

TEXTE GreenTech made in Germany 2025 -  
Methodenbericht

Methodenbericht

# **GreenTech made in Germany 2025**

Umwelttechnik-Atlas für Deutschland

von

Tim Bichlmeier, Jannis Lambert  
Prognos AG, Berlin

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Umweltbundesamt  
Fachgebiet I 1.4  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### **Durchführung der Studie:**

Prognos AG  
Goethestraße 85  
10623 Berlin

### **Abschlussdatum:**

März 2025

### **Redaktion:**

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, sozial-ökologischer Strukturwandel, nachhaltiger Konsum  
Dr. Klara Winkler

Dessau-Roßlau, Juni 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen\*Autoren.



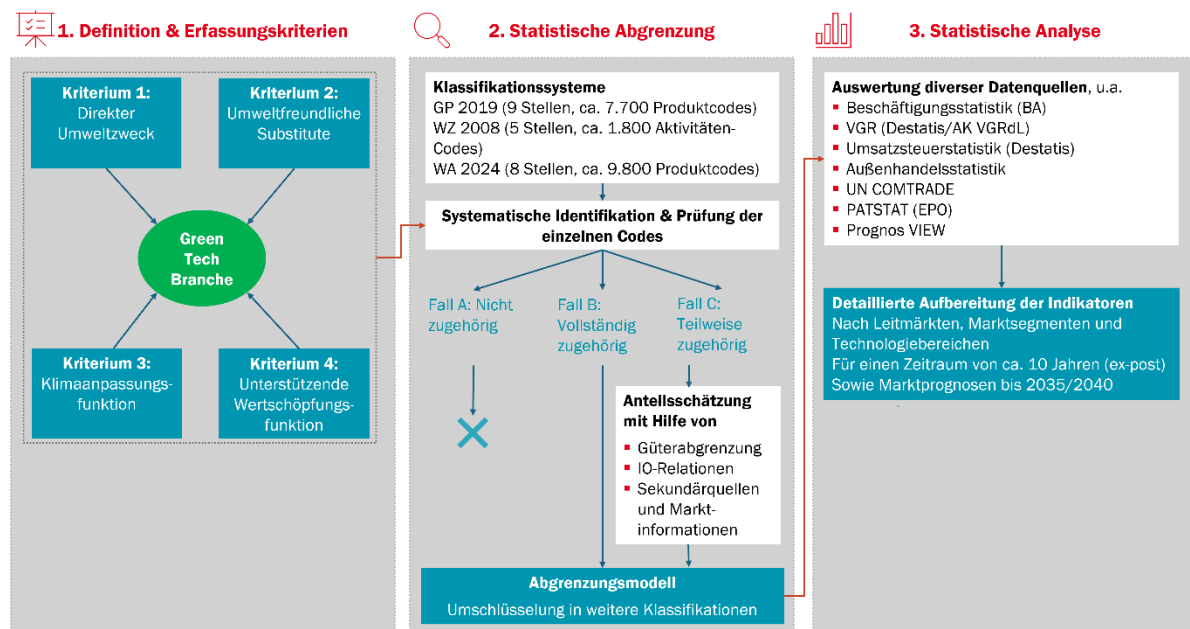
# 1 Allgemeines Vorgehen der statistischen Analyse

Als Querschnittsbranche wird die GreenTech-Branche nicht explizit durch die amtliche Branchenklassifikation nach Wirtschaftszweigen und Gütergruppen ausgewiesen. Zu ihrer Analyse ist eine Abgrenzung der zugehörigen statistischen Codes erforderlich. Grundlage der quantitativen Auswertung zur Analyse der GreenTech-Branche ist das Prognos Envigos-Modell („Model for Environmental Industry, Goods and Services“)<sup>1</sup>, das eine Abgrenzung und Auswertung umweltrelevanter Produkte und Dienstleistungen im Rahmen der bestehenden Wirtschaftsklassifikationen und den amtlichen Statistiken erlaubt.

Die amtlichen Statistiken basieren auf einer Vollerhebung sämtlicher Unternehmen in Deutschland, entsprechend gewährleisten sie eine valide und empirisch fundierte Datengrundlage für das Envigos-Modell. Zusätzlich liefert die Nutzung der amtlichen Daten entlang der Klassifikationssysteme eine detaillierte und methodisch konsistente Grundlage, um inhaltlich und geografisch differenzierte Ergebnisse für verschiedene GreenTech-Aktivitäten zu erheben.

Entlang von drei Schritten wird die quantitative Analyse durchgeführt: zunächst werden die Kriterien definiert entlang derer eine ökonomische Leistung als Teil der GreenTech-Branche erfasst wird. Die vier Kriterien dienen als Grundlage für die systematische Prüfung der Klassifikationssysteme des Güterverzeichnis für die Produktionsstatistiken, Ausgabe 2019 (GP 2019), die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008), sowie das Warenverzeichnis für die Außenhandelsstatistik 2024 (WA 2024). Auf der Basis dieses Abgrenzungsmodells werden in Schritt 3 die amtlichen Statistiken ausgewertet, etwa die Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit, oder die Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes.

**Abbildung 1: Analyseschritte des Prognos Envigos Modells**



Quelle: eigene Darstellung, Prognos AG

Das Envigos-Modell erfasst die Güter und Wirtschaftszweige der GreenTech-Branche anhand eines definierten Kriterienkatalogs. Das Verfahren orientiert sich an den Empfehlungen von

<sup>1</sup> Weitere Informationen zum Envigos-Modell finden sich auf: <https://www.prognos.com/de/envigos>

Eurostat zur Erfassung des environmental goods and services sector (EGSS). Die zur Abgrenzung angelegten Kriterien sind ein direkter Umweltzweck, die Wirkung als umweltfreundliches Substitut, eine Klimaanpassungsfunktion sowie eine unterstützende Wertschöpfungsfunktion. Erfüllt ein Produkt, ein Verfahren oder eine Dienstleistung eines dieser Kriterien, wird es als Teil der GreenTech-Branche abgegrenzt (siehe Abbildung 1). Auch multifunktionale Produkte, die sowohl umweltbezogene als auch andere Anwendungen haben, werden einbezogen. Ein Beispiel hierfür sind Vliesstoffe, die zur Wärmedämmung sowie als Verpackungsmaterial eingesetzt werden können. Für ihre Berücksichtigung ist eine Anteilsschätzung erforderlich, die sich auf Sekundärquellen stützt (z.B. Produktionsstatistik, Energiestatistiken, Abfallstatistiken, Marktdaten, Input-Output-Verflechtungen, Relationen zu anderen Codes oder Experteneinschätzungen).

### 1. Kriterium: Direkter Umweltzweck

Generiert ein Produkt bzw. eine Dienstleistung einen direkten Umweltnutzen, ist es bzw. sie Teil der GreenTech-Branche. Diese Einordnung orientiert sich am Kern der von Eurostat entwickelten Definition relevanter Aktivitäten für EGSS, wonach erfasst wird: das Messen, Kontrollieren, Sanieren, Vermeiden, Behandeln, Minimieren und Erforschen von sowie das Sensibilisieren für Umweltschäden an Luft, Wasser und Boden sowie Probleme in Bezug auf Abfall, Lärm, Biodiversität und Landschaften und Ressourcenerschöpfung.<sup>2</sup>

### 2. Kriterium: Umweltfreundliche Substitute

Umweltfreundliche Substitute für konventionelle Produkte werden ebenfalls der Querschnittsbranche GreenTech zugerechnet. Somit werden Produkte und Dienstleistungen erfasst, deren Hauptzweck nicht primär im Umweltschutz liegt, sondern die als „sauberere“ oder ressourceneffiziente Technologien, Güter und Dienstleistungen umweltfreundliche Alternativen darstellen. Um diese sinnvoll abgrenzen zu können, wird auf die transformative Wirkung der Produkte geachtet. Berücksichtigte Produkte müssen eine Enabler-Funktion besitzen, d. h. von ihnen geht auf Grund ihrer Technologie bzw. Produktbeschaffenheit eine Transformationswirkung auf konventionelle Alternativen mit demselben Produktzweck aus. Ein Beispiel sind etwa aus Elektromotoren, Batterie- und Ladesystemen bestehende Antriebseinheiten für E-Fahrzeuge, die durch ihre innovative Technologie zur Transformation der Mobilität beitragen können und daher berücksichtigt werden.

Die transformative Wirkung muss nicht notwendigerweise auf (technologischen) Innovationen begründet sein. Der ÖPNV oder Fahrräder werden beispielsweise als umweltfreundliche Substitute ebenfalls berücksichtigt, da sie durch ihre Produktbeschaffenheit eine klar abgrenzbare Alternative zu umweltschädlicheren Mobilitätsvarianten darstellen. Ihre Wirkung wird durch technologische Innovationen (Enabler-Produkte) noch verstärkt (z. B. e-Antriebe in Bussen).

Endprodukte, die sich lediglich durch eine Effizienzsteigerung im Verbrauch auszeichnen, bzw. solche, die aus einer Weiterverarbeitung von berücksichtigten Effizienztechnologien resultieren, werden nicht betrachtet, da auf diese Weise die Fokussierung auf Enabler abhandeln käme. So sind etwa Haushaltsgeräte in vielen Fällen deutlich energieeffizienter geworden, verglichen mit älteren Baureihen, dennoch werden derartige Leistungen nicht erfasst. Unter jeder energie- bzw. ressourcenverbrauchenden Produktgruppe ließen sich solche ausmachen, die einen geringeren Verbrauch als andere aufweisen.

### 3. Kriterium: Klimaanpassungsfunktion

Zur Klimaanpassungswirtschaft werden Produkte und Dienstleistungen gezählt, die zur vorbeugenden Vermeidung oder Minderung potenzieller Schäden und der Erhöhung der Resilienz

---

<sup>2</sup> Eurostat (2025). *Glossary: Environmental goods and services sector (EGSS)*. Abgerufen am 04. Juni 2025 von [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Environmental\\_goods\\_and\\_services\\_sector\\_\(EGSS\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Environmental_goods_and_services_sector_(EGSS))

gegenüber tatsächlichen und noch zu erwartenden Klimafolgen beitragen, ein Beispiel ist die Begrünung von Innenstadtbereichen und Dächern.

#### 4. Kriterium: Unterstützende Wertschöpfungsfunktionen

Das Kriterium fungiert als unterstützendes Zuordnungsprinzip, das den Betrachtungshorizont erweitert. Dabei wird die Wertschöpfungsfunktion einer Wirtschaftsaktivität im Zusammenhang mit GreenTech-Produkten betrachtet. Zusätzlich erfasste Dienstleistungen oder Güter müssen Teil der Wertschöpfung eines bereits identifizierten Umweltwirtschaftsprodukts sein und für dessen Bereitstellung eine besondere Funktion erfüllen. Dabei handelt es sich um spezialisierte Dienstleister an der Schnittstelle zwischen Technologieentwicklung und Marktdiffusion von Umweltwirtschaftsprodukten. Sie tragen maßgeblich zur Entwicklung bzw. Verbreitung von Umwelttechnologien bei. Dazu zählen insbesondere anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung (F&E), Ökodesign, spezialisierte Ingenieurdienstleistungen, Handwerksleistungen und IT-Services. Nicht erfasst werden im Rahmen dieses Berichts Handelsdienstleistungen.

Der GreenTech Atlas 2025 orientiert sich an der Abgrenzung der vergangenen Berichte 2021 und 2018. Eine grundsätzliche Anschlussfähigkeit der Untersuchung ist damit gegeben. Jedoch unterscheidet sich das Vorgehen. In den vorangegangenen Studien des GreenTech-Atlas, wurde die Querschnittsbranche GreenTech jeweils auf Basis einer bottom-up Marktanalyse untersucht. Auf der Grundlage von Marktstudien, sowie relevanten Statistiken und Datenbanken wurden die einzelnen Technologielinien (Produkte, Verfahren, Dienstleistungen) der Abgrenzung untersucht (Vgl. GreenTech-Atlas 2021).<sup>3</sup>

Die ökonomische Bedeutung von umweltschützenden Produkten und Dienstleistungen wurde auch in anderen Studien bereits untersucht, jedoch variieren methodische Ansätze sowie Abgrenzungsrahmen. Im Rahmen der UBA-Berichtsreihe „Die Umweltwirtschaft in Deutschland“ wurde auf Basis der Produktionsstatistik unter anderem die Güterproduktion und der Umsatz mit grünen Produkten ermittelt. Die Studie erfasst dabei explizit keine Dienstleistungen.<sup>4</sup>

Das Statistische Bundesamt weist ebenfalls ökonomische Kennzahlen –etwa Umsatz und die Zahl der Beschäftigten - von Unternehmen aus, die Güter herstellen bzw. Dienstleistungen für den Umweltschutz erbringen. Dabei wird eine dezentrale Befragung durch die Statistischen Ämter der Länder mittels Onlinefragebogen durchgeführt.<sup>5</sup>

Neben angebotsseitigen Analysen wird in der Literatur die ökonomische Bedeutung umweltschützender Leistungen auch mittels nachfrageseitiger Ansätze untersucht. Zum Beispiel untersucht die Studie „Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2014“ den gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekt grüner Leistungen. Auf Basis der Nachfrage nach klassischen Umweltschutzgütern wird mit Hilfe eines Input-Output-Modells der Beschäftigungseffekt abgeschätzt.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021). *GreenTech made in Germany 2021*

*Umwelttechnik-Atlas für Deutschland*. Abgerufen am 05. Juni 2025 von <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/GreenTech-Branche-bleibt-auf-Wachstumskurs.html>

<sup>4</sup> Gulden, V., Ingwersen, K., Gehrke, B., Schasse, U. (2024). *Die Umweltwirtschaft in Deutschland Produktion, Umsatz und Außenhandel Aktualisierte Ausgabe 2023*. Teilbericht. Umweltbundesamt (Hrsg.). Texte 04/2024. Abgerufen am 10. Juni 2025 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/04\\_2024\\_uib\\_umweltwirtschaft\\_in\\_deutschland\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/04_2024_uib_umweltwirtschaft_in_deutschland_0.pdf)

<sup>5</sup> Statistisches Bundesamt (2024). *Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: 16,9 % mehr Umsatz im Jahr 2022*. Abgerufen am 10. Juni 2025 von [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/06/PD24\\_246\\_325.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/06/PD24_246_325.html)

<sup>6</sup> Edler, D., Blazejczak, J. (2020). *Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2014*. Umweltbundesamt (Hrsg.). Texte 02/2020. Abgerufen am 10. Juni 2025 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui02-2020\\_beschaeftigungswirkungen\\_des\\_umweltschutzes\\_in\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2014.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui02-2020_beschaeftigungswirkungen_des_umweltschutzes_in_deutschland_im_jahr_2014.pdf)

## 2 Leitmärkte der GreenTech-Branche

Die identifizierten Wirtschaftszweige und Gütergruppen werden in sieben Leitmärkten systematisiert. Jeder Leitmarkt setzt sich aus verschiedenen Marktsegmenten und wiederum verschiedenen Technologiebereichen zusammen. In Summe erfasst die Abgrenzung über 300 einzelne ökonomische Aktivitäten, darunter die Herstellung relevanter Güter sowie das Angebot von Dienstleistungen. Im Leitmarkt der Erneuerbaren Energiesysteme sind das beispielsweise die Solar-, Wind- und Bioenergie. Heruntergebrochen auf die angebotenen Produkte und Dienstleistungen sind das unter anderem Solarmodule für Photovoltaik-Anlagen, Rotorblätter für Windkraftanlagen, Holzhackschnitzel für Blockheizkraftwerke sowie Forschungs-, Beratungs- oder Installationsleistungen.

Folgende Leitmärkte erfasst die Analyse:

- ▶ Circular Economy
- ▶ Energieeffizienz
- ▶ Erneuerbare Energiesysteme
- ▶ Minderungs- und Schutz-technologie
- ▶ Nachhaltige Forst- und Landwirtschaft
- ▶ Umweltfreundliche Mobilität
- ▶ Wasserwirtschaft

### 2.1 Circular Economy

Der Leitmarkt beinhaltet Aktivitäten, die dem umweltschonenden Umgang mit Materialien und Rohstoffen dienen. Hierbei spielen die Prinzipien von Kreislaufwirtschaft und zirkulärer Wertschöpfung im Sinne einer Circular Economy eine zentrale Rolle. Die Verwendung umweltfreundlicher, reststoffarmer und einfach rückzugewinnender Materialien, der sparsame Umgang mit Rohstoffen, die Rückgewinnung eingesetzter Wertstoffe sowie die sach- und umweltgerechte Behandlung von Abfällen stellen exemplarisch Möglichkeiten dar, um die Umweltbilanz der produzierten Güter zu verbessern. Der Leitmarkt gliedert sich in fünf Marktsegmente:

Im Marktsegment **Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien** entstehen auf Basis nachwachsender Rohstoffe neue und vielfältige Produkte aus umweltfreundlichen Materialien sowie Dienstleistungen, welche in diesem Zusammenhang dazu beitragen, die Umwelt zu schonen. Neben den nachwachsenden Rohstoffen erfasst das Marktsegment auch innovative Verbundstoffe, die umweltschädliche Stoffe oder knappe Ressourcen ersetzen können.

Das Marktsegment **Abfallbehandlung und -verwertung** umfasst die fachgerechte Behandlung und Beseitigung gefährlicher und ungefährlicher Abfälle. Die hier erfassten Aktivitäten schließen dabei die Vorbehandlung und die stoffliche oder energetische Verwertung von Abfällen mit ein, z. B. das Auflösen, Zerfasern und Reinigen von Altpapier. Die stoffliche Verwertung endet mit der Bereitstellung eines Rohstoffes zur Weiterverarbeitung. Die Herstellung neuer Produkte aus den bereitgestellten Sekundärrohstoffen wird nicht in diesem Marktsegment erfasst.

Das Marktsegment **Technik für die Abfallwirtschaft** bildet die technologischen Enabler der Abfallwirtschaft ab, z. B. spezielle Sensoren oder Sortiersysteme. Außerdem zählen die für die Abfallwirtschaft notwendigen Produkte, wie beispielsweise Müllfahrzeuge, zu diesem Segment.

Im Marktsegment **Zirkuläre Prozesse** werden Produkte und Dienstleistungen erfasst, die zu einer Steigerung der Materialeffizienz von Produktionsprozessen beitragen, oder veränderte Gebrauchsmuster fördern, etwa durch Sharing-Konzepte. Dieses Marktsegment trägt, beispielweise in Form von Reparatur- und Vermietungsdienstleistungen, einen großen Beitrag dazu bei, die Wirtschaft hin zu einer Circular Economy zu transformieren. Im Bereich der hergestellten Produkte erfasst die Abgrenzung z.B. Sensorik für materialeffizientere Produktion. Analog zu anderen Leitmärkten werden hier die Anbieter von Enabler-Technologien und -Dienstleistungen erfasst, nicht aber die Anwender dieser Technologien und deren Produkte, z.B. im Verarbeitenden Gewerbe.

Das Marktsegment **Abfallsammlung und -transport** beinhaltet mit dem Sammeln und Transportieren gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle sowie mit der Straßenreinigung im Wesentlichen Dienstleistungen. Sie werden von der Abfallbehandlung bzw. Verwertung getrennt betrachtet.

Folgende Marktsegmente werden für den Leitmarkt erfasst und bestehen wiederum aus verschiedenen Technologiebereichen, für die jeweils Beispielprodukte und -dienstleistungen genannt werden:

- ▶ **Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien**
  - Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Naturfasern
  - Kosmetik und Reinigungsmittel aus nachwachsenden Rohstoffen: Bio-Wasch- und Reinigungsmittel, Naturkosmetik
  - Materialforschung: Stoffanalyse, Materialuntersuchungen, F&E
- ▶ **Abfallbehandlung und -verwertung**
  - Stoffliche Verwertung: Papierrecycling, Einschmelzen von Eisenschrott, Erzeugung von Sekundäraluminium, Erzeugung von Sekundärkupfer
  - Energetische Verwertung: Energetische Verwertung
  - Abfallbeseitigung: Abfallbeseitigung durch Abfalldeponierung, Fachgerechte Beseitigung gefährlicher Abfälle
- ▶ **Technik für die Abfallwirtschaft**
  - Sammel- und Transportbehälter: Mülltüten aus Papier, Müllsäcke und Abfallbehälter aus Kunststoffen, Abfallbehälter aus Metall
  - Anlagentechnik: Maschinenbauerz. zum Klassieren, Trennen, Sortieren von Abfall, Bau von Abfallbehandlungsanlagen, Instrumente zur Abfallbehandlung/-analyse
  - Fahrzeugtechnik: Müllfahrzeuge; Kehr- und Kehrsaugmaschinen, Aufbauten für Müllwagen
- ▶ **Zirkuläre Prozesse**

- Mess-, Steuer- und Regeltechnik: Regel- und digitale Vernetzungstechnik für materialeffizientere Produktion, Sensorik für materialeffizientere Produktion
  - Materialeffiziente Verfahrenstechnologien: Werkzeugmaschinen zur Trockenbearbeitung, Dosierpumpen
  - Installations-, Reparatur und Beratungsleistungen: Reparatur von Metallerzeugnissen, Maschinen und Ausrüstungen, Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten, Reparatur von Kraftwagen
  - Vermietungsdienstleistungen: Vermietung beweglicher Dinge (Sharing Economy)
- Abfallsammlung und -transport
- Abfallsammlung (nicht gefährliche Abfälle): Sammlung nicht gefährlicher Abfälle
  - Abfallsammlung (gefährliche Abfälle): Sammlung gefährlicher Abfälle
  - Abfallbehandlung und Beseitigung: Behandlung und Beseitigung nicht gefährlicher Abfälle
  - Straßenreinigung: Straßenreinigung

## 2.2 Energieeffizienz

Die Verringerung des Energieverbrauchs stellt eine wichtige Säule der Transformation zu einem langfristig nachhaltigem Energiesystem dar. Neue Technologien steigern dazu die Energieeffizienz und ermöglichen Energieeinsparungen. Gleichzeitig können sie die Resilienz von Gebäuden gegenüber sehr hohen oder niedrigen Temperaturen erhöhen und somit einen Teil zur Klimaanpassung beitragen.

Im Rahmen der Abgrenzung wird unterschieden zwischen Effizienz-Enablern und effizienten Produkten. Die GreenTech-Branche umfasst davon nur die Effizienz-Enabler. Diese beinhalten Technologien und Dienstleistungen, die effizientere Produktionsprozesse ermöglichen oder die Effizienz von Gebäuden erhöhen. Dagegen werden Produkte, die aus einer effizienten Produktion hervorgegangen sind, oder solche, die sich durch eine Effizienzsteigerung im Verbrauch auszeichnen, nicht bei der statistischen Abgrenzung erfasst.

Der Leitmarkt gliedert sich in zwei Marktsegmente: Das Marktsegment **Energieeffiziente und resiliente Gebäude** vereint Produkte, welche die Energieeffizienz und Temperaturresilienz von Gebäuden erhöhen. Dies sind zumeist gebäudetechnisch integrierte Geräte oder Materialien, beispielsweise Dämmstoffe oder energieeffiziente Leuchttechnik. Zusätzlich erfasst werden auch die nötigen Dienstleistungen, um diese Technologien und Produkte zu installieren und einzurichten.

Im Marktsegment **Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien** werden Produkte zusammengefasst, die in der Produktion und beim Einsatz von Maschinen und Geräten Energie einsparen können. Hierzu zählen unter anderem Vernetzungstechnik für Industrie-4.0-Lösungen und intelligente Steuerungssoftware für automatisierte Produktionsprozesse. Auch werden hier die zusätzlichen Beratungs- und Installationsleistungen erfasst, die für den Einsatz der genannten Technologien nötig sind.

Folgende Technologiebereiche gehören zu den Marktsegmenten, für die jeweils Beispielprodukte und -dienstleistungen genannt werden:

► Energieeffiziente und resiliente Gebäude

- Bau- und Installationsleistungen: Bau von Passivhäusern, Installation von energieeffizienten Heizungs- und Lüftungssystemen, Entwurf energieeffizienter Gebäude
- Dämmstoffe: Herstellung von mineralischen Dämmstoffen, Bausteine und Ziegel aus Porenbeton für Niedrigenergie- und Passivhäuser, Wärmeisolierung/-dämmung, Herstellung von mineralischen Isoliermaterialien
- Gebäudetechnik: Energietechnische Messtechnik (Smart Meter); Smart-Home Technik, Wärmepumpen, LEDs

► Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien

- Abwärmenutzung: Wärmerückgewinnung, Wärmepumpen für Industrie-Erwärmungsprozesse, Wärmepumpenbasierte Heizungssysteme
- Druckluft- und Pumpsysteme: Effiziente Druckluft- und Hydrauliksysteme, Energieeffiziente Pumpsysteme
- Installations- und Beratungsleistungen: Prozessoptimierungen (Industrie 4.0., smart factory), Energieeffiziente Produktionsplanung und Design
- Prozessleit- und MSR-Technik: Regel- und digitale Vernetzungstechnik für energieeffizientere Produktion, Automatisierung und Steuerung des Energieverbrauchs

## 2.3 Erneuerbare Energiesysteme

Der Leitmarkt umfasst Produkte und Dienstleistungen zur umweltfreundlichen Transformation des Energiesystems. Aufgrund von Erzeugungsschwankungen liegt dabei neben der Bereitstellung ausreichender Energieerzeugungskapazitäten ein Fokus auch darauf, den grünen Strom effizient und intelligent zu verteilen und zu speichern. Die Leistungen werden in die folgenden Marktsegmente eingeteilt.

Das Marktsegment **Erneuerbare Energien** umfasst die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung aus den Quellen Windenergie, Wasserkraft, Biomasse, Geothermie, Solarthermie und Photovoltaik. Auch der Bau und die Installation entsprechender Energieerzeugungsanlagen sind Teil dieses Marktsegmentes. Zusätzlich abgebildet werden die Forschungs- und Beratungsleistungen, die im Bereich der Erneuerbaren Energien erbracht werden.

Das Marktsegment **Intelligente Energiesysteme und Netze** erfasst Produkte und Dienstleistungen, die den Aus- und Umbau der Übertragungs- und Verteilnetze ermöglichen. Der Ausbau des Übertragungsnetzes, darunter Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs(HGÜ)-Leitungen zum verlustarmen Transport von Elektrizität über lange Strecken, ermöglicht den Ausgleich regionaler Erzeugungskapazitäten, z. B. durch den Transport von Offshore-Windenergie zu Verbrauchszentren im Süden. Der Umbau des Verteilnetzes (Niederspannungsleitungen zwischen Verbrauchern bzw. dezentralen Erzeugern und höheren Netzebenen) dient der Anpassung an den steigenden Anteil dezentraler Stromspeisung durch Erneuerbare-Energien-Anlagen. Ergänzend werden im Marktsegment diejenigen Technologien und Leistungen abgebildet, die im Rahmen des Smart-Grid-Ausbaus zur bedarfs- und verbrauchsorientierten Verknüpfung von

Bereitstellung und Nachfrage eingesetzt werden. Vorwiegend sind dies spezielle Informations- und Kommunikationssysteme, die den Betrieb des Energiesystems optimieren und dessen Effizienz erhöhen.

Zum Marktsegment **Speichertechnologien** zählen die verschiedenen technischen Energiespeichermöglichkeiten und die für deren Wartung und Inbetriebnahme relevanten Dienstleistungen. Erfasst werden hierbei die elektrochemische, mechanische und thermische Speicherung von Energie, ebenso wie in Form von grünem Wasserstoff.

Das Marktsegment **Elektrifizierung in der Industrie** beinhaltet Technologien, die konventionelle Produktionsverfahren ersetzen und mit umweltfreundlichen Alternativen einen Teil zur Transformation zu einer defossilisierten Industrie beitragen. Dazu gehören beispielsweise Elektromotorenstrahlöfen und Elektrolichtbögen zur Stahlherstellung, ebenso wie elektrische Dampfkessel und Elektrodenheizkessel.

Folgende Technologiebereiche gehören zu den Marktsegmenten, für die jeweils Beispielprodukte und -dienstleistungen genannt werden:

► Erneuerbare Energien

- Bioenergie: Energiepflanzen (Anbau und Ernte), Holzeinschlag für Briketts/Pellets, Biogasanlagen, Erzeugung erneuerbarer Energie
- Windenergie: Windräder und Windkraftaggregate zur Stromerzeugung, Rotorblätter Windkraftanlagen, Installation von Windkraftanlagen, Erzeugung erneuerbarer Energie
- Solar: Herstellung von Solarzellen und Solarmodulen, Herstellung von Solarwärmekollektoren, Installation von Solarstromanlagen an/auf Gebäuden, Erzeugung erneuerbarer Energie
- Wasserkraft: Wasserbau für Wasserkraftwerke/Pumpspeicherkraftwerke, Wasserkraftturbinen, Erzeugung erneuerbarer Energie
- Geothermie: Geothermisches Wärmepumpensystem, Heizkraftwerke die erneuerbare Energien nutzen
- Beratung und Forschung: Energieberatung vorwiegend technischer oder wirtschaftlicher Art beim Endverbraucher, F&E

► Speichertechnologie

- Elektrochemische Speicherung von Energie: Akkumulatoren für den Einsatz im Energiesystem, Wasserstoffgeneratoren für Wasserstoffspeicher oder „Power-to-Gas“ Grüne Wasserstofftechnologien:
- Grüne Wasserstofftechnologien: Brennstoffzellen, Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse, Elektrolysegeräte für Wasserstoff- (und Sauerstoff-) herstellung
- Mechanische Speicherung: Schwungradspeicher
- Thermische Speicherung: Speicherheizgeräte

► Intelligente Energiesysteme und Netze

- IKT für Energiesysteme: IKT für Smart-Grids oder Smart-Meters, Smart Grids
- Netzausbau und -betrieb: Netzausbau, Fachplanung (für Energie-Netze)

- Netztechnik: Netzausbau: Kabel, Netzausbau: Leitungsmaste, Energietechnische Messtechnik (u.a. für Smart-Meter)
- Elektrifizierung in der Industrie
  - Elektrische Prozessenergiebereitstellung: Elektrische Industrieöfen, Elektronenstrahlöfen und Elektrolichtbogenöfen für Elektrostahlherstellung und Stahlrecycling, Elektromotoren und -generatoren für die industrielle Elektrifizierung, elektrische Dampfkessel für Niedertemperaturwärme

## 2.4 Minderungs- und Schutztechnologien

Die Verringerung von Umweltverschmutzungen, sowohl durch die Begrenzung von schädlichen Emissionen als auch die Beseitigung tatsächlich auftretender Immissionen, ist eine Kernaufgabe des Umweltschutzes und somit auch relevanter Teil der Umweltwirtschaft. Ebenso wichtig ist die Reduzierung von negativen Klimawandelfolgen und die Anpassung an die sich verändernden klimatischen Gegebenheiten. Die technologischen Enabler dieser Vorgänge und die damit verbundenen Dienstleistungen werden im Leitmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien* zusammengefasst. Zugehörig sind Aktivitäten und Produkte, welche die Entstehung von Verschmutzungen und Emissionen an der jeweiligen Quelle vermeiden sollen (beispielsweise im aktiven Schallschutz). Außerdem sind auch Klimaanpassungsleistungen Teil dieses Leitmarktes, die durch ihre bereichsübergreifende Leistungen Einfluss auf viele andere Aspekte nehmen. Darüber hinaus gehören die sogenannten End-of-Pipe-Technologien zur Filterung (beispielsweise Abscheider oder Rückführungssysteme) und Abschirmung (beispielsweise im Bodenschutz) zum Leitmarkt.

Das Marktsegment **Bodenschutztechnologien und -sanierung** baut insbesondere auf Dienstleistungen im Bereich der Beseitigung von Umweltverschmutzungen und Entsorgungen jeglicher Art auf. Bodenschutztechnologien beinhalten zudem Materialien und Produkte wie abschirmende Tafeln bzw. Folien aus Kunststoff und Sicherheitsbehälter für den Transport von Gefahrgut. Insbesondere die Bodensanierung als nachträgliche Beseitigung von Umweltverschmutzung und Altlasten spielt im Leitmarkt eine wichtige Rolle.

Das Marktsegment **Lärmminderungs- und Luftreinigungstechnologien** bilden die entsprechenden Technologien selbst sowie die zugehörigen Dienstleistungen. Katalysatoren, verkehrlicher und gebäudebezogener Lärmschutz sowie Systeme zur Rückführung von Abgasen stellen beispielsweise wichtige Technologien dieses Marktsegments dar.

Das Marktsegment **Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen** vereint eine Vielzahl von Produkten und Dienstleistungen, die als primären Zweck die Anpassung an Klimawandelfolgen haben. Dazu zählen die Planung und Durchführung von Baumaßnahmen, beispielsweise für klimaresiliente Städte und Gebäude. Auch entsprechende Dienstleistungen wie Versicherungen, Beratung oder Risikoprävention sind Teil dieses Marktsegmentes.

Folgende Technologiebereiche gehören zu den Marktsegmenten, für die jeweils Beispielprodukte und -dienstleistungen genannt werden:

- Bodenschutztechnologien und -sanierung
  - Bodensanierung: Bodensanierung

- Bodenschutztechnologien: Maschinen für mechanische Bodensanierungsverfahren, Sicherheitsbehälter für den Transport von Gefahrgut
- ▶ Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien
  - Abgasrückführungssysteme: Air-handling equipment, CO<sub>2</sub>-Speicherung, Ableiter, Abscheider, Be- und Entlüfter
  - Filtertechnik und Katalysatoren: Filtertextilien für Abluftbehandlung, Luftkalk für chem. Rückgewinnungssysteme, Chemikalien & Grundstoffe & Zubereitungen für Luftreinhaltung
  - Lärmschutz in Gebäuden: Lärmschutz, Schalldämmung, Lärmschutzelemente aus Kunststoffen
  - Messtechnik und Dienstleistungen: Mess- und Kontrollgeräte für Lüftungstechnik und Abgase, Installation von Maschinen und Ausrüstungen
  - Verkehrlicher Lärmschutz: Lärmschutzwände, Offenporiger Asphalt (Flüsterasphalt), Baudienstleistungen zum Schallschutz
- ▶ Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen
  - Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen: Architektonische Dienstleistungen: Begrünung von Innenstadtbereichen und Dächern, Beratung zu Katastrophenmanagement & Risikobewertung, Kartierung und Vorhersagen, Versicherung für Risiken des Klimawandels

## 2.5 Nachhaltige Forst- und Landwirtschaft

Die Folgen des Klimawandel stellen die Holz- und Forstwirtschaft vor große Herausforderungen: Einerseits forcieren bereits heute Dürreperioden, Waldbrände, Stürme sowie Schädlingsbefall die Notwendigkeit eines Waldumbaus. Andererseits stellt auch der Wald selbst eine wichtige Ressource im Kampf gegen den Klimawandel dar. Die nachhaltige Forstwirtschaft zielt daher darauf ab, die biologische Vielfalt, Produktivität, Verjüngungsfähigkeit und Vitalität der Wälder auch in Zeiten des Klimawandels zu erhalten.

Als Teil dieser nachhaltigen und multifunktionalen Bewirtschaftung werden alle dazu notwendigen Dienstleistungen und Produkte zusammengefasst. Zusätzlich umfasst der Leitmarkt Produkte aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz in der ersten Verarbeitungsstufe. Dazu zählen etwa Bohlen, Bretter oder Kanthölzer, aber auch Holzhackschnitzel, sowie die (Weiter-)Verwendung von Holz als umweltfreundlichem und nachhaltigem Baustoff.

Ebenfalls Teil des Leitmarktes sind landwirtschaftliche Aktivitäten, etwa die ökologische Landwirtschaft, die umweltfreundliche Substitute zu konventionell hergestellten Produkten bzw. Produkte mit einer geringeren Umweltbelastung darstellen, und zum anderen neue Technologien, die zu einer schonenderen Landbewirtschaftung und Tierhaltung beitragen. Außerdem sind ergänzende landwirtschaftliche Dienstleistungen für den Umweltschutz zugehörig.

Unter dem Marktsegment **Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe** werden die wirtschaftlichen Leistungen erfasst, die im Zusammenhang mit der Bereitstellung des Rohstoffes Holz zur Weiterverarbeitung („erste Verarbeitungsstufe“) stehen. Weil Holz oder holzbasierte Produkte über

das Potenzial verfügen, viele erdölbasierte Rohstoffe zu ersetzen (Substitution), kommt dem Marktsegment ein besonderer Umweltnutzen zu.

Das Marktsegment **Nachhaltige Forstwirtschaft** umfasst forstwirtschaftliche Leistungen für die Waldflächen, die FSC zertifiziert sind.

Das Marktsegment **Nachwachsende Holzbaustoffe** erfasst die verschiedenen Bau- und Konstruktionsteile sowie Ausbauelemente aus Holz, um die Substitution nicht nachwachsender Materialien durch Holz im Baubereich explizit und differenziert zu berücksichtigen.

Das Marktsegment **Naturschutzorientierte Bewirtschaftung** umfasst landwirtschaftliche Dienstleistungen für den Umweltschutz. Darunter fallen insbesondere flächenbezogene Maßnahmen wie extensive Grünlandnutzung, Anbau vielfältiger Kulturen im Ackerbau, Anlage von Blüh- und Schonstreifen, Anbau von Zwischenfrüchten, Anlage von Uferrand- und Erosionsschutzstreifen und Vertragsnaturschutz.

Das Marktsegment **Nachhaltige Landwirtschaft** beinhaltet den ökologischen Anbau von Pflanzen und die ökologische Tierhaltung nach der EU-Öko-Basisverordnung. Ökologischer Landbau definiert sich durch möglichst naturschonende Produktionsmethoden. Da landwirtschaftliche Güter nicht direkt in der Produktionsstatistik erfasst sind, werden diese erst nach der ersten Verarbeitungsstufe anteilig anhand der beschriebenen Kriterien erfasst.

Das Marktsegment **Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft** enthält anwendungsbezogene Maschinen und Hilfsmittel, die zu einer umweltschonenderen Landwirtschaft beitragen. Hierzu gehören einerseits Gerätschaften, die speziell für die Methoden der ökologischen Landwirtschaft benötigt werden und in konventionellen Betrieben unüblich sind. Andererseits fallen darunter auch Maschinen, die zur Verbesserung des Umweltschutzes in konventioneller Landwirtschaft beitragen. Dabei muss nicht notwendigerweise der gesamte Produktionsprozess den Grundsätzen ökologischer Landwirtschaft entsprechen. Es werden darunter auch Technologien erfasst, die zu einer artgerechten Tierhaltung beitragen, ebenso wie neue Ansätze der landwirtschaftlichen Produktion. Hierunter fallen auch hydroponische mehrlagige geschlossene Produktionskreisläufe (z. B. „vertical farming“) für eine urbane Landwirtschaft, „urban gardening“ Ansätze und die Nutzung diverser innovativer technologischer Ansätze für neue Formen der landwirtschaftlichen Produktion.

Folgende Technologiebereiche gehören zu den Marktsegmenten, für die jeweils Beispielprodukte und -dienstleistungen genannt werden:

- ▶ Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe
  - Sägeindustrie: Holzbearbeitung zur Bereitstellung von Holzwerkstoffen
  - Holzwerkstoffe: Holzbaustoffe
- ▶ Nachhaltige Forstwirtschaft
  - Forstwirtschaft: Nachhaltige & umweltfreundliche Forstwirtschaft, Waldbestandsaufnahme, forstwirtschaftliche Beratungsleistungen, Waldbrandbekämpfung und -schutz, Schädlingsbekämpfung in der Forstwirtschaft
- ▶ Nachwachsende Holzbaustoffe
  - Holzbaustoffe: Holzbaustoffe
- ▶ Naturschutzorientierte Bewirtschaftung

- Naturschutzorientierte Bewirtschaftung: Vielfältige Fruchtfolge, Anbau von Zwischenfrüchten
- Nachhaltige Landwirtschaft
  - Nachhaltige Landwirtschaft: Ökologische Landwirtschaft, Bio-Aquakultur
- Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft
  - Grüne Agrartechnologien: Sensorik für Precision Farming (u.a. smarte Steuerung), Energiesparmaßnahmen bei der Tierhaltung, Tierische oder pflanzliche Düngemittel
  - Neue Formen der Landwirtschaft: F&E, Beleuchtungstechnik für das Pflanzenwachstum; LED-Beleuchtung/ Phytotrone, (Tröpfchen-)Bewässerungstechnologien

## 2.6 Umweltfreundliche Mobilität

Umweltfreundliche Mobilitätsprodukte ermöglichen eine emissionsreduzierte und ressourcenschonende Beförderung von Gütern und Personen und tragen maßgeblich zu einer nachhaltigen Transformation des Transportwesens bei. Dieser Leitmarkt umfasst sowohl innovative Technologielinien im Mobilitäts- und Transportbereich, etwa Elektromobilität oder Biokraftstoffe, als auch etablierte Mobilitätsalternativen. Daneben umfasst der Leitmarkt auch Dienstleistungen und Konzepte wie ÖPNV und Carsharing. Produkte und Dienstleistungen zur Minderung von Lärmemissionen, die direkt in das Mobilitätssystem integriert sind, leisten ebenfalls einen Beitrag zu einer umweltfreundlichen Mobilität und werden daher ebenfalls dem Leitmarkt zugeordnet.

Das Marktsegment **Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien** umfasst die wesentlichen technologischen Enabler-Produkte dieses Leitmarktes, wie Elektro- und Wasserstoffmobilität, aber auch alternative und neue Fortbewegungsmittel.

Zum Marktsegment **Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur** zählen Produkte und Aktivitäten zur Optimierung der Verkehrssteuerung und Infrastrukturen für umweltfreundliche Mobilität.

Das Marktsegment **Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen** umfasst alle Dienstleistungen des Personen- und Güterverkehrs, die ressourcen- bzw. klima- und umweltschonende Alternativen zum motorisierten Individualverkehr bzw. Straßengüterverkehr darstellen und eine Transformationswirkung auf den Mobilitätssektor entfalten. Neben dem ÖPNV gehören hierzu vor allem die verschiedenen Sharing-Systeme, aber auch alternative und/oder neuartige Logistik- und Transportlösungen.

Folgende Technologiebereiche gehören zu den Marktsegmenten, für die jeweils Beispielpunkte und -dienstleistungen genannt werden:

- Fahrradwirtschaft
  - Fahrräder, Fahrradkomponenten und -zubehör: Fahrräder, E-Bikes und Pedelecs, Reifen und Schläuche für Fahrräder
  - Fahrradinfrastruktur: Bau von Radwegen, Elektroinstallation für Radinfrastruktur, Betrieb von Fahrradparkhäusern
- Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien

- Alternative Fahrzeuge: Lokomotiven, Waggonen und Straßenbahnen, Schiffe
- Antriebstechnologien: Elektro-PKW, Elektro-LKW und -Busse, Batterien für Elektromotoren
- Fahrzeugtechnologien: Leichtlaufreifen, Bremskraftrückgewinnung (Rekuperationsbremsen) und intelligente Anlassersysteme (Start-Stop-Automatik)
- ▶ Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur
  - Umweltfreundliche Verkehrsinfrastruktur: Schieneninfrastruktur, Betrieb von Häfen, Wasserstraßen, Schiffverkehrssteuerung, Stromtankstellen
  - Verkehrsmanagement: Verkehrsüberwachung, Entwicklung von Verkehrsanalyse- und Verkehrsmanagementsoftware, F&E
- ▶ Umweltfreundliche Logistik und Mobilitätsdienstleistungen
  - Öffentlicher Personenverkehr und Sharing Systeme: ÖPNV, Bahnfernverkehr, Omnibusfernverkehr, Schul- und Werksbusse
  - Umweltfreundliche Logistik: Logistik mit Bahn & Schiff, Fahrradkuriere, Last-Mile E-Logistik

## 2.7 Wasserwirtschaft

Sauberes Wasser ist unentbehrlich, um funktionierende ökologische Systeme und damit letztlich eine intakte Umwelt zu erhalten. Um langfristig eine sichere Versorgung mit Trinkwasser zu gewährleisten, kann die Wasserwirtschaft in Deutschland die Nutzung der Wasservorkommen nachhaltig gestalten. Dies bedeutet, die Wasserkreisläufe aufrechtzuerhalten, Wasser als Ressource für die heutige wie für nachfolgende Generationen zu sichern und auch langfristig als Lebensraum zu schützen. Der Wasserverbrauch muss kontrolliert und optimiert werden. Hinzu kommt: Vor dem Hintergrund der Klimawandelfolgen wird das Management der Wasserinfrastrukturen sowie der allgemeinen Wasserversorgung in den nächsten Jahren vor neuen, besonders hohen Herausforderungen stehen: Die Strukturen der Ver- und Entsorgung müssen sowohl hinsichtlich längerer Trockenperioden als auch stärkerer und häufigerer Starkniederschlagsereignisse angepasst werden. Darüber hinaus muss auch die Behandlung „gebrauchten“ oder verschmutzten Wassers laufend kontrolliert und verbessert werden. Dabei sind Trink- und Brauchwasserversorgung sowie die Abwasserbehandlung ganzheitlich als Kreislauf zu betrachten. Die Wasserwirtschaft wird daher als Ganzes der GreenTech-Branche zugerechnet. Sie ist in die nachfolgend beschriebenen Marktsegmente unterteilt.

Das Marktsegment **Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz** umfasst die grundsätzlichen Produkte und Dienstleistungen der Wasserverteilung und Kanalisation sowie ihre Herstellung und Installation, d.h. alle für den Transport von Wasser bzw. Abwasser nötigen Technologien und verantwortlichen Infrastrukturen. Zum Marktsegment zählt auch die Anpassung der Infrastruktur im Hinblick auf Überflutungen und Starkregenereignisse, ebenso wie auf Trockenperioden. Des Weiteren werden Produkte zur Steigerung der Wassereffizienz, die sich durch einen sparsamen Verbrauch auszeichnen, diesem Marktsegment zugerechnet.

Das Marktsegment **Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung** umfasst die verschiedenen Dienstleistungen zur Wasserversorgung und Abwasserentsorgung und die dafür notwendigen Produkte und Materialien.

Das Marktsegment **Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement** umfasst Produkte und Dienstleistungen zur Überwachung von Wasserqualitäten und Netzkapazitäten und hierbei sowohl elektrische als auch nicht-elektrische Mess- und Kontrollinstrumente.

Folgende Technologiebereiche gehören zu den Marktsegmenten, für die jeweils Beispielprodukte und -dienstleistungen genannt werden:

- ▶ **Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz**
  - Effiziente Wassernutzung: Teile für mechanische Apparate zum Verteilen von Flüssigkeiten, für die Landwirtschaft oder den Gartenbau
  - Wasser- und Abwassernetz: Klärbecken, Rohre, Regelventile, Schieber und andere Regelungsarmaturen, Rohrleitungstiefbau
- ▶ **Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement**
  - Wasserwirtschaft 4.0 (Messen, Analysieren, Steuern, Regeln): Hydrologische Geräte, Wasserproben- und analysegeräte, Dienstleistung Wasseranalyse, F&E
- ▶ **Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung**
  - Abwasserbehandlung: Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Wasser, Membranfilteranlagen für Phosphor- und Stickstoffrückgewinnung, Kläranlagenbau
  - Wassergewinnung und -aufbereitung: Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Wasser, Grundwasserschutz, Renaturierung von Gewässern

## 3 Datenanalyse

### 3.1 Erwerbstätigkeit und Bruttowertschöpfung

Für die Jahre 2010 bis 2023 erfasst der Bericht die Zahl der Erwerbstätigen sowie den Wert der Bruttowertschöpfung für alle abgegrenzten Leistungen der GreenTech-Branche.

#### 3.1.1 Statistische Abgrenzung

Grundlage der Analyse ist die Klassifikation der Wirtschaftszweige (Ausgabe 2008) des Statistischen Bundesamtes, die eine umfassende Gliederung wirtschaftlicher Aktivitäten liefert. Die WZ-Klassifikation folgt der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE Rev. 2) sowie der International Standard Industrial Classification (ISIC Rev. 4), und erlaubt darüber einen einheitlichen Vergleich mit internationalen Daten.

Für über 300 einzelne ökonomische Aktivitäten erfasst das Envigos-Model relevante WZ-Codes, die eines der in Kapitel 1 dargestellten Kriterien erfüllen.

#### 3.1.2 Datenbasis

Für die Berechnung der Zahl der Erwerbstätigen wird auf die Daten der Bundesagentur für Arbeit sowie Destatis zurückgegriffen. Die Zahl der Erwerbstätigen setzt sich aus den folgenden drei Indikatoren zusammen:

- Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SvB) am Arbeitsort. Quelle: Bundesagentur für Arbeit.
- Geringfügig Beschäftigte (GB) am Arbeitsort. Quelle: Bundesagentur für Arbeit.
- Selbstständige. Quelle: es liegt keine direkte Datenbasis vor, die Zahl wird auf Basis der Umsatzsteuerstatistik von Destatis näherungsweise ermittelt.

Die Zahl der Erwerbstätigen wird zusätzlich mit Bruttowertschöpfungsfaktoren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder im Rahmen der Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (VGRdL) verrechnet, um die Bruttowertschöpfung zu berechnen.

#### 3.1.3 Statistische Analyse

Auf Basis der genannten Datenquellen erfolgt die Berechnung der Erwerbstätigen und der Bruttowertschöpfung durch das Envigos-Modell, das eine automatisierte R-Anwendung darstellt, entlang von 5 Schritten.

1. Datenaufbereitung: Fehlende Werte in den Rohdaten der Bundesagentur für Arbeit und Destatis werden mittels Imputationen (z.B. Interpolation, Regression) geschätzt. Anschließend erfolgt eine Zuordnung zu den relevanten WZ-Codes der GreenTech-Branche.
2. Branchenspezifische Gewichtung: Die erfassten WZ-Codes werden mit Anteilen gewichtet. Vollständig zuordenbare Aktivitäten (z.B. WZ 38.3 „Rückgewinnung“ für die Stoffliche Abfallverwertung) werden zu 100% berücksichtigt; teilweise relevante Codes (z.B. WZ 35.11 „Elektrizitätserzeugung“) nur anteilig – etwa bezogen auf erneuerbare Stromerzeugung.
3. Erwerbstätigenberechnung: Die gewichteten Werte für SVB, GfB und St werden je WZ-Code aggregiert.

4. Berechnung der Bruttowertschöpfung: Die Erwerbstätigenzahlen werden mit Bruttowertschöpfungsfaktoren (in jeweiligen Preisen) verrechnet, welche die Bruttowertschöpfung je erwerbstätiger Person für die WZ-Abschnitte darstellen. Zur Berechnung der realen Werte erfolgt eine Preisbereinigung auf Basis eines Kettenindex der Bruttowertschöpfung nach WZ-Abschnitten. Der Kettenindex bezieht sich auf ein Referenzjahr und gibt für das jeweilige Berichtsjahr an, wie sich die preisbereinigte Bruttowertschöpfung seit dem Referenzjahr entwickelt hat. Dabei dient das Preisniveau des Jahres 2015 als Basis.
5. Ergebnisaggregation: Abschließend werden die Ergebnisse entlang der Struktur von Leitmärkten, Marktsegmenten und Technologiebereichen zusammengeführt. Es erfolgt außerdem die Berechnung relevanter Kennzahlen, etwa durchschnittliche jährliche Wachstumsraten.

## 3.2 Importe und Exporte Deutschlands & Weltmarkt

Für die Jahre 2010 bis 2023 werden die deutschen Exporte nach Zielländern für alle abgegrenzten Güter der GreenTech-Branche (ohne Dienstleistungen) erfasst. Parallel werden für die Jahre 2010 bis 2022 die globalen Importe (Weltmarkt) dieser Güter anhand von Daten aus über 60 führende Volkswirtschaften analysiert.

### 3.2.1 Statistische Abgrenzung

Grundlage der Analyse ist die internationale Warenausfuhrklassifikation (WA), basierend auf dem Harmonisierten System (HS). Diese Klassifikation erfasst den globalen Warenhandel nach spezifischen Warencodes. Dienstleistungen sind – im Gegensatz zur Wirtschaftszweigklassifikation – nicht enthalten.

Die Auswertung erfolgt auf zwei Ebenen:

- Deutsche Exporte: Analyse auf Basis von 8-stelligen WA-Codes (WA-8), die vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt werden. Rund 2.000 Codes, inklusive ihrer GreenTech-Anteile, werden berücksichtigt.
- Globale Importe (Weltmarkt): Analyse auf Basis von 6-stelligen HS-Codes (HS-6), entsprechend der Datenverfügbarkeit bei UN Comtrade. Hier fließen rund 1.000 Codes mit GreenTech-Bezug ein.

Ein Abgleich der beiden Klassifikationsebenen erfolgt über ein Umrechnungsschema, wobei dieselben Gütergruppen abgebildet werden. Die Außenhandelsklassifikation wird jährlich aktualisiert, wodurch technologische Entwicklungen zeitnah abgebildet werden können. Die GreenTech-Abgrenzung wird entsprechend jährlich angepasst.

### 3.2.2 Datenbasis

- Deutschland: Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes (WA-8, nach Zielländern), jährlich aktualisiert, ca. 250 Länder und Regionen. Erfasst werden die Jahre 2010-2023
- Weltmarkt: UN Comtrade-Daten (HS-6, nach Importländer) für die Jahre 2010-2022. Die Auswertung erfolgt mit dem Prognos-eigenen Welthandelsmodell, das Daten aus über 60

führenden Volkswirtschaften integriert. Aufgrund der verzögerten Verfügbarkeit liegen die globalen Importdaten jeweils ein Jahr hinter der deutschen Außenhandelsstatistik zurück.

### 3.2.3 Statistische Analyse

Die Berechnung der deutschen Exporte und der globalen Importe erfolgt mithilfe des automatisierten Envigos-Modells (R-Anwendung) in drei Schritten:

1. Verknüpfung: Zuordnung der GreenTech-relevanten Codes zu den Rohdaten der deutschen Exportstatistik nach Zielländern
2. Güterspezifische Gewichtung: Die erfassten WA/HS-Codes werden mit Anteilen gewichtet. Vollständig zuordenbare Güter (z.B. WA 87038010 „PKW mit Elektromotor, neu“ für die umweltfreundliche Mobilität) werden zu 100% berücksichtigt; teilweise relevante Codes (z.B. WA 85044086 „Wechselrichter, Leistung >7,5kVA“) nur anteilig – etwa bezogen auf erneuerbare Stromerzeugung.
3. Ergebnisaggregation: Abschließend werden die Ergebnisse entlang der Struktur von Leitmärkten, Marktsegmenten und Technologiebereichen zusammengeführt. Es erfolgt außerdem die Berechnung relevanter Kennzahlen, etwa durchschnittliche jährliche Wachstumsraten.

## 3.3 Patente

Im GreenTech-Atlas werden die globalen Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt (EPO) für die Jahre 2010 bis 2023 analysiert. Die Auswertung erfolgt nach Patentcodes, Patentakteuren, Patentthemen und Anmeldeländern.

### 3.3.1 Statistische Abgrenzung

Die Abgrenzung GreenTech-relevanter Patente basiert auf der *Cooperative Patent Classification* (CPC), analog zur methodischen Abgrenzung von Produkten und Dienstleistungen der GreenTech-Branche. Die CPC umfasst rund 250.000 Klassen und erlaubt eine detaillierte Differenzierung nach Technologien. Für die GreenTech-Analyse werden ca. 7.000 relevante CPC-Codes vollständig berücksichtigt. Während technische Innovationsfelder detailliert abgebildet sind, erfolgt die Klassifikation in bereichsübergreifenden oder prozessorientierten Feldern aggregierter.

### 3.3.2 Datenbasis

Grundlage der Analyse sind EPO-Patentdaten aus der PATSTAT-Datenbank. Berücksichtigt werden alle Patentanmeldungen mit GreenTech-relevanten CPC-Codes, die beim EPO eingereicht wurden bzw. in Europa gültig sind. Die Daten enthalten neben Jahr und Herkunftsland auch Informationen zu Anmeldender\*innen, Erfinder\*innen sowie inhaltliche Kurzbeschreibungen (Abstracts).

Aufgrund von Prüfverfahren und Veröffentlichungsfristen (bis zu fünf Jahre) besteht ein systematischer Zeitverzug. Der Datenstand reicht bis 2023, ist jedoch für die Jahre ab 2021 noch unvollständig. Für zeitliche Vergleiche (etwa durchschnittliche jährliche Wachstumsraten) wird daher der Zeitraum 2010 bis 2020 verwendet, um Verzerrungen durch untererfasste Folgejahre zu vermeiden. Andernfalls würden die Daten in Zeitverläufen fälschlicherweise ab dem Jahr 2021 deutliche Rückgänge in den gesamten Patentanmeldungen zeigen.

### 3.3.3 Statistische Analyse

Die Auswertung der Patentdaten erfolgt mithilfe der Abgrenzung der GreenTech-Branche. Patente werden den Leitmärkten, Marktsegment und Technologiebereichen zugeordnet und nach Anmeldeländern und -akteuren aggregiert. Neben jahresspezifischen Auswertungen erfolgt eine Aggregation über den Gesamtzeitraum 2010-2023, da Patente durch ihre Schutzdauer eine langfristige Relevanz aufweisen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass Patente mehrfach zugeordnet sein können - sowohl inhaltlich als auch geografisch. In dieser Analyse werden Mehrfachzuordnungen anteilig berücksichtigt. Ein Patent, das drei CPC-Klassen zugeordnet ist, davon eine mit GreenTech-Bezug, geht mit einem Drittel in die GreenTech-Statistik ein. Für die Analyse der spezifischen Patente – insbesondere in den Innovations-Deep-Dives – werden die Abstracts nach Patentcode gruppiert und KI-gestützt ausgewertet.

Der Innovationsgehalt einzelner Patente fällt unterschiedlich aus – er reicht von einem grundlegenden Konzept, einer inkrementellen Verbesserung bis zu einer vollkommen neuen Technologie. Zudem variieren Patentierungskulturen und -praktiken der Patentämter international stark. Patente können auch strategisch eingesetzt werden, oder politischen Zielen zugrunde liegen. Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit wurde ausschließlich auf EPO-Daten zurückgegriffen. Diese decken alle in Europa gültigen Patente ab und gewährleisten eine konsistente methodische Basis.

## 3.4 Berechnung der Szenarien

Entlang von drei Ex-ante-Szenarien werden unterschiedliche mögliche Entwicklungen der GreenTech-Branche in Deutschland und für den Weltmarkt betrachtet. Untersucht wird, wie sich die Bruttowertschöpfung der erfassten ökonomischen Leistungen (WZ-Codes) in den Jahren 2023 bis 2045 weiterentwickeln könnten.

Die Berechnung der Szenarien folgt zwei Schritten: Zunächst wird das allgemeine branchenspezifische Wirtschaftswachstum in Deutschland bis 2045 geschätzt, dabei werden GreenTech Leistungen noch nicht gesondert betrachtet. Für die Schätzung werden Prognosedaten des VIEW-Modells der Prognos AG herangezogen. VIEW ist ein globales Prognose- und Simulationsmodell, das 125 Länder und damit ca. 98 Prozent der aktuellen globalen Wirtschaftsleistung abdeckt. Das VIEW-Modell ermöglicht eine detaillierte und konsistente Darstellung der zukünftigen Entwicklung der Weltwirtschaft. Interaktionen zwischen den Ländern werden in VIEW explizit modelliert. Dabei berücksichtigt das VIEW-Modell ca. 600 demografische und makroökonomische Variablen, auf deren Basis das länderspezifische BIP-Wachstum bis 2045 modelliert wird.

Im zweiten Schritt wird der Anteil an der gestiegenen Wirtschaftsleistung, der auf die Aktivitäten der GreenTech-Branche entfällt, geschätzt. Grundlage dafür sind die Anteilsschätzungen des Envigos-Modells, die in allen drei Szenarien fortgeschrieben werden. In Szenario 2 und 3 werden zusätzliche Annahmen getroffen, um jeweils einzelne Anteile zu erhöhen bzw. zu senken. Diese Anteile fußen auf folgenden Annahmen zur zukünftigen Nachfrage nach den Produkten der deutschen GreenTech-Branche:

#### ► Szenario 1 - Fortsetzung des gegenwärtigen Transformationspfades:

Als Basisschritt wird für alle erfassten WZ-Codes der GreenTech-Branche der Trend der Envigos-Anteilsrechnung der Jahre 2018-2023 bis 2045 auf Basis der VIEW-Prognose fortgeschrieben. Für einzelne Technologien und Dienstleistungen zeigt sich bereits in den vergangenen fünf

Jahren ein dynamischer Markthochlauf. Zum Beispiel ist der Anteil der Photovoltaik an der Stromerzeugung zwischen 2018 und 2023 von 6,9% auf 12,4% gestiegen.<sup>7</sup>

► Szenario 2 - Klimaneutrales und Zirkuläres Deutschland:

Als Basisschritt wird für alle erfassten WZ-Codes der GreenTech Branche der Trend der Anteilsrechnung der Jahre 2018-2023 bis 2045 auf Basis der VIEW-Prognose fortgeschrieben. Zusätzlich wird für eine Reihe relevanter WZ-Codes eine zusätzliche Dynamik angenommen. Auf Basis der Studien Klimaneutrales Deutschland 2045<sup>8</sup> und Klimapfade 2.0<sup>9</sup> werden Technologiebedarfe bis 2045 abgeleitet und erhöhte Anteile angesetzt. Entsprechend der Studien muss zum Beispiel bis 2035 die PKW-Produktion vollständig auf elektrische Antriebe umgestellt sein. Der berücksichtigte Anteil des WZ-29.10.1 „Herstellung von Personenkraftwagen und Personenkraftwagenmotoren“ wird bis 2035 schrittweise auf 100% erhöht, um die vollständige Umstellung auf Elektromobilität darzustellen. Zusätzlich wird eine Stärkung der Circular Economy angenommen, unter anderem durch expandierende Sharing-Modelle, verbesserte Produktreparaturen und eine verstärkte stoffliche Verwertung.

Auf Basis der Studien ergeben sich unter anderem folgende Annahmen:

- Installierte Leistung PV von 82 GW (2023) auf 469 GW (2045)
- Installierte Leistung Wind von 69 GW (2023) auf 253 GW (2045)
- Anzahl Wärmepumpen von 1,7 Mio. (2023) auf 15,7 Mio. (2045)
- Gebäudesanierungsrate von 1,1% (2023) auf 1,5% bis 2030
- Anteil Stahlproduktion aus Direktreduktionsanlagen bis 2030 auf 27%, bis 2045 auf 100%

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Leitmärkte Energieeffizienz, Umweltfreundliche Mobilität, Erneuerbare Energiesysteme und Circular Economy deutlich dynamischer wachsen als im 1. Szenario.

► Szenario 3 - Stagnation bei Transformationstechnologien:

Als Basisschritt wird für alle erfassten WZ-Codes der Green Tech Branche der Trend der Anteilsrechnung der Jahre 2018-2023 bis 2045 auf Basis der VIEW-Prognose fortgeschrieben. Für die einzelnen Aktivitäten, die im 2. Szenario an Bedeutung gewinnen, wird in diesem Szenario ein Abschwung ab 2027 unterstellt (-2% Wachstum pro Jahr), mit einer Stagnation der Anteile ab 2032. Angenommen wird ein allgemeiner Bedeutungsverlust des Umweltschutzes. Zusätzlich verliert der Standort Deutschland an Wettbewerbsfähigkeit, da sich die Technologieherstellung in andere Regionen verlagert.

### Anwendung der Szenarien auf den Weltmarkt

Für das Szenario des globalen Importpotenzials (Weltmarkt) wurden die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der deutschen GreenTech-Märkte auf den Weltmarkt übertragen.

<sup>7</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021). *Bruttostromerzeugung in Deutschland 2023 in TWh*. Abgerufen am 04. Juni 2025 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/bruttostromerzeugung-in-deutschland.html>

<sup>8</sup> Agora Think Tanks (2024). *Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung*. Abgerufen am 05. Juni 2025 von [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30\\_DE\\_KNDE\\_Update/A-EW\\_344\\_Klimaneutrales\\_Deutschland\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_344_Klimaneutrales_Deutschland_WEB.pdf)

<sup>9</sup> Bundesverband der deutschen Industrie e.V. (2021). *Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft*. Abgerufen am 05. Juni 2025 von <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-2-0-ein-wirtschaftsprogramm-fuer-klima-und-zukunft/>

Auf Basis des Prognos-eigenen VIEW-Modells wird zunächst die grundlegende Entwicklung des gesamten Welthandels bis 2045 prognostiziert. Im zweiten Schritt werden die Szenario-bedingten Wachstumsraten grüner Aktivitäten der deutschen GreenTech-Branche als Referenzwert herangezogen und zu der grundlegenden Entwicklung hinzugerechnet, um die steigenden Anteile von GreenTech am Handel des Weltmarktes zu modellieren.

### **3.5 Unternehmensbefragung**

Ergänzend zu den Ergebnissen der statistischen Analyse wurden im Zeitraum Oktober bis November 2024 eine Unternehmensbefragung sowie Expertengespräche durchgeführt. In Kooperation mit der Deutschen Industrie und Handelskammer (DIHK) wurden Unternehmen der GreenTech-Branche zur Teilnahme an einer Onlinebefragung aufgerufen. Die Befragung fokussierte dabei insbesondere Aspekte zur Geschäftslage und -Erwartung, Entwicklungen des internationalen Handels und Wettbewerbs, Trends mit Blick auf Digitalisierung und die gegenwärtigen Vor- und Nachteile mit Blick auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen GreenTech-Brache.

Etwa die Hälfte der Unternehmen, die eine Auskunft über den Unternehmenssitz gaben, kommen aus Bayern, Baden-Württemberg und Niedersachsen. Dabei handelt es sich überwiegend um kleine (<50 Mitarbeiter\*innen) und mittlere (<250 Mitarbeiter\*innen) Unternehmen. Rund zwei Drittel der Unternehmen gaben an, dass sie den Leitmärkten Energieeffizienz, Erneuerbare Energiesysteme und Circular Economy angehören. In Summe nahmen 120 Unternehmen an der Befragung teil, und lieferten relevante Brancheninformationen. Die Befragung ist nicht repräsentativ für die gesamte GreenTech-Branche.

## 4 Literaturverzeichnis

Agora Think Tanks (2024). Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung. Abgerufen am 05. Juni 2025 von [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30\\_DE\\_KNDE\\_Update/A-EW\\_344\\_Klimaneutrales\\_Deutschland\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_344_Klimaneutrales_Deutschland_WEB.pdf)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021). Bruttostromerzeugung in Deutschland 2023 in TWh. Abgerufen am 04. Juni 2025 von <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/bruttostromerzeugung-in-deutschland.html>

Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021). GreenTech made in Germany 2021

Umwelttechnik-Atlas für Deutschland. Abgerufen am 05. Juni 2025 von <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/GreenTech-Branche-bleibt-auf-Wachstumskurs.html>

Bundesverband der deutschen Industrie e.V. (2021). Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Abgerufen am 05. Juni 2025 von <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-2-0-ein-wirtschaftsprogramm-fuer-klima-und-zukunft/>

Edler, D., Blazejczak, J. (2020). Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2014. Umweltbundesamt (Hrsg.). Texte 02/2020. Abgerufen am 10. Juni 2025 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui\\_b\\_02-2020\\_beschaeftigungswirkungen\\_des\\_umweltschutzes\\_in\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2014.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui_b_02-2020_beschaeftigungswirkungen_des_umweltschutzes_in_deutschland_im_jahr_2014.pdf)

Eurostat (2025). Glossary:Environmental goods and services sector (EGSS). Abgerufen am 04. Juni 2025 von [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Environmental\\_goods\\_and\\_services\\_sector\\_\(EGSS\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Environmental_goods_and_services_sector_(EGSS))

Gulden, V., Ingwersen, K., Gehrke, B., Schasse, U. (2024). Die Umweltwirtschaft in Deutschland Produktion, Umsatz und Außenhandel Aktualisierte Ausgabe 2023. Teilbericht. Umweltbundesamt (Hrsg.). Texte 04/2024. Abgerufen am 10. Juni 2025 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/04\\_2024\\_uib\\_umweltwirtschaft\\_in\\_deutschland\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/04_2024_uib_umweltwirtschaft_in_deutschland_0.pdf)

Statistisches Bundesamt (2024). Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: 16,9 % mehr Umsatz im Jahr 2022. Abgerufen am 10. Juni 2025 von [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/06/PD24\\_246\\_325.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/06/PD24_246_325.html)