

An aerial photograph of a large, modern building with a prominent green roof. The roof is covered in rows of green plants, with a central courtyard area. The building is surrounded by urban infrastructure, including streets, sidewalks, and other buildings. The overall scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

# umwelt.nrw

#umweltwirtschaft

## UMWELTWIRTSCHAFTS- BERICHT 2022

Die Klimaanpassung – im Bild die Fassadenbegrünung des Kö-Bogens in Düsseldorf – ist ein wichtiger Bereich der Umweltwirtschaft. Bereits heute speichern begrünte Dächer in Nordrhein-Westfalen CO<sub>2</sub> im Wert von 1,7 Mio. Euro ein. Außerdem halten sie bis zu 90 % der Regenmenge zurück und tragen zur Biodiversität bei.

# VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir alle kennen die akute Lage an den Energiemärkten, den weltweiten Verlust von Biodiversität und nicht zuletzt die Klimakrise und die Notwendigkeit, sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Die gute Nachricht: Wir wissen bereits, was zu tun ist. Denn in den zentralen Zukunftsmärkten – CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung, effiziente Produktionsweise, umweltfreundliche Mobilität und Logistik – geben uns die Unternehmen der Umweltwirtschaft alle Möglichkeiten an die Hand, um jetzt zu handeln.

Die zweite gute Nachricht: Wir starten nicht bei null. Im vorliegenden Umweltwirtschaftsbericht 2022 können Sie nachlesen, was bereits heute überall in Nordrhein-Westfalen getan wird. So prägt eine wahre Vielfalt von Innovationen die Umweltwirtschaft und treibt die Transformation zur Green Economy voran. So kommen 12,7 % aller deutschen Patente der Umweltwirtschaft aus Nordrhein-Westfalen. Die Patente verteilen sich über verschiedene Technologiefelder und werden durch eine Vielzahl innovativer NRW-Unternehmen angemeldet. Als Beispiel: In Deutschland stammt ein knappes Drittel aller Patente der Kreislaufwirtschaft und die Hälfte der Patente in der umweltfreundlichen Landwirtschaft aus Nordrhein-Westfalen – Platz eins für unser Bundesland, in gleich zwei Disziplinen.

Bei alledem gibt es noch eine dritte gute Nachricht für NRW: Nachhaltiges Wirtschaften ist nicht nur möglich und geboten, es ist überdies *der* erfolgreiche Weg in unsere Zukunft als Industrieland. Auch dies unterstreichen



die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes. Dank starker Exporte treibt „GreenTech made in NRW“ weltweit nachhaltige Entwicklungen an. Die Wirtschaftsleistung der NRW-Umweltwirtschaft zeigt sich dabei doppelt – ökonomisch und in der ökologischen Nachhaltigkeit. So betrug die Bruttowertschöpfung im Jahr 2020 über 43,5 Mrd. Euro und lag damit rund ein Drittel höher als im Jahr 2010. Dazu lässt sich auch ein ökologischer Nutzen von knapp 23 Mrd. Euro beziffern, für ökologische Wertschöpfung und vermiedene Umweltschäden.

Unter dem Strich wächst die Umweltwirtschaft stärker als die Gesamtwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. War 2010 jeder 20. Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft tätig, ist es heute bereits jeder 16. Ein stetiger Aufwärtstrend, dem auch die COVID-19-Pandemie nicht viel anhaben konnte.

Darauf können wir hier und heute aufbauen. Klimaschutz zu betreiben und uns zugleich an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels anzupassen, bleiben für dieses Jahrzehnt unsere wichtigsten Aufgaben. Es gibt also noch einiges zu tun. Lassen Sie uns gemeinsam daran arbeiten!

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'O. Krischer'.

**Ihr Oliver Krischer**

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

# INHALT

**1**  
MANAGEMENT  
SUMMARY

6



**2**  
WIRTSCHAFT MIT ZUKUNFT

8

**3**  
DIE ANPASSUNG AN  
DIE FOLGEN DES  
KLIMAWANDELS –  
EIN TEIL DER UMWELT-  
WIRTSCHAFT 24



**4**  
DIE WIRKUNG MESSEN –  
ÖKOLOGISCHER NUTZEN DER  
UMWELTWIRTSCHAFT 36



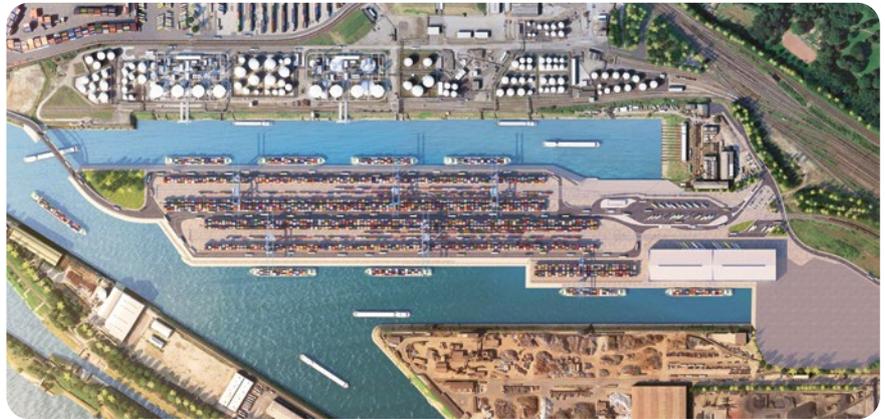
# 5

MIT NEUEN IDEEN  
DIE TRANSFORMATION  
GESTALTEN 54



# 6

LÖSUNGEN AUS  
NORDRHEIN-WESTFALEN  
FÜR GLOBALE  
TRANSFORMATIONS-  
PROZESSE 62



# 7

DIE UMWELT-  
WIRTSCHAFT IN  
DEN REGIONEN 72

# 8

ANHANG 86

Vorwort 3  
Endnoten 90  
Impressum 95

# 1

# MANAGEMENT SUMMARY

## EINE LEITBRANCHE FÜR NORDRHEIN-WESTFALEN

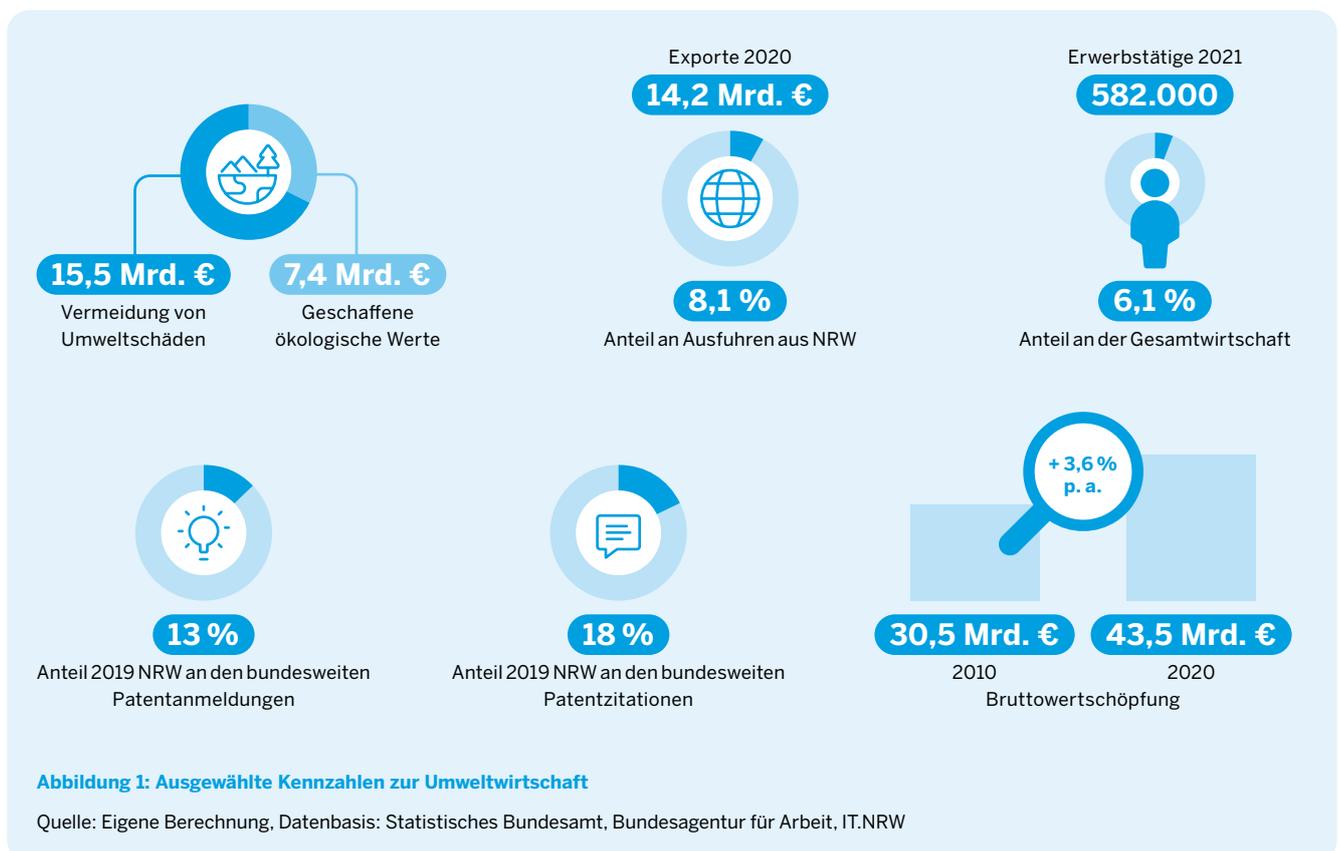
Die Umweltwirtschaft zählt zu den ökonomischen Schwergewichten in Nordrhein-Westfalen. Im Jahr 2021 finden in der Branche mehr als 582.000 Personen und damit rund 6,1 % aller Erwerbstätigen in Nordrhein-Westfalen eine zukunftsfähige Arbeit. Damit nimmt die Umweltwirtschaft den Stellenwert einer Leitbranche ein.

Die Umweltwirtschaft ist weiterhin auf Wachstumskurs. Im Jahr 2020 betrug ihre Wirtschaftsleistung 43,5 Mrd. Euro gemessen an der Bruttowertschöpfung. Das Wachstum liegt seit 2010 bei durchschnittlich 3,6 % pro Jahr. Damit setzt sie sich deutlich von der Entwicklung der Gesamtwirtschaft ab (2,7 % p. a.). Die Umweltwirtschaft

führt damit ihr Wachstum trotz der COVID-19-Pandemie fort. Die Gesamtwirtschaft hingegen erlitt 2019 einen deutlichen Einbruch. Damit erweist sich die Umweltwirtschaft als krisenresistenter.

Ein prägender Faktor der Umweltwirtschaft ist ihre starke Exportorientierung. Fast jeder zweite Euro (41 % des Umsatzes) mit Technologiesiegeln der Umweltwirtschaft wird auf ausländischen Märkten verdient. Insgesamt exportierten die Unternehmen der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft im Jahr 2020 Waren im Wert von rund 14,2 Mrd. Euro. „GreenTech made in NRW“ treibt damit nachhaltige Entwicklungen nicht nur hierzulande, sondern auch weltweit an.

Die Ansprüche an eine moderne Leitbranche reichen unter den Vorzeichen des Europäischen Grünen Deals





Hightech aus dem Siegerland: Primobius Recyclinganlage für Lithium-Ionen Batterien am SMS group Standort in Hilchenbach.

jedoch weit über sozioökonomische Kennzahlen hinaus. Die Umweltwirtschaft nimmt hier eine wichtige Vorreiterrolle ein. Denn ihre umweltfreundlichen, klimaschützenden und ressourcenschonenden Verfahren, Produkte und Dienstleistungen bringen manifeste Vorteile mit sich, die sich als ökologische Effekte quantifizieren lassen. Zusätzlich zur Beschäftigung und Bruttowertschöpfung lässt sich der ökologische Nutzen der NRW-Umweltwirtschaft auf rund 23 Mrd. Euro beziffern. Diese Leistung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. So ermöglicht es die Umweltwirtschaft, Umweltschäden in Höhe von 15,5 Mrd. Euro zu vermeiden, die ohne ihre Produkte und Dienstleistungen zu erwarten wären. Zusätzlich schafft die Umweltwirtschaft weitere ökologische Werte in Höhe von 7,4 Mrd. Euro, wie beispielsweise den Erhalt von Biodiversität oder Landschaftsbildern.

Zunehmend sind auch Maßnahmen zur Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels – zusätzlich zum Umwelt-, Ressourcen- und Klimaschutz – erforderlich. Nordrhein-Westfalen ist Standort zahlreicher Unternehmen, die hierzu Lösungen anbieten. Eine Klimaanpassungswirtschaft bildet sich als neuer und elementarer Bestandteil der Umweltwirtschaft heraus. Insgesamt wiesen rund 30,5 % aller Erwerbstätigen der nordrhein-

westfälischen Umweltwirtschaft im Jahr 2021 einen Bezug zu Technologien und Dienstleistungen der Klimaanpassung auf. Setzt man die Wertschöpfung der Klimaanpassungswirtschaft in Deutschland und in Nordrhein-Westfalen in Beziehung, so wird rund jeder sechste Euro der deutschen Klimaanpassungswirtschaft in Nordrhein-Westfalen erwirtschaftet (2020).

Deutschland gehört international zu den Innovationsführern der Umweltwirtschaft, was sich u. a. an dem im internationalen Vergleich hohen Wert von 22,7 Patentanmeldungen pro 100.000 Einwohner ablesen lässt. Während Nordrhein-Westfalens Anteil an den bundesweiten Patentanmeldungen zwar geringer ausfällt als etwa der Bayerns oder Baden-Württembergs, werden hiesige Patente mit 18 % überproportional häufig zitiert. Unternehmen der Umweltwirtschaft aus Nordrhein-Westfalen haben somit eine sehr hohe Relevanz für das Innovationsgeschehen der ökologischen Transformation.

Immer häufiger zeigt sich die Umweltwirtschaft damit als Problemlöser im Marktgeschehen.

# 2

## WIRTSCHAFT MIT ZUKUNFT

- | Die Umweltwirtschaft erweist sich 2019–2021 als krisenresilient
- | deckt technologische Schnittstellen zwischen Digitalisierung und Green Economy ab
- | ermöglicht die ökologische Transformation



15 %

höhere Wertschöpfung pro Erwerbstätigen  
als in der NRW-Gesamtwirtschaft

582.000

Erwerbstätige (2021) gegenüber  
579.000 Erwerbstätige (2021) in Chemie &  
Pharma, Maschinenbau, Fahrzeugbau,  
Elektroindustrie



Der Ausbau des 5G-Netzes unterstützt die Einführung smarter Technologien.

# Digitalisierungsschub

**Intelligente Energiesysteme und Netze (+11 %)** und **Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastrukturen (+9 %)** sind die Marktsegmente mit dem höchsten Wachstum der Bruttowertschöpfung

**3,6 %** durchschnittliches jährliches **Wachstum der Bruttowertschöpfung gegenüber 2,7 % bei der Gesamtwirtschaft** zwischen 2010 und 2020

**115.000** Erwerbstätige und 6,9 Mrd. Euro Bruttowertschöpfung im größten Marktsegment **Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse**



## DIE UMWELTWIRTSCHAFT IST IN NORDRHEIN-WESTFALEN FEST VERANKERT

Mit rund 582.000 Erwerbstätigen 2021 und 43,5 Mrd. Euro Bruttowertschöpfung ist die Umweltwirtschaft ein prägender Faktor für die nordrhein-westfälische Volkswirtschaft. In Deutschlands größtem Standort der Umweltwirtschaft zeigt die facettenreiche Querschnittsbranche einen soliden Wachstumsverlauf und bietet dank ihrer Ausrichtung auf wichtige Zukunftslösungen eine gute ökonomische Entwicklungsperspektive.

## WACHSTUMSSTARK UND KRISENRESISTENT

Die Branche steht im Zentrum der ökologischen Transformation der Wirtschaft. Sie ist Motor und Wegbereiter der



Modernisierung und befindet sich zugleich selbst in einem stetigen Wandel. Der Klimaschutz als drängendste ökologische Herausforderung verlangt nach umfassenderen,

**Tabelle 1: Ökonomische Kennziffern zur Umweltwirtschaft NRW und Vergleichswerte zur Gesamtwirtschaft sowie zur Umweltwirtschaft in Deutschland**

	Umweltwirtschaft NRW				Gesamtwirtschaft NRW				Umweltwirtschaft Deutschland			
	2010	Aktuelles Berichtsjahr (abhängig v. Indikator)		+/- p. a.	2010	Aktuelles Berichtsjahr	Anteil UW	+/- p. a.	2010	Aktuelles Berichtsjahr	+/- p. a.	Anteil NRW
<b>Erwerbstätigkeit</b>												
Erwerbstätige	496.000	582.000	2021	+1,5 %	8.342.000	9.496.000	6,1 %	+1,2 %	2.557.000	3.166.000	+2,0 %	18,4 %
Sozialversicherungs-pflichtig Beschäftigte	388.000	465.000	2021	+1,7 %	5.881.000	7.096.000	6,6 %	+1,7 %	2.017.000	2.534.000	+2,1 %	18,3 %
Selbstständige	38.000	42.000	2021	+1,0 %	658.000	667.000	6,3 %	+0,1 %	216.000	268.000	+2,0 %	15,7 %
Geringfügig Beschäftigte	70.000	75.000	2021	+0,6 %	1.803.000	1.733.000	4,3 %	-0,4 %	324.000	364.000	+1,1 %	20,7 %
Anteil der gering-fügig Beschäftigten	14,2 %	12,9 %	2021	-0,8 %	21,6 %	18,2 %	-	-	12,7 %	11,5 %	-	-
<b>Ökonomische Leistung</b>												
Bruttowertschöpfung (Mio. Euro)	30.535	43.488	2020	+3,6 %	473.015	614.749	7,1 %	+2,7 %	154.305	249.314	+4,9 %	17,4 %
(je Erwerbstätigen in Euro)	61.591	75.665	2020	+2,1 %	56.704	65.720	-	+1,5 %	60.340	80.038	+2,9 %	-
<b>Internationaler Handel</b>												
Exportvolumen (Mio. Euro)	10.542	14.225	2021	+2,8 %	160.233	201.833	7,0 %	+2,1 %	63.404	107.604	+4,9 %	13,2 %
Weltmarktanteil	1,8 %	1,3 %	2020	-3,5 %					11,1 %	9,7 %	-1,3 %	-
Warenbezogene Exportquote	40,6 %	40,0 %	2020	-0,2 %					49,6 %	55,11 %	+1,1 %	-
<b>Innovation</b>												
Anteil an den bundeswei-ten Patentanmeldungen	19,0 %	13,0 %	2019	-4,1 %								
Anteil an den bundes-weiten Patentzitationen	19,7 %	18,4 %	2019	-0,8 %								

Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Arbeit, IT.NRW, Prognos Welthandelsmodell; Für den methodischen Vergleich können die Werte für die Gesamtwirtschaft von amtlichen Werten abweichen.

entschlosseneren Lösungen. Im Fokus der politischen Programmatik stehen insbesondere eine deutliche Forcierung des Ausbaus erneuerbarer Energien, die Steigerung der Energieeffizienz, die Defossilisierung<sup>1</sup> der industriellen Produktion und Impulse für die Mobilitätswende. Damit soll auch ein Beitrag zur Energiesouveränität geleistet werden, um die internationale Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren. Darüber hinaus gewinnt das Konzept der Circular Economy zusehends an Bedeutung. Von der europäischen bis zur nordrhein-westfälischen Ebene werden Impulse gesetzt, um zirkuläre Wertschöpfungsprozesse zu befördern.

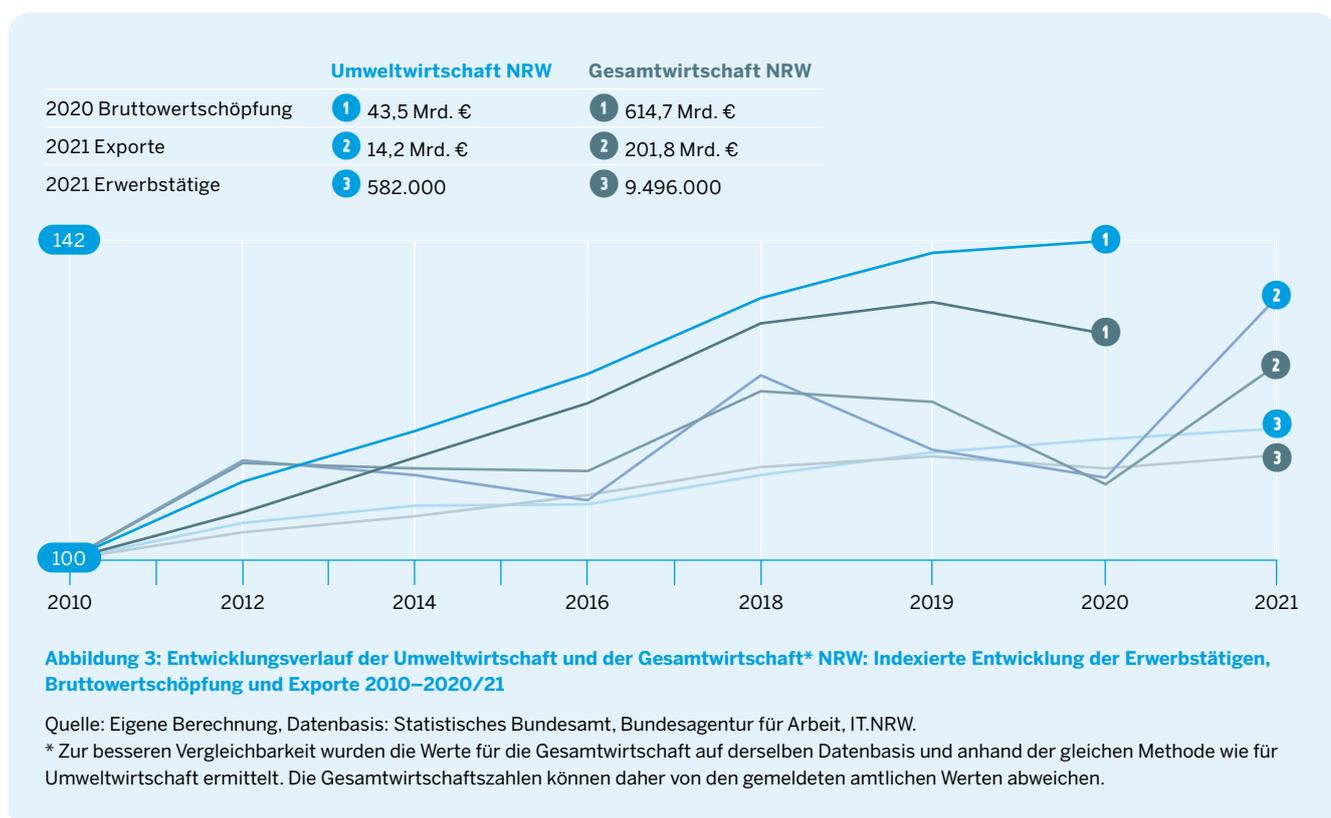
Diese Prozesse wirken als Treiber auf die Entwicklung der Umweltwirtschaft: Die Branche boomt. Das Wachstum der Bruttowertschöpfung verläuft über die letzten zehn Jahre kontinuierlich hoch (durchschnittlich 3,6 % p. a.) und hebt sich dabei von der Entwicklung der Gesamtwirtschaft ab (2,7 % p. a.).

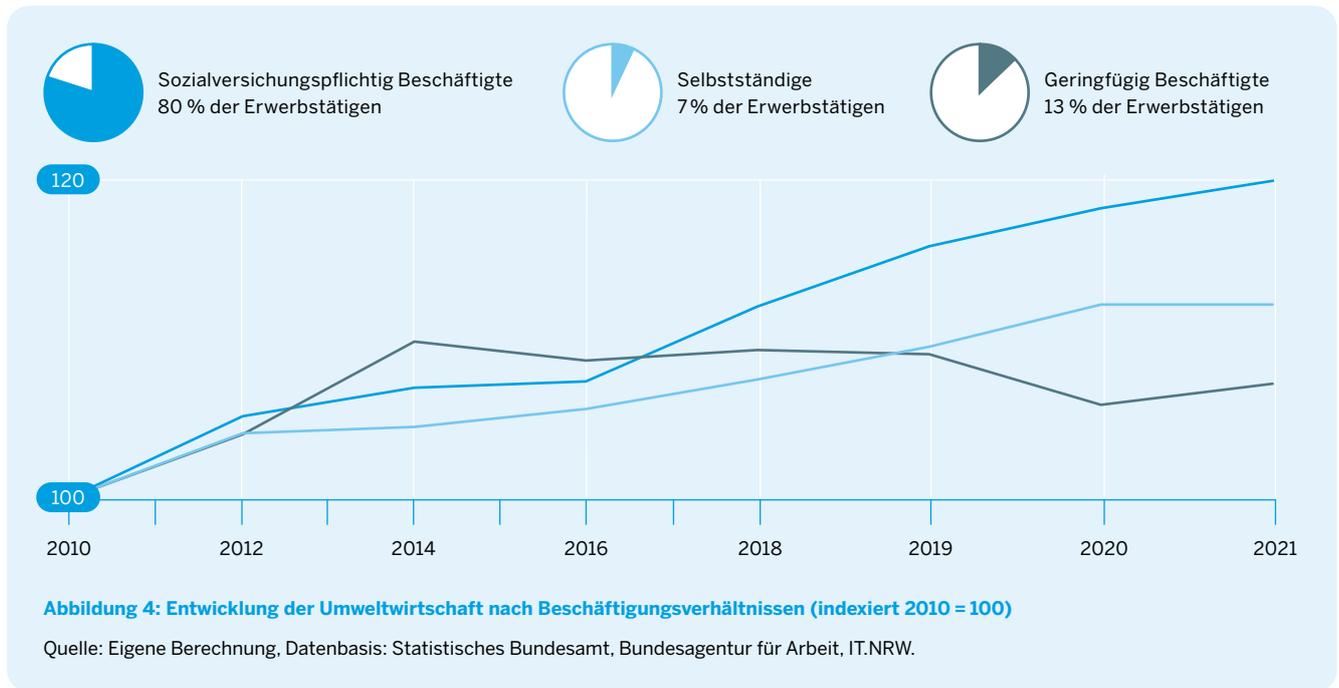
Die COVID-19-Pandemie hat diesen Trend noch weiter verstärkt. Bereits ab dem Jahr 2018 beginnen sich die zuvor weitgehend parallel verlaufenden Entwicklungslinien der Bruttowertschöpfung von Umwelt- und Gesamtwirtschaft weiter zu differenzieren. Bemerkenswert ist, dass sich nach 2019 trotz Beginn der Pandemie diese Entwicklung beschleunigt: Die Umweltwirtschaft setzt ihren Wachstumskurs fort und erweist sich als krisenresistent. Die Gesamtwirtschaft erleidet hingegen einen deutlichen Einbruch.



NRW-Start-ups treiben die Energiewende voran, z. B. mit Mieterstromprojekten.

Die Entwicklung der Exporte ist von einem stärkeren Auf und Ab geprägt. Insgesamt hebt sich die Umweltwirtschaft auch hier klar von der Gesamtwirtschaft ab. Zwar erfahren die Exporte 2019 und 2020 einen deutlichen Rückgang, konnten diesen aber durch einen starken Anstieg 2021 mit einem Plus von 8,3 % gegenüber dem Vorkrisenjahr 2018 deutlich überkompensieren. Bei den Gesamtexporten zeigte sich 2021 ebenfalls eine Erholung, die mit +2,9 % gegenüber 2018 jedoch weniger stark ausfiel.





Die Anzahl der Erwerbstätigen in den Unternehmen der Umweltwirtschaft nimmt beständig zu. Die Zahlen entwickeln sich vergleichsweise moderat, aber ab dem Jahr 2019 ist auch hier eine Abkopplung von der Gesamtwirtschaft zu beobachten. Einen detaillierten Einblick gibt [Abbildung 4](#). Es zeigt sich, dass die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsverhältnisse den Grundstock der Erwerbstätigen in der Umweltwirtschaft stellen. Ihr Anteil nahm gegenüber den geringfügig Beschäftigten und den Selbstständigen seit 2016 deutlich zu und lag im

Jahr 2021 bei 80 %. In der Gesamtwirtschaft liegt der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten klar darunter (75 %). Der hohe Anteil sozialversicherungspflichtiger Beschäftigungsverhältnisse trug maßgeblich dazu bei, dass die Unternehmen der Umweltwirtschaft bisher gut durch die COVID-19-Pandemie gekommen sind. Wie auch in anderen Industrien konnten mit Kurzarbeit größere Entlassungswellen vermieden werden. Darüber hinaus entstand in Teilbereichen der Umweltwirtschaft – bspw. in der Luftreinhaltetechnik – eine erhöhte Nachfrage.



Als Querschnittsbranche vereint die Umweltwirtschaft Aktivitäten über alle ökonomischen Sektoren hinweg. Ein Schwerpunkt (43 % der Erwerbstätigen) liegt im Dienstleistungsbereich, der vielfältige Aktivitäten wie etwa Beratungs-, Planungs-, Untersuchungs- oder Verwaltungsleistungen umfasst. Eine maßgebliche Rolle spielen darüber hinaus Leistungen des Handwerks und Bausektors, die etwas über ein Drittel der Erwerbstätigen der Umweltwirtschaft stellen. Auf die industrielle Fertigung von Umweltwirtschaftsgütern entfallen knapp zwei Fünftel der Erwerbstätigen.

Die ökonomische Bedeutung der Umweltwirtschaft zeigt sich im Vergleich zu anderen Schlüsselbranchen des Landes. Mit 6,1 % der Erwerbstätigen und 7,1 % der Bruttowertschöpfung der Gesamtwirtschaft in Nordrhein-Westfalen nimmt die Umweltwirtschaft für sich genommen einen weitaus höheren Anteil ein als klassische industrielle Leitbranchen wie die Chemie- und Pharmaindustrie, der Maschinenbau, der Fahrzeugbau oder die Elektroindustrie. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Umweltwirtschaft als Querschnittsbranche Teile dieser Branchen miteinschließt. So lassen sich beispielsweise rund 10 % des Maschinenbaus der Umweltwirtschaft zurechnen. Dabei handelt es

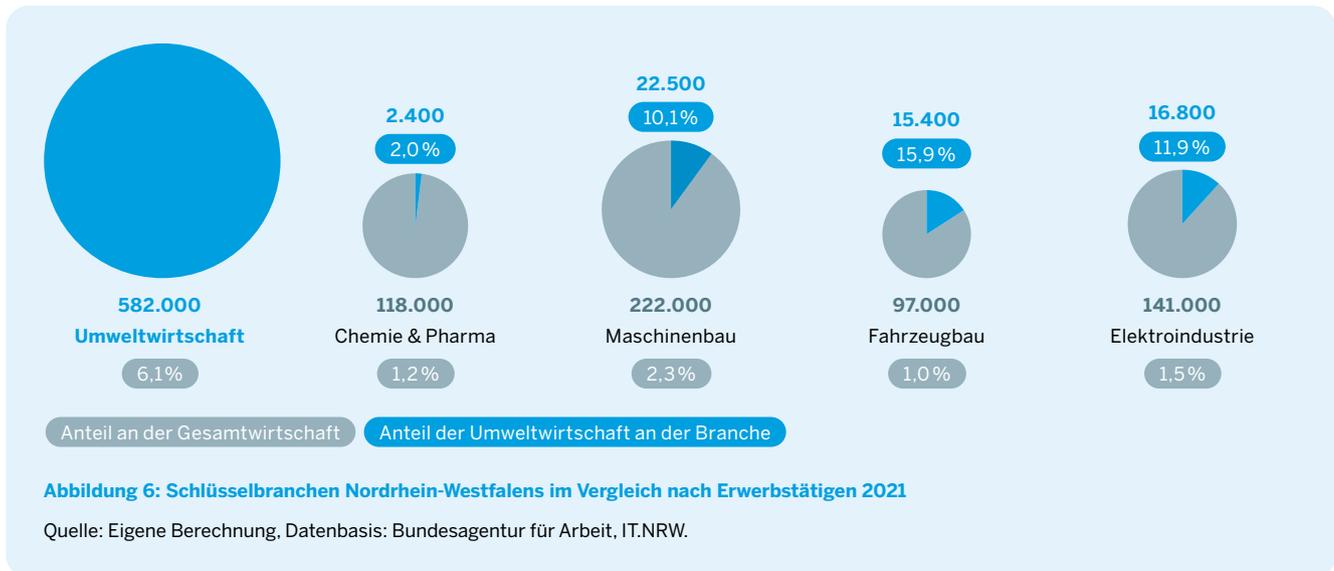


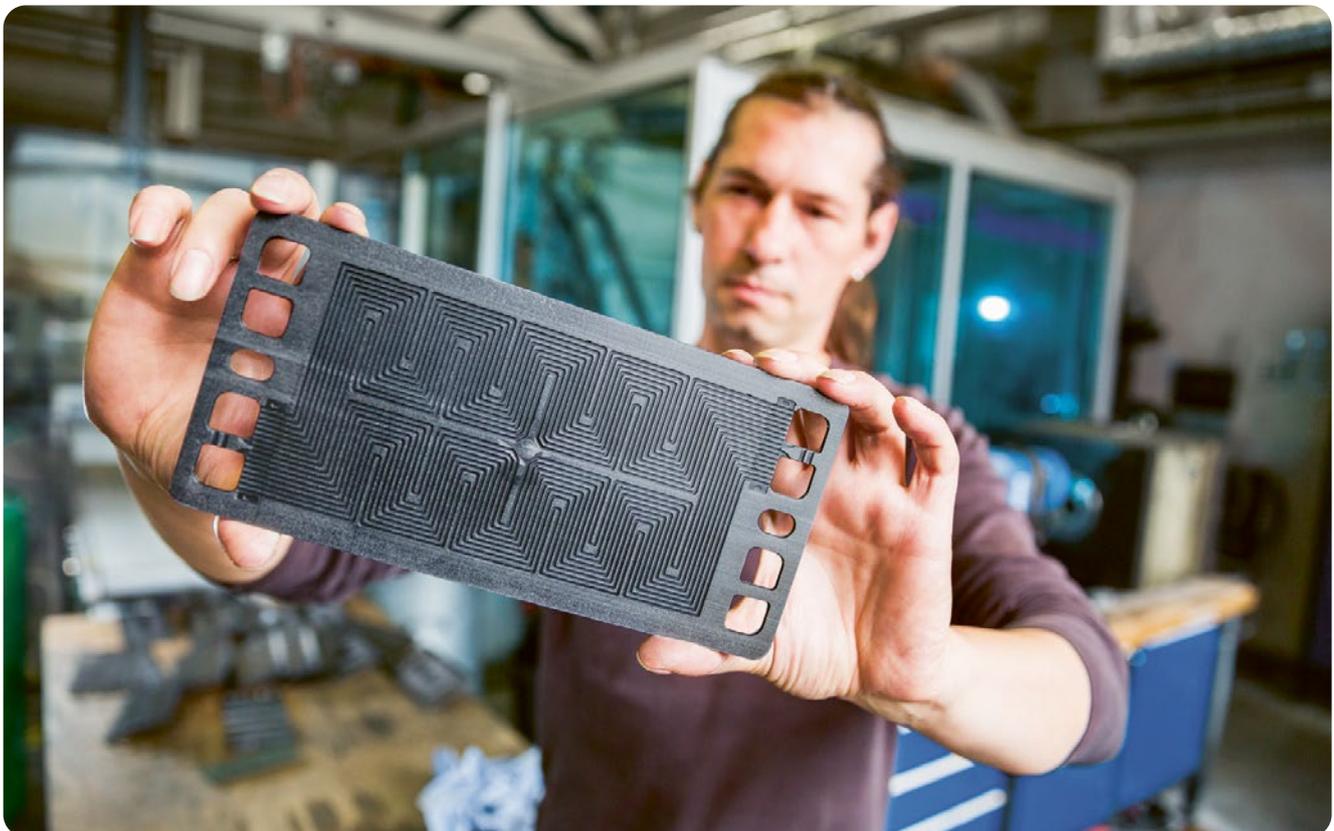
Abbildung 6: Schlüsselbranchen Nordrhein-Westfalens im Vergleich nach Erwerbstätigen 2021

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

sich um diverse umwelttechnische Anlagen, beispielsweise Luftreinigungstechnik, Recyclinganlagen oder effiziente Gebäudetechnik. Im Fahrzeugbau haben mittlerweile 15,9 % der Erwerbstätigen einen Bezug zur Umweltwirtschaft. Neben Elektromobilität zählen hierzu unter anderem auch Schienenfahrzeuge und die Fahrradwirtschaft. Die Elektroindustrie umfasst zu 11,9 % Erwerbstätige der Umweltwirtschaft. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Erneuerbare-Energien-Anlagen, diverse Messtechnik, Steuer- und Regeltechnik für industrielle Prozesse oder Informations- und Kommunikationstechnik (IKT).

## DAS IST DIE UMWELTWIRTSCHAFT

Die Umweltwirtschaft umfasst alle Unternehmen, deren Produkte und Dienstleistungen einen Beitrag zum Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz leisten (siehe [Infobox](#)). Als Querschnittsbranche vereint sie dabei unterschiedliche Wirtschaftszweige und Geschäftsmodelle. Sie reicht von der Land- und Forstwirtschaft über die großen industriellen Schlüsselbranchen des Landes wie etwa die Elektroindustrie oder den Maschinen- und Fahrzeugbau bis hin zu technologieorientierten Dienstleistungsfeldern. Ihre Un-



Am Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) Duisburg werden innovative Wasserstoff-Technologien entwickelt.

## FAHRRADWIRTSCHAFT IN NRW

Der Radverkehr spielt eine bedeutende Rolle für die Verkehrswende. Wie kein anderes Verkehrsmittel vereint das Rad auf Strecken bis 20 Kilometer Umweltfreundlichkeit, Flexibilität, Schnelligkeit und Bezahlbarkeit. In urbanen Gebieten spielt die lärm- und emissionsfreie sowie platzsparende Form der Fortbewegung weitere Vorteile aus, etwa im Gesundheitsschutz und bei der Aufenthaltsqualität.

Der Boom bei den Absatzzahlen von Fahrrädern zeigt, dass diese Vorteile auch zunehmend erkannt werden. Hierzu tragen insbesondere auch E-Bikes bei, die die Attraktivität des Verkehrsmittels weiter steigern. Europaweit hat der Markt für Fahrräder und E-Bikes in den vergangenen Jahren ein signifikantes Wachstum verzeichnet. Allein zwischen 2020 und 2021 stieg der Absatz um 7,5 %.<sup>2</sup> Auch in Deutschland setzt sich dieser Trend fort. Im Rekordjahr 2020 wurden deutschlandweit 5,04 Mio. Fahrräder abgesetzt, was einem Wachstum von 16,9 % gegenüber dem Vorjahreswert entspricht. Noch stärker war das Wachstum bei den E-Bikes, hier lag der Absatz mit 1,95 Mio. Stück um 43,4 % höher.<sup>3</sup>

Die Fahrradwirtschaft ist integraler Bestandteil der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Mit über 1.100 Erwerbstätigen und einer Bruttowertschöpfung

von ca. 82 Mio. Euro ist die Herstellung von Fahrrädern und Fahrradkomponenten Bestandteil des Teilmarkts *Umweltfreundliche Mobilität*. Ein Viertel der gesamten deutschen Bruttowertschöpfung in der Herstellung von Fahrrädern entfällt auf die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Hinzu kommen Wartungs- und Reparaturleistungen sowie die Planung entsprechender Verkehrsinfrastrukturen. Über die Abgrenzung der Umweltwirtschaft hinaus kennzeichnen weitere vor- und nachgelagerte Leistungen die Vielfalt der Fahrradwirtschaft, etwa der Handel, die Herstellung von Fahrradbekleidung und -zubehör bis hin zu spezialisierten Dienstleistungen und dem Fahrradtourismus. Dadurch vergrößert sich die Bedeutung der Fahrradwirtschaft erheblich.

Vor dem Hintergrund der hohen Absatzdynamik, dem Vorhandensein europäischer Marktführer und Leitunternehmen (bspw. für Fahrradreifen), dem verstärkten Ausbau wichtiger Infrastruktur und der politischen Programmatik der neuen Landesregierung in Nordrhein-Westfalen besitzt die Branche eine exzellente Ausgangsposition, um in Zukunft sozioökonomisch weiter an Bedeutung zu gewinnen und einen wichtigen Beitrag zum Gelingen der Mobilitätswende zu leisten.



Münster zählt zu Deutschlands fahrradfreundlichsten Städten.

ternehmen und Betriebe finden sich in klassischen Bereichen wie der Abwasser- und Abfallentsorgung sowie den Minderungs- und Schutztechnologien ebenso wie in den neueren Themenfeldern der umweltfreundlichen Mobilität, erneuerbaren Energien, Effizienztechnologien und der Klimaanpassung. In dieser wirtschaftlichen Vielfalt liegt eine besondere Stärke der Umweltwirtschaft.

Der vorliegende Bericht strukturiert die Umweltwirtschaft in acht thematische Teilmärkte. Diese gliedern sich in unterschiedliche Marktsegmente auf, die sich wiederum aus verschiedenen Technologiebereichen zusammensetzen. Die nachfolgende **Abbildung 7** zeigt die Systematik auf.

Trotz der positiven Entwicklungen nehmen auch für die Umweltwirtschaft die Herausforderungen zu. Die pandemische Lage ist immer noch nicht ausgestanden und führte zu hohen Krankenständen, die den Fachkräftemangel verschärfen. Unternehmen der Umweltwirtschaft haben insbesondere mit Störungen in den globalen Lieferketten zu kämpfen, die ihre Ursachen in der COVID-19-Pandemie und in den Folgen des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine haben.



Die Umstellung auf Elektromobilität läuft im Kölner Ford-Werk auf vollen Touren.

## STATISTISCHE ERFASSUNG DER UMWELTWIRTSCHAFT

In der amtlichen Branchenklassifikation nach Wirtschaftszweigen und Gütergruppen ist die Umweltwirtschaft nicht aufgeführt. Um ihre wirtschaftliche Bedeutung empirisch zu betrachten, ist daher eine statistische Abgrenzung der wirtschaftlichen Aktivitäten und Produkte erforderlich. Mit dem Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2015 wurde hierzu erstmalig ein grundlegendes Abgrenzungsmodell konzipiert, das in den Folgeberichten 2017 und 2020 kontinuierlich weiterentwickelt wurde.

Die zur Abgrenzung angelegten Kriterien sind ein direkter Umweltnutzen und die Wirkung als umweltfreundliches Substitut sowie eine unterstützende Wertschöpfungs- bzw. Klimaanpassungsfunktion. Erfüllt ein Produkt, ein Verfahren oder eine Dienstleistung eines dieser Kriterien, zählt es zur Umweltwirtschaft. Die Umweltwirtschaft umfasst dieser Definition zufolge alle Unternehmen, die klimaschützende beziehungsweise umweltfreundliche und ressourcenschonende Produkte und Dienstleistungen anbieten.

Im Rahmen dieses Berichts wurde das Abgrenzungsmodell aktualisiert und weiter verfeinert. Insbesondere wurden Leistungen zur Klimaanpassung explizit herausgearbeitet und erfasst (siehe Kapitel 3). Weitere punktuelle Anpassungen betreffen insbesondere den Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft*, der im Kontext der Circular Economy um weitere Reparaturleistungen ergänzt wurde, sowie den Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*, in dem Technologien und Dienstleistungen zur Defossilisierung von Industrieprozessen (Elektrifizierung, Grüner Wasserstoff) neu berücksichtigt wurden.

Für den Umweltwirtschaftsbericht 2022 wurden die Kennwerte auf Basis der überarbeiteten Methode ab dem Referenzjahr 2010 neu berechnet. Damit kann die Entwicklung über den Betrachtungszeitraum von 2010 bis 2021 analysiert werden. Ein direkter Vergleich mit den Kennwerten früherer Ausgaben des Umweltwirtschaftsberichts Nordrhein-Westfalen ist auf Grund der methodischen Anpassungen nur bedingt möglich. Weitere Details zum methodischen Vorgehen finden sich online unter [www.umweltwirtschaft.nrw](http://www.umweltwirtschaft.nrw).

Abbildung 7: 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
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 Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	Wasserwirtschaft 4.0 (Messen, Analysieren, Steuern, Regeln) 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

## BLICK IN DIE TEILMÄRKTE

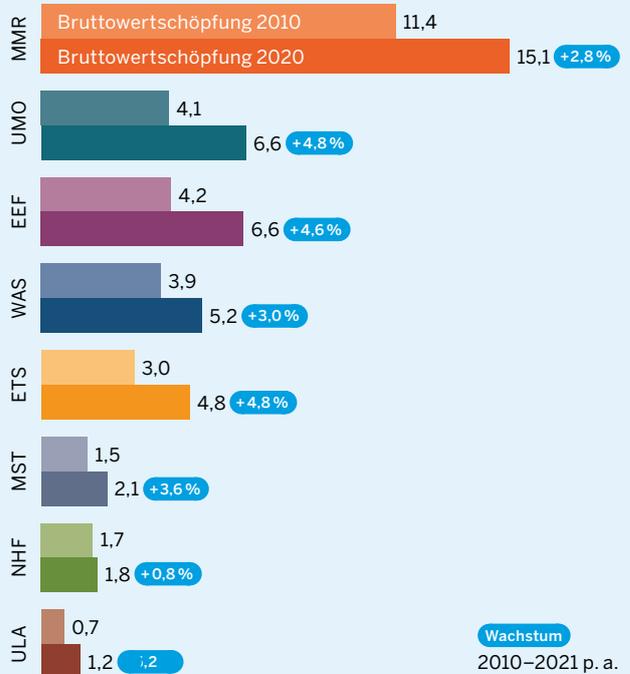
Die Teilmärkte zeichnen ein facettenreiches Bild der Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalens. Sie unterscheiden sich nicht nur in den Tätigkeiten, sondern auch hinsichtlich ihrer Größe und Entwicklung teils deutlich voneinander.

Die **Abbildungen 8 und 9** geben einen Überblick über die Zahl an Erwerbstätigen sowie die Bruttowertschöpfung der einzelnen Teilmärkte.



**Abbildung 8: Erwerbstätige in den Teilmärkten der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft, 2010 und 2021**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.



**Abbildung 9: Bruttowertschöpfung in den Teilmärkten der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft 2020 und Wachstum seit 2010 in Mrd. Euro**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

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

## TEILMARKT-PROFILE



## EEF: ENERGIEEFFIZIENZ UND ENERGIEEINSPARUNG

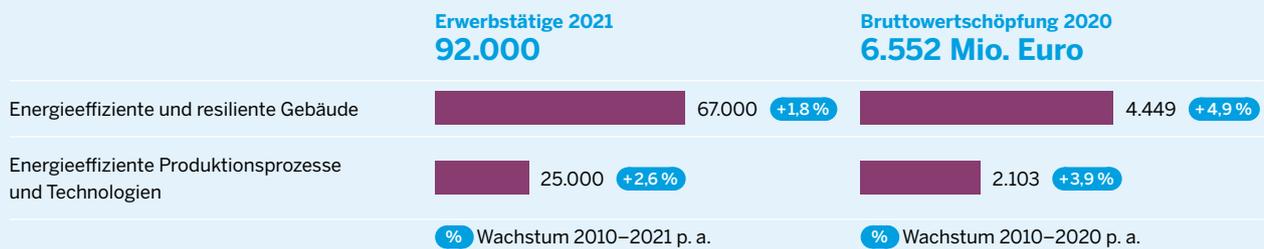


Abbildung 10: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Energieeffizienz und Energieeinsparung

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Bruttowertschöpfung (4,6 % p. a.) und Erwerbstätigkeit (2,0 % p. a.) des Teilmarkts *Energieeffizienz und Energieeinsparung* wachsen überdurchschnittlich stark. Als drittgrößter Teilmarkt ist er damit ein wichtiger Wachstumstreiber der Umweltwirtschaft. Das dienstleistungsintensive Marktsegment *Energieeffiziente Gebäude* umfasst dabei über zwei Drittel des Teilmarktes. Die gute wirtschaftliche Entwicklung ist insbesondere auf den Bausektor zurückzuführen, der Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich umsetzt und den Teilmarkt insgesamt prägt.



## MMR: MATERIALIEN, MATERIALEFFIZIENZ UND RESSOURCENWIRTSCHAFT

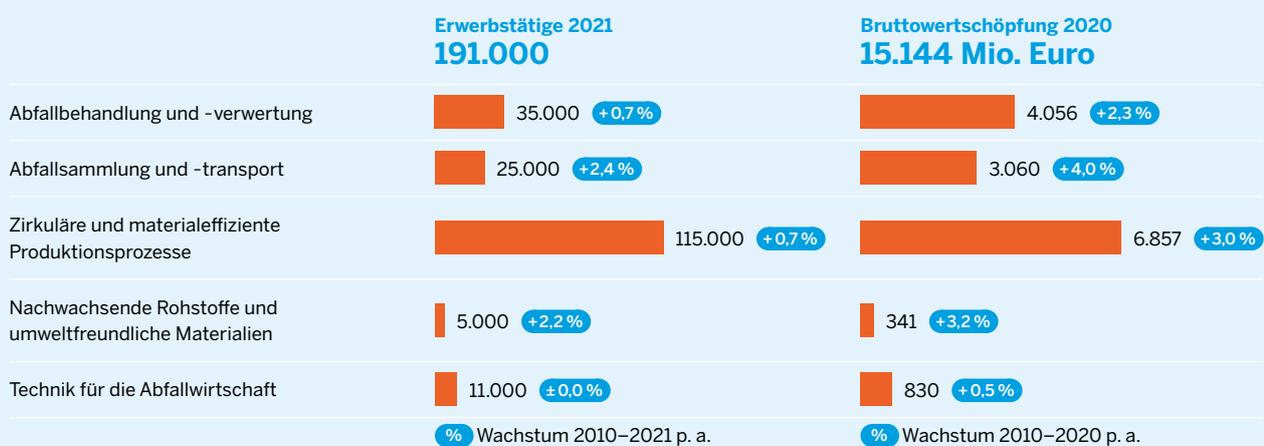


Abbildung 11: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Der Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* kumuliert mit einigem Abstand die meisten Erwerbstätigen (33 %) und Bruttowertschöpfung (35 %) der Umweltwirtschaft. Mit über 82 % ist der Anteil hochwertiger sozialversicherungspflichtiger Beschäftigungsverhältnisse sehr hoch. Die Leistungen und Produkte des Teilmarkts bilden den Kern der nordrhein-westfälischen Circular Economy. Prägend ist insbesondere das Marktsegment *Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse*. Der Teilmarkt entwickelt sich jedoch weniger dynamisch als andere Teilmärkte. Während die Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung (2,8 % p. a.) in etwa auf dem Niveau der Gesamtwirtschaft liegt, entwickelt sich die Erwerbstätigenzahl unterdurchschnittlich (0,9 % p. a.). Ein positives Wachstumssignal setzt jedoch das Segment *Abfallsammlung und -transport*. Darüber hinaus ist Nordrhein-Westfalen gemessen an der Anzahl der Patentanmeldungen in diesem Teilmarkt bundesweiter Innovationsführer.



## MST: MINDERUNGS- UND SCHUTZTECHNOLOGIEN



Abbildung 12: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Minderungs- und Schutztechnologien

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Der Teilmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien* gehört zu den kleineren Teilmärkten der Umweltwirtschaft. Das Wachstum liegt im Durchschnitt der Umweltwirtschaft. Ein Treiber ist insbesondere das Segment der *Übergeordneten Klimaanpassungsleistungen*, das gerade im Bereich Architektur- und Planungsdienstleistungen mit neuen Herausforderungen und erkannten Handlungsbedarfen konfrontiert ist.



## NHF: NACHHALTIGE HOLZ- UND FORSTWIRTSCHAFT

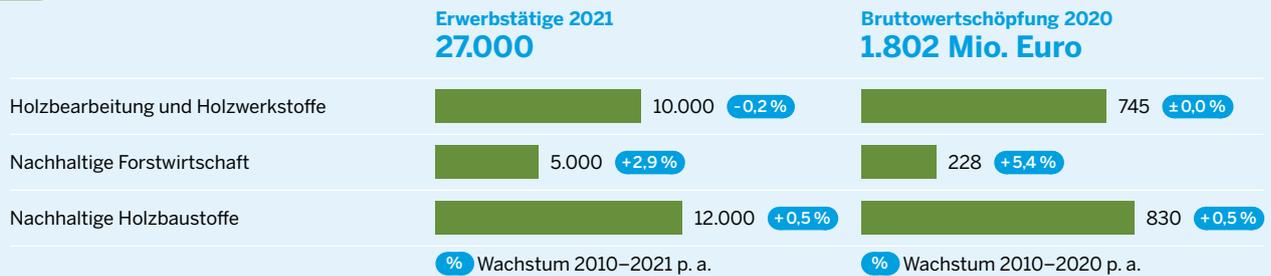


Abbildung 13: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Trotz Dürre und Schädlingsbefall konnte sich der Teilmarkt *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* ökonomisch bisher gut entwickeln. Das jüngst gezeigte Wachstum der Erwerbstätigkeit im Jahr 2021 reflektiert allerdings die massive Abholzung teils unbrauchbaren Holzes. Mit einem Anteil von 4 % an der Bruttowertschöpfung der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft gehört dieser Teilmarkt zu den kleinsten Teilmärkten. Die Entwicklung des Waldbestands und die Folgen des Klimawandels stellen diesen außerdem vor große Herausforderungen. Mit nachhaltigen Holzbaustoffen bieten sich aber auch neue Zukunftsaussichten, welche bereits heute einen Großteil der Bruttowertschöpfung ausmachen.



Baumwipfelpfad Panarbora bei Waldbröl



## UMWELTFREUNDLICHE ENERGIEWANDLUNG, -TRANSPORT UND -SPEICHERUNG



Abbildung 14: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* zeigt eine ambivalente Entwicklung. Während sich die Bruttowertschöpfung gut entwickelt, liegt die Zahl der Erwerbstätigen nach wie vor unter dem Niveau von 2010. Besonders der Technologiebereich *Solar* war von einem Einbruch betroffen, auch wenn in den letzten drei Jahren wieder ein leichtes Wachstum zu verzeichnen ist. Die Anzahl der Erwerbstätigen im Technologiebereich *Windenergie* nähert sich ebenfalls langsam wieder dem Höchstwert von 2012. Treibende Wachstumsfaktoren waren über die letzten Jahre hinweg vor allem die Bioenergie sowie der Netzausbau und -betrieb. Hervorzuheben ist zudem die Innovationsstärke. Knapp 30 % der Patentanmeldungen der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft 2019 gehen auf diesen Teilmarkt zurück. Die zunehmenden politischen Anstrengungen im Bereich Klimaschutz und Energiewende sowie die erkannte Notwendigkeit einer gesteigerten Energiesouveränität könnten für weitere Wachstumspotenziale im Teilmarkt sorgen.



## UMWELTFREUNDLICHE LANDWIRTSCHAFT

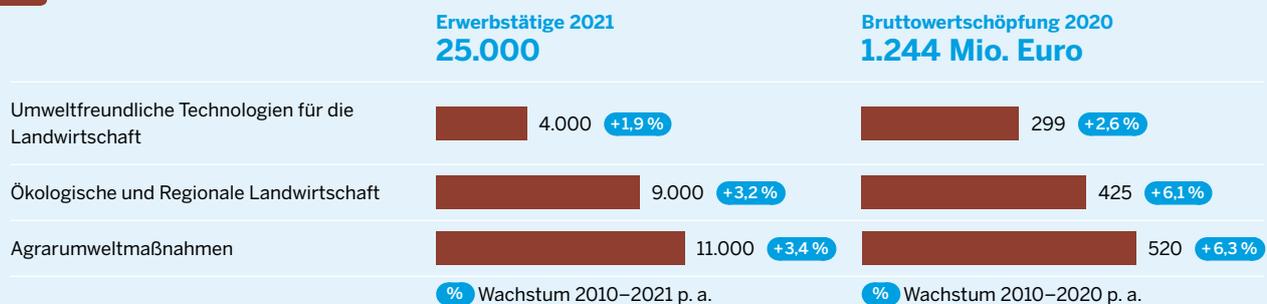


Abbildung 15: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Umweltfreundliche Landwirtschaft

Auf Grund von Rundungen weicht die Summe der Erwerbstätigen der Marktsegmente von der Gesamtzahl des Teilmarkts ab.

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* ist der kleinste Teilmarkt der Umweltwirtschaft. Fast 40 % der Erwerbstätigen sind als geringfügig Beschäftigte angestellt – mehr als in jedem anderen Teilmarkt. Allerdings zeigt der Teilmarkt insgesamt eine sehr hohe Wachstumsdynamik. Bei der Erwerbstätigkeit erreicht die Wachstumsrate mit 3,1 % p. a. den zweithöchsten, bei der Bruttowertschöpfung mit 5,2 % p. a. den höchsten Wert aller Teilmärkte. Auffällig ist zudem die im Vergleich zur Größe des Teilmarkts hohe Innovationskraft mit einem Anteil von rund 17 % der Patentanmeldungen 2019 der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft.



Agri-/Horti-Photovoltaik-Anlage in Morschenich-Alt



## UMO: UMWELTFREUNDLICHE MOBILITÄT



Abbildung 16: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Umweltfreundliche Mobilität

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* ist mit Blick auf den Arbeitsmarkt der zweitgrößte Teilmarkt, jeder fünfte Erwerbstätige der Umweltwirtschaft ist hier beschäftigt. Die Produkte und Dienstleistungen des Teilmarkts leisten einen maßgeblichen Beitrag zur Raum- und Mobilitätswende. Vor diesem Hintergrund überrascht die hohe Entwicklungsdynamik nicht. Der Teilmarkt verfügt über die höchste Wachstumsrate bei der Erwerbstätigkeit (3,3 % p. a.) und legt auch bei der Bruttowertschöpfung stark zu (4,8 % p. a.). In absoluten Werten handelt es sich mit Abstand um die höchsten Zuwächse in der Umweltwirtschaft. Treiber sind hier vor allem das Marktsegment *Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur* sowie die *Elektrifizierung des Personenverkehrs*.



## WASSERWIRTSCHAFT



Abbildung 17: Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Wasserwirtschaft

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW.

In der *Wasserwirtschaft* zeigt sich ein unterdurchschnittlicher Entwicklungspfad. Eines der Wachstumsfelder ist insbesondere der Technologiebereich *Wasser- und Abwassernetz*. Die Wasserwirtschaft beschäftigt ca. 11 % der Erwerbstätigen in der Umweltwirtschaft. Dabei sticht sie durch den höchsten Anteil an hochwertigen Beschäftigungsverhältnissen hervor, 85 % der Erwerbstätigen sind hier sozialversicherungs-pflichtig beschäftigt.



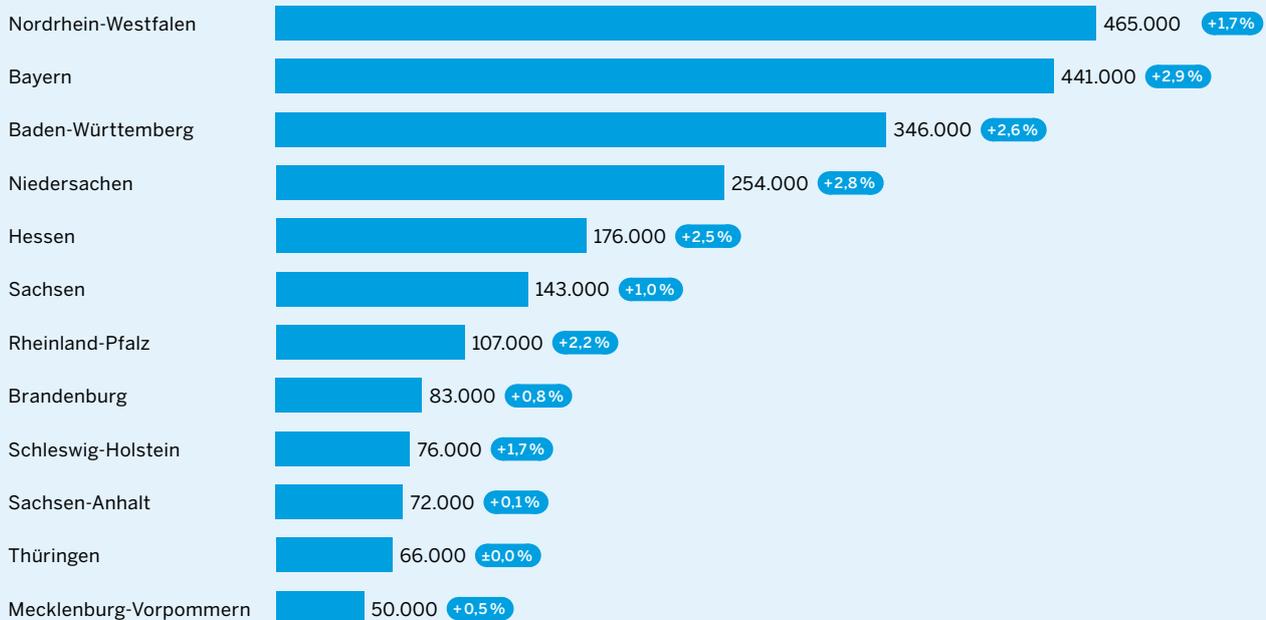
Hochwasserrückhaltebecken Emscher-Auen

## NORDRHEIN-WESTFALEN IM BENCHMARK

Nordrhein-Westfalen ist, gemessen an der Zahl sozialversicherungspflichtigen Beschäftigter, der größte Standort der Umweltwirtschaft in Deutschland und führt die Rangliste der Bundesländer an (siehe Abb. 18). Die Wachstumsrate der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten der Umweltwirtschaft in NRW liegt mit 1,7 % p. a. ein gutes Stück niedriger als der bundesweite Durchschnitt von 2,1 % p. a. Alle Bundesländer auf den Rängen zwei bis fünf weisen dagegen eine überdurchschnittliche Entwicklung auf. Um die Spitzenstellung zu halten, muss die Querschnittsbranche in Nordrhein-Westfalen insgesamt an Entwicklungsdynamik zulegen.



Bürogebäude mit innovativer Fassadenbegrünung in Moers



**Anteil** Wachstum 2010–2021 p. a.

**Abbildung 18: Umweltwirtschaft im Bundesländer\*-Vergleich: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte 2021 und Wachstum 2010–2021**

\*Ohne Saarland sowie Stadtstaaten Berlin, Bremen, Hamburg  
Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis Bundesagentur für Arbeit

# 3

## DIE ANPASSUNG AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS – EIN TEIL DER UMWELTWIRTSCHAFT

- I In allen Regionen des Landes ist die Klimaanpassung eine zentrale Aufgabe
- I Lokal und regional sind passgenaue Maßnahmen erforderlich
- I Investitionen in grün-blaue Infrastrukturen wie Parks und städtische Wasserflächen werden wichtiger
- I NRW-Umweltwirtschaft liefert von der Forst- bis zur Wasserwirtschaft effektive Lösungen

28,7%  
der **Bruttowertschöpfung**

30,5%  
der Erwerbstätigen

der Umweltwirtschaft wiesen 2020 einen Bezug zu **Technologien und Dienstleistungen der Klimaanpassung** auf.



Jeder **5.** Euro der deutschen **Klimaanpassungswirtschaft** entstand in Nordrhein-Westfalen (Bruttowertschöpfung).



**4 °C** **Abkühlung verschaffen Grünflächen** in den Städten an heißen Tagen im Vergleich zur Umgebung. Ungeschnittenes Gras in Parkflächen senkt die Bodentemperatur um 20 °C. Das trägt signifikant zur Bodengesundheit und Biodiversität bei.

Hochwasserschutz an der Lippe durch  
Deichrückverlegung und somit erweiter-  
ter Überflutungsflächen. Im Hintergrund:  
der Chemiapark Marl.

42 %  
der **Wertschöpfung** der  
Klimaanpassung in NRW geht auf das  
Konto der **Wasserwirtschaft**. Das entspricht circa  
**5,2 Mrd. €**  
**Wertschöpfung** im Jahr 2020.



CO<sub>2</sub> im Wert von **1,7 Mio. €**  
speichern **begrünte Dächer** in NRW jährlich.  
Außerdem halten sie 75 bis 90 % der Regen-  
menge zurück und stärken die Biodiversität in  
den Städten und Kommunen.



Heißere und trockenere Sommer, heftigere und häufigere Starkregen und Überflutungen: Die Auswirkungen des Klimawandels sind in allen Landesteilen angekommen, in den Städten wie auf dem Land. Dabei sind aufsehenerregende Wetterlagen Teil eines Trends: Die klimatologischen Veränderungen bringen bereits heute vermehrt extreme Wetterereignisse mit sich, die in Nordrhein-Westfalen vor dem einsetzenden Klimawandel wesentlich seltener waren. Gezeigt haben dies in den letzten Jahren unter anderem das extreme Niedrigwasser des Rheins 2018 und drei Jahre später die verheerenden Überflutungen des Juli 2021. Im Sommer 2019 wurden zudem in Duisburg-Baerl und Tönisvorst mit 41,2 °C die höchsten in Deutschland je gemessenen Temperaturen verzeichnet.<sup>4</sup> Damit ist klar: Der Klimawandel erfordert neben weitgreifenden Maßnahmen zum Schutz des Klimas auch solche zur Anpassung an die neuen Klima- und Umweltbedingungen. Diese Anpassung ist in allen Lebenswelten und in allen Wirtschaftsbereichen notwendig.

Nordrhein-Westfalen ist Standort zahlreicher Unternehmen und Innovatoren, die hierzu Produkte und Lösungen anbieten. Eine Klimaanpassungswirtschaft bildet sich heraus – sie ist ein neuer und elementarer Teil der Umweltwirtschaft.

## KLIMAAANPASSUNGSWIRTSCHAFT UND UMWELTWIRTSCHAFT – DEFINITION UND ABGRENZUNG

### ZIEL UND DEFINITION

Ziel der Klimaanpassung ist es, „durch die Verbesserung der Anpassungsfähigkeit, die Stärkung der Widerstandsfähigkeit und die Verringerung der Anfälligkeit gegenüber Klimaänderungen einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung [zu] leisten“. Damit wird ein nicht nur für Nordrhein-Westfalen allumfassendes Aufgabenfeld umrissen, das gleichermaßen die Gefahrenvorsorge, die Gesundheit der oder des Einzelnen und der Allgemeinheit, die Sicherung einer menschenwürdigen Umwelt, den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen und die Förderung einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Wirtschaft mit einbezieht.<sup>5</sup>

In vielen dieser Felder kann die Umweltwirtschaft Lösungen anbieten und steht somit im Zentrum des Umgangs mit dem fortschreitenden Klimawandel. Um der zunehmenden Bedeutung von Klimaanpassungslösungen gerecht zu werden, wurde der in den bisherigen Umweltwirtschaftsberichten des NRW-Umweltministeriums<sup>6</sup> verfolgte Ansatz zur Erfassung und Definition der Umweltwirtschaft erweitert. Der Umweltnutzen bzw. die Bereitstellung eines umweltfreundlicheren Substituts als defi-

nierendes Element der Umweltwirtschaft wird im vorliegenden 4. NRW-Umweltwirtschaftsbericht 2022 erstmals um das Kriterium der Klimaresilienz ergänzt, um auch die vielfältigen Aktivitäten im Bereich der Klimaanpassungswirtschaft abbilden zu können.

Die Klimaanpassung als Teil der Umweltwirtschaft stellt so die sozioökonomischen Lebensverhältnisse der Bürgerinnen und Bürger – ebenso wie den Schutz der Umweltmedien Boden, Flora, Fauna, Wasser und Luft – in den Mittelpunkt. Hierbei zeigt sich, dass ein Großteil der Klimaanpassungsleistungen gleichzeitig positive Umwelteffekte mit sich bringt – so filtern beispielsweise regenwasserrückhaltende Gründächer auch Schadstoffe aus der Luft. Zentrales Definitionskriterium ist:

**Die Klimaanpassungswirtschaft umfasst Produkte und Dienstleistungen zur vorbeugenden Vermeidung oder Minderung potenzieller Schäden und Erhöhung der Resilienz gegenüber tatsächlichen und noch zu erwartenden Klimafolgen.**

### KLIMAAANPASSUNG ALS GANZHEITLICHE AUFGABE ZUR SICHERUNG EINER LEBENS- WERTEN ZUKUNFT

Insbesondere die Entwicklung und Ausprägung von fünf Klimasignalen, die ausgehend vom Klimawandel zu erwarten sind, erfordert die aktive Anpassung von Städten, Regionen und wirtschaftlichen Tätigkeiten: Hitze, Trockenheit, Starkregen, Flusshochwasser und Stürme.<sup>7</sup> Die Klimasignale wirken durch eine Vielzahl von Zusammenhängen und Abhängigkeiten auf unterschiedlichste Bereiche des Lebens und der Umwelt: So verursachen sie direkte Schäden (beispielsweise an Gebäuden und Infrastrukturen), sorgen aber auch für gesundheitliche Probleme und bringen in der Land- und Forstwirtschaft eine erhöhte Schädlingsanfälligkeit und Ertragseinbußen mit sich. Insgesamt 131 verschiedene Klimawirkungen in 15 Handlungsfeldern identifiziert die umfangreichste Vulnerabilitätsstudie für Deutschland.<sup>8</sup> Die Klimawirkungen bedingen sich dabei zum Teil gegenseitig und bilden ein komplexes Geflecht aus Wirkungszusammenhängen. So begünstigt das Ausbleiben von Niederschlägen die Austrocknung von Böden und damit wiederum eine verstärkte Erosion durch Wasser und Wind. Landwirtschaftliche Erträge verringern sich, während die allgemeine Trockenheit den Pflanzen ebenfalls so zusetzt, dass diese sich anfälliger für Schädlingsbefall zeigen.

Sämtliche Technologien und Produkte, die die Anpassungskapazität (und damit die Resilienz des Gesamtsystems) der Schutzgüter gegenüber diesen Folgen erhöhen, werden in der Klimaanpassungswirtschaft mitberücksichtigt. Ihre Aktivitäten reichen daher vom

- I Handwerk (beispielsweise im Garten- und Landschaftsbau) über das
- I Verarbeitende Gewerbe (z. B. mit der Herstellung von Dämmstoffen oder Dreifachverglasungen),
- I Ver- und Entsorgungsleistungen (mit unter anderem dem Kanalnetzbau und der Trinkwasserversorgung) bis hin zu
- I (Finanz-)Dienstleistungen (beispielsweise durch die Bereitstellung von Elementarschadens- oder ähnlichen Versicherungen).

Die Klimaanpassungsaktivitäten sind hierbei in sieben Gruppen einteilbar. Wie jedoch auch die einzelnen Handlungsfelder und ihre Wechselwirkungen untereinander, sind diese nicht trennscharf abzubilden.

- I **Klimaangepasste Landwirtschaft:** Diese umfasst sämtliche Technologien und Dienstleistungen, um Pflanzenanbau und Tierhaltung resilienter zu gestalten. Neben der bodenschonenden und biodiversitätsfördernden Bearbeitung steht hier die Verwendung von trockenheitsangepassten Pflanzen und die effiziente Verwendung von Bewässerung, bspw. aber auch die Nutzung von Agri-Photovoltaikanlagen als Schutz der Pflanzen gegen Extremwetterereignisse mit gleichzeitiger Erzeugung von erneuerbarer Energie, im Vordergrund.
- I **Klimaangepasste Forstwirtschaft:** Die nordrhein-westfälischen Wälder waren in den vergangenen Jahren bereits extremen Belastungen durch den Klimawandel ausgesetzt. Ein Umbau des Waldes hin zur Klimastabilität – etwa durch die Aufforstung mit trockenheitsangepassten Pflanzarten und den Ausbau der Mischwälder – steht hier im Vordergrund.
- I **Klimaangepasste Bodennutzung:** Für Land- und Forstwirtschaft, aber auch für die allgemeine Versickerung von Wasser von großer Bedeutung ist der klimaangepasste Umgang mit den Boden- und Flächenressourcen. Eine Verhinderung von Bodenerosion und Nährstoffverlust (der zu Biodiversitätsmängeln und weiterer Erosion führen kann) ist hier Aufgabe verschiedener Klimaanpassungstechnologien.
- I **Wassermanagement:** Der Umgang mit Wasser ist das zentrale Thema in der Klimaanpassung. Gibt es zu viel, müssen Versickerungs- und Rückhaltungsmöglichkeiten geschaffen werden, um das Kanalnetz zu entlasten. Gibt es zu wenig, gilt es, effizient mit den vorhandenen

Bis zu **17 %** mehr Wasser hält klimaangepasst bewirtschaftetes Ackerland in der Fläche und verringert die Bodenerosion um bis zu 98 %.



Ressourcen umzugehen und auf Speicher zurückzugreifen, um Nutzungskonflikte und Qualitätseinbußen zu vermeiden.

- I **Grüne und grün-blaue Infrastrukturen:** Insbesondere im städtischen Raum sind grüne und grün-blaue Infrastrukturen ein wichtiges Instrument der Klimaanpassung. Sie tragen zum Wassermanagement bei und nehmen darüber hinaus wichtige stadtklimatische Funktionen ein, beispielsweise durch Verdunstungskühlung und die Verschattung von Gebäuden oder öffentlichen Räumen.
- I **Temperaturregelung, Isolierung und Verschattung:** Um den thermischen Komfort in Innenräumen, insbesondere für vulnerable Gruppen wie ältere oder erkrankte Personen, zu erhalten, sind bauliche Maßnahmen an Gebäuden und Anlagen nötig. Eine Dämmung von Fenstern und Fassaden hilft dabei nicht nur gegen Kälte im Winter (und erhöht so die Energieeffizienz des Gebäudes), sondern auch gegen steigende Temperaturen in den Sommermonaten.
- I **Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen:** In diese Kategorie fallen weitere, nicht themenspezifische Leistungen der Klimaanpassung, wie die Bereitstellung von Versicherungsleistungen gegen Extremereignisse oder die Bereitstellung von Klima- und Fernerkundungsdaten sowie Warnsystemen, um Entscheidungen zu Verhaltensweisen bei Wetterextremen zu unterstützen.

Abbildung 19: Handlungsfelder und Wechselwirkungen der Klimaanpassungswirtschaft

Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und des Statistischen Bundesamtes



**Klimaangepasste Bodennutzung**

- Erhöhung der Biodiversität und Bodenqualität
- Verhinderung von Bodenerosion durch angepasste Bewirtschaftung
- Überwachung der Bodenparameter



**Klimaangepasste Landwirtschaft**

- Verwendung trockenheitsangepasster Pflanzen
- Effiziente Anbautechniken und -maschinen zur Einsparung von Wasser
- Agrarumweltmaßnahmen zur Erhöhung der Biodiversität und Bodenqualität
- Verbesserung des Tierwohls



**Klimaangepasste Forstwirtschaft**

- Aufbau trockenheitsangepasster Waldstrukturen (bspw. Pfahlwurzler oder klimastabile Mischwälder)
- Naturnahe Bewirtschaftung von Wäldern
- Bekämpfung von klimawandelprofitierenden Schädlingen (bspw. von Borkenkäfern und Eichenprozessionsspinnern)



### Boden

Äckerbodenerosion durch Wasser und Wind	
Beeinträchtigung der Filter-/Pufferfunktion für Wasser, Schadstoffe etc.	
Beeinträchtigung der Bodenbiologie und Nährstoffspeicherfunktion	



### Biologische Vielfalt

Rückgang und Aussterben von Arten	
Schäden an Ökosystemen	
Ausbreitung invasiver Arten und Tierarten mit allergenem und krankheitsübertragendem Potenzial	



### Forstwirtschaft

Hitze- und Trockenstress	
Schäden durch Schadorganismen	
Schäden durch Windwurf	
Beeinträchtigung der Qualität und Verfügbarkeit von Holz	
Schäden durch Waldbrände	



### Landwirtschaft

Rückgang der Ertragsmenge	
Beeinträchtigung der Ertragsqualität	
Beeinträchtigung der Tiergesundheit	
Schäden an landwirtschaftlicher Infrastruktur	



### Wasserhaushalt

Verringerte Grundwasserneubildung und Wasserverfügbarkeit aus Oberflächengewässern	
Mangel an Bewässerungs- und Produktionswasser	
Veränderung der Wasserqualität	
Einschränkung der Funktionsfähigkeit von Kläranlagen und Kanalnetzen	



### Menschliche Gesundheit

Hitzebedingte Todesfälle	
Hitzebedingte Minderung der Leistungsfähigkeit	
Zunahme von Krankheiten, Allergien etc.	
Belastungen des Rettungsdienstes und Gesundheitssystems	



### Bauwesen

Schäden an Gebäuden und Infrastruktur	
Gebäudeaufheizung in städtischen Wärmeinseln	
Beeinträchtigung des Innenraumklimas aufgrund von Hitze	



### Industrie und Gewerbe

Schäden an gewerblicher und industrieller Infrastruktur	
Freisetzung von gefährlichen Stoffen	
Beeinträchtigung des land- und wassergestützten Warenverkehrs	
Beeinträchtigung der Produktion, Logistik und Versorgung	



### Verkehr

Schäden an Verkehrsinfrastrukturen	
Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch Extremereignisse	
Schäden an Fahrzeugen	

Hitze Trockenheit Starkregen  
 Flusshochwasser Sturm



### Wassermanagement

- | Sicherstellung der Trink- und Prozesswasserversorgung an heißen Tagen sowie der Abwasserentsorgung
- | Vermeidung und Verringerung von Schäden durch Hochwasser und Sturzfluten
- | Sicherstellung der Wasserqualität



### Grüne und grün-blaue Infrastrukturen

- | Erhöhung der Versickerungs- und Speicherleistung, verzögerter Regenwasserabfluss
- | Vermeidung und Verringerung von Schäden durch Hochwasser und Sturzfluten
- | Erhöhung der Verschattungsleistung
- | Entstehung von Verdunstungskühlung
- | Erhöhung des thermischen Komforts in Innenräumen
- | Verbesserung der Biodiversität



### Temperaturregelung, Isolierung und Verschattung

- | Erhöhung der Verschattungsleistung
- | Erhöhung des thermischen Komforts in Innenräumen
- | Verringerung des Energieverbrauchs für Kühlung
- | Erhöhung der Leistungsfähigkeit und der Lebensqualität an heißen Tagen
- | Verringerung gesundheitlicher Auswirkungen

## WIRTSCHAFTLICHER ÜBERBLICK UND ENTWICKLUNG DER KLIMAANPASSUNGSWIRTSCHAFT

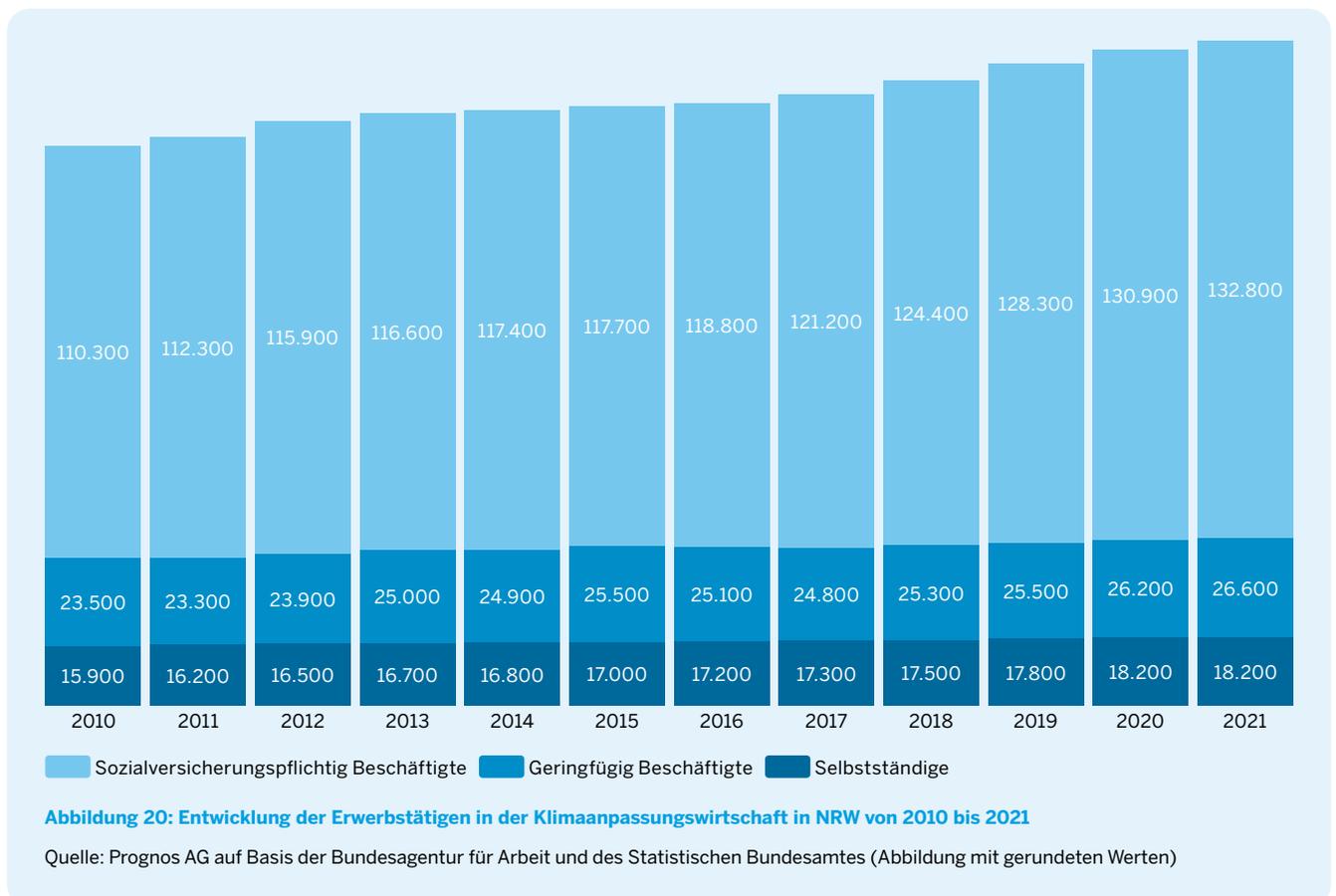
Hinsichtlich ihrer ökonomischen Kennzahlen erweist sich die Klimaanpassungswirtschaft bereits heute als ein bedeutendes und wirtschaftsstarkes Segment mit großen Wachstumschancen: Im Jahr 2021 betrug die Erwerbstätigenzahl in Nordrhein-Westfalen rund 178.000 Personen, was gegenüber den rund 150.000 Erwerbstätigen des Jahres 2010 einen Anstieg um 28.000 bedeutet. Somit wuchs die Erwerbstätigenzahl in der Klimaanpassungswirtschaft in den vergangenen Jahren im Durchschnitt jährlich um circa 1,6 %.

Damit wächst die Erwerbstätigkeit in Nordrhein-Westfalen in der Klimaanpassungswirtschaft etwas schneller als in der gesamten Umweltwirtschaft. Letztere wuchs zwischen 2010 und 2021 im Durchschnitt um circa 1,5 % jährlich. Im Vergleich zu ganz Deutschland vollzieht sich die nordrhein-westfälische Entwicklung der Klimaanpassungswirtschaft etwas weniger dynamisch: In Deutschland kann zwischen 2010 und 2021 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von circa 1,9 % verbucht werden. Waren 2010 rund 773.000 Erwerbstätige in der Klima-

passungswirtschaft tätig, so ist deren Zahl bis 2021 auf 954.000 angewachsen.

Die Definition der Erwerbstätigen umfasst neben sozialversicherungspflichtig Beschäftigten auch geringfügig Beschäftigte und Selbstständige. Dabei machen die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten die Mehrheit der Erwerbstätigen aus. Von den rund 178.000 Erwerbstätigen in der Klimaanpassungswirtschaft in Nordrhein-Westfalen entfielen dabei im Jahr 2021 circa 75 % auf die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, rund 15 % auf die geringfügig Beschäftigten und lediglich rund 10 % auf die Selbstständigen.

Auch beim Blick auf die Wertschöpfung zeigt sich die Bedeutung der Branche: Im Jahr 2020 lag diese in Nordrhein-Westfalen bei 12,5 Mrd. Euro. Dies entspricht im Vergleich zu den 8,5 Mrd. Euro Wertschöpfung des Jahres 2010 einem jährlichen durchschnittlichen Wachstum von rund 4,0 %. Die deutschlandweite Dynamik der Klimaanpassungswirtschaft übersteigt, gemessen an der Wertschöpfung, die der nordrhein-westfälischen. Bezogen auf ganz Deutschland stieg die Wertschöpfung zwischen 2010 und 2020 von 41,1 Mrd. Euro auf 65,7 Mrd. Euro, was einem jährlichen durchschnittlichen Wachstum von 4,8 % entspricht. Setzt man die Wertschöpfung der Klima-





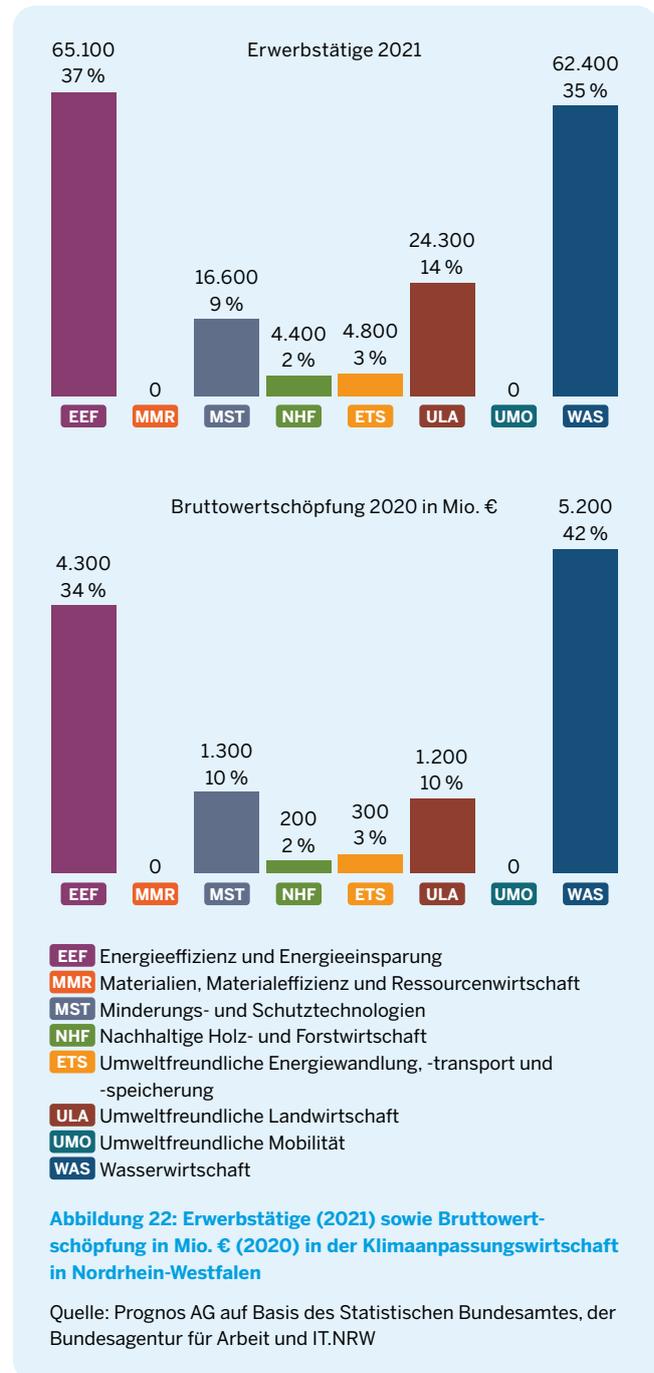
sungswirtschaft in Deutschland und in Nordrhein-Westfalen in Beziehung, so entstand rund jeder sechste Euro der deutschen Klimaanpassungswirtschaft in Nordrhein-Westfalen.

Die Klimaanpassung spielt für die gesamte Umweltwirtschaft eine wesentliche Rolle: Rund 30,5 % aller Erwerbstätigen und 28,7 % der Wertschöpfung in der Umweltwirtschaft wiesen 2020 in Nordrhein-Westfalen einen Bezug zu Technologien und Dienstleistungen der Klimaanpassung auf. Die Anteile der Schnittmengen zwischen Klimaanpassung und Umweltwirtschaft unterscheiden sich jedoch beim genaueren Blick auf die Teilmärkte deutlich.

## WASSERWIRTSCHAFT UND ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDE ALS TREIBER DER KLIMAAANPASSUNG

Aufgrund der Breite ihrer Anwendungsfelder findet sich die Klimaanpassung in fast allen Teilmärkten der Umweltwirtschaft wieder. Lediglich in den Teilmärkten *Umweltfreundliche Mobilität* (UMO) und *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* (MMR) sind vor dem Hintergrund der jeweiligen Zuordnungen (z. B. im Bereich der Materialien) keine Aktivitäten der Klimaanpassung verortbar.

In Bezug auf die Erwerbstätigen sind mit jeweils mehr als einem Drittel Anteil an der gesamten Klimaanpassungswirtschaft die beiden Teilmärkte *Energieeffizienz und Energieeinsparung* (EEF, 65.100 Erwerbstätige) und *Wasserwirtschaft* (WAS, 62.400 Erwerbstätige) tonangebend, wobei letzterer zu hundert Prozent der Klimaanpassung zugeordnet ist. Im Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* (EEF) liegt der Anteil der klimaanpassungsrelevanten Aktivitäten an der Umweltwirtschaft bei circa 70 %. Als drittgrößter Teilmarkt der Klimaanpassungs-



wirtschaft erweist sich die *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) mit circa 24.300 Erwerbstätigen im Jahr 2021.

In der Betrachtung der Bruttowertschöpfung sticht der Anteil der *Wasserwirtschaft* heraus – hier ist der Teilmarkt mit circa 5,2 Mrd. Euro Wertschöpfung im Jahr 2020 allein für über 40 % der Wertschöpfung der Klimaanpassung in NRW verantwortlich. Zweit- und drittgrößte Teilmärkte sind auch hier *Energieeffizienz und Energieeinsparung* (circa 4,3 Mrd. Euro) und *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (circa 1,2 Mrd. Euro).

Weitere Klimaanpassungsleistungen, die keinem der bestehenden Teilmärkte klar zugeordnet werden konnten,

werden im neuen Marktsegment Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen zusammengefasst, das dem Teilmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien (MST)* zugeordnet ist. Innerhalb dieses Teilmarktes nehmen Klimaanpassungsleistungen hinsichtlich der Erwerbstätigen und der Wertschöpfung einen Anteil von weniger als 10 % ein.

Mit Blick auf die spezifischen Aktivitäten zeigt sich, dass die Bau- und Installationsleistungen im Marktsegment „Energieeffiziente und resiliente Gebäude“, welche dem Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* zugeordnet sind, mit über 52.000 Erwerbstätigen den größten Anteil (circa 30 %) aller Erwerbstätigen in der Klimaanpassung stellen. Hierunter fallen beispielsweise Gebäudedämmung, Verschattung und innovative, energieeffiziente Kühlsysteme (jeweils Konzeption, Herstellung und Installation). Aber auch die Errichtung von beziehungsweise Nachrüstung mit Gründächern und begrünten Fassaden findet sich in diesem Bereich wieder.

Mit circa 39.000 Erwerbstätigen das zweitgrößte Feld der Klimaanpassung ist der Technologiebereich Infrastruktur für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz. Dieses umfasst den Bau, die technologische Ausstattung und den Betrieb des Wasser- bzw. Abwassernetzes und der entsprechenden Infrastrukturen. Diese sind sowohl bei zu viel als auch zu wenig Wasser gefordert, um einerseits die Ver- bzw. Entsorgung sicherzustellen, aber auch den Eintrag des Wassers beziehungsweise des kontaminierten Abwassers in die Umwelt zu verhindern beziehungsweise zu verzögern.

Zum neuen Marktsegment der bisher nicht als Teil der Umweltwirtschaft gezählten „Übergeordneten Klimaanpassungsleistungen“ zählen circa 15.000 Erwerbstätige. Die hierbei größten Wirtschaftsaktivitäten sind Vermessungs- und Geodatenbereitstellungsleistungen für die Planung und Risikoprävention (circa 4.200 Erwerbstätige). Diese Planungsleistungen tragen in Form von Architektur- und Landschaftsplanungsaktivitäten einen großen Teil der Klimaanpassungswirtschaft bei (circa 2.200 Erwerbstätige), ebenso wie die neu hinzugekommene Versicherung von Risiken des Klimawandels (Schaden- und Unfallversicherungen, Rückversicherungen) mit circa 1.900 Erwerbstätigen. Darüber hinaus sind auch die Planung, Wartung und Reparatur von sonstigen klimaangepassten Dachkonstruktionen wichtiger Teil der Klimaanpassungsleistungen (circa 3.000 Erwerbstätige).

Die drei Bereiche Wassergewinnung und -aufbereitung, Abwasserbehandlung und Agrarumweltmaßnahmen tragen jeweils mit rund einem Drittel von insgesamt 33.000 Erwerbstätigen zur Klimaanpassungswirtschaft bei.

## DER MEHRWERT VON KLIMANPASSUNGSMASSNAHMEN

Klimaschutz und Klimaanpassung gelingt vor allem als ein Mosaik vieler konkreter, großer und kleiner ineinandergreifender Maßnahmen. Dabei wirken beide Bereiche wechselseitig positiv aufeinander ein. Zum einen sollten daher auch konventionelle Umbau-, Sanierungs- oder

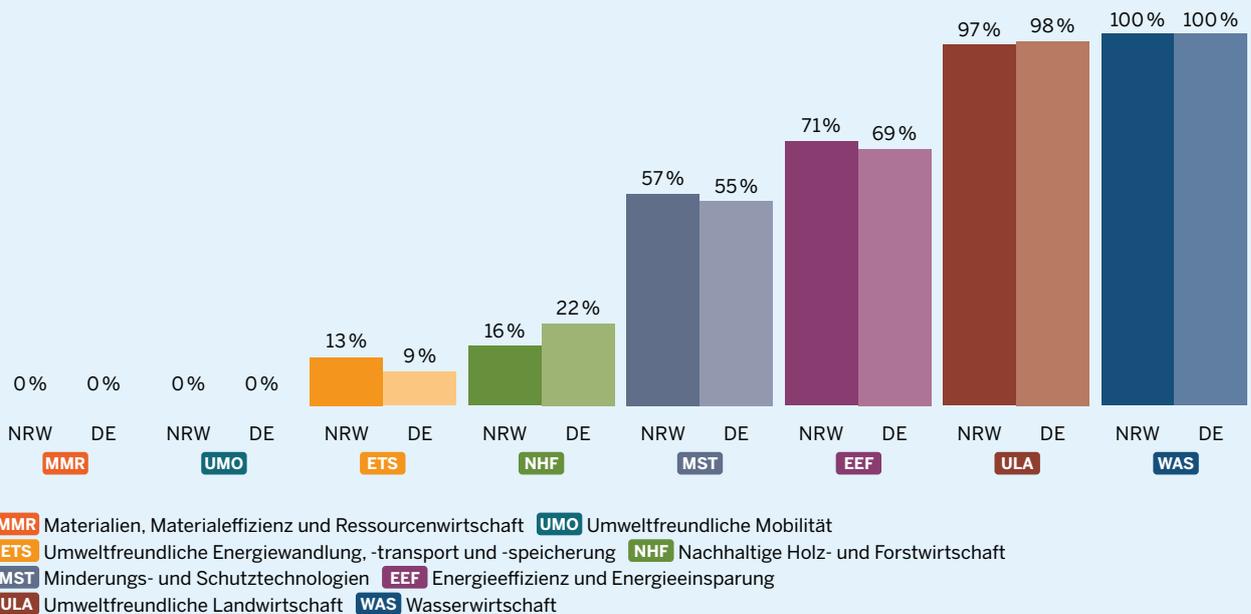


Abbildung 23: Anteil der Klimaanpassungswirtschaft nach Erwerbstätigen an den Teilmärkten der Umweltwirtschaft

Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Gestaltungsprozesse von städtischen und ländlichen Räumen bereits grundlegende Aspekte der Klimaresilienz – etwa unter der Maßgabe eines flächensparenden Siedlungsbaus oder der Verbesserung des Mikroklimas beim Umbau von Straßenräumen durch Baumneupflanzungen – berücksichtigen und so positive sekundäre Klima-Effekte mit sich bringen. Zum anderen tragen auch die primär auf Klimaanpassung ausgerichteten Maßnahmen zum Beispiel zum Ausbau grüner Infrastrukturen mit zahlreichen positiven sekundären Effekten – beispielsweise durch Klimaschutz-, Luftreinhaltungs- oder Biodiversitätseffekte – zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen bei.

Es ist daher schwierig, den ökologischen Beitrag der Klimaanpassung in Abgrenzung zu den weiteren ökologischen Kategorien bzw. Schutzwirkungen der allgemeinen Umweltwirtschaft trennscharf abzubilden. Auch sind Technologien und Dienstleistungen der Klimaanpassung nicht erst seit dem Auftreten des Klimawandels präsent: Besonders der Hochwasserschutz, aber auch das naturnahe Waldmanagement oder innerstädtischer Grünanlagenbau datieren deutlich vor den ersten Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Aus diesem Grund ist es kaum möglich, abzugrenzen, welcher Teil der Maßnahmen zur Klimaanpassung eine allgemeine Verbesserung der Lebensqualität (beispielsweise gegen Hitzeintensität) ist und welcher spezifisch benötigt wird, um der durch den Klimawandel ansteigenden Anzahl an Hitzetagen und den damit verbundenen Gesundheitsgefahren entgegenzuwirken.

Diese Unsicherheit hängt auch damit zusammen, dass zwar für den Blick in die Zukunft Voraussagen zu erhöhter Auftretswahrscheinlichkeit und Intensität von Hitzewellen, Dürren und Starkregenereignissen möglich sind, in der Rückschau ein einzelnes aufgetretenes Ereignis aber nicht immer zwangsläufig und zweifelsfrei auf den Klimawandel zurückgeführt werden kann. In den letzten Jahren gründete sich hierzu mit der Attributionsforschung ein neuer Forschungszweig, der anhand von Klimamodellen versucht, den Zusammenhang zwischen Einzelereignis und Klimawandel herzustellen. So konnte beispielsweise nachgewiesen werden, dass der extreme Hitzesommer 2019 in Deutschland durch den Klimawandel circa drei bis zehn Mal wahrscheinlicher wurde und die Maximaltemperaturen ohne einen Klimawandel circa 1,5 bis 3 °C geringer gewesen wären.<sup>9</sup> Auch die Auftretswahrscheinlichkeit der Sturzflut an Ahr und Erft lag durch den Klimawandel um einen Faktor von 1,2 bis 9 höher, die Regenmengen stiegen um bis zu 19 % an.<sup>10</sup>

Eine weitere Herausforderung in der Abschätzung der ökologischen Mehrwerte der Klimaanpassung liegt in dem Fehlen einer „Währung“ bzw. eines Maßstabs. Der Klimaschutz orientiert sich an der zentralen Größe des CO<sub>2</sub>-Äquivalents, die über die Anwendung eines einheitlichen

Kostensatzes monetarisiert werden kann. In der Klimaanpassung fehlt eine solche zentrale Größe – meist wird deswegen auf die durch eine Anpassungsleistung vermiedenen Schäden zurückgegriffen. Ein solcher Ansatz impliziert aber immer die Betrachtung eines kontrafaktischen Szenarios („Wie hoch wären Schäden gewesen, hätte es die Anpassungsmaßnahme nicht gegeben?“) und ist somit in der Praxis nur schwierig zu ermitteln.

Aus diesem Grund können die Anpassungswirkungen unter Rückgriff auf bestehende Untersuchungen meist nur verallgemeinert wiedergegeben werden. Wo es sinnvolle und methodisch zweifelsfrei anwendbare Ansätze gibt, wird im Folgenden Bezug auf die nordrhein-westfälischen Gegebenheiten genommen. Dies ist jedoch nicht für jede der Wirkungen beziehungsweise jedes Schadensereignis sinnvoll. Beispielsweise lassen sich die gut untersuchten und dokumentierten Schadensreduktionswirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen an der sächsischen Elbe aufgrund der unterschiedlichen Siedlungsstruktur, Geografie und Geomorphologie nur sehr eingeschränkt auf den Rhein übertragen.

## KLIMAANGEPASSTE LANDNUTZUNG MIT REGULIERENDER TEMPERATURFUNKTION

Die Land- und insbesondere auch die Forstwirtschaft sind aufgrund der Verdunstungskühlung, Verschattung – und ihrer weitgehend bebauungs- und hindernisfreien Flächen – wichtige „Quellen“ von Kaltluft. An heißen Tagen sowie den für die Abkühlung der Städte wichtigen Nächten können Temperaturdifferenzen von bis zu 10 °C im Vergleich eines Waldgebietes und einer verdichteten Innenstadt auftreten.<sup>11</sup> Diese Temperaturdifferenzen sind in Höhe von bis zu 4 °C auch für kleinteilige innerstädtische Grünflächen nachweisbar. Dabei zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Bewirtschaftungs- bzw. Pflegeart der Grünflächen: Ungemähte Wiesen- beziehungsweise Grünlandflächen verringern die Bodentemperaturen um bis zu 20 °C gegenüber gemähten Rasenflächen und wirken so auch verstärkt der Bodenaustrocknung vor.

Die Regulierung des Mikroklimas durch natürliche Kühlung trägt dabei insgesamt neben einer Verbesserung der menschlichen Gesundheit auch zur Qualität des Bodens sowie von Flora und Fauna bei. Somit ist sie gleichzeitig ein wichtiger Stabilisator der Biodiversität. Auch Erosionsschutzstreifen als Agrarumwelt- und Klimaanpassungsmaßnahme an Feldern haben nachweislich signifikante Auswirkungen auf die Biodiversität. So werden in Abhängigkeit der Breite des Erosionstreifens (5–30 Meter) Schadstoffeinträge in Gewässer oder den Grundwasserkörper zwischen 20 und 98 % verringert und es entsteht eine deutlich höhere Wertigkeit des Biotops im Vergleich zu konventionellem Ackerland.<sup>12</sup> In der Landwirtschaft

können zusätzliche Klimaanpassungseffekte durch eine Kombination von Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen erzielt werden: Agri-Photovoltaik-Anlagen erzeugen erneuerbare Energien, verschatten gleichzeitig große Flächen, Schützen vor extremen Wetterereignissen (z. B. empfindliche Obstbäume vor Hagel), verringern die Temperaturen und können zudem zum Schutz der Biodiversität beitragen. Erprobt wird Agri-PV in Kombination mit Ackerbau, im Gartenbau, mit Sonderkulturen wie Gemüse-, Obst- und Weinbau und im Dauergrünland.<sup>13</sup>

Eine besondere Rolle im Klimawandel spielt die Forstwirtschaft mit ihrer regulierenden Wirkung im Wasser- und Temperaturhaushalt. Sie ist aber auch besonders anfällig gegenüber den Folgen des Klimawandels. Die trockenheits- und sturmgeschädigten Bäume sind idealer Lebensraum für Schädlinge wie den Borkenkäfer. Seit 2018 ist der Bestand an gesunden Fichten in Nordrhein-Westfalen um circa die Hälfte zurückgegangen, es fielen über 40 Mio. Kubikmeter Schadholz an, während die als klimastabiler geltenden Laub- und Mischwäldern neben einzelnen Ausfällen kaum nennenswerte großflächige Kalamitäten erfahren mussten (circa 1 Mio. Kubikmeter Schadholz seit 2018).<sup>14</sup> Zur ersten Bundeswaldinventur 1987 lag der Anteil von Nadelbäumen in Nordrhein-Westfalen bei einer gesamten Waldfläche von 873.000 Hektar bei circa 52 %, bis 2017 wurde dieser durch den Waldumbau auf 41 % gesenkt.<sup>15</sup> Bei einer heutigen Waldfläche von 935.000 Hektar entspricht dies einem gesamten Umbau von circa 71.000 Hektar. Wären diese in den vergangenen Jahren noch Nadelwälder gewesen und hätten folglich ebenfalls circa die Hälfte ihrer Bäume eingebüßt, wären weitere 35.500 Hektar Schadflächen zu verzeichnen gewesen. Für diese Flächen lägen allein die Wiederbewaldungskosten, die somit

durch den klimastabilen Umbau des Waldes eingespart werden konnten, bei über 300 Mio. Euro.<sup>16</sup>

## REGENWASSERRÜCKHALT UND ÜBERFLUTUNGSSCHUTZ DURCH GRÜN-BLAUE INFRASTRUKTUREN

Insbesondere im Nachgang der extremen Überflutungen des Juli 2021 entschließen sich derzeit immer mehr nordrhein-westfälische Städte und Gemeinden, Prinzipien der Schwammstadt in ihre Planungen zu übernehmen. Diese basieren auf einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung bzw. Rückhalt und Speicherung von Niederschlag, um so die zentrale Kanalisation zu entlasten. Das so gespeicherte bzw. aufgenommene Wasser kann wieder nutzbar gemacht werden oder beispielsweise über die Verdunstung auf Grünflächen zur Kühlung der Siedlungen beitragen. Die sogenannten grün-blauen Infrastrukturen, die wesentliche Elemente einer solchen Schwammstadt sind, umfassen dabei nicht nur bodengebundene Regenwasserrückhaltebecken, Mulden-Rigolen-Systeme und Flächen für großflächige Regenwasserversickerung – auch Fassaden- und Dachbegrünungen stellen einen wichtigen Beitrag zum Überflutungsschutz in urbanen Gebieten dar. So kann ein Gründach bei einem normalstarken Regen 75 bis 90 % der Regenmenge zurückhalten.<sup>17</sup> Bei einer überschlagenen Fläche von Gründächern in Nordrhein-Westfalen von über 21,5 Mio. m<sup>2</sup><sup>18</sup> können so jährlich zwischen 14,6 und 17,5 Mio. Liter Regenwasser zurückgehalten werden.<sup>19</sup> Dies kann Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer in NRW jährlich durch vermiedene Abwassereinleitungskosten um bis zu 12,1 Mio. Euro entlasten.<sup>20</sup>

## ÖKONOMISCHER NUTZEN VON HOCHWASSERSCHUTZANLAGEN

Auch der „klassische“ Hochwasserschutz durch die Konstruktion von Deichen und Dämmen sowie die allgemeine Katastrophenvorsorge und Risikobewertung sind Teil der Klimaanpassungswirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Simulationen eines durch Maßnahmen vermiedenen Schadens sind hierbei jedoch extrem aufwändig (s. o.). Aus diesem Grund gibt es für Nordrhein-Westfalen noch keine Untersuchungen. An der sächsischen Elbe um Dresden, die sowohl 2002 als auch 2013 von einem hundertjährigen Hochwasser betroffen war, konnten jedoch deutliche Effekte des Hochwasserschutzes erkannt werden: Inflationsbereinigt liegen die Schäden des Hochwassers 2002 bei circa 8 Mrd. Euro, 2013 waren es nur noch 2,1 Mrd. Euro. Diese Verringerung der Schadenssumme um fast 6 Mrd. Euro lässt sich insbesondere auf die massiven Investitionen der sächsischen Landesregierung in den Hochwasserschutz im Nachgang des Augusthochwassers 2002 erklären: Hier wurden bis 2013 circa 3,6 Mrd. Euro investiert. Jeder investierte Euro in den Hochwasserschutz spart somit potenziell zwei Euro an Schadensbeseitigung. Diese Angaben lassen sich aufgrund unterschiedlicher Ausgangsbedingungen zwar nicht uneingeschränkt auf den Rhein und Nordrhein-Westfalen übertragen, unterlegen jedoch die hohe ökonomische und ökologische Bedeutung der Klimaanpassungswirtschaft im Allgemeinen.<sup>21</sup>

Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft besitzt auch die extensive Bewirtschaftung von Grünland bzw. Weideflächen verbesserte Regenwasserspeicherfähigkeiten. Insbesondere bei Regenfällen, die auf eine lange Trockenheitsphase folgen und die der ausgetrocknete Ackerboden kaum aufnehmen kann, zeigen sich die positiven Effekte: Hier kann das Grünland die Versickerung um bis zu 17 % erhöhen – und eine potenzielle Bodenerosion infolge von Starkregen sogar um bis zu 98 % reduzieren. Die circa 40.000 ha extensiv genutztes Grünland in Nordrhein-Westfalen halten somit jährlich über 30 Mio. Liter Regenwasser zusätzlich zurück, was einem Nutzen von über 25 Mio. Euro entspricht.<sup>22</sup>

## GRÜNE INFRASTRUKTUR IST GESUNDHEITSSCHUTZ UND ERHÄLT DIE LEBENSQUALITÄT

Sommerliche Hitze und die mit ihr verbundenen Gesundheitsgefahren und Todesfälle sind gravierende bereits heute auftretende Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere in hochverdichteten Städten. Auswertungen gehen für Deutschland von fast 52.000 hitzebedingten Todesfällen seit dem Jahr 2000 aus.<sup>23</sup> Verteilt man die Todesfälle basierend auf dem Anteil der Bevölkerung der Bundesländer an der Gesamtbevölkerung in Deutschland, so ergeben sich für Nordrhein-Westfalen rund 11.300 zusätzliche Todesfälle. Schätzungen des LANUV aus dem Klimabericht NRW 2021 gehen davon aus, dass allein in dem Hitzesommer 2003 in Nordrhein-Westfalen 1.900 Todesfällen eingetreten sind, die mit der Hitzebelastung in Verbindung standen.<sup>24</sup> Untersuchungen zeigen darüber hinaus, dass jeder Hitzetag mit einer Maximaltemperatur von über 30 °C in Deutschland zu Kosten im Gesundheitswesen (beispielsweise durch zusätzliche Behandlungen oder Krankenhausaufenthalte) von bis zu 9,5 Mio. Euro führt<sup>25</sup> – was basierend auf dem Anteil der Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung in Deutschland für Nordrhein-Westfalen etwas über 2 Mio. Euro entspricht. Die Verfügbarkeit von Grünflächen, die Verschattung und Verdunstungskühlung bereitstellen, ist somit auch ein wichtiger Faktor für die Gesundheit und Lebensqualität in den Sommermonaten. So könnten diese bei entsprechender Nutzung durch die Bevölkerung die Gesundheitsausgaben um bis zu 30 % verringern, was in Nordrhein-Westfalen für jeden Hitzetag einen Nutzen von über 600.000 Euro zur Folge hätte – alleine im Jahr 2018 summiert sich die Entlastung so auf 10,8 Mio. Euro. Ein ähnlicher Effekt lässt sich auch für die Verminderung der Arbeitsproduktivität beobachten: Ein Hitzetag sorgt in NRW im Durchschnitt für Produktionsausfälle in Höhe von 23,2 Mio. Euro – durch Unkonzentriertheiten, häufigere Pausen und körperliche Belastung insbesondere in Berufsgruppen, die im Freien arbeiten. Der Temperaturerhalt auf einem angenehmen Level durch die Grünflächen kann den Produktivitätsverlust in diesen Be-

rufgruppen um bis zu 1,3 Mio. Euro täglich senken – was für 2018 exemplarisch einem Gesamtnutzen von 22,8 Mio. Euro entspricht.

Begrünte Städte werden von den Menschen darüber hinaus allgemein als lebenswerter eingeschätzt, und die Bewohnerinnen und Bewohner sind nachweislich mit ihrer Wohnsituation zufriedener, wenn sie in der Nähe eines Parks wohnen. Klimaanpassung trägt daher auch zur allgemeinen Verbesserung der Lebensqualität dar und ihre Elemente sind Grundsteine der auch zukünftig lebenswert gestalteten Städte. Hierzu zählen auch die positiven Biodiversitätseffekte, die sich durch Klimaanpassungsmaßnahmen wie Dachbegrünungen ergeben.<sup>26</sup>

Darüber hinaus sind durch die Technologien und Dienstleistungen zahlreiche weitere Wirkungen zu verzeichnen, die bisher noch kaum oder gar nicht quantifiziert werden konnten. Hier zeigt sich deutlich ein weiterer Untersuchungsbedarf, um die Klimaanpassung und die Klimaanpassungswirtschaft in NRW weiter voranzutreiben, ihre Erfolge sichtbar zu machen und so auch die Akzeptanz für Anpassungsmaßnahmen zu steigern.



327.000

Versicherungsfälle mit einem Schadensaufwand von 358 Mio. Euro wurden 2020 in NRW von Hagel- und Naturgefahren verursacht.

# 4

## DIE WIRKUNG MESSEN – ÖKOLOGISCHER NUTZEN DER UMWELTWIRTSCHAFT

- I leistet einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz
- I verringert Umwelt- und Gesundheitsschäden
- I liefert unterm Strich eine doppelte Dividende



**10,7 Mrd. €**  
**Klimawandelkosten** werden durch  
die Emissionseinsparungen durch  
die Umweltwirtschaft **vermieden**  
(55 Mio. t CO<sub>2</sub>)





56.000

Tonnen **weniger**  
Luftschadstoffe (2020)

6,6 Mrd. €

beträgt die **ökonomische Wertschöpfung** des Teilmarktes Umweltfreundliche Mobilität



3,3 Mrd. €

**positive Umwelteffekte** im Teilmarkt Umweltfreundliche Mobilität

2,4 Mrd. €

**Klimaschutz** (= 12,2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente)

0,9 Mrd. €

bei der **Luftreinhaltung** (= 56.000 t Luftschadstoffe NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM, NMVOC)

Es ist ein zweifaches Leistungsversprechen, das die überaus vielfältige Umweltwirtschaft zusammenhält: Neben sozioökonomischen Wirkungen wie Beschäftigung und Bruttowertschöpfung bieten umweltwirtschaftliche Produkte, Dienstleistungen und Verfahren immer auch einen ökologischen Nutzen. Dies kann sich entweder in einem direkten Umweltnutzen ausdrücken, wie zum Beispiel bei der Wiederverwendung knapper Ressourcen. Oder es werden umweltschädliche Verfahren bzw. Leistungen durch umweltfreundlichere ersetzt, zum Beispiel fossile Energiequellen durch erneuerbare Energien. Weitere Umweltwirtschaftsaktivitäten und -technologien wie Energiespeicher oder Installations- und Beratungsleistungen unterstützen diese Prozesse, z. B. im Rahmen der anstehenden Verkehrs-, Ressourcen- und Energiewende. So entsteht ein eng verbundenes System umweltfreundlicher, klimaschützender und ressourcenschonender Produkte, Verfahren und Dienstleistungen – auf dem Weg zur ersten klimaneutralen Industrieregion in Europa.

Während die sozioökonomischen Wirkungen der Umweltwirtschaft seit 2015 kontinuierlich erfasst worden sind, erfolgt im Rahmen des vorliegenden Berichts erstmals auch eine Bewertung des ökologischen Nutzens. Beide Seiten – die ökologische wie die ökonomische – werden hier 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 ökologischen 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 umfassendes Bild des ökologischen Mehrwertes der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft gezeichnet.

## ÖKOLOGISCHE WIRKBEREICHE DER UMWELTWIRTSCHAFT

Die Umweltwirtschaft umfasst alle Unternehmen, die umweltfreundliche und ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen anbieten. 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 se-

kundäre 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. Klimaanpassungsleistungen der Umweltwirtschaft zielen in erster Linie auf die Resilienz von Gesellschaftssystemen ab und werden daher separat im Kapitel 3 betrachtet.

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 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.

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 24: Primäre und sekundäre Wirkbereiche ausgewählter Marktsegmente der Umweltwirtschaft

Quelle: Prognos/IÖW

## DIE QUANTIFIZIERUNG DER EFFEKTE ERFORDERT EIN EXPLORATIVES VORGEHEN

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. Aufgrund der Komplexität der verschiedenen ökologischen Wirkungen konzentriert sich

die Quantifizierung auf die primären Wirkungen (siehe Abb. 24). Lediglich für den Wirkbereich Klimaschutz wurden ebenfalls die sekundären Wirkungen ausgewiesen.

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



Innovative Getriebe und Triebstränge für Windenergieanlagen aus Nordrhein-Westfalen

## UBA-METHODENKONVENTION

Die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes ist eine Orientierungshilfe. Sie dient dazu, verschiedenen Umweltwirkungen ökonomische Kosten zuzurechnen. Mit Hilfe des Ansatzes können verschiedene Umwelteinflüsse monetär bewertet werden, etwa die Schäden, die durch den Ausstoß von Treibhausgasen verursacht werden. Darüber hinaus werden auch Gesundheitsschäden, Materialschäden, Ernteausfälle, Belastungen für Ökosysteme und weitere Wirkungen erfasst und dabei die Interessen heutiger und zukünftiger Generationen in gewichteter Form berücksichtigt. Dieser bereits hoch entwickelte Ansatz wird fortlaufend an die relevante wissenschaftliche Literatur angepasst. Ein Beispiel: Je emittierter Tonne Kohlendioxid setzt die Methodenkonvention eine Schadenssumme von 195 Euro an. Diese Summe berücksichtigt aus der Perspektive des Jahres 2020 global eintretende Schäden, die auf Effekte des Klimawandels zurückgehen. Sie gewichtet die Interessen der gegenwärtigen Bevölkerung höher als diejenigen zukünftiger Generationen und wird vom Umweltbundesamt als Untergrenze des Klimaschadenskostensatzes angesehen. Werden die Interessen zukünftiger und heutiger Generationen dagegen gleich gewichtet, ist ein Klimaschaden in Höhe von 680 Euro pro Tonne Kohlendioxid anzusetzen, also mehr als das Dreifache des Wertes, der auch in diesem Bericht verwendet wurde.<sup>27</sup>

die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes.<sup>28</sup> 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 Ländergrenzen 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 Wertschöpfungskette einge-

ordnet 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.

- **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

## METHODISCHES VORGEHEN AM BEISPIEL VON WINDKRAFT-TECHNOLOGIEN WERTSCHÖPFUNGSANSATZ

Das methodische Vorgehen beim sogenannten Wertschöpfungsansatz lässt sich gut anhand von Windkraft-Technologien veranschaulichen. Für diesen Bericht wurden verschiedene ökonomische Aktivitäten als Teil der Umweltwirtschaft erfasst, die entlang der Wertschöpfungskette der Windkraft angesiedelt sind. Hierzu zählt einerseits die Bereitstellung bzw. Fertigung einschlägiger Technologien und Komponenten, andererseits Tätigkeiten der Implementierung, wie etwa die Planung, Installation und der Betrieb von Windenergieanlagen. Darüber hinaus sind weitere Leistungen wie Energiesystemtechnologien erfasst, die ebenfalls einen Beitrag zur regenerativen Energieerzeugung mit Windkraft leisten.

In der Literatur finden sich Werte zu den ökologischen Effekten der Stromgewinnung durch den Betrieb von Windenergieanlagen. Für die Zwecke dieses Berichts können diese Werte jedoch nicht einfach mit der Anzahl der in Nordrhein-Westfalen installierten Anlagen oder mit der eingespeisten Windenergieleistung multipliziert werden,<sup>29</sup> da sich Teile der in der Wertschöpfungskette dahinterstehenden ökonomischen Leistungen räumlich nicht verorten lassen. Bei den Anlagen in Nordrhein-Westfalen kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass deren Herstellung auch in Nordrhein-Westfalen erfolgt ist (und sie somit als Leistung der NRW-Umweltwirtschaft betrachtet werden können). Umgekehrt können in NRW gefertigte Komponenten der Windtechnologie andernorts installiert werden und dort ihre Wirkung entfalten. Die hier vorgenommene Erfassung der ökologischen Effekte nach dem Wertschöpfungsansatz folgt dem angebotsseitigen Vorgehen der ökonomischen Analyse und unterscheidet sich damit von anderen ökologischen Bewertungen, die gemeinhin einer anwendungsseitigen Perspektive folgen.

Im Unterschied zu einer anwendungsseitigen Betrachtung wird daher im vorliegenden Fall dem einzelnen

Windrad und den jeweiligen Komponenten ein Einsparungseffekt zugerechnet und dann mit den Wertschöpfungsaktivitäten in NRW verrechnet. Um die Emissionseinsparleistung einer Windkraftanlage zu ermitteln, wird die Bruttostromerzeugung auf der Grundlage durchschnittlicher Volllaststunden berechnet. Aus der Literatur ergibt sich eine Emissionseinsparleistung einer Kilowattstunde Windstrom von 754 g CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.<sup>30</sup> Daraus resultieren etwa 1.700 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente, die in einem Jahr pro installiertem Megawatt Windenergie eingespart werden. Aus der Fachliteratur können die Investitions- und Betriebskosten dieser Anlage ermittelt werden, um die Einsparleistung den verschiedenen Kostenbestandteilen zuzuordnen.<sup>31</sup>

Die Zuteilung erfolgt auf Basis der Kostenstruktur. Über die geplante Lebensdauer von 20 Jahren entfallen etwa 36 % der Kosten eines Windrades auf den Betrieb, die Anfangsinvestition stellt die restlichen Kosten dar.<sup>32</sup> Mit Hilfe bestehender Literatur zu den Kostenstrukturen von Windkraftanlagen und -parks kann der Investitionskostenanteil weiter aufgeschlüsselt und nach den verschiedenen Vorleistungen verteilt werden.<sup>33</sup> Dem Betrieb der Anlage und der Bereitstellung der Vorleistungen, wie dem Bau von Turbinen und Rotoren, kann jetzt jeweils eine konkrete Emissionseinsparung je Euro Kosten zugerechnet werden. Dieser Faktor wird mit der Bruttowertschöpfung der Umweltwirtschaftsleistungen verrechnet. Daraus ergibt sich die direkte Emissionseinsparung, die durch den Betrieb des Windrades für das entsprechende Jahr möglich wird. Da die Investition in ein Windrad nur einmal getätigt wird und darüber alle Vorleistungen abdeckt, muss der Einsparungseffekt mit der erwarteten Lebenszeit von 20 Jahren multipliziert werden. Die Leistungen im Jahr 2020 führen zu 3,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Einsparung durch den Betrieb und 860.000 t CO<sub>2</sub>, die den Vorleistungen zugerechnet werden können (über einen Zeitraum von 20 Jahren).

## METHODISCHES VORGEHEN AM BEISPIEL DES ÖFFENTLICHEN PERSONENVERKEHRS REGIONALANSATZ

Für den Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* wurden Mobilitätsalternativen wie der Öffentliche Nah- und Fernverkehr betrachtet. Da diese Leistungen der Umweltwirtschaft ausschließlich in Nordrhein-Westfalen verortet sind und sich die ökologische Wirkung nur innerhalb der Landesgrenzen entfaltet, wurde der Regionalansatz gewählt.

Zunächst wurde der gegenwärtige Modal Split, also die Verteilung auf die verschiedenen Verkehrsträger, ermittelt: motorisierter Individualverkehr (73,6 %), der öffentliche Personenverkehr inklusive Fernverkehr (14,5 %), der Luftverkehr (5,8 %) und die Fortbewe-

gung mit dem Fahrrad (3,2 %) und zu Fuß (2,9 %).<sup>34</sup> Mit Hilfe des Bevölkerungsanteils Nordrhein-Westfalens wurden die jeweiligen Personenkilometer der verschiedenen Verkehrsträger geschätzt. In einem zweiten Schritt wurde ein kontrafaktisches Szenario gebildet, in dem es keinen öffentlichen Personenverkehr gibt und die Verkehrsleistung auf die übrigen Verkehrsmittel verteilt wird. Die Differenz der geleisteten Personenkilometer wird mit Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes verrechnet.<sup>35</sup> Gäbe es keinen Öffentlichen Personenverkehr in Nordrhein-Westfalen, würden rund 4 Mio. t an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zusätzlich anfallen.



Im Jahr 2021 sparten die Elektrobusse der Stadtwerke Münster rund 1.300 Tonnen CO<sub>2</sub> ein.

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 stärker 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 (zum Beispiel das Auftreten von Rebound-Effekten).

## ERGEBNISSE: DIE DOPPELTE DIVIDENDE DER UMWELTWIRTSCHAFT

2020 generierte die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen eine Bruttowertschöpfung von über 43,5 Mrd. Euro. Ergänzend dazu zeigt die Analyse der Umweltwirkungen signifikante ökologische Leistungen auf. In Summe werden durch die verschiedenen Leistungen 15,5 Mrd. Euro an Umweltschäden vermieden. Zum Beispiel werden Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen vermieden oder Schäden an Böden und Gewässern verhindert. Zusätzlich schafft die Umweltwirtschaft rund 7,4 Mrd. Euro an ökologischen Werten, wie den Erhalt von Landschaftsbildern oder der Biodiversität. Zusammen können die ökologischen Leistungen für das Jahr 2020 auf 22,9 Mrd. Euro





Abbildung 26: Ökologische Leistung in Mrd. Euro in der Umweltwirtschaft NRW

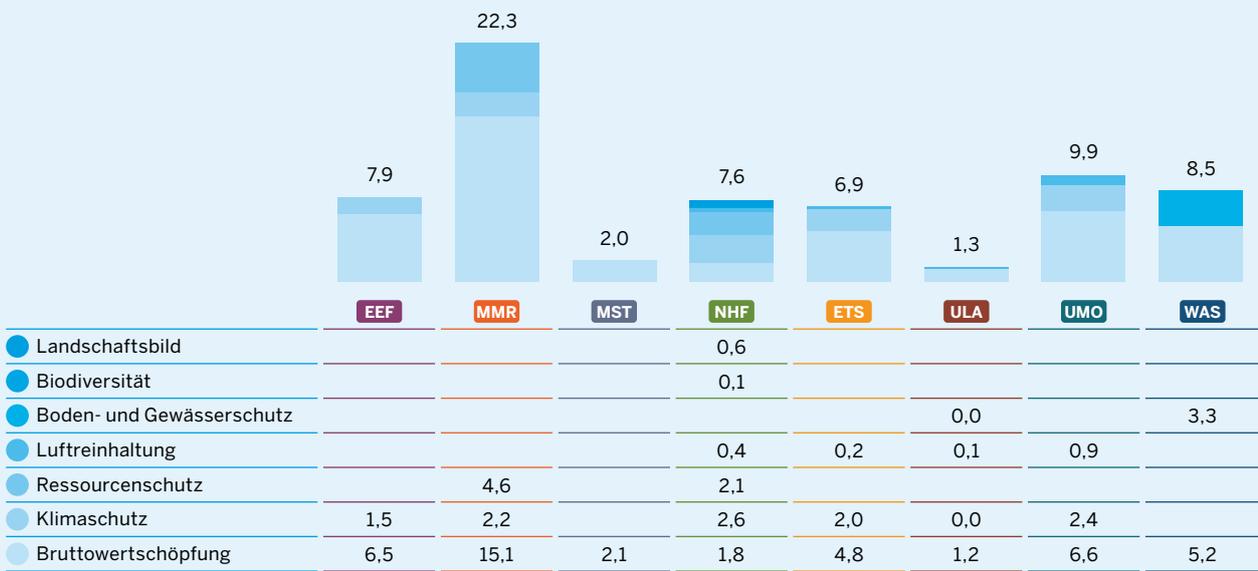
Quelle: Prognos/IÖW, eigene Berechnung

beifiziert werden. Das entspricht rund 50 % der gemessenen ökonomischen Wertschöpfung.

Differenziert nach den verschiedenen Umweltbereichen zeigt sich, dass der größte ökologische Beitrag der Umweltwirtschaft zum Klimaschutz geleistet wird. Insgesamt werden durch die Leistungen der Umweltwirtschaft NRW 10,7 Mrd. Euro an Klimawandelkosten vermieden. Weitere Umweltschäden werden in Bezug auf Böden und Gewässer (3,3 Mrd. Euro) und Luft (1,4 Mrd. Euro) vermieden. Daneben generiert die Umweltwirtschaft zusätzliche positive Mehrwerte. Im Bereich des Ressourcenschutzes werden durch Recycling und die Bereitstellung regenerativer Materialien (insb. Holzbaustoffe) Werte in Höhe von

6,7 Mrd. Euro geschaffen. Der Erhalt von Biodiversität, lebenswerter Städte und des Landschaftsbildes kann – legt man die individuelle Zahlungsbereitschaft zu Grunde – auf mindestens 684 Mio. Euro geschätzt werden.<sup>36</sup>

Betrachtet man die Leistungen ausgehend von den verschiedenen Teilmärkten der Umweltwirtschaft, wird deutlich, dass jeweils signifikante zusätzliche ökologische Mehrwerte bereitgestellt werden. Die größten Effekte lassen sich den Teilmärkten *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft (MMR)*, *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft (NHF)* und der *Umweltfreundlichen Mobilität (UMO)* zuschreiben. Aber auch die übrigen Teilmärkte zeigen deutliche ökologische Effekte, die sich zusätzlich zur



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 27: Ökonomische Wertschöpfung und ökologische Mehrwerte der Teilmärkte der Umweltwirtschaft in Mrd. Euro (2020)

Quelle: Prognos/IÖW, eigene Berechnung

Bruttowertschöpfung ergeben. Daraus wird deutlich, dass jeder Teilmarkt einen wichtigen Beitrag zu einer ökologischen Wende leistet. Dabei muss beachtet werden, dass nicht alle Wirkungen gleichermaßen quantifiziert werden konnten.<sup>37</sup>

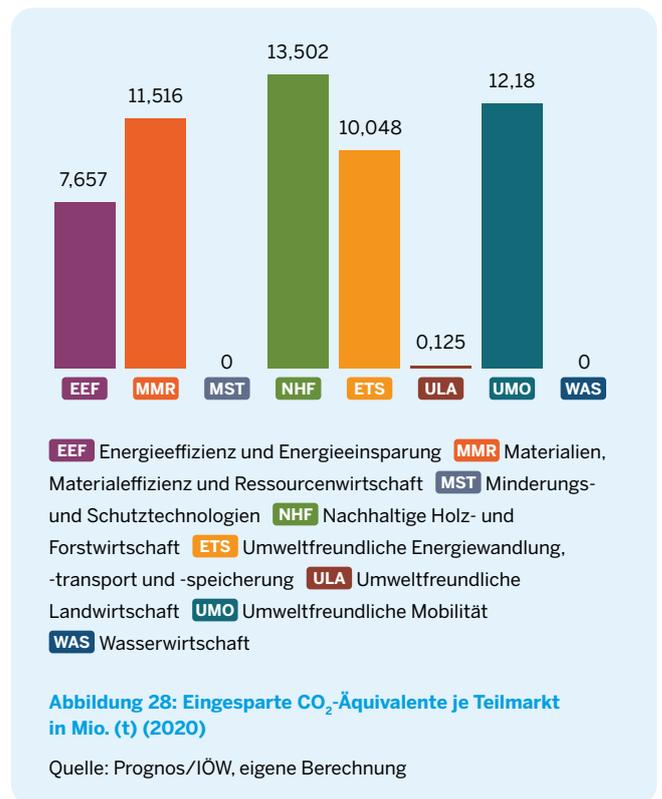
## DIE UMWELTWIRTSCHAFT IM ZENTRUM DER KLIMAWENDE

Im Rahmen des Klimaschutzgesetzes hat sich Deutschland zur Klimaneutralität bis 2045 bekannt und ambitionierte Reduktionspfade für alle Sektoren formuliert. Bereits 2030 sollen die Emissionen in den Sektoren Verkehr, Industrie, Gebäude, Energiewirtschaft und Landwirtschaft um 65 % im Vergleich zu 1990 sinken.<sup>38</sup> Als bevölkerungsreichstes Bundesland hat sich auch Nordrhein-Westfalen dazu entschlossen, so schnell wie möglich entlang des 1,5-Grad-Ziels Klimaneutralität mit Netto-Null-Emission zu erreichen, spätestens jedoch im Jahr 2045.<sup>39</sup>

Um dieses Ziel zu erreichen, kommt der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen eine Schlüsselrolle zu, da sie für alle Sektoren verschiedene Güter und Leistungen bereitstellt, die die Transformation zu einer klimaneutralen Industrieregion ermöglichen.

Den Wertschöpfungsaktivitäten der verschiedenen Teilmärkte der Umweltwirtschaft im Jahr 2020 lassen sich Emissionseinsparungen von 55 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zuordnen. Zu beachten ist dabei, dass in dieser Summe auch Einsparungen berücksichtigt sind, die außerhalb Nordrhein-Westfalens erzielt wurden (wenn Klimaschutztechnologien aus NRW exportiert wurden, siehe hierzu auch Kapitel 6 zu den internationalen Märkten) sowie erwartete künftige Einspareffekte durch den fortlaufenden Betrieb gefertigter Technologiegüter (z. B. einer Windkraftanlage über 20 Jahre). In [Abbildung 28](#) sind die jeweiligen Emissionsminderungen der Teilmärkte abgebildet. Mit Hilfe des Kostensatzes der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes können diesen Emissionsminderungen vermiedene Klimaschäden in Höhe von 10,7 Mrd. Euro zugeschrieben werden.

Dem Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* (UMO) können für 2020 etwa 12,2 Mio. t eingesparte Emissionen zugeordnet werden, die im Wesentlichen durch den öffentlichen Personenverkehr (4,1 Mio. t) und die nachhaltige Logistik (8 Mio. t) mit Bahn und Schiff zustande kommen. Diese Werte resultieren aus dem Vergleich zu einem kontrafaktischen Szenario, das annimmt, die Personen- bzw. Tonnenkilometer der umweltfreundlichen Mobilitätsträger würden stattdessen mit dem PKW bzw. LKW geleistet und entsprechend mehr Emissionen verursachen. Aus der Differenz zu den gegenwärtigen Verkehrsemissionen lässt sich der Einspareffekt des Teilmarktes abschätzen. Zusätzlich führt



der beginnende Markthochlauf der Elektromobilität, der Einsatz von Biokraftstoffen und der Einsatz effizienterer Fahrzeugtechnologien zu Einsparungen von etwa 30.000 t.

Für den Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* (MMR) ergeben sich hohe sekundäre Emissionseinsparungen als Nebeneffekt der Materialienverwertung. Mit Hilfe der stofflichen Verwertung, die Materialien in den Wirtschaftskreislauf zurückführt, wird die Primärproduktion vermieden, die zum Beispiel bei Stahl oder Aluminium hohe Emissionen verursacht. Daraus ergeben sich Einsparungen von etwa 6,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Auch durch die energetische Verwertung von Abfällen, die die konventionelle Energieerzeugung substituiert, werden etwa 5,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart.

Auch für den Teilmarkt der *Nachhaltigen Holz- und Forstwirtschaft* (NHF) ergeben sich signifikante sekundäre Einsparungen. Die Bereitstellung von Holzbaustoffen führt zur Substitution anderer Materialien wie Beton und Stahl und mindert darüber die Emissionen im Jahr 2020 um 9,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente.<sup>40</sup> Der Wert ergibt sich aus dem Verhältnis bereitgestellter Holzbaustoffe zu den entsprechenden Emissionsminderungen und wird mit der Bruttowertschöpfung für 2020 verrechnet.<sup>41</sup> Zusätzlich wird die jährliche CO<sub>2</sub>-Einspeicherung der Wälder berücksichtigt.

Um die Ziele der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, ist die Energiewende und der Ausbau der erneuerbaren Energien von zentraler Bedeutung. Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*

(ETS) werden durch die Leistungen im Jahr 2020 rund 10 Mio. t an Emissionen eingespart. Erfasst werden die Wind- und Wasserkraft, Photovoltaik, Bioenergie und der Einsatz von Geothermie, die jeweils entlang der Merit-Order des Kraftwerkseinsatzes konventionelle Anlagen substituieren.<sup>42</sup> Zusätzlich wird der Ausbau des Stromnetzes anteilig erfasst. Im Zuge der angebotsseitigen Erfassung wird die Emissionseinsparung einer Anlage auf zwei Bestandteile aufgeteilt. Zum einen der Anteil des Betriebes, der mit Hilfe der variablen Kosten (OPEX) ermittelt wird, zum anderen wird der Herstellung der Anlage gemäß des Fixkostenanteils (CAPEX) eine Emissionsminderung zugeschrieben. Als Grundlage dienen Emissionsminderungsfaktoren des Umweltbundesamtes.<sup>43</sup> Die jeweiligen Emissionsminderungen je Euro werden mit den entsprechenden Wertschöpfungsaktivitäten in Nordrhein-Westfalen verrechnet.

Während die installierte Leistung je erneuerbarer Energietechnologie jährlich zunimmt, sinkt der Anteil der produzierten Technologien durch die NRW-Umweltwirtschaft kontinuierlich ab. Daraus folgt, dass der Anteil der Emissionseinsparungen, die unmittelbar der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen zuzurechnen sind, durch die Bereitstellung der Technologie sinkt.

Als fünfter Teilmarkt mit signifikanten primären Emissionseinsparungen wurde für *Energieeffizienz und Energieeinsparung* (EEF) die Klimaleistung erfasst. Dabei wurde differenziert nach Haushalten, Gewerbe/Handel/Dienst-

## DIE SPEICHERLEISTUNG DES WALDES

In den Wäldern Nordrhein-Westfalens sind aktuell knapp 900 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gespeichert, jedes Jahr kommen 4 Mio. t dazu,<sup>44</sup> was 1,6 % der jährlichen nordrhein-westfälischen Treibhausgasemissionen entspricht. Zusammen mit den in Holzprodukten gespeicherten Kohlenstoffmengen (knapp 350 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente) beträgt die Speicherleistung des Teilmarktes Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft in NRW insgesamt ca. 1,2 Mrd. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die über Generationen „angespeicherte“ Gesamtmenge entspricht in etwa den Treibhausgasemissionen der Wirtschaft und Haushalte in Nordrhein-Westfalen innerhalb eines Zeitraums von fünf Jahren.<sup>45</sup>

Die dennoch enorm hohe Speicherleistung der nordrhein-westfälischen Wälder verdeutlicht, dass die Gesundheit der Wälder im Zuge sich verändernder Bedingungen unbedingt gewährleistet werden muss. Diese Aufgabe obliegt der Forstwirtschaft, die darüber einen wesentlichen Beitrag zur Transformation in Richtung Klimaresilienz und Klimaneutralität leistet.



Enapters neuer Standort in Saerbeck soll die industrielle Produktion von Wasserstoff-Elektrolyseuren nach dem „Life Cycle Impact Zero“-Prinzip voranbringen.

leistungen (GHD) und dem verarbeitenden Gewerbe. Mit Hilfe eines durchschnittlichen Referenzhauses eines deutschen Haushaltes wurde die Effizienzleistung von Dämmmaterialien geschätzt und eine Emissionseinsparung von etwa 6,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente ermittelt. Für den GHD-Sektor und das verarbeitende Gewerbe wurden kontrafaktische Szenarien gebildet, die die theoretischen Energieverbräuche abbilden, als wären seit 1990 keine Energieeffizienzfortschritte erzielt worden. Daraus resultieren etwa 600.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im GHD-Sektor und 590.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente für das verarbeitende Gewerbe, die pro Jahr eingespart werden.

Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) ergeben sich durch den ökologischen Anbau und weitere Agrarumweltmaßnahmen etwa 125.000 t eingesparter Treibhausgas-Emissionen, was eingesparten Klimaschäden in Höhe von ca. 24 Mio. Euro entspricht. Dies kommt durch den geringeren Einsatz von Düngemitteln zustande, wodurch weniger Energie für die Herstellung der Düngemittel und nach ihrer Ausbringung auf dem Feld weniger klimawirksames Lachgas freigesetzt wird. Darüber hinaus verbessert der ökologische Landbau die Humusbilanz, wodurch mehr CO<sub>2</sub> im Boden gespeichert wird.<sup>46</sup>

In den weiteren Teilmärkten der Umweltwirtschaft, der *Wasserwirtschaft* (WAS) und den *Minderungs- und Schutztechnologien* (MST) konnten keine signifikanten Klimawirkungen ermittelt werden.

### RECYCLING UND NACHHALTIGE MATERIALIEN ALS WEGBEREITER FÜR RESSOURCENSCHUTZ UND KREISLAUFWIRTSCHAFT

Eine weitere relevante Dimension des Umweltschutzes ist die Menge verbrauchter Ressourcen einer Volkswirtschaft: Die Reduktion des Ressourcenverbrauches ist sowohl von ökonomischer als auch ökologischer Bedeutung. In der globalen Perspektive lässt sich ein kontinuierlicher Anstieg des Ressourcenverbrauches beobachten, was zu einem steigenden Abbau von biotischen und abiotischen Rohstoffen führt. Die begrenzte Menge derartiger Rohstoffe, Kriege und Handelskonflikte und der gleichzeitige Anstieg der Nachfrage kann auf absehbare Zeit zu ökonomischen Knappheiten und entsprechenden Unsicherheiten wie unterbrochenen Lieferketten führen. Zusätzlich ist die Primärgewinnung derartiger Rohstoffe mit einer Reihe negativer Umweltauswirkungen verbunden, allem voran der Ausstoß von Treibhausgasen und anderen Schadstoffen, aber auch mit der Überbeanspruchung von Ressourcen wie Wasser und Bodenflächen sowie dem Anstieg von Versauerungspotenzialen.<sup>47</sup>

Die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen leistet vor diesem Hintergrund bereits heute einen signifikanten Bei-

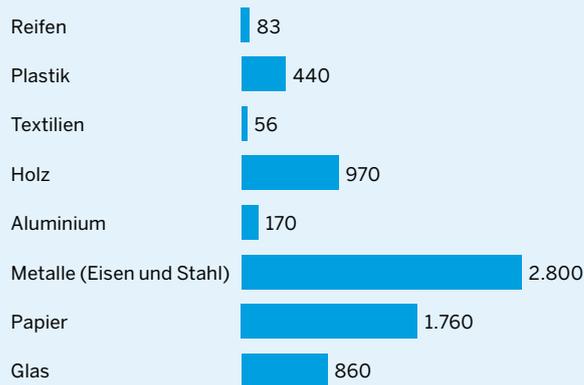


Abbildung 29: Recycelte Tonnen in 1.000 (t) (2020)

Quelle: Prognos/IÖW, eigene Berechnung

trag zum Ressourcenschutz. Für diesen Bericht wurden die Effekte der beiden Teilmärkte *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* (MMR) und *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* (NHF) ermittelt.

Im Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* (MMR) werden verschiedene Produkte und Materialien mittels Recycling in den Stoffkreislauf zurückgeführt und so vermieden, dass die entsprechenden

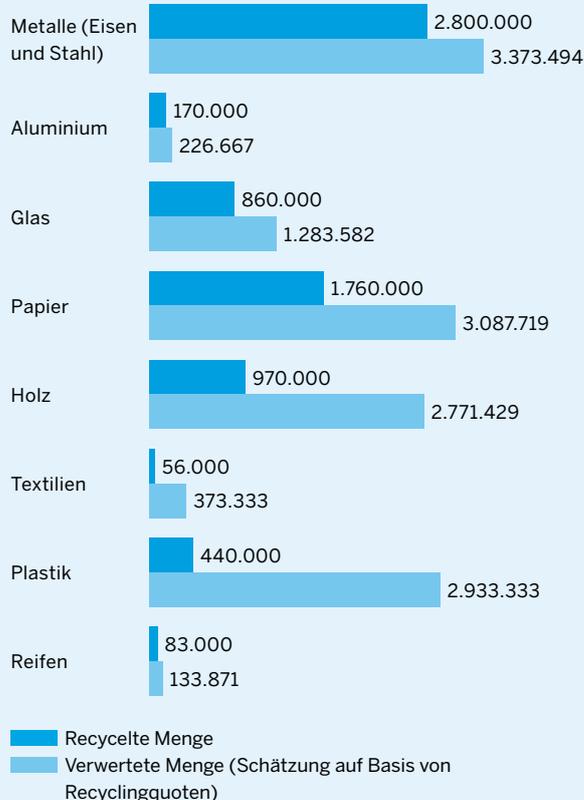
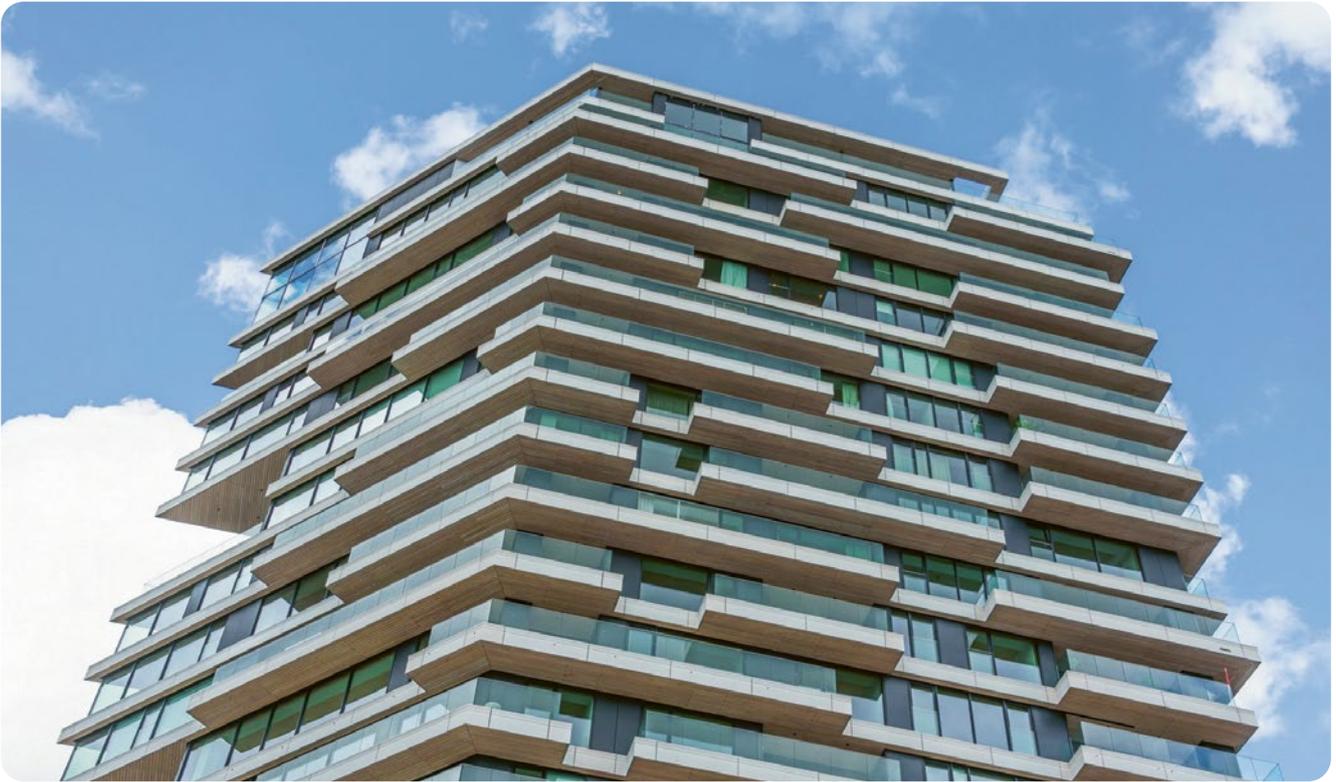


Abbildung 30: Vergleich Recyclinganteile (t) (2020)

Quelle: Prognos/IÖW, eigene Berechnung



Der Wohnturm HAUT in Amsterdam zählt weltweit zu den höchsten Hochhäuser aus Holz. Für die hybride Bauweise aus Beton und Holz zeichnet die Münsteraner Brüninghoff Group verantwortlich.

Primärrohstoffe neu gewonnen werden müssen. [Abbildung 29](#) stellt die zurückgewonnenen Mengen der verschiedenen Abfallströme dar, die im Rahmen dieser Untersuchung quantifiziert werden konnten.

Um die Mengen der recycelten Materialien bzw. Produkte einordnen zu können, wird in [Abbildung 30](#) ein Verhältnis zur geschätzten in Nordrhein-Westfalen verwerteten Menge gebildet, die entweder recycelt, thermisch verwertet oder deponiert wird. Es wird deutlich, dass für alle Rohstoffe ein erheblicher Anteil in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt wird. Darüber hinaus ist auch zu erkennen, dass für eine Steigerung der Recyclingraten teilweise noch erhebliche Verwertungspotenziale vorliegen.

Neben der Materialwirtschaft, die Materialien und Produkte in den Wirtschaftskreislauf zurückführt und dadurch Ressourcenverbräuche reduzieren kann, leistet auch die *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* (NHF) einen signifikanten Beitrag. Die den Wäldern entnommene Holzmenge wird zu einer Vielzahl von Bau- und Werkstoffen weiterverarbeitet, die andere Materialien ersetzen. Würden die Bau- und Werkstoffe nicht aus Holz gewonnen, müssten alternative Stoffe verwendet werden, die in vielen Fällen eine deutlich schlechtere Umweltbilanz vorweisen. Wird zum Beispiel ein Haus aus Holz gebaut, vermeidet dies den Einsatz von Beton, dessen energieintensive Herstellung große Mengen an CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht. Sofern die Menge des entnommenen Holzes das natürliche Gleichge-

wicht an nachwachsendem Holz nicht überschreitet, kann Holz als nachhaltige Ressource eingeschätzt werden.

Insgesamt stellt die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen pro Jahr rund 8,3 Mio. m<sup>3</sup> an Holzwerkstoffen und Schnitthölzern zur Verfügung und reduziert darüber den nicht-nachhaltigen Ressourcenverbrauch.<sup>48</sup>

Zusätzliche Ressourceneffekte ergeben sich aus den in der Umweltwirtschaft erfassten Reparaturleistungen. Durch die Instandsetzung erhöht sich zum Beispiel die Lebensdauer von Fahrzeugen und es entfallen zusätzliche Ressourcenaufwände vermehrter Neukäufe. Auch für andere Güter nimmt die Bedeutung von Reparaturleistungen zu. So nimmt die Zahl sogenannter „Repair Cafés“ kontinuierlich zu und bietet Möglichkeiten, Ressourcenkreisläufe zu verlängern. Auf Grund der diffusen Datenlage können im Rahmen dieses Berichts die konkreten Umwelteffekte der durch die NRW-Umweltwirtschaft erbrachten Reparaturleistungen nicht quantifiziert werden, ebenso wenig wie Leistungen in Bezug auf zirkuläres Produktdesign.

Im Unterschied zum Klimaschutz lässt sich der ökologische Effekt des Ressourcenschutzes nicht ohne weiteres monetarisieren, da es keinen vergleichbaren Kostenfaktor gibt. Für diesen Bericht wurde als Näherungswert der erwartete Marktpreis der recycelten Tonnagen bzw. der Holzbaustoffe verwendet.

## DIE UMWELTWIRTSCHAFT STEIGERT DIE LUFTQUALITÄT AUF VIELERLEI WEISE

Emissionen von Luftschadstoffen wie Feinstäube führen beträchtliche Gesundheitsgefährdungen mit sich. Außerdem können sie weitere Schäden an Ökosystemen und an materiellen Objekten verursachen. Es gilt daher Emissionen zu vermeiden und eine hohe Luftqualität sicherzustellen. Um dies zu gewährleisten, wurden Luftqualitätsziele in EU-Richtlinien festgeschrieben, welche durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) sowie die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt wurden. Bei der Festlegung von Luftqualitätsziel- und -grenzwerten werden wissenschaftliche Erkenntnisse unter anderem der WHO herangezogen.

Die Umweltwirtschaft leistet über unterschiedliche Dienstleistungen und Güter einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Luftqualität. Im Jahr 2020 wurden durch die Teilmärkte der Umweltwirtschaft 84.150 t an Luftschadstoffen eingespart (siehe Abb. 31). Der Nutzen der Einsparung lässt sich über vermiedene Schadenskosten ökonomisch bewerten. Die Reduzierung von Luftschadstoffen vermeidet unterschiedliche Schädwirkungen: Weniger Emissionen übersetzen sich beispielsweise in eine geringere gesundheitliche Belastung für den Zustand und die Funktion der Lunge. Darüber hinaus werden durch eine Vermeidung von Luftschadstoffen Biodiversitätsverluste, Ernte- und Materialschäden verhindert.<sup>49</sup> Mithilfe der aggregierten Schadenskostensätze, die diese Effekte berücksichtigen, kann man feststellen, dass die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen einen Nutzen für die Luftreinhaltung von circa 1,47 Mrd. Euro pro Jahr erbringt.

Das Marktsegment *Minderungs- und Schutztechnologien* (MST) leistet durch die Produktion und Installation industrieller Filter einen positiven Beitrag zur Luftreinhaltung in und außerhalb Nordrhein-Westfalens. Heute können Luftschadstoffe durch Filtersysteme bereits an der Quelle vermieden werden. Diese technische Entwicklung trägt maßgeblich dazu bei, dass ein genereller Rückgang der Luftschadstoffbelastung zu beobachten ist. Ohne derartige Technologien wäre die Luftschadstoffbelastung auch im Alltag deutlich spürbarer.<sup>50</sup> Aufgrund der fehlenden Datenlage oder allgemeingültiger Kennzahlen der unterschiedlichen Technologien, ist der Nutzen der MST für die Luftreinhaltung weder quantifizierbar noch monetarisierbar.

Durch den Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* (UMO) werden für 2020 über 56.000 t Luftschadstoffe vermieden. Darunter fallen unter anderem verkehrsgetriebene Emissionen wie Stickstoffoxide und Feinstaub. Konkret können knapp 32.000 t Stickstoffoxide<sup>51</sup> und 3.300 t Feinstaub-Partikel durch die Nutzung des Öffentlichen Nahverkehrs und der Nachhaltigen Logistik eingespart werden. Außerdem werden weitere Luftschadstoffemissionen wie Schwefeldioxid (10.700 t) und flüchtige Organische Verbindungen (10.500 t) vermieden. Durch die Vermeidung dieser Luftschadstoffe ergeben sich insgesamt vermiedene Schadenskosten in Höhe von 880 Mio. Euro. Die Einsparung an Luftschadstoffen wurde parallel zur Berechnung der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Äquivalente über ein kontrafaktisches Szenario berechnet.<sup>52</sup>

Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* (ETS) werden die Emissionen von Luftschadstoffen vor allem durch das Marktsegment erneuerbare Energien verringert. Die Einsparungen der Luftschadstoffe durch das Marktsegment der erneuerbaren

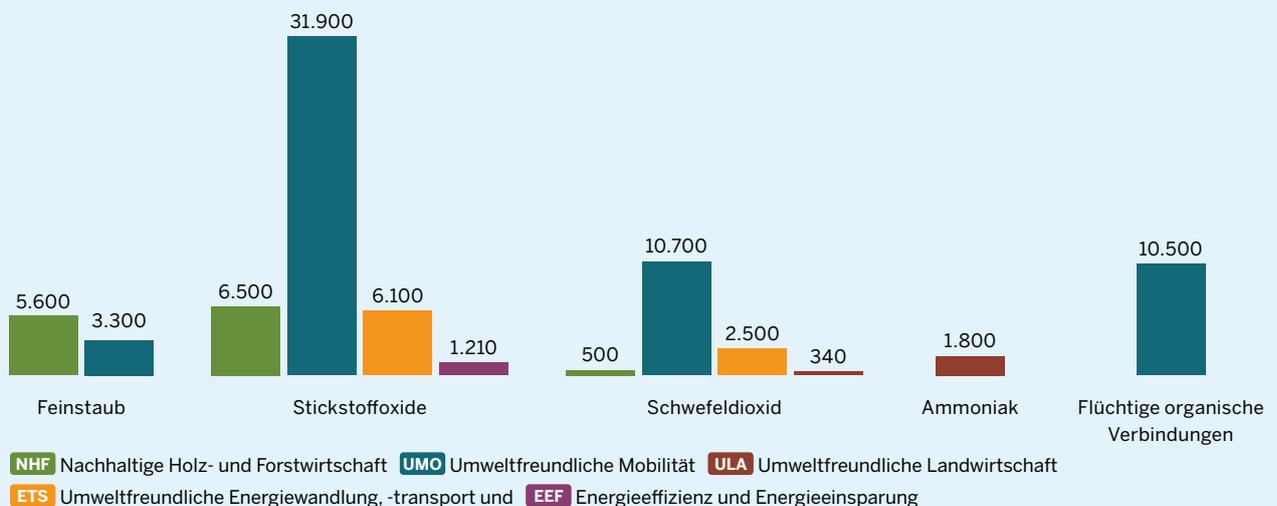


Abbildung 31: Menge vermiedener Luftschadstoffe in (t) (2020)

Quelle: Prognos/IÖW, eigene Berechnung



Der Nationalpark Eifel – hier der Blick vom Kermeter zum Rursee – zählt zu den großen „Ökosystemdienstleistern“ in Nordrhein-Westfalen.

Energien wurden parallel zur Bestimmung des positiven Klimaeffektes berechnet und beruhen daher auf derselben Datengrundlage und demselben Wertschöpfungsansatz. Insgesamt belaufen sich die Einsparungen im Jahr 2020 auf 8.600 t, davon entfallen 6.100 t auf Stickstoffverbindungen und 2.500 t auf Schwefeldioxid. Dabei ist hervorzuheben, dass der größte Teil der vermiedenen Luftschadstoffe auf die Windenergie zurückzuführen ist. Die nächstgrößeren Einsparungen entstehen durch wertschöpfende Aktivitäten im Bereich Solarenergie und Wasserkraft. Einen sehr kleinen Teil leistet die Wertschöpfung im Bereich Geothermie. Unter Anwendung der erläuterten Schadenskostensätze ergeben sich dadurch für das Jahr 2020 Einsparungen in Höhe von 159 Mio. Euro.<sup>53</sup>

Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) werden durch den ökologischen Landbau sowie durch den Einsatz verbesserter Lagerungs- und Ausbringungstechniken gegenüber der Referenzsituation ohne diese Maßnahmen insgesamt etwa 1.800 t Ammoniak-Emissionen (NH<sub>3</sub>) vermieden. Dies entspricht einem vermiedenen Umwelt- und Gesundheitsschaden in Höhe von 61 Mio. Euro im Jahr.<sup>54</sup>

Der Teilmarkt *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* (NHF) trägt durch den Erhalt und die Pflege des Waldbestandes dazu bei, dass dieser weiterhin seine Ökosystemleistungen bereitstellen kann. Unter anderem zählen Luftreinhaltungs- und Filtrationsleistungen<sup>55</sup> zu den wichtigen Ökosystemleistungen des Waldes. Bäume können Partikel binden und Luftschadstoffe filtern. Die gefilterten Mengen betragen

rund 5.600 t Feinstaub (PM<sub>10</sub>), 6.500 t Stickstoffdioxid und 500 t Schwefeldioxid im Jahr.<sup>56</sup> Monetär bemessen ergibt sich daraus eine Summe von rund 373 Mio. Euro im Jahr, welche der NHF zugeschrieben werden kann. Luftschadstoffe haben ihrerseits aber auch große negative Wirkung auf die klimagestressten Waldbestände, daher können Wälder und urbane Baumbestände bzw. grüne Infrastrukturen nicht als alleinige Lösung für das Emissionsproblem fungieren. Um eine nachhaltig hohe Luftqualität zu garantieren, müssen Luftschadstoffe bereits an der Quelle vermieden werden.

**Ökosystemleistungen:** Ökosysteme wie zum Beispiel Wälder, Fließ- und Oberflächengewässer, Grünflächen und Feuchtgebiete stellen Funktionen, Rohstoffe und andere Naturgüter zur Verfügung, die einen Mehrwert haben und zum gesellschaftlichen Wohlergehen beitragen. Das Konzept der Ökosystemleistung wird genutzt, um diesen vielfältigen Nutzen zu beschreiben, zu kategorisieren und zu analysieren. Ökosystemleistungen werden in Versorgungs-, Regulierungs- und kulturelle Leistungen unterschieden. Zu den Versorgungsleistungen zählt beispielsweise die Bereitstellung von Nahrungsmitteln, Rohmaterial und Trinkwasser. Regulierungsleistungen beschreiben Leistungen, die dazu beitragen, das Ökosystem und Lebensräume zu erhalten und zu regulieren. In diese Kategorien fallen zum Beispiel die Bindung oder Filtration von Schadstoffen aber auch der Erhalt der Biodiversität und des ökologischen Genpools. Kulturelle Leistungen fassen Funktionen zusammen, die vor allem dem Wohlbefinden der Menschen zunutze kommen. Beispielsweise sind Ökosysteme für den

Menschen Räume der Erholung, Ästhetik und Spiritualität. Zudem sind sie auch Orte der Naturvermittlung und -bildung und können einen Beitrag leisten, umweltbedingte, gesundheitliche Risiken zu minimieren.<sup>57</sup>

## WICHTIGE BEITRÄGE ZUM SCHUTZ VON BÖDEN UND GEWÄSSERN

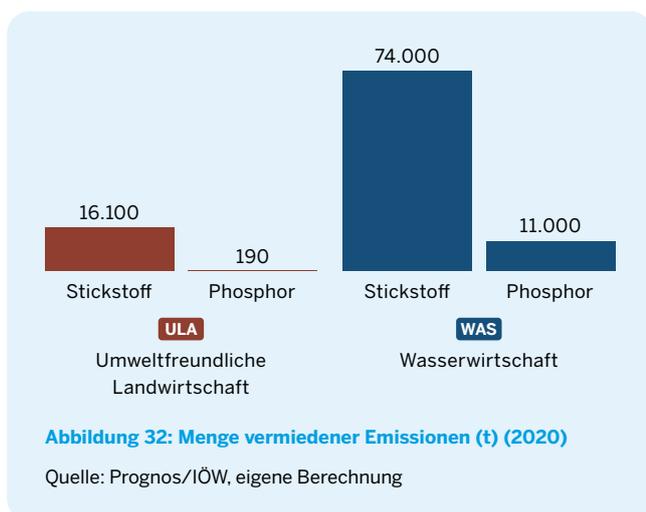
Gewässer und Böden sind essenziell für Menschen und Tiere. Sie bieten Lebensraum, sind Lebensgrundlage und erfüllen zahlreiche Funktionen wie zum Beispiel die Bereitstellung von Grund- bzw. Trinkwasser. Aufgrund ihrer Bedeutung und ihrer Multifunktionalität für Mensch und Tier sind sie zu bewahren und vor Schadstoffbelastungen zu schützen.

Mit Blick auf den Gewässerschutz haben die EU-Mitgliedstaaten in der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) den guten ökologischen Zustand oder das gute Potenzial definiert, welches EU-Staaten für ihre Gewässer bis 2027 erreichen müssen. Bei knapp 50.000 km Fließgewässer und circa 680 km<sup>2</sup> Wasserfläche in Nordrhein-Westfalen sowie einer hohen Dichte von Besiedelung, Industrie und Landwirtschaft ist dies eine große Herausforderung. Die unterschiedlichen Teilmärkte der Umweltwirtschaft tragen in Nordrhein-Westfalen dazu bei, die Ziele der WRRL zu erreichen.

Für den Erhalt und den Schutz der Gewässer kommt der *Wasserwirtschaft* (WAS) mit all ihren Marktsegmenten und Technologiebereichen eine zentrale Rolle zu. Durch einen Anschlussgrad von 98 % der privaten Haushalte an die öffentliche Kanalisation und zahlreiche Industriekläranlagen stellt die *Wasserwirtschaft* sicher, dass rund 3 Mrd. m<sup>3</sup> Abwasser jährlich gereinigt und behandelt werden, bevor es in die Oberflächengewässer zurückgeführt wird. Gemäß den Daten der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) elimi-

nieren die kommunalen Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen circa 900.000 t oxidierbare Stoffe (CSB-Zulauftrachten), 11.000 t Phosphor sowie 74.000 t Stickstoffverbindungen.<sup>58</sup> Sie erreichen damit Eliminationsraten von 95 %, 94 % bzw. 83 %. Die Eliminationsmengen der kommunalen Kläranlagen lassen sich ökonomisch bewerten. Aufgrund von Eutrophierung<sup>59</sup> haben Stickstoff und Phosphor eine schädigende Wirkung für die Gesundheit, aber vor allem auch für Ökosysteme. Indem Stickstoff und Phosphor eliminiert werden, lassen sich also Schadenskosten vermeiden. Unter Anwendung der geeigneten Umweltkostensätze der Methodenkonvention ergibt sich eine Summe von 3,3 Mrd. Euro an Umweltkosten, die jährlich durch die Behandlung des Abwassers durch kommunale Kläranlagen vermieden werden.

Zusätzlich zur *Wasserwirtschaft* leistet auch der Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) einen Beitrag zum Gewässerschutz. Dabei spielen Agrarumweltmaßnahmen und der ökologische Anbau eine zentrale Rolle, um Nährstoffemissionen zu vermeiden. Auf über 90.000 ha Anbaufläche in NRW setzen ökologische Anbauverfahren im Vergleich zu einer hypothetischen Situation, in der die gleichen Flächen konventionell bewirtschaftet worden wären, 7.600 t weniger Stickstoff und 190 t weniger Phosphor ein. Dadurch werden grund- und oberflächenwasserbezogene Umweltschäden in Höhe von etwa 11,5 Mio. Euro vermieden. Die weiteren Agrarumweltmaßnahmen (u. a. Anbau von vielfältigen Kulturen und Zwischenfrüchten im Ackerbau, Anlage von Blüh-, Schon- und Uferrandstreifen, extensive Grünlandnutzung und Vertragsnaturschutz) verringern durch einen geringeren Einsatz von Düngemitteln den Eintrag von Stickstoff in die landwirtschaftlich genutzten Böden um etwa 8.500 t pro Jahr.<sup>60</sup> Dadurch können gegenüber einer konventionellen Bewirtschaftungspraxis schädigende Wirkungen der Nährstoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer reduziert werden, die auf Grundlage von monetären Bewertungsansätzen aus der UBA-Methodenkonvention und einer Abschätzung der relativen Größenordnung der Nährstoffflüsse<sup>61</sup> mit mindestens 6 Mio. Euro bewertet werden können. Darüber hinaus leisten die Agrarumweltmaßnahmen zahlreiche weitere positive Beiträge u. a. zur Erhöhung der Biodiversität, für den Bodenschutz und die Bodenfruchtbarkeit sowie für eine Bereicherung des Landschaftsbildes. Diese weiteren positiven Effekte lassen sich jedoch aufgrund einer unzureichenden Datenlage nicht genauer abschätzen und bewerten.



Nordrhein-Westfalen ist durch eine Vielzahl unterschiedlicher Böden geprägt, deren Erhalt und Zustand durch Altlasten, Schadstoffbelastungen, Versiegelung und Verdichtung gefährdet sind. Durch die Beseitigung von Umweltverschmutzungen, die Altlastensanierungen, Flächenrecycling sowie verschiedene Bodenschutztechnologien unterstützt das Marktsegment Bodenschutztechnologien

und -sanierung des Teilmarktes *Minderungs- und Schutztechnologien* (MST) den Erhalt der Böden in NRW. Zum Schutz des Grundwassers und zur Sanierung von belasteten Böden wurden in Nordrhein-Westfalen von 1985 bis 2021 über 80.000 Altablagerungs- und Altstandortsflächen erfasst. Davon wurden 8.000 Flächen saniert, nachdem ein Gefährdungsverdacht bestätigt wurde. In Zeiten weiterhin zunehmenden Flächenverbrauchs – im Jahr 2020 wurden für Siedlungs- und Verkehrsflächen pro Tag 5,7 ha neu in Anspruch genommen<sup>62</sup> – steht die Versiegelung von Boden in Konkurrenz zu Forst- und Landwirtschaftsflächen und den damit einhergehenden Ökosystemleistungen. Einen wichtigen Beitrag, um die Inanspruchnahme neuer Flächen zu reduzieren, liefert die Aufbereitung ehemals genutzter Brachflächen. Da solche Flächen aufgrund ihrer früheren Nutzung oft mit Schadstoffen belastet sind, ist die Altlastensanierung von großer Bedeutung. Entweder werden ehemals vorgenutzte Flächen durch die Sanierung wieder für neue Nutzungen verfügbar, wodurch andere Flächen, die einen hohen ökologischen Nutzen aufweisen, geschützt werden, oder Flächen werden saniert, um einen vollständigen ökologischen Nutzen wiederherzustellen.

## LÄRMSCHUTZ

In Nordrhein-Westfalen sind circa 1,5 Mio. Menschen nachts Schallpegeln ( $L_{\text{night}}$ ) von über 55 Dezibel (dB(A)) und rund 1,1 Mio. Menschen einem über 24 Stunden gemittelten Schallpegel ( $L_{\text{DEN}}$ ) von über 65 dB(A) ausgesetzt.<sup>63</sup> Die überwiegende Mehrheit der Betroffenen lebt in den Ballungsräumen und ist vor allem dauerhaftem Verkehrslärm ausgesetzt. Übersteigen die Pegel in der Nacht ( $L_{\text{night}}$ ) den Wert von 45 dB(A) bzw. im Tagesmittel ( $L_{\text{DEN}}$ ) den Wert von 53 dB(A) hat dies laut WHO einen relevanten Anstieg unerwünschter gesundheitsschädlicher Effekte zur Folge, da eine dauerhafte Lärmbelastung körperlichen und psychischen Stress, Schlafstörungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursachen kann.

Die NRW-Landesregierung will deshalb die Gesamtlärmbelastung in Wohnbereichen bis 2030 deutlich absenken. Dabei sollen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung berücksichtigt werden. Unterschiedliche Marktsegmente und Teilmärkte der Umweltwirtschaft unterstützen durch eine Vielzahl von Technologien, Gütern und Dienstleistungen die Bestrebungen, Lärm und vor allem Verkehrslärm zu vermeiden. Beispielsweise stellt der Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* (UMO) intelligente Verkehrssysteme, lärmreduzierende Fahrbahnbeläge und „leise“ Reifen zur

## QUANTIFIZIERUNG DES LÄRMSCHUTZES

Die tatsächliche Lärmreduktion einer Technologie bzw. Maßnahme zu bestimmen ist hochkomplex und mit Unsicherheiten verbunden. Daher ist auch der ökologische Nutzen für den Umweltbereich Lärm nicht eindeutig zu quantifizieren oder zu monetarisieren. Hierfür wäre eine Primärstudie der einzelnen Maßnahmen notwendig.

Allerdings lässt sich das monetäre Nutzenpotenzial exemplarisch anhand einer typischen Maßnahme über eine Nutzenfunktion berechnen. Die Nutzenfunktion stellt den vermiedenen Lärm für eine bestimmte Anzahl betroffener Einwohnerinnen und Einwohner in Zusammenhang mit einem monetären Wert. Die Funktion wurde bereits in einer Studie des UBA zur Analyse des Lärms von Straßenbahnen und möglichen Lärminderungsmaßnahmen genutzt und wird daher als belastbar betrachtet.<sup>64</sup>

Zur Darstellung des Nutzenpotenzials einer Lärmschutzwand wird von einem Szenario ausgegangen, dass ein Kilometer Lärmschutzwand an einer Einfamilienhaussiedlung den Verkehrslärm einer 50 m entfernten Bundesstraße an der ersten Häuserreihe um rund 7,5 dB(A) reduziert. Bei einem Verkehrslärmpegel von circa 75 dB(A) sinkt der Lärmpegel an der ersten Häuserreihe so auf 67,5 dB(A). Ausgehend von der durchschnittlichen Größe eines Einfamilienhauses (150 m<sup>2</sup>) und der Wohnflächen-Einwohnerquote in NRW (46 m<sup>2</sup> pro Person) werden durch diese Lärmreduktion rund 100 Personen in der ersten Häuserreihe über einen Kilometer Lärmschutzwand geschützt. Daraus lässt sich ein Nutzenpotenzial von rund 530.000 Euro pro Jahr vermiedenen Gesundheitskosten für die 100 Personen berechnen.

Wie bereits erwähnt, ist dieser Wert nicht generalisierbar oder ohne weiteres übertragbar, sondern stellt einen hypothetischen Nutzen dar. Eine Bewertung ergriffener Maßnahmen erfordert detaillierte Untersuchungen vor Ort, daher wurde der Wert auch nicht in die Bilanzierung des Umweltnutzens der Umweltwirtschaft aufgenommen.

Verfügung, welche Verkehrslärm direkt an der Quelle reduzieren können. Des Weiteren leistet auch das Marktsegment Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien des Teilmarktes *Minderungs- und Schutztechnologien* (MST) über die Bereitstellung von Lärmschutzwällen, -wänden und -fenstern einen Beitrag zur Lärminderung.

Für bauliche Maßnahmen stehen Statistiken der Landes- und Bundesregierung zur Verfügung. Demnach wurden in Nordrhein-Westfalen über 985 km Lärmschutzwände und -steilwälle bis 2020 errichtet. Der überwiegende Großteil davon steht an Bundesautobahnen. Außerdem sind bis 2019 circa 180.000 m<sup>2</sup> Lärmschutzfenster in Gebäuden in der Nähe von Bundesfernstraßen verbaut sowie rund 265 km Bundesfernstraße mit offenporigem Asphalt lärmreduzierend ausgestattet worden.<sup>65</sup>

## MIT DER UMWELTWIRTSCHAFT ZU MEHR BIODIVERSITÄT

Mit der Biodiversitätsstrategie 2030 führt die EU ihre Strategie zum Schutz der Ökosysteme und der Biodiversität fort und verpflichtet die Mitgliedstaaten auch dazu Maßnahmen zu ergreifen, um einerseits den Erhalt der Ökosysteme und der Biodiversität sicherzustellen und andererseits degradierte Ökosysteme wiederherzustellen. Unabhängig von der EU-Strategie zeigen Studien, dass der Erhalt oder die Wiederherstellung von Ökosystemen und ihrer Biodiversität von Menschen wertgeschätzt wird und erhebliche Zahlungsbereitschaften zur Verfügung stehen, um dies zu ermöglichen. Mithilfe dieser Zahlungsbereitschaften lässt sich der positive Beitrag der Umweltwirtschaft auf die Biodiversität monetarisieren und beträgt circa 130 Mio. Euro.

Den wohl größten Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leistet innerhalb der Umweltwirtschaft die *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* (NHF). Rund 83 % der gesamten nordrhein-westfälischen Waldfläche, circa 774.000 ha, sind PEFC zertifiziert – und damit deutlich mehr als der deutschlandweite Durchschnitt 2019 von 68,8 %.<sup>66</sup> Die FSC-zertifizierten (Forest Steward Ship Council) Flächen betragen währenddessen rund 15 % bzw. rund 139.000 ha.<sup>67,68</sup> Diese Flächen tragen maßgeblich zur Biodiversität und damit zur Förderung und zum Erhalt von Pflanzen- und Tierarten bei. Rund 140.000 ha Waldfläche sind zudem in Nordrhein-Westfalen als FFH-Wald-Lebensraumtypen (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie) ausgewiesen.<sup>69</sup>

Über diese Kennzahlen hinaus lässt sich der monetäre Nutzen des Marktsegments Nachhaltige Forstwirtschaft für die Biodiversität mithilfe empirisch erhobener Zahlungsbereitschaften für Biodiversität berechnen. Die hier verwendete Zahlungsbereitschaft stammt aus einer Studie des Thünen-Instituts<sup>70</sup> und gibt die monetäre Wert-

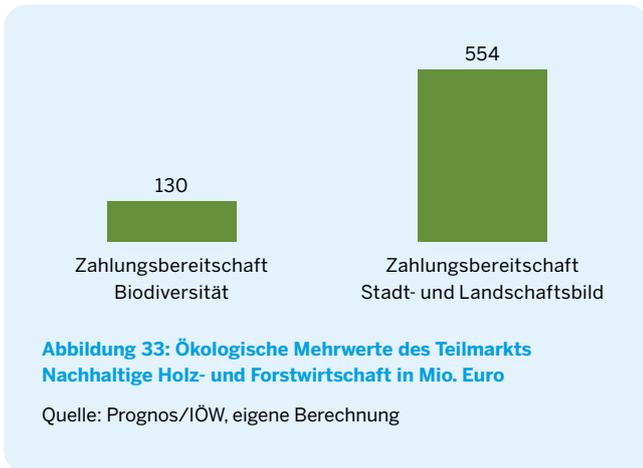
schätzung der Bevölkerung für die Biodiversität im Forst an. Dabei wurde die Biodiversität über einen Indikator für Artenvielfalt und Landschaftsqualität dargestellt, der sich aus der im Wald beobachteten Brutvogeldichte (von 19 Vogelarten) ableitet. Der Index liegt für NRW im Jahr 2020 bei 86 %, wobei der Referenzwert (=100 %) die Brutvogeldichte aus dem Jahr 1970 darstellt, die als Zielwert wiederhergestellt werden soll. Das heißt, im Jahr 2020 ist die Brutvogeldichte zwar noch 14 Prozentpunkte vom Zielindexwert entfernt,<sup>71</sup> ausgehend von der Zahlungsbereitschaft für die bereits erreichten Verbesserungen lässt sich der Nutzen der NHF für die Biodiversität dennoch monetarisieren und liegt für das Jahr 2020 bei circa 130 Mio. Euro.

Auch der Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) hat – im Vergleich zu einer konventionellen Bewirtschaftung – einen positiven Effekt auf die Biodiversität. In diesem Zusammenhang lässt sich hervorheben, dass der HNV-Flächenanteil, also der Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert, in NRW rund 13 % beträgt und seit circa 10 Jahren konstant ist.<sup>72</sup> Außerdem weisen Studien darauf hin, dass der biologische Anbau zur Vielfalt von Insektenarten beiträgt und auch gefährdete Insektenarten schützt. Darüber hinaus tragen auch Agrarumweltmaßnahmen, wie zum Beispiel der Anbau vielfältiger Kulturen im Ackerbau, zum Erhalt der Biodiversität bei.<sup>73</sup> Dieser positive Beitrag zur Biodiversität lässt sich für NRW derzeit nicht quantitativ darstellen und auch der monetäre Nutzen dieser Maßnahmen kann noch nicht abgeschätzt werden.

## DER MEHRWERT LEBENSWERTER STÄDTE UND LANDSCHAFTEN

Ökosysteme haben nicht nur eine versorgende oder regulierende Funktion, sondern auch einen kulturellen Nutzen für den Menschen. Die Natur war schon immer Ort der Erholung, der kulturellen Inspiration und Bildung. Dieser kulturelle Nutzen der Ökosysteme ist ein essenzieller Faktor für die gesellschaftliche Wertschätzung der Ökosysteme und lässt sich immer wieder durch Zahlungsbereitschaftsstudien bestätigen.

Die NRW-Umweltwirtschaft trägt zum Erhalt dieser kulturellen Leistung über die *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* (NHF) und die *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (ULA) bei. Das Marktsegment Nachhaltige Forstwirtschaft sorgt dafür, dass die nordrhein-westfälischen Wälder weiterhin Orte der Erholung bleiben und die *Umweltfreundliche Landwirtschaft* schafft und revitalisiert durch Agrarumweltmaßnahmen Grünflächen, deren Anblick durch die Bevölkerung wertgeschätzt wird. Insgesamt beläuft sich dieser Nutzen auf 554 Mio. Euro (siehe [Abb. 33](#)).



Die durch die Nachhaltige Forstwirtschaft bewirtschafteten Wälder bieten, vor allem in den dicht besiedelten Regionen des Landes, einen hohen Erholungswert für die Bevölkerung. Rund 46 % der Waldflächen in Nordrhein-Westfalen werden als Erholungswald klassifiziert.<sup>74</sup> Um den Erholungswert der Wälder in NRW zu bestimmen wurden regionalisierte Zahlungsbereitschaften für den Erholungswert herangezogen, die durch das Thünen-Institut ermittelt und berechnet wurden.<sup>75</sup> Auf Basis der Bevölkerungsstatistik ergibt sich für Nordrhein-Westfalen daraus eine aggregierte Zahlungsbereitschaft von circa 554 Mio. Euro pro Jahr. Heruntergebrochen auf die Waldfläche ergibt sich folglich eine Zahlungsbereitschaft von 592 Euro/ha pro Jahr.

## INNOVATIONS- UND INVESTITIONS-BEDARFE DER VERSCHIEDENEN TECHNOLOGIEN

Trotz der erheblichen ökologischen Mehrwerte, die die Umweltwirtschaft für Mensch und Natur bereitstellt, lassen sich konkrete Innovationsbedarfe feststellen, die den Umweltnutzen erhöhen können. Eine Reihe verschiedener Technologien, wie die erneuerbaren Energien, Dämmstoffe oder die Traktionsbatterien von Elektrofahrzeugen, leisten signifikante Beiträge zum Klimaschutz, bedürfen aber zusätzlicher technischer Entwicklungen, um ihre Recycling-Fähigkeit zu steigern sowie ihren Ressourcenverbrauch zu mindern. Auch zur Vermeidung von Luftschadstoffen müssen weitere technische Lösungen entwickelt werden, um sämtliche Potenziale zu heben. Beispielsweise weist die Bioenergie, eine Sammelkategorie unterschiedlicher biogener Energieträger, für die Luftschadstoffe Stickstoffoxide und Feinstaub noch negative Emissionsfaktoren auf. Zusätzlich gilt, dass bestimmte Technologien ihre Potenziale noch nicht in vollem Maße ausschöpfen können, da sie in einer Abhängigkeit zu anderen Technologien stehen. Zum Beispiel deuten Life-Cycle-Analysen unterschiedlicher Elektrofahrzeuge darauf hin, dass unter den gegebenen Bedingungen der Energiegewinnung und Batterieherstel-

lung noch nicht alle ihre Potenziale verwirklicht werden können.<sup>76</sup> Durch technologischen Fortschritt in der Herstellung und eine erfolgreiche Energiewende können alternative Antriebstechnologien in Zukunft voraussichtlich weniger Luftschadstoffemissionen als herkömmliche Antriebstechnologien verursachen und dadurch zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen.

Neben dem Bedarf an technologischen Entwicklungen, um ökologische Wertschöpfung weiter zu verbessern, bestehen Investitionsanforderungen, um bestehende Leistungen auch in Zukunft bereitstellen zu können. Gemäß des Bauindustrieverbands Nordrhein-Westfalen e. V. (2018) sollte circa 40 % des Kanalnetzes kurz- bis mittelfristig saniert werden und liegt damit gemäß einer DWA-Umfrage von 2015 über dem durchschnittlichen bundesweiten Sanierungsbedarf.<sup>77</sup> Damit die *Wasserwirtschaft* (WAS) weiterhin ihren Beitrag zum Gewässerschutz leisten kann, sind Investitionen notwendig, um die Abwasserinfrastruktur in Nordrhein-Westfalen funktionstüchtig und möglichst auf dem neuesten Stand der Technik zu halten.



Am MEET Münster forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Batterie der Zukunft.

# 5

## MIT NEUEN IDEEN DIE TRANSFORMATION GESTALTEN

### EINE UMWELTWIRTSCHAFTLICHE INNOVATIONSANALYSE

- I Deutschland gehört international zu den Innovationsführern der Umweltwirtschaft
- I Umweltwirtschaftspatente aus Nordrhein-Westfalen haben eine überproportional hohe Relevanz
- I Hidden Champions im Land bilden das Rückgrat der Innovationen



290

von 2.250 deutschen **Patenten zur Umweltwirtschaft kommen aus NRW** (=12,7 % aller deutschen Patente zur Umweltwirtschaft) (2019)

Hohe Diversität

bei den **Innovationstreibern:**

27

**Unternehmen steuern 50 % der NRW-Patente bei** – Bestwert in Deutschland

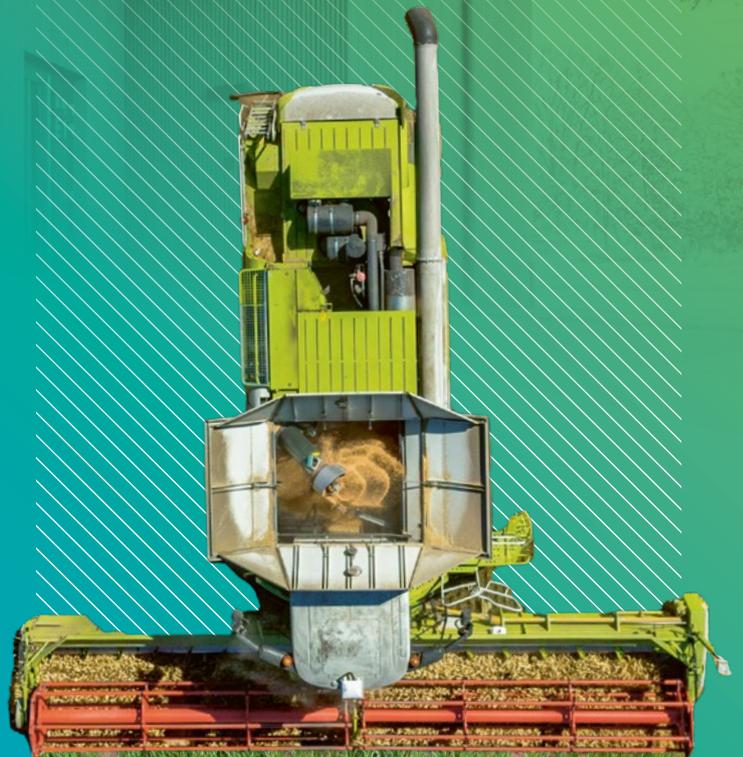
Standortvorteil Hightech: Europas erster Quantencomputer mit mehr als 5.000 Qubits arbeitet seit Januar 2022 im Forschungszentrum Jülich.



Beinahe jedes **5.** deutsche Start-up siedelt sich in Nordrhein-Westfalen an (18,5 %, 2021)

2 mal Platz 1 für NRW:

**29,3 %** aller **Innovationen der Kreislaufwirtschaft** melden NRW-Unternehmen an



**50 %** aller **Innovationen in der Umweltfreundlichen Landwirtschaft** kommen aus NRW



Innovationen treiben die Transformation der Wirtschaft voran und bilden damit ein Kraftzentrum der Umweltwirtschaft. Wesentliche Maßnahmen der Umweltwirtschaftsstrategie sind deshalb darauf ausgerichtet, Innovationen in der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft gezielt zu fördern. Ergänzende Einblicke liefert die Patentanalyse, indem sie die Innovationskraft der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft im nationalen und internationalen Vergleich bewertet und messbar macht. Dazu werden insbesondere zwei Indikatoren herangezogen:

- I Die Zahl der relevanten Patentanmeldungen: Sie dient als Indikator für den Umfang der Innovationsaktivitäten in einer Region.
- I Die Zitationen der Patente: Auch Patente werden – ähnlich wissenschaftlichen Publikationen – zitiert. Und je häufiger ein Patent in anderen Patentanmeldungen zitiert wird, desto größer kann seine Bedeutung eingeschätzt werden. Zitationen sind daher ein Indikator für die Qualität der Innovationsleistung.

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit der Frage, wie patentstark die internationale, nationale und nordrhein-westfälische Umweltwirtschaft ist und betrachtet darüber hinaus, in welchen Bereichen und mit welchen Technologien das Land eine besondere Transformationskraft entfaltet. Auf diese Weise werden Innovationsschwerpunkte und die thematische Bandbreite der nordrhein-westfälischen Forschungs- und Entwicklungslandschaft deutlich.

## DEUTSCHLAND ZÄHLT ZU DEN GLOBALEN INNOVATIONSFÜHRERN IN DER UMWELTWIRTSCHAFT

Im Jahr 2019 wurden insgesamt 180.294 Patente mit einem umweltwirtschaftlichen Bezug in der Datenbank PATSTAT erfasst. Mit einem Anteil von rund 24 % (2019), was 42.593 Patenten entspricht, meldeten die USA die meisten Patente in der Umweltwirtschaft an. In der Spitzengruppe des globalen Innovationswettbewerbs auf Rang zwei liegt Korea, gefolgt von Japan an dritter und Deutschland an vierter Position (siehe [Abb. 34](#)). Dass die USA bei dieser rein quantitativen Leistung auch im Bereich der Umweltwirtschaft einen herausragenden Platz einnehmen, ist angesichts der Größe und der allgemeinen Innovationsstärke des Landes wenig überraschend. Setzt man die Patentanmeldungen in Relation zur Einwohnerzahl, zeigt sich jedoch ein anderes Bild: Hier liegt Korea deutlich vorne. Und auch in Deutschland und Japan werden im Verhältnis zur Bevölkerungszahl mehr umweltwirtschaftliche Innovationen zum Patent angemeldet als in den USA.

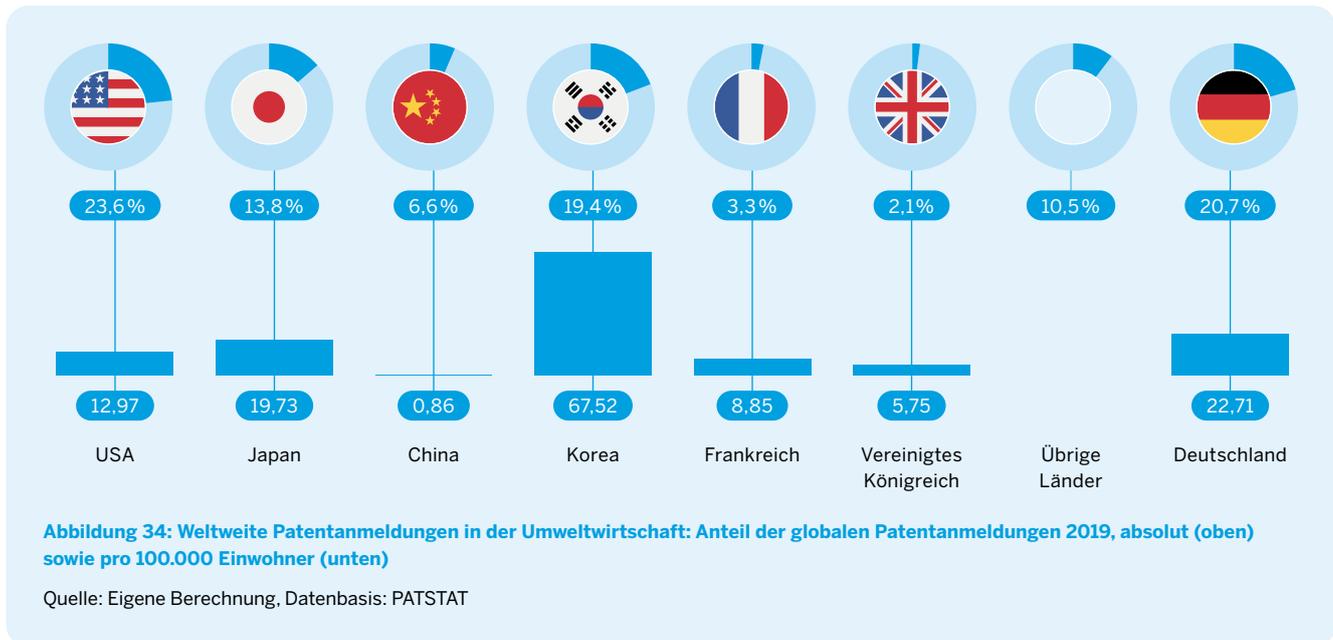
Thematisch konzentriert sich die Mehrzahl der umweltwirtschaftlichen Patente in allen untersuchten Ländern auf drei Teilmärkte: *Energieeffizienz und Energieeinsparung, Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* sowie *Umweltfreundliche Mobilität*. Dabei ist die individuelle Verteilung auf diese Märkte jeweils unterschiedlich ausgeprägt. Differenzierte Aussagen dazu lassen sich durch die Analyse der dahinterliegenden Patentcodes und Zitationen treffen. Die mit Abstand meisten Zitationen (rund 65 %) in der Umweltwirtschaft beziehen sich

## PATENTANALYSE

Die Patentanalyse für den vorliegenden Bericht basiert auf den globalen Patentdaten des Europäischen Patentamts (EPO Worldwide Patent Statistical Database, PATSTAT). In dieser Datenbank sind über 100 Millionen Patente von über 80 nationalen und internationalen Patentämtern und damit aller ökonomisch bedeutenden Staaten der Erde hinterlegt.

Die Identifikation der umweltwirtschaftsbezogenen Patente erfolgt im Rahmen der gemeinsamen Patentklassifikationssysteme (Cooperative Patent Classification – CPC) und der internationalen Patentklassifikation (International Patent Classification – IPC). Die Zuordnung basiert auf Vorarbeiten von OECD<sup>78</sup> und WIPO<sup>79</sup>, die auf das Abgrenzungsmodell der NRW-Umweltwirtschaft (siehe Kapitel 1) übertragen und entsprechend ergänzt wurden.

Die Patentdaten liegen regionalisiert auf Postleitzahlenebene vor und werden mit Bezug auf die jeweiligen Anmeldenden anteilig geografisch zugeordnet. Dementsprechend ist es möglich, die Anzahl an Patenten sowie die Anteile der Umweltwirtschaftspatente nach Land und Bundesland auszuwerten, um daraus Aussagen über die Innovationsaktivität bestimmter Regionen zu treffen.



auf Patente aus den USA. Zitiert werden dabei vor allem einzelne Patente zu Datenverarbeitungssystemen und -verfahren für energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien, die in Handel, Verwaltung, Finanzmanagement oder für Vorhersagezwecke eingesetzt werden. Diese Patente wurden über 100.000-mal von anderen Patenten zitiert, was auf ihre enorme Bedeutung schließen lässt – aber das Gesamtbild offensichtlich verzerrt. Immerhin belegen derart auffällige Befunde einmal mehr den Einfluss der Digitalisierung und zeigen außerdem beispielhaft, welche enorme transformative Kraft einzelne Innovationen entfalten können. Zum Vergleich: Deutsche Umweltwirtschaftspatente mit den meisten Zitationen aus dem Bereich der Erneuerbaren Energien wurden 5.736-mal rezipiert.

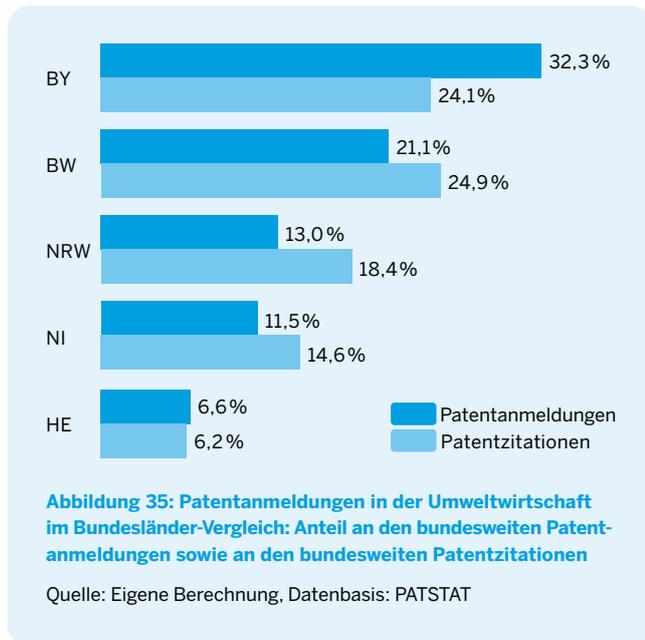
In Relation zur Anzahl der Einwohner verfügt Korea über die meisten Patentanmeldungen in der Umweltwirtschaft. Das Land war 2019 analog zu den USA besonders innovativ im Bereich der Datenverarbeitungssysteme und -verfahren, die im Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* angesiedelt sind. Daneben entstanden viele Patente für Enabler-Technologien zur Einsparung von Treibhausgasemissionen. Die Bedeutung der koreanischen Umweltwirtschaftspatente ist insgesamt aber geringer einzuschätzen. Sie werden deutlich seltener zitiert als amerikanische Patente.

Deutschland gehört international zu den Innovationsführern der Umweltwirtschaft, wie sich in den Patentanmeldungen pro 100.000 Einwohner deutlich zeigt (siehe Abb. 34). Die meisten umweltwirtschaftlichen Patentanmeldungen hierzulande entfallen auf elektronische Messeinrichtungen für intelligente Energiesysteme und Netze. Auffällig ist, dass rund 43 % davon auf eine Unternehmensgruppe (Siemens und Tochterunternehmen) zurückgehen. Auch in anderen

Teilmärkten prägt die Siemensgruppe mit den Sparten Energy, Mobility und Health Care das Patentgeschehen der deutschen Umweltwirtschaft stark und versammelt rund 14 % aller deutschen Umweltwirtschaftspatente im Jahr 2019. Diese dienen vor allem der Messung elektrischer oder magnetischer Größen, betreffen elektronische Schaltungsanordnungen oder dem Bereich der Wasserstoffproduktion (Teilmärkte *Umweltfreundliche Energieerzeugung, -transport und -speicherung* und *Energieeffizienz und Energieeinsparung*). Klar hervorheben können sich deutsche Innovationen ebenfalls im Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität*. Hier fallen insbesondere zwei Unternehmen mit hohen Innovationsaktivitäten auf: Volkswagen und Bosch. Volkswagen war besonders aktiv bei der Entwicklung von Anlagen zur Steuerung, Regelung oder Überwachung des Verkehrs, worunter zum Beispiel Spurhalteassistenten und die automatisierte Erkennung von Verkehrszeichen fallen. Bosch zeigt in der Mobilität einen Innovationsschwerpunkt bei intelligenten Verkehrsmanagementsystemen sowie umweltfreundlichen Mobilitäts- und Antriebstechnologien.

## UMWELTWIRTSCHAFTSPATENTE AUS NORDRHEIN-WESTFALEN HABEN EINE ÜBERPROPORTIONAL HOHE RELEVANZ

Blickt man nur auf die Anteile der Patentanmeldungen in Deutschland, bleibt das Innovationsgeschehen in Nordrhein-Westfalen hinter Bayern und Baden-Württemberg zurück (siehe Abb. 35). Vor dem Hintergrund der prägenden Aktivitäten von Siemens und Bosch kann dieser Befund wenig überraschen. Auch insgesamt sind die Innovationsaktivitäten der Umweltwirtschaft in den beiden



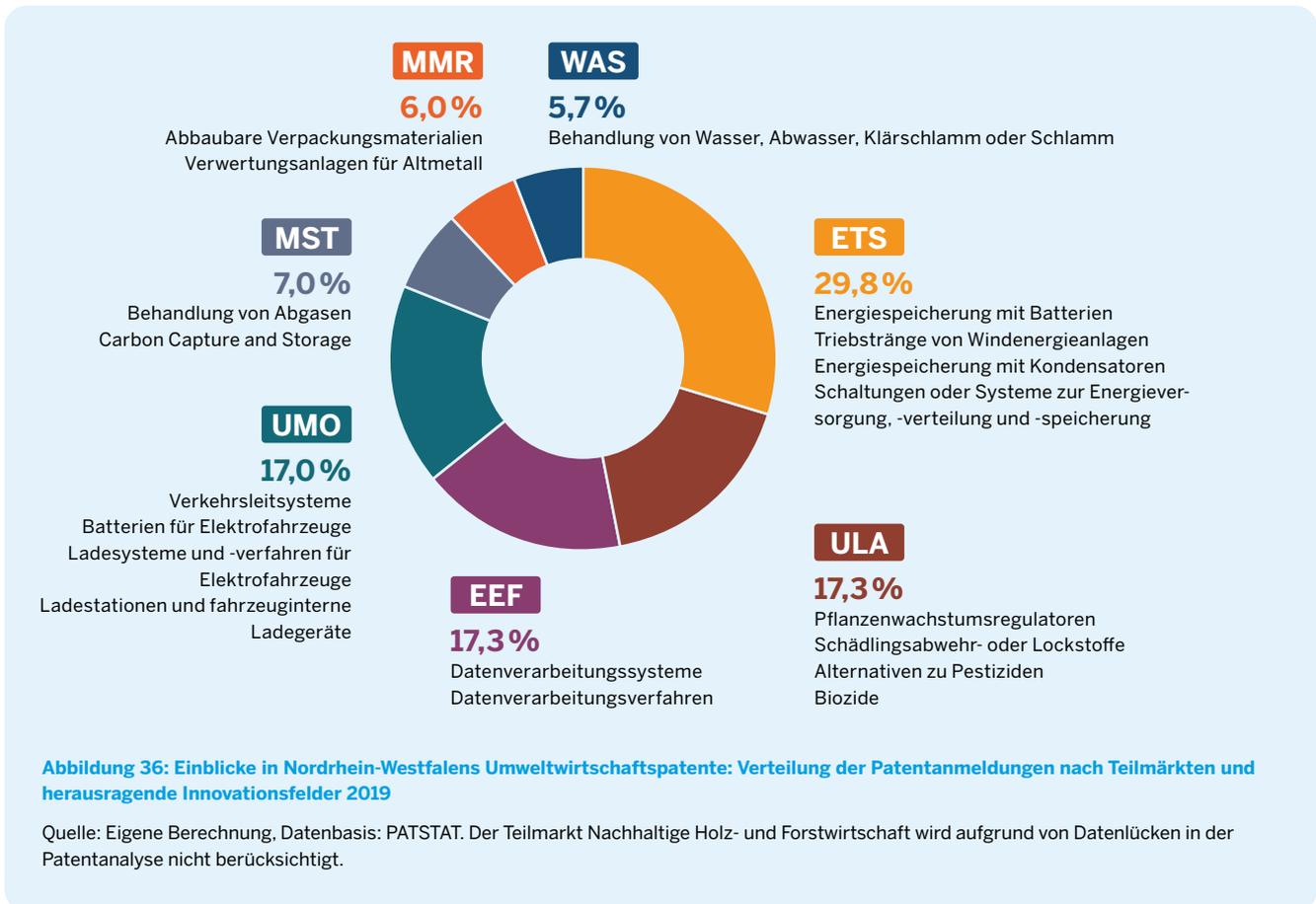
Bundesländern stark konzentriert. In Baden-Württemberg ging 2019 die Hälfte der Patentanmeldungen auf zwölf Unternehmen zurück, in Bayern auf drei. Im Gegensatz dazu ist das Innovationsgeschehen in der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft diversifizierter: Neben den Innovationsführern Bayer und Evonik trugen 25 weitere Unternehmen zur Hälfte des Patentgeschehens im Jahr

2019 bei. Darüber hinaus relativiert sich der Bundesvergleich mit Blick auf die Bedeutung der Innovationen. Patente aus Nordrhein-Westfalen werden verhältnismäßig oft zitiert, ebenso die aus Baden-Württemberg. In Bayern ist der Anteil an den bundesweiten Zitationen geringer als der Anteil an entsprechenden Patentanmeldungen. Im Gesamtbild kann den nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaftspatenten also eine überproportional hohe Relevanz zugesprochen werden (siehe [Abb. 35](#)). Das am meisten zitierte deutsche Umweltwirtschaftspatent 2019 kommt aus NRW. Es handelt sich um eine Entwicklung der Firma Bayer aus dem Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft*.

In Bezug auf die behandelten Themen zeigt das Innovationsgeschehen deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern. In Bayern und Baden-Württemberg konzentrieren sich die erfolgreich angemeldeten Patente stark auf die Energie-Teilmärkte, gefolgt von der nachhaltigen Mobilität. In Niedersachsen summieren sich knapp 80 % der Erfindungen auf *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* und *Umweltfreundliche Mobilität*. Eine Auffälligkeit zeigt sich in Baden-Württemberg, wo beachtliche Ergebnisse im Bereich der *Minderungs- und Schutztechnologien* erzielt wurden, zum Beispiel bei der Weiterentwicklung von Abgasreinigungsanlagen.



Innovative Schienenfahrzeuge aus Nordrhein-Westfalen: der Mireo mit Wasserstoffantrieb wurde in Krefeld entwickelt.



In Nordrhein-Westfalen zeigt sich die Umweltwirtschaft vielfältig: Zwar wird auch hierzulande am meisten im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* erfunden, die Teilmärkte *Umweltfreundliche Mobilität, Energieeffizienz und Energieeinsparung* sowie *Umweltfreundliche Landwirtschaft* sind aber ebenfalls stark vertreten. Vor diesem Hintergrund ist es wenig überraschend, dass die Hälfte aller innovativen Lösungen, die bundesweit in der Umweltfreundlichen Landwirtschaft entwickelt wurden, aus Nordrhein-Westfalen kommt. Und auch im Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* war Nordrhein-Westfalen 2019 innovativer Spitzenreiter in Deutschland. In der *Wasserwirtschaft* patentierte nur Bayern mehr Erfindungen als Nordrhein-Westfalen.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Innovationslandschaft der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft breit aufgestellt ist und über alle Teilmärkte hinweg die Transformation in Richtung einer nachhaltigen Wirtschaftsweise mit bedeutenden Entwicklungen vorantreibt.

Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* stammen viele Patente von Hidden Champions aus Nordrhein-Westfalen. So verbessert die Firma Flender aus Bocholt mit ihren Entwicklungen kontinuierlich die Triebstränge von Windenergieanlagen. Aus der lippischen Kleinstadt Blomberg heraus gestaltet das

mittelständische Unternehmen Phoenix Contact mit kombinierbaren Elektronikmodulen die Entwicklung im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*. Im angrenzenden Teilmarkt der *Energieeffizienz und Energieeinsparung* ist die Deutsche Post ein prägender Innovationsakteur. Das Unternehmen ist zum Beispiel erfolgreich mit Innovationen zur Automatisierung von Prozessen für modulare Transportroboter und mit flugfähigen unbemannten Transporteinrichtungen, die in Warenhäusern eingesetzt werden können.

Spannende Erfindungen aus Nordrhein-Westfalen prägen auch die *Umweltfreundliche Mobilität*. Das Unternehmen Magna Powertrain, das zum internationalen Automobilzulieferkonzern Magna gehört, entwickelt in Köln Elektrifizierungslösungen für eine nachhaltige Mobilität. Auch der Chemiekonzern Evonik unterstreicht mit Innovationen, etwa zur Aufbereitung von Biokraftstoffen, immer wieder seinen Stellenwert. Die E-Mobilitätstochter der oben erwähnten Phoenix Contact trägt mit Technologien zur temperatursensorischen Prüfung von Steckverbinderteilen entscheidend zur Sicherheit von Ladevorgängen bei, was bereits in zahlreichen Entwicklungen aufgegriffen wurde.

In der Umweltfreundlichen Landwirtschaft ist Nordrhein-Westfalen besonders patentstark, unter anderem vor dem Hintergrund der ausgeprägten Aktivitäten des Bayer-Konzerns, die insbesondere im Bereich ökologischer Pflanzen-



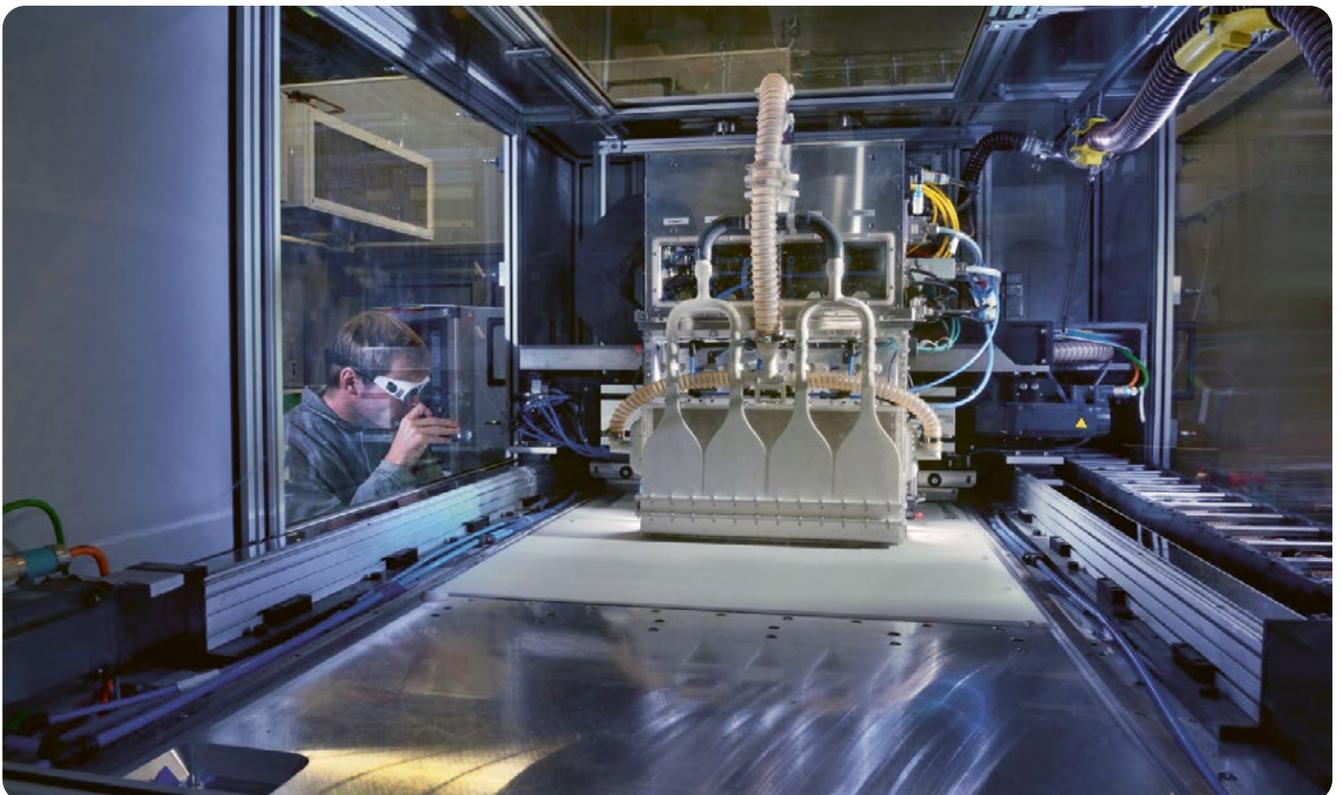
Exzellenzcluster PhenoRob der Universität Bonn: Digitale Technologien helfen auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Nutzpflanzenproduktion.

schutzmittel erfolgreich sind. In diesem Teilmarkt sind aber auch Innovationen aus der Wissenschaft hervorzuheben: So konnte Prof. Dr. Markus Pauly von der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf mit der optimierten Maispflanze als Grundstoff für die Chemieindustrie bereits zwei Patente anmelden (Projekt CornWall). Auch Prof. Dr.

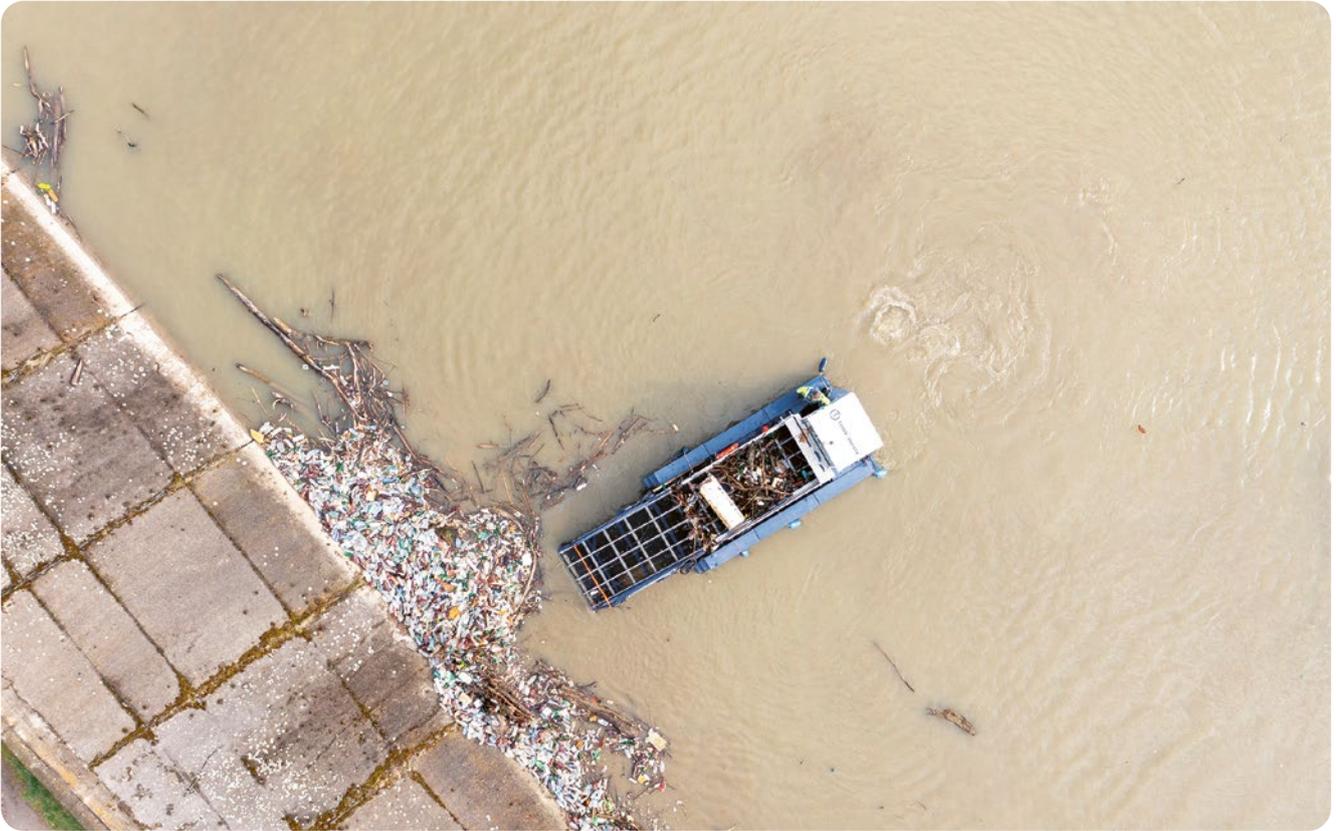
Bruno Moerschbacher vom Institut für Biologie und Biotechnologie der Pflanzen (IBBP) der Universität Münster, der gleich drei Start-ups mit dem Fokus umweltfreundlicher Pflanzenschutz zur Hannovermesse 2022 begleiten konnte, oder Prof. Dr. Florian Grundler vom Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn sind hier zu nennen. Sie treiben, neben vielen anderen in Nordrhein-Westfalen, die umweltfreundliche Landwirtschaft mit innovativer Forschung voran.

## INNOVATIONSKRAFT ÜBER PATENTE HINAUS

Patente sind ein aussagekräftiger Indikator für den Erfindergeist eines Landes oder von einzelnen Institutionen. Dennoch finden in der Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalens auch viele wichtige Innovationsaktivitäten jenseits des Patentgeschehens statt. So bestimmt im Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* die Circular Economy als Zielperspektive die Entwicklung. Auf dem Weg dorthin werden im Bundesland beispielsweise Verfahren entwickelt, um hochwertige Sekundärrohstoffe zu gewinnen, unter anderem durch die inverse Produktion (Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT). Die Batsch Verfahrenstechnik recycelt mit Destillationsanlagen Lösungsmittel im Lizenzverfahren und mit DemoSens werden an der FH Münster Lithium-Ionen-Batterien auto-



Prototypmaschine für ein am Fraunhofer ILT patentiertes laserbasiertes Pulverbettverfahren zur additiven Fertigung großer Bauteile



Müllsammelboot CollectiX im Einsatz auf der Donau

matisiert demontiert und für hochwertiges Recycling aufbereitet.

Jenseits von großen Konzernen bewegen sich auch innovative Start-ups in Nordrhein-Westfalen: Das Müllsammelboot CollectiX der jungen Firma everwave kann pro Tag 20 Tonnen (Plastik-)Müll aus Gewässern sammeln. Das Start-up Lumoview aus Köln patentierte einen Sensor, mit dem in nur wenigen Sekunden ganze Innenräume digitalisiert werden können. Dieses Verfahren automatisiert die Gebäudeanalyse, um die Energieeffizienz zu optimieren.

Bereits diese wenigen Beispiele innovativer Unternehmen unterstreichen die Vielfalt umweltorientierter Innovationen aus Nordrhein-Westfalen, die von einer ebenso vielfältigen Akteurslandschaft aus Unternehmen, Start-ups und Forschungseinrichtungen getragen wird. Das Bundesland positioniert sich mit den dargestellten Ergebnissen als vielfältiger Innovationsstandort der Umweltwirtschaft, der in den verschiedenen Bereichen exzellente Forschungserfolge und bedeutsame Patente vorweisen kann. Der Anspruch als „Umweltwirtschaftsland Nr. 1“ kann somit auch im Hinblick auf die Innovationskraft in Nordrhein-Westfalen, wenn auch nicht rein quantitativ, so doch mit Blick auf die Bedeutsamkeit und thematische Breite, erfolgreich verteidigt werden. Anders gesagt: Nirgendwo in Deutschland sind die Innovationen der Umweltwirtschaft zugleich so bedeutsam, zahlreich und vielfältig wie in Nordrhein-Westfalen.

## INNOVATIONEN AUF DEM RADAR

Die Innovationsradare<sup>80</sup> des Kompetenznetzwerks Umweltwirtschaft.NRW gehen der Transformationskraft in der Ressourcenwende, Klima- sowie Mobilitäts- und Raumwende nach. Gegliedert nach Wachstumskernen mit besonderer Innovationskraft stehen wegweisende Verfahren, Lösungen und Technologien aus Nordrhein-Westfalen im Fokus. Die Radare erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit im Sinne eines Kompendiums, sondern bilden vielmehr die große Bandbreite wichtiger Innovationen aus Nordrhein-Westfalen exemplarisch ab. Die mehrstufige Analyse der Innovationsradare kann als qualitative Ergänzung der Patentbetrachtung verstanden werden.

# 6

## LÖSUNGEN AUS NORDRHEIN-WESTFALEN FÜR GLOBALE TRANS- FORMATIONSPROZESSE

- | Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter erreichte 2020 ein neues Rekordvolumen
- | Umweltwirtschaft ist Wachstumstreiber für die nordrhein-westfälische Außenwirtschaft
- | Europa ist wichtigstes Exportziel



14,2 Mrd. €

beträgt das Exportvolumen von  
NRW (2021)



1,5 Mrd. €

der Exporte gehen in die **Niederlande**

### Über 40 %

Exportquote erzielen 5 Teilmärkte:

**WAS** 66 % **ETS** 46 % **UMO** 48 % **MST** 49 % **MMR** 51 %

enerPort II: Im Duisburger Hafen entsteht 2023  
das erste klimaneutrale Containerterminal  
Europas auf Basis von Wasserstofftechnologie.

700 Mrd. €  
umfasst der Weltmarkt für  
Umweltwirtschaftsgüter (2020)



Das entspricht **5,7%**  
des gesamten Welthandels



**16,4%** Zuwachs in  
NRW: Antriebstechnologien  
sind die **Exportmeister** gemessen  
am Wachstum 2010–2020

Die internationalen Märkte zeigen mit der Doppelkrise der COVID-19-Pandemie und des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine große Unsicherheiten und teilweise auch Tendenzen zur Abschottung. Demgegenüber zeigt sich die grüne Transformation trotz aller Schwierigkeiten als wegweisend: Kreislaufwirtschaft, ressourcenschonende und energieeffiziente Verfahren, Dienstleistungen und Produkte erfahren weiterhin eine hohe Nachfrage. Für die Umweltwirtschaft aus Nordrhein-Westfalen entstehen hier Chancen gerade auch in den in ihrer Bedeutung zunehmenden Maßnahmen der Klimaanpassung. Gleichzeitig forciert sich aber der internationale Wettbewerb in diesem Wachstumsmarkt.

## DER WELTMARKT FÜR UMWELT- WIRTSCHAFTSGÜTER ERWEIST SICH ALS ROBUST

Der Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter erreichte im Jahr 2020 ein neues Rekordvolumen von fast 700 Mrd. Euro. Mit 5,7 % entspricht dies einem signifikanten Anteil am Welthandel insgesamt.

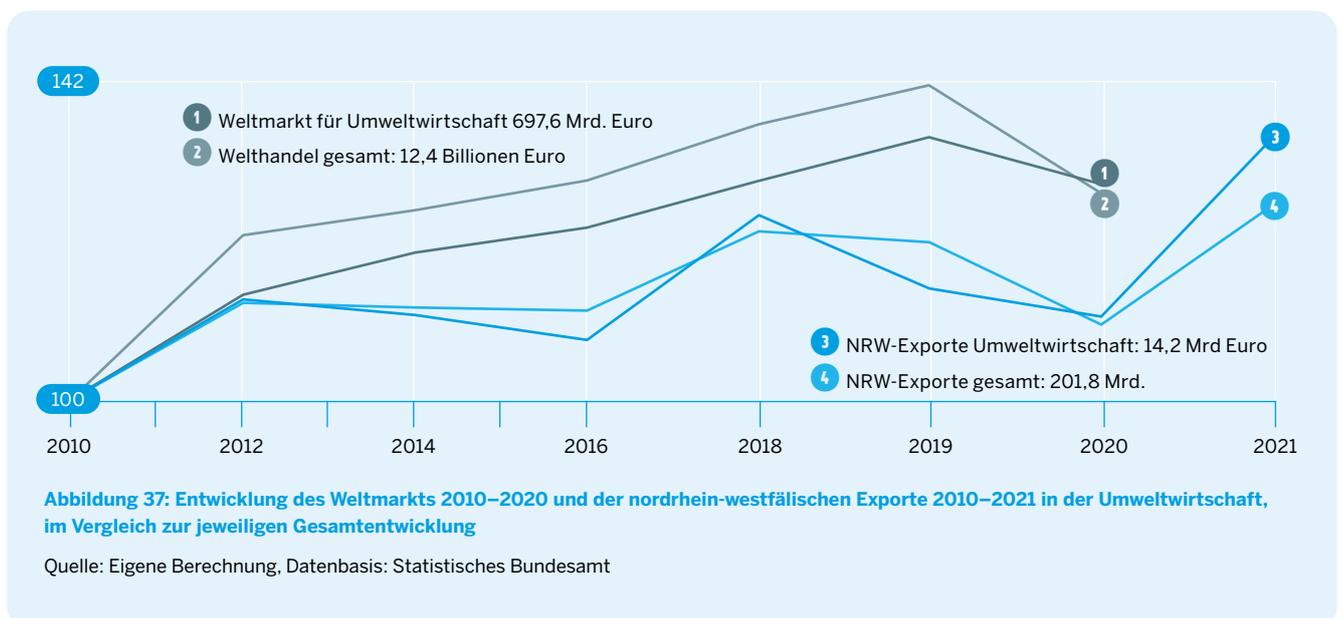
In den letzten zehn Jahren ist der Markt gewachsen. Zwischen 2010 und 2020 lag die durchschnittliche Wachstumsrate bei 2,6 % p. a., mit starken Wachstumsphasen vor allem in den Abschnitten 2010–2015 und 2017–2019. Trotz dieser Dynamik lag der Entwicklungsverlauf lange Zeit unter dem des Welthandels insgesamt. Die Gründe dafür liegen insbesondere in einem ausgeprägten Wachstum einzelner Branchen zu Beginn der Dekade, wie etwa der Automobilindustrie, der Flugzeugindustrie und in der Mobilfunk- und Computertechnik, das vor allem zwischen 2010 und 2012 sehr stark ausfiel. Zwischen 2012 und 2019

verliefen die Entwicklungslinien der Gesamt- und der Umweltwirtschaft dann weitgehend parallel.

Im Zuge der COVID-19- Pandemie ändert sich dieses Bild jedoch. Der Welthandel insgesamt brach ein, in der Umweltwirtschaft fiel der Rückgang jedoch deutlich geringer aus als in der Gesamtwirtschaft. Während der Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter auf das Niveau von 2018 zurückging, sank der Gesamtwelthandel sogar auf das Niveau von 2015 ab. Auf globaler Ebene erwiesen sich zwei Teilmärkte – die *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* und *Umweltfreundliche Landwirtschaft* – als besonders krisenfest und erlitten 2020 keinen Abschwung. Die Teilmärkte *Umweltfreundliche Mobilität* und *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* erfuhr dagegen im gleichen Jahr deutliche Einbrüche.

## DIE UMWELTWIRTSCHAFT IST EIN ZENTRALER WACHSTUMSTREIBER FÜR DIE NORDRHEIN-WESTFÄLISCHE AUSSENWIRTSCHAFT

Im Unterschied zum Weltmarkt entwickeln sich die nordrhein-westfälischen Exporte in der Umweltwirtschaft und der Gesamtwirtschaft zwischen 2010 und 2020 auf einem ähnlichen Niveau. Aufgrund der aktuelleren Datenlage lässt sich die Entwicklung der Exporte bis zum Jahr 2021 analysieren und so der Verlauf während der COVID-19 Pandemie umfassender betrachten. Im Pandemiejahr 2020 sinken die Exportwerte stark. 2021 erholt sich die Umweltwirtschaft deutlich stärker als die Gesamtausfuhren. Das Vorkrisenniveau wird sogar deutlich übertroffen, die Exporte der Umweltwirtschaft steigen um 21,7 % auf den neuen Höchstwert von 14,2 Mrd. Euro.





Auch chinesische Hochgeschwindigkeitszüge fahren auf Hightech-Bahnradern „Made in NRW“.

Mit Ausnahme des Teilmarkts Umweltfreundliche Energieerzeugung, -transport und Speicherung legen alle Teilmärkte stark zu. Die höchsten Wachstumsraten weisen *Materialien*, *Materialeffizienz* und *Ressourcenwirtschaft* mit 31,2 %, *Umweltfreundliche Mobilität* mit 36,0 % und *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* mit 40,6 % auf. Das hohe Wachstum in *Materialien*, *Materialeffizienz* und *Ressourcenwirtschaft* und *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft*

sind vor allem auf die stark gestiegenen Rohstoffpreise für Holz und Sekundärmetalle zurückzuführen.

Auf der Basis einer stark entwickelten Volkswirtschaft wachsen die NRW-Exporte sowohl in der Gesamtbetrachtung als auch in der Umweltwirtschaft bezogen auf die Dekade 2010 bis 2020 insgesamt jedoch weniger stark als der Welthandel.

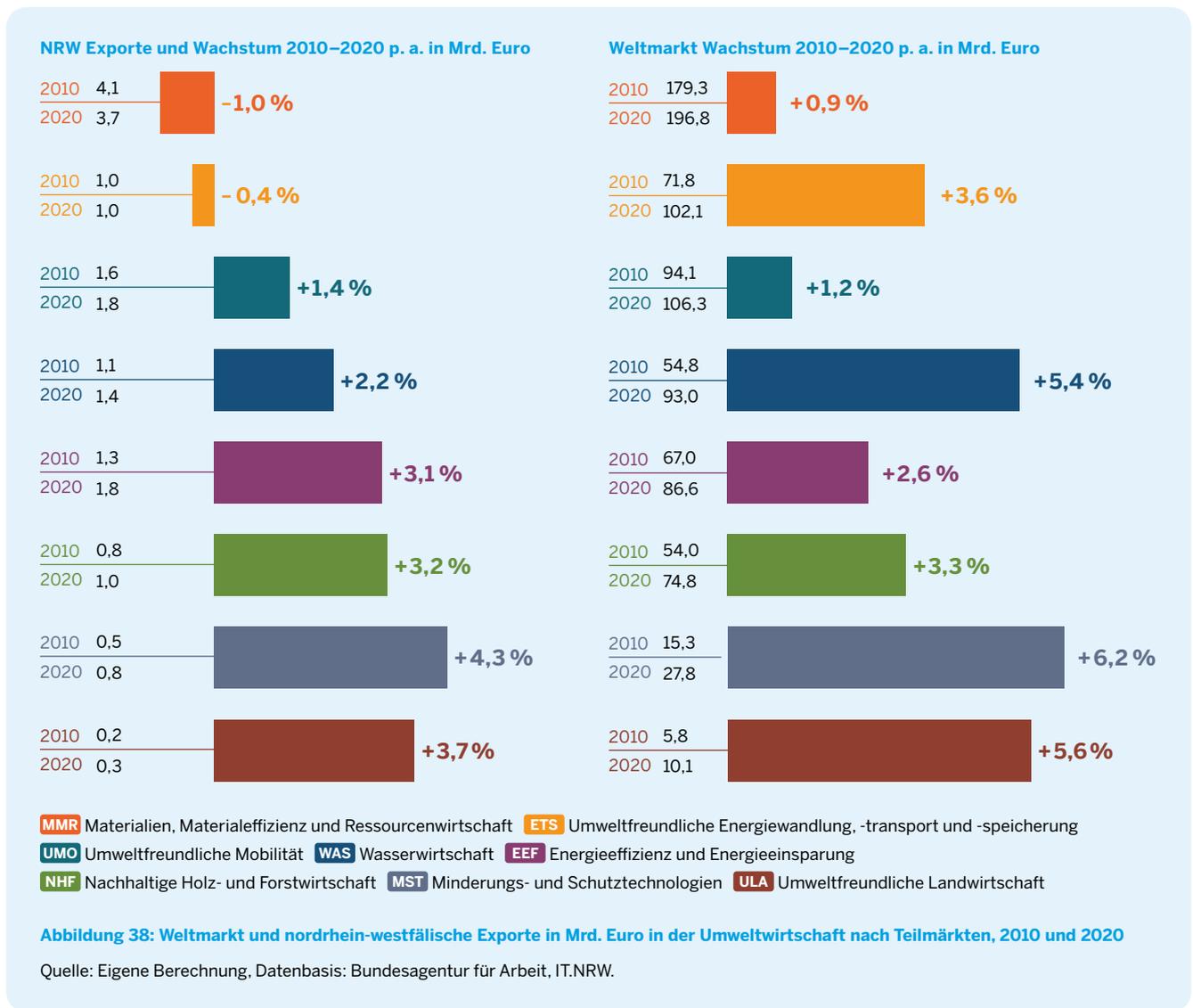
## DAS PROGNOSE WELTHANDELSMODELL

Als methodische Grundlage dient das Prognose Welthandelsmodell. Die Basis für diese umfassende Datenbank bilden die Handelsströme zwischen 42 Volkswirtschaften auf detaillierter Gütergruppenebene für den Zeitraum 1995 bis 2020. Die berücksichtigten Länder erwirtschaften zusammen über 90 % des globalen Bruttoinlandsprodukts. Exporte in die übrigen Länder bzw. Importe aus diesen werden ebenfalls erfasst.

Insgesamt werden über 3.000 SITC-Gütergruppen erfasst, sie bilden das Grundgerüst des Welthandelsmodells. Neben Informationen zu den bilateralen Export- und Importwerten, die aus der Comtrade-Datenbank der Vereinten Nationen stammen, wird jede Gütergruppe einer Branche und einer

Technologie zugeordnet und anteilig als Vorleistungs-, Investitions- oder Konsumgut klassifiziert. Darüber hinaus werden mittels Patentdaten Informationen zur Forschungs- und Innovationstätigkeit zugeordnet.

Für die vorliegende Analyse wurde das Prognose Welthandelsmodell um Informationen aus der im Rahmen des Umweltwirtschaftsberichts erarbeiteten statistischen Abgrenzung von Umweltwirtschaftsgütern ergänzt. Im Ergebnis liefert das Modell eine Vielzahl von Erkenntnissen bezüglich der globalen Wirtschaftsbeziehungen, Welthandelsanteile, Wertschöpfungsstrukturen und der internationalen Arbeitsteilung in Fertigung und Forschung. Die Größe des Weltmarkts wird als Summe der Importe aller Länder definiert.



## EXPORTMEISTER DER NRW-UMWELTWIRTSCHAFT

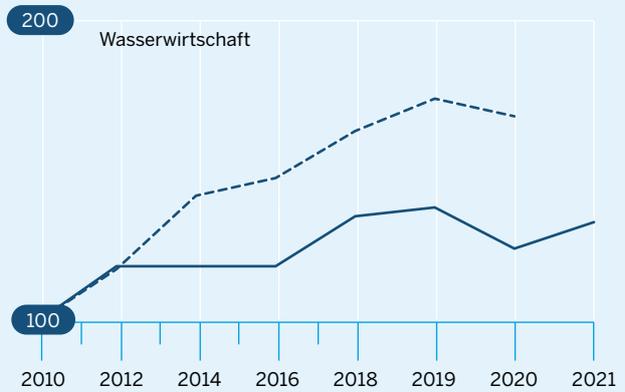
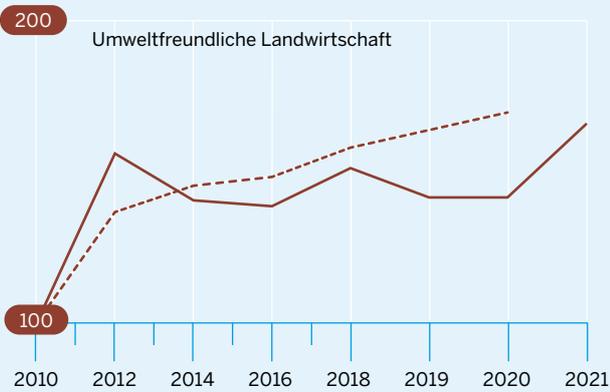
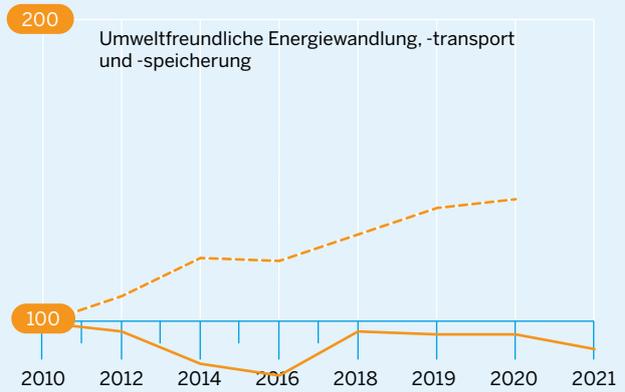
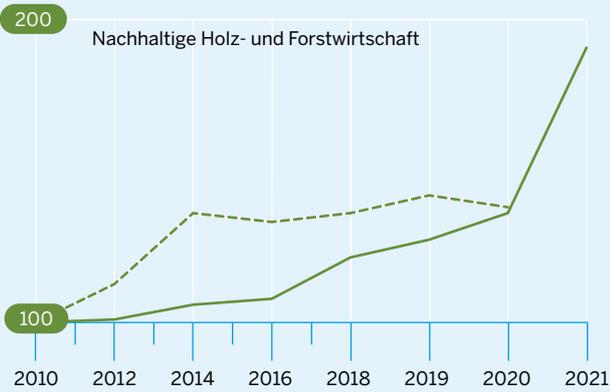
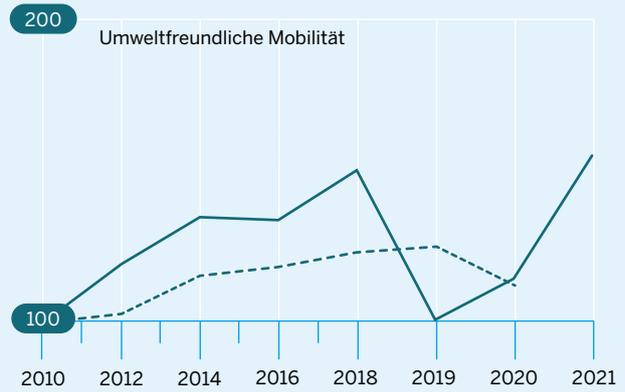
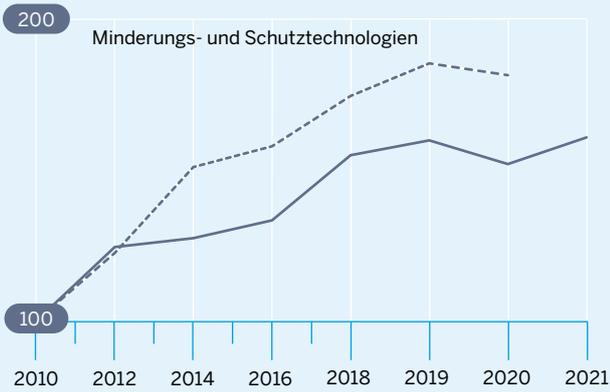
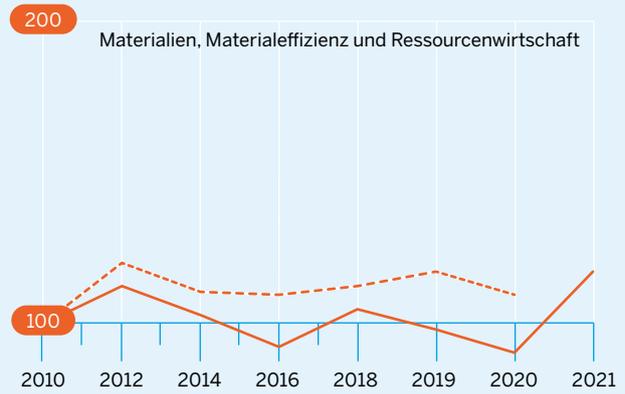
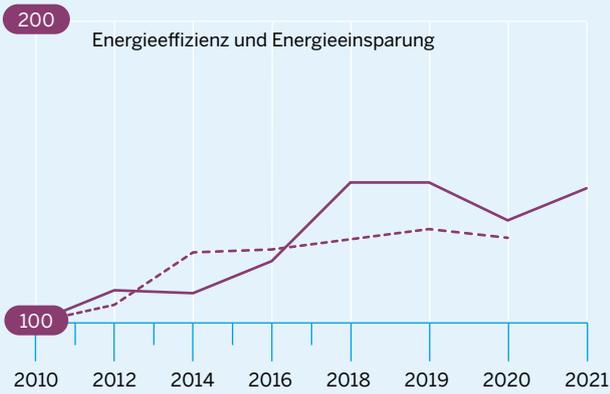
Energieeffiziente Produktionstechnologien, Filtertechnik und Katalysatoren, Holzbaustoffe, E-Mobilität und Sekundärrohstoffe befeuern die nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaftsexporte.

Der Blick auf die Teilmärkte zeigt, dass die Exportstruktur Nordrhein-Westfalens weitgehend die Größenordnung der Teilmärkte auf dem Weltmarkt widerspiegelt. **Abbildung 38** vergleicht die Werte jeweils für die Jahre 2010 und 2020. Der jeweils mit Abstand größte Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* nimmt 31 % des Volumens der NRW-Exporte und 28 % des Weltmarkts im Jahr 2020 ein. Eine signifikante Abweichung besteht für den Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*, der für den Weltmarkt deutlich mehr Relevanz aufweist als für die nordrhein-westfälischen Ausfuhren.

**Abbildung 39** zeigt den detaillierten Entwicklungsverlauf der Teilmärkte auf. In Bezug auf den Weltmarkt stehen Daten bis zum Jahr 2020 zur Verfügung. Bei den nordrhein-westfälischen Exporten lässt sich hingegen die Entwicklung bis ins Jahr 2021 verfolgen. Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie zeigen sich zwischen 2020 und 2021 besondere Entwicklungssprünge.

Die Entwicklung der Teilmärkte im Detail:

Bei **Energieeffizienz und Energieeinsparungen** ist eine gute Entwicklung zu beobachten, die im Zeitraum von 2010 bis 2020 für die nordrhein-westfälische Außenwirtschaft noch höher ausfällt (+3,1 % p. a.) als auf dem Weltmarkt (+ 2,6 % p. a.). In Nordrhein-Westfalen sind die *Energieeffizienten Produktionsprozesse* hier der klare Treiber, die sich bis 2020 mit 5,3 % pro Jahr entwickeln und 2021 nochmals 16,5 % zulegen.



--- Entwicklung des Weltmarkts nach Teilmärkten 2010–2020    — Entwicklung der Exporte NRW nach Leitmärkten 2010–2021

**Abbildung 39: Indexierte Entwicklung des Weltmarkts und der nordrhein-westfälischen Exporte der Umweltwirtschaft nach Teilmärkten, 2010–2021 (2010 = 100)**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt



Der größte Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* weist sowohl auf dem Weltmarkt mit 0,9 % p. a. als auch bei den NRW-Exporten mit -1,0 % p. a. die schwächste Entwicklung zwischen den Jahren 2010 und 2020 auf. Die nordrhein-westfälischen Ausfuhren gehen bis 2020 deutlich zurück (-1,0 % p. a.). Im Jahr 2021 findet aufgrund von starken Preissteigerungen für Rohstoffe in den Marktsegmenten *Abfallbehandlung und -verwertung und Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien* ein starkes Wachstum statt, das die Verluste kompensiert und zu einem neuen Höchstwert führt.



Es fällt auf, dass der zweitkleinste Teilmarkt *Minde-rungs- und Schutztechnologien* das stärkste jährliche Wachstum im Zeitraum von 2010 bis 2020 aufweist, mit 4,3 % p. a. für die NRW-Exporte und 6,2 % p. a. auf dem Weltmarkt. Dies ist in Nordrhein-Westfalen vor allem auf das überdurchschnittliche Wachstum des Technologiebereiches der *Filtertechnik und Katalysatoren* zurückzuführen, das mit durchschnittlichen 6,2 % p. a. zwischen 2010 und 2020 gewachsen ist und durch die Corona-Pandemie eine verstärkte Nachfrage erfährt. Auch 2021 erfährt dieser Technologiebereich einen weiteren Schub von 14,2 %.



Der Teilmarkt *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* wächst mit 3,2 % (Exporte NRW) und 3,3 % (Weltmarkt) p. a. jeweils überdurchschnittlich im Zeitraum von 2010 bis 2020. Interessant ist dabei aber, dass die zeitlichen Entwicklungen genau gegenläufig sind. Der Weltmarkt entwickelt sich von 2010 bis 2015 rasant mit 6,6 % pro Jahr und stagniert dann bis 2020 größtenteils. Die Exporte Nordrhein-Westfalens wachsen dagegen bis 2016 unterdurchschnittlich mit 1,3 % und steigen dann von 2010 bis 2020 um 6,1%, mit einem nochmaligen Sprung von 40,6 % im Jahr 2021, der hauptsächlich auf die stark gestiegenen Preise für Holzbaustoffe zurückgeführt werden kann.



Die *Umweltfreundliche Landwirtschaft* weist zwischen 2010 und 2020 jeweils die zweitgrößte Wachstumsrate mit 3,7 % bzw. 5,6 % auf, ist jedoch mit je ca. 2 % Anteil auch der kleinste Teilmarkt. Die positive Entwicklung liegt hier vor allem an der Krisenfestigkeit im Jahr 2020, in dem keine Rückgänge verzeichnet werden. Die Exporte Nordrhein-Westfalens legen im Jahr 2021 dann nochmals um 17,3 % zu.



Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* gehen die Entwicklungen international und in Nordrhein-Westfalen stark auseinander. Bis 2020 legt der Weltmarkt in großem Tempo um 3,6 % p. a. zu, während die Exporte Nordrhein-Westfalens in dieser Zeit um 0,4 % p. a. zurückgehen. Das ist vor allem auf das Marktsegment *Erneuerbare Energien*

und dort auf den Einbruch im Technologiebereich *Solar*, der sowohl Solarzellen als auch deren Komponenten enthält, mit -5,9 % p. a. zurückzuführen. Dieser hat zwischen 2010 und 2020 fast eine Halbierung der Exporte verzeichnet. Auch der Export weiterer Erneuerbarer-Energien-Technologien entwickelt sich zurückhaltend. Einzig bei der Bioenergie kann Nordrhein-Westfalen insgesamt zulegen und darüber hinaus im Marktsegment *Intelligente Energiesysteme und Netze* mit 6,6 % p. a. ein sehr positives Wachstum verzeichnen. Das Marktsegment geht allerdings 2021 wieder um 21,4 % zurück.



Die *Umweltfreundliche Mobilität* ist der zweitwichtigste Exportmarkt der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft. Die Wachstumsrate erreicht zwischen 2010 und 2020 durchschnittlich 1,2 % p. a. und liegt damit leicht über der Entwicklung des Weltmarkts. Dem liegen aber unterschiedliche Entwicklungsphasen zugrunde. Auf dem Weltmarkt findet bis 2019 ein stetiges Wachstum von 2,6 % p. a. statt, das vor allem auf das enorme Wachstum in den Technologiebereichen *Antriebstechnologien* und *Fahrzeugtechnologien* zurückzuführen ist, die unter anderem E-Mobilitätstechnologien umfassen. Im Jahr 2020 fällt der pandemiebedingte Rückgang in diesem Teilmarkt jedoch auf dem Weltmarkt mit -10,7 % besonders gravierend aus. Bei den Umweltwirtschaftsexporten Nordrhein-Westfalens ist die Entwicklung im Zeitverlauf beständiger, fällt aber in den Technologiebereichen sehr unterschiedlich aus. Wachstumstreiber sind wie auf dem Weltmarkt vor allem *Antriebstechnologien*, mit dem Unterschied, dass das Wachstum im Pandemiejahr sich noch einmal steigert. Im Jahr 2021 legen die Exporte in diesem Technologiebereich noch einmal stark zu und steigern sich um beachtliche 56 % gegenüber 2020. Der Technologiebereich *Alternative Fahrzeuge*, der unter anderem die Schienenfahrzeugtechnik umfasst, ist hingegen im Jahr 2019 von einem massiven Einbruch um 55 % gekennzeichnet. Bis 2020 findet hier nur eine leichte Erholung statt und auch 2021 liegen die Exporte noch weit unter dem Höchstwert von 2018.



In der *Wasserwirtschaft* entwickelt sich der Weltmarkt von 2010 bis 2020 stetig mit einer sehr hohen Dynamik von 5,4 % im Jahr. Maßgeblich hierfür ist die sehr gute Entwicklung bei den Infrastrukturen für *Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz*. Für die Exporte Nordrhein-Westfalens ist die Entwicklung zwar ebenfalls mit 2,2 % p. a. gut, liegt aber deutlich unter der Dynamik des Weltmarkts. Im Jahr 2021 kann in der *Wasserwirtschaft* aber wie in den meisten anderen Teilmärkten ein deutliches Wachstum von 8,0 % verzeichnet werden, das vor allem durch den mit Abstand größten und mit 12,4 % am stärksten wachsenden Technologiebereich *Wasser- und Abwassernetz* ausgelöst wird.

Das nach Volumen wichtigste Exportfeld der NRW-Umweltwirtschaft ist der Technologiebereich *Stoffliche Verwertung* mit den Sekundärrohstoffen, der zuletzt vor allem durch Preissteigerungen im Jahr 2021 ein sehr hohes Wachstum von 45,6 % gegenüber 2020 aufweist und damit den negativen Trend bis 2020 wieder ausgleichen kann. Zweitwichtigstes Exportprodukt sind Güter für Wasser- und Abwassernetze, die mit Ausnahme von 2020 ein kontinuierliches Wachstum von 2,8 % p. a. (2010–2021) erreichen. Auf dem dritten Rang stehen Alternative Fahrzeuge, die jedoch wie bereits erwähnt nach einem Höchstwert von 1,5 Mrd. Euro im Jahr 2018 im Folgejahr auf unter 700 Mio. Euro einbrechen, sich 2020 und 2021 aber wieder mit starken Wachstumsraten auf 1,1 Mrd. Euro etwas erholen. Vor allem Antriebstechnologien können durch die Wachstumsdynamik in der E-Mobilität an Bedeutung ge-

winnen und eine starke Wachstumsrate von 16,4 % p. a. zwischen 2010 und 2021 verzeichnen.

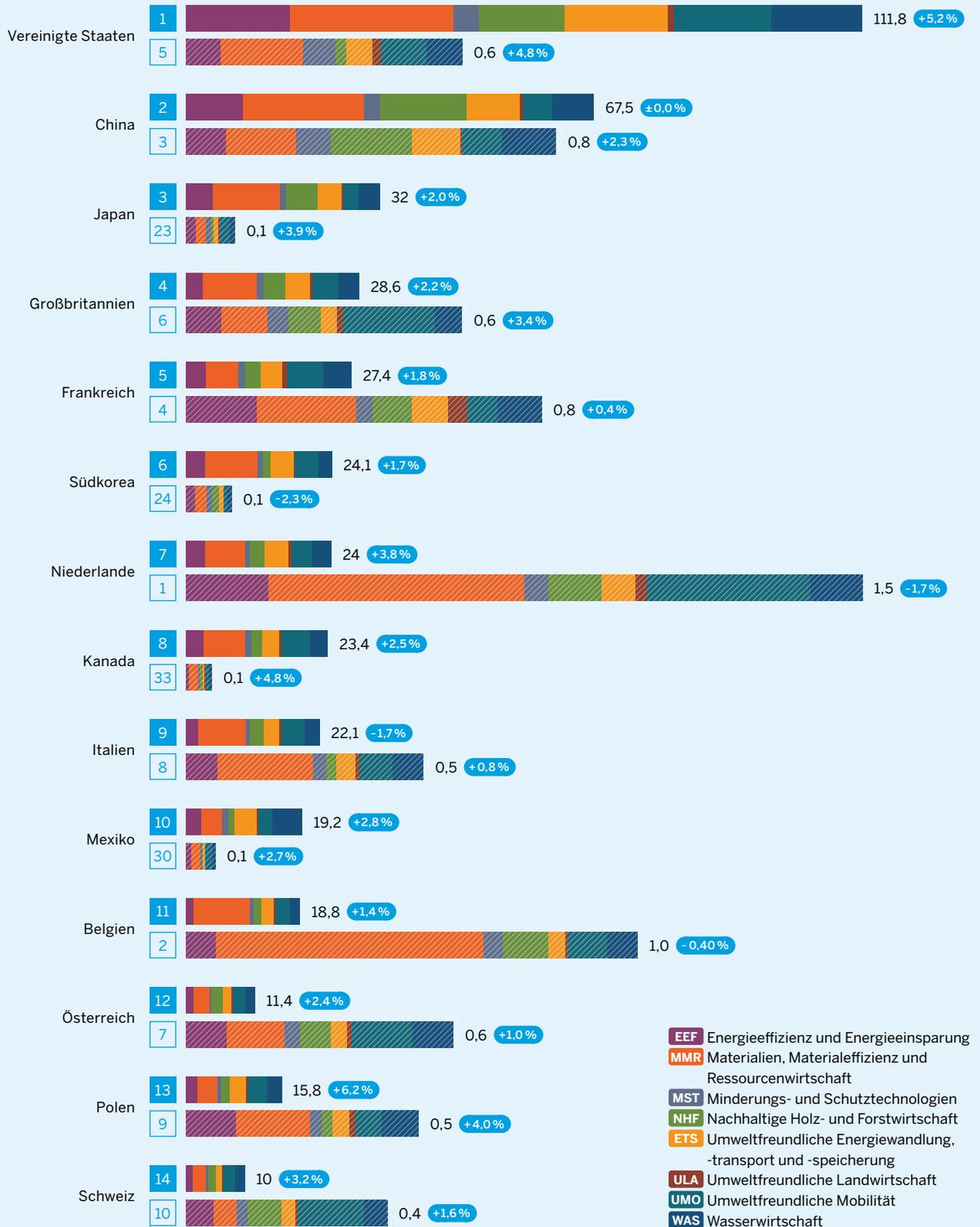
## WACHSTUMSPOTENZIALE IN DEN USA, KANADA, JAPAN, POLEN UND GROSSBRITANNIEN

Der mit Abstand größte Abnehmer auf dem Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter sind die USA, die auch für die Ausfuhren Nordrhein-Westfalens eine wichtige Rolle spielen. Mit einer starken Wachstumsrate von 5,2 % p. a. auf dem Weltmarkt und 4,8 % p. a. bei den nordrhein-westfälischen Exporten wird sich die hohe Bedeutung dieses Markts weiter festigen.

**Tabelle 2: Die 20 erfolgreichsten Exportprodukte der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft. Exportstärkste Technologiebereiche, Exportwert 2021 in Mio. Euro und durchschnittliches Wachstum 2010–2021 in % p. a.**

Rang 2021 (2010)	Technologiebereiche	Zentrale Güter	Teilmarkt	2010	2021	2010 –2021
1 (1)	<b>Stoffliche Verwertung</b>	Sekundärrohstoffe (Abfälle und Schrotte aus Eisen, Stahl, Aluminium und Kupfer)	MMR	2.786	3.121	1,0 %
2 (3)	<b>Wasser- und Abwassernetz</b>	Rohr- und Schlauch-Systeme und deren Teile für die Wasserinfrastruktur	WAS	856	1.154	2,8 %
3 (2)	<b>Alternative Fahrzeuge</b>	Lokomotiven, Güterwagons und deren Fahrwerkteile	UMO	860	1.106	2,3 %
4 (21)	<b>Antriebstechnologien</b>	Biokraftstoffe, Brennstoffzellen, Biodiesel, Hybridantriebe, Batterien und E-Mobilität	UMO	133	710	16,4 %
5 (4)	<b>Anlagentechnik</b>	Maschinen zum Herstellen, Be- oder Verarbeiten von Papier oder Pappe und Produkte daraus, Maschinenbauerzeugnisse zum Klassieren, Trennen, Sortieren von Abfall	MMR	579	643	1,0 %
6 (9)	<b>Prozessleit- und MSR-Technik</b>	Schaltungen, Instrumente, Apparate und Geräte zum Regeln von energieeffizienter Produktion, Industrieroboter	EEF	283	639	7,7 %
7 (6)	<b>Holzwerkstoffe</b>	Spanplatten, Faserplatten und Verbundplatten aus Holz	NHF	444	555	2,0 %
8 (5)	<b>Dämmstoffe</b>	Mischungen und Waren aus mineralischen Stoffen zu Wärme-, Kälte- oder Schallschutzzwecken u. ä. Produkte	EEF	539	554	0,2 %
9 (8)	<b>Fahrzeugtechnologien</b>	Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Gasen durch katalytisches Verfahren, Auspufftöpfe und Leichtlaufreifen	UMO	319	539	4,9 %
10 (24)	<b>Holzbaustoffe</b>	Holz im Baubereich	NHF	111	510	14,9 %
11 (16)	<b>Sägeindustrie</b>	Holzleisten und -bretter	NHF	190	371	6,3 %
12 (12)	<b>Gebäudetechnik</b>	IKT für Smart-Home, Effiziente Stromaggregate, Abgaswärmehaustauscher, Wärmerückgewinnung u. ä.	EEF	254	352	3,0 %
13 (10)	<b>Abwasserbehandlung</b>	Apparate und deren Teile zum Filtrieren oder Reinigen von Wasser, anderen Flüssigkeiten oder Gasen	WAS	264	350	2,6 %
14 (11)	<b>Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</b>	Biokunststoffe, Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Verbundstoffe	MMR	264	336	2,2 %
15 (14)	<b>Druckluft- und Pumpsysteme</b>	Energieeffiziente Pumpsysteme (inkl. Umwälzpumpen für Heizsystem)	EEF	197	285	3,4 %
16 (20)	<b>Filtertechnik und Katalysatoren</b>	Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Luft und Gasen	MST	136	283	6,9 %
17 (25)	<b>Mess-, Steuer- und Regeltechnik</b>	Regel- und digitale Vernetzungstechnik und Sensorik zur materialeffizienten Produktion, Prozessoptimierung und Steuerung	MMR	97	276	9,9 %
18 (18)	<b>Grüne Agrartechnologien</b>	Ökologisch vorteilhafte Landwirtschaftsmaschinen, Pflanzenschutzmittel der ökologischen Landwirtschaft	ULA	146	241	4,7 %
19 (15)	<b>Elektrifizierung in der Industrie</b>	Industrielle elektrische Motoren, Heizkessel und Öfen	ETS	190	234	1,9 %
20 (17)	<b>Abgasrückführungssysteme</b>	Regelarmaturen und Teile von Apparaten zum Filtrieren oder Reinigen von Flüssigkeiten oder Gasen, Airhandling Equipment	MMR	177	221	2,1 %

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt



■ Volumen der 10 größten Importmärkte der globalen Umweltwirtschaft in Mrd. Euro und Wachstum 2010–2020 p. a.  
 □ Volumen der Importe aus NRW in Mio. Euro, Rang als Exportziel der NRW-Umweltwirtschaft und Wachstum 2010–2020 p. a.

Abbildung 40: Importmärkte der Umweltwirtschaft (2020)

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt

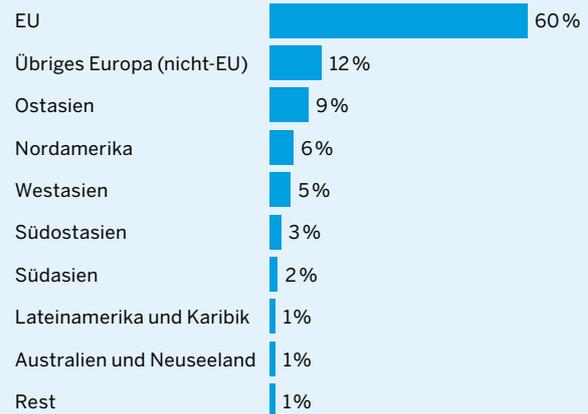
Deutschland ist bei den Nachfragemärkten nicht aufgeführt, das Volumen liegt zwischen dem der USA auf Rang 1 und China auf Rang 2.

Bei der weltweiten Nachfrage steht Deutschland noch knapp vor China an zweiter Stelle. Die Importe Deutschlands in der Umweltwirtschaft steigen seit 2015 stark an und mussten selbst 2020 keinen Rückgang verzeichnen. In [Abbildung 40](#) ist Deutschland jedoch nicht berücksichtigt, da es keinen Exportmarkt für NRW darstellt. Von der aufgeführten Rangfolge wird Deutschland daher ausgenommen.

China hat zwar auf dem Weltmarkt eine weiterhin hohe Relevanz und nimmt den 2. Rang bei den weltweiten Umweltwirtschaftsmärkten ein, die weltweite Importnachfrage des Landes nach Umweltwirtschaftsgütern wächst jedoch nicht mehr, sondern geht seit 2017 sogar deutlich zurück. Das Land wird möglicherweise in den nächsten Jahrzehnten immer mehr auf die heimische Produktion setzen und in vielen Bereichen vom großen Abnehmer verstärkt zum Konkurrenten werden. Mit der COVID-19-Pandemie haben sich die Bedingungen auf dem Markt weiter verschlechtert. Für die Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalen ist China jedoch weiterhin ein wichtiger Exportmarkt, der bisher noch ein Wachstum von 2,3 % verzeichnen kann.

Japan folgt auf dem dritten Rang mit einem Anteil von 4,6 % an den globalen Umweltwirtschafts-Importen und einem durchschnittlichen Wachstum von 2,0 %. Nordrhein-Westfalen ist jedoch in der Umweltwirtschaft auf diesem Markt kaum vertreten: Japan liegt bei den NRW-Exporten nur auf dem 23. Rang. Eine Wachstumsrate von 3,9 % von 2010–2020 deutet jedoch darauf hin, dass die Marktpotenziale verstärkt ergriffen werden. Ein ähnliches Bild zeigt sich für Kanada (NRW-Rang 33), das mit einem Wachstum von 4,8 % p. a. der Einfuhren aus NRW zunehmend an Bedeutung gewinnt. Auf dem global wichtigen südkoreanischen Markt dagegen verliert Nordrhein-Westfalen den Anschluss. Die Exporte nach Süd-Korea (NRW-Rang 24) nahmen im Beobachtungszeitraum um 2,3 % pro Jahr ab.

Nach wie vor spielt der europäische Markt für die nordrhein-westfälische Umweltwirtschaft eine wichtige Rolle. Insgesamt gehen 60 % der Exporte in die EU (siehe [Abb. 41](#)). Die Niederlande sind Nordrhein-Westfalens wichtigstes Exportziel in der Umweltwirtschaft. Die Ausfuhren in das direkte Nachbarland summieren sich im Jahr 2020 auf 1,5 Mrd. Euro und nehmen einen Anteil von 12,8 % ein. Die Tendenz ist mit –1,7 % p. a. jedoch rückläufig, in Kontrast zum deutlichen Wachstum der globalen Nachfrage um 3,8 % p. a. Ähnliche Vorzeichen zeigen sich bei dem für Nordrhein-Westfalen zweitwichtigsten Zielland Belgien. Die Exporte erholten sich allerdings deutlich von 2020 auf 2021, um 26 % auf 1,9 Mrd. Euro für die Niederlande und um 30 % auf 1,3 Mrd. Euro für Belgien, damit liegen sie jeweils wieder über dem Niveau von 2010.



**Abbildung 41: Die größten Exportmärkte für Umweltwirtschaftsgüter aus NRW nach Weltregionen, 2020 in Prozent**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt

Eine besonders große Rolle spielen die Niederlande und Belgien im größten Technologiebereich, der Stofflichen Verwertung. Hier stellen sie das Ziel von jeweils ca. einem Viertel der NRW-Exporte dar. Da die Verwertungssysteme insgesamt grenzüberschreitend aufgestellt sind, kann nicht beantwortet werden, ob die Stoffe vor Ort oder in der EU verwertet oder über die wichtigen europäischen Exporthäfen verschifft werden.

Wichtige klassische Handelspartner wie Frankreich und Italien weisen hingegen sowohl global als auch für Nordrhein-Westfalen nur mäßige Entwicklungsperspektiven auf. Österreich und die Schweiz haben für Nordrhein-Westfalen ebenfalls eine hohe Relevanz, hier lässt sich jedoch eine zunehmende Orientierung auf andere Lieferländer erkennen, da das Wachstum der globalen Importe in diesen Ländern das der nordrhein-westfälischen Exporte dorthin deutlich übertrifft.

Polen hingegen offenbart aussichtsreiche Entwicklungsperspektiven. Das Land weist auf dem Weltmarkt ein sehr dynamisches Wachstum von 6,2 % p. a. auf und auch die Exporte Nordrhein-Westfalens können mit 4,0 % pro Jahr deutlich zulegen. Auch weitere osteuropäische Länder fallen mit hohen Wachstumsraten in der globalen Importnachfrage auf: Litauen (9,8 % p. a.), Estland (7,9 % p. a.), Lettland (7,2 % p. a.) und Rumänien (7,0 % p. a.). Global stellen Vietnam (14,9 % p. a.) und die Philippinen (11,8 % p. a.) die wichtigsten Wachstumsmärkte dar.

# 7

# DIE UMWELTWIRTSCHAFT IN DEN REGIONEN

- | In jeder der neun Wirtschaftsregionen wächst die Umweltwirtschaft
- | Umweltwirtschaft ist das Leitbild des innovativen Wandels
- | Regionale Schwerpunkte ergeben ein leistungsfähiges Gesamtbild für Nordrhein-Westfalen

## Rang 1

**beim Wachstum:** allein in der **Region  
Köln/Bonn** schafft die Umweltwirt-  
schaft jedes Jahr im Schnitt  
**2.200 neue Jobs** (2010–2021)



Moderne und Tradition: 2021 feierte die Wuppertaler Schwebbahn ihr 120. Jubiläum



33 %

aller **Universitätspatente** zur Umweltwirtschaft kommen aus **Aachen** (2019)

26,9 %

der **Bruttowertschöpfung** der NRW Umweltwirtschaft erwirtschaftet die **Metropole Ruhr** – ein echtes ökonomisches Schwergewicht!



Mehr als **4 %**

**Zuwachs bei der Bruttowertschöpfung** (Ø p. a. 2020–2021)

in sieben Regionen: **Umweltfreundliche Mobilität** ist ein Wachstumstreiber

# ÜBERBLICK DER WIRTSCHAFTS-REGIONEN

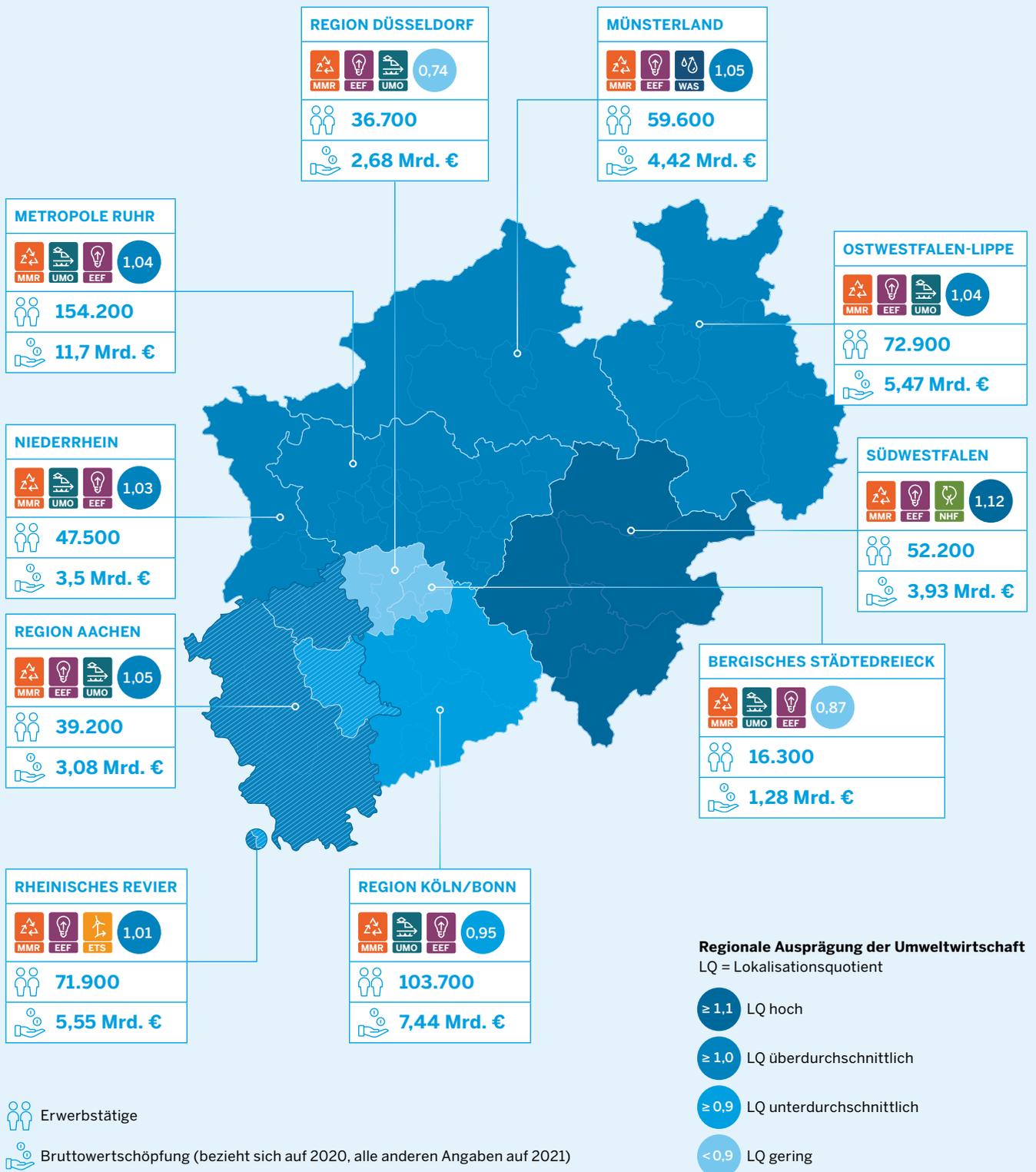


Abbildung 42: Umweltwirtschaftliche Kennzahlen der Regionen und des Landes Nordrhein-Westfalen

Quelle: Eigene Darstellung der Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW und des Statistischen Bundesamtes; die Auswahl der Schwerpunkt-Teilmärkte erfolgt auf Basis einer qualitativen Einordnung der Forschungs- und Unternehmenskompetenzen der Regionen.

# BERGISCHES STÄDTEDREIECK



- Region mit den höchsten Wachstumswerten der NRW-Umweltwirtschaft
- Umweltfreundliche Landwirtschaft wächst am stärksten
- Nachhaltige Forstwirtschaft hingegen stark rückgängig

Das Bergische Städtedreieck formt beachtliche Innovationssysteme. Vielfältige Netzwerke zwischen der industriellen Basis, den urbanen Zentren und der Wissenschaftslandschaft bringen seit Jahren innovative umweltwirtschaftliche Lösungen zur Mobilität und zur Energie- und Ressourceneffizienz hervor.

Durch ihre Aktivitäten in bedeutenden Wendethemen wie der Circular Economy und durch die intensive Auseinandersetzung mit Enabler-trends wie der Digitalisierung stellt sich diese Strukturwandelregion offensiv der Zukunft. So ist die kleinste Region der NRW-Umweltwirtschaft gleichzeitig auch die wachstumskräftigste.

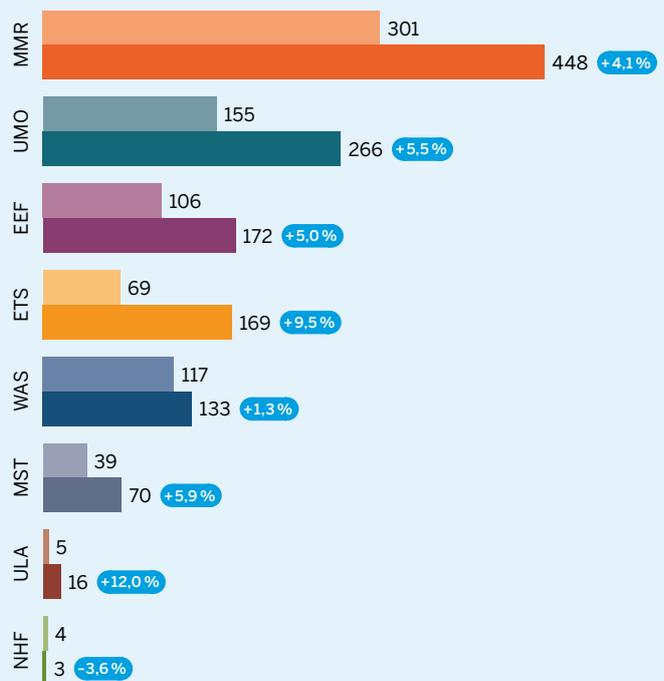
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft	2010	2021	Wachstum in % p.a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p.a.
Überblick der Wirtschaftsregionen					
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	13.000	16.300	2,1%	2,8%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	277.900	305.200	0,9%	3,2%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	0,79	0,87			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	796	1.277	4,8%	2,9%	3,6%

\* Bezieht sich auf 2020

Quelle: Prognos AG 2022, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und von IT.NRW (für 2021, falls nicht anders vermerkt). Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

# METROPOLE RUHR



- Größte Umweltwirtschaftsregion in Nordrhein-Westfalen
- Steht für mehr als ein Viertel der Bruttowertschöpfung der NRW-Umweltwirtschaft
- Prozentuelles Wachstum liegt unter den Spitzenwerten der anderen Regionen

Die Metropole Ruhr steht exemplarisch für die Transformation einer montan geprägten Industrieregion hin zu einer grün-blauen Metropole der Zukunft. Das Netzwerk Greentech.Ruhr thematisiert eine breit aufgestellte Green Economy, die für Industrie, Stadt und Gesellschaft umweltwirtschaftliche Ansätze zunehmend in die Praxis bringt. Der nachhaltige Umbau von Ökosystemen und städtischen Quartieren, die Nutzung erneuerbarer Ener-

gien, innovativer Mobilitätskonzepte sowie die Entwicklung zirkulärer Wertschöpfungssysteme umreißt die umweltwirtschaftliche Kompetenz des Netzwerkes und der Region. Die Region, als nach wie vor größter Player der Umweltwirtschaft in NRW, generiert ihre Stärke vor allem aus dem großen Know-how im Umgang mit Umweltproblemen sowie der hohen Zahl von Forschungsinstituten und innovativen Unternehmen.

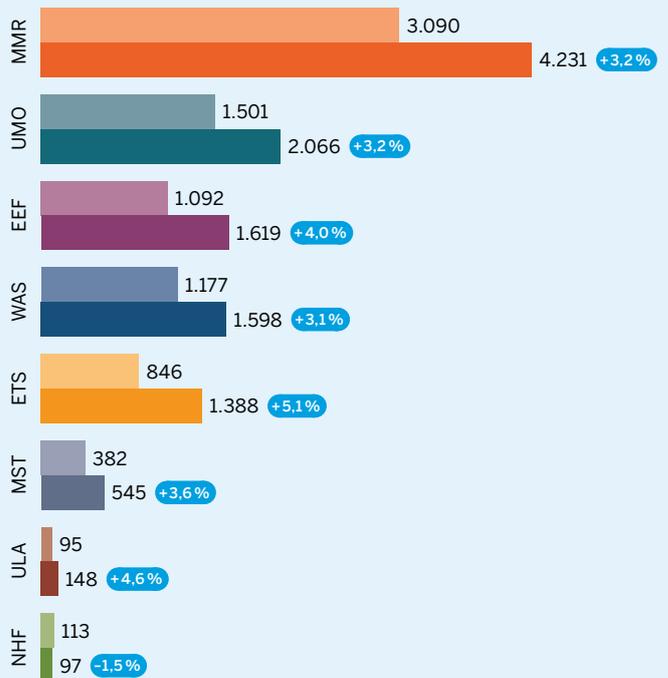
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Metropole Ruhr	2010	2021	Wachstum in % p. a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p. a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	135.300	154.200	1,2%	26,5%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	2.197.900	2.410.700	0,8%	25,4%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,04	1,04			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	8.296	11.692	3,5%	26,9%	3,6%

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

# MÜNSTERLAND



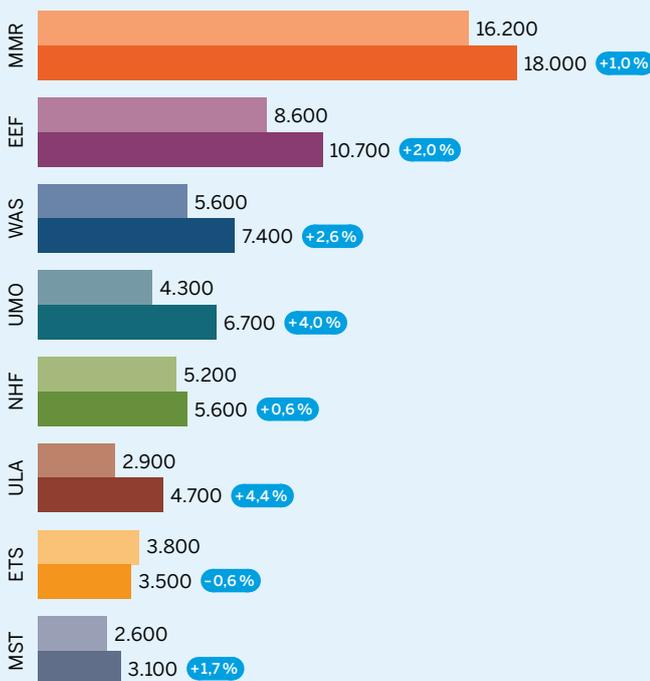
- Wasserwirtschaft mit NRW-weit stärkstem Wachstum
- Umweltfreundliche Energiewandlung rückt bei der Bruttowertschöpfung vom sechsten (2020) auf den vierten Rang (2022)
- Umweltfreundliche Landwirtschaft und Umweltfreundliche Mobilität mit überdurchschnittlichem Wachstum

Die innovative Wirtschaftsregion Münsterland verbindet seit Jahren Innovationsthemen mit Ansätzen einer ganzheitlichen Lebensqualität. Die häufig mittelständischen Unternehmen und die renommierten Forschungseinrichtungen bilden den Kern im Innovationssystem Münsterland. Die besonderen Kompetenzen der Umweltwirtschaft u. a. in den wachstumsstarken Bereichen Batteriefor-

schung, erneuerbare Energien, Ressourcen und umweltfreundliche Mobilität verbinden die regionalen Leit motive „Innovation“ und „Lebensqualität“. Die passend gewählte Förderinitiative „Enabling Networks“ leistet den notwendigen Netzwerkipuls, um auch umweltwirtschaftliche Cross-Innovationen zu befördern.

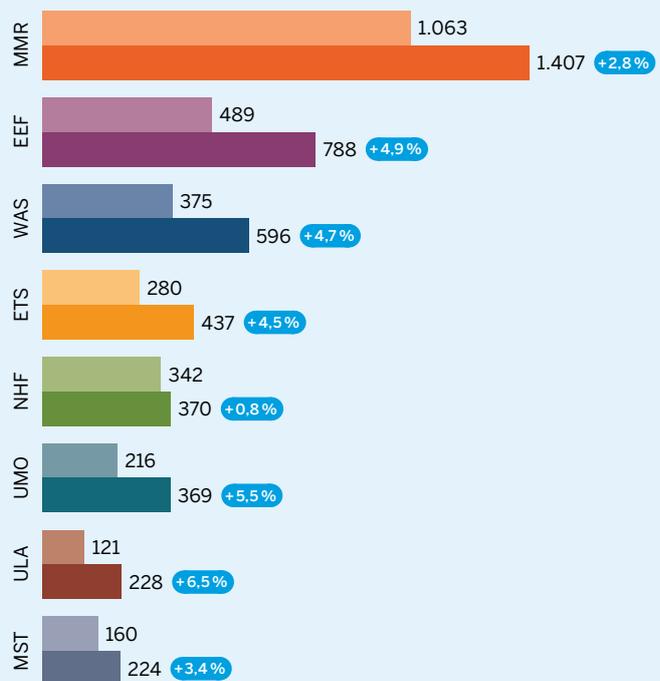
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Metropole Ruhr	2010	2021	Wachstum in % p.a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p.a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	49.200	59.600	1,8%	10,2%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	770.200	928.100	1,7%	9,8%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,07	1,05			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	3.047	4.419	3,8%	10,2%	3,6%

\* Bezieht sich auf 2020

Quelle: Prognos AG 2022, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und von IT.NRW (für 2021, falls nicht anders vermerkt). Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

# NIEDERRHEIN



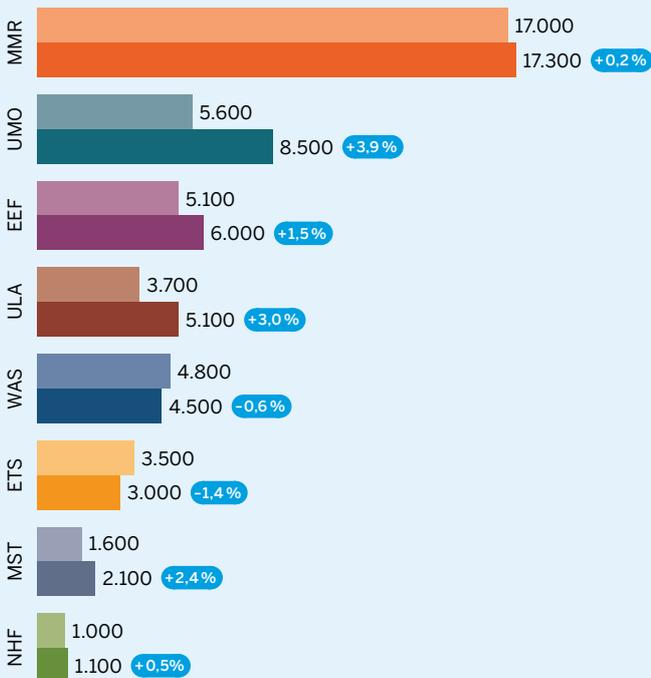
- Im NRW-Vergleich zweitstärkstes Wachstum bei der Umweltfreundlichen Mobilität
- Nach absoluten Zahlen die führende Region der Umweltfreundlichen Landwirtschaft
- Zahl der Erwerbstätigen in der Umweltfreundlichen Energiewandlung leicht gesunken

Der Niederrhein profiliert sich mit einer kreativen, innovativen und weltmarktfähigen Unternehmensstruktur. Im Zentrum der europäischen Absatzmärkte zeigen die Kernbranchen Logistik, Maschinenbau, Chemie, Energie, Elektrotechnik, Textil und Agribusiness vielfältige Schnittstellen zur Umweltwirtschaft – von der hoch innovativen

Landwirtschaft über neue Materialien und digitale Steuerungen bis hin zum industriellen Herz des Rheinischen Reviers. Branchennetzwerke entlang der Wertschöpfungsketten und die Verbindungen zu einer praxisorientierten Hochschullandschaft halten auch den umweltwirtschaftlichen Innovationsmotor in Schwung.

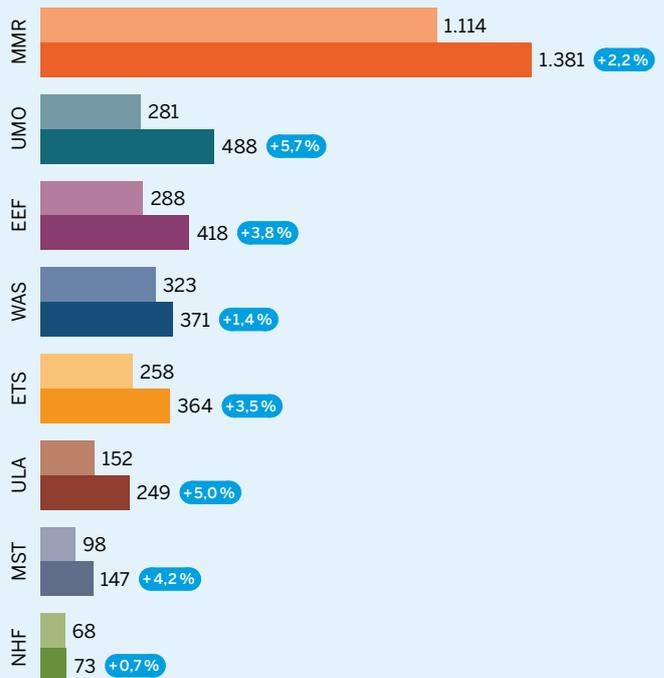
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Niederrhein	2010	2021	Wachstum in % p. a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p. a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	42.200	47.500	1,1%	8,2%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	653.200	752.500	1,3%	7,9%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,09	1,03			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	2.582	3.491	3,1%	8,0%	3,6%

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

# OSTWESTFALEN-LIPPE



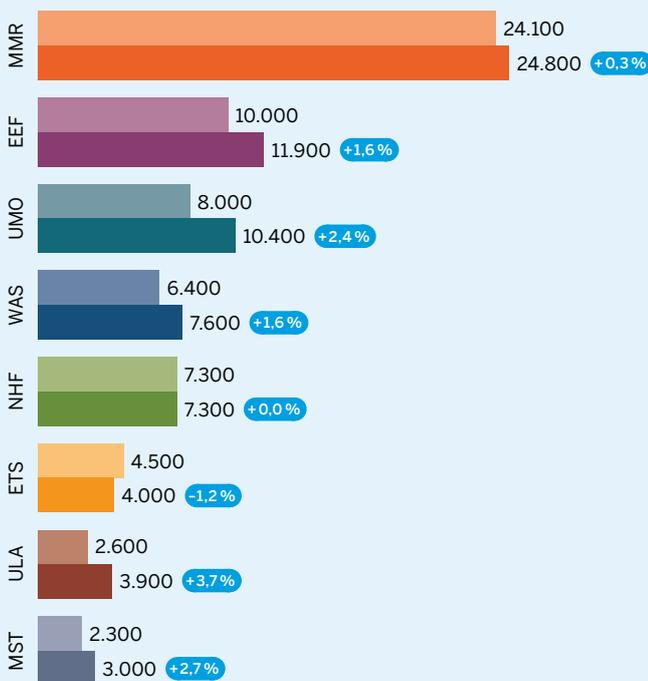
- Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft ist der bedeutendste Teilmarkt
- Energieeffizienz und -einsparung überholt die Umweltfreundliche Mobilität und wird zum zweitgrößten Teilmarkt bei den Erwerbstätigen
- Das prozentual höchste Wachstum findet in den kleineren Teilmärkten statt

Ostwestfalen-Lippe steht für qualitativ hochwertige Produkte und ist als ausgeprägte Mittelstandsregion Heimat international führender Unternehmen. Durch vitale Netzwerke, interdisziplinäre Forschungsprojekte und eine hohe

Digitalisierungskompetenz öffnen sich zahlreiche Potenziale für die Umweltwirtschaft. Im Kernbereich der Umweltwirtschaft setzt z. B. das Netzwerk CirQuality OWL zirkuläre Wertschöpfungssysteme mit hohem Praxisbezug um.

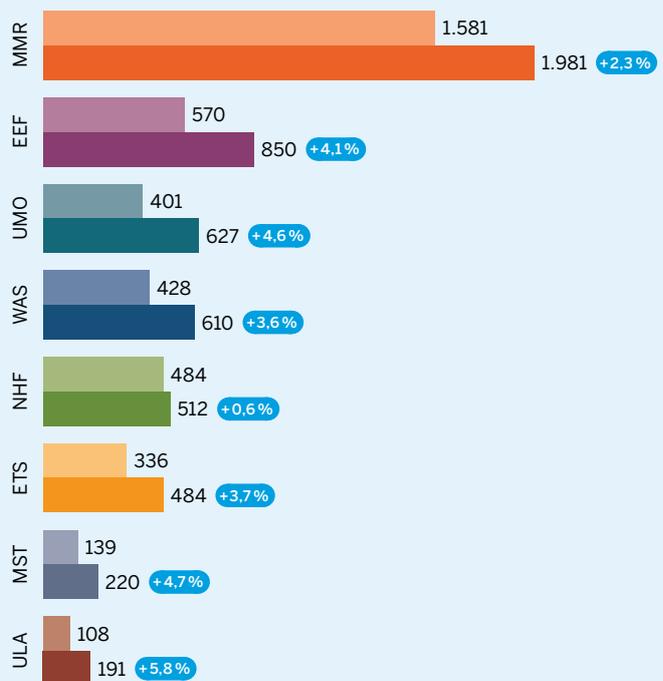
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Niederrhein	2010	2021	Wachstum in % p.a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p.a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	65.200	72.900	1,0%	12,5%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	989.500	1.143.700	1,3%	12,0%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,11	1,04			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	4.047	5.473	3,1%	12,6%	3,6%

\* Bezieht sich auf 2020

Quelle: Prognos AG 2022, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und von IT.NRW (für 2021, falls nicht anders vermerkt). Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

# REGION AACHEN



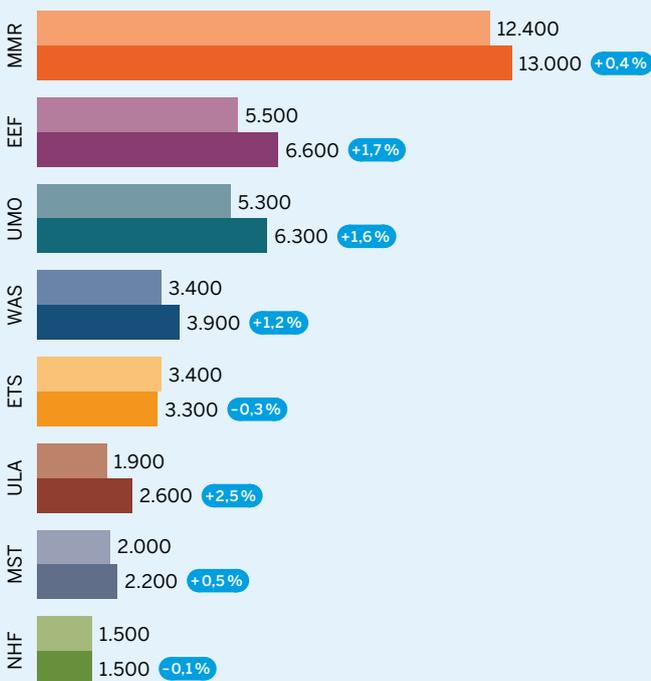
- Hohe ökonomische Performance in den Energiemärkten (Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung sowie Energieeffizienz und Energieeinsparung)
- Wachstum in der Bruttowertschöpfung deutlich größer als bei den Erwerbstätigenzahlen
- Minderungs- und Schutztechnologien überholen in der Bruttowertschöpfung die Nachhaltige Forstwirtschaft und Umweltfreundliche Landwirtschaft

Die Region Aachen spielt in der Umweltwirtschaft NRW eine herausragende Doppelrolle. Aachen ist als renommierter und internationaler Forschungs- und Wissenschaftsstandort, in dem der Wissenstransfer in die Wirtschaft einen immer größeren Stellenwert einnimmt, ein

zentraler Leuchtturm. Darüber hinaus ist die Region zentraler Player in der Transformation des Rheinischen Revieres, in der die Energie- und Ressourcenkompetenz eine prägende Rolle spielt.

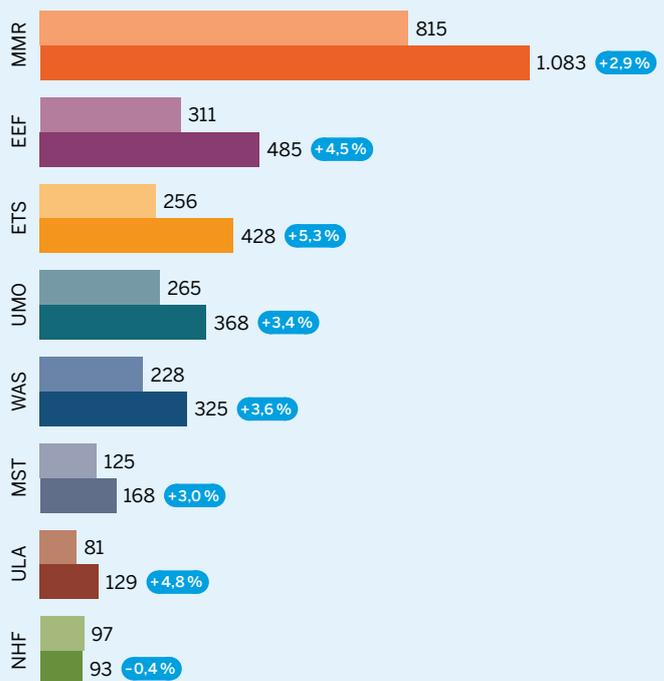
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Region Aachen	2010	2021	Wachstum in % p. a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p. a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	35.500	39.200	0,9%	6,7%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	534.000	609.000	1,2%	6,4%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,12	1,05			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	2.178	3.079	3,5%	7,1%	3,6%

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

# REGION DÜSSELDORF



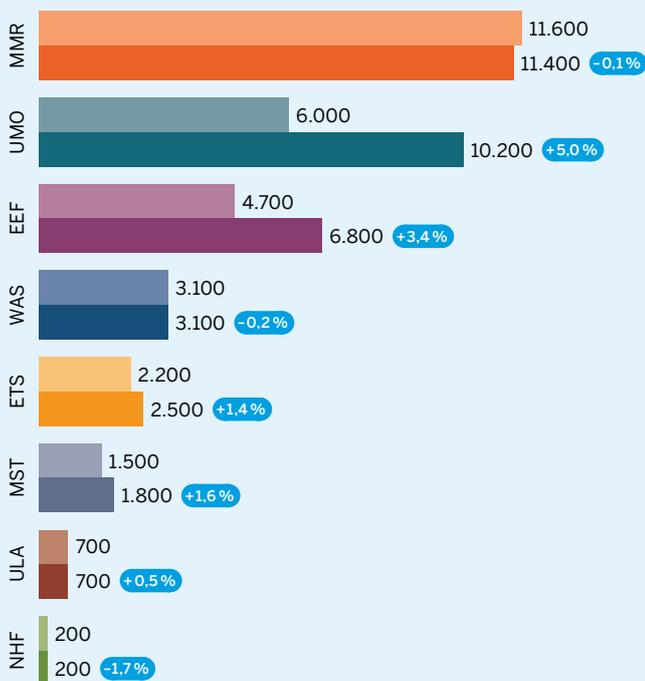
- Starkes Wachstum der Anzahl der Erwerbstätigen
- Energieeffizienz und Energieeinsparung mit dem NRW-weit höchstem Wachstum des Teilmärktes
- Relativ geringe Spezialisierung der Region auf die Umweltwirtschaft

Die Region Düsseldorf ist in den Key-Enabling-Technologien hoch präsent. Die Kombination der industriell-gewerblichen Basis mit der hohen Digitalisierungskompetenz ermöglicht es der Region, u. a. in den Technologiebereichen Ressourceneffizienz, Klimaschutz und nachhaltiges Energiemanagement innovative umweltwirtschaftliche

Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Die Energie- und Mobilitätswende im urbanen Umfeld wie auch die Herausforderungen der Ressourcenwende werden in der Region Düsseldorf im engen Schulterschluss mit den Nachbarregionen angegangen.

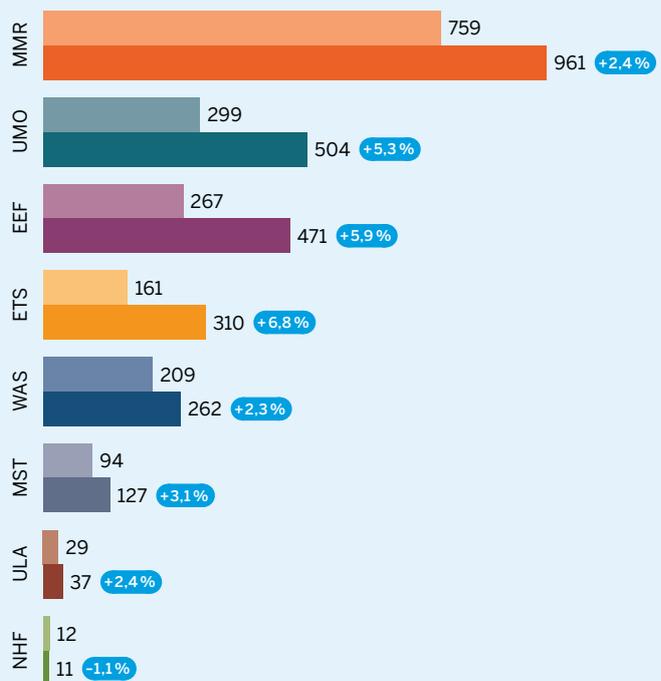
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Region Aachen	2010	2021	Wachstum in % p.a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p.a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	29.900	36.700	1,9%	6,3%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	704.100	808.200	1,3%	8,5%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	0,71	0,74			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	1.829	2.681	3,9%	6,2%	3,6%

\* Bezieht sich auf 2020

Quelle: Prognos AG 2022, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und von IT.NRW (für 2021, falls nicht anders vermerkt). Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

# REGION KÖLN/BONN



- Zweitwichtigste Region der NRW-Umweltwirtschaft
- Hohe Wachstumsrate bei der Umweltfreundlichen Mobilität
- Spezialisierungsgrad der Umweltwirtschaft gestiegen

NRWs zweitgrößte Umweltwirtschaftsregion Köln/Bonn zeigt eine enorme Bandbreite wirtschaftlicher Aktivitäten und umweltwirtschaftlicher Anknüpfungspunkte. Die ökonomische und wissenschaftliche Akteursdichte fügt sich in der Region zu einem hohen Gestaltungswillen. In zentralen Zukunftsprozessen wie dem Agglomerationsprogramm stellt die Region die Weichen für die Transformation der

Wirtschaft sowie für die Beförderung technologischer Highlights und die visionäre Bewältigung urbaner Herausforderungen. Das umweltwirtschaftliche Profil wird im Besonderen durch Stärken in der Umweltfreundlichen Mobilität, der Circular Economy und der grünen Transformation der Industrie – u. a. im Rheinischen Revier – vervollständigt.

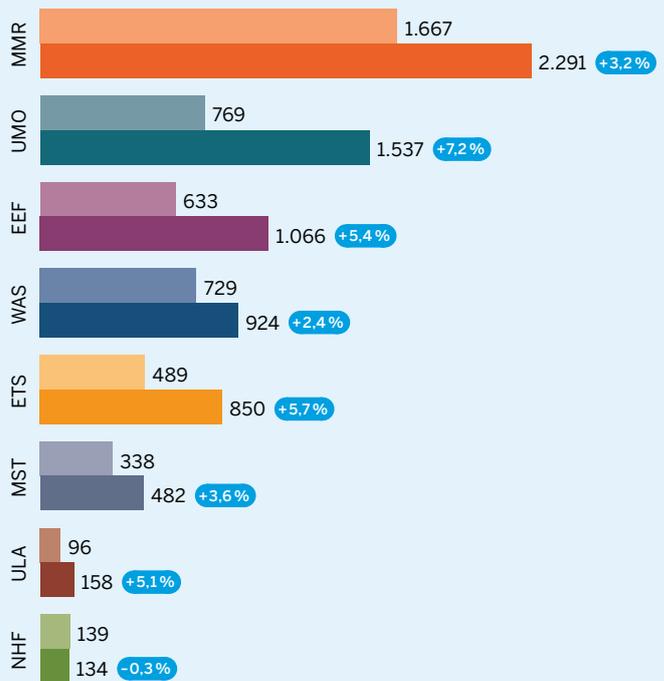
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Region Köln/Bonn	2010	2021	Wachstum in % p. a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p. a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	79.200	103.700	2,5%	17,8%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	1.519.300	1.778.800	1,4%	18,7%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	0,88	0,95			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	4.859	7.443	4,4%	17,1%	3,6%

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

# SÜDWESTFALEN



- Starke Spezialisierung auf die Umweltwirtschaft (1,1)
- Nachhaltige Forstwirtschaft mit NRW-weit stärkstem Wachstum des Teilmarktes
- Energieeffizienz und -einsparung und Umweltfreundliche Mobilität ebenfalls mit überdurchschnittlichem Wachstum

Südwestfalen gestaltet u. a. über die aktuell laufende REGIONALE 2025 einen höchst innovativen und partizipativen Weg der Zukunftsgestaltung. Mit dem kooperativen Grundverständnis befördern die Prozesse Innovationen in dem starken industriellen Mittelstand der Region. Die umweltwirtschaftlichen Kompetenzen u. a. in den Berei-

chen Ressourcen, Energie und Forst verbinden die regionale Transformation mit der Zielstellung Südwestfalens, sich als starke Region des industriellen Mittelstands als Inbegriff für gutes Leben, Arbeiten und Erholen zu positionieren.

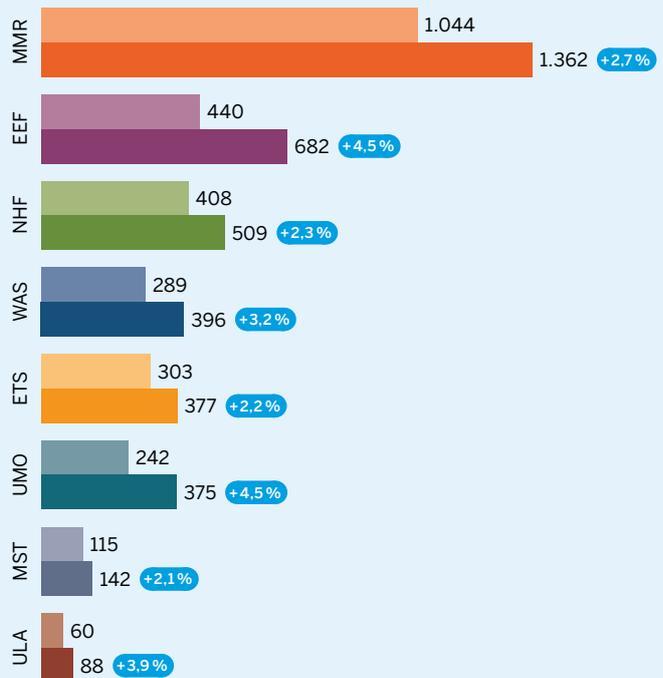
## Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



## Kennzahlen

Umweltwirtschaft Region Köln/Bonn	2010	2021	Wachstum in % p.a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p.a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	46.300	52.200	1,1%	9,0%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	695.700	760.000	0,8%	8,0%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,12	1,12			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	2.900	3.931	3,1%	9,0%	3,6%

\* Bezieht sich auf 2020

Quelle: Prognos AG 2022, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und von IT.NRW (für 2021, falls nicht anders vermerkt). Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

# STRUKTURWANDELREGION RHEINISCHES REVIER



Das Rheinische Revier steht vor der Herausforderung, nach über 100 Jahren Braunkohletagebau und -verstromung seine ökonomische Prosperität auf eine neue Basis zu stellen und mit einer nachhaltigen Raumentwicklung zu kombinieren. Die Umweltwirtschaft liefert angesichts dieser Jahrhundertaufgabe wirkkräftige Lösungen.

Die einmalige Kombination von Innovationen, Wertschöpfung und nachhaltiger Wirtschaft macht die Umweltwirtschaft im Rheinischen Revier zur zentralen Schlüsselbranche für den Strukturwandel der Region. Mit neuen Ideen wächst sie schneller als die Gesamtwirtschaft und untermauert gleichzeitig als Enabler-Branche die nachhaltige Transformation.

Die Unterstützung dieses Wirtschaftssegments in der Region hilft bei der Bewältigung des Strukturwandels somit doppelt: Die Branche schafft überdurchschnittlich viele Arbeitsplätze und bildet die tragfähige Basis eines nachhaltigen Wandels.

Dennoch ist die positive Entwicklung der Umweltwirtschaft bei weitem kein Selbstläufer – in der Umsetzung der Umweltwirtschaftsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen der letzten Jahre hat sich gezeigt, dass zentrale Herausforderungen nach wie vor der Unterstützung bedürfen:

- eine bessere Vernetzung der Lösungsanbieter untereinander würde höhere Innovationspotenziale freisetzen, was im engen Fokus der Unternehmen selbst nur schwer gelingt;
- zudem ist es entscheidend, die Innovationsprozesse so zu konzipieren, dass cross-sektorale Innovationsökosysteme entstehen;
- auch die Schnittstelle zur Forschungslandschaft der Region ist nach wie vor mit Herausforderungen belegt, da die unterschiedlichen „Währungen“ von Forschung und Wirtschaft – wissenschaftliche Exzellenz gegenüber Wertschöpfung – zielgenau ausgerichtete Austauschformate und tragfähige Brücken benötigen.

Im Rheinischen Revier waren im Jahr 2021 rund 71.900 Erwerbstätige in den Teilmärkten der Umweltwirtschaft beschäftigt. Sie erzielten im Jahr 2020 eine Wertschöpfung von ca. 5,5 Mrd. Euro. Dies entspricht in etwa der Umweltwirtschaft in der Region Ostwestfalen-Lippe. Insgesamt zeigt das Revier bzw. dessen Umweltwirtschaft zwischen 2010 und 2021/2022 ein nur geringes Wachstum bei der Anzahl der Erwerbstätigen (1,0 % p. a.), dafür

ein stärkeres Wachstum von 3,4 % p. a. bei der Bruttowertschöpfung – und liegt mit beiden Werten unter NRW-Durchschnitt. Unter Umständen ist hier ein lock-in-Effekt der konventionellen fossilen Energiewirtschaft zu beobachten.

*Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* sind im Rheinischen Revier (noch) tonangebend: Mehr als jeder dritte Erwerbstätige der Umweltwirtschaft im Rheinischen Revier ist in dem Teilmarkt tätig, der rund 38 % zur Bruttowertschöpfung beiträgt. Das größte Wachstum im Zeitraum zwischen 2010 und 2020/2021 erzielten jedoch die Teilmärkte *Umweltfreundliche Landwirtschaft* (+2,9 % p. a. bei den Erwerbstätigen und +5,1 % p. a. bei der Bruttowertschöpfung) und *Umweltfreundliche Mobilität* (+2,6 % respektive +4,4 % p. a.). Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* ist von gegenläufigen Entwicklungen geprägt: Die Zahl der Erwerbstätigen ging in dem Zeitraum um 0,4 % p. a. zurück, die Bruttowertschöpfung stieg hingegen um 5 % p. a.

Mit der Profilierung des Rheinischen Reviers über die Zukunftsfelder der Zukunftsagentur Rheinisches Revier GmbH (ZRR) und die Umsetzung über das Wirtschafts- und Strukturprogramm (WSP) 1.1 existieren mittlerweile vielfältige Anknüpfungspunkte, mit denen eine „Wende“ hin zu nachhaltig sinnvollen und wertschöpfenden umweltwirtschaftlichen Lösungen gelenkt werden kann. Dementsprechende Aktivitäten beziehen u. a. die strategische Ausrichtung auf eine Green Economy ein, in der die bedeutenden Wendethemen (Klima-, Energie-, Ressourcen- und Mobilitätswende) adressiert werden, ein.



Aussichtspunkt am RWE-Tagebau Garzweiler

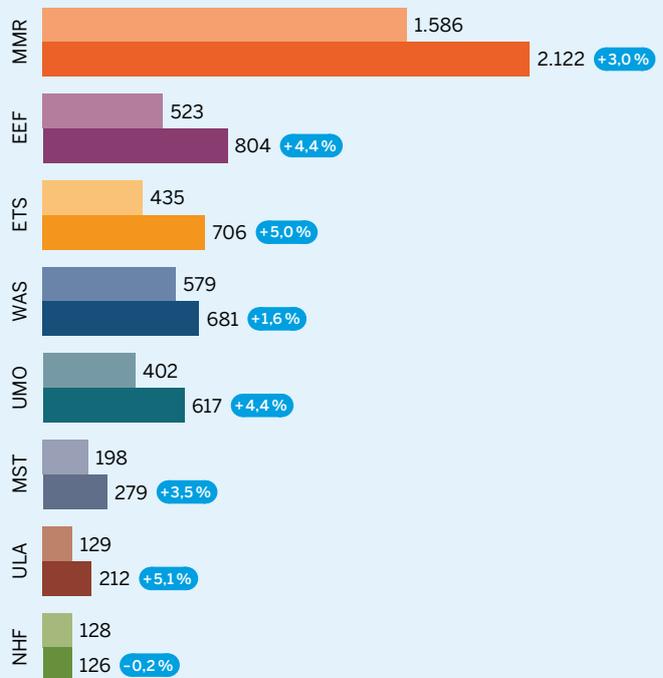
### Erwerbstätige

2010 und 2021 und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



### Bruttowertschöpfung

2010 und 2020 in Mio. € und Wachstum der Teilmärkte p. a. in %



### Kennzahlen

Umweltwirtschaft Strukturwandelregion Rheinisches Revier	2010	2021	Wachstum in % p.a.	Anteil an NRW	NRW 2010–2021 p.a.
Erwerbstätige in der Umweltwirtschaft	64.100	71.900	1,0%	12,3%	1,5%
Erwerbstätige in der Gesamtwirtschaft	1.008.000	1.157.800	1,3%	12,2%	1,2%
Lokalisationsquotient zu NRW	1,07	1,01			
Bruttowertschöpfung in Mio. €	3.980	5.546	3,4%	12,8%	3,6%

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

\* Bezieht sich auf 2020

Quelle: Prognos AG 2022, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und von IT.NRW (für 2021, falls nicht anders vermerkt). Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

# 8 ANHANG

## 8.1 KENNZAHLEN IM ÜBERBLICK

☒ **Tabelle 3: Kennzahlen Umweltwirtschaft NRW: Erwerbstätigkeit**

Erwerbstätige	2010	2021	2010–2021 in % p. a	Anteil an Umwelt- wirtschaft 2021
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>74.000</b>	<b>92.000</b>	<b>2,0 %</b>	<b>15,8 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	55.000	67.000	1,8 %	
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	19.000	25.000	2,6 %	
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>174.000</b>	<b>191.000</b>	<b>0,9 %</b>	<b>32,8 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	33.000	35.000	0,7 %	
Abfallsammlung und -transport	19.000	25.000	2,4 %	
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	107.000	115.000	0,7 %	
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	4.000	5.000	2,2 %	
Technik für die Abfallwirtschaft	11.000	11.000	0,0 %	
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>24.000</b>	<b>29.000</b>	<b>1,7 %</b>	<b>5,0 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	2.000	2.000	1,6 %	
Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien	10.000	12.000	2,3 %	
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	13.000	15.000	1,2 %	
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>25.000</b>	<b>27.000</b>	<b>0,6 %</b>	<b>4,6 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	10.000	10.000	-0,2 %	
Nachhaltige Forstwirtschaft	4.000	5.000	2,9 %	
Nachhaltige Holzbaustoffe	11.000	12.000	0,5 %	
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>40.000</b>	<b>38.000</b>	<b>-0,5 %</b>	<b>6,5 %</b>
Erneuerbare Energien	33.000	26.000	-2,2 %	
Elektrifizierung in der Industrie	1.000	1.000	-2,4 %	
Intelligente Energiesysteme und Netze	5.000	10.000	6,5 %	
Speichertechnologien	1.000	1.000	0,6 %	
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>18.000</b>	<b>25.000</b>	<b>3,1 %</b>	<b>4,3 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	3.000	4.000	1,9 %	
Ökologische und Regionale Landwirtschaft	7.000	9.000	3,2 %	
Agrarumweltmaßnahmen	8.000	11.000	3,4 %	
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>82.000</b>	<b>118.000</b>	<b>3,3 %</b>	<b>20,3 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	8.000	18.000	7,4 %	
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	66.000	86.000	2,4 %	
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	8.000	14.000	5,3 %	
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>58.000</b>	<b>62.000</b>	<b>0,7 %</b>	<b>10,7 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	2.000	2.000	1,3 %	
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	36.000	39.000	0,8 %	
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	21.000	22.000	0,4 %	
<b>Umweltwirtschaft NRW Gesamt</b>	<b>496.000</b>	<b>582.000</b>	<b>1,5 %</b>	

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Arbeit, IT.NRW

Tabelle 4: Kennzahlen Umweltwirtschaft NRW: Bruttowertschöpfung

Bruttowertschöpfung (in Mio. €)	2010	2020	2010–2020 in % p. a	Anteil an Umwelt- wirtschaft 2020
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>4.195</b>	<b>6.552</b>	<b>4,6 %</b>	<b>15,1 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	2.755	4.449	4,9 %	
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	1.439	2.103	3,9 %	
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>11.435</b>	<b>15.144</b>	<b>2,8 %</b>	<b>34,8 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	3.238	4.056	2,3 %	
Abfallsammlung und -transport	2.072	3.060	4,0 %	
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	5.084	6.857	3,0 %	
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	249	341	3,2 %	
Technik für die Abfallwirtschaft	793	830	0,5 %	
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>1.491</b>	<b>2.125</b>	<b>3,6 %</b>	<b>4,9 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	155	222	3,7 %	
Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien	537	843	4,6 %	
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	800	1.060	2,9 %	
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>1.666</b>	<b>1.802</b>	<b>0,8 %</b>	<b>4,1 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	742	745	0,0 %	
Nachhaltige Forstwirtschaft	134	228	5,4 %	
Nachhaltige Holzbaustoffe	790	830	0,5 %	
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>2.998</b>	<b>4.806</b>	<b>4,8 %</b>	<b>11,1 %</b>
Erneuerbare Energien	2.262	2.990	2,8 %	
Elektrifizierung in der Industrie	94	75	-2,3 %	
Intelligente Energiesysteme und Netze	575	1.666	11,2 %	
Speichertechnologien	67	75	1,3 %	
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>747</b>	<b>1.244</b>	<b>5,2 %</b>	<b>2,9 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	231	299	2,6 %	
Ökologische und Regionale Landwirtschaft	235	425	6,1 %	
Agrarumweltmaßnahmen	282	520	6,3 %	
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>4.129</b>	<b>6.600</b>	<b>4,8 %</b>	<b>15,2 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	456	1.081	9,0 %	
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	3.107	4.577	3,9 %	
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	565	943	5,2 %	
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>3.874</b>	<b>5.214</b>	<b>3,0 %</b>	<b>12,0 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	107	132	2,1 %	
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	1.718	2.574	4,1 %	
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	2.050	2.508	2,0 %	
<b>Umweltwirtschaft NRW Gesamt</b>	<b>30.535</b>	<b>43.488</b>	<b>3,6 %</b>	

Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Arbeit, IT.NRW; Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

Tabelle 5: Kennzahlen Umweltwirtschaft NRW: Exporte

Exporte 2010–2021 (in Mio. €)	2010	2021	2010–2021 in % p. a	Anteil an Umwelt- wirtschaft 2021
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>1.318</b>	<b>1.929</b>	<b>3,5 %</b>	<b>13,6 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	793	906	1,2 %	
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	525	1.023	6,2 %	
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>4.084</b>	<b>4.822</b>	<b>1,5 %</b>	<b>33,9 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	2.794	3.133	1,0 %	
Abfallsammlung und -transport	1	5	15,6 %	
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	129	300	8,0 %	
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	384	470	1,8 %	
Technik für die Abfallwirtschaft	776	913	1,5 %	
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>495</b>	<b>804</b>	<b>4,5 %</b>	<b>5,7 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	37	47	2,4 %	
Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien	428	701	4,6 %	
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	30	56	5,9 %	
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>745</b>	<b>1.436</b>	<b>6,1 %</b>	<b>10,1 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	634	926	3,5 %	
Nachhaltige Forstwirtschaft	-	-	-	
Nachhaltige Holzbaustoffe	111	510	14,9 %	
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>989</b>	<b>905</b>	<b>-0,8 %</b>	<b>6,4 %</b>
Erneuerbare Energien	577	372	-3,9 %	
Elektrifizierung in der Industrie	190	234	1,9 %	
Intelligente Energiesysteme und Netze	71	106	3,7 %	
Speichertechnologien	151	193	2,3 %	
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>177</b>	<b>298</b>	<b>4,8 %</b>	<b>2,1 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	177	298	4,8 %	
Ökologische und Regionale Landwirtschaft	-	-	-	
Agrarumweltmaßnahmen	-	-	-	
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>1.596</b>	<b>2.502</b>	<b>4,2 %</b>	<b>17,6 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	284	147	-5,8 %	
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	-	-	-	
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	1.312	2.356	5,5 %	
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>1.137</b>	<b>1.529</b>	<b>2,7 %</b>	<b>10,8 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	4	6	2,4 %	
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	856	1.154	2,8 %	
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	277	370	2,7 %	
<b>Umweltwirtschaft NRW Gesamt</b>	<b>30.535</b>	<b>43.488</b>	<b>3,6 %</b>	

Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Arbeit, IT.NRW, Prognos Welthandelsmodell; Aufgrund von Rundungen kann es zu Unterschieden zu den Gesamtsummen kommen.

## 8.2 INDIKATORENGLOSSAR UND DATENQUELLEN

Indikator	Erläuterung	Datenquelle
<b>Anzahl der Unternehmen</b>	Erfasst steuerpflichtige Unternehmen auf Basis der Umsatzsteuerstatistik (mit einem jährlichen Mindestumsatz von 17.500 Euro).	Umsatzsteuerstatistik IT.NRW
<b>Bruttowertschöpfung</b>	Bezeichnet den Gesamtwert der im Produktions- bzw. Leistungsprozess erzeugten Waren und Dienstleistungen abzüglich des Werts der Vorleistungen. Daten zur Bruttowertschöpfung der Bundesländer liegen lediglich für die 38 Wirtschaftsabschnitte und nicht dezidiert nach Wirtschaftszweigen vor. Um ein differenziertes Bild für die Umweltwirtschaft zu erhalten, wurden sektorspezifische Bruttowertschöpfungskoeffizienten mit den detailliert vorliegenden Zahlen der Erwerbstätigen gewichtet. Die Werte für die Gesamtwirtschaft in Nordrhein-Westfalen und Deutschland wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit ebenfalls anhand dieser Methode berechnet. Für die Gesamtwirtschaft können daher Unterschiede zu den diesbezüglichen Angaben der statistischen Ämter bestehen.	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder
<b>Erwerbstätige</b>	Umfassen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (am Arbeitsort), Selbstständige und geringfügig Beschäftigte.	Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; Umsatzsteuerstatistik IT.NRW
<b>(Güterbezogene) Exportquote</b>	Anteil des Werts der exportierten Güter (Exportvolumen) am erwirtschafteten Umsatz. Um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Branchen zu ermöglichen, werden Dienstleistungen, die nicht im Exportvolumen erfasst sind, aus der Bezugsgröße Umsatz herausgerechnet.	Außenhandelsstatistik des statistischen Bundesamts; Prognos Welthandelsmodell; Umsatzsteuerstatistik IT.NRW
<b>Exportvolumen</b>	Gesamtwert der Güterexporte der Umweltwirtschaft aus Nordrhein-Westfalen bzw. Deutschland in ausländische Märkte. Die Exportdaten basieren auf der Außenhandelsstatistik und bilden daher nur Güter und keine Dienstleistungen ab. Der Güterverkehr umfasst ca. 85 % des deutschen Außenhandels.	Außenhandelsstatistik des statistischen Bundesamts; Prognos Welthandelsmodell
<b>Importvolumen</b>	Die Höhe der jeweiligen Güterimporte von Umweltwirtschaftsgütern in ausländische Absatzmärkte.	Prognos Welthandelsmodell
<b>Lokalisationsquotient</b>	Setzt den Anteil eines Teilmarktes oder Marktsegments an den Erwerbstätigen einer Region ins Verhältnis zum entsprechenden Wert in der übergeordneten geografischen Region. Für die Wirtschaftsregionen wurde der Vergleich zu Nordrhein-Westfalen, für das Bundesland der Vergleich zur Bundesrepublik gezogen. Ein Lokalisationsquotient größer 1 drückt eine überdurchschnittliche Spezialisierung aus.	Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit; Umsatzsteuerstatistik IT.NRW
<b>Patentanmeldungen</b>	Dienen als Indikator für den Umfang der Innovationsaktivitäten. Die Identifikation der umweltwirtschaftsbezogenen Patente erfolgt im Rahmen der gemeinsamen Patentklassifikationssysteme (Cooperative Patente Classification – CPC) und der internationalen Patentklassifikation (International Patent Classification – IPC). Die Zuordnung basiert auf Vorarbeiten von OECD und WIPO. Die Patentdaten werden anhand der Postleitzahlen der jeweiligen Anmeldenden anteilig geografisch zugeordnet.	PATSTAT
<b>Patenzitationen</b>	Auch Patente werden – ähnlich wissenschaftlichen Publikationen – zitiert. Je häufiger ein Patent in anderen Patentanmeldungen zitiert wird, desto größer kann seine Bedeutung eingeschätzt werden. Zitationen sind daher ein Indikator für die Qualität der Innovationsleistung.	PATSTAT
<b>Regionale Ausprägung (Lokalisationsquotient)</b>	Siehe Lokalisationsquotient	
<b>Umsätze</b>	Die Umsätze der Umweltwirtschaft bzw. ihrer Teilmärkte und Marktsegmente wurden anhand der Umsatzsteuerstatistik ermittelt. Umfasst sind die in Nordrhein-Westfalen gemeldeten Umsätze von Unternehmen, die einen jährlichen Gesamtumsatz von mindestens 17.500 Euro erwirtschaften. Unternehmen melden Umsätze in der Regel an ihrem jeweiligen nationalen Hauptsitz.	Umsatzsteuerstatistik IT.NRW
<b>Umweltnutzen</b>	Im Rahmen dieses Berichts wurde eine explorative Bewertung des durch die Umweltwirtschaft geleisteten Umweltnutzens vorgenommen. Der Umweltnutzen wird für verschiedene Umweltbereiche anhand jeweils passender Metriken (CO <sub>2</sub> , Tonnen) erfasst. Zusätzlich wird der resultierende monetäre Nutzen in Euro angegeben. Hierbei wird zwischen vermiedenen Umweltschäden und zusätzlich gestiftetem Nutzen (ökologischer Mehrwert, ökologische Wertschöpfung) differenziert.	Diverse Berechnungsgrundlagen
<b>Weltmarktanteil</b>	Anteil des Exportvolumens in der Umweltwirtschaft bzw. einem Teilmarkt am entsprechenden Welthandelsvolumen (Gesamtwert aller weltweit gehandelten Güter)	Außenhandelsstatistik des statistischen Bundesamts; Prognos Welthandelsmodell

Ein aktualisierter Methodenanhang steht in der pdf-Version des Umweltwirtschaftsberichts 2022 zur Verfügung:  
[www.umwelt.nrw.de/mediathek/](http://www.umwelt.nrw.de/mediathek/)

# ENDNOTEN

- 1 Der Begriff beschreibt die Substitution von fossilen Brennstoffen in industriellen Produktionsprozessen durch erneuerbare Energien, sei es direkt (z. B. Bereitstellung von Prozesswärme aus erneuerbaren Quellen) oder indirekt durch die Elektrifizierung von verbrennungsbasierten Prozessen und die anschließende Versorgung mit Ökostrom sowie durch den Einsatz von grünem Wasserstoff.
- 2 CONEBI (2022): Bicycle and E-Bike sales continue to grow, reaching record levels. Verfügbar unter: <https://www.conebi.eu/bicycle-and-e-bike-sales-continue-to-grow-reaching-record-levels>
- 3 Zweirad-Industrie-Verband: Marktdaten 2020 und 2021
- 4 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2021). Klimabericht NRW 2021. Klimawandel und seine Folgen – Ergebnisse aus dem Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring. LANUV Fachbericht 120.
- 5 Klimaanpassungsgesetz Nordrhein-Westfalen (KlAnG) vom 8. Juli 2021, § 1.
- 6 Die ersten drei Ausgaben des Umweltwirtschaftsberichts Nordrhein-Westfalen erschienen 2015, 2017 und 2020.
- 7 Während die ersten vier Signale dabei nachweislich in Verbindung mit dem Klimawandel stehen, konnten Stürme bisher nicht eindeutig als Folge des menschengemachten Klimawandels identifiziert werden (siehe Trenczek et al. (2022): Übersicht vergangener Extremwetter Schäden in Deutschland. Methodik und Erstellung einer Schadensübersicht (noch unveröffentlicht)).
- 8 Kahlenborn et al. (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. UBA Climate Change 26/2021. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10\\_cc\\_26-2021\\_kwra2021\\_kurzfassung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf)
- 9 World Weather Attribution (2019): Human contribution to the record-breaking July 2019 heat wave in Western Europe. Verfügbar unter: <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/July2019heatwave.pdf>
- 10 World Weather Attribution (2021): Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021. Verfügbar unter: <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf>
- 11 Umweltbundesamt (2022): Gesundheitsrisiken durch Hitze. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze#indikatoren-der-lufttemperatur-heisse-tage-und-tropennachte>
- 12 Thünen-Institut (2019): NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2020. Schwerpunktbereich 4A – Biologische Vielfalt. 5-Länder-Evaluation. Verfügbar unter: [https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/10\\_19\\_NRW\\_Schwerpunktbereich-Biodiversitaet.pdf](https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/10_19_NRW_Schwerpunktbereich-Biodiversitaet.pdf)
- 13 Fraunhofer ISE (2022): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende Ein Leitfaden für Deutschland, Stand April 2022. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>
- 14 IT.NRW (2022): Holzeinschlag und Schadholz. Verfügbar unter: <https://www.it.nrw/statistik/eckdaten/holzeinschlag-und-schadholz-100694>
- 15 LANUV NRW (2022): Umweltindikatoren des Landes Nordrhein-Westfalen. Laub-/Nadelbaumanteil. Verfügbar unter: <https://umweltindikatoren.nrw.de/natur-laendliche-raeume/laub-/nadelbaumanteil>
- 16 Unter Verwendung eines Kostensatzes von circa 8.740 Euro pro aufgeforstetem Hektar Mischwald, entnommen aus Möhring et al. (2021): Abschätzung der ökonomischen Schäden der Extremwetterereignisse der Jahre 2018–2020 in der Forstwirtschaft.
- 17 Bundesverband Gebäudegrün (2019): Positive Wirkungen von Gebäudebegrünungen. BuGG-Fachinformation. Verfügbar unter: [https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegrueung/BuGG\\_Fachinfo\\_Positive\\_Wirkungen\\_Positionspapier\\_20-04-2022.pdf](https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegrueung/BuGG_Fachinfo_Positive_Wirkungen_Positionspapier_20-04-2022.pdf) sowie Bundesverband Gebäudegrün (2020): BuGG-Marktreport Gebäudegrün 2020. Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung Deutschland. Verfügbar unter: [https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Marktreport/BuGG-Marktreport\\_Gebaeudegruen\\_2020\\_high\\_.pdf](https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Marktreport/BuGG-Marktreport_Gebaeudegruen_2020_high_.pdf)
- 18 Die überschlagene Fläche von Gründächern in Nordrhein-Westfalen basiert auf dem aktuellen durchschnittlichen Gründach-Index von rund 1,2 m<sup>2</sup> Gründach pro Einwohner in Deutschland (siehe Gebäudegrün (2020): BuGG-Marktreport Gebäudegrün 2020. Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung Deutschland. Verfügbar unter: [https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Marktreport/BuGG-Marktreport\\_Gebaeudegruen\\_2020\\_high\\_.pdf](https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Marktreport/BuGG-Marktreport_Gebaeudegruen_2020_high_.pdf)). Dabei wurde eine Einwohnerzahl von 18 Mio. für Nordrhein-Westfalen angenommen.
- 19 Bei einem angenommenen mittleren Niederschlag von 900 mm pro m<sup>2</sup> und Jahr fallen auf den Dachgrünflächen 19,4 Mrd. Liter Regen, von denen 75–90 % zurückgehalten werden (14,6 bis 17,5 Mrd. Liter).
- 20 Bei einer angenommenen Gebühr von 83 Cent pro m<sup>3</sup> Niederschlagswasser (siehe LANUV (2020): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. Verfügbar unter: [https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/wasser/abwasser/lagebericht/00\\_EStAb2020\\_Gesamtversion.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/wasser/abwasser/lagebericht/00_EStAb2020_Gesamtversion.pdf))
- 21 IKSE (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe. Verfügbar unter: [https://elise.bafg.de/servlet/is/6889/Text\\_Tabellen43d1.pdf?command=downloadContent&filename=Text\\_Tabellen.pdf](https://elise.bafg.de/servlet/is/6889/Text_Tabellen43d1.pdf?command=downloadContent&filename=Text_Tabellen.pdf) sowie Thieken et al. (2016): The flood of June 2013 in Germany: how much do we know about its impacts? Verfügbar unter: <https://nhess.copernicus.org/articles/16/1519/2016/>
- 22 Seidel (2008): Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell.
- 23 Trenczek et al. (2022): Übersicht vergangener Extremwetter Schäden in Deutschland. Methodik und Erstellung einer Schadensübersicht (noch unveröffentlicht).
- 24 LANUV (2021): Klimabericht NRW 2021 Klimawandel und seine Folgen – LANUV Fachbericht 120; 9,5 Hitzebedingte Todesfälle.

- 25 Karlsson et al. (2018): Population health effects and health-related costs of extreme temperatures: Comprehensive evidence from Germany. In: Journal of Environmental Economics and Management, Volume 91, September 2018, S. 93–117.
- 26 Bundesverband Gebäudegrün (2019): Positive Wirkungen von Gebäudebegrünungen. BuGG-Fachinformation. Verfügbar unter: [https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegrueung/BuGG\\_Fachinfo\\_Positive\\_Wirkungen\\_Positionspapier\\_20-04-2022.pdf](https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/bugg-fachinfos/Dachbegrueung/BuGG_Fachinfo_Positive_Wirkungen_Positionspapier_20-04-2022.pdf) sowie Thünen-Institut (2019): NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2020. Schwerpunktbereich 4A – Biologische Vielfalt. 5-Länder-Evaluation. Verfügbar unter: [https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/10\\_19\\_NRW\\_Schwerpunktbereich-Biodiversitaet.pdf](https://www.eler-evaluierung.de/fileadmin/eler2/Publikationen/Projektberichte/5-Laender-Bewertung/2019/10_19_NRW_Schwerpunktbereich-Biodiversitaet.pdf).
- 27 Vgl. 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), S. 8ff
- 28 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 Daraus ergäbe sich eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von etwa 9,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für Nordrhein-Westfalen im Jahr 2020.
- 30 Umweltbundesamt (2021): Emissionsbilanz Erneuerbarer Energieträger, S. 54. 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)
- 31 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)
- 32 KIC\_Inno Energy (2014): Future renewable energy costs: onshore wind. Verfügbar unter: [https://eit.europa.eu/sites/default/files/KIC\\_IE\\_OnshoreWind\\_anticipated\\_innovations\\_impact.pdf](https://eit.europa.eu/sites/default/files/KIC_IE_OnshoreWind_anticipated_innovations_impact.pdf)
- 33 IRENA (2012): Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series: Wind. Verfügbar unter: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2012/RE\\_Technologies\\_Cost\\_Analysis-WIND\\_POWER.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2012/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf)
- 34 Umweltbundesamt (2022): Fahrleistungen, Verkehrsleistung und „Modal Split“. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#undefined>
- 35 Umweltbundesamt (2021): Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für Personen- und Güterverkehr in Deutschland. S. 38. 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)
- 36 Das Konzept der Zahlungsbereitschaften wird genutzt, um mittels Befragungen zu erfahren, welchen Wert ein Individuum einer einzelnen Leistung oder einem Gut zuschreibt. Mit der Abfrage, wie viel Einzelne bereit sind zu zahlen, können Rückschlüsse gezogen werden, wie viel individueller Nutzen erwartet wird.
- 37 Beiträge zum Lärmschutz konnten nicht systematisch erfasst werden, die Wirkung des Teilmarkts *Minderungs- und Schutztechnologien* ist daher unterrepräsentiert.
- 38 Bundesregierung (2022): Klimaschutzgesetz 2021. Generationenvertrag für das Klima. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- 39 Landesregierung NRW (2022): Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen. Verfügbar unter: [https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_bes\\_text?anw\\_nr=2&gld\\_nr=7&ugl\\_nr=7129&bes\\_id=46232&aufgehoben=N&menu=1&sg=0](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=7&ugl_nr=7129&bes_id=46232&aufgehoben=N&menu=1&sg=0)
- 40 Umweltbundesamt (2021): Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für Personen- und Güterverkehr in Deutschland. S. 38. Verfügbar unter: [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)
- 41 MULNV (2019): Landeswaldbericht 2019. Verfügbar unter: [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/landeswaldbericht\\_2019.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/landeswaldbericht_2019.pdf)
- 42 Unter der Merit-Order ist die Reihenfolge gemeint, in der Strom produzierende Kraftwerke ihr Angebot am Markt bereitstellen. Für eine gegebene Stromnachfrage wird zunächst das Kraftwerk mit den geringsten Grenzkosten Strom produzieren und anbieten, in der Regel sind das die erneuerbaren Energien wie Wind oder Photovoltaik. Reicht das Angebot nicht, um die Nachfrage zu decken, werden die nächstteureren Anlagen Strom bereitstellen, in der Regel Braun- und Steinkohle. Reicht auch deren Angebot nicht aus, wird der Betreiber einer Gaskraftanlage seine Stromproduktion erhöhen. Das bedeutet, dass konventionelle Anlagen wie Steinkohle, Braunkohle oder Gas erst dann Strom produzieren, wenn die Nachfrage nicht durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Entsprechend ergibt sich daraus, dass eine zusätzliche Einheit erneuerbaren Stroms die zuvor markträumende Stromeinheit, die zum Beispiel mit Hilfe von Gaskraftwerken produziert wurde, aus dem Markt drängt.
- 43 Das UBA weist eine Netto-Bilanz je erneuerbarer Technologie aus, die die verursachten Emissionen entlang der jeweiligen Lebenszyklen mit den vermiedenen Emissionen durch die Substitution fossiler Energiewandlung verrechnet. Mit Hilfe einer modellgestützten Analyse wird die Kraftwerkssubstitution abgebildet, auf deren Grundlage sich die Emissionsminderung des Stromsystems mit erhöhter Nutzung der Erneuerbaren Energien ergibt. Betrachtet werden Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) und weitere Luftschadstoffe (CO und NMVOC).
- 44 MULNV (2018): Wald und Klimaschutz in NRW. Beitrag des NRW Clusters ForstHolz zum Klimaschutz- Kurzfassung der Studie. Verfügbar unter: [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/130422\\_nrw\\_cluster\\_forstholz\\_klimaschutz\\_kurz.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/130422_nrw_cluster_forstholz_klimaschutz_kurz.pdf)
- 45 Landesbetrieb IT.NRW (2022): NRW: Emissionen von Treibhausgasen seit 1990 um 26,5 Prozent gesunken. Verfügbar unter: <https://www.it.nrw/nrw-emissionen-von-treibhausgasen-seit-1990-um-265-prozent-gesunken-106088>
- 46 Grajewski, R. (2021): Fortschritt bei der Umsetzung des Bewertungsplans des NRW-Programms Ländlicher Raum 2014 bis 2020, Berichtsjahr 2021, Fortschrittsbericht 1/2021. Thünen-Institut für Ländliche Räume, Braunschweig; Hülsbergen, K.J., Schmid, H., Paulsen, H.M. (Hrsg.) (2022): Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Abschlussbericht. Thünen Report 92. Braunschweig.

- 47 Öko-Institut e. V. (2017): Deutschland 2049 – Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft. Verfügbar unter: [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Abschlussbericht\\_D2049.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Abschlussbericht_D2049.pdf)
- 48 Leakage-Effekte und Flächennutzungskonkurrenzen wurden im Rahmen des Vorhabens nicht betrachtet.
- 49 Umweltbundesamt (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-umweltkosten>
- 50 Die Veränderung der Luftqualität wird durch das Ministerium Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen erfasst und im Umweltzustandsbericht dokumentiert. In diesem Bericht wird auf einen Trend zur Verbesserung der Luftqualität hingewiesen, welcher unter anderem auch auf der Entwicklung innovativer Filtersysteme beruht (verfügbar unter: [https://www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren?broschueren\\_id=14930&cHash=fec6c6875f80afa9056750f5b66e550c](https://www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren?broschueren_id=14930&cHash=fec6c6875f80afa9056750f5b66e550c)). Eine ähnliche Einschätzung teilt auch das Umweltbundesamt auf seiner Website zum Trend der Luftschadstoff-Emissionen (verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen/trend-der-luftschadstoff-emissionen>)
- 51 Molekularer Stickstoff (N<sub>2</sub>) ist das am häufigsten vorkommende Element in der Erdatmosphäre und gilt in dieser Form für Mensch und Natur als unschädlich. In Form von reaktiven Stickstoffverbindungen kann Stickstoff jedoch negative Effekte auf Klima, den Menschen und die Ökosysteme haben. Als reaktive Stickstoffverbindungen gelten Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Während Lachgas aufgrund seiner Wirkung auf die Ozonschicht ein Treibhausgas darstellt, gelten die anderen reaktiven Stickstoffverbindungen als Luft- oder Wasserschadstoffe, sofern sie aufgrund übermäßiger Konzentration in der Luft oder im Wasser die Umwelt belasten. Für die Analyse der positiven Effekte der Umweltwirtschaft auf die Luftreinhaltung wurden nur reaktive Stickstoffverbindungen berücksichtigt, die als Luftschadstoffe gelten.
- 52 Die Emissionsfaktoren stammen aus: Umweltbundesamt (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. 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)
- 53 Die Emissionsfaktoren stammen aus: Umweltbundesamt (2021): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2020. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07\\_cc-37-2019\\_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien\\_2018.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07_cc-37-2019_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien_2018.pdf)
- 54 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.
- 55 Bäume filtern Luftschadstoffe, da sie an der Krone der Bäume haften. Außerdem bremsen die Baumkronen die Luftzirkulation und verhindern damit eine Verbreitung der Luftschadstoffe.
- 56 Die Emissionsfaktoren stammen aus: Selmi et al. (2016): Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France.
- 57 Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2016): Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen. Hrsg. von Ingo Kowarik, Robert Bartz und Miriam Brenck. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig. S. 99-124; Huynh, L.T.M., et al. (2022): Linking the nonmaterial dimensions of human-nature relations and human well-being through cultural ecosystem services. Science Advances, 5 Aug 2022, Vol. 8, Issue 31
- 58 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\\_KA Komm Leistungsnachweis\\_33.pdf](https://www.dwa-no.de/files/_media/content/PDFs/LV_Nord-Ost/nachbarschaften/2020_KA Komm Leistungsnachweis_33.pdf)
- 59 Eutrophierung beschreibt den Zustand der nährstofflichen Überversorgung eines Ökosystems. Die Überversorgung mit Nährstoffen hat weitreichende Folgen für den Zustand der Ökosysteme und der unterschiedlichen Arten, die in den Ökosystemen vorkommen. In Gewässern kommt es beispielsweise durch Eutrophierung zu einem übermäßigen Wachstum von Algen und Cyanobakterien, was sich negativ auf die Wasserqualität, die Sauerstoffkonzentration im Wasser und die Artenvielfalt auswirkt und dadurch zu einem Zusammenbruch des Ökosystems führen kann.
- 60 Berechnet für das Jahr 2019 auf Grundlage der Daten zur Düngereinsparung aus Roggendorf (2020): Verringerung von Treibhausgas- und Ammoniakemissionen, 5-Länder Evaluation 15/2020, S. 30, und Sander, A. et al. (2019): NRW-Programm Ländlicher Raum 2014 bis 2020 Schwerpunktbereich 4A – Biologische Vielfalt. Thünen-Institut, Braunschweig, S. 69 ff.
- 61 Auf Grundlage von Bach, M. et al. (2020): Reaktive Stickstoffflüsse in Deutschland 2010–2014 (DESTINO Bericht 2), UBA-Texte 64/2020, S. 140, 145.
- 62 LANUV NRW. (2021). Flächenentwicklung in Nordrhein-Westfalen – Berichtsjahr 2020. Verfügbar unter: [https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/pdf/20211115\\_LANUV\\_Bericht\\_zur\\_Fl%C3%A4chenentwicklung\\_2020.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/pdf/20211115_LANUV_Bericht_zur_Fl%C3%A4chenentwicklung_2020.pdf)
- 63 MULV (2021): Umweltzustandsbericht Nordrhein-Westfalen 2020. Verfügbar unter: [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/umweltzustandsbericht\\_nrw\\_2020.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/umweltzustandsbericht_nrw_2020.pdf)
- 64 Umweltbundesamt (2021): Minderung des Lärms von Straßenbahnen im urbanen Raum. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/minderung-des-laerms-von-strassenbahnen-im-urbanen>
- 65 Landtag Nordrhein-Westfalen (2021): Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 4966 vom 10. Februar 2021. Drucksache: 17/13039; Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2020): Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 – 2018 – 2019. Verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/statistik-des-laermschutzes-an-bundesfernstrassen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/statistik-des-laermschutzes-an-bundesfernstrassen.pdf?__blob=publicationFile)
- 66 BMU (2021). Aktiv für die biologische Vielfalt. Rechenschaftsbericht 2021 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Verfügbar unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/rechenschaftsbericht\\_2021\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/rechenschaftsbericht_2021_bf.pdf)
- 67 MULNV NRW (2020): Landeswaldbericht 2019. Verfügbar unter: [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/landeswaldbericht\\_2019.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/landeswaldbericht_2019.pdf)
- 68 Wichtig zu beachten ist hierbei, dass Waldflächen sowohl PEFC als auch FSC zertifiziert sein können – daher können die Prozentsätze nicht aufaddiert werden.

- 69 MULNV (2020): Landeswaldbericht – 2019.
- 70 Elsasser, P., Köthke, M., & Dieter, M. (2020): Ein Konzept zur Honorierung der Ökosystemleistungen der Wälder (Nr. 152; Thünen Working Paper). Verfügbar unter: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn062599.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062599.pdf)
- 71 LANUV (2021): Umweltindikatoren des Landes Nordrhein-Westfalen. Artenvielfalt und Landschaftsqualität. Verfügbar unter: <https://umweltindikatoren.nrw.de/natur-laendliche-raeume/artenvielfalt-und-landschaftsqualitaet>
- 72 LANUV (2021): Umweltindikatoren des Landes Nordrhein-Westfalen. Natur, Ländliche Räume. Verfügbar unter: <https://umweltindikatoren.nrw.de/natur-laendliche-raeume/landwirtschaftsflaechen-mit-hohem-naturwert>
- 73 Boden.Wasser.Schutz & Landwirtschaftskammer Oberösterreich. (2014). Boden- und Gewässerschutz durch Zwischenfruchtanbau; Wüstemann, H., Meyerhoff, J., Rühls, M., Schäfer, A., & Hartje, V. (2014). Financial costs and benefits of a program of measures to implement a National Strategy on Biological Diversity in Germany. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.009>
- 74 Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2019): Waldfunktionen Nordrhein-Westfalen. Grundsätze und Verfahren zur Ermittlung der Waldfunktionen. Verfügbar unter: [https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Publikationen/Broschueren/20190910\\_wuh\\_Broschuere\\_Waldfunktionenkarte\\_web.pdf](https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/Publikationen/Broschueren/20190910_wuh_Broschuere_Waldfunktionenkarte_web.pdf)
- 75 Thünen Institut. (2020). Regionalisierte Waldbewertung. Verfügbar unter: [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn062592.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062592.pdf)
- 76 Umweltbundesamt (2016): Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_27\\_2016\\_umweltbilanz\\_von\\_elektrofahrzeugen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_27_2016_umweltbilanz_von_elektrofahrzeugen.pdf); Umweltbundesamt Österreich (2018): Update: Ökobilanz Alternativer Antriebe. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/dp152.pdf>; Helmers et al. (2020): Sensitivity Analysis in the Life-Cycle Assessment of Electric vs. Combustion Engine Cars under Approximate Real-World Conditions. Verfügbar unter: [doi:10.3390/su12031241](https://doi.org/10.3390/su12031241); Syré et al. (2020): Method for a Multi-Vehicle, Simulation-Based Life Cycle Assessment and Application to Berlin's Motorized Individual Transport. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7302> (doi:10.3390/su12187302)
- 77 Bauindustrieverband Nordrhein-Westfalen e. V. (2018): Investitionsbedarf der öffentlichen Kanalisation in Nordrhein-Westfalen. Verfügbar unter: [https://www.bauindustrie-nrw.de/fileadmin/media/bi/news/2018.10.17\\_Kanal-Studie\\_web-version\\_final\\_02.pdf](https://www.bauindustrie-nrw.de/fileadmin/media/bi/news/2018.10.17_Kanal-Studie_web-version_final_02.pdf)
- 78 OECD (2015): Measuring environmental innovation using patent data, OECD Environment Working Papers No. 89.
- 79 WIPO (2012): IPC Green Inventory, <https://www.wipo.int/classifications/ipc/green-inventory/home>
- 80 Mehr Informationen unter: <https://www.knuw.Nordrhein-Westfalen/unsere-services/innovationstransfer/innovationsradare.html>



# 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

IÖW GmbH, Berlin

## Autoren

Oliver Lühr  
Jannis Lambert  
Richard Simpson  
Tim Bichlmeier  
Lukas Eiserbeck  
Robert Norpoth  
Viktoria Leuschner

## Redaktion und Gestaltung

löwenholz kommunikation Berlin  
WEBERSUPIRAN.berlin Kommunikationsgestaltung

## Druck

DCM Druck Center Meckenheim GmbH



500 Exemplare  
Düsseldorf, 2022

## Bildquellen

Titel IMAGO/Hans Blossey  
Seite 3 Land NRW/Ralph Sondermann  
Seite 4 Vodafone/Valery Kloubert; IMAGO/Rupert Oberhäuser; RWE AG  
Seite 5 Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach; duisport; unsplash/Simon Wierzba  
Seite 7 Primobius GmbH  
Seite 8 istock.com/robertsrob; freepik/unai huizi  
Seite 9 freepik/rawpixel.com; Vodafone/Valery Kloubert  
Seite 11 EINHUNDERT Energie GmbH  
Seite 13 ZBT Duisburg/www.eventfotograf.in/©JRF e.V.  
Seite 14 Presseamt Münster/Michael Möller  
Seite 15 Ford-Werke GmbH  
Seite 20 Tourismus NRW e.V.  
Seite 21 Forschungszentrum Jülich/  
BioökonomieREVIER/Christina Kuchendorf  
Seite 22 EGLV/Michael Kemper  
Seite 23 ENNI  
Seite 24 istock.com/Fourleaflover; freepik.com/  
tridsanu1984; freepik.com/mjljart  
Seite 25 istock.com/Gearstd; freepik.com/parinya\_13;  
istock.com/geogif; freepik.com/RHJphotoand-  
illustration; IMAGO/Rupert Oberhäuser  
Seite 36 freepik.com/arthonmEEKODONG; freepik.com/  
user22299816  
Seite 37 freepik.com/wasant\_foodtography; istock.com/  
scanrail; RWE AG  
Seite 40 Flender International GmbH  
Seite 42 Stadtwerke Münster  
Seite 45 Enapter  
Seite 47 Brüninghoff/Jannes Linders fotograaf  
Seite 49 Tourismus NRW e.V.  
Seite 53 WWU – Michael Möller  
Seite 54 freepik.com  
Seite 55 Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach;  
Green Moves/M. Ersch-Arnolds; istock.com/  
photka; istock.com/i-Stockr; istock.com/Jevtic  
Seite 58 Deutsche Bahn AG/Michael Neuhaus  
Seite 60 Volker Lannert/Universität Bonn; Fraunhofer  
ILT, Aachen  
Seite 61 AUDI AG  
Seite 62 freepik.com/clalinus; freepik.com/lunamarina  
Seite 63 freepik.com/tawtchahi07; freepik.com; duisport;  
Seite 65 N509FZ, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons  
Seite 72 freepik.com/saiko3p  
Seite 73 JOKER/HadyxKhandani; istock.com/just-  
havealook; freepik.com/onidesign; unsplash/  
Simon Wierzba  
Seite 85 RWE AG

[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)