DVFA – Deutsche Vereinigung für Finanzanalyse und Assetmanagement (2014): KPIs for ESG [www.dvfa.de/publikationen/standards/kpis-for-esg/; abgerufen am 21. Mai 2014]

E

Econsense – Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft e.V. (2012): Biologische Vielfalt und Ökosystemdienstleistungen [www.econsense.de/sites/all/files/econsense_Diskussionspapier%20Biologische%20Vielfalt%20und%20%C3%96kosystemdienstleistungen.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

E.ON SE (2013): E.ON nimmt „Power to Gas"-Pilotanlage im brandenburgischen Falkenhagen in Betrieb. Pressemitteilung vom 28. August 2013 [www.eon.com/de/presse/news/pressemitteilungen/2013/8/25/eon-nimmt-power-to-gas-pilotanlage-im-brandenburgischen-falkenhagen-in-betrieb.html; abgerufen am 18. April 2014]

Europäische Kommission (2014): Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum [www.ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/putting-sustainability-at-the-heart-of-transport/index_de.htm; abgerufen am 26. April 2014]

Europäische Union (2013): Parlament gibt grünes Licht für „Horizont 2020": neue Impulse für die europäische Forschung und Innovation. Pressemitteilung vom 21. November 2013 [europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1133_de.htm; abgerufen am 20. Mai 2014]

Eurostat (2013): Sustainable development in the European Union. 2013 monitoring report of the EU sustainable development strategy [www.epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-02-13-237/EN/KS-02-13-237-EN.PDF; abgerufen am 25. April 2014]

Eurostat (2014a) [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdpc320&language=de; abgerufen am 13. Juli 2014]

Eurostat (2014b) [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdcc210&language=de; abgerufen am 13. Juli 2014]

F

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2014): Forschungsfelder für die Stadt von morgen [www.morgenstadt.de/de/Forschungsfelder.html; abgerufen am 8. Juli 2014]

G

G20 DWG (2014): Leaders' Statement the Pittsburgh Summit September 24-25 2009 [www.g20dwg.org/static/2009_G20_Framework_for_Strong_Sustainable_and_Balanced_Growth.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Gabler (2014a): Gabler Wirtschaftslexikon [http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/15060/umwelttechnologie-v8.html?print=true; abgerufen am 15. Juni 2014]

Gabler (2014b): Gabler Wirtschaftslexikon [http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/8489/tiefeninterview-v7.html; abgerufen am 23. Juni 2014]

Gabler (2014c): Gabler Wirtschaftslexikon [http://wirtschaftslexion.gabler.de/Definition/licence-to.operate.html; abgerufen am 23. Juni 2014]

GeSi (2014) [www.gesi.org/About_ICT_sustainability; abgerufen am 3. Mai 2014]

GfK Haushaltspanel Consumerscan (2011), in: Horizont, Ausgabe Nr. 34 vom 25. August 2011, S. 14.

Gleich, R./Bartels, P./Breisig, V. (2012) (Hrsg.): Nachhaltigkeitscontrolling. Konzepte, Instrumente und Fallbeispiele für die Umsetzung. Freiburg

Global Compact (2014) [www.globalcompact.de/nachrichten/deutsche-g4-version-der-leitlinien-zur-nachhaltigkeitsberichterstattung-der-global; abgerufen am 21. Mai 2014]

GreenGear (2014) [www.greengear.de/notwendigkeit-verkehr/; abgerufen am 18. März 2014]

Greenhouse Gas Protocol (2014): Corporate Standard [www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard; abgerufen am 20. Mai 2014]

GreenTec Awards (2014): Über uns [www.greentec-awards.com/engagement/ueber-uns.html; abgerufen am 18. Mai 2014]

H

Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI) (2013): Gemeinsame Trends, Preissprünge und zukünftige Preisentwicklungen von mineralischen Rohstoffen. In: HWWI Update, Ausgabe 6/2013.

Heller, G. (2013): Warum der „German Mittelstand" nicht kopierbar ist. In: Die Welt online vom 13. Juli 2013 [www.welt.de/wirtschaft/article118171834/Warum-der-German-Mittelstand-nicht-kopierbar-ist.html; abgerufen am 5. August 2014]

Hohensee, J. (2013): Corporate Reporting and Externalities. In: Worldwatch Institute (Hrsg.): State of the World 2013. Is Sustainability Still Possible? Washington 2013, S. 154-160

Hoornweg, D./Badha-Tata, P./Kennedy, C (2013).: Waste production must peak this century, in: Nature, Vol. 502, 31. Oktober 2013 [www.iswa.org/fileadmin/galleries/News/NATURE_Comment_waste.pdf; abgerufen am 5. Juli 2014]

HSBC Global Research (2009): A Climate for Recovery. The colour of stimulus goes green [www.euractiv.de/files/docs/HSBC_Green_New_Deal.pdf; abgerufen am 29. Juli 2014]

I

iea energy – The Journal of the International Energy Agency (2013). Issue 4 – Spring 2013 [www.iea.org/media/ieajournal/Issue4_WEB.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

InnovationLab GmbH (2014): Spitzencluster Forum Organic Electronics [www.innovationlab.de/de/forschung/spitzencluster-forum-organic-electronics/; abgerufen am 25. April 2014]

Institut für Mittelstandsforschung (2014): Mittelstand im Überblick [www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-ueberblick/#accordion=0&tab=0; abgerufen am 24. Mai 2014]

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability [www.ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

International Energy Agency (2011): World Energy Outlook 2011. Zusammenfassung. German Translation. Paris

International Energy Agency (2013a): CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights (2013 Edition). Paris

International Energy Agency (2013b): World Energy Outlook 2013. Zusammenfassung. German Translation. Paris

International Energy Acency (2014): World Energy Outlook 2013 [www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2013/WEO2013_Ch06_Renewables.pdf; abgerufen am 4. Juli 2014]

International Monetary Fund (2014a): World Economic Outlook Database, April 2014 [www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/weorept.aspx?pr.x=48&pr.y=5&sy=1990&ey=2012&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds=.&br=1&c=223%2C924%2C534&s=NGDPD%2CNGDPDPC%2CPPPSH%2CTX_RPCH%2CTXG_RPCH&grp=0&a=#download; abgerufen am 13. Juli 2014]

International Monetary Fund (2014b): World Economic Outlook Database, April 2014 [www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/01/weodata/weorept.aspx?pr.x=40&pr.y=4&sy=1990&ey=2012&scsm=1&ssd=1&sort=country&ds=.&br=1&c=001&s=NGDP_RPCH%2CNGDPD%2CBX&grp=1&a=1; abgerufen am 13. Juli 2014]

International Monetary Fund (2014c): [www.imf.org/external/np/res/commod/Table1a.pdf; abgerufen am 19. März 2014]

International Transport Forum (2013): Policy decisions are key determinant for more sustainable transport. Pressemitteilung vom 10. Dezember 2013 [www.internationaltransportforum.org/Press/PDFs/2013-12-10-Outlook2013.pdf; abgerufen am 26. April 2014]

K

KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft/DCTI Deutsches GreenTech Institut GmbH/EuPD Research (2013): Cleantech-Standortgutachten 2013. Chancen und Perspektiven für Ostdeutschland. Studie erstellt im Auftrag des Beauftragten der Bundesregierung für die Neuen Bundesländer [www.cleantech-standort-gutachten.de/wp-content/uploads/2013/06/Cleantech_Standortgutachten-2013_barrierefrei_sec.pdf; abgerufen am 27. April 2014]

M

Marek, A. (2000): Recycling von Verbundwerkstoffen im Automobil. Vortrag auf dem Workshop „Kunststoffrecycling im Automobilbau“ [www.ostfalia.de/export/sites/default/de/ifr/download/recyclingvonverbundwerkstoffen.pdf; abgerufen am 5. Juli 2014]

Meadows, D./Meadows, D./Zahn, E./Milling, P. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart

Metalle pro Klima (2014) [www.metalleproklima.de/fakten/hintergrund; abgerufen am 20. Mai 2014]

O

Organisation for Economic Co-operation and Development (2009): Declaration on Green Growth [www.oecd.org/env/44077822.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2011a): Towards Green Growth [www.oecd.org/greengrowth/towardsgreengrowth.htm; abgerufen am 13. Juli 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2011b): OECD Multilingual Summaries. Towards Green Growth. Summary in German. Auf dem Weg zu umweltverträglichem Wachstum [www.oecd.org/greengrowth/48020741.pdf; 13. Juli 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2012a): Inclusive Green Growth: For the Future We Want. Paris [www.oecd.org/greengrowth/Rio+20%20brochure%20FINAL%20ENGLISH%20web%202.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2012b): OECD-Umweltausblick bis 2050. Die Konsequenzen des Nichthandelns. Zusammenfassung [www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/49889636.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2012c): OECD Umweltprüfberichte: Deutschland 2012 [www.oecd.org/berlin/50425116.pdf; abgerufen am 20. Mai 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2014a): Die Kosten der Luftverschmutzung. Gesundheitsfolgen des Straßenverkehrs [www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264210448-sum-de/index.html;jsessionid=w3teeownfg8t.x-oecd-live-02?contentType=%2Fns%2FSummary&itemId=%2Fcontent%2Fsummary%2F9789264210448-sum-de&mimeType=text%2Fhtml&containerItemId=%2Fcontent%2Fsummary%2F9789264210448-sum-de&accessItemIds=; abgerufen am 13. Juli 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2014b): Green growth and sustainable development. Green growth indicators [www.oecd.org/greengrowth/greengrowthindicators.htm; abgerufen am 21. Mai 2014]

Organisation for Economic Co-operation and Development /Eurostat (1999): The Environmental Goods and Services Industry. Manual for Data Collection and Analysis. [www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/industry-and-services/the-environmental-goods-and-services-industry_9789264173651-en#page9; abgerufen am 15. Juni 1014]

Osram AG (2013): Licht ist Leben. Jahrbuch des OSRAM Licht-Konzerns für das Geschäftsjahr 2013 [www.osram-licht.ag/fileadmin/media/pdf/131205_OSRAM_d_Jahrbuch_Geschaeftsbericht2013.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

Otto Group (2013): Otto Group Trendstudie 2013. 4. Studie zum ethischen Konsum [www.ottogroup.com/media/docs/de/trendstudie/1_Otto_Group_Trendstudie_2013.pdf; abgerufen am 26. Juni 2014]

O.V. (2014): E-Auto bleibt auch 2025 Nischenprodukt [www.auto-motor-und-sport.de/eco/studie-zur-elektromobilitaet-e-auto-bleibt-auch-2025-nischenprodukt-1785445.html; abgerufen am 4. Juli 2014]

P

Pearce, D./Markandya, A./Barbier, E. (1989): Blueprint for a Green Economy. London

Q

Quaschning, V. (2013): Erneuerbare Energien und Klimaschutz. München

R

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2012): Der Deutsche Nachhaltigkeitskodex (DKN) [www.nachhaltigkeitsrat.de/deutscher-nachhaltigkeitskodex; abgerufen am 21. Mai 2014]

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2013): Nachhaltigkeit – Made in Germany. Das zweite Gutachten [www.nachhaltigkeitsrat.de/fileadmin/user_upload/dokumente/pressemitteilung/2013/RNE_Pressestatement_Peer_Review_04-11-2013.pdf; abgerufen am 20. Mai 2014]

REN21 (2013): Renewables Global Futures Report [www.ren21.net/Portals/0/REN21_GFR_2013_print.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

REN21 (2014): Renewables 2014 Global Status Report [www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx; abgerufen am 4. Juli 2014]
Robert Bosch GmbH (2013): Nachhaltigkeitsbericht 2012 [www.bosch.com/media/com/sustainability/sustainability_new/downloads/NH_Bericht_2012_DE_10130605.pdf; abgerufen am 17.07.2014]

S

SAP AG (2014): Gründe für die integrierte Berichterstattung [www.sapintegratedreport.com/2012/ueber-diesen-bericht/gruende-fuer-die-integrierte-berichterstattung.html; abgerufen am 4. Mai 2014]

Schulze, M./Nuhn, H./Gleich, R. (2012): Sustainability Performance Measurement – Strategische Unternehmenssteuerung im Kontext von Nachhaltigkeit. In: Gleich, R./Bartels, P./Breisig, V. (2012) (Hrsg.): Nachhaltigkeitscontrolling. Konzepte, Instrumente und Fallbeispiele für die Umsetzung. Freiburg, S. 91-111.

SERI – Nachhaltigkeitsforschungs- und Kommunikations GmbH (2014): Global Trends of Material Use at a Glance, Factsheet No. 3 [http://www.materialflows.net/fileadmin/docs/materialflows.net/matflow_FS3_web.pdf; abgerufen am 29. Juli 2014]

SMART 2020 Addendum Deutschland (2008). Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz [www.green-it-wegweiser.de/Green-IT/Navigation/Service/informationsmaterialien,did=458298.html; abgerufen am 13. Juli 2014]

Statistisches Bundesamt (2012): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2012 [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile; abgerufen am 20. Mai 2014]

Statistisches Bundesamt (2013): Abfallbilanz 2011 [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Abfallbilanz2011.pdf?__blob=publicationFile; abgerufen am 3. Juni 2014]

Statistisches Bundesamt (2014a): Kleine & mittlere Unternehmen (KMU), Mittelstand [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/UnternehmenHandwerk/KleineMittlereUnternehmenMittelstand/KleineMittlereUnternehmenMittelstand.html; abgerufen am 23. Mai 2014]

Statistisches Bundesamt (2014b): Unternehmensregister [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/UnternehmenHandwerk/Unternehmensregister/Tabellen/UnternehmenUmsatzgroessenklassenWZ08.html; abgerufen am 2. Juni 2014]

Statistisches Bundesamt (2014c): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Inlandsproduktberechnung – Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18, Reihe 1.5 [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/Inlandsprodukt/InlandsproduktsberechnungLangeReihenPDF_2180150.pdf?__blob=publicationFile; abgerufen am 3. Juni 2014]

Statistisches Bundesamt (2014d): Außenhandel [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Aussenhandel/Handelskennzahlen/Tabellen/Exportquote.html; abgerufen am 15. Juni]

Sustainable Energy for All (2013): Improving Energy Efficiency [www.se4all.org/wp-content/uploads/2013/09/EnergyEfficiency.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

Sustainable Energy for All (2014) [www.se4all.org; abgerufen am 10. März 2014]

T

The World Bank (2012a): Turn Down the Heat [www.unric.org/en/images/stories/2012/pdf/Turn_Down_the_heat_Why_a_4_degree_centrigrade_warmer_world_must_be_avoided.pdf; abgerufen am 13.Juli 2014]

The World Bank (2012b): Inclusive Green Growth. The Pathway to Sustainable Development [http://siteresources.worldbank.org/EXTSDNET/Resources/Inclusive_Green_Growth_May_2012.pdf; abgerufen am 13.Juli 2014]

The World Bank (2014): Poverty Overview [www.worldbank.org/en/topic/poverty/overview; abgerufen am 13. Juli 2014]

U

Umweltbundesamt (2012): Glossar zum Ressourcenschutz [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4242.pdf; abgerufen am 25. April 2014]

Umweltbundesamt (2014a): Umwelt- und Energiemanagement [www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umwelt-energiemanagement; abgerufen am 18. Mai 2014]

Umweltbundesamt (2014b): Treibhausgasausstoß im Jahr 2013 erneut um 1,2 Prozent leicht gestiegen. Pressemitteilung vom 10. März 2014 [www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/treibhausgasausstoss-im-jahr-2013-erneut-um-12; abgerufen am 18. Mai 2014]

Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014a): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Produktion-Außenhandel-Forschung-Patente: Die Leistungen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland [www.umweltbundesamt.de/publikationen/wirtschaftsfaktor-umweltschutz-0; abgerufen am 25. April 2014]

Umweltbundesamt/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2014b): Die Umweltwirtschaft in Deutschland [www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-umweltwirtschaft-in-deutschland; abgerufen am 25. April 2014]

UNESCO (2012): Weltwasserbericht 2012: Kernaussagen [www.unesco.de/weltwasserbericht4_kernaussagen.html; abgerufen am 17. März 2014]

United Nations Environment Programme (2009): Global Green New Deal Policy Brief [www.unep.org/pdf/A_Global_Green_New_Deal_Policy_Brief.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

United Nations Environment Programme (2011): Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication [www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/ger_final_dec_2011/Green EconomyReport_Final_Dec2011.pdf

United Nations Environment Programme (2012): Global Environmental Outlook 5 [www.unep.org/geo/geo5.asp; abgerufen am 13. Juli 2014]

United Nations Environment Programme (2013): GEO-5 for Business. Impacts of a Changing Environment on the Corporate Sector [www.unep.org/geo/pdfs/geo5/geo5_for_business.pdf; abgerufen am 13. Juli 2014]

United Nations Environment Programme (2014): What is the „Green Economy“ [www.unep.org/greeneconomy/AboutGEI/WhatisGEI/tabid/29784/Default.aspx; abgerufen am 13. Juli 2014]

United Nations, Department of Economic and Social Affairs (2014a): World Urbanization Prospects: The 2014 Revision [http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Default.aspx; abgerufen am 13. Juli 2014]

United Nations, Department of Economic and Social Affairs (2014b): World Economic and Social Survey. Sustainable Development Challenges [www.issuu.com/politicaspublicas/docs/wess2013; abgerufen am 31. Juli 2014]]

V

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (2014) [www.vdma.org/article/-/articleview/648216%20-%20Industrieller%20Mittelstand; abgerufen am 2. Juni 2014]

W

Wiedmann, T. et al. (2013): The material footprint of nations [www.pnas.org/content/early/2013/08/28/1220362110.full.pdf+html; abgerufen am 25. April 2014]

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation [www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2011/wbgu_jg2011.pdf; abgerufen am 4. August 2014]

World Economic Forum (2013): The top 10 emerging technologies for 2013 [http://forumblog.org/2013/02/top-10-emerging-technologies-for-2013/; abgerufen am 25. April 2014]

Worldwatch Institute (Hrsg.) (2013): State of the World 2013. Is Sustainability Still Possible? Washington

WWF Deutschland (2014): Ökologischer Fußabdruck steigt. Der Living Planet Report [www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264210448-sum-de/index.html;jsessionid=w3teeownfg8t.x-oecd-live-02?contentType=%2Fns%2FSummary&itemId=%2Fcontent%2Fsummary%2F9789264210448-sum-de&mimeType=text%2Fhtml&containerItemId=%2Fcontent%2Fsummary%2F9789264210448-sum-de&accessItemIds=; abgerufen am 13. Juli 2014]

Z

ZVEI (2014): Das Thema Industrie 4.0 im ZVEI [www.zvei.org/Themen/Industrie40/Seiten/Das-Thema-Industrie-4-0-im-ZVEI.aspx?PrintMode=true; abgerufen am 18. April 2014]

Bildnachweise

Titelseite: SOMKKU / Shutterstock.com
Giancarlo Liguori / Shutterstock.com
Pressmaster / Shutterstock.com
DmitriMaruta / Shutterstock.com
isak55 / Shutterstock.com
© Dreadlock - Fotolia.com
shutterstock.com – gyn9037 / Shutterstock.com
shutterstock.com – vierra / Shutterstock.com
Mediagram / Shutterstock.com
Seite 4: Bundesregierung/Steins
Seite 14: dot.blue – Anja Hess
Seite 29: © Gennady Poddubny - Fotolia.com
© fisherman3d - Fotolia.com
© viennapro - Fotolia.com
Sergiy Kuzmin / Shutterstock.com
© Leonid Andronov - Fotolia.com
miker / Shutterstock.com
TeoXanthi / Shutterstock.com
Leonard Zhukovsky / Shutterstock.com
© Oleksiy Mark - Fotolia.com
rSnapshotPhotos / Shutterstock.com
© Horst Schmidt - Fotolia.com
© hessbeck - Fotolia.com
Seite 31: © Oleksiy Mark - Fotolia.com
Seite 32: isak55 / Shutterstock.com
Seite 36: Pi-Lens / Shutterstock.com
Seite 38: © WoGi - Fotolia.com
Seite 40: BONNINSTUDIO / Shutterstock.com
Seite 42: hxdyl / Shutterstock.com
Seite 43: zhangyang13576997233 / Shutterstock.com
Seite 45: © Direk Takmatcha - Fotolia.com
Seite 46: © RFsole - Fotolia.com
© WoGi - Fotolia.com
Seite 57: Gencho Petkov / Shutterstock.com
Seite 58: nostal6ie / Shutterstock.com
Seite 65: vierra / Shutterstock.com
Seite 74: PolyIC
Seite 114: Giancarlo Liguori / Shutterstock.com
Seite 130: Pressmaster / Shutterstock.com
Seite 160: carlos castilla / Shutterstock.com
Seite 184: © fovito - Fotolia.com
Seite 186: Cofely
Seite 187: BMW
Seite 188: NATURpur Institut
Seite 189: Bäckerei Schüren
Seite 191: Viessmann
Seite 192: BASF SE, Christian Liepe
Seite 193: Telekom
Seite 194: SAP
Seite 195: Unilever

www.bmub.bund.de