



# umwelt.nrw

#umweltwirtschaft

## UMWELTWIRTSCHAFTS- BERICHT 2022 Methodenteil



[umweltwirtschaft.nrw.de](http://umweltwirtschaft.nrw.de)

# INHALT

<b>1</b>	<b>ERFASSUNG UND ANALYSE DER UMWELTWIRTSCHAFT IN NRW</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ABGRENZUNGSMODELL ENVIGOS</b>	<b>4</b>
2.1	Erfassungskriterien	5
2.2	Vorgehen zur statistischen Analyse	6
2.3	Vorgenommene Ergänzungen für den Umweltwirtschaftsbericht 2022	7
<b>3</b>	<b>TEILMÄRKTE DER UMWELTWIRTSCHAFT IN NORDRHEIN-WESTFALEN</b>	<b>10</b>
3.1	Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung	10
3.2	Energieeffizienz und Energieeinsparung	11
3.3	Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft	12
3.4	Umweltfreundliche Mobilität	13
3.5	Wasserwirtschaft	13
3.6	Minderungs- und Schutztechnologien	14
3.7	Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft	15
3.8	Umweltfreundliche Landwirtschaft	16
<b>4</b>	<b>BEWERTUNG DER ÖKOLOGISCHEN WIRKUNG DER UMWELTWIRTSCHAFT</b>	<b>18</b>
4.1	Generelles Vorgehen	19
4.2	Konkretes Vorgehen zur Erfassung der verschiedenen Umweltbereiche	20
4.2.1	Klimaschutz	20
4.2.2	Ressourcenschutz	22
4.2.3	Luftreinhaltung	22
4.2.4	Boden & Gewässerschutz	22
4.2.5	Lärmschutz	23
4.2.6	Biodiversität	23
4.2.7	Landschaftsbild	23

# 1 ERFASSUNG UND ANALYSE DER UMWELTWIRTSCHAFT IN NRW

Der vorliegende Methodenteil beschreibt das Vorgehen zur Erfassung und Analyse der Umweltwirtschaft als Grundlage für den Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2022. Der Umweltwirtschaftsbericht analysiert die ökonomische Bedeutung und Entwicklung der Querschnittsbranche sowie ihre ökologische Wirkung.

Nachfolgend werden die zugrundeliegende Erfassungsmethode und Systematisierung von Teilmärkten erläutert. Tabellen und Grafiken dienen der Veranschaulichung von zugehörigen Marktsegmenten und Technologiebereichen. Die Systematisierung verfolgt eine markt- und handlungsorientierte Einteilung, die sowohl den Akteuren der Umweltwirtschaft als auch den Landesbehörden, regionalen Wirtschaftsförderungsgesellschaften, Regionalverbänden, Städten und Kommunen wertvolle Analysen bieten und Handlungsansätze aufzeigen kann.

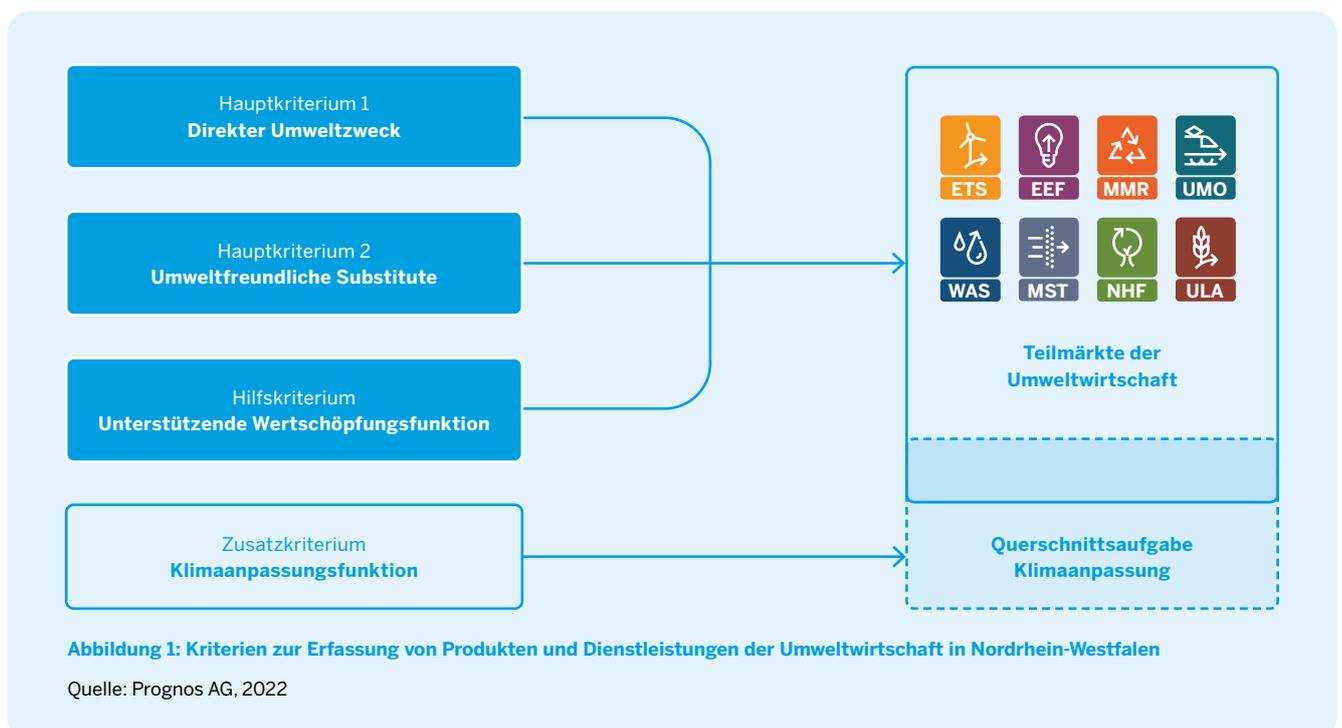
Grundlage der Analyse bildet eine Abgrenzung der Produkte und Dienstleistungen der Branche im Rahmen statistischer Klassifikationen (v. a. WZ 2008, WA 2021, SITC rev 3, CPC). Damit lassen sich auf Basis verfügbarer amtlicher Daten ökonomische Größen (Erwerbstätige, Bruttowertschöpfung, Handel, Patente) ermitteln. Das Vorgehen unterscheidet sich somit von Ansätzen, in denen die Umweltwirtschaft auf Basis von Befragungsergebnissen<sup>1</sup> oder nachfrageseitiger Größen<sup>2</sup> ausgewertet wird. **Kapitel 2** erläutert das Vorgehen bei der Abgrenzung und Datenanalyse. **Kapitel 3** zeigt die Zusammensetzung der verschiedenen Teilmärkte auf.

Zur Analyse der ökologischen Wirkung der Umweltwirtschaft wurde anknüpfend an die ökonomische Abgrenzung von Produkten und Dienstleistungen ein neues Verfahren entwickelt. Dieses wird in **Kapitel 4** erläutert.

## 2 ABGRENZUNGSMODELL ENVIGOS

Als Querschnittsbranche wird die Umweltwirtschaft nicht explizit durch die amtliche Branchenklassifikation nach Wirtschaftszweigen und Gütergruppen ausgewiesen. Zu ihrer Analyse ist eine Abgrenzung der zugehörigen statistischen Codes erforderlich.

Zu diesem Zweck entwickelte die Prognos AG das envigos-Modell (*model for the environmental goods and services sector*), auf das die Analysen im Rahmen der Umweltwirtschaftsberichte von Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2015, 2017, 2020 und 2022 aufbauen. Die Methode wurde



für den ersten Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2015 entwickelt und im Rahmen der Folgeberichte 2017 und 2020 kontinuierlich weiterentwickelt. Zur Berücksichtigung technologischer Entwicklungen in der in Teilen sehr dynamischen Querschnittsbranche wurde für den Umweltwirtschaftsbericht 2022 erneut eine Aktualisierung und moderate Weiterentwicklung der Methode vorgenommen.

## 2.1 ERFASSUNGSKRITERIEN

Das envigos-Modell erfasst die Güter und Wirtschaftszweige der Umweltwirtschaft anhand eines definierten Kriterienkatalogs. Das Verfahren orientiert sich an den Empfehlungen von Eurostat zur Erfassung des *environmental goods and services sector* (EGSS).<sup>3</sup> Die zur Abgrenzung angelegten Kriterien sind ein direkter Umweltnutzen und die Wirkung als umweltfreundliches Substitut sowie eine unterstützende Wertschöpfungsfunktion. Darüber hinaus wurde in diesem Bericht das Kriterium der Klimaanpassungsfunktion hinzugefügt, um die Leistungen der Klimaanpassungswirtschaft zu berücksichtigen. Erfüllt ein Produkt, ein Verfahren oder eine Dienstleistung eines dieser Kriterien, zählt es zur Umweltwirtschaft (siehe Abb. 1). Die Umweltwirtschaft umfasst dieser Definition zufolge alle Unternehmen, die klimaschützende beziehungsweise umweltfreundliche und ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen anbieten und zur Anpassung an die Klimawandelfolgen beitragen.

### HAUPTKRITERIUM 1: DIREKTER UMWELTNUTZEN

- I Generiert ein Produkt bzw. eine Dienstleistung im Hinblick auf einen Teilmarkt einen direkten Umweltnutzen, ist es bzw. sie Teil der Umweltwirtschaft. Diese Einordnung orientiert sich am Kern der von Eurostat<sup>4</sup> entwickelten Definition relevanter Aktivitäten, wonach zur Umweltwirtschaft gezählt 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.

### HAUPTKRITERIUM 2: UMWELTFREUNDLICHE SUBSTITUTE

- I Umweltfreundliche Substitute für konventionelle Produkte werden ebenfalls der Umweltwirtschaft zugeordnet. Somit werden Produkte und Dienstleistungen erfasst, deren Hauptzweck nicht primär im Umweltschutz liegt, sondern die als „sauberere“ oder ressour-

ceneffiziente Technologien, Güter und Dienstleistungen umweltfreundliche Alternativen darstellen. Um diese sinnvoll abgrenzen zu können, wird auf die transformative Wirkung der Produkte geachtet.

- I 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.
- I 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).
- I 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. Unter jeder energie- bzw. ressourcenverbrauchenden Produktgruppe ließen sich solche ausmachen, die einen geringeren Verbrauch als andere aufweisen.

### HILFSKRITERIUM: BETRACHTUNG DER UNTERSTÜTZENDEN WERTSCHÖPFUNGSFUNKTIONEN VON UMWELTWIRTSCHAFTS-AKTIVITÄTEN ODER -GÜTERN

- I Das Hilfskriterium fungiert als unterstützendes Zuordnungsprinzip, das den Betrachtungshorizont erweitert. Dabei wird die Wertschöpfungsfunktion einer Wirtschaftsaktivität im Zusammenhang mit Umweltwirtschaftsprodukten betrachtet. Zusätzlich erfasste Dienstleistungen oder Güter müssen Teil der Wertschöpfung eines bereits identifizierten Umweltwirtschaftsprodukts sein und für dessen Bereitstellung eine besondere Funktion erfüllen.
- I Dabei handelt es sich um spezialisierte Dienstleistungen an der Schnittstelle zwischen Technologieentwicklung und Marktdiffusion von Umweltwirtschaftsprodukten. Sie tragen maßgeblich zur Entwicklung bzw. Verbreitung von Umwelttechnologien bei. Dazu zählen insbesondere

re anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung (F&E), Ökodesign, spezialisierte Ingenieurdienstleistungen, Handwerksleistungen und IT-Services.

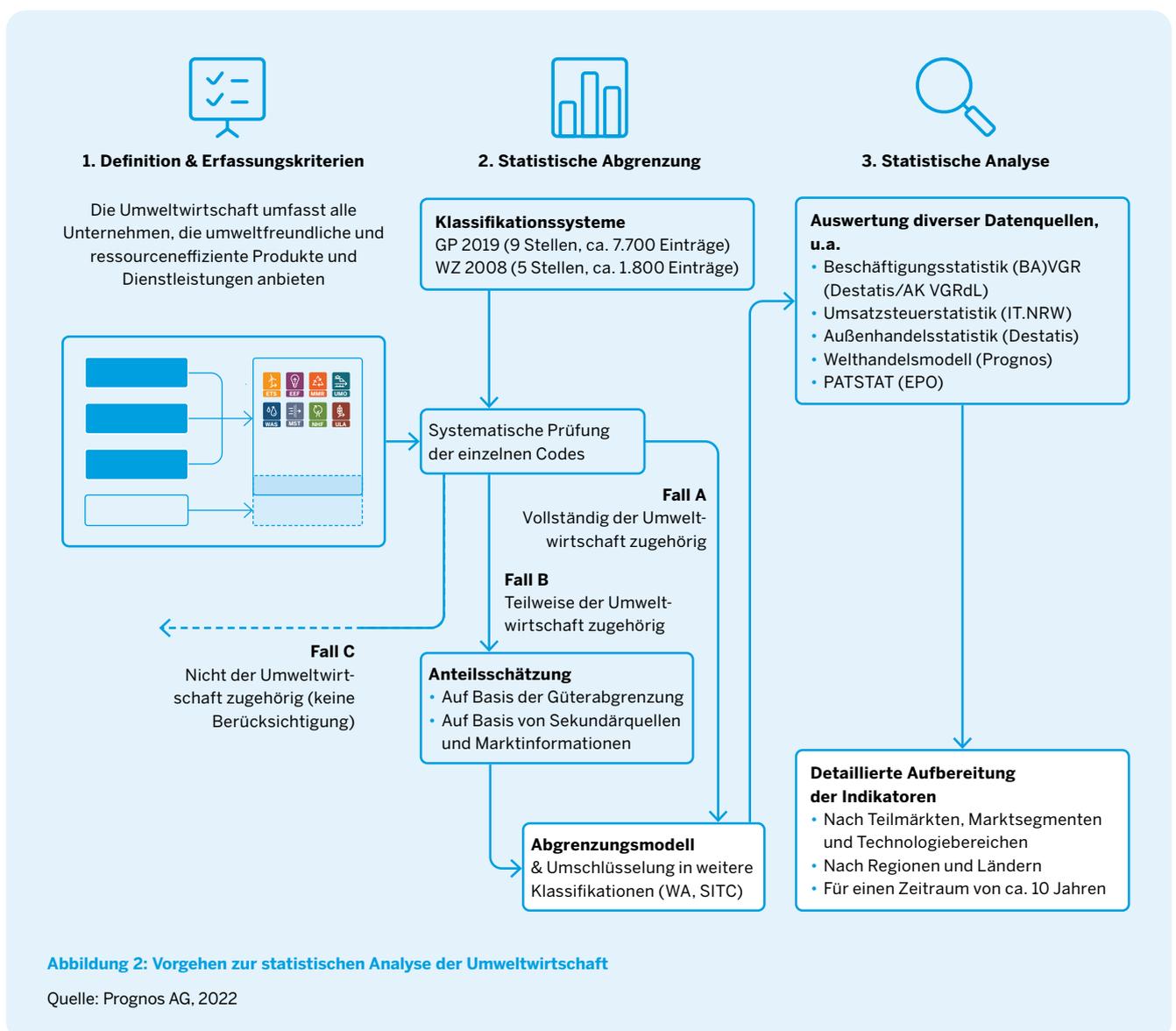
und der Erhöhung der Resilienz gegenüber tatsächlichen und noch zu erwartenden Klimafolgen beitragen.

## ZUSATZKRITERIUM KLIMAAANPASSUNGS-FUNKTION

- Die Klimaanpassung kann als Querschnittsaufgabe der Umweltwirtschaft betrachtet werden. Zugehörige Produkte und Dienstleistungen finden sich in den verschiedenen Teilmärkten der Umweltwirtschaft wieder. Um sie explizit zu erfassen, wurde mit dem Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2022 das Zusatzkriterium Klimaanpassungsfunktion entwickelt.
- Zur Klimaanpassungswirtschaft werden dabei Produkte und Dienstleistungen gezählt, welche zur vorbeugenden Vermeidung oder Minderung potenzieller Schäden

## 2.2 VORGEHEN ZUR STATISTISCHEN ANALYSE

Die statistische Erfassung der Umweltwirtschaft erfolgte über die amtlichen Wirtschaftsstatistiken auf Basis der zugrundeliegenden Systematik der Wirtschaftszweige und der Güterarten. **Abbildung 2** stellt das mehrstufige Vorgehen dar. Gemäß den beschriebenen Abgrenzungskriterien wurde die Zugehörigkeit jedes klassifizierten Wirtschaftszweigs und -guts zur Umweltwirtschaft geprüft (Schritt 1). Zu diesem Zweck erfolgte eine systematische Prüfung der 1.834 Wirtschaftszweige in der aktuellen Klassifikation WZ-2008<sup>5</sup> und der 7.630 Gütereinträge in der aktualisierten Klassifikation GP-2019<sup>6</sup> (Schritt 2). Des Weiteren erfolgte ein Matching der identifizierten Wirt-



schaftszweige und Gütereinträge sowie für einzelne Einträge eine auf Sekundärdaten basierende Schätzung der zu berücksichtigenden Anteile. Mit Hilfe des auf diese Weise entwickelten Abgrenzungsmodells wurden Daten verschiedener amtlicher Statistiken mit Umsteigeschlüsseln des Statistischen Bundesamts<sup>7</sup> und Eurostats<sup>8</sup> ausgewertet und aufbereitet (Schritt 3).

Die identifizierten Wirtschaftszweige und Gütergruppen werden in acht Teilmärkten systematisiert. Jeder Teilmarkt setzt sich aus verschiedenen Marktsegmenten und Technologiebereichen zusammen. Kern der Umweltwirtschaft sind Technologiebereiche, die zu Klima-, Ressourcen- und Umweltschutz beitragen. Im Marktsegment der **Erneuerbaren Energien** 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- und Beratungsleistungen.

Durch den ökologischen Mehrwert der Produkte und Dienstleistungen nimmt die Umweltwirtschaft die Rolle als Enabler einer Transformation der Gesamtwirtschaft hin zu einer Green Economy ein. Green Economy bedeutet in diesem Zusammenhang eine mit Natur und Umwelt im Einklang stehende, innovationsorientierte Volkswirtschaft, die schädliche Emissionen und Schadstoffeinträge in alle Umweltmedien vermeidet, auf einer Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft beruht und regionale Stoffkreisläufe so weit wie möglich schließt, den Einsatz nicht erneuerbarer Ressourcen absolut senkt (insbesondere durch eine effizientere Nutzung von Energie, Rohstoffen und anderen natürlichen Ressourcen und die Substitution nicht-erneuerbarer Ressourcen durch nachhaltig erzeugte erneuerbare Ressourcen), langfristig eine ausschließlich auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung erreicht und die biologische Vielfalt sowie Ökosysteme und ihre Leistungen erhält, entwickelt und wiederherstellt (vgl. UBA).<sup>9</sup>

Eine Übersicht der Systematik von Teilmärkten, Marktsegmenten und Technologiebereichen der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft ist im Folgenden dargestellt.

## 2.3 VORGENOMMENE ERGÄNZUNGEN FÜR DEN UMWELTWIRTSCHAFTSBERICHT 2022

Gegenüber dem Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2020 wurde das Betrachtungsspektrum hinsichtlich Klimaanpassungstechnologien und -dienstleistungen erweitert. Um diesen Bereich expliziter herauszuarbeiten, wurden im Rahmen des oben beschriebenen Zusatzkriteriums Klimaanpassungsfunktion eine Definiti-

on entwickelt, um entsprechende Leistungen zuordnen zu können. Zur Klimaanpassungswirtschaft wurden Produkte und Dienstleistungen gezählt, welche zur vorbeugenden Vermeidung oder Minderung potenzieller Schäden und der Erhöhung der Resilienz gegenüber tatsächlichen und noch zu erwartenden Klimafolgen beitragen. Ein Großteil dieser Leistungen war bereits im Rahmen der ursprünglichen Abgrenzung in der Umweltwirtschaft enthalten, teilweise wurden auf Basis der erweiterten Abgrenzung aber auch neue Aspekte aufgenommen. Dazu gehören die:

- Ergänzung des Marktsegmentes **Energieeffiziente Gebäude** durch weitere Dämmstoffe
- Ergänzung des Marktsegmentes **Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz** durch zusätzliche Produkte der Wasserinfrastruktur
- Ergänzung des Teilmarktes *Minderungs- und Schutztechnologien* (MST) durch den Technologiebereich „Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen“, welcher eine Reihe von Dienstleistungen und Produkten zusammenfasst

Darüber hinaus umfasste die Aktualisierung folgende Aspekte:

- Ergänzungen des Teilmarktes *Umweltfreundliche Mobilität* (UMO)
  - Aufnahme von Fahrzeugen mit Elektroantrieben
  - Erweiterte Berücksichtigung des Schienenverkehrs
- Ergänzung des Teilmarktes *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* (ETS)
  - Aufnahme von Technologien zur Defossilisierung und Elektrifizierung der Industrie
- Aktualisierung der Anteilsschätzungen
  - auf Basis aktualisierter Sekundärquellen, die zur Anteilsschätzung herangezogen wurden
  - insbesondere Überarbeitungen bei zirkulären und materialeffizienten Produktionsprozessen zur verbesserten Berücksichtigung der Circular Economy

Insgesamt resultieren die vorgenommenen Änderungen in einer umfassenderen Erfassung der Umweltwirtschaft. Mit der Weiterentwicklung der inhaltlichen Abgrenzung geht gemessen an der Zahl der Erwerbstätigen eine Zunahme von etwa 23 % einher. Davon entfällt ein Großteil auf Reparaturdienstleistungen als Teil der Circular Economy sowie auf die Erfassung der zusätzlichen Klimaanpassungsleistungen.

Abbildung 3: Teilmärkte, Marktsegmente und Technologiebereiche der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft



Teilmarkt	Marktsegmente	Technologiebereiche
	Erneuerbare Energien	Beratung und Forschung Bioenergie Geothermie Solar Wasserkraft Windenergie
	Intelligente Energiesysteme und Netze	IKT für Energiesysteme Netzausbau und -betrieb Netztechnik
	Speichertechnologie	Elektrochemische Speicherung von Energie Mechanische Speicherung von Energie Thermische Speicherung von Energie Grüner Wasserstoff
	Elektrifizierung in der Industrie	Elektrifizierung in der Industrie
	Energieeffiziente und resiliente Gebäude	Bau- und Installationsleistungen Dämmstoffe Gebäudetechnik
	Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	Abwärmenutzung Druckluft- und Pumpsysteme Installations- und Beratungsleistungen Prozessleit- und MSR-Technik
	Abfallbehandlung und -verwertung	Abfallbeseitigung Energetische Verwertung Stoffliche Verwertung
	Abfallsammlung und -transport	Abfallsammlung und -transport Straßenreinigung
	Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	Installations-, Reparatur- und Beratungsleistungen Materialeffiziente Verfahrenstechnologien Mess-, Steuer- und Regeltechnik
	Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	Kosmetik und Reinigungsmittel aus nachwachsenden Rohstoffen Materialforschung Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
	Technik für die Abfallwirtschaft	Anlagentechnik Fahrzeugtechnik Sammel- und Transportbehälter
	Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	Umweltfreundliche Verkehrsinfrastruktur Verkehrsmanagement
	Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	Öffentlicher Personenverkehr und Sharing-Systeme Umweltfreundliche Logistik
	Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	Alternative Fahrzeuge Antriebstechnologien Fahrzeugtechnologien
	Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	Wasser- und Abwassernetz Effiziente Wassernutzung
	Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	Wasserwirtschaft 4.0 (Messen, Analysieren, Steuern, Regeln)
	Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	Abwasserbehandlung Wassergewinnung und -aufbereitung
	Bodenschutztechnologien und -sanierung	Bodensanierung Bodenschutztechnologien
	Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien	Abgasrückführungssysteme Filtertechnik und Katalysatoren Lärmschutz in Gebäuden Messtechnik und Dienstleistungen Verkehrlicher Lärmschutz
	Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen
	Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	Holzwerkstoffe Sägeindustrie
	Nachhaltige Forstwirtschaft	Forstwirtschaft
	Nachwachsende Holzbaustoffe	Holzbaustoffe
	Agrarumweltmaßnahmen	Agrarumweltmaßnahmen
	Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	Grüne Agrartechnologien Neue Formen der Landwirtschaft Umweltfreundliche Tierhaltungstechnologien
	Ökologische und Regionale Landwirtschaft	Ökologische und Regionale Landwirtschaft

# 3 TEILMÄRKTE DER UMWELTWIRTSCHAFT IN NORDRHEIN-WESTFALEN

## 3.1 UMWELTFREUNDLICHE ENERGIEWANDLUNG, -TRANSPORT UND -SPEICHERUNG



Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* (ETS) umfasst Produkte und Dienstleistungen zur umweltfreundlichen Transformation des Energiesystems. Diese Transformation, also das Energiesystem von den fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien umzubauen, ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen und umweltbewusst gestalteten Wirtschaft. Aufgrund von witterbedingten Erzeugungsschwankungen liegt dabei neben der Bereitstellung ausreichender Energieerzeugungskapazitäten ein Fokus auch darauf, den CO<sub>2</sub>-frei erzeugten Strom effizient und intelligent zu verteilen und zu speichern. Aus diesen Anforderungen ergeben sich Anwendungsfelder für zahlreiche Produkte und Dienstleistungen, die in diesem Teilmarkt zusammengefasst sind. Sie werden in die folgenden Marktsegmente eingeteilt.

Das Marktsegment **Erneuerbare Energien** umfasst die erneuerbare Stromerzeugung aus den Quellen Wind- und 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, welche 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 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 in Nordrhein-Westfalen. Der Umbau des Verteilnetzes (Niederspannungsleitungen zwischen Verbrauchern bzw. dezentralen Erzeugern und höheren Netzebenen) dient der Anpassung an den steigenden Anteil dezentraler Strom-einspeisung durch Erneuerbare-Energien-Anlagen. Ergän-

**Tabelle 1: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung**

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Erneuerbare Energien</b>	Beratung und Forschung	Energieberatung für Fachplanung und Beratung sowie technische Forschung in diesem Bereich
	Bioenergie	Anbau von Energiepflanzen, Pellets und Holzhackschnitzeln, Biomasseöfen sowie Biogasanlagen
	Geothermie	Geothermische Wärmepumpensysteme
	Solar	Trägerkonstruktionen, Solarzellen, -module und Wechselrichter für Photovoltaikanlagen
	Wasserkraft	Wasserkraftturbinen, Wasserkraft- und Pumpspeicherkraftwerke
	Windenergie	Fundamente, Türme, Rotorblätter und Antriebsstränge einschließlich Getriebe, Lager, Generatoren für Windenergieanlagen
<b>Intelligente Energiesysteme und Netze</b>	IKT für Energiesysteme	Smart-Grid-Technologien, Smart Meters
	Netzausbau und -betrieb	Transformatoren sowie Elektrizitätsverteilungs- und -schalteinrichtungen für Umspannwerke zum Netzausbau und zur Verteilnetzanpassung
	Netztechnik	Energietechnische Messtechnik (für Smart-Meter)
<b>Speichertechnologie</b>	Elektrochemische Speicherung von Energie	Stromspeicher, d.h. Akkumulatoren und Kondensatoren, die aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit für den Einsatz im Energiesystem in Frage kommen, Wasserstoffgeneratoren für Wasserstoffspeicher oder „Power-to-Gas“
	Mechanische Speicherung von Energie	Schwungradspeicher
	Thermische Speicherung von Energie	Wärmespeicher und Speicherheizgeräte
	Grüner Wasserstoff	Pipelineinfrastruktur, Elektrolysegeräte sowie Wasserstoff-Heizkessel
<b>Elektrifizierung in der Industrie</b>	Elektrifizierung in der Industrie	Elektrische Industrieöfen, Dampfkessel, Elektrodenheizkessel sowie Elektromotoren und -generatoren für die industrielle Elektrifizierung

Tabelle 2: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Energieeffizienz und Energieeinsparung

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Energieeffiziente Gebäude</b>	Bau- und Installationsleistungen	Vorgefertigte Passiv-Holz Häuser, Installation von energieeffizienten Heizungs- und Lüftungssystemen bzw. Klimatechnik
	Dämmstoffe	Stoffe zur Wärmedämmung und -isolierung bzw. Materialien und Bauteile zur Dämmung und Abdichtung von Gebäudehüllen
	Gebäudetechnik	Leuchtdioden (als energieeffizienteste Beleuchtungstechnologie und somit umweltfreundliches Substitut für sämtliche andere Lampen)
<b>Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien</b>	Abwärmenutzung	Technologien zur Kraft-Wärme-Kopplung: Heiz-Kraft-Anlagen/Blockheizkraftwerke
	Druckluft- und Pumpsysteme	Wärmepumpen (zur energieeffizienten Erwärmung in Produktionsprozessen), Effiziente Druckluft- und Hydrauliksysteme Energieeffiziente Produktionsplanung und Design, Planung energieeffizienter Gebäude
	Installations- und Beratungsleistungen	Energieeffiziente Produktionsplanung und Design
	Prozessleit- und MSR-Technik	Regel- und digitale Vernetzungstechnik für energieeffizientere Produktion, LED-Lampen und -Geräte

zend 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, welche konventionelle Produktionsverfahren ersetzen und mit umweltfreundlichen Alternativen einen Teil zur Transformation zu einer defossilisierten Industrie beitragen. Dazu gehören beispielweise Elektrostrahlöfen und Elektrolichtbögen zur Stahlherstellung, ebenso wie elektrische Dampfkessel und Elektrodenheizkessel.

### 3.2 ENERGIEEFFIZIENZ UND ENERGIEEINSPARUNG



Neben dem Ausbau von Erzeugungsanlagen und Versorgungsstrukturen für Erneuerbare Energien stellt die Verringerung des Energieverbrauchs die zweite Säule der Transformation zu einem langfristigen nachhaltigen Energiesystem dar. Neue Technologien steigern dazu die Energieeffizienz und ermöglichen Energie-

einsparungen. Gleichzeitig können sie die Resilienz von Gebäuden gegenüber sehr hohen oder niedrigen Temperaturen erhöhen und somit einen Teil zur Klimaanpassung beitragen.

Hierbei wird unterschieden zwischen Effizienz-Enablern und effizienten Produkten. Die Umweltwirtschaft umfasst davon nur die Effizienz-Enabler. Dies beinhaltet Technologien und Dienstleistungen, die effizientere Produktionsprozesse ermöglichen oder die Effizienz von Gebäuden erhöhen. Dagegen werden Produkte, welche aus einer effizienten Produktion hervorgegangen sind, oder solche, die sich durch eine Effizienzsteigerung im Verbrauch auszeichnen, nicht zur Umweltwirtschaft gezählt bzw. bei der statistischen Abgrenzung der Umweltwirtschaft nicht erfasst.

Der Teilmarkt gliedert sich in zwei Marktsegmente: Das Marktsegment **Energieeffiziente Gebäude** vereint Produkte, welche die Energieeffizienz und Temperaturresilienz von Gebäuden erhöhen. Dies sind zumeist gebäudetechnisch integrierte Geräte oder Materialien, beispielsweise Dämmstoffe oder energieeffiziente Leuchtechnik. 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.

### 3.3 MATERIALIEN, MATERIALEFFIZIENZ UND RESSOURCENWIRTSCHAFT



Der Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* (MMR) beinhaltet einen umweltschonenden Umgang mit Materialien und Rohstoffen. 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 in der Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalens besonders bedeutsame Teilmarkt 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 Ver-

bundstoffe, die umweltschädliche Stoffe oder knappe Ressourcen ersetzen können.

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.

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.

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.

**Tabelle 3: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft**

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Abfallbehandlung und -verwertung</b>	Abfallbeseitigung	Abfalldeponierung, Fachgerechte Beseitigung gefährlicher Abfälle
	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung von Abfällen, Deponiegas
	Stoffliche Verwertung	Rückgewinnung von Wertstoffen (z. B. Eisen, Aluminium, Kupfer, Papier)
<b>Abfallsammlung und -transport</b>	Abfallsammlung und -transport	Abfallsammlung
	Straßenreinigung	Straßenreinigung
<b>Materialeffiziente Produktionsprozesse und Technologien</b>	Installations-, Reparatur und Beratungsleistungen	Ingenieurbüros für technische Fachplanung und Ingenieurdesign, Industrie- und Produktdesign, Planung und Installation von industriellen Prozesssteuerungsanlagen
	Materialeffiziente Verfahrenstechnologien	Technik zur Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung (Metallverarbeitung)
	Mess-, Steuer- und Regeltechnik	Regeltechnik, Informationstechnik und Sensorik
<b>Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien</b>	Kosmetik und Reinigungsmittel aus nachwachsenden Rohstoffen	Bio-Wasch- und Reinigungsmittel, Naturkosmetik
	Materialforschung	Stoffanalysen und Materialuntersuchungen sowie Forschung und Entwicklung
	Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	Naturfasern, Naturfarben und -lacke, Biokunststoffe, Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Verbundstoffe
<b>Technik für die Abfallwirtschaft</b>	Anlagentechnik	Bestandteile für thermische Abfallbehandlungsanlagen, Instrumente zur Abfallbehandlung/-analyse, Einrichtungen zum Agglomerieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall
	Fahrzeugtechnik	Müllfahrzeuge, Kehr- und Kehrsaugmaschinen
	Sammel- und Transportbehälter	Mülltüten aus Papier, Abfallbehälter
	Sonstiges	Forschung und Entwicklung, Untersuchungen u. a.

**Tabelle 4: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Umweltfreundliche Mobilität**

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur</b>	Umweltfreundliche Verkehrsinfrastruktur	Betrieb von Bahnhöfen und Hafenlogistik, Schienen- und Trassenbau, Ladepunkte für E-Fahrzeuge, lärmindernde Verkehrsinfrastruktur (z. B. Flüsterasphalt)
	Verkehrsmanagement	Navigationsysteme oder Software für Verkehrsanalyse und -management
<b>Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen</b>	Öffentlicher Personenverkehr und Sharing-Systeme	ÖPNV und der öffentliche Personenfernverkehr, Carsharing: Nutzer verzichten gemäß dem „Teilen-statt-Besitzen-Konzept“ auf den eigenen Pkw und reduzieren so den Bedarf an Fahrzeugen.
	Umweltfreundliche Logistik	Logistik und Frachturnschlag des Schienenverkehrs und der Schifffahrt
<b>Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien</b>	Alternative Fahrzeuge	Antriebstechnologien bzw. Mobilitätsprodukte, die eine grundsätzliche Alternative zu umweltschädlicheren Mobilitätsvarianten darstellen, z. B. Schienen- und Fahrrad- sowie Schiffsgüterverkehr
	Antriebstechnologien	Biokraftstoffe, Elektromobilität, Elektromotoren und Ladestationen sowie Schienenverkehr und ÖPNV
	Fahrzeugtechnologien	Effizienzsteigernde Systeme für Fahrzeuge (z. B. Rekuperationsbremsen oder Leichtlaufreifen)

Im Marktsegment **Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse** werden Produkte und Dienstleistungen erfasst, die zu einer Steigerung der Materialeffizienz industrieller Produktionsprozesse beitragen. Dieses Marktsegment trägt, beispielweise in Form von Reparaturdienstleistungen, einen großen Beitrag dazu bei, die Wirtschaft hin zu einer Circular Economy zu transformieren. Analog zur Abgrenzung des Teilmarktes *Energieeffizienz und Energieeinsparung* (EEF) werden hier die Anbieter von Enabler-Technologien und -Dienstleistungen erfasst, nicht aber die Anwender dieser Technologien und deren Produkte.

### 3.4 UMWELTFREUNDLICHE MOBILITÄT

 In der immer weiter globalisierten, vernetzten Welt spielt der Mobilitätssektor eine Schlüsselrolle. Sowohl der Individualverkehr als auch der Güterverkehr wachsen kontinuierlich. Dies geht mit erheblichen Treibhausgasen, Schadstoffausstößen, Lärm und Flächenverbrauch einher. Im Zuge der Klimaschutzbestrebungen finden zunehmend umweltfreundliche Mobilitätsangebote Einzug in die Gesellschaft. Hierbei soll Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen erhalten und die negativen Effekte des Verkehrs reduziert werden.

Umweltfreundliche Mobilitätsprodukte ermöglichen eine emissionsreduzierte und ressourcenschonende Beförderung von Gütern und Personen und tragen maßgeblich zu einer nachhaltigen Transformation des Transportwesens bei. Aus diesem Grund sind sie eindeutig der Umweltwirtschaft zuzuordnen. Dieser Teilmarkt umfasst sowohl innovative Technologielinien im Mobilitäts- und Transportbereich, etwa Elektromobilität oder Biokraftstoffe, als auch etablierte Mobilitätsalternativen. Daneben umfasst der

Teilmarkt 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 Teilmarkt zugeordnet.

Das Marktsegment **Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien** umfasst die wesentlichen technologischen Enabler-Produkte dieses Teilmarktes, 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.

### 3.5 WASSERWIRTSCHAFT

 Sauberes Wasser ist unentbehrlich, um funktionierende ökologische und biologische Systeme und damit letztlich eine intakte Umwelt zu erhalten. Um langfristig eine sichere Versorgung mit Trinkwasser zu ge-

**Tabelle 5: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Wasserwirtschaft**

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement</b>	Wasserwirtschaft 4.0 (Messen, Analysieren, Steuern, Regeln)	Instrumente der Hydrologie, Wasseranalysegeräte, physikalische und chemische Untersuchungen, Forschung und Entwicklung
	Effiziente Wassernutzung	Teile für mechanische Apparate zur Wasserverteilung
<b>Wasser- und Abwasserinfrastruktur</b>	Wasser- und Abwassernetz	Wasserrohre, Schlauch- und Dichtungssysteme, Pumpen und Armaturen, zugehörige Bauteile (z. B. Straßenkappen), der Rohrleitungstiefbau, Wasserinstallation
<b>Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung</b>	Abwasserbehandlung	Kläranlagenbau, Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Wasser sowie deren Installation
	Wassergewinnung und -aufbereitung	Filter (bestimmte Arten von Sand, Kies oder Textilien), Chemikalien (z. B. Ozon, Chlor, Lösungsmittel)

währleisten, hat die *Wasserwirtschaft* (WAS) in Deutschland zur Aufgabe, die Nutzung der Wasservorkommen nachhaltig zu 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 bzw. -gebrauch 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. Die *Wasserwirtschaft* wird aus diesem Grund vollständig zur Klimaanpassung gerechnet, da sie maßgeblich von Klimawandelfolgen beeinflusst wird. 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 Umweltwirtschaft 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, welche sich durch einen sparsamen Verbrauch auszeichnen, diesem Marktsegment zugerechnet.

Das Marktsegment **Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung** umfasst die verschiedenen Dienstleistungen zur Wasserversorgung und Abwasser-

entsorgung 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.

### 3.6 MINDERUNGS- UND SCHUTZ-TECHNOLOGIEN

 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 Gegebenheiten. Die technologischen Enabler dieser Vorgänge und die damit verbundenen Dienstleistungen werden im Teilmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien* (MMR) 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 Teilmarktes, 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 Teilmarkt.

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 Sicher-

Tabelle 6: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Minderungs- und Schutztechnologien

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Bodenschutztechnologien und -sanierung</b>	Bodensanierung	Nährstoffverbindungen, die im Laufe von Bodensanierungsverfahren degradiertem Boden beigesetzt werden (Stickstoff- und Phosphatverbindungen), spezielle Öfen, Pumpen und Mechanik
	Bodenschutztechnologien	Chemikalien, Materialien und Geräte zur Filterung, entweder von Abluft bzw. Abwasser (bei chemisch-physikalischen oder mechanischen Bodensanierungsverfahren)
<b>Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien</b>	Abgasrückführungssysteme	Produkte der Lüftungstechnik, die zu einer saubereren Luft beitragen oder für CO <sub>2</sub> -Speicherung eingesetzt werden
	Filtertechnik und Katalysatoren	Chemikalien (z. B. Aktivkohle), Grundstoffe (v. a. Textilien) und Geräte (z. B. Feinstfilterapparate) zur Luft- bzw. Abgasfilterung
	Lärmschutz in Gebäuden	Materialien und Produkte zur Schalldämmung und -dämpfung
	Messtechnik und Dienstleistungen	Baudienstleistungen, Installation, Ingenieurdienstleistungen
	Verkehrlicher Lärmschutz	Lärmschutzwände
<b>Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen</b>	Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	Planung, Beratung, Versicherung und Risikoprävention im Bereich der Klimaanpassung. Außerdem architektonische Dienstleistungen und Installationsdienste für klimaangepasste Gebäude und Infrastruktur

heitsbehälter für den Transport von Gefahrgut. Insbesondere die Bodensanierung als nachträgliche Beseitigung von Umweltverschmutzung und Altlasten spielt im Teilmarkt eine wichtige Rolle.

Das Marktsegment **Lärminderungs- 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, welche 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.

### 3.7 NACHHALTIGE HOLZ- UND FORSTWIRTSCHAFT



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. Dabei sorgen die wirtschaftenden Forstbetriebe dafür, dass die Wälder weiterhin ihre ökologische, soziale und ökonomische Funktion erfüllen können. Mittelfristig muss die *Nachhaltige Holz- und*

Tabelle 7: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe</b>	Holzwerkstoffe	Es werden verschiedene Holzwerkstoffe berücksichtigt, die als direkte Produkte aus der Sägeindustrie hervorgehen (u. a. Schnittholz, Profilbretter, Pfähle und Masten, Holzwohle, Einzelteile für Bodenbeläge aus Holz, etc.).
	Sägeindustrie	Holzbearbeitung zur Bereitstellung von Holzwerkstoffen der Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke
<b>Nachhaltige Forstwirtschaft</b>	Forstwirtschaft	Forstwirtschaft und Holzeinschlag, unterstützende Dienstleistungen wie Waldbestandsaufnahme, forstwirtschaftliche Beratungsleistungen, Waldbrandbekämpfung und -schutz
<b>Nachwachsende Holzbaustoffe</b>	Holzbaustoffe	Substitution durch Holz im Baubereich

*Forstwirtschaft* (NHF) hier neue Wege gehen und neue Geschäftsmodelle erschließen, z. B. durch verschiedene Erholungs- und Tourismusangebote.

Als Teil dieser nachhaltigen und multifunktionalen Bewirtschaftung werden alle dazu notwendigen Dienstleistungen und Produkte im Teilmarkt *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* zusammengefasst. Zusätzlich umfasst der Teilmarkt alle 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. Dieser erfährt unter der Einhaltung von Sicherheitsstandards und -vorgaben zurzeit eine deutliche Renaissance als Alternative zu weniger umweltfreundlichen Baustoffen wie Beton.

Das Marktsegment **Nachhaltige Forstwirtschaft** umfasst sämtliche forstwirtschaftliche Leistungen. Diese Einordnung folgt der wirtschaftsstatistischen Klassifikation von Holzeinschlag, Forstwirtschaft und der Erbringung von Dienstleistungen für diese.

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 **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.

### 3.8 UMWELTFREUNDLICHE LANDWIRTSCHAFT



Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) umfasst zum einen ökologische und regionale Landwirtschaftsprodukte, 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. Daraus folgt die Aufteilung des Teilmarktes in drei Marktsegmente.

Das Marktsegment **Ökologische und Regionale Landwirtschaft** beinhaltet den ökologischen Anbau von Pflanzen und die ökologische Tierhaltung nach der EG-Öko-Verordnung. Ökologischer Landbau definiert sich durch möglichst naturschonende Produktionsmethoden in einem ganzheitlichen Konzept. Von diesen geht eine Transformationswirkung auf die Landwirtschaft insgesamt aus. Durch offizielle Bio-Siegel können Produzenten und Güter aus ökologischer Landwirtschaft als umweltfreundliche Substitute von konventionellen Produkten unterschieden werden. Daneben gehen auch regionale Produkte in dieses Marktsegment ein. Regional beschaffte landwirtschaftliche Produkte reduzieren transportbedingte Umweltbelastungen und ersetzen Produkte, die aus großer Entfernung angeliefert werden müssen. 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 Gerät-

**Tabelle 8: Marktsegmente und Technologiebereiche im Teilmarkt Umweltfreundliche Landwirtschaft**

Marktsegment	Technologiebereich	Produkte und Dienstleistungen umfassen u. a.
<b>Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft</b>	Grüne Agrartechnologien	Agrartechnik zur mechanischen und thermischen Unkrautregulierung, Agrartechnik zur Ausbringung fester, organischer Dünger, Mährescher mit zwei- oder mehrphasigen Trennsystemen für Mischkulturen, Ökologische Pflanzenschutzmittel, bodenschonende Bereifung für Agrarfahrzeuge
	Neue Formen der Landwirtschaft	Forschung und Entwicklung, (Tröpfchen-)Bewässerungstechnologien, Beleuchtungstechnik für das Pflanzenwachstum
	Umweltfreundliche Tierhaltungstechnologien	Technologien für eine moderne Tierhaltung, die zur Steigerung des Tierwohls beitragen (Stallbautechnik, Sensorik, Melk-, Tränk- und Fütterungsanlagen)
<b>Ökologische und Regionale Landwirtschaft</b>	Ökologische und Regionale Landwirtschaft	Bio-Produkte, regional vertriebene Produkte
<b>Agrarumweltmaßnahmen</b>	Agrarumweltmaßnahmen	Landwirtschaftliche Dienstleistungen für den Natur- und Umweltschutz, insbesondere flächenbezogene Maßnahmen wie Blüh- und Schonstreifen und Vertragsnaturschutz

schaften, 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.

Das Marktsegment **Agrarumweltmaßnahmen** 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. Diese häufig politisch geförderten Maßnahmen tragen dazu bei, Böden, Gewässer und Ökosysteme zu schützen, die Biodiversität zu fördern und Kulturlandschaften zu pflegen. Der Ökolandbau, welcher ebenfalls zu Agrarumweltmaßnahmen gezählt wird, wird hier auf Grund der Überschneidung mit dem ersten Marktsegment nicht berücksichtigt.

# 4 BEWERTUNG DER ÖKOLOGISCHEN WIRKUNG DER UMWELTWIRTSCHAFT

Ergänzend zur ökonomischen Analyse nimmt der Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2022 eine Untersuchung der ökologischen Wirkung der Querschnittsbranche vor. Beide Seiten – die ökologische wie die ökonomische – werden angebotsseitig erfasst, konzentrieren sich also auf die angebotenen Leistungen der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft. Dabei muss stets der

ökologische Nutzen betrachtet werden, der konkret mit den in Nordrhein-Westfalen erbrachten Leistungen verknüpft werden kann. Dies ist mit analytischen Herausforderungen verbunden, da die ökologischen Wirkungen oftmals erst auf der Anwendungsseite stattfinden. Die vorhandene Literatur setzt daher in der Regel hier in der Betrachtung an. Eine konkrete Ermittlung der ökologi-

Teilmarkt	Marktsegment	Klimaschutz	Ressourcenschutz	Luftreinhaltung	Bodenschutz	Gewässerschutz	Lärmschutz	Erhalt der Biodiversität	Verbesserung des Stadt- und Landschaftsbildes
EEF	Energieeffiziente und resiliente Gebäude	P							
EEF	Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	P							
MMR	Abfallbehandlung und -verwertung	S	P	S	S	S			
MMR	Abfallsammlung und -transport	S	P						S
MMR	Materialeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	S	P						
MMR	Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien		P						
MMR	Technik für die Abfallwirtschaft	S	P		S				
MST	Bodenschutztechnologien und -sanierung				P	S		S	
MST	Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien			P					
MST	Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen				S	S		S	S
NHF	Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	S	P						
NHF	Nachhaltige Forstwirtschaft	S	P	P	S	S		S	
NHF	Nachwachsende Holzbaustoffe	S	P						
ETS	Erneuerbare Energien	P		S					
ETS	Intelligente Energiesysteme und Netze	P							
ETS	Speichertechnologie	P							
ULA	Agrarumweltmaßnahmen	S			P	P		P	P
ULA	Ökologische und Regionale Landwirtschaft	S	S	S	P	P		P	P
ULA	Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft		S		P	P		P	
UMO	Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	P	S	P			S		
UMO	Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	P	S	P					
UMO	Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	P		S					
WAS	Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement		S			P		S	
WAS	Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz		S			P		S	
WAS	Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung		S			P		S	

P Primärer Wirkbereich S Sekundärer Wirkbereich

EEF Energieeffizienz und Energieeinsparung MMR Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft MST Minderungs- und Schutztechnologien NHF Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft ETS Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung ULA Umweltfreundliche Landwirtschaft UMO Umweltfreundliche Mobilität WAS Wasserwirtschaft

Abbildung 4: Primäre und sekundäre Wirkbereiche ausgewählter Marktsegmente der Umweltwirtschaft

Quelle: Prognos/IÖW

schen Effekte auf Branchenebene findet sich hingegen kaum. Aus diesem Grund folgt die Untersuchung auf den folgenden Seiten einem explorativen Ansatz. Dabei werden die Umweltwirkungen relevanter Technologiebereiche aus den Teilmärkten der Umweltwirtschaft analysiert und – wenn möglich – quantifiziert. Auf diese Weise wird erstmals ein umfangreiches Bild des ökologischen Mehrwertes der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft gezeichnet.

## 4.1 GENERELLES VORGEHEN

Die Umweltwirtschaft umfasst alle Unternehmen, die klimaschützende beziehungsweise umweltfreundliche und ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen anbieten und zur Anpassung an die Klimawandelfolgen beitragen. Aufgrund dieses primären Wirkbereichs werden die Produkte bzw. Dienstleistungen als Teil der Umweltwirtschaft klassifiziert. Jeder Teilmarkt der Umweltwirtschaft leistet aber darüber hinaus in mehreren ökologischen Dimensionen zusätzliche positive sekundäre Wirkungen und damit einen erweiterten Beitrag zum Umweltschutz. Beispielsweise haben Recyclingprozesse eine primäre Wirkung auf den Ressourcenschutz. Darüber hinaus können sich daraus positive Nebeneffekte (sekundäre Wirkungen) für den Klimaschutz ergeben.

Im Rahmen der vorliegenden explorativen Untersuchung werden die folgenden ökologischen Wirkbereiche betrachtet:

- Klimaschutz
- Ressourcenschutz
- Luftreinhaltung
- Bodenschutz
- Gewässerschutz
- Lärmschutz
- Erhalt der Biodiversität
- Verbesserung des Stadt- und Landschaftsbildes

Ferner können zahlreiche andere Umweltwirkungen auftreten, die beispielsweise in Ökobilanzen erfasst, aber im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet werden.

In der folgenden Tabelle sind die jeweiligen primären und sekundären Umweltwirkungen der verschiedenen Marktsegmente abgebildet. Ziel des Mappings ist ein Gesamtüberblick der erwarteten wesentlichen Umweltwirkungen der Teilmärkte. Dabei ist hervorzuheben, dass hier auf die wesentlichen Leistungen der Umweltwirtschaft fokussiert wird und keine Gesamtbilanzierung erfolgt.

Die Differenzierung in Primär- und Sekundärwirkung dient der Einordnung der Wirklogik und kann nicht mit einer Aussage über ihre relative Größe gleichgesetzt werden. Primäre Wirkungen ergeben sich aus dem vordergründigen ökologischen Nutzen einer ökonomischen Leistung,

der die Grundlage dafür bildet, dass diese Leistung der Umweltwirtschaft zugeschrieben wird. Sekundäre Wirkungen stellen zusätzliche Wirkungen dar. Zum Beispiel ist es das vordergründige ökologische Nutzenversprechen von Recyclingtechnologien, Sekundärrohstoffe bereitzustellen und so einen Beitrag zum Ressourcenschutz zu leisten (primäre ökologische Wirkung). Zusätzlich ergeben sich aber auch weitere Effekte. So werden etwa Treibhausgasemissionen eingespart, weil weniger Primärrohstoffe produziert werden müssen (sekundäre ökologische Wirkung). Wie der Ergebnisteil des Umweltwirtschaftsberichtes zeigt, ist es möglich, dass eine sekundäre Wirkung größer ausfällt als die primären Leistungen. Zum Beispiel liegt der Klimaschutzeffekt der Materialwirtschaft insgesamt über den Einsparungen der erneuerbaren Energien. Neben den beschriebenen positiven primären und sekundären ökologischen Wirkungen können sich zusätzlich negative Effekte einzelner Teilmärkte ergeben, die jedoch in diesem Bericht nicht betrachtet werden.

Die Quantifizierung der ökologischen Effekte erfolgt über einen explorativen Ansatz. Dieser stützt sich soweit möglich auf in der Literatur vorhandene Kennwerte zu bestimmten Umwelteffekten und bezieht diese auf die Leistungen der NRW-Umweltwirtschaft.

Um eine Vergleichbarkeit über die verschiedenen Umweltbereiche hinweg sowie in Bezug auf die ökonomischen Wirkungen der Umweltwirtschaft zu ermöglichen, werden die Effekte zusätzlich monetarisiert. Direkten Umweltschäden werden also konkrete Kostenbeträge zugewiesen. Hierzu stellt die wissenschaftliche Literatur verschiedene Methoden zur Verfügung. Eine wesentliche Basis bildet die Methodenkonvention 3.1 des Umweltbundesamtes (UBA). Diese stellt Kostensätze für verursachte Emissionen zur Verfügung. Über diesen Weg kann aus den geleisteten Umweltwirkungen auch auf vermiedene Kosten von Umweltschäden geschlossen werden.

Für jede ökologische Primärwirkung wurde eine fallspezifische Berechnungsmethode entwickelt, um die Umwelteffekte der konkreten ökonomischen Leistungen zu ermitteln. Das methodische Vorgehen unterscheidet sich jeweils aufgrund der verschiedenen Wirkzusammenhänge. Grundsätzlich wurde die relevante Fachliteratur herangezogen, um eine größtmögliche Validität der Ergebnisse zu gewährleisten. Während einige Berechnungen gut an bestehende Arbeiten anknüpfen konnten, musste in anderen Fällen ein mehr explorativer Ansatz gewählt und eine Reihe von Annahmen getroffen werden, die in den einzelnen Bereichen weiter unten jeweils näher erläutert werden. Annahmen wurden dabei in der Regel eher vorsichtig getroffen, sodass die tatsächlichen ökologischen Leistungen der Umweltwirtschaft vermutlich höher liegen.

Die verschiedenen Methoden lassen sich in zwei grundsätzliche Ansätze zusammenfassen:

- I **Wertschöpfungsansatz:** Güter und Technologien der NRW-Umweltwirtschaft werden über die Landesgrenzen hinweg gehandelt, sodass sich die ökologische Wirkung räumlich nicht näher bestimmen lässt. Dennoch sind die Effekte teilweise auf die Leistungen der hiesigen Umweltwirtschaft zurückzuführen. Um sie zu erfassen, muss daher die Wirkung einzelner Leistungen bzw. Produkte, Anlagen und Komponenten betrachtet werden. Ihr jeweiliger Beitrag am Gesamteffekt kann entsprechend ihres Anteils in der Wertschöpfungsketten eingeordnet werden. Sofern mit Hilfe der Literatur einzelnen Leistungen ein konkreter Umwelteffekt zugeschrieben werden kann, wird ein entsprechender Faktor gebildet und mit der erfassten Bruttowertschöpfung verrechnet.
- I **Regionalansatz:** Der zweite Ansatz zur Quantifizierung greift für diejenigen Leistungen der Umweltwirtschaft, die sowohl in der Bereitstellung als auch in der ökologischen Wirkung vollständig in Nordrhein-Westfalen verortet werden können. In manchen Fällen handelt es sich dabei um Leistungen, die in gewisser Weise einen Standard darstellen und als selbstverständlich wahrgenommen werden (z. B. Abwasserreinigung). Um diese Leistungen der Umweltwirtschaft zu erfassen, werden kontrafaktische Vergleichsszenarien gebildet, in denen es diese Leistungen der Umweltwirtschaft nicht gäbe. Der Regionalansatz nutzt ebenfalls verfügbare Faktoren aus der Literatur, stellt insgesamt aber ein stark aggregiertes Vorgehen dar. Die Entwicklung der kontrafaktischen Szenarien basiert auf vereinfachten Annahmen, z. B. die komplette Substitution durch umweltschädlichere Alternativen oder das Nichtvorhandensein bestimmter Funktionen. Etwaige differenzierte Verlagerungs- oder Sekundäreffekte konnten im Rahmen des Vorhabens nicht belastbar abgeschätzt werden (z. B. das Auftreten von Rebound-Effekten).

## 4.2 KONKRETES VORGEHEN ZUR ERFASSUNG DER VERSCHIEDENEN UMWELTBEREICHE

### 4.2.1 KLIMASCHUTZ

Für die nachfolgend genannten Teilmärkte konnten Emissionsmengen quantifiziert werden und mit Hilfe der Methodenkonvention 3.1 des Umweltbundesamtes (UBA) monetarisiert werden.<sup>10</sup> Dabei wird für alle Teilmärkte der gleiche monetäre Wert angesetzt.



Um die Klimaschutzleistung der *Umweltfreundlichen Energiewandlung, -transport und -speicherung* (ETS) zu bemessen, wird für Windkraft, Solar, Wasserkraft, Bioenergie und Geothermie der Quotient von eingesparten Emissionen zu Kosten je installierter Leistungseinheit gebildet. Dafür wird der Emissionsminderungsfaktor des UBA<sup>11</sup> herangezogen und mit durchschnittlichen Volllaststunden verrechnet. Mit Hilfe von Studien zu den Kostenbestandteilen einer Anlage<sup>12</sup> kann der Einsparungseffekt weiter aufgeschlüsselt und einzelnen Komponenten zugeschrieben werden. Diese Faktoren werden mit der Bruttowertschöpfung in NRW verrechnet und auf die geschätzte Lebensdauer der Technologie hochgerechnet.



*Energieeffizienz und Energieeinsparung* (EEf): Neben der klimaneutralen Energiewandlung steht die Reduktion des Energieverbrauches im Zentrum der Klimaschutzbemühungen. Sowohl für private Haushalte als auch gewerbliche Verbräuche sind Effizienztechnologien von großer Bedeutung, um die energiebedingten Emissionen zu mindern.

- I **Gebäude-Dämmung:** Auf der Grundlage von Kosten-Nutzen-Analysen für Dämmstoffe wird der Energieeinsparungseffekt für ein Referenzhaus geschätzt und in ein Verhältnis zu den Kosten gesetzt.<sup>13</sup> Dieser Einsparungsfaktor wird wiederum mit der Bruttowertschöpfung in NRW für Dämmung verrechnet und auf 30 Jahre erwartete Nutzungsdauer umgelegt.

- I **Verarbeitendes Gewerbe (VG) & Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD):** Auf der Grundlage von Verbrauchsstatistiken der AG Energiebilanzen wird die Trendentwicklung des Energieverbrauchs im Sektor VG und GHD zwischen 1990 und 2020 erfasst.<sup>14</sup> Der Trend wird in ein Verhältnis zur Entwicklung der gesamten Bruttowertschöpfung gesetzt. Unter der Annahme eines kontrafaktischen Szenarios, dass für die Wertschöpfungsleistung im Jahr 2020 die Energieproduktivität von 1990 annimmt, lässt sich die Differenzmenge an Energiebedarf ableiten, die heute verbraucht würde, hätte es keine Energieeffizienzmaßnahmen gegeben. Die eingesparte Energiemenge wird mit durchschnittlichen Emissionen der zugrunde liegenden Energieträger multipliziert. Der NRW-Umweltwirtschaft wird ein Effektanteil für das Jahr 2020 zugerechnet.



Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* (UMO) finden sich eine Reihe verschiedener Technologien und Leistungen, die einen wichtigen Beitrag zur Minderung der Verkehrsemissionen leisten. Entsprechend wurden jeweils unterschiedliche Ansätze entwickelt.

- I **Biokraftstoff:** Je Liter Normal-Kraftstoff wird die durchschnittliche Emissionsmenge geschätzt. Auf-

grund der gesetzlichen Anforderung wird angenommen, dass ein Liter Biokraftstoff 50 % emissionseffizienter ist (Mindestanforderung).<sup>15</sup> Entsprechend ergibt sich ein Einsparungsfaktor je Liter und dem dazugehörigen Eurobetrag.<sup>16</sup> Verrechnet mit der Bruttowertschöpfung in NRW für Biokraftstoff ergibt sich die Gesamteinsparung.

- I E-Mobilität:** Aus einer Studie des UBA wird ein durchschnittlicher Emissionseinsparungswert eines E-Autos gegenüber Normalbenzinern herangezogen (über alle Lebenszyklen und 150.000 km Fahrleistung).<sup>17</sup> Aus dem geschätzten Kaufpreis eines durchschnittlichen Fahrzeugs von 30.000 Euro ergibt sich das Einsparung/Kosten Verhältnis, das folgend mit der Bruttowertschöpfung der E-Mobilität in NRW verrechnet wird.
- I Fahrzeugtechnologien:** Aus der Differenz der Flottengrenzwerte 2012 und 2020 (35g/km geringer)<sup>18</sup> wird auf die Einsparleistung der Fahrzeugtechnologien geschlossen, die diese Verringerung erzielen. Verrechnet mit der Lebensfahrleistung von 150.000 km und den angenommenen Fahrzeugkosten von 30.000 Euro ergibt sich der Emissionseinsparungsfaktor, der mit der Bruttowertschöpfung in NRW verrechnet wird.
- I Öffentlicher Personenverkehr:** Mit Hilfe eines kontrafaktischen Szenarios soll die jährliche Emissionseinsparung ermittelt werden, die zusätzlich verursacht würde, gäbe es den ÖPV nicht. Das UBA gibt für die Personenkilometer in Deutschland den Anteil für PKW, ÖPV, Luft-, Fuß- und Radverkehr an,<sup>19</sup> die anhand des Bevölkerungsanteils auf NRW umgerechnet werden. Für das kontrafaktische Szenario werden die Personenkilometer des ÖPV auf die übrigen Verkehrsmittel entsprechend den heutigen prozentualen Anteilen umverteilt. Die Differenz der jeweils geleisteten Personenkilometer wird mit Emissionsfaktoren des UBA verrechnet.<sup>20</sup>
- I Nachhaltige Logistik:** Mit Hilfe eines kontrafaktischen Szenarios wird erneut geschätzt, welche Emissionsmenge durch die nachhaltige Logistik (Bahn und Schiff) eingespart wird. Das UBA nennt die Anteile der Tonnenkilometer die auf der Straße (LKWs), dem Schiff, den Zügen und in der Luft geleistet werden. Aus der Differenz des Gegenwartsszenarios und den umgelegten Tonnenkilometern von Bahn und Schiff auf die übrigen Mittel ergibt sich die veränderte Verkehrsleistung, die mit Emissionsfaktoren verrechnet wird.



Die Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft (NHF) leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, sowohl durch den Erhalt der Wälder und deren Kohlenstoff-Speicherfunktion als auch durch die Bereitstellung nachhaltiger Baustoffe aus Holz. Die Emissionseinsparung der Holz- und Forstwirtschaft wird einer

Studie aus dem Jahr 2013 entnommen und mit Hilfe der Entwicklung der Bruttowertschöpfung auf das Jahr 2020 hochgerechnet.<sup>21</sup> Berücksichtigt werden Substitutionseffekte anderer Materialien durch Holzbaustoffe sowie die jährliche Zunahme der eingespeicherten Emissionen in den Wäldern.



Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft (MMR): Die in diesem Teilmarkt berücksichtigte Abfallwirtschaft trägt durch die energetische und stoffliche Verwertung erheblich zum Klimaschutz bei.

- I Energetische Verwertung:** Durch die energetische Verwertung werden fossile Formen der Strom- und Wärmebereitstellung substituiert und darüber Emissionen eingespart. Für die Quantifizierung der Emissionsminderung wurde eine Quelle des UBA genutzt, die sämtliche Anlagen in Deutschland erfasst und die entsprechende Energieeinspeisung nennt.<sup>22</sup> Zusätzlich wird die Menge der substituierten Emissionen genannt. Für die Auswertung wurden sämtliche Anlagen in NRW berücksichtigt und die entsprechenden Emissionsminderungen summiert.
- I Stoffliche Verwertung:** Mit Hilfe der stofflichen Verwertung werden Rohstoffe und Materialien in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt und vermieden, dass die entsprechende Menge neu gewonnen beziehungsweise produziert werden muss, was teilweise mit hohen Emissionen einhergeht. Auf Basis eines Prognos-Modells wurden Abfallströme in Europa erfasst und die Mengen verschiedener Ressourcen und Materialien, die dem Kreislauf wieder zugeführt werden, geschätzt. Zusätzlich sind Emissionsfaktoren erfasst, die abschätzen wie viele Emissionen durch die Vermeidung von Primärproduktion eingespart werden. Auf der Grundlage der in NRW geleisteten Bruttowertschöpfung wird der NRW-Emissionsminderungsanteil geschätzt.



Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) trägt zum Klimaschutz vor allem durch den gegenüber der konventionellen landwirtschaftlichen Praxis geringeren Einsatz von Düngemitteln bei. Dadurch werden Energieaufwand und Treibhausgasemissionen bei der Herstellung der Düngemittel und die Ausgasung von hoch-klimawirksamem Lachgas (N<sub>2</sub>O) nach Ausbringung der Düngemittel auf den landwirtschaftlichen Flächen vermieden. Der verstärkte Humusaufbau im ökologischen Landbau und in der nichtwendenden Bodenbearbeitung bewirkt eine erhöhte Bindung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden. Auch eine umwelt- und klimagerechte Verbesserung der Lagerungs- und Ausbringungstechnik in der konventionellen Landwirtschaft vermeidet einen Teil der mit der Wirtschaftsdüngerbringung verbundenen Treibhausgasemissionen. Die Klimaschutzbeiträge der einzelnen Maßnahmen zur För-

derung der Umweltfreundlichen Landwirtschaft in NRW wurden in einer Studie zur 5-Länder-Evaluation 15/2020 von Thünen-Institut detailliert erfasst und hier als Datengrundlage verwendet.<sup>23</sup>

## 4.2.2 RESSOURCENSCHUTZ

Für die Dimension des Ressourcenschutzes konnten ebenfalls Effekte quantifiziert werden, jedoch erfolgte eine Monetarisierung anhand geschätzter Marktpreise, da die Methodenkonvention des UBA keine Werte bereitstellt.



MMR

**Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft (MMR), Marktsegment Abfallbehandlung und Verwertung:** Das zuvor benannte Prognosemodell wurde erneut herangezogen, um die zurückgewonnenen Mengen verschiedener Rohstoffe und Materialien zu schätzen. Auf der Grundlage von Recyclingraten, die das Modell abbildet, wird die recycelte Menge in ein Verhältnis zu der Verwerteten Menge gesetzt. Die in dem Modell abgebildeten Daten werden anhand der nordrhein-westfälischen Bruttowertschöpfung anteilig erfasst.



NHF

Die Zahlen der Marktsegmente Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe und Nachwachsende Holzbaustoffe des Teilmarktes *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft*-(NHF) sind der Literatur entnommen.<sup>24</sup>

## 4.2.3 LUFTREINHALTUNG



ETS

**Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung (ETS):** Die vermiedenen Luftschadstoffemissionen sind über dieselbe methodische Vorgehensweise berechnet worden, die zur Feststellung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen angewandt wurde. Die Emissionsfaktoren stammen ebenfalls aus der Analyse des Umweltbundesamtes. Unter Anwendung der Kostensätze der Methodenkonvention 3.1 des UBA (siehe dort Kapitel 2: Kostensätze für Luftschadstoffe) wurde der Nutzen der Vermeidung der Luftschadstoffemissionen monetarisiert.



NHF

**Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft (NHF):** Zur Bestimmung der vermiedenen Luftschadstoffemissionen durch den Wald wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, um die Filterleistung pro Hektar Wald zu ermitteln. Mehrere Studien wurden identifiziert und die angegebenen Filterleistungen auf ihre Übertragbarkeit überprüft. Nach Auswahl einer geeigneten Studie wurde die in der Studie angegebene Filterleistung pro Hektar Wald auf die Waldfläche in NRW übertragen.<sup>25</sup> Daraus ergibt sich die Menge an vermiedenen Tonnen-Luftschadstoffe, die anschließend mit Hilfe der Schadenskostensätze der

Methodenkonvention 3.1 (siehe dort Kapitel 2) monetarisiert wurden.



ULA

Der Beitrag des Teilmarktes *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) zur Luftreinhaltung, der vor allem durch die Verminderung von Ammoniakemissionen zustande kommt, wurde einer detaillierten Studie des Thünen-Instituts zu den Wirkungen der einzelnen Maßnahmen zur Förderung einer klima- und umweltgerechten Landwirtschaft in NRW entnommen und auf Grundlage der Abschätzung der durch Ammoniak verursachten Umwelt- und Gesundheitsschäden in der UBA-Methodenkonvention monetär bewertet.<sup>26</sup>



UMO

**Umweltfreundliche Mobilität (UMO):** Die Berechnung der vermiedenen Tonnen-Luftschadstoffe durch die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs und der umweltfreundlichen Logistik sind parallel zur Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Tonnen durchgeführt worden. Die Emissionsfaktoren stammen ebenfalls aus der Lebenszyklusanalyse des UBA. In der Studie wurden die Emissionsfaktoren je Lebenszyklusabschnitt einer Verkehrsart (in Milligramm pro Personen- oder Tonnenkilometer) berechnet. Die Schadenskosten zur Berechnung des monetären Nutzens der vermiedenen Tonnen-Luftschadstoffe wurden aus der Methodenkonvention 3.1 (MK) (siehe dort Kapitel 2) bezogen. In der MK 3.1 werden unterschiedliche Schadenskostensätze für den urbanen, suburbanen und ländlichen Raum angegeben. Für die Bewertung wurde auf den ortsunspezifischen Wert zurückgegriffen, da für die Bewertung der umweltfreundlichen Mobilität alle Räume in NRW betrachtet worden sind und die Datengrundlage nicht ausreichte, um festzustellen, inwiefern die verschiedenen Räume unterschiedliche Betroffenheitsgrade durch Luftschadstoffemissionen aufweisen. Außerdem unterscheidet die MK 3.1 bei der Bemessung der Schadenskosten durch Luftschadstoffemissionen zwischen den unterschiedlichen verursachenden Aktivitäten und Sektoren. Die Unterscheidung begründet sich dadurch, dass die Schäden der Luftschadstoffe unter anderem von der Emissionshöhe abhängig sind. Diese Differenzierung wurde berücksichtigt und ein gewichteter Gesamtschadenskostensatz wurde pro Verkehrsmittel über den Lebenszyklus hinweg und unter Berücksichtigung der anteiligen Emissionslasten der einzelnen Lebensabschnitte ermittelt. Der Gesamtsatz pro Verkehrsart wurde anschließend genutzt, um den Nutzen der vermiedenen Luftschadstoffemissionen zu monetarisieren.

## 4.2.4 BODEN & GEWÄSSERSCHUTZ



WAS

**Wasserwirtschaft (WAS):** Zur Berechnung des Umweltnutzens der kommunalen Klärwerke in NRW wurden die jährlichen Eliminationsmengen (aus dem Abwasser gefilterter Stickstoff und Phosphor)

gemäß den Daten der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWAAno)<sup>27</sup> mithilfe der Methodenkonvention 3.1 monetarisiert. Konkret wurde der Kostensatz für die „Emission von Stickstoff und Phosphor in Oberflächengewässer“ angewandt, um den Nutzen der vermiedenen Wasserverunreinigung in Oberflächengewässern zu bestimmen. Die Kostensätze basieren auf der Annahme, dass die Schädwirkung im betroffenen Oberflächengewässer einzig auf einen der beiden Schadstoffe (Stickstoff oder Phosphor) zurückzuführen ist. Das heißt, im Einzelfall müsste geprüft werden, ob die eliminierten Stickstoff- oder Phosphormengen in ein Stickstoff- oder Phosphor-limitiertes Gewässer emittiert werden würden, um den tatsächlichen Nutzen der Elimination zu bestimmen. Da eine derartige Analyse den Rahmen dieser Bewertung überstieg, wurde der Empfehlung des UBA gefolgt und die generischen Schadenskostensätze verwendet, um den Nutzen der vermiedenen Emissionen zu berechnen.



Zur Berechnung der Gewässerschutzeffekte des Teilmarktes *Umweltfreundliche Landwirtschaft*

ULA

(ULA) wurde für die über 90.000 ha Anbaufläche, die in NRW gegenwärtig mit ökologischen Anbauverfahren bewirtschaftet wird, ein hypothetisches Vergleichsszenario mit konventioneller Bewirtschaftungsweise angenommen und berechnet, um wieviel geringer die Emissionen durch die umweltfreundlichere Bewirtschaftung ausfallen. Zugrunde gelegt wurden dafür Daten zur Düngereinsparung aus Roggendorf (2020, S. 30) und Sander, A. et al. (2019, S. 61ff.). Die monetäre Bewertung wurde mit Hilfe der UBA-Methodenkonvention vorgenommen, deren Schadenskostenwerte für die Stickstoffeinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer auf die aus Bach, M. et al. (2020, S. 140–145) abgeleiteten relativen Anteil der jeweiligen durch Düngemiteleinträge in den Boden ausgelösten Stickstoffflüsse bezogen wurden.<sup>28</sup>

#### 4.2.5 LÄRMSCHUTZ



*Minderungs- und Schutztechnologien (MST):*

MST

Die exemplarische Darstellung monetärer Nutzenpotenziale der Lärmschutztechnologien basiert auf einem Nutzen-Indikator, der den Nutzen des vermiedenen Lärms für eine bestimmte Anzahl betroffener Einwohnerinnen und Einwohner monetarisiert. Der Indikator stammt aus einer Studie des UBA.<sup>29</sup> Die Anwendung dieses Indikators erfordert zusätzliche Annahmen. Beispielsweise muss zur Berechnung der Nutzenpotenziale angenommen werden, dass sich das Lärminderungspotenzial einer Maßnahme in eine direkte Lärmreduktion des gesamten Lärmpegels übersetzt. Dies ist allerdings eine sehr weitreichende Annahme, da sich der gesamte Lärmpegel nicht linear aus den einzelnen Lärmquellen zusammensetzt. Es sollte daher betont werden, dass die im

Bericht dargestellten Werte nicht als tatsächliche und belastbare Nutzen interpretiert werden dürfen, sondern einzig der Veranschaulichung und vereinfachten Einordnung theoretischer Nutzenpotenziale einer Lärminderungsmaßnahme dienen.

#### 4.2.6 BIODIVERSITÄT



MST

*Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft (NHF):* Die

Bewertung der Biodiversität im Wald geht zurück auf die Studien von Elsasser et al. (2020 und 2021), in denen mit Hilfe von Choice-Experimenten Zahlungsbereitschaften für eine Erhöhung des Waldvogelindicators ermittelt wurden. Die dort ermittelten marginalen Zahlungsbereitschaften wurden auf die in NRW in den letzten zehn Jahren durchschnittlich erreichte jährliche Steigerung des Waldvogelindicators und die volljährige Bevölkerung in NRW bezogen, um näherungsweise die im Berichtsjahr vorliegende Wertschätzung der Bevölkerung für die fortgesetzte Steigerung der Biodiversität durch die *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* in NRW abzubilden.<sup>30</sup>

#### 4.2.7 LANDSCHAFTSBILD



NHF

*Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft (NHF):* Der

Nutzen des Waldes in NRW für das Landschaftsbild basiert auf dem monetären Erholungsnutzen des Waldes, welcher auf den Ergebnissen einer Kontingenten Bewertungsstudie des Thünen Instituts beruht.<sup>31</sup> Die Kontingente Bewertung ist eine Methode zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaften für nicht- oder noch nicht-handelbare Güter und Leistungen. Die Zahlungsbereitschaft wird daher im Rahmen einer Befragungsstudie über einen hypothetischen Markt für das Gut oder die Leistung ermittelt. Die Methode wird häufig in der Umweltökonomie angewandt, da es für viele Umweltgüter und -leistungen (z. B. der Erholungswert des Waldes) keine Märkte gibt und somit der Nutzen dieser Güter und Leistungen nicht über Marktpreise monetarisiert werden kann. Die hier konkret verwendeten Zahlungsbereitschaften des Thünen Instituts wurden mittels einer repräsentativen Stichprobe von insgesamt 1.504 befragten Personen ermittelt. Die befragten Personen waren >14 Jahre alt und wurden im Rahmen der Studie gefragt, wie viel sie für den Erholungsnutzen des Waldes in ihrer Wohnumgebung zahlen würden, wenn sie dafür zahlen müssten. Die ermittelten individuellen Zahlungsbereitschaften wurden anschließend in einer Folgestudie (Elsasser et al., 2020) mittels Postleitzahlen, räumlich-geographischen, sozio-demographischen und sozioökonomischen Daten auf die Regional- und Kreisebene bezogen. Der Erholungsnutzen des Waldes in NRW wurde daher über die Aggregation der Kreiswerte ermittelt. Wichtig hierbei ist, dass es sich nicht um die Zahlungsbereitschaft pro NRW-Einwohnerinnen und -Einwohner han-

delt, sondern um die Zahlungsbereitschaft für den Wald in NRW. Das bedeutet, dass auch Personen berücksichtigt werden, die aus angrenzenden Bundesländern die Erholungsgebiete des Waldes in NRW nutzen.

# ENDNOTEN

- 1 Z. B. Roland Berger (2021): GreenTech made in Germany 2021. Verfügbar unter: [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_greentech\\_atlas\\_2.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_greentech_atlas_2.pdf).
- 2 Z. B. UBA (2020): Beschäftigung im Umweltschutz 2017, aktualisierte Ausgabe 2020. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/beschaeftigung-im-umweltschutz-2017>.
- 3 Eurostat (2016): Environmental goods and services sector accounts — Handbook, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-GQ-16-008>.
- 4 Ebd.
- 5 Destatis (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ2008). Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/klassifikation-wz-2008.html>.
- 6 Destatis (2019): Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 2019 (GP2019). Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/klassifikation-gp-19.html>.
- 7 Destatis (2021): Gegenüberstellung der Meldenummern des GP, Ausgabe 2019 (GP2019) mit den Warennummern des WA, Ausgabe 2021 (WA2021). Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/Downloads/melde-warenummern-3200220219015.xlsx;jsessionid=F2C9E29D76026E03041AF553829DFF6B.live731?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/Downloads/melde-warenummern-3200220219015.xlsx;jsessionid=F2C9E29D76026E03041AF553829DFF6B.live731?__blob=publicationFile).
- 8 Eurostat (2021): RAMON – Correspondence table between Combined Nomenclature 2022 and Combined Nomenclature 2021. Verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/documents/cn\\_2022/CN2022toCN2021.zip](http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/documents/cn_2022/CN2022toCN2021.zip).
- 9 Umweltbundesamt (2016): Übergang in eine Green Economy: Notwendige strukturelle Veränderungen und Erfolgsbedingungen für deren tragfähige Umsetzung in Deutschland. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/9-1qendige\\_strukturelle\\_vere4nderungen\\_u\\_nd\\_erfolgsbedingungen\\_fur\\_deren\\_tragfahige\\_umsetzung\\_in\\_deutschland.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/9-1qendige_strukturelle_vere4nderungen_u_nd_erfolgsbedingungen_fur_deren_tragfahige_umsetzung_in_deutschland.pdf).
- 10 Umweltbundesamt (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21\\_methodenkonvention\\_3\\_1\\_kostensaetze.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf).
- 11 Umweltbundesamt (2021): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2020. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-13\\_climate-change\\_71-2021\\_emissionsbilanz\\_erneuerbarer\\_energien\\_2020\\_bf\\_korr-01-2022.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-12-13_climate-change_71-2021_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2020_bf_korr-01-2022.pdf).
- 12 Fraunhofer ISE (2021): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Verfügbar unter: [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021\\_ISE\\_Studie\\_Stromgestehungskosten\\_Erneuerbare\\_Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf).
- 13 FIW München (2015): Wirtschaftlichkeit von wärmedämmenden Maßnahmen. Verfügbar unter: <https://www.nachhaltiges-bauen.jetzt/wp-content/uploads/2015/05/Wirtschaftlichkeit-von-waermedaemmenden-Massnahmen.pdf>.
- 14 AG Energiebilanzen e. V. (2022): Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990–2021. Verfügbar unter: <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/auswertungstabellen/>.
- 15 Bundesministerium für Justiz (2021): Verordnung über Anforderung an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/biokraft-nachv\\_2021/Biokraft-NachV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/biokraft-nachv_2021/Biokraft-NachV.pdf).
- 16 LFU Brandenburg (2018): CO2- Emissionsfaktoren nach Energieträgern. Verfügbar unter: [https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/emissionsfaktoren\\_co2\\_2017.pdf](https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/emissionsfaktoren_co2_2017.pdf).
- 17 Umweltbundesamt (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Abschlussbericht. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_156-2020\\_oekologische\\_bewertung\\_von\\_verkehrsarten\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf).
- 18 Europäische Union (2019): Verordnung zur Festsetzung von CO2-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0631&from=DE>.
- 19 Umweltbundesamt (2022): Fahrleistungen, Verkehrsleistungen und „Modal Split“. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterkehr>.
- 20 Umweltbundesamt (2020): Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für den Personen- und Güterverkehr in Deutschland. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021\\_fb\\_umweltfreundlich\\_mobil\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_fb_umweltfreundlich_mobil_bf.pdf).
- 21 Knauf, M.; Frühwald, A. (2013): Beitrag des NRW Clusters ForstHolz zum Klimaschutz. Studie von Knauf Consulting und Prof. Dr. Arno Frühwald (Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg) in Kooperation mit Prof. Dr. Michael Köhl (Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg) im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen und des Landesbetriebs Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. Verfügbar unter: [https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Publikationen/Broschueren/Broschuere\\_Studie\\_Klimaschutz\\_Langfassung.pdf](https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Publikationen/Broschueren/Broschuere_Studie_Klimaschutz_Langfassung.pdf).
- 22 Umweltbundesamt (2018): Energieerzeugung aus Abfällen. Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26\\_texte\\_51-2018\\_energieerzeugung-abfaelle.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf).
- 23 Roggendorf, W. (2020): Verringerung von Treibhausgas- und Ammoniakemissionen – Fördereffekte im Schwerpunktbereich 5D, NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2020, 5-Länder-Evaluation 15/2020. Thünen-Institut Braunschweig. Verfügbar unter: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn062827.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062827.pdf).

## Endnoten

- 24** MULNV (2019): Landeswaldbericht 2019. Bericht über Lage und Entwicklung der Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Verfügbar unter: [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/landeswaldbericht\\_2019.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/landeswaldbericht_2019.pdf).
- 25** Selmi et al. (2016): Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. Verfügbar unter: [https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/jrnl/2016/nrs\\_2016\\_selmi\\_001.pdf](https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/jrnl/2016/nrs_2016_selmi_001.pdf).
- 26** Roggendorf, W. (2020): Verringerung von Treibhausgas- und Ammoniakemissionen – Fördereffekte im Schwerpunktbereich 5D, NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2020, 5-Länder-Evaluation 15/2020. Thünen-Institut Braunschweig. Umweltbundesamt (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten.
- 27** Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2021): 33. Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen. Verfügbar unter: [https://www.dwa-no.de/files/\\_media/content/PDFs/LV\\_Nord-Ost/nachbarschaften/2020\\_KAkommLeistungsnachweis\\_33.pdf](https://www.dwa-no.de/files/_media/content/PDFs/LV_Nord-Ost/nachbarschaften/2020_KAkommLeistungsnachweis_33.pdf).
- 28** Roggendorf (2020): Verringerung von Treibhausgas- und Ammoniakemissionen, 5-Länder Evaluation 15/2020, S. 30; Sander, A. et al. (2019): NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2020 Schwerpunktbereich 4A – Biologische Vielfalt. Thünen-Institut, Braunschweig, S. 69 ff.; Bach, M. et al. (2020): Reaktive Stickstoffflüsse in Deutschland 2010–2014 (DESTINO Bericht 2), UBA-Texte 64/2020, S. 140, 145; Umweltbundesamt (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21\\_methodenkonvention\\_3\\_1\\_kostensaetze.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf).
- 29** Umweltbundesamt (2021): Minderung des Lärms von Straßenbahnen im urbanen Raum. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-07-27\\_texte\\_115-2021\\_laermminderung\\_tram.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2021-07-27_texte_115-2021_laermminderung_tram.pdf).
- 30** Elsasser, P., Grabski-Kieron, U., Hellmich, M., Hirschfeld, J., Raabe, M., Rajmis, S., & Sagebiel, J. (2021). Gesellschaftliche Bewertung der Landnutzungsstrategien. In H. Gömann & J. Fick (Hrsg.), Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel. Verfügbar unter: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn063430.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn063430.pdf).
- 31** Thünen Institut. (2020). Regionalisierte Waldbewertung. Verfügbar unter: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn062592.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062592.pdf).

## IMPRESSUM

### **Herausgeber**

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
40190 Düsseldorf, Referat Öffentlichkeitsarbeit

### **Fachredaktion**

Referat VIII B 4: Umweltwirtschaft/Green Economy,  
Gründungs- und Innovationsförderung

### **Ein Bericht der**

Prognos AG, Düsseldorf

**prognos**

### **in Kooperation mit**

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)  
GmbH, gemeinnützig, Berlin

### **Autoren**

Oliver Lühr  
Jannis Lambert  
Richard Simpson  
Tim Bichlmeier  
Lukas Eiserbeck  
Robert Norpoth  
Viktoria Leuschner  
Katharina Wilkskamp  
Jesko Hirschfeld (IÖW)  
Tarin Karzai (IÖW)

### **Redaktion und Gestaltung**

löwenholz kommunikation Berlin  
WEBERSUPIRAN.berlin Kommunikationsgestaltung

### **Titelfoto**

IMAGO/Hans Blossey

Düsseldorf, 2022

[umwelt.nrw.de](http://umwelt.nrw.de)

Ministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Umwelt,  
Naturschutz und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
40190 Düsseldorf  
Telefon 0211 45 66-0  
Telefax 0211 45 66-388  
[poststelle@munv.nrw.de](mailto:poststelle@munv.nrw.de)  
[www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de)

**umwelt  
wirtschaft**   
Green Economy – stark in NRW

[umweltwirtschaft.nrw.de](http://umweltwirtschaft.nrw.de)