

# umwelt.nrw

#umweltwirtschaft



**UMWELTWIRTSCHAFTS-  
BERICHT 2024**  
Innovation und Wachstum

Titelseite: Mit Robotern und KI für eine bessere Nahrungsmittelversorgung bei geringerem Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln: Der Exzellenzcluster PhenoRob der Universität Bonn entwickelt Lösungen für die Landwirtschaft der Zukunft. Deutschlandweit kommt rund ein Fünftel aller Patentanmeldungen der *Umweltfreundlichen Landwirtschaft* aus NRW.



# Meilensteine  
GreenNRW

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



## VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

in Zeiten multipler Krisen wächst auf vielen Seiten die Versuchung, Ökologie und Ökonomie gegeneinander auszuspielen. Der Umweltwirtschaftsbericht 2024 zeigt eindrücklich, dass dies ein Fehler wäre: Denn der Schutz von Klima und Ressourcen sowie der Erhalt der Biodiversität sichern unseren Wohlstand und ein zukunftsfähiges Wirtschaftswachstum – und umgekehrt.

Nordrhein-Westfalen hat sich daher das Ziel gesetzt, zur ersten klimaneutralen Industrieregion Europas zu werden. Auf dem Weg zur Klimaneutralität sind wettbewerbsfähige Unternehmen in Nordrhein-Westfalen die Basis, unsere hohen Standards umzusetzen. Unsere Unternehmen zählen zu den Innovationsführern: Ob Energieeffizienz, Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz und -anpassung, nachwachsende Rohstoffe, erneuerbare Energien, ökologische Landwirtschaft, grüne oder blaue Infrastrukturen – überall sind sie erfolgreich. Grüne Technologien und Dienstleistungen schaffen sichere Arbeitsplätze und Wohlstand. Die nordrhein-westfälische Umweltwirtschaft wächst seit 2019 schneller als andere Branchen. Zudem zeigt sich, dass sich die konventionelle Wirtschaft selbst immer mehr zu einer Green Economy wandelt.

Dieser Trend zahlt sich gleich doppelt aus: Neben der ökonomischen Wertschöpfung in Höhe von 53 Mrd. Euro werden auch rund 29 Mrd. Euro für ökologische Leistungen, eine „ökologische Dividende“, erzielt. Darunter fällt die Vermeidung von Umweltschäden ebenso wie die

**Ihr Oliver Krischer**

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

Schaffung ökologischer Werte, z. B. der Erhalt von Biodiversität.

Dieser Erfolg kommt nicht von ungefähr. Dazu beigetragen haben engagierte Forscherinnen und Forscher, die mit Kreativität und Ideenreichtum zu Innovationen gelangt sind. Es braucht auch die Entschlossenheit von Gründerinnen und Gründern, aus diesen Erfindungen marktfähige Produkte zu entwickeln. Und es fanden sich immer mutige Unternehmerinnen und Unternehmer, die trotz der multiplen Krisen in den Wissens- und Technologietransfer investiert haben. Der Umweltwirtschaftsbericht zeigt, dass Nordrhein-Westfalen auf diesen Gebieten hervorragend aufgestellt ist.

Wir alle wissen: Die Bewältigung der Twin Crisis von Klima und Biodiversität erfordert eine grundlegende Transformation. Es ist Aufgabe der Landespolitik, dafür den Rahmen zu setzen. Das Land Nordrhein-Westfalen erhebt den Anspruch, auch weiterhin seiner Pionierrolle gerecht zu werden, die es seit Einführung der bundesweit ersten Umweltwirtschaftsstrategie inne hat.

Vor diesem Hintergrund blicken wir heute auf bisher Erreichtes, ziehen Resümee und richten den Blick zugleich nach vorn. Der vorliegende Umweltwirtschaftsbericht liefert viele gute Argumente, unseren Weg fortzusetzen.

Lassen Sie sich überzeugen!

**und Ihre Mona Neubaur**

Ministerin für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und  
Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

# INHALT

MANAGEMENT  
SUMMARY

6

**1**  
DIE UMWELT-  
WIRTSCHAFT NRW:  
EIN ÖKONOMISCHES  
SCHWERGEWICHT  
MIT ÖKOLOGISCHER  
WIRKUNG

8



**2**  
INNOVATIONEN DER NRW-UMWELT-  
WIRTSCHAFT: IDEEN UND LÖSUNGEN  
FÜR DIE GRÜNE TRANSFORMATION

32





## Immer auf dem Laufenden

Im Newsletter #UmweltwirtschaftNRW berichtet das Umwelt- und Verkehrsministerium des Landes regelmäßig über aktuelle Veranstaltungen, Nachrichten und Fördermöglichkeiten rund um das umweltfreundliche Wirtschaften in Nordrhein-Westfalen.



### 3

**GRÜN UND GLOBAL:  
WELTWEIT NIMMT DIE NACHFRAGE  
NACH GÜTERN UND LEISTUNGEN FÜR  
DEN UMWELTSCHUTZ ZU**

70



### 4

**DIE UMWELTWIRT-  
SCHAFT IN DEN REGIO-  
NEN**

84

**ANHANG**

**100**

Vorwort 3  
Endnoten 105  
Impressum 111

# MANAGEMENT SUMMARY

## UMWELTWIRTSCHAFT NRW: INNOVATION UND WACHSTUM

Die nordrhein-westfälische Umweltwirtschaft hat das Jahrzehnt mit einem Wachstumsschub eröffnet, ihre jährliche Bruttowertschöpfung stieg zwischen 2020 und 2023 um 9,2 Mrd. Euro auf nahezu 52,8 Mrd. Euro, die Zahl der Erwerbstätigen zwischen 2020 und 2023 um 21.600 auf rund 599.000. Die Entwicklung seit 2010 unterstreicht diesen Trend: die Umweltwirtschaft erzielt auch im langfristigen Durchschnitt ein überdurchschnittliches Wachstum im Vergleich zur Gesamtwirtschaft des Bundeslandes: 1,4 % p. a. bei der Erwerbstätigkeit und 4,3 % p. a. bei der Bruttowertschöpfung (siehe Kapitel „Die Umweltwirtschaft NRW“).

Ihr Stellenwert als zukunftsweisende Leitbranche in und für Nordrhein-Westfalen beruht darüber hinaus auf einer ausgeprägten Innovationsorientierung sowie messbaren Leistungen für den Schutz von Ressourcen und Klima.

Die Unternehmen der Umweltwirtschaft üben zum einen als Motor für die ökologische und ökonomische Transformation eine wichtige Funktion aus. Angesichts der Polykrise von Klima und Biodiversität sowie den aktuellen geopolitischen Herausforderungen bieten innovative Produkte der Umweltwirtschaft neue Marktpotenziale, Chancen für den Klimaschutz, technologischen Fortschritt und wirtschaftliche Resilienz sowie Lösungen zur Reduktion von Abhängigkeiten.

Deutschland zählt traditionell zu den globalen Green-Tech-Innovationszentren. Aus Nordrhein-Westfalen kommen vor allem Innovationen zur Kreislaufwirtschaft und zur *Wasserwirtschaft*, aber auch zu *Minderungs- und Schutztechnologien*. Überdurchschnittlich hohe Anteile an globalen Patentanmeldungen erzielt NRW zum Beispiel in den Technologiebereichen *Mess-, Steuer- und Regeltechnik*, auch im Technologiebereich *Wasser- und Abwassernetz* zählt NRW zu den globalen Innovationsführern. Zu den weiteren wichtigen Innovationsfeldern in NRW zählen Recyclinglösungen für leistungsfähige Batteriepacks für E-Fahrzeuge (siehe Schwerpunktkapitel „Innovationen der NRW-Umweltwirtschaft“).

Zum anderen erzielt die Umweltwirtschaft mit ihrer ökologischen Wertschöpfung und vermiedenen Umweltschäden

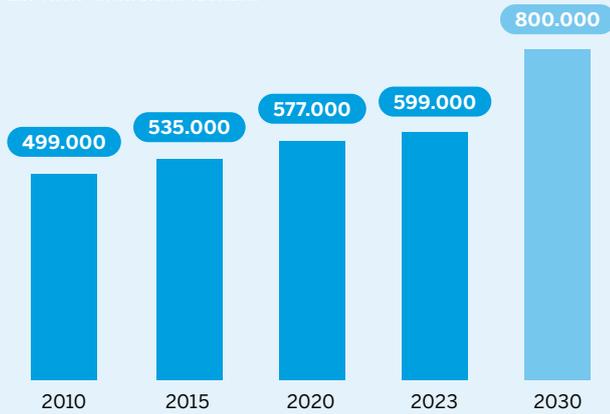
eine doppelte Dividende für Nordrhein-Westfalen. Sie leistet nicht nur einen sozio-ökonomischen, sondern auch einen ökologischen Beitrag für die Zukunftsfähigkeit von NRW. Insgesamt kann der ökologische Mehrwert der Umweltwirtschaft auf rund 28,9 Mrd. Euro geschätzt werden (siehe Abschnitt „Eine doppelte Dividende für das NRW-Portfolio“).

Die ökonomische Leistungsbilanz ist vor allem durch die großen Teilmärkte der Umweltwirtschaft *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft, Umweltfreundliche Mobilität* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* geprägt. Sie dominieren sowohl in Bezug auf die Erwerbstätigkeit als auch die Bruttowertschöpfung. Besonders die *Umweltfreundliche Mobilität* zeigt ein herausragendes Wachstum bei den Erwerbstätigenzahlen, das nahezu doppelt so hoch ist wie das des zweitplatzierten Teilmarktes *Energieeffizienz und Energieeinsparung*.

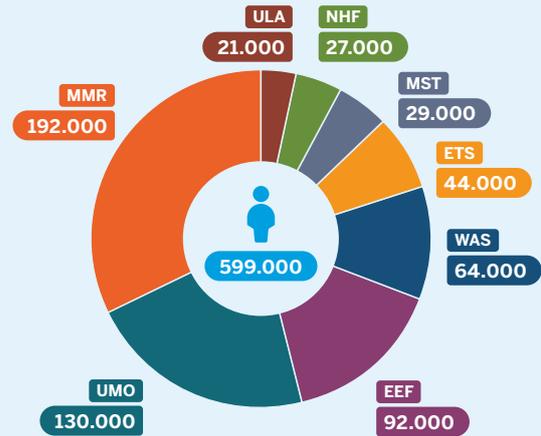
Die globale Nachfrage nach Umweltwirtschaftsgütern ist in den letzten Jahren rasant gestiegen und bietet neue Marktperspektiven für die nordrhein-westfälische Umweltwirtschaft. 2023 exportierte diese Güter im Wert von rund 14,5 Mrd. Euro. Damit entfallen bereits 6,5 % aller nordrhein-westfälischen Ausfuhren auf die Umweltwirtschaft. Die wichtigsten internationalen Absatzmärkte liegen in der EU, allen voran die Nachbarländer Niederlande und Belgien sowie Frankreich. Die Bedeutung der Vereinigten Staaten als Exportdestination wuchs zwischen 2010 und 2023 stark an. Auch der osteuropäische Markt, allen voran Polen, wird für NRW immer wichtiger. Trotz teils positiver Entwicklungen ist aber festzustellen, dass NRW insgesamt seine Potenziale auf dem Weltmarkt noch nicht völlig ausschöpft (siehe Schwerpunktkapitel „Grün und Global“).

Die Umweltwirtschaft ist in den Regionen von Nordrhein-Westfalen verankert und besetzt dort unterschiedliche Entwicklungsnischen. Welche Innovationschwerpunkte in den verschiedenen Regionen gesetzt werden, ist auch von den dort vorhandenen und sich im Aufbau oder Wandel befindlichen Strukturen abhängig. Es zeichnet sich jedoch ab, dass die Umweltwirtschaft verstärkt als ein Element der Regionalpolitik wahrgenommen wird (siehe Kapitel „Die Umweltwirtschaft in den Regionen“).

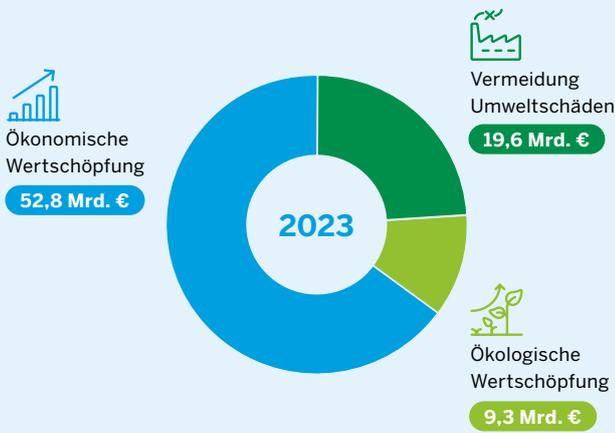
Die ambitionierte Zielsetzung der Umweltwirtschaftsstrategie NRW beruht auf dem beständigen Wachstum der Erwerbstätigenzahl in der NRW-Umweltwirtschaft.



Erwerbstätige Umweltwirtschaft Teilmärkte NRW 2023



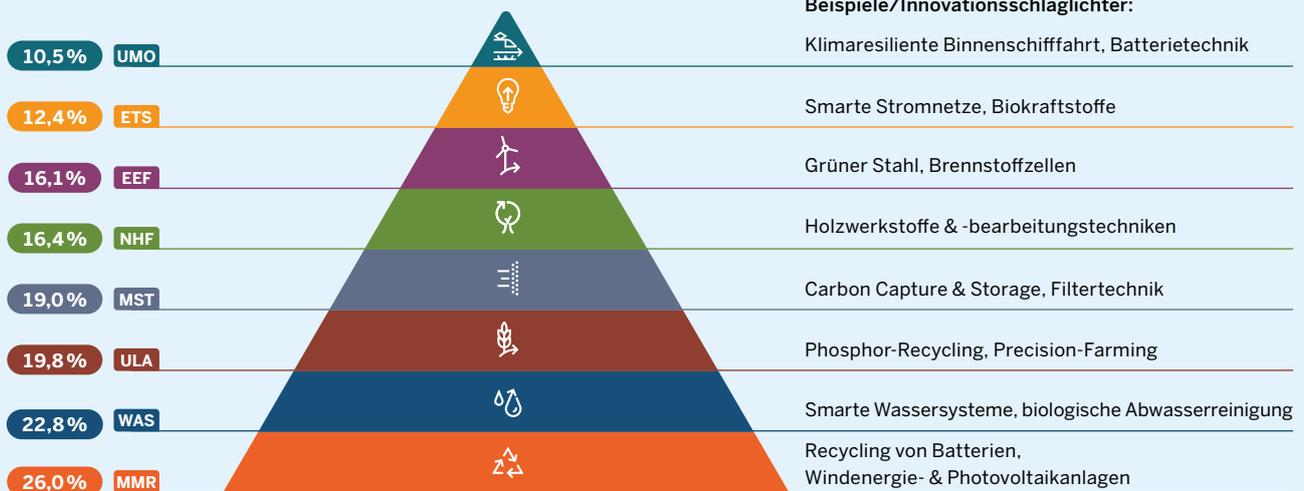
Doppelte Dividende: Leistungen der Umweltwirtschaft NRW



Global aktiv: Die Top-8-Absatzmärkte der NRW Umweltwirtschaft 2023, in Mio. Euro und Wachstum 2010–2023 in % p.a.



Innovationsschwerpunkte der NRW-Umweltwirtschaft, Anteil NRW an den bundesweiten Patentanmeldungen 2010–2021 in %



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 1: Ausgewählte Kennzahlen zur Umweltwirtschaft

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

# 1

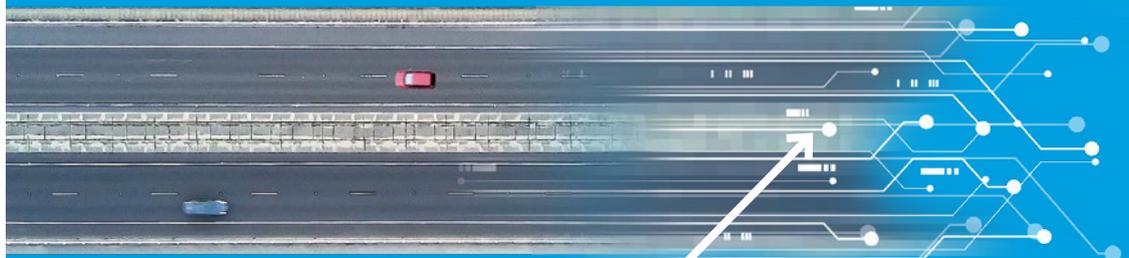
## DIE UMWELT- WIRTSCHAFT NRW: EIN ÖKONOMISCHES SCHWERGEWICHT MIT ÖKOLOGISCHER WIRKUNG

- l seit 2010 überdurchschnittliches Wachstum der Bruttowertschöpfung
- l Metallindustrie und Maschinenbau haben zusammen weniger Beschäftigte als die Umweltwirtschaft.
- l Die doppelte Dividende zahlt sich aus: 52,8 Mrd. Euro für die Wirtschaft und Umweltnutzen in Höhe von 28,9 Mrd. Euro.



Bis zu 6,8 %

jährliches Wachstum der Bruttowertschöpfung (2020–2023): Die Umweltwirtschaft hat das Jahrzehnt mit Wachstumsschub eröffnet.



Bis zu 11 %

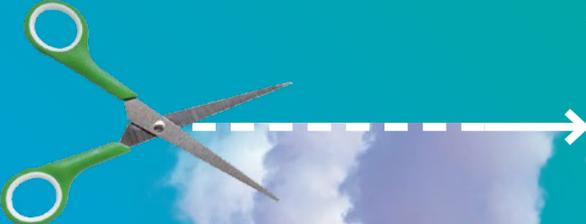
Wachstum p. a. (2010–2023) in den „smarten“ Marktsegmenten wie *Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur* und *Intelligente Energiesysteme und Netze*. **Ein Digitalisierungsschub für NRW!**

Modernisierung der TDI-Anlage  
(Covestro, Dormagen): Mit dem neuen  
Reaktor werden die jährlichen  
CO<sub>2</sub>-Emissionen um 22.000 t reduziert.



## Nachhaltiges Wachstum:

seit 2010 jedes Jahr im Schnitt 7.700 Erwerbstätige  
und 1,7 Mrd. Euro mehr Bruttowertschöpfung



## Jährlich rund 63 Mio. t

CO<sub>2</sub>-Äquivalente **weniger** durch die  
Umweltwirtschaft, das entspricht rund  
30 % der Treibhausgasemissionen NRWs



## 8,5 Mio. t

**weniger Rohstoffverbrauch** pro Jahr  
durch Umweltwirtschaft: NRW auf dem  
Weg zur Ressourcenschonung und  
Kreislaufwirtschaft



## ZUKUNFTSWEISENDE LEITBRANCHE

Die Umweltwirtschaft festigt ihre Rolle als zukunftsweisende nordrhein-westfälische Leitbranche. Und das gleich in doppelter Weise: als ökonomisches Schwergewicht mit zusätzlichem ökologischem Impact. Im Jahr 2023 gehören ihr rund 599.000 Erwerbstätige an, die zusammen eine Bruttowertschöpfung von knapp 52,8 Mrd. Euro erwirtschaften. Das bedeutet ein Plus von 5,1 Mrd. Euro gegenüber 2021.

### Erwerbstätige

2010	499.000
2023	599.000

### Bruttowertschöpfung in Mrd. €

2010	30,7
2023	52,8

### Exporte in Mrd. €

2010	10,5
2023	14,5

Abbildung 2: Erwerbstätige, Bruttowertschöpfung und Exporte der Umweltwirtschaft NRW

Quelle: Prognos 2024, auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit, IT.NRW und des Statistischen Bundesamts

gerichtete Perspektive lässt eine weiterhin positive Dynamik erwarten. Zusätzlich verleiht die diversifizierte Ausrichtung der Umweltwirtschaft eine krisenresiliente Basis für ihre Entwicklung: Grundsätzlich umfasst die Umweltwirtschaft alle Unternehmen, deren Produkte und Dienstleistungen einen Beitrag zum Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz leisten. Sie vereint unterschiedliche Wirtschaftszweige und Geschäftsmodelle und 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 Unternehmen 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 (siehe „Umweltwirtschaft – ein Überblick“).

Die ökonomischen Entwicklungen der letzten Jahre und die sichtbaren Folgen des Klimawandels machen dabei deutlich, wie groß der Bedarf für diese Leistungen ist. Nach den wirtschaftlichen Einbrüchen während der Coronapandemie hat der völkerrechtswidrige russische Angriffskrieg gegen die Ukraine erneut schlagartig die Folgen von (Energie-)Abhängigkeiten für die deutsche und nordrhein-westfälische Volkswirtschaft deutlich werden lassen. Insbesondere die Resilienz der Energieerzeugung und energieintensiver Industrien wurde hier beansprucht. Auch der Klimawandel wird immer stärker spürbar. Das Jahr 2023 zeigte sich in Deutschland 2,4 °C wärmer als die Referenzperiode, 2022 erwies sich, zusammen mit 2018, als Deutschlands wärmstes Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen.<sup>1</sup> Und auch wenn 2023 ein sehr niederschlagsreiches

## EINE BRANCHE AUF DER ÜBERHOLSPUR

Die Branche befindet sich seit 2019 auf der Überholspur: Ihr Wachstum verläuft seitdem stetig besser als das der Gesamtwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Ihre zukunfts-



Ein Beispiel für die Grüne Transformation Made in NRW: Die GKD – Gebr. Kufferath AG in Düren stellt moderne Gewebe u. a. für Elektrolyseure, H<sub>2</sub>-Hochdrucktanks, Filter und energieeffiziente Architekturfassaden her.

Jahr war, darf nicht darüber hinweggesehen werden, dass damit eine Serie von zu trockenen Jahren gerade erst beendet wurde.<sup>2</sup>

## CHANCEN UND GESTALTUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR NRW

Der Umweltwirtschaft kommt mit ihren transformativen Leistungen eine wichtige Rolle im Umgang mit den gegenwärtigen Krisen und der Anpassung an den Klimawandel und darüber hinaus auch zur Stärkung der ökonomischen Resilienz zuteil. Abhängigkeiten können so reduziert und zukünftig vermieden werden, während gleichzeitig Wertschöpfung und Arbeitsplätze entstehen. Nordrhein-Westfalen bieten sich hier als einwohner- und wirtschaftsstärkstem Bundesland neben zahlreichen Herausforderungen insbesondere auch Chancen und Gestaltungsmöglichkeiten. Der Industriestandort NRW ist vor dem Hintergrund des Strukturwandels transformationserprobt und innovationsorientiert.

Die steigende Bedeutung der Umweltwirtschaft zeigt sich an der Entwicklung der Kernindikatoren Erwerbstätigkeit und Bruttowertschöpfung. Die Bruttowertschöpfung ent-

wickelt sich mit einem Wachstum von 4,3 % p. a. seit Jahren auf einem höheren Niveau als die Gesamtwirtschaft. Das Erwerbstätigenwachstum kann sich insbesondere in der jüngeren Entwicklung seit 2019 positiv abheben.

Die Umweltwirtschaft zeigt sich dabei krisenfest. Während die Bruttowertschöpfung und Erwerbstätigkeit der Gesamtwirtschaft aufgrund der COVID-19-Pandemie 2020 einbrechen, ist bei der Umweltwirtschaft stattdessen eine Verstärkung des vorherigen Wachstums zu beobachten, die auch in den Folgejahren anhält. Die Umweltwirtschaft hat sich in Nordrhein-Westfalen sowohl während der Coronapandemie als auch in den Jahren danach als solider Pfeiler erwiesen und zur Stabilisierung der Volkswirtschaft beigetragen.

Es zeigt sich jedoch auch, dass die nordrhein-westfälische eine schwächere Entwicklung als die bundesweite Umweltwirtschaft aufweist. Insbesondere bei der Erwerbstätigkeit hat sich die Differenz in der Wachstumsdynamik seit 2019 vergrößert. Bei der Bruttowertschöpfung zeigt sich ebenfalls eine Lücke zur bundesweiten Entwicklung, seit 2020 konnte Nordrhein-Westfalen hier aber einen steilen Entwicklungspfad einlegen und den Abstand verringern.

Sozio-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	499.000	599.000	2023	+1,4 %	8.342.000	9.699.000	6,2 %	+1,2 %	2.573.000	3.267.000	+1,9 %	18,3 %
Sozialversicherungs-pflichtig Beschäftigte	390.000	484.000	2023	+1,7 %	5.881.000	7.281.000	6,6 %	+1,7 %	2.030.000	2.643.000	+2,1 %	18,3 %
Selbstständige	38.000	40.000	2023	+0,4 %	658.000	611.000	6,5 %	-0,6 %	217.000	246.000	+1,0 %	16,2 %
Geringfügig Beschäftigte	71.000	75.000	2023	+0,5 %	1.803.000	1.806.000	4,2 %	0,0 %	325.000	377.000	+1,2 %	19,9 %
<b>Ökonomische Leistung</b>												
Bruttowertschöpfung (Mio. Euro)	30.703	52.767	2023	+4,3 %	473.015	760.396	6,9 %	+3,7 %	155.158	278.726	+4,6 %	18,9 %
<b>Internationaler Handel</b>												
Exportvolumen (Mio. Euro)	10.454	14.452	2023	+2,5 %	173.853	222.264	6,5 %	+1,9 %	60.871	134.951	+6,3 %	10,7 %
Weltmarktanteil	1,69 %	1,03 %	2022	-4,1 %	1,69 %	1,09 %		-3,6 %	9,87 %	8,37 %	-1,4 %	
<b>Innovation</b>												
Anteil an den bundesweiten/weltweiten Patentanmeldungen	15,8 %	14,0 %	2019	-1,3 %					19,7 %	16,4 %	-2,0 %	

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Arbeit, IT.NRW, Prognos Welthandelsmodell; Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Werte für die Gesamtwirtschaft auf Basis derselben Methodik wie für die Umweltwirtschaft berechnet und können daher von amtlichen Werten abweichen.

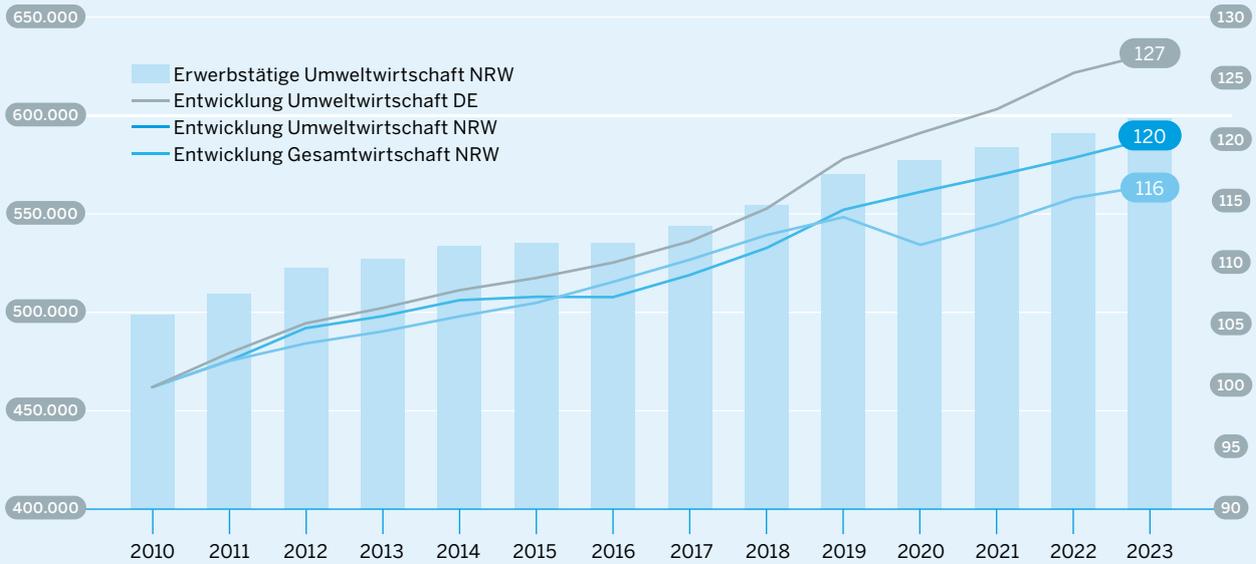


Abbildung 3: Indexierte Entwicklung der Erwerbstätigkeit für die Umweltwirtschaft und Gesamtwirtschaft in NRW und die Umweltwirtschaft in Deutschland (DE) (Index: 2010 = 100)

Quelle: Prognos 2024, auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und IT.NRW

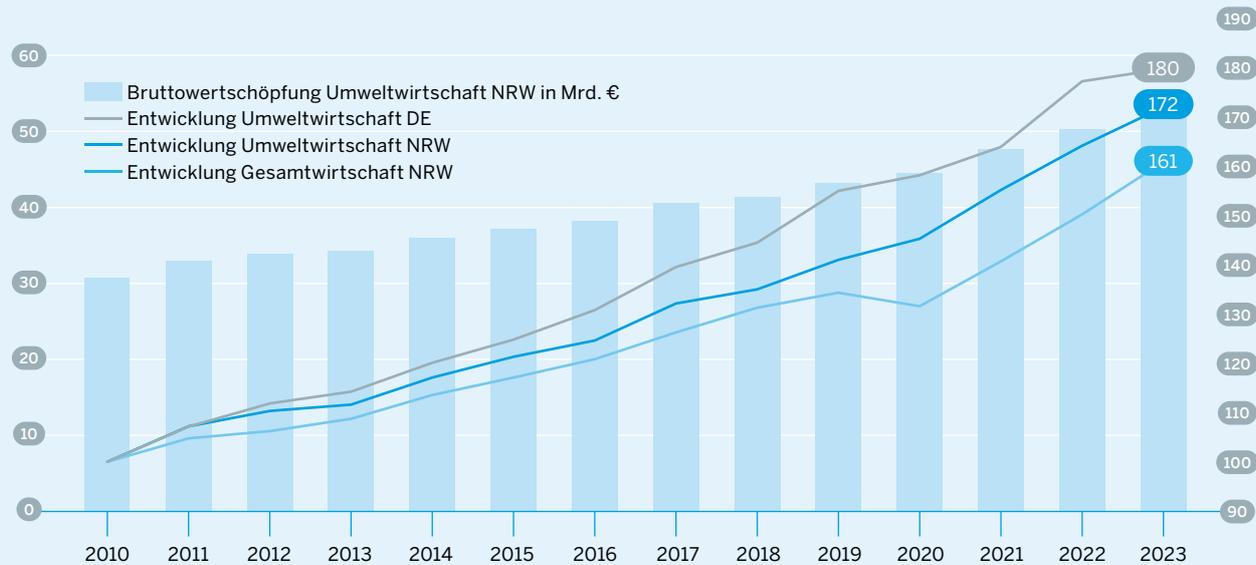


Abbildung 4: Indexierte Entwicklung der Bruttowertschöpfung für die Umweltwirtschaft und Gesamtwirtschaft in NRW und die Umweltwirtschaft in Deutschland (DE) (Index: 2010 = 100)

Quelle: Prognos 2024, auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und IT.NRW

## GRÜNE JOBS SIND GEFRAGT

Ein wesentlicher Faktor für die Resilienz der Umweltwirtschaft ist ihr Reservoir an gut ausgebildeten Fachkräften, der sich an der Struktur ihrer Beschäftigungsverhältnisse ablesen lässt. So lässt sich im Vergleich zur gesamten Erwerbstätigkeit eine stärkere Entwicklung von sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsverhältnissen feststellen, die allgemein als hochwertig und langfristig ausgelegt betrachtet werden können. Ihr Anteil an den ge-

samten Erwerbstätigen in der Umweltwirtschaft liegt mit ca. 81 % deutlich über dem Wert von 75 % in der Gesamtwirtschaft. Besonders ausgeprägt ist dieses Beschäftigungsverhältnis in der *Wasserwirtschaft*, der *Umweltfreundlichen Mobilität* sowie der *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft*. Gleichzeitig lässt sich bei den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten bei einem Wachstum von 1,7 % p. a. seit 2010 eine deutlich höhere Wachstumsrate als bei den Selbstständigen (0,4 % p. a.) und den geringfügig Beschäftigten (0,5 % p. a.) verzeichnen.

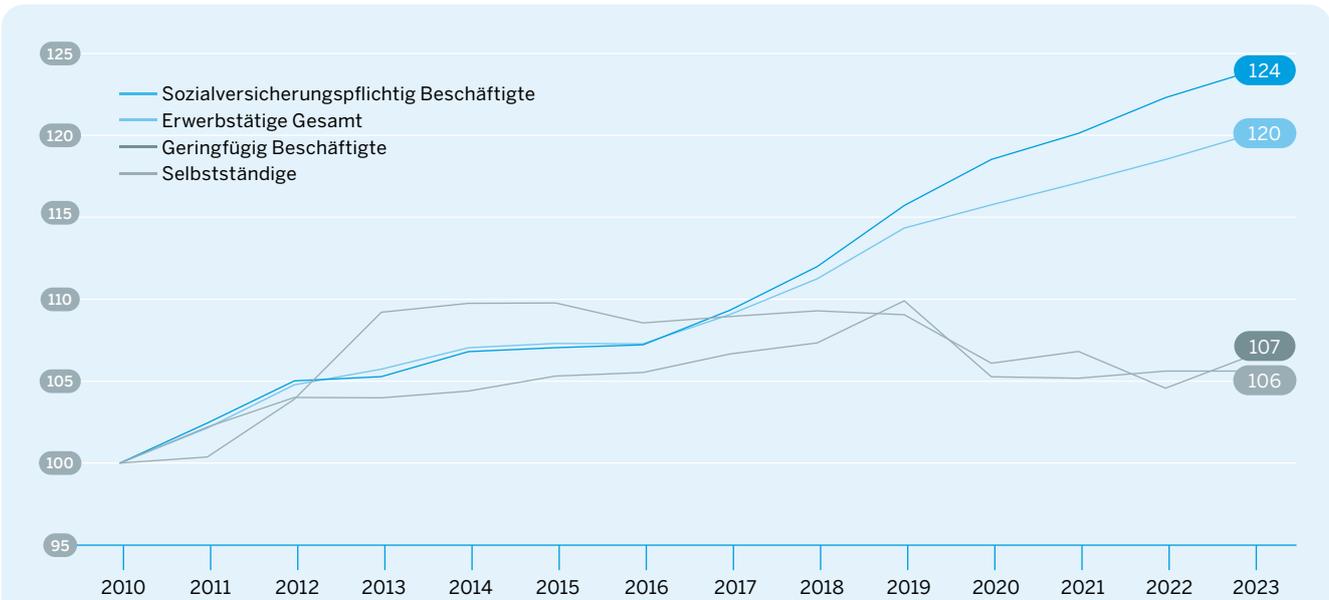


Abbildung 5: Entwicklung der Erwerbstätigkeit nach Beschäftigungsverhältnis – Umweltwirtschaft NRW (Index: 2010 = 100)

Quelle: Prognos 2024, auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und IT.NRW

## DIE UMWELTWIRTSCHAFT IST ENABLER DER TRANSFORMATION

Die Umweltwirtschaft nimmt nicht nur einen festen Platz in Nordrhein-Westfalens Wirtschaftsstruktur ein. Sie trägt darüber hinaus auch entscheidend zur Zukunftsgestaltung der „klassischen“ Wirtschaftsbereiche bei.

Verortet man die Querschnittsbranche Umweltwirtschaft anhand der übergeordneten wirtschaftlichen Sektoren, ergibt sich ein heterogenes Bild. Während jeweils über ein Viertel der Sektoren Handwerk und Bau sowie Land- und Forstwirtschaft der Umweltwirtschaft zugerechnet werden können, fallen die Anteile in der Industrie und im Dienstleistungssektor deutlich geringer aus. Letzterer macht mit mehr als 6 Mio. Erwerbstätigen<sup>3</sup> über 70 % der Gesamtwirtschaft aus, sodass hier dennoch mehr als 260.000 Erwerbstätige der Umweltwirtschaft vorzufinden sind. Diese stammen zum einen aus klassischen Kernbereichen der Umweltwirtschaft: der Wasser- und Abwasserwirtschaft sowie der Abfall- und Entsorgungsbranche. Zum anderen finden sich in der Umweltwirtschaft auch eine Vielzahl spezialisierter Dienstleistungen, wie etwa Planungs- und Architekturdienstleistungen für Klimaanpassungsprojekte, Mess- und Analyseleistungen, Bodensanierung, Mobilitätsdienstleistungen und Beratungsleistungen im Bereich Energieeffizienz.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Umweltwirtschaft für Nordrhein-Westfalen zeigt sich sowohl anhand ihres Anteils an der Erwerbstätigkeit (6,2 %) als auch an der Bruttowertschöpfung der Gesamtwirtschaft (6,9 %). Vergleicht man die Umweltwirtschaft mit den industriellen

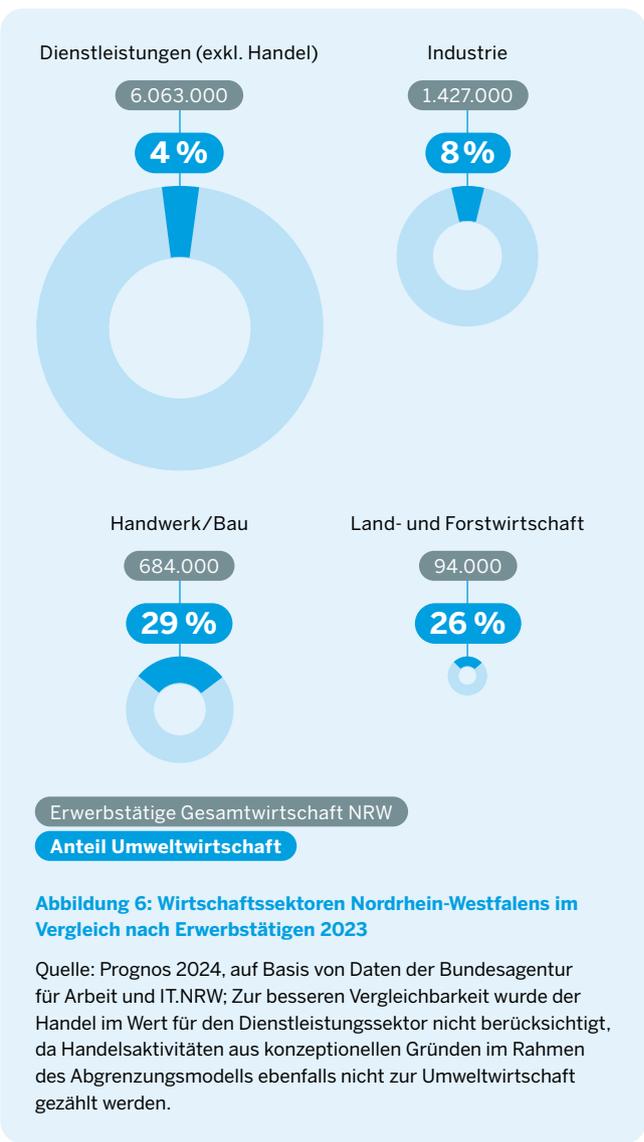
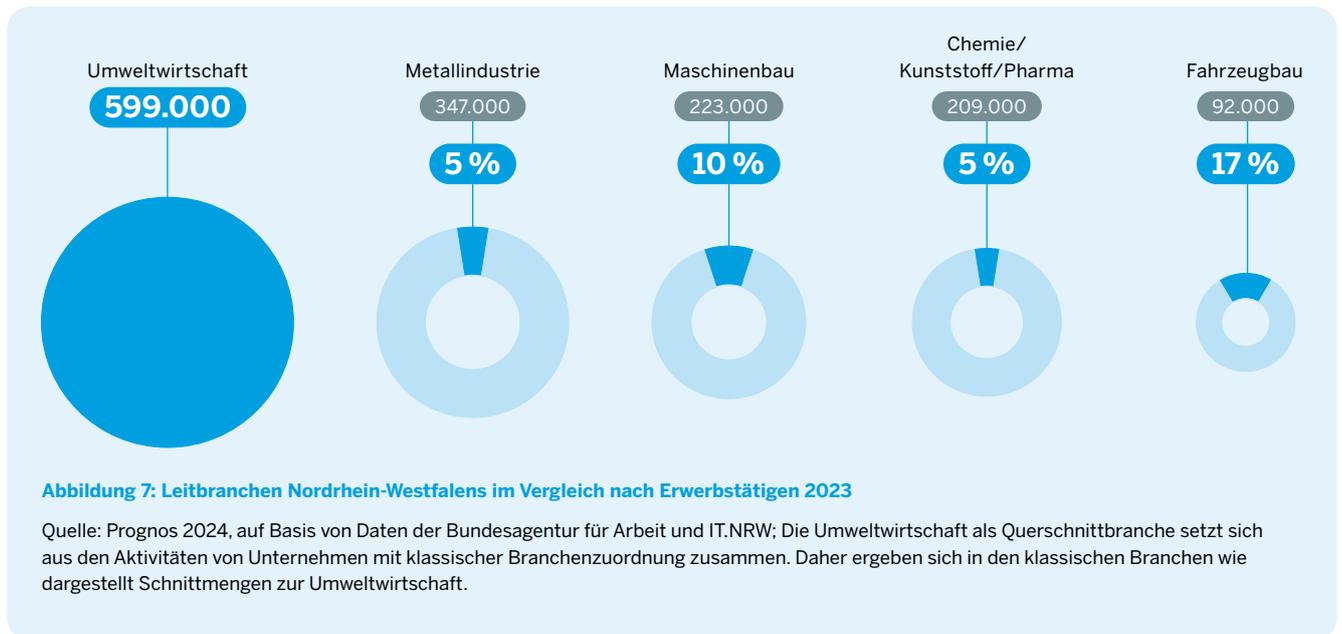


Abbildung 6: Wirtschaftssectoren Nordrhein-Westfalens im Vergleich nach Erwerbstätigen 2023

Quelle: Prognos 2024, auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit und IT.NRW; Zur besseren Vergleichbarkeit wurde der Handel im Wert für den Dienstleistungssektor nicht berücksichtigt, da Handelsaktivitäten aus konzeptionellen Gründen im Rahmen des Abgrenzungsmodells ebenfalls nicht zur Umweltwirtschaft gezählt werden.



Schlüsselbranchen des Landes, wird der Stellenwert noch deutlicher (Abbildung 7). Die Umweltwirtschaft umfasst beispielsweise mehr Erwerbstätige als die Metallindustrie und die Maschinenbaubranche zusammen.

Darüber hinaus erbringen die klassischen Leitbranchen des Landes selbst umweltwirtschaftliche Leistungen.<sup>4</sup> In einzelnen Branchen nehmen diese bereits einen Anteil von bis zu 19 % ein. Insbesondere in der Energiewirtschaft und dem Fahrzeugbau sind die Überschneidungen in den letzten Jahren immer prägender geworden, hier hat sich der Anteil der Umweltwirtschaft seit 2010 vor dem Hintergrund der Energiewende und der wachsenden Bedeutung alternativer Antriebstechnologien jeweils ungefähr verdoppelt. Die Zunahme umweltwirtschaftlicher Leistungen

in den Leitbranchen ist somit auch Ausdruck der stattfindenden Transformation dieser Branchen.

Der Maschinenbau spielt in der Umweltwirtschaft als Bereitsteller von Technologien und Anlagen eine maßgebliche Rolle – und ist auch selbst zusehends vom Geschäftsfeld Umweltwirtschaft gekennzeichnet. Dazu gibt es zahlreiche Beispiele, wie etwa die Entwicklung und der Bau von klimafreundlichen Energieerzeugungsanlagen, effiziente Wärme- und Klimatechnik und moderne Anlagentechnik für die Abfallwirtschaft. Obwohl in der Metallindustrie und in der der Chemie- und Kunststoffbranche die Umweltwirtschaft mit rund 5 % bislang einen geringeren Stellenwert einnimmt, finden sich auch hier relevante Umweltwirtschaftsaktivitäten, wie die Herstellung von Rohren



Die SMS group (Mönchengladbach) errichtet für den schwedischen Stahlherzeuger SSAB einen Elektrolichtbogenofen, der zu den weltweit leistungsfähigsten Anlagen für die fossilfreie Stahlherzeugung zählt.

## DIE TRANSFORMATION IST IN VOLLEM GANGE

Überall im Land arbeiten Unternehmen an der Umstellung auf grüne Lösungen und Geschäftsmodelle. Nachfolgende Beispiele geben einen Einblick in die vielfältigen Aktivitäten in Nordrhein-Westfalen.

- **Metallindustrie:** Thyssenkrupp hat in Duisburg mit der Umstellung auf die CO<sub>2</sub>-freie Stahlproduktion begonnen. Die kohlebefeueren Hochöfen werden sukzessive durch Direktreduktionsanlagen und den Einsatz von Wasserstoff ersetzt. Im Rahmen von tkH2steel will Thyssenkrupp mit der ersten Anlage – in der mit zwei nachgeschalteten strombetriebenen Einschmelzaggagaten ab 2027 jährlich 2,3 Mio. t flüssiges Roheisen hergestellt werden sollen – jährlich bis zu 3,5 Mio. t CO<sub>2</sub> einsparen.
- **Maschinenbau:** Die WIL0 SE (Dortmund) hat einen Recycling- und Rücknahmeprozess für Pumpen implementiert, der es dem Unternehmen ermöglicht, jährlich 30.000 Bauteile im Kreislauf zu halten. Bauteile, die nicht repariert und wiederverwendet werden können, werden extern recycelt. Die Kombination von Entwicklung und Recycling unter einem Dach gewährleistet zudem, dass das Recycling bereits beim Produktdesign berücksichtigt wird.
- **Chemie- und Kunststoffindustrie:** Covestro aus Leverkusen investiert in den Bau einer Pilotanlage für Kunststoffrecycling. Das Unternehmen plant, das im Labor erfolgreich getestete Verfahren des chemischen Recyclings weiterzuentwickeln: Mehrkettige Kunststoffe, wie Polycarbonat, werden in ihre Einzelbausteine zerlegt, die dann als Rohstoff für die Produktion neuer Kunststoffe wiederverwendet werden können.
- **Fahrzeugbau:** Im Bereich der Komponentenherstellung für Fahrzeuge wird an vielen Stellen an nachhaltigen Produkten und Prozessen gearbeitet. Ein Beispiel ist das Familienunternehmen Reifen Stiebling (Herne), das abgefahrene Lkw-Reifen runderneuert. Im Vergleich zur Neuproduktion können nicht nur Rohstoffe wie Rohöl, sondern auch 50 % des Energiebedarfs und rund 80 % des Wasserbedarfs bei der Herstellung eingespart werden.
- **Energiewirtschaft:** Die RWE AG, Essen, befindet sich mitten im Transformationsprozess ihres Geschäftsmodells. Weg von ehemals konventioneller Energieerzeugung setzt das Unternehmen heute auf erneuerbare Energien und Wasserstoff-Technologien. Im Jahr 2023 wurden bereits 39 % der Erzeugungsleistung durch erneuerbare Energien gestellt, bis 2023 will das Unternehmen zudem rund 55 Mrd. Euro in Off- und Onshore-Wind, Solarenergie, Speichertechnologien, flexible Erzeugung und Wasserstoffprojekte investieren. In den Tagebauen des Rheinischen Reviers betreibt RWE (Stand Juli 2024) beispielsweise fünf Solarparks mit 77,9 MWp, darunter der RWE Neuland 1 Solarpark, dessen erste Ausbaustufe im Juli 2024 ans Netz ging.

für das Wasser- und Abwassernetz, Dämmmaterialien und die Produktion ökologischer Pflanzenschutzmittel.

## VIELFÄLTIG AUFGESTELLT

Bei einer differenzierten Betrachtung der Teilmärkte lassen sich sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zwischen den einzelnen Bereichen der Umweltwirtschaft erkennen. Sowohl im Hinblick auf die Erwerbstätigkeit als auch auf die Bruttowertschöpfung prägen die drei größten Teilmärkte *Materialien*, *Materialeffizienz und Ressourcenerwirtschaft*, *Umweltfreundliche Mobilität* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* das Geschehen. Bei der Dynamik stechen weitere Teilmärkte hervor, zudem zeigen sich Unterschiede zwischen den Indikatoren. Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* entwickelt sich bei der Bruttowertschöpfung

am stärksten. Auch die Teilmärkte *Umweltfreundliche Mobilität* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* zeigen hohe Wachstumsraten und verzeichnen auf Grund ihrer Größe die höchsten absoluten Zuwächse an Bruttowertschöpfung. Starke Wachstumsbereiche sind außerdem die kleineren Teilmärkte *Minderungs- und Schutztechnologien* sowie *Umweltfreundliche Landwirtschaft*.

Bei der Entwicklung der Erwerbstätigenzahlen hebt sich hingegen vor allem der Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* ab, der nahezu doppelt so schnell wächst wie der zweitplatzierte Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung*. In anderen Teilmärkten geht das wirtschaftliche Wachstum dagegen nicht mit einer entsprechenden Steigerung der Erwerbstätigkeit einher.

Generell lässt sich die stärkste Dynamik in den Teilmärkten beobachten, die durch ihre Produkte und Dienstleistungen



Abbildung 8: Erwerbstätige in den Teilmärkten der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft, 2010 und 2023

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



Abbildung 9: Bruttowertschöpfung in den Teilmärkten der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft, 2010 und 2023 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

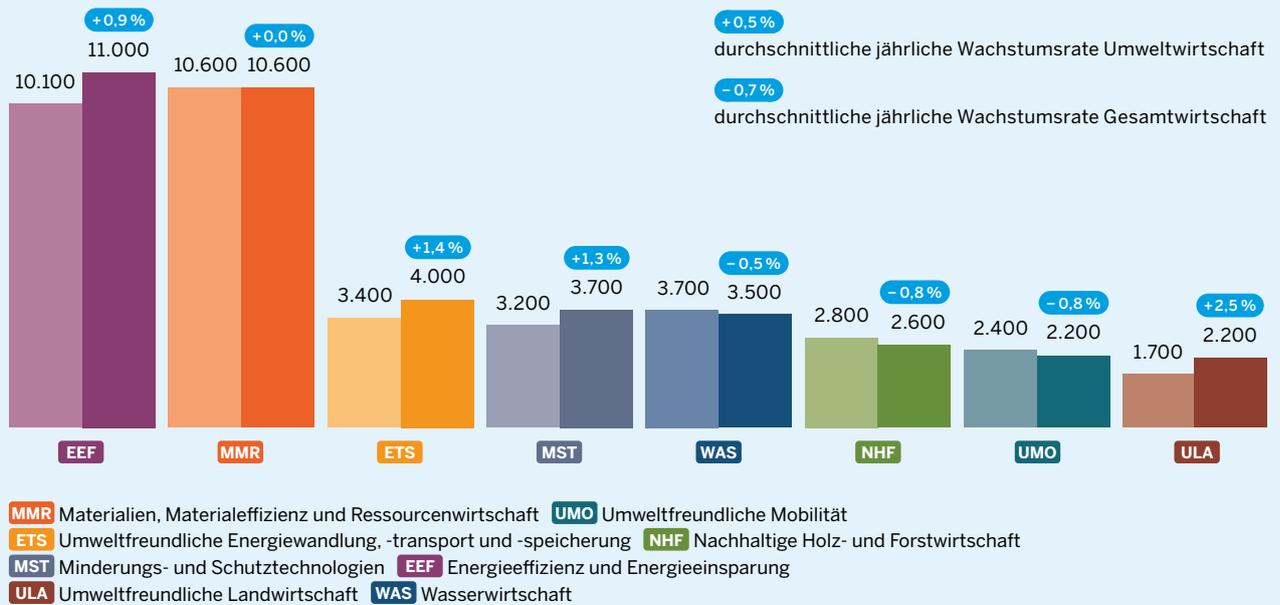


Abbildung 10: Anzahl der Unternehmen je Teilmarkt, 2010 und 2021

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt

die Transformation der Wirtschaft maßgeblich beeinflussen. Dies betrifft das Thema Energie, aber auch den Gebäude- oder Verkehrssektor. „Klassische“ Bereiche der Umweltwirtschaft (*Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft, Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft sowie Wasserwirtschaft*) weisen geringere Wachstumsraten auf.

In Bezug auf die Anzahl der Unternehmen lassen sich weitere Unterschiede feststellen. Der Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* ist beispielsweise geprägt durch eine Vielzahl kleiner Unternehmen und Betriebe, während vor allem die *Umweltfreundliche Mobilität* in größeren Unternehmen strukturiert ist. Die stärkste Entwicklung ist in der *Umweltfreundlichen Landwirtschaft* zu verzeichnen, welche sich entgegen dem Trend der konventionellen Landwirtschaft entwickelt und die Zahl der Unternehmen gegenüber 2010 deutlich steigern konnte. Insgesamt entwickelt sich die Umweltwirtschaft hinsichtlich der Unternehmenszahl stärker als die Gesamtwirtschaft in Nordrhein-Westfalen.

## UMWELTWIRTSCHAFT – EIN ÜBERBLICK

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 Abgrenzungs-

modell konzipiert, das in den Folgeberichten 2017, 2020, 2022 und 2024 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 des vorliegenden Berichts wurde das Abgrenzungsmodell erneut aktualisiert und weiter verfeinert. Insbesondere durch eine umfangreichere Abgrenzung der Fahrradwirtschaft können im Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* detailliertere Ergebnisse abgeleitet werden. Auch in den anderen Teilmärkten gab es Verbesserungen und Nachschärfungen in der Methodik.

Für den Umweltwirtschaftsbericht 2024 wurden die Kennwerte auf Basis der überarbeiteten Methode ab dem Referenzjahr 2010 neu berechnet. Damit kann die Entwicklung über den Betrachtungszeitraum von 2010 bis 2023 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.de](http://www.umweltwirtschaft.nrw.de).

Abbildung 11: Teilmärkte, Marktsegmente und Technologiebereiche der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft



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

## EINE DOPPELTE DIVIDENDE FÜR DAS NRW-PORTFOLIO: DER ÖKOLOGISCHE NUTZEN DER UMWELTWIRTSCHAFT

### DIE UMWELTWIRTSCHAFT SCHAFFT EINEN ÖKOLOGISCHEN MEHRWERT VON KNAPP 29 MRD. EURO

Die Umweltwirtschaft leistet für Nordrhein-Westfalen nicht nur einen sozio-ökonomischen, sondern auch einen ökologischen Beitrag für die Umwelt, das Klima und die Gesellschaft. Beispielsweise trägt der Öffentliche Nahverkehr (ÖPNV) dazu bei, dass im Verkehrsbereich klimaschädliche Treibhausgase und gesundheitsgefährdende Luftschadstoffe vermieden werden können. Weitere Produkte und Dienstleistungen der Umweltwirtschaft, wie zum Beispiel die des Teilmarktes *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*, tragen dazu bei, dass in NRW aber auch anderswo fossile Energiequellen durch erneuerbare Energien ersetzt werden können.

Insgesamt lässt sich der ökologische Mehrwert der Umweltwirtschaft auf etwa 28,9 Mrd. Euro beziffern. Dieser steht ergänzend zur ökonomischen Bruttowertschöpfung der Branche in Höhe von 52,8 Mrd. Euro. Die Umweltwirtschaft NRW erwirtschaftet damit eine doppelte Dividende.



### VERMIEDENE TREIBHAUSGAS- UND SCHADSTOFFEMISSIONEN UND ÖKOLOGISCHE WERTSCHÖPFUNG

Der Umweltnutzen der Umweltwirtschaft wurde erstmals im Umweltwirtschaftsbericht NRW 2022 angebotsseitig erfasst und nach Möglichkeit quantifiziert. Dabei wurden die ökologischen Wirkungen der Teilmärkte der Umweltwirtschaft identifiziert und mithilfe der aktuell verfügbaren Literatur beziffert und monetarisiert. Das Vorgehen ist dabei als explorativer Ansatz zu verstehen, da nicht alle

Effekte bemessen und Wechselwirkungen betrachtet werden können (siehe „Der explorative Ansatz zur Quantifizierung und Monetarisierung der Effekte“).

Die ökologische Leistung der Umweltwirtschaft setzt sich dabei aus den vermiedenen Umweltkosten und der ökologischen Wertschöpfung zusammen. Erstere beschreibt die Leistung aus vermiedenen Treibhausgas- und Schadstoffemissionen und summiert sich für das Jahr 2023 auf rund 19,6 Mrd. Euro. Die ökologische Wertschöpfung hingegen beschreibt Leistungen, die einen direkten Nutzen stiften, wie zum Beispiel die Rückgewinnung wichtiger Ressourcen durch Recycling oder den Nutzen durch den Erhalt der natürlichen Landschaften und Artenvielfalt. Diese Leistung der Umweltwirtschaft beträgt 2023 insgesamt 9,3 Mrd. Euro.

Grundlage der Analyse bildet ein Mapping zu den ökologischen Wirkungen der Teilmärkte der Umweltwirtschaft. Es zeigt die primären und sekundären Wirkbereiche der einzelnen Marktsegmente auf. Die primären Wirkbereiche bilden dabei die direkten Umweltwirkungen ab, auf die die Produkte oder Dienstleistungen ausgerichtet sind und weshalb sie der Umweltwirtschaft zugeordnet werden (siehe „Umweltwirtschaft – ein Überblick“). Die sekundären Wirkbereiche bilden dagegen die zusätzlichen positiven Effekte ab, die die Teilmärkte auf andere Umweltbereiche über ihre primäre Wirkung hinweg haben. Beispielsweise zielen erneuerbare Energien vor allem darauf ab, fossile Energiequellen zu ersetzen und dadurch die Emissionen von Treibhausgasen zu verringern. Neben dieser primären Wirkung tragen erneuerbare Energien zusätzlich auch zu einer Verbesserung der Luftqualität bei, denn die Verbrennung von fossilen Energieträgern führt auch zu Emissionen von umweltschädlichen Luftschadstoffen. Die Kategorisierung nach primären und sekundären Wirkungen hängt dabei nicht mit der relativen Größe der Umwelteffekte zusammen, sondern richtet sich allein nach dem jeweiligen Zweck der Güter und Dienstleistungen.

Das Mapping umfasst die folgenden Wirkbereiche:

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

Der Ansatz fokussiert – ohne dabei eine Gesamtbilanz aufzustellen – auf den jeweiligen ökologischen Zweck der Umweltwirtschaftsprodukte und Dienstleistungen. Eventuelle Wechselwirkungen und negative Effekte werden nicht analysiert.

Teilmarkt	Marktsegment	Klimaschutz & EEF	Ressourcenschutz (Rohstoffe)	Klimaanpassung	Luftreinhaltung	Gewässerschutz	Bodenschutz	Biodiversität	Lärmschutz	Stadt- und Landschaftsbild
EEF	Energieeffiziente und resiliente Gebäude	P		P						
	Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	P								
MMR	Abfallbehandlung und -verwertung	S	P		S	S	S			
	Abfallsammlung und -transport	S	P							S
MMR	Materialeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	S	P							
	Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien		P							
	Technik für die Abfallwirtschaft	S	P				S			
MST	Bodenschutztechnologien und -sanierung			S		S	P	S		
	Lärmminderungs- und Luftreinigungstechnologien				P				P	
NHF	Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen			P		S	S	S		S
	Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	S	P							
NHF	Nachhaltige Forstwirtschaft	S	P	P	P	S	S	S		P
	Nachwachsende Holzbaustoffe	S	P							
ETS	Erneuerbare Energien	P			S					
	Intelligente Energiesysteme und Netze	P		S						
ULA	Speichertechnologie	P		S						
	Agrarumweltmaßnahmen	S		S		P	P	P		P
ULA	Ökologische und Regionale Landwirtschaft	P	S	S	S	P	P	P		P
	Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft		S	S		P	P	P		
UMO	Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	P	S	S	P				S	
	Fahrradwirtschaft	P			P				S	S
WAS	Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	P	S		P					
	Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	P			S					
WAS	Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement		S	S		P		S		
	Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz		S	P		P		S		
	Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung		S	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 13: Mapping der ökologischen Wirkungen der Umweltwirtschaft NRW**

Quelle: Prognos, IÖW 2024

### VOM ERHALT DER BIODIVERSITÄT BIS ZUM RESSOURCENSCHUTZ – DIE SECHS WIRKUNGSBEREICHE DER UMWELTWIRTSCHAFT

Die Ergebnisse lassen sich nach den unterschiedlichen Wirkungsbereichen differenzieren. Dabei zeigt sich weiterhin, dass die Umweltwirtschaft in sechs Bereichen einen signifikanten Beitrag leistet:

- Der Beitrag der Umweltwirtschaft zum Klimaschutz entspricht ca. 63 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-Äq.), die durch umweltwirtschaftliche Produkte und Leistungen in NRW und über die Landesgrenzen hinaus eingespart werden.

Die dadurch vermiedenen gesellschaftlichen Schäden belaufen sich auf ca. 13,6 Mrd. Euro.

- Durch Dienstleistungen, wie zum Beispiel Recycling und Reparaturen, sowie durch den Einsatz und die Verarbeitung nachhaltiger Rohstoffe wie Holz trägt die Umweltwirtschaft dazu bei, dass der Verbrauch umweltbelastender oder knapper Ressourcen reduziert werden kann. Insgesamt belaufen sich die quantifizierbaren Ressourceneinsparungen auf über 8,5 Mio. t. Gemessen am Marktwert der eingesparten Rohstoffe liegt der ökologische Nutzen des umweltwirtschaftlichen Ressourcenschutzes bei ca. 6,6 Mrd. Euro.



Vernetztes Stadtgrün: Die Bundestadt Bonn testet den Einsatz von Echtzeit-Feuchtesensoren, um die gegenüber Trockenheit besonders sensiblen Jungbäume optimal bewässern zu können.

- Die Umweltwirtschaft erzielt auch positive Wirkungen für den Boden- und Gewässerschutz. Insbesondere die Vermeidung von Nährstoffemissionen in die Oberflächengewässer trägt dazu bei, dass das Grundwasser, die aquatischen Ökosysteme und deren Biodiversität weniger stark belastet sind. Der Wert dieser Leistung beläuft sich auf ca. 3,9 Mrd. Euro.
- Durch umweltschonende Praktiken auf Forst- und Agrarflächen sowie durch die Pflege und den Erhalt von naturnahen Flächen auf dem Land und Grünanlagen in der Stadt nimmt die Umweltwirtschaft Einfluss auf das Landschaftsbild und die Biodiversität. Mithilfe von Zahlungsbereitschaften wird die gesellschaftliche Wert-
- schätzung für das Landschaftsbild und die Biodiversität bestimmt und beläuft sich auf ca. 2,7 Mrd. Euro.
- Die Umweltwirtschaft leistet auch einen Beitrag zur Luftreinhaltung. Insgesamt werden durch umweltwirtschaftliche Leistungen ungefähr 88.000 t Luftschadstoffe vermieden, z. B. Stickstoffoxide und Feinstaubpartikel. Durch die Vermeidung von Luftschadstoffen können v. a. in NRW Umwelt- und Gesundheitsschäden in Höhe von ca. 1,9 Mrd. Euro vermieden werden.
- Die Umweltwirtschaft trägt z. B. über die Bereitstellung, den Erhalt und die Pflege von Stadtgrünelementen zur Klimaanpassung bei. Unter Klimaanpassung werden

**Quantifizierte Ökologische Effekte nach Wirkungsbereichen**

Klimaschutz	Ressourcenschutz	Luftreinhaltung	Boden- und Gewässerschutz	Landschaftsbild & Biodiversität	Klimaanpassung
13,6 Mrd. €	6,6 Mrd. €	1,9 Mrd. €	3,9 Mrd. €	2,7 Mrd. €	0,2 Mrd. €
62,6 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äq.	>8,5 Mio. t vermiedener Verbrauch knapper und umweltbelastender Ressourcen	88.000 t vermiedene Luftschadstoffe	98.000 t vermiedene Nährstoffemissionen	Zahlungsbereitschaften für Schutz, Erhalt und Pflege des Landschaftsbildes und der Biodiversität	3,2 Mio. m <sup>3</sup> zurückgehaltenes Regenwasser; Abkühlung des Stadtklimas

Quelle: Prognos/IÖW 2024

Tabelle 3: Ökologische Mehrwerte sowie ökonomische Bruttowertschöpfung der Teilmärkte der Umweltwirtschaft, in Mrd. Euro (2023), Werte gerundet

	EEF	MMR	NHF	ETS	ULA	UMO	WAS	MST	Summe
Landschaftsbild & Biodiversität			0,8		0,2			1,7	2,7
Boden- und Gewässerschutz					0,1		3,8		3,9
Luftreinhaltung			0,4	0,1	0,1	1,1		0,2	1,9
Ressourcenschutz		6,6							6,6
Klimaschutz	1,5	3,9	3,3	1,9	0,005	2,9		0,1	13,6
Klimaanpassung								0,2	0,2
<b>Summe ökologischer Mehrwert</b>	<b>1,5</b>	<b>10,5</b>	<b>4,5</b>	<b>2,0</b>	<b>0,4</b>	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>	<b>2,2</b>	<b>28,9</b>
<b>Ökonomische Bruttowertschöpfung</b>	<b>8,2</b>	<b>16,9</b>	<b>2,3</b>	<b>6,7</b>	<b>1,3</b>	<b>8,6</b>	<b>6,3</b>	<b>2,5</b>	<b>52,8</b>

Quelle: Prognos/IÖW 2024

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

dabei Umwelteffekte verstanden, die die Widerstandsfähigkeit des Landes gegenüber den Folgen des Klimawandels, wie zum Beispiel zunehmende Starkregenereignisse oder steigende Temperaturen, stärken. Für den Umweltwirtschaftsbericht NRW 2024 wurde erstmals die Klimaanpassungsleistung anhand des Nutzens des Stadtgrüns in den zehn einwohnerstärksten nordrhein-westfälischen Städten umweltökonomisch bewertet. Dabei wurde die Wirkung des Stadtgrüns auf das städtische Mikroklima und den urbanen Wasserrückhalt betrachtet. Der berechnete Wert für die zehn Städte liegt bei ca. 0,2 Mrd. Euro.

Neben einer Differenzierung nach den Wirkungen lassen sich die Ergebnisse auch den verschiedenen Teilmärkten der Umweltwirtschaft zuordnen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Gesamtleistung der einzelnen Teilmärkte sowohl im Hinblick auf die quantifizierten ökologischen Leistungen als auch die ökonomischen Beiträge. Der gesamtgesellschaftliche Mehrwert der Leistungen ergibt sich aus beiden Faktoren zusammen. Dabei ist nochmals zu betonen, dass die Einschätzung des ökologischen Mehrwertes nicht alle relevanten Aspekte berücksichtigt.

## DER EXPLORATIVE ANSATZ ZUR QUANTIFIZIERUNG UND MONETARISIERUNG DER EFFEKTE

Die Quantifizierung und Monetarisierung der ökologischen Effekte der Umweltwirtschaft verfolgt einen explorativen Ansatz. Für die Erstellung des NRW-Umweltwirtschaftsberichts 2024 wurde die für den letzten Bericht entwickelte

Vorgehensweise übernommen.<sup>5</sup> Grundlage und Anknüpfungspunkte der Vorgehensweise zur Quantifizierung und Monetarisierung der ökologischen Effekte sind:

- ökologische und umwelttechnische Kennzahlen zu den Effekten umweltwirtschaftlicher Aktivitäten aus der Fachliteratur,
- Umweltkennzahlen des Landes NRW,<sup>6</sup>
- Umweltkosten (z. B. zu vermiedenen Umwelt- oder Gesundheitsschäden) aus der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes sowie<sup>7</sup>
- umweltökonomische Bewertungsmethoden und -ergebnisse aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen (z. B. Zahlungsbereitschaften für den Erhalt der Biodiversität).

Außerdem wird in der quantitativen Bestimmung der Umwelteffekte unterschieden, ob die ökologischen Effekte *regional* (also direkt vor Ort) eintreten oder *nicht eindeutig* verortbar sind, da die den Effekten zugrundeliegenden umweltwirtschaftlichen Produkte, Dienstleistungen und Technologien über die Grenzen Nordrhein-Westfalens gehandelt werden.

Im ersten Fall wird zur Quantifizierung der Wirkungen der sogenannte Regionalansatz verwendet. Dabei werden die ökologischen Effekte über ein kontrafaktisches Szenario bestimmt. Das heißt, es wird unter vereinfachenden Annahmen geprüft, welche Umwelteffekte eintreten würden, wenn es die zu bewertende Leistung oder Aktivität der Umweltwirtschaft nicht geben würde. Die Differenz zwi-

schen dem Ist- und dem kontrafaktischen Szenario wird dabei als die Umweltwirkung betrachtet. Der Regionalansatz lässt sich beispielsweise gut an der Umweltwirkung des ÖPV darstellen. So wurde der Effekt des ÖPV über die Menge der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen bestimmt, die entstehen würden, wenn der ÖPV nicht existieren würde und durch andere Verkehrsmittel ersetzt werden müsste.

Der zweite Fall betrifft Technologien und Dienstleistungen, die in die Herstellung eines finalen Produkts einfließen, das letztlich eine positive ökologische Wirkung in seiner Nutzung hat, aber nicht unbedingt in NRW genutzt wird. Zur Bestimmung des ökologischen Beitrags dieser Technologien und Leistungen wird der so genannte Wertschöpfungsansatz verwendet. Die Vorgehensweise lässt sich am Marktsegment *Erneuerbare Energien* veranschaulichen. Das Marktsegment umfasst Leistungen, die in Planung, Bau, Installation und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie miteinfließen. Das heißt, die NRW-Umweltwirtschaft leistet einen Beitrag zur ökologischen Wirkung der finalen Energieanlage unabhängig davon, ob die Anlage in oder außerhalb Nordrhein-Westfalens installiert und in Betrieb genommen wird. Die ökologische Wirkung erneuerbarer Energien liegt vor allem in der Vermeidung von Emissionen durch die Substitution von fossilen Energiequellen, da sie von Planung über Fertigung und Errichtung bis zum Betrieb in ihrer Gesamtbilanz grundsätzlich weniger Treibhausgas-Äquivalente und Luftschadstoffe emittieren als fossile Energiesysteme.<sup>8</sup> Um den Beitrag der Leistungen der NRW-Umweltwirtschaft an diesen Emissionseinsparungen zu quantifizieren, wird den unterschiedlichen Komponenten des Lebenszyklus der Energieanlagen ein Einsparungseffekt zugeschrieben und anschließend mit den Wertschöpfungsaktivitäten des Teilmarkts *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* verrechnet.<sup>9</sup>

Jede Quantifizierung und Monetarisierung der Effekte wurde fallspezifisch und nur bei geeigneter Datenlage und -verfügbarkeit durchgeführt. Die Annahmen, die den Analysen und Berechnungen zugrunde liegen, wurden auf die aktuelle Fachliteratur gestützt und vorsichtig getroffen. Verlagerungs- oder Bumerangeffekte wurden nicht betrachtet. Aus diesen Gründen können die Ergebnisse nur eine Annäherung an die tatsächlichen ökologischen Wirkungen der Umweltwirtschaft darstellen.

Da viele positive Wirkungen nicht quantifiziert werden können, ist insgesamt von einer Unterschätzung der Leistungen auszugehen.

Im Vergleich zum Umweltwirtschaftsbericht NRW 2022 fallen die Ergebnisse der ökologischen Bewertung der Umweltwirtschaft geringfügig höher aus. Dabei kommen Veränderungen in der Datenlage zum Tragen. Die Daten-

lage und -verfügbarkeit verändert sich stetig und die methodische Vorgehensweise ist weiterhin explorativ. Das hat zur Folge, dass in diesem Bericht umweltwirtschaftliche Leistungen und deren ökologische Wirkungen berücksichtigt werden, die zuvor nicht betrachtet wurden, wie z. B. die positiven Umweltwirkungen des Stadtgrüns in den nordrhein-westfälischen Städten.

## IM FOKUS: DIE AUSSERORDENTLICHEN LEISTUNGEN DES STADTGRÜNS IN NRW

Die Umweltwirtschaft in NRW unterstützt die im Teilmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien* verorteten Klimaanpassungsleistungen u. a. durch die Bereitstellung und Pflege von urbanen Grünanlagen, Straßengrün sowie durch Dach- und Fassadenbegrünungen.

Stadtgrün hat für die Stadtbevölkerung positive Umweltwirkungen, die über den wichtigen Faktor als Freizeittflächen und Orte der Erholung hinausgehen: Naturbasierte Maßnahmen zum Erhalt und Ausbau des Stadtgrüns leisten bereits heute einen wichtigen Beitrag zur urbanen Klimaanpassung.<sup>10</sup> Vor dem Hintergrund des Klimawandels und zunehmender Extremwetterereignisse, wie z. B. Hitzeperioden und Starkregenereignisse, wächst daher die Bedeutung des urbanen Grüns. Hinzu kommen weitere positive ökologische Effekte bezogen auf die Luftreinhaltung, den Klimaschutz und das Grundwasser.

Mithilfe eines vom IÖW entwickelten Online-Tools<sup>11</sup> lässt sich der ökologische Mehrwert der Ökosystemleistungen der Stadtgrünelemente Grünflächen, Straßenbäume, begrünte Rad- und Fußwege und Dachbegrünung<sup>12</sup> abschätzen. Die im Tool abgebildeten Ökosystemleistungen umfassen die Klimaschutzleistung durch die CO<sub>2</sub>-Bindung der Biomasse des Stadtgrüns, die Luftreinhaltung durch die Filtration von Luftschadstoffen, die Abkühlung des Mikroklimas durch Verdunstungsprozesse der Pflanzen und den Schattenwurf der Bäume, die Wasserrückhalteleistung der unversiegelten Böden und die ästhetische Wirkung auf das Stadtbild.

Mit dem Tool lassen sich für 23 deutsche Städte in der Größenordnung ab 300.000 Einwohnerinnen und Einwohner verschiedene Szenarien berechnen, wie sich die Bereitstellung der Ökosystemleistungen ändert, wenn sich die Ausstattung der Stadtgrünelemente im Vergleich zum aktuellen Status erhöht. [Abbildung 14](#) stellt ein beispielhaftes Szenario für Düsseldorf dar.

Zur Bestimmung der Änderungen der Ökosystemleistungen werden unterschiedliche Funktionen verwendet, die auf Literaturwerten (z. B. Oberflächenabflusswerten und

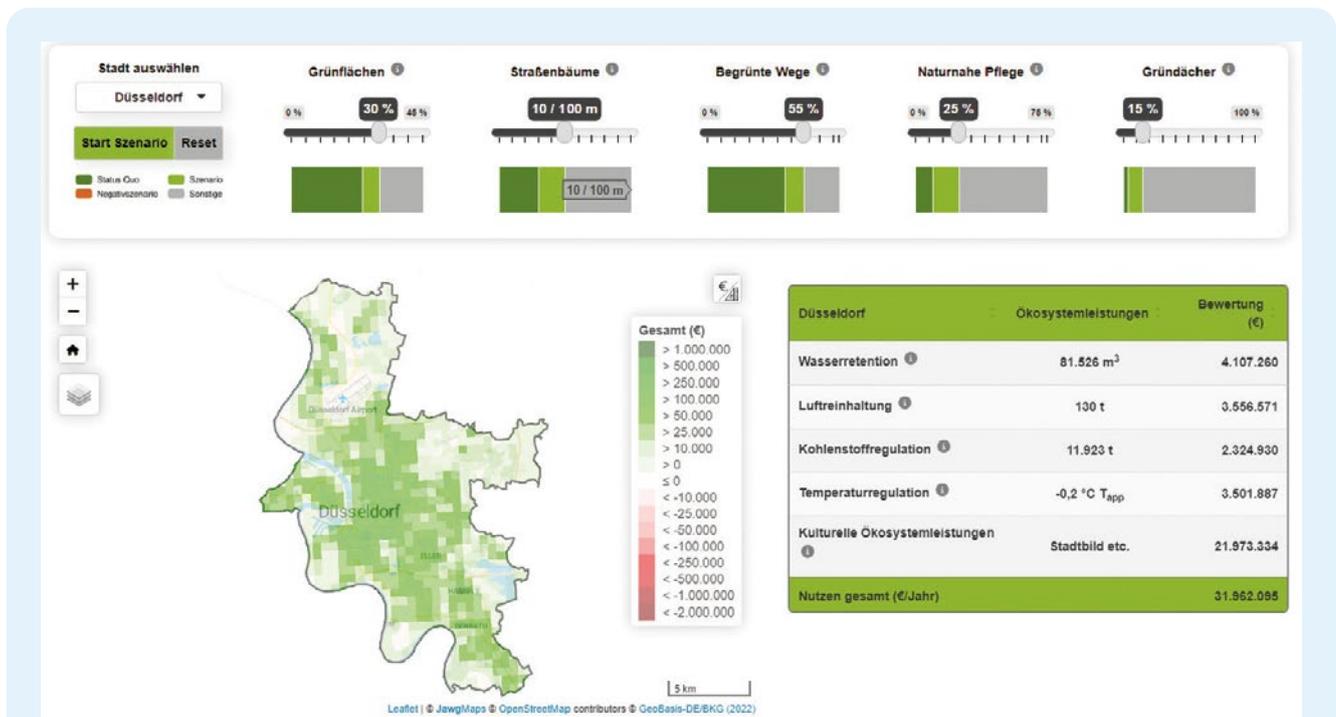


Abbildung 14: Auswertung der Ökosystemleistungen mit der Stadtgruenapp, Beispiel Düsseldorf

Quelle: www.stadtgruen-wertschaetzen.de

CO<sub>2</sub>-Bindungswerten unterschiedlicher Pflanzentypen) oder auf Modellierungen (z. B. stadtklimatischen Modellierungen) basieren. Die umweltökonomische Bewertung der Änderung der Ökosystemleistungen basiert wiederum auf unterschiedlichen Methoden und Kostenwerten. Für die Bewertung der CO<sub>2</sub>-Speicherleistung und Luftschadstofffiltration wurden die Schadenskosten der Methodenkombination des Umweltbundesamts verwendet, die die Schäden dieser Emissionen an Gesundheit, Infrastruktur und Biodiversität abbilden. Die Abkühlung des urbanen Mikroklimas wirkt sich u. a. positiv auf die Gesundheit und Arbeitsfähigkeit der Stadtbevölkerung aus, was sich über eingesparte Gesundheitskosten und vermiedene Produktivitätsverluste ökonomisch bewerten lässt. Der ökonomische Wert der Wasserrückhalteleistung ergibt sich aus dem Volumen des Regenwassers, das auf den Grünflächen und den Dachbegrünungen zurückgehalten wird, und den Kosten, die für den Ausbau der Wasserinfrastruktur anfallen würden, um das durch die Grünflächen zurückgehaltene

Wasservolumen aufzufangen. Die Veränderung des Stadtbilds durch Stadtgrünelemente wird über Zahlungsbereitschaften bewertet. Diese Zahlungsbereitschaften wurden im Rahmen einer repräsentativen Befragungsstudie mit 8.000 Befragten über ein sogenanntes Choice-Experiment erhoben.<sup>13</sup> Die Zahlungsbereitschaften geben dabei die monetäre Wertschätzung für die Stadtgrünelemente und ihre Wirkungen auf das Stadtbild, die urbane Biodiversität und die Lebenszufriedenheit wieder.<sup>14</sup>

Das Tool wurde zur umweltökonomischen Bewertung der Ökosystemleistungen des aktuell vorhandenen Stadtgrüns der zehn einwohnerstärksten Städte in NRW – Bielefeld, Bochum, Bonn, Dortmund, Duisburg, Düsseldorf, Essen, Köln, Münster und Wuppertal mit jeweils ≥ 300.000 Einwohnerinnen und Einwohnern – herangezogen. Dazu kann anhand des Tools für jede der Städte ein kontrafaktisches Extremszenario ohne Stadtgrün simuliert werden. Das heißt, im Tool wird die Ausstattung der unterschiedlichen

▣ Addierte Leistungen des Stadtgrüns in den 10 einwohnerstärksten Städten in NRW

Ökosystemleistung	Kohlenstoff-Regulation	Luftreinhaltung	Wasserretention	Temperaturregulation	Stadtbild und Biodiversität
<b>Ökologischer Mehrwert in €</b>	90 Mio. €	176 Mio. €	178 Mio. €	27 Mio. €	1.600 Mio. €
<b>Ökologische Leistung</b>	420.000 t CO <sub>2</sub> -Äq.	4.978 t Luftschadstoffe	3,2 Mio. m <sup>3</sup>	Abkühlung des Straßenraums und der Gebäude	Wertschätzung der Stadtbevölkerung
<b>Gesamt</b>	<b>&gt;2.000 Mio. €</b>				

Quelle Prognos/IÖW, auf Basis des IÖW Stadtgrün-Tools

Stadtgrünelemente auf 0 % gesetzt. Die durch das Szenario berechneten Ergebniswerte werden im Tool für dieses kontrafaktische Szenario als Schäden, also mit einem negativen Vorzeichen, dargestellt. Sie können allerdings umgekehrt auch als der Nutzen der aktuellen Ausstattung der Stadtgrünelemente betrachtet werden.

Für die zehn einwohnerstärksten Städte in NRW ergeben sich auf Basis der derzeit bereits umgesetzten Begrü-  
nungselemente folgende Ergebnisse (kumulierte Werte):

Die Ergebnisse zeigen, dass der auf dieser Basis abschätz-  
bare Gesamtwert der bewerteten Ökosystemleistungen  
des Stadtgrüns allein für die zehn einwohnerstärksten  
nordrhein-westfälischen Städte bei über 2 Mrd. Euro liegt.  
Die ermittelten Werte stellen die außerordentliche Bedeu-  
tung des aktuellen Stadtgrünbestands heraus. Gleichzei-  
tig unterstreicht die Auswertung den großen Nutzen, den  
der Ausbau des Stadtgrüns in den Städten mit sich bringt  
– und wie wichtig die Unternehmen der Umweltwirtschaft  
sind, die zu der Bereitstellung und Pflege der Stadtgrün-  
elemente und somit auch zur Klimaanpassung beitragen.  
Dabei muss betont werden, dass das eingesetzte Tool nur  
eine Auswahl der Ökosystemleistungen der Stadtgrün-  
elemente abbildet und die Berechnungen mit methodi-  
schen Unsicherheiten und Annahmen einhergehen. Das  
heißt, die Ergebnisse der Auswertung markieren nur die  
untere Grenze des tatsächlichen Werts der Stadtgrün-  
elemente.

## IM FOKUS: DER ÖPNV – GUT FÜR DAS KLIMA, DIE GESUNDHEIT UND DIE UMWELT

Der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) in NRW gehört insbesondere hinsichtlich seiner Beschäftigungs-  
wirkung zum sehr relevanten Marktsegment *Umwelt-  
freundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen* im  
Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität*. Der ÖPNV setzt  
sich zusammen aus dem Straßenbahn-, Stadtbahn- und  
U-Bahnverkehr, den Nahlinienbussen und dem regionalen  
Eisenbahnverkehr. Er bietet eine ökologisch vorteilhafte  
Alternative zum motorisierten Individualverkehr und wird  
daher der Umweltwirtschaft zugerechnet.

Der ÖPNV in Nordrhein-Westfalen zählte im Jahr 2022  
knapp 500 Mio. Fahrgäste. Dabei legte der ÖPNV mehr als  
15 Mrd. Personenkilometer zurück.<sup>15</sup> Diese Transportleistung  
ist nicht nur bedeutsam für die Bruttowertschöpfung der  
nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft, sondern auch  
für den Klimaschutz, die Luftreinhaltung, das Stadtbild  
und den Lärmschutz.

Die ökologische Leistung des ÖPNV lässt sich auf Grund-  
lage der aktuellen Datenlage für die Klimaschutzleistung  
und die Luftreinhaltung ökonomisch bewerten. Für die  
Bewertung wird ein Vergleich zwischen dem Ist-Zustand  
und einem kontrafaktischen Szenario<sup>16</sup> durchgeführt. Der  
Ist-Zustand beschreibt die tatsächliche Verteilung der in



E-Bus der Kölner Verkehrsbetriebe

### Durch den ÖPNV in NRW vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen

	Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> -Äq.)	Luftschadstoffemissionen	Monetärer Wert
<b>Ist-Zustand</b>	40 Mio. t	213.000 t	12,4 Mrd. €
<b>Kontrafaktisches Szenario</b>	42 Mio. t	226.000 t	13,1 Mrd. €
<b>Vermiedene Umweltbelastung (Differenz)</b>	2 Mio. t	13.000 t	0,7 Mrd. €

Quelle: Prognos/IÖW, eigene Berechnung

NRW zurückgelegten Personenkilometer auf die unterschiedlichen (Nah)Verkehrsmittel, das sind neben dem ÖPNV der Pkw-, Rad- und Fußverkehr. Für das kontrafaktische Szenario wird angenommen, dass der ÖPNV nicht existiere und dessen Personenkilometer bzw. Verkehrsleistung durch die anderen Verkehrsmittel ersetzt werden müsste. Dabei wird sowohl angenommen, dass sich die gesamte Verkehrsleistung im kontrafaktischen Szenario nicht verändern als auch, dass sich die Personenkilometer des ÖPNV auf die anderen Verkehrsmittel gemäß der Verteilung im Ist-Zustand aufteilen würde.

Mithilfe von Treibhaus- und Luftschadstoffemissionswerten pro Personenkilometer des Umweltbundesamtes<sup>17</sup> werden schließlich die gesamten Emissionen des Verkehrs jeweils für den Ist-Zustand und das kontrafaktische Szenario berechnet. Diese Werte lassen sich anschließend unter Anwendung der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes monetarisieren. Die Differenz aus den Szenarien wird als die durch den ÖPNV vermiedenen Emissionen bzw. als die ökologische Leistung des ÖPNV verstanden (siehe [Tabelle 5](#)).

Im Ergebnis werden gemäß dieser Berechnung durch das Angebot des ÖPNV 2 Mio. t Treibhausgas- und 13.000 t Luftschadstoffemissionen vermieden. Das übersetzt sich in einen ökonomischen Wert von 700 Mio. Euro.

Hinter diesem Wert stecken konkrete Wirkungen, die die ökologische Leistung des ÖPNV greifbarer machen. Vermiedene Treibhausgasemissionen tragen zum Klimaschutz bei und damit zur Vermeidung zusätzlicher Schäden für Mensch und Natur durch den (voranschreitenden) Klimawandel. Luftschadstoffe belasten wiederum die Lunge und das Herz, führen durch Ablagerungen zu Gebäudeschäden, beeinträchtigen die Böden und Nutzpflanzen der Landwirtschaft und tragen zum Verlust von Biodiversität bei. Das zeigt, wie wichtig jede vermiedene Tonne an Luftschadstoffen ist.

Der Beitrag zum Stadtbild und Lärmschutz konnte zwar auf Grund fehlender Datengrundlagen nicht bewertet werden, ist aber ebenfalls als sehr bedeutend anzusehen. Unter der Annahme, dass der ÖPNV zum Teil den Pkw-Verkehr ersetzt, kann davon ausgegangen werden, dass durch das Angebot des ÖPNV weniger Pkw die Straße befahren. Das wirkt sich auf die Wahrnehmung des Stadt-

bilds, den Verkehrsfluss und die Straßenlärmbelastung aus. Falls der ÖPNV darüber hinaus sogar dazu beitragen sollte, dass insgesamt weniger Pkw in NRW in Besitz sind, hätte der ÖPNV vermutlich zusätzlich auch einen positiven Effekt auf den Parkplatzbedarf und dadurch auf die Freiflächen- und Straßengestaltung.

Die Ergebnisse können nicht dazu genutzt werden, um Aussagen über die Wirkung zukünftiger Vergrößerungen des ÖPNV-Angebots zu treffen, da die durchgeführte Analyse keine Substitutions- oder Sekundäreffekte berücksichtigt. Dennoch veranschaulichen die Ergebnisse, dass der ÖPNV gut für das Klima, die Gesundheit und die Umwelt in (und außerhalb) NRW ist.

## IM FOKUS: DER NATIONALPARK EIFEL

Der Nationalpark Eifel wurde 2004 gegründet und erstreckt sich über 11.700 Hektar. Nationalpark bedeutet, dass sich die Ökosysteme und Lebensräume auf dem Gebiet frei entwickeln und möglichst nicht durch menschliche Eingriffe in ihrer Entwicklung gestört werden. Nationalparke sind daher Schutzgebiete für Arten und Biotope. Soweit es der Schutzzweck erlaubt, dienen sie aber auch dem Naturerlebnis und der Umweltbildung.

Der Nationalpark Eifel ist ein touristischer Anziehungspunkt in NRW. Das verdeutlichen die rund 1,4 Mio. Tages- und Übernachtungsbesuche, die zuletzt im Rahmen eines Forschungsprojektes der Deutschen Sporthochschule Köln und der Universität Wien für Bodenkultur für den Untersuchungszeitraum 2022/2023 ermittelt worden sind. Der Naturtourismus rund um den Nationalpark trägt somit zur Wertschöpfung in NRW bei.

Im Rahmen der Studie wurde der Bruttoumsatz auf circa 76 Mio. Euro pro Jahr und ein Vollzeitbeschäftigungsäquivalent von 1.347 Personen, die rechnerisch ihr Einkommen aus touristischen Waren und Dienstleistungen beziehen, geschätzt.<sup>18</sup> Diese Berechnungen wurden bereits in unterschiedlichen Studien in der Vergangenheit durchgeführt. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass sich eine positive Trendentwicklung in der Anzahl der Besuche, im Bruttoumsatz und in den Beschäftigungsäquivalenten abzeichnet:



Nationalpark Eifel

- 2007 wurden 450.000 Besuche gezählt und ein Bruttoumsatz von circa 11 Mio. Euro pro Jahr und ein Beschäftigungsäquivalent von 265 Vollzeit Arbeitsplätzen berechnet.<sup>19</sup>
- 2014 bzw. 2015 wurde die Analyse erneut durchgeführt. Dabei wurden ungefähr 870.000 Besuche gezählt und der daraus resultierende Bruttoumsatz auf circa 35 Mio. Euro und das Beschäftigungsäquivalent auf 674 Vollzeit Arbeitsplätze geschätzt.<sup>20</sup>

Die Analysen deuten darauf hin, dass sich die wirtschaftliche Leistung, die durch den Nationalpark entsteht, bislang alle 7 Jahre verdoppelt hat. Das lässt sich einerseits durch die steigende Anzahl der Besuche erklären, andererseits aber auch durch die zunehmenden Ausgaben der Besucherinnen und Besucher vor Ort.<sup>21</sup> Das zeigt, dass der Nationalpark als ein Ort für Naturtourismus stetig an Bedeutung gewinnt.

Neben der Wertschöpfung und der positiven Beschäftigungswirkung leistet der Nationalpark Eifel natürlich noch viel mehr. Diese weiteren Leistungen, also die Ökosystemleistungen des Nationalparks, liegen beispielsweise in der Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Habitaten, dem Schutz und Erhalt seltener und bedrohter Arten sowie im Besonderen im Erholungsnutzen, den der Nationalpark Eifel aufgrund seiner Naturbelassenheit und biologischen Vielfalt für seine Besucherinnen und Besucher bereitstellt.

Die Leistungen für den Schutz und Erhalt der Artenvielfalt lassen sich mit der gegenwärtigen Datenlage nicht eindeutig bewerten. Allerdings deuten Zahlungsbereitschafts-

studien darauf hin, dass die gesellschaftliche Wertschätzung für diese Leistung sehr groß ist. Eine Auswertung unterschiedlicher ermittelter Zahlungsbereitschaften zum Thema Natur- und Artenschutz schätzt die durchschnittliche Wertschätzung der Gesellschaft für Naturschutzprogramme und -gebiete auf circa 138 Euro pro Haushalt pro Jahr.<sup>22</sup> Hochgerechnet auf die Anzahl der Haushalte in NRW ergibt sich daraus ein Wert von ungefähr 1,2 Mrd. Euro pro Jahr für die Entwicklung und Pflege von Naturschutzgebieten.

Der besondere Erholungsnutzen des Nationalparks Eifel lässt sich über die sogenannte Reisekostenmethode bestimmen. Mittels dieser Methode wurde bereits in mehreren Studien der Wert der Erholung des Nationalpark Eifel anhand aller Ausgaben bzw. Kosten geschätzt, das sind neben den Reisekosten auch die Opportunitätskosten.<sup>23</sup> Das heißt, der Wert zeigt auf, was Besucherinnen und Besucher bereit sind auszugeben, um den Nationalpark Eifel zu besuchen. Die in den Studien ermittelten Werte liegen zwischen 3 und 10 Mio. Euro pro Jahr. Dabei sollte allerdings darauf hingewiesen werden, dass diese Berechnungen auf Besucherzahlen und -befragungen aus dem Jahr 2007 basieren. Es kann daher angenommen werden, dass der tatsächliche Erholungsnutzen des Naturparks inzwischen noch deutlich höher ausfällt.

Zusammenfassend lässt sich auf Grundlage der Ergebnisse sagen, dass der Nationalpark Eifel ein gutes Beispiel dafür ist, wie Umwelt- bzw. Naturschutz und wirtschaftliche Wertschöpfung in Einklang miteinander gebracht werden können.

## EXKURS

# DIE UMWELTÖKONOMISCHE BEWERTUNG DER WIEDERVERNÄSSUNG VON MOOREN

Moore sind wichtige Ökosysteme, die eine Vielzahl von Ökosystemleistungen bereitstellen. Moore binden durch die Bildung von Torf atmosphärisches CO<sub>2</sub> und werden daher oftmals als die wichtigsten natürlichen „Klimaschützer“ betrachtet, indem sie als Senke für Treibhausgasemissionen wirken. Moore sind zudem wichtig für die Klimaanpassung: Der Klimawandel führt zu einer Zunahme von Extremwetterereignissen. Aufgrund ihrer besonderen Wasseraufnahmefähigkeit können Moorböden den Abfluss von Niederschlägen verlangsamen. Das kann beispielsweise bei Starkregen- und Hochwasserereignissen dazu beitragen, dass große Wassermengen zurückgehalten und dadurch Schäden in anliegenden Städten oder Dörfern verringert oder vermieden werden. Darüber hinaus können Moore auch einen Beitrag zum Gewässerschutz leisten. Moorböden können Nährstoffe zurückhalten, die andernfalls in umliegenden Gewässern zu einer Eutrophierung führen könnten. Eine Eutrophierung hat wiederum weitreichende Folgen sowohl für die aquatische Biodiversität als auch für die Freizeitliche Nutzung der Gewässer. Moore dienen außerdem dem Erhalt der Bio-

diversität, da sie extreme und einzigartige Ökosysteme sind und dadurch wichtige Lebensräume für seltene und hochspezialisierte Arten bieten. Diese Ökosystemleistungen können Moore jedoch nur bereitstellen, wenn sie nicht trockengelegt sind.

In der Vergangenheit wurden nasse Moore allerdings in erster Linie als Hindernis für die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen betrachtet. Mehr als 90 % der Moore in Deutschland sind daher heutzutage entwässert.<sup>24</sup> Das Problem dabei: Trockene Moore verlieren nicht nur ihren Status als Kohlenstoffsенке, sie werden dann sogar zur Quelle für Treibhausgasemissionen. Der in den Moorböden gebundene Kohlenstoff liegt durch die Trockenlegung offen und reagiert mit dem Sauerstoff aus der Atmosphäre. Dadurch gelangen insbesondere CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O (Lachgas) in die Atmosphäre und tragen zum Klimawandel bei. Aktuell (2020) emittieren entwässerte Moore pro Jahr ungefähr 53 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente und damit rund 7 % der jährlichen Treibhausgasemissionen in Deutschland.<sup>25</sup> Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass die Wie-



Im Oopenweher Moor (Kreis Minden-Lübbecke) werden Flächen entbuscht, beweidet und wiedervernässt.

derversäuerung von Mooren auf allen Ebenen an Relevanz gewonnen hat. So sind Maßnahmen zur Wiederversäuerung fester Bestandteil des bundesweiten Förderprogramms „Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK)“, bei dem der natürliche Klimaschutz, also die Verbindung des Schutzes der Natur und des Klimas, im Fokus steht.

Aktivitäten der Umweltwirtschaft spielen hierbei eine wichtige Rolle, beispielsweise bei der klimaorientierten Landschaftsplanung. Darüber hinaus können innovative Bewirtschaftungsformen wie z. B. Paludikulturen eine neue wirtschaftliche Perspektive für die Nutzung wiederversäurer Moorflächen bieten. Diese neuen Formen der Moorbewirtschaftung verlangen außerdem die Entwicklung neuer Technologien und Geräte. Auch hier kann die Umweltwirtschaft einen Beitrag leisten.

Bei den Diskussionen rund um die Wiederversäuerung stehen allerdings die Kosten der Maßnahmen oder die Opportunitätskosten durch Nutzungsverzichte<sup>26</sup> oftmals stärker im Vordergrund als der volkswirtschaftliche Nutzen. Hier kann die umweltökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen nasser Moore helfen, was hier anhand einer beispielhaften Modellrechnung auf Grundlage von Literaturwerten verdeutlicht werden soll: Die Planungs- und Baukosten für die Wiederversäuerung von Mooren werden in der Literatur mit einer großen Spannweite von 1.065 bis 17.555 Euro pro Hektar angegeben.<sup>27</sup> Bei bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen sind zudem die Opportunitätskosten zu berücksichtigen, die mit einer teilweisen oder vollständigen Nutzungsaufgabe einhergehen können.<sup>28</sup> Je nach Nutzung und Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche können die Opportunitätskosten variieren. Es werden hier Opportunitätskosten von ungefähr 1.000 Euro pro Hektar p. a. pauschal angenommen, was bei einem Zeithorizont von 30 Jahren und einer Abzinsung von 3 % einem Gegenwartswert von circa 19.600

Euro pro Hektar entspricht.<sup>29</sup> Damit ergibt sich eine Kosten-spanne von circa 20.665 bis 37.155 Euro pro Hektar, im Mittel 28.910 Euro pro Hektar. Geht man davon aus, dass bei einer Wiederversäuerung eines Moores zwischen 5 und 25 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Hektar p. a. eingespart werden können,<sup>30</sup> ergibt sich unter Verwendung der Schadenskosten für CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes ein gesellschaftliches Nutzenpotenzial von circa 1.000 bis 5.000 Euro pro Hektar p. a. Unter den getroffenen Annahmen zum Zeithorizont und der Abzinsungsrate würde der Wert der Klimaschutzleistung ungefähr zwischen 19.600 bis 98.000 Euro pro Hektar liegen. Der Mittelwert des Nutzens läge demnach bei ca. 58.900 Euro pro Hektar – und damit bei ungefähr dem Doppelten der Kosten. Die hier monetarisierte Klimaschutzleistung ist dabei nur eine der oben beschriebenen Umweltwirkungen, die aus der Wiederversäuerung der Moore resultieren. Im Rahmen einer konkreten Fallbeispielanalyse ließen sich die weiteren Wirkungen auf Nährstoff- und Wasserhaushalt sowie auf die Biodiversität quantifizieren und monetarisieren. Dies würde den Nettonutzen der Wiederversäuerung nochmals deutlich erhöhen. Diese beispielhafte Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen zeigt, dass Investitionen in die Wiederversäuerung gesamtgesellschaftlich und insbesondere für zukünftige Generationen eine hohe Rendite versprechen.

Mehr als 90 % der Moorflächen in NRW sind trockengelegt, davon können mehr als 23.000 Hektar theoretisch wiederversäuert werden.<sup>31</sup> Vor diesem Hintergrund besteht auch in NRW der politische Wille, wieder mehr Moore in ihren ursprünglichen Zustand zu bringen. Aktuell werden beispielsweise das Hündfelder Moor (Kreis Borken), das Oppenweher Moor (Kreis Minden-Lübbecke) und Moore im Naturraum der Bergischen Heideterrasse wiederhergestellt und wiederversäuert.



Lichtenau, eine der größten Flächengemeinden in Nordrhein-Westfalen, kombiniert Agrarumweltmaßnahmen wie Blühstreifen mit erneuerbaren Energien, darunter 187 Windenergieanlagen (Stand 2024).

# 2

## INNOVATIONEN DER NRW-UMWELTWIRTSCHAFT: IDEEN UND LÖSUNGEN FÜR DIE GRÜNE TRANSFORMATION

- I NRW zählt zu den globalen Innovationsführern bei Patenten der Umweltwirtschaft
- I Platz Drei im deutschen Innovationsgeschehen
- I Erfolgreiche grüne Gründungen in zentralen Innovationsfeldern

Über 10 %

jährlich steigt die Zahl der **Patentanmeldungen aus NRW** zur Windenergie und IKT für Energiesysteme (2010–2019).

### Moderne Gebäude

**als Hebel der Klimawende:** Ein deutschlandweit überdurchschnittlich hoher Anteil von grünen Patenten aus NRW adressiert *Energieeffiziente und resiliente Gebäude* bzw. die Immobilienwirtschaft.

Die Accurec-Recycling GmbH, Krefeld, nahm 2023 Europas erste Anlage zur Rückgewinnung von Lithium aus Altbatterien im industriellen Maßstab in Betrieb.



## Fokus Kreislaufwirtschaft:

Ein Viertel aller deutschen Patente zu *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* stammt aus NRW.



## Standortvorteil

**bei der Industrialisierung der Mobilitätswende:**  
Innovative Recyclingverfahren für komplexe Hochleistungs-Batteriepacks werden in NRW entwickelt.

## Traditionell fortschrittlich:

Im **Technologiebereich Holzwerkstoffe** der Umweltwirtschaft wird jedes 5. weltweite Patent in NRW angemeldet.



Zukunftsweisende technologische Lösungen und innovative Dienstleistungen zählen zu den wesentlichen Voraussetzungen für den weltweiten Übergang von Volkswirtschaften zu nachhaltigen, klimaneutralen und zirkulären Systemen. Die vorliegende Ausgabe des Umweltwirtschaftsberichtes analysiert daher die vielfältigen Aktivitäten der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft in diesen Bereichen. Eine Patentanalyse betrachtet die Aktivitäten in NRW im internationalen und nationalen Vergleich. An-

schließend werden ausgewählte Innovationsbereiche in den Fokus genommen, zu denen nordrhein-westfälische Akteure wichtige Lösungsbeiträge für die stattfindenden Transformationsprozesse leisten. Schließlich werden die wichtigsten Patentthemen in den verschiedenen Teilmärkten der Umweltwirtschaft näher betrachtet und die führenden Patentanmelder in NRW identifiziert. Dabei erfolgt auch eine ökonomische Einordnung der Teilmärkte und der darunter liegenden Marktsegmente.

## ANALYSE UND INTERPRETATION VON PATENTDATEN

Innovationstätigkeiten sind vielseitig und schwer zu messen. Es gibt verschiedene Quantifizierungsansätze, die jeweils unterschiedliche Facetten beleuchten. Analysen von F&I-Investitionen und Förderprogrammen betrachten die Input-Dimension, d. h. wie viel für Innovationsaktivitäten aufgewendet wird. Hierzu liegen jedoch lediglich aggregierte Datensätze vor, die nur schwer auf den Bereich der Umweltwirtschaft bezogen werden können. Auf der Output-Seite bieten Auswertungen von Publikationsdatenbanken einen detaillierten Einblick in die Forschungsleistungen von Hochschulen und Instituten. Webscreenings weiten den Betrachtungsrahmen auf Unternehmen aus, sind allgemein jedoch schwer zu interpretieren. Für die Analyse der Innovationen in der Umweltwirtschaft wird daher eine Auswertung internationaler Patentdaten vorgenommen. Der detaillierte Datensatz des europäischen Patentbüros (EPO) ermöglicht es, technologische Innovationen auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene zu vergleichen und Trends, Stärken und Potenziale zu identifizieren.<sup>32</sup>

Dennoch müssen bei der Interpretation von Patentdaten einige Aspekte beachtet werden. Generell kann der Innovationsgehalt eines Patents unterschiedlich hoch sein. Es kann sich dabei um ein grundlegendes Konzept, eine inkrementelle Verbesserung oder ein völlig neuartiges Produkt handeln. Außerdem unterscheiden sich international die Patentierungskulturen und Praktiken der Patentämter, zudem werden Patentanmeldungen mitunter unter politischen Gesichtspunkten genutzt. Dies muss beim Vergleich internationaler Patentdaten berücksichtigt werden. Für

eine bessere Vergleichbarkeit wurden für die vorliegende Analyse Patentdaten des EPO genutzt.<sup>33</sup>

Patentdaten weisen aufgrund langwieriger Prüfverfahren und Sperrfristen von bis zu 5 Jahren einen zeitlichen Verzug auf. Der aktuelle Datenrand der Analyse liegt somit beim Jahr 2021, wobei für die Jahre 2020 und 2021 ebenfalls noch keine Vollständigkeit gegeben ist. Für Jahresvergleiche wird daher das Jahr 2019 herangezogen.

Für die Analyse von Umweltwirtschaftspatenten wurde zunächst analog zur Abgrenzung der Produkte und Dienstleistungen der Umweltwirtschaft eine spezifische Abgrenzung im Rahmen der CPC-Patentklassifikation<sup>34</sup> erarbeitet. Diese unterscheidet rund 250.000 verschiedene Klassen und ermöglicht somit eine äußerst detaillierte Identifikation von Umweltwirtschaftspatenten. Beim Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien ist zu beachten, dass Patente häufig sowohl inhaltlich als auch geografisch mehrfach zugeordnet sind und der methodische Umgang damit unterschiedlich ausfallen kann. In der vorliegenden Analyse werden Mehrfachzuordnungen anteilig berücksichtigt. Beispielsweise geht ein Patent, das drei verschiedenen Klassen zugeordnet ist – einer mit Umweltwirtschaftsbezug und zwei ohne – zu einem Drittel in die Analyse ein. Die geografische Zuordnung erfolgt anhand der anmeldenden Institution. Dabei kann es zu Verzerrungen kommen, wenn Unternehmen oder Organisationen Patente an ihrem Hauptsitz anmelden, selbst wenn diese andernorts entwickelt wurden.

# NORDRHEIN-WESTFALEN IM GLOBALEN PATENTWETTBEWERB

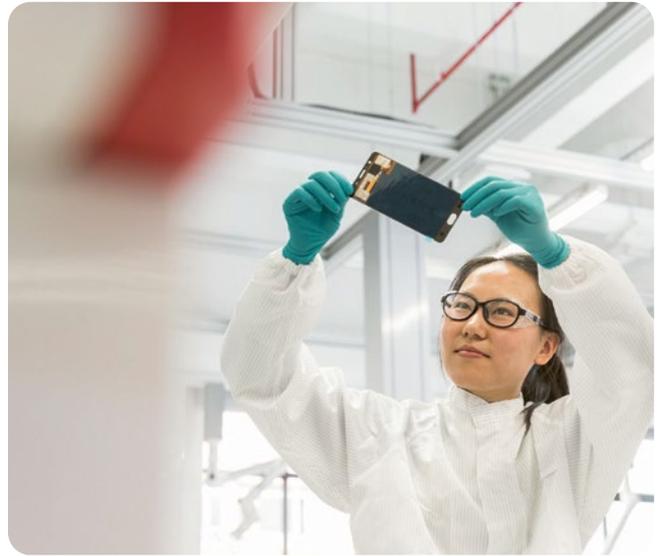
## DIE USA, JAPAN UND DEUTSCHLAND: GLOBALE INNOVATIONSZENTREN DER UMWELTWIRTSCHAFT

Das Patentgeschehen in der Umweltwirtschaft konzentriert sich auf wenige Akteure, die den Markt kontrollieren: Deutschland liegt mit 17,4 % der Patentanmeldungen international auf Rang Drei der Innovationsakteure der Umweltwirtschaft (siehe [Abbildung 15](#)). Nur die Vereinigten Staaten und Japan weisen mit je 18,7 % höhere Anteile auf.

Gemeinsam meldeten diese drei Industrienationen rund 55 % aller in Europa gültigen Umweltwirtschafts-Patente an und können damit als die etablierten Innovationszentren der Branche gelten.

Die anderen G20-Nationen spielen demgegenüber eine nachrangige Rolle. Mit Frankreich hat lediglich ein weiteres EU-Mitglied mit 6,1 % einen größeren Anteil am Innovationsgeschehen. Auch in der „Restgröße“ (siehe [Abbildung 15](#)) machen den größten Anteil v. a. weitere europäische Staaten wie Italien, Schweden, Dänemark, Österreich, Finnland und Spanien sowie Kanada aus. Schwellenländer wie Indien, Brasilien und Vietnam sind nur in geringem Maße am Innovationsgeschehen beteiligt.

In vielen Ländern stagnieren die jährlichen Patentanmeldungen seit 2010, so auch in den führenden Patentnationen USA, Deutschland und Japan, deren Vorreiterrolle



Global verknüpft: Forschungslabor von Henkel in Shanghai

darunter mittelfristig leidet. Vor allem außereuropäische Länder wie z. B. Südkorea (6,4 % der weltweiten Patente), das im Jahr 2019 rund 170 % der Patentanmeldungen von 2010 erreicht, werden im Markt aktiver.

**Chinas Bedeutung im Patentgeschehen wächst, setzt dabei aber vor allem auf Quantität.**

China zählt zwar zu den führenden Innovationsakteuren, der chinesische Anteil an den in Europa geltenden Umweltwirtschaftspatenten fällt dabei mit 4,6 % aber bislang

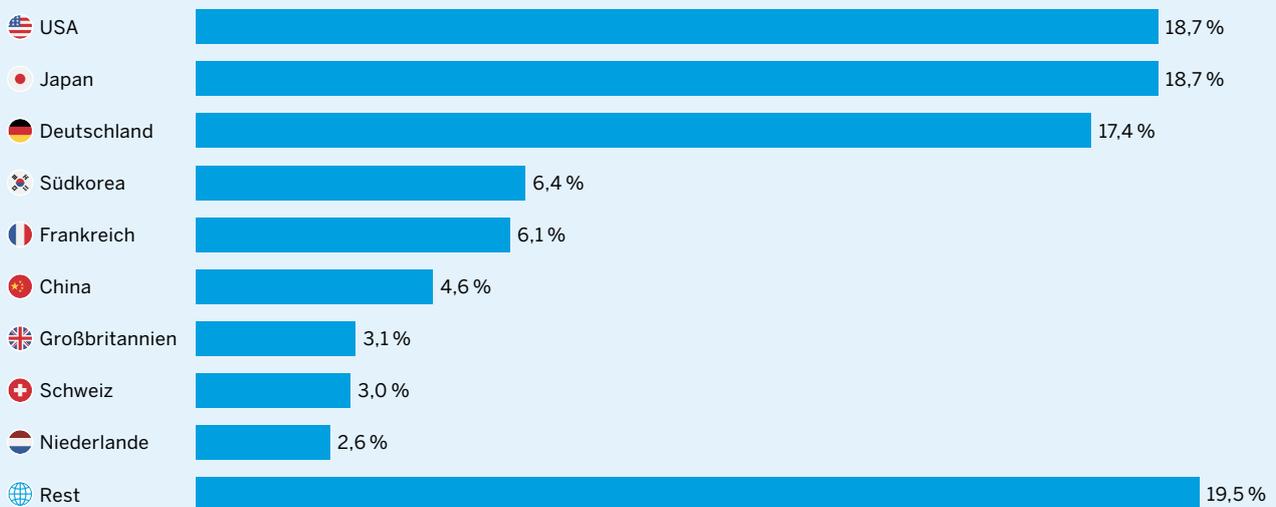
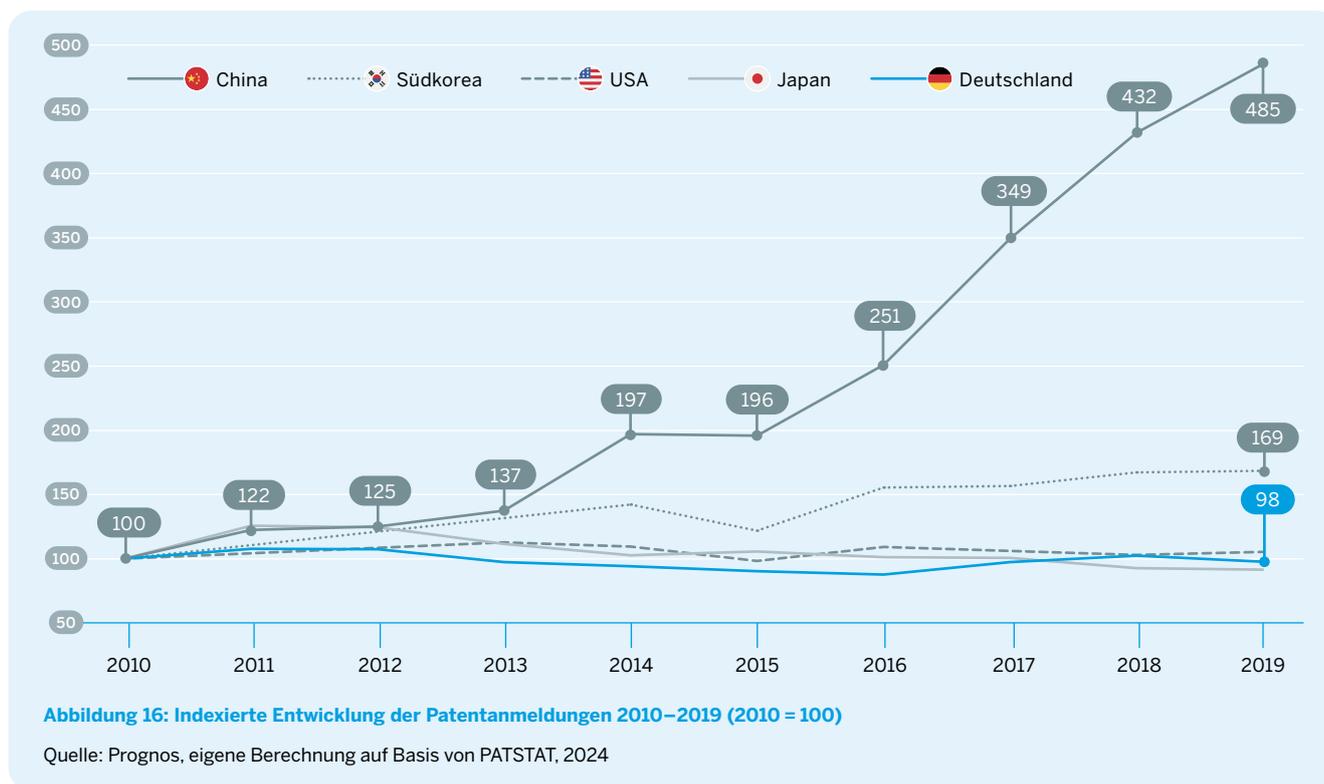


Abbildung 15: Anteile der Länder an den gesamten Umweltwirtschaftspatenten zwischen 2010 und 2021

Quelle: Prognos, eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024



überraschend gering aus. Allerdings holt China im zeitlichen Verlauf rasant auf (siehe [Abbildung 16](#)).

Die Anzahl der chinesischen Patentanmeldungen in der Umweltwirtschaft explodiert förmlich seit dem Jahr 2013 und steigert sich bis 2019 auf fast 500 % des Bezugsjahres 2010. Hält diese Dynamik an, wird es nicht lange dauern, bis China in der Umweltwirtschaft zu den Spitzenreitern USA, Japan und Deutschland aufgeschlossen hat und das Innovationsgeschehen (mit-)bestimmen wird.

Andere Patentanalysen von Klimaschutz- bzw. Umweltwirtschaftstechnologien weisen der Volksrepublik bereits heute eine deutlich dominantere Rolle zu.<sup>35</sup> Dies liegt an unterschiedlichen methodischen Zugängen und Daten Grundlagen der Patentanalysen. Auffällig ist insbesondere, dass die Zahl chinesischer Anmeldungen von internatio-

nal Patenten (und damit u. a. auch für den hier betrachteten europäischen Geltungsbereich) im Vergleich zu den rein nationalen bislang sehr gering ausfällt. Dies kann darauf hindeuten, dass viele Patente eine geringe Innovationskraft und ein niedriges ökonomisches Potenzial haben. Daher lohnt es sich ggf. nicht, den höheren finanziellen Aufwand auf sich zu nehmen, damit das Patent in anderen Weltregionen wie Europa gültig ist. Einen weiteren Erklärungsansatz für die hohe Zahl nationaler Patente bieten die politischen Umstände in China: In der Volksrepublik wird die absolute Anzahl der Patentanmeldungen von politischer Seite als Maßstab für die wirtschaftliche bzw. technologische Entwicklung genommen, es gilt daher das Prinzip „quantity first“. Die Regierung stellt zudem für die Anmeldung von Patenten massive Subventionen zur Verfügung. Patente werden daher nicht nur zur Sicherung der Innovationskraft angemeldet, sondern auch aus anderen

**Tabelle 6: Schwerpunkte der Top-3 Anmelde Länder bei Umweltwirtschaftspatenten, Anteil der Umweltwirtschaftspatente 2010–2021**

	USA	Japan	Deutschland
<b>Anteil ETS</b>	31,5 %	34,4 %	31,6 %
<b>Wichtigstes Marktsegment</b>	Intelligente Energiesysteme und Netze	Speichertechnologie	Erneuerbare Energien
<b>Anteil EEF</b>	28,2 %	19,5 %	18,9 %
<b>Wichtigstes Marktsegment</b>	Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	Energieeffiziente und resiliente Gebäude	Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien
<b>Anteil UMO</b>	16,1 %	29,6 %	26,9 %
<b>Wichtigstes Marktsegment</b>	Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien

Quelle: Prognos, eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024.



Weltmarktführer bei Antriebseinheiten von Windenergieanlagen: Flender in Voerde-Friedrichsfeld am Niederrhein

Motiven: beispielsweise um die Bewilligung von Subventionen zu erreichen, um die individuellen Karriereaussichten zu verbessern, zur Reputationssteigerung oder zur Zertifizierung als nationales High-Tech-Unternehmen.<sup>36</sup>

Die drei führenden Patentakteure der Umweltwirtschaft, die USA, Japan und Deutschland, haben eine sehr ähnliche Fokussierung in ihren Innovationsaktivitäten. Die drei wichtigsten Teilmärkte bilden in allen drei Staaten *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung (ETS), Energieeffizienz und Energieeinsparung (EEF) und Umweltfreundliche Mobilität (UMO)*. In den Anteilen dieser Teilmärkte sowie in der inhaltlichen Spezialisierung liegen jedoch deutliche Unterschiede. Während der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* in den drei Ländern mit mehr als 30 % die meisten Patentanmeldungen aufweist, sind innerhalb des Teilmarkts technologische Spezialisierungen zu beobachten. In den USA nehmen *Intelligente Energiesysteme* und Netze den Rang des wichtigsten Marktsegments mit dem besonders ausgeprägten Technologiebereich *Netzausbau und -betrieb* ein. Für Japan dominiert hier das Marktsegment *Speichertechnologie* mit deutlichem Abstand. Sehr dominant zeigt sich Japan im Bereich *Elektrochemische Speicherung von Energie*. Im Feld der Batterietechnologie kommt fast jedes dritte weltweite Patent aus Japan. In Deutschland nehmen *Erneuerbare Energien* die wichtigste Rolle ein. Hier liegt die stärkste Innovationskraft v. a. auf den beiden Säulen der Energiewende und wichtigsten erneuerbaren Energieträgern, *Windenergie* und *Solar*. Die drei innovationsstärksten Technologien sind demnach Windenergieanlagen, die photovoltaische Energieerzeu-

gung und organische Photovoltaikzellen. Vor allem bei der Solarenergie gehen die jährlichen deutschen Patentanmeldungen aber stark zurück. 2019 erreichten diese nur noch 28 % des Niveaus von 2010, d. h. ein Rückgang um 72 % ist zu verzeichnen. Im Vergleich dazu: In China lag die Zahl der Patentanmeldungen in diesem Bereich 2019 zwar noch leicht unter dem deutschen Wert, diese nahmen im selben Zeitraum aber um 48 % zu. Bei Patenten zur Windenergie zeigt sich eine etwas andere Situation. Deutschland weist hier nach wie vor deutlich höhere Patentanmeldungen auf als China – trotz eines (im Vergleich zur Solarenergie moderaten) Rückgangs um rund 20 %. China weist stark schwankende Werte auf. Ein klarer Aufholttrend ist hier bisher nicht zu erkennen.

Der Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* zeigt noch größere Unterschiede. In den USA liegt hier mit 28,2 % ein weiterer Innovationschwerpunkt, mit besonderem Fokus auf dem Marktsegment *Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien*. Die USA haben ihren Schwerpunkt im Technologiebereich *Prozessleit- und MSR-Technik* und insbesondere in den Einzeltechnologien zur Reduktion des Energieverbrauchs in kabellosen Kommunikationsnetzwerken, dem energieeffizienten Computing und der Prozesseffizienz. In Japan und Deutschland liegt dieser Teilmarkt mit jeweils ca. 19 % nur auf Rang Drei. In Deutschland nehmen die *Prozessleit- und MSR-Technologien* und insbesondere die industrielle Prozesseffizienz die bedeutendsten Positionen ein, allerdings sind auch intelligente Fabriken (smart factories) und die flexible und integrierte Produktion Schwerpunkte der Patentaktivitäten. In Japan ist der Technologiebereich *Gebäudetechnik* des

Marktsegments *Energieeffiziente und resiliente Gebäude* stärker ausgeprägt – insbesondere bei Brennstoffzellen für Gebäude ist Japan führend.

Die beiden für ihre Automobilindustrie bekannten Länder Deutschland und Japan zeigen dagegen im Unterschied zu den USA einen größeren Schwerpunkt im Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* und hier im Marktsegment *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien*. Dahinter verbergen sich neben Effizienzsteigerungen für Verbrennungsmotoren v. a. Technologien für die Elektromobilität und der Einsatz alternativer Kraftstoffe im Straßenverkehr, wie Wasserstoff und Biofuels. Im Marktsegment *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien* dominieren die zukunftsweisenden Batterie-technologien und Ladesysteme, im zurückliegenden Betrachtungszeitraum spielen aber auch Hybridsysteme eine wesentliche Rolle.

## NRW IM BUNDESWEITEN VERGLEICH

Im nationalen Vergleich (siehe [Abbildung 17](#)) führen die beiden südlichen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg. Nordrhein-Westfalen liegt mit etwas Abstand dahinter auf Rang Drei. NRW kann im Jahresdurchschnitt für den Betrachtungszeitraum 2010–2021

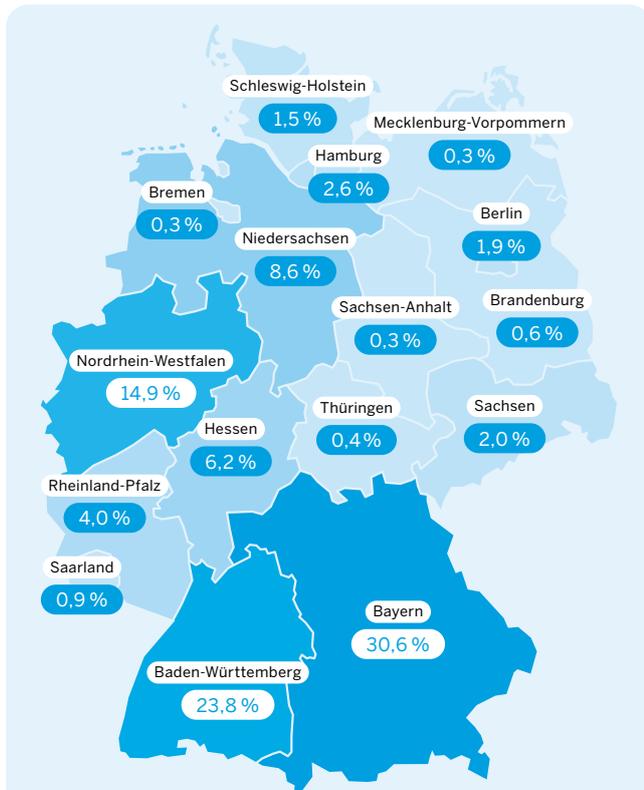


Abbildung 17: Anteile der Bundesländer an den deutschen Umweltwirtschaftspatenten zwischen 2010 und 2021

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Prognos Welthandelsmodell, Statistisches Bundesamt

knapp 15 % aller deutschen Patentanmeldungen in der Umweltwirtschaft verzeichnen. Dieser Anteil entwickelt sich jedoch leicht rückläufig, im Jahr 2010 lag dieser bei 15,8 % und 2019 bei 14,0 %. Deutlicher ist jedoch der Rückgang bei Baden-Württemberg zwischen 2010 und 2019 von 27,6 % auf 21 %. Relevant zunehmende Anteile können hingegen Berlin, Hessen und Niedersachsen verbuchen.

## NRW liegt auf Platz Drei im deutschen Innovationsgeschehen.

Der Blick in die einzelnen Teilmärkte offenbart deutliche Unterschiede unter den Top-3 der Bundesländer. Bayern untermauert seine führende Position v. a. durch die

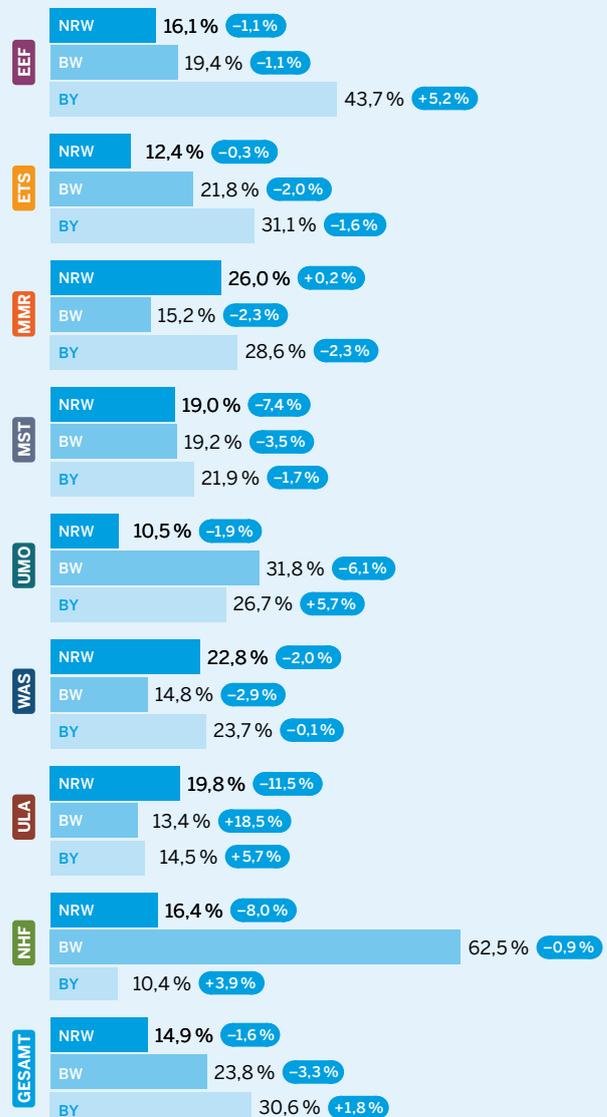
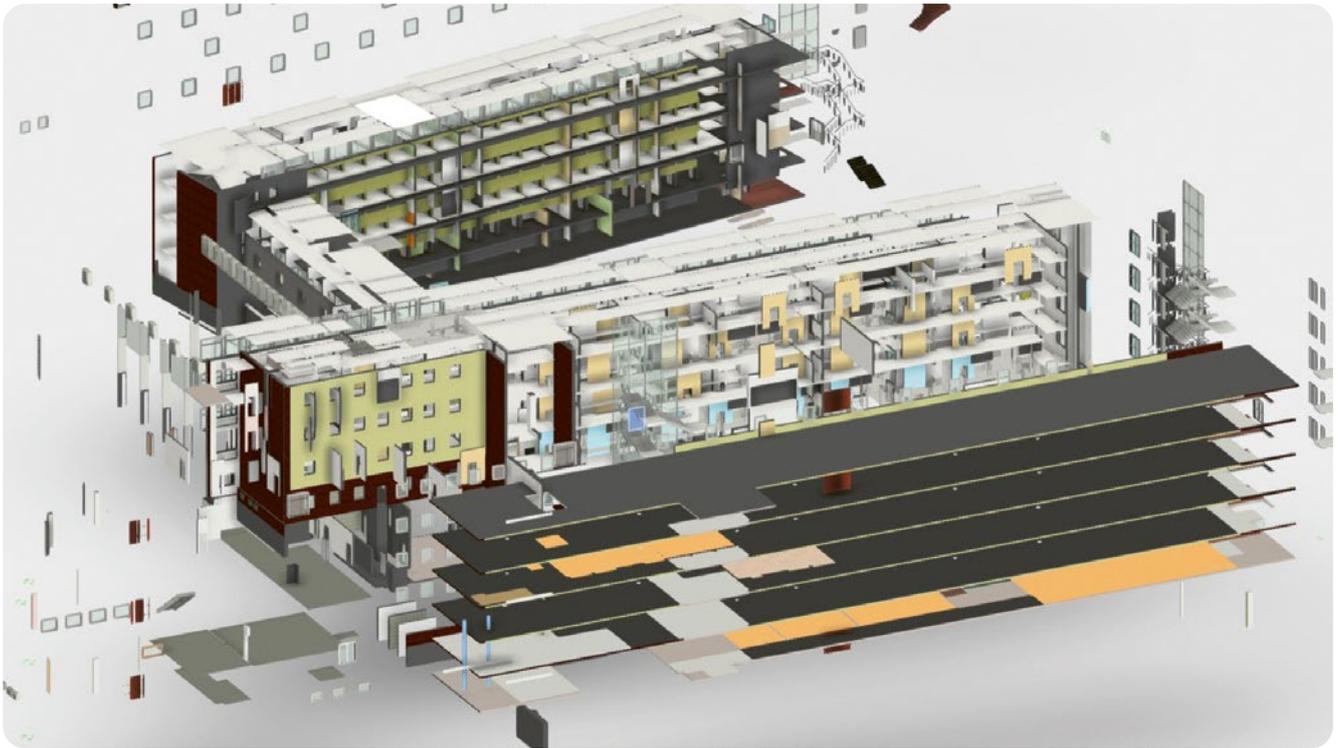


Abbildung 18: Anteil der Bundesländer Nordrhein-Westfalen (NRW), Baden Württemberg (BW) und Bayern (BY) an Deutschland nach Teilmarkt (2010–2021), in Prozent, mit Entwicklung p. a. von 2010–2019

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024



Das Kölner Start-up Lumoview entwickelt Hard- und Softwarelösungen für die effiziente Planung der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden.

starke Rolle des Freistaates in den Teilmärkten *Energieeffizienz und Energieeinsparung* und *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*. Im Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung*, hier v. a. im Marktsegment *Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien*, wird fast die Hälfte aller deutschen Patente in Bayern angemeldet. In der *Umweltfreundlichen Mobilität* liegt Baden-Württemberg mit mehr als 30 % der deutschen

Patente vorne, Bayern liegt nur wenige Prozentpunkte dahinter. Beide Länder sind für ihre bedeutende Automobilindustrie bekannt und weisen im wichtigsten Innovationsbereich Elektromobilität eine hohe Patentaktivität auf. NRW hingegen hat mit ca. 10 % in diesem Teilmarkt seinen geringsten Anteil an den deutschen Patenten und kann auf dem Gebiet der Elektromobilität bisher nur wenige Patente aufweisen.

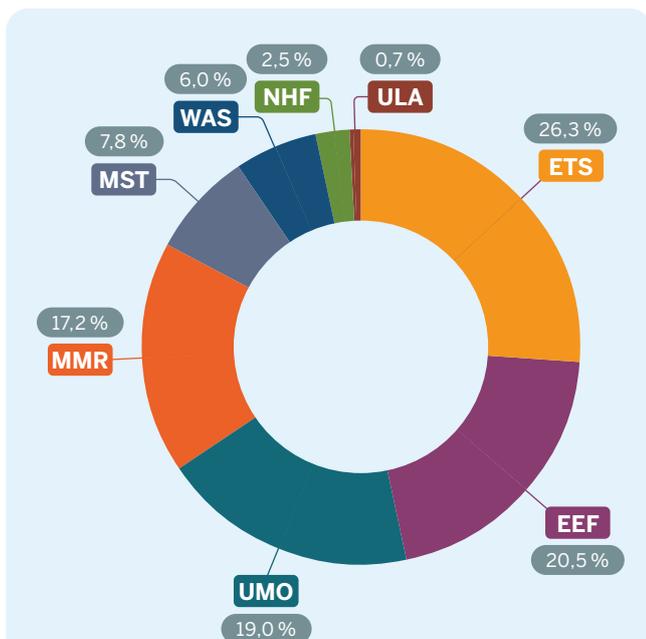


Abbildung 19: Anteile der Teilmärkte an den gesamten NRW-Umweltwirtschaftspatenten 2010–2021

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

**Fokus auf Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft, Wasserwirtschaft, Minderungs- und Schutztechnologien sowie Umweltfreundlicher Landwirtschaft**

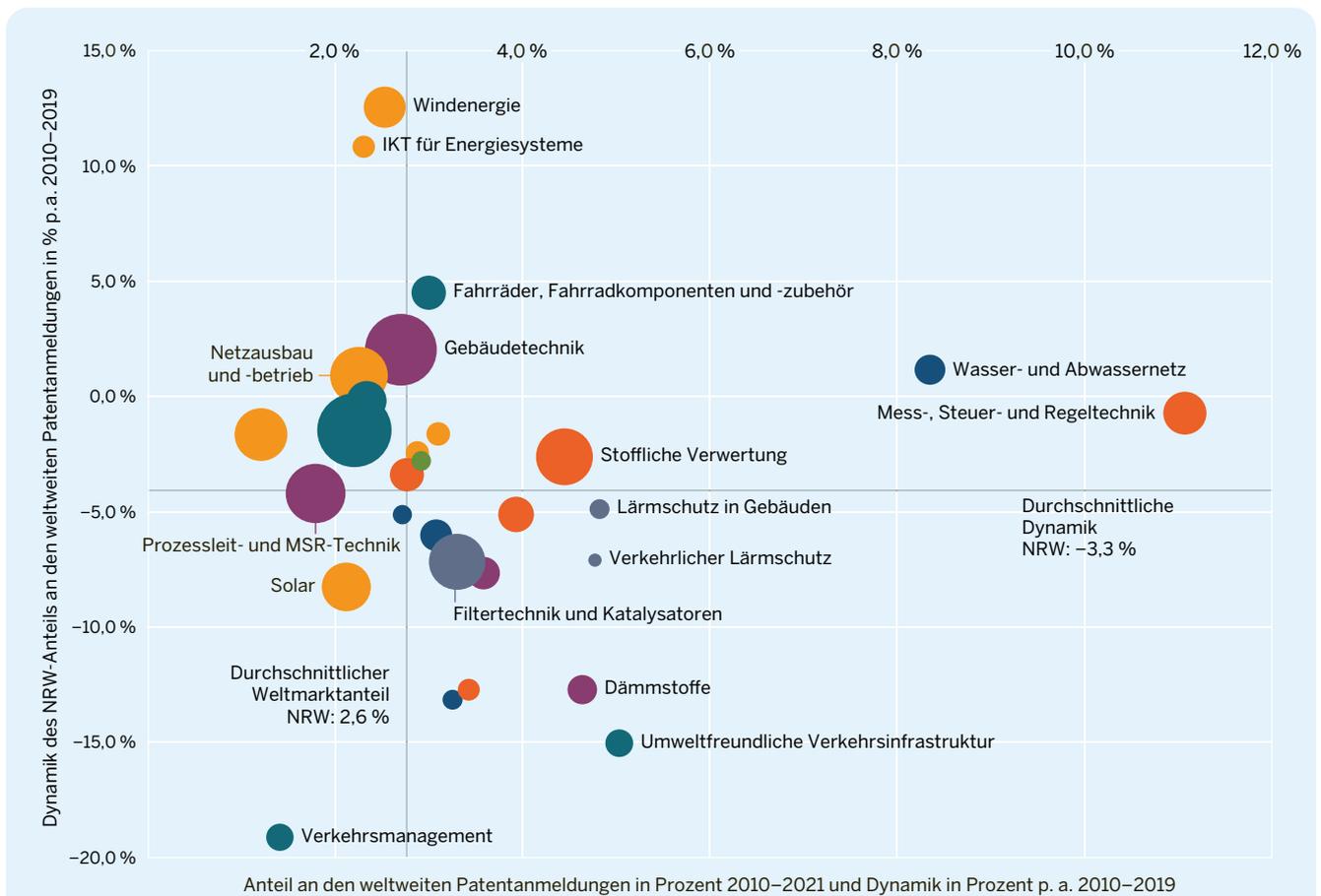
NRW verzeichnet seine höchsten Anteile an den deutschen Umweltwirtschaftspatenten in den Teilmärkten *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* (26 %), *Wasserwirtschaft* (23 %) und *Minderungs- und Schutztechnologien* (19 %). Hier liegt NRW jeweils nur wenige Prozentpunkte hinter Bayern und teils deutlich vor Baden-Württemberg. Eine Führungsrolle in Deutschland weist NRW im Teilmarkt *Umweltfreundliche Landwirtschaft* mit ca. 20 % der Patentanmeldungen auf. Insgesamt ist in diesem Teilmarkt aber eine vergleichsweise geringe Anzahl an Patenten zu verzeichnen.

Fokussiert man den Blick auf das Innovationsgeschehen in Nordrhein-Westfalen (Abbildung 19), sind trotz noch stärkerer Fokussierung in anderen Bundesländern die beiden Energieteilmärkte sowie *Umweltfreundliche Mobilität* auch in NRW die patentstärksten Teilmärkte:

- Den größten Anteil nimmt der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* mit mehr als einem Viertel der Anmeldungen ein. Anders als in Bayern und Baden-Württemberg liegt der Innovationsfokus in NRW auf dem Marktsegment *Erneuerbare Energien*.
- Rund ein Fünftel der nordrhein-westfälischen Umweltpatente entfällt auf den Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung*. Hier zeichnet sich NRW mit einer Fokussierung auf Innovationen im Marktsegment *Energieeffiziente und resiliente Gebäude* aus.
- Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* hat in Nordrhein-Westfalen zwar einen geringeren Stellenwert als im bundesweiten Vergleich. Nichtsdestotrotz stammen auch hierzulande 19 % der Umweltwirtschaftspatente aus diesem Bereich. Die Patentaktivitäten konzentrieren sich dabei auf das Marktsegment *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien*.
- Durch die starke bundesweite Positionierung Nordrhein-Westfalens bei *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* nimmt der Teilmarkt einen hohen Anteil am Patentgeschehen der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft (17 %) ein. Diese Spezialisierung, v. a. in stofflichen Verwertungstechnologien, kann im Kontext der Transformation zu einer Circular Economy für NRW ein besonderes Wachstumspotenzial mit sich bringen.

## TECHNOLOGIEBEREICHE WINDENERGIE UND IKT FÜR ENERGIESYSTEME IM AUFSCHWUNG

Die Umweltwirtschaft ist eine international geprägte Innovationsbranche. Daher ist es wichtig, die Entwicklungen in NRW in ihrem internationalen Zusammenhang zu sehen. Dazu wurden die Weltmarktanteile und die Dynamik der Technologiebereiche der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft ausgewertet. **Abbildung 20** zeigt dabei große



**Abbildung 20: Position und Entwicklung der Technologiebereiche der Umweltwirtschaft NRW im globalen Patentgeschehen**

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

Quelle: Prognos 2024 auf Basis von PATSTAT, 2024. Die Blasengröße entspricht der absoluten Anzahl an Patentanmeldungen im Beobachtungszeitraum. Technologiebereiche, die nur über eine geringe Zahl an Patentanmeldungen verfügen, wurden aus Gründen der Belastbarkeit der zeitlichen Veränderungen aus der Analyse ausgeklammert. Der Wert des Technologiebereichs *Holzwerkstoffe* (20 %) liegt außerhalb des Darstellungsbereichs.

Unterschiede für die verschiedenen Technologiebereiche der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft auf.<sup>37</sup>

Mit *Windenergie* und *IKT für Energiesysteme* zeigen gleich zwei Technologiebereiche des Teilmarkts *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* eine besonders hohe Entwicklungsdynamik. In dem zukunftsentscheidenden Bereich *Windenergie* kam im gesamten Beobachtungszeitraum jedes 40. weltweite Patent aus NRW, gleichzeitig ist hier der nordrhein-westfälische Anteil am Weltmarkt mit 12,5 % p. a. von allen Technologiebereichen am stärksten gestiegen. Die weltweite Bedeutung von Innovationen aus NRW für die *Fahrradwirtschaft* hat zwischen 2010 und 2019 ebenfalls mit fast 5 % p. a. deutlich zugenommen, insgesamt kamen hier 3 % der weltweiten Patente aus NRW. Darüber hinaus konnte das Bundesland seine globale Stellung in den beiden sehr patentintensiven Technologiebereichen *Gebäudetechnik* sowie *Netzausbau und -betrieb* steigern. In anderen bedeutenden Technologiebereichen hat NRW dagegen an Weltmarktanteilen verloren: *Filtertechnik und Katalysatoren* (-7,2 % p. a.), *Solar* (-8,2 % p. a.) und *Prozessleit- und MSR-Technik* (-4,2 % p. a.). Die internationale Konkurrenz, insbesondere China, hat in den vergangenen Jahren im globalen Innovationswettbewerb aufgeholt.

Im Technologiebereich *Wasser- und Abwassernetz* zählt NRW mit einem Patentanteil von 8,4 % zu den globalen Innovationsführern. Diese Position konnte das Bundesland mit einer Steigerungsrate von 1,2 % p. a. zwischen 2010 und 2019 weiter ausbauen. Überdurchschnittlich hohe Anteile an den globalen Patentanmeldungen erzielt NRW auch im Technologiebereich *Mess-, Steuer- und Regeltechnik* (11,1 %) des Teilmarkts *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* sowie im Technologiebereich *Holzwerkstoffe* (20 %). Dessen Anteile zeigen jedoch seit 2010 eine rückläufige Tendenz. Im wirtschaftlich bedeutendsten Technologiebereich *Stoffliche Verwertung* liegt der nordrhein-westfälische Patentanteil mit 4,4 % ebenfalls recht hoch. Knapp jedes 20. weltweite Patent stammt aus NRW. Allerdings zeigt sich auch hier seit 2010 ein leichter Rückgang.

## NORDRHEIN-WESTFÄLISCHE STÄRKEN UND POTENZIALE

Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilmärkte *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung, Energieeffizienz und Energieeinsparung* und *Umweltfreundliche Mobilität* das internationale Innovationsgeschehen



Die IMA Schelling Group (Lübbecke) zählt zu den Innovationsführern bei Maschinen für die Holzbearbeitung.

prägen. Entwicklungen in diesen Bereichen sind entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung der Transformation zur Klimaneutralität und einen grünen Umbau der Wirtschaftssysteme. Deutschland nimmt dabei als drittgrößter Innovationsakteur eine wichtige Rolle ein und gehört zusammen mit den USA und Japan zu den wichtigsten globalen Innovationszentren.

Nordrhein-Westfalen zählt – hinter Bayern und Baden-Württemberg – zu den drei deutschen Innovationsführern. Analog zum internationalen Patengeschehen finden die meisten Patentanmeldungen in den drei oben genannten Teilmärkten statt. Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* zeigt NRW dabei in den Bereichen *Windenergie* und *IKT für Energiesysteme* eine beachtliche Dynamik, die sich im internationalen Innovationsgeschehen hervorhebt. Jedoch wird auch deutlich, dass Nordrhein-Westfalen in diesen drei Teilmärkten im Bundesvergleich gegenüber den beiden südlichen Bundesländern zurückfällt. Es bestehen hier – vor dem Hintergrund der Bedeutung und internationalen Fokussierung – klare Steigerungspotenziale für NRW.

Starke Akzente setzte NRW bereits in den Teilmärkten *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft und Wasserwirtschaft*. Nordrhein-Westfalen prägt hier das bundesweite Innovationsgeschehen und verfügt international in einzelnen Technologiebereichen über eine herausragende Position. Zu nennen sind hier die Technologiebereiche *Wasser- und Abwassernetz, Mess-, Steuer- und Regeltechnik* sowie *Holzwerkstoffe*.

# SCHLAGLICHTER DER NRW-INNOVATIONSLANDSCHAFT

Anknüpfend an die quantitative Einordnung Nordrhein-Westfalens im internationalen und nationalen Innovationsgeschehen, betrachtet die nachfolgende Analyse schlaglichtartig ausgewählte Bereiche der nordrhein-westfälischen Innovationslandschaft. Dabei wird anhand der zentralen Akteure, Aktivitäten und Projekte ein Einblick in die jeweiligen Innovationsökosysteme gegeben. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf Chancen der Digitalisierung für die Umweltwirtschaft gelegt.

Die Auswahl der Schlaglichtthemen orientiert sich dabei einerseits an den Ergebnissen der Patentanalyse und greift andererseits besonders vielversprechende Innovationsbeiträge aus NRW für eine erfolgreiche Umsetzung der anstehenden Transformationsprozesse auf. **Abbildung 21** verortet die Innovations Schlaglichter anhand der drei zentralen Wendethemen: der Klimawende, der Mobilitäts- und Raumwende sowie der Ressourcenwende. Die Klimawende beschreibt die umfassende Umstellung des Energie- und Industriesystems auf erneuerbare Ressourcen sowie die konsequente Einführung u. a. technologischer Maßnahmen zur Steigerung der Energie-

effizienz und zur Reduktion anthropogener Treibhausgasemissionen bis zum Ziel der Klimaneutralität. Hier zu den Innovationstreibern zu gehören ist für das Energieland NRW – v. a. vor dem Hintergrund der internationalen und bundesweiten Patentaktivitäten – essenziell, um die großen Herausforderungen der Energiewende als Wachstumsmöglichkeiten wahrnehmen zu können. Dies gilt ebenso für die Raum- und Mobilitätswende, die eine integrative Gestaltung der Transformation hin zu einem umweltfreundlichen, vernetzten, zuverlässigen und attraktiven Mobilitätssystem im Kontext einer nachhaltigen Raumentwicklung adressiert. Die Ressourcenwende zielt auf die Umstellung zu einer Kreislaufwirtschaft ab, um Rohstoffbedarfe zu reduzieren, Materialeffizienz zu erhöhen, Umweltauswirkungen zu mindern und CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. In diesem Bereich kann NRW auf eine besondere Innovationsstärke im Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* aufbauen.

Die Schlaglichter adressieren dabei neuralgische Schnittstellen der Wendethemen. „Neue Geschäftsmodelle für Stabilität im Energieversorgungsnetz“ setzen an einem



neuralgischen Punkt der Energiewende an. Das Schlaglicht „Klimaresiliente Binnenschifffahrt“ zeigt die Aktivitäten in NRW, um klimafreundliche Logistiklösungen weiter zu optimieren und zukunftsfähig auszurichten. Die beiden Schlaglichter „Batterierecycling“ und „Recycling von Windenergie- und Photovoltaikanlagen“ adressieren Schnittstellen der Ressourcen- und Klimawende. Das fünfte Schlaglicht hat Bezüge zu allen drei Wendethemen und greift eine weitere Stärke der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft auf: Die „Intelligente Überwachung von Wassersystemen“ stellt ein zukunftsweisendes Entwicklungsfeld der *Wasserwirtschaft* dar.

Weitergehende Einblicke zu den nordrhein-westfälischen Lösungsbeiträgen im Kontext der Wendethemen bieten über die folgenden Schlaglichter hinaus auch die Innovationsradare des Kompetenznetzwerks Umweltwirtschaft.NRW.<sup>38</sup>

## NEUE GESCHÄFTSMODELLE FÜR STABILITÄT IM ENERGIEVERSORGUNGSNETZ

Die Energiewende ist ein maßgeblicher Faktor für die industrielle Transformation zur Klimaneutralität. Der Anstieg an erneuerbaren Energien führt zu einer Verdrängung fossiler Energien, wodurch in steigendem Umfang klimaschädliche Treibhausgase vermieden werden können. Allein durch Stromerzeugung konnten so im Jahr 2023 195 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden.<sup>39</sup> Die Energiegewinnung hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Von einer ehemals zentralen Energieerzeugung einiger weniger Akteure (v. a. Atom-, Stein- und Braunkohlekraftwerke) hin zu einer regenerativen und dezentralen Energiegewinnung (v. a. Solar und Wind). Aktuell sind in NRW 655.093 Solaranlagen (Stand 02/2024) und 3.642 Windenergieanlagen (Stand 01/2024) am Netz.<sup>40</sup> Zusammen mit den Bioenergieanlagen, Geothermie-Anlagen und Wasserkraftwerken des Landes konnten sie 2022 rund 22,6 % des nordrhein-westfälischen Stromverbrauchs abdecken.<sup>41</sup>

Die tatsächliche Stromerzeugung durch *Erneuerbare Energien* unterliegt im Tages- und Jahresverlauf Schwankungen, z. B. liefert die Solarenergie zur Mittagszeit die größte Leistung, die ertragreichsten Monate der Windenergie liegen in den windreichen Jahreszeiten. Diese Schwankungen sind mittlerweile sehr genau vorhersagbar, aber eben nicht steuerbar. Daher bringt der Wandel von wenigen zentralen zu vielen dezentralen Akteuren technische Herausforderungen mit sich, gerade für die Versorgungssicherheit, für die netztechnische Stabilität des Stromnetzes und das Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und -nachfrage.

## UMWELTWIRTSCHAFTS-STRATEGIE NRW

Die Umweltwirtschaftsstrategie NRW unterstützt auf vielfältige Weise Innovationen, Projekte und neue Ansätze. Seit 10 Jahren fördert die NRW-Landesregierung in ihrem Rahmen mit KUER und den ersten EFRE-Leitmarktwettbewerben Grüne Gründungen und nachhaltige Technologien. Die Strategie verfolgt das Ziel, die Branche als wichtigen Motor und Wegbereiter der ökologischen Transformation weiter auszubauen. Bis 2030 soll die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen 800.000 Erwerbstätige umfassen und eine Bruttowertschöpfung von jährlich 70 Mrd. Euro generieren. Die bestehenden Aktivitäten will die Landesregierung gemäß des Zukunftsvertrages für NRW fortsetzen und ausbauen. Der alle 2 Jahre erscheinende Umweltwirtschaftsbericht NRW begleitet diese Bestrebungen, macht Erfolge sichtbar und gibt Impulse für die weitere Entwicklungen.

### Flexibilität im Energieversorgungsnetz wird immer wichtiger, um auf Schwankungen in der Energieerzeugung zu reagieren.

Der Netzstabilität und der Versorgungssicherheit trägt z. B. der Einsatz von Speichertechnologien Rechnung. Ein eher neues Geschäftsmodell mit großem Potenzial, an dem beispielsweise die RWTH Aachen im Rahmen des Projekts FlexFleet forscht, sind Vehicle-to-X-Lösungen. Auch das Forschungszentrum Jülich beschäftigt sich mit diesem Anwendungsbereich, der E-Pkw bzw. deren Fahrzeugbatterien als stabilisierenden Faktor in das Stromnetz einbezieht. Mit der Technologie des bidirektionalen Ladens können diese nicht nur aufgeladen, sondern die Energie bei Bedarf auch wieder zurück in das Stromnetz eingespeist und die wachsende E-Fahrzeugflotte so zum Teil des flexiblen Stromnetzes werden.

Mit Lastmanagement (Demand Side Management) tritt ein weiteres Geschäftsmodell mit dem Ziel an, die Stromnachfrage von Prozessen und Anlagen flexibel zu gestalten und Angebot und Nachfrage am Strommarkt zu synchronisieren. Unternehmen können über entsprechend gestaltete Stromlieferverträge ihre energieintensiven Prozesse teilweise in die Phasen mit einem hohen Anteil von *Erneuerbaren Energien* im Netz verlagern. Die Unternehmen können so zum einen Kosten und Treibhausgasemissionen verringern, zum anderen tragen sie zur Stabilisierung des Netzes bei. Lastmanagement eignet sich für alle Unter-

nehmen, die Prozesse flexibel gestalten können. Momentan stellen v. a. regulatorische Vorgaben wie Netzentgelte und die EEG-Umlage Hindernisse dar, die die Flexibilisierung ausbremsen.

Power-to-X bezeichnet eine Palette von Technologien, mit denen die Erzeugungsspitzen der Erneuerbaren flexibel genutzt werden können. Dazu zählen u. a. Power-to-Gas (z. B. die Produktion von Wasserstoff per Elektrolyse) und Power-to-Heat (Strom wird z. B. durch Wärmepumpen für die Wärmebereitstellung genutzt).

Virtuelle Kraftwerke sind eine weitere Möglichkeit, Schwankungen auszugleichen. Ein virtuelles Kraftwerk koordiniert eine große Zahl dezentraler Einheiten. Dazu gehören Stromproduzenten (Biogas-, Windenergie-, Solaranlagen etc.), Stromspeicher und Power-to-X-Anlagen. Virtuelle Kraftwerke können somit als Bindeglied zwischen der dezentralen Energiegewinnung und zentral organisierten Strommärkten gesehen werden. Die Vernetzung der einzelnen Akteure wird durch die Digitalisierung und neue Steuerungstechniken möglich. Die aus der Universität zu Köln heraus gegründete Next Kraftwerke GmbH nutzt einen Algorithmus, um u. a. Einspeise- und Entnahmedaten sowie aktuelle Wetterdaten, Netzinformationen und Marktdaten zu bündeln und so für ihre Kunden Angebot und Nachfrage nach Strom bestmöglich koordinieren zu können. Inzwischen betreibt das Unternehmen mit ca. 16.769 Anlagen (Stand 2024) eines der größten virtuellen Kraftwerke Europas.

### **Der Energiemarkt birgt große Potenziale, den Herausforderungen der Transformation hin zu einem klimaverträglichen Energiesystem erfolgreich zu begegnen.**

Für das Industrieland NRW mit seiner großen Zahl an energieintensiven Unternehmen stellt die zuverlässige und preisgünstige Versorgung mit großen Mengen regenerativ erzeugter elektrischer Energie eine ökonomische Priorität dar. Vor diesem Hintergrund bieten innovative Technologien und digital basierte Geschäftsmodelle die Möglichkeit, die vorhandenen Potenziale des Strommarktes zur Synchronisierung der erneuerbaren Stromproduktion mit der Energienachfrage voll auszuschöpfen. Als Basis verfügt das Land mit zahlreichen (Technischen) Universitäten, Hochschulen für Angewandte Forschung und außeruniversitären Forschungseinrichtungen über eine leistungsfähige Energieforschungslandschaft, die an neuen und innovativen Lösungen im Energiebereich arbeitet. Zudem flankieren die großen Energieanbieter des Landes den Ausbau der erneuerbaren Energien mit flexiblen Tarifen und dem Aufbau virtueller Kraftwerke. NRW hat somit beste Voraussetzungen, den Herausforderungen, die durch den Transformationsprozess hin zu einem klimaverträglichen Energiesystem entstehen, erfolgreich zu begegnen.

## **KLIMARESILIENTE BINNENSCHIFFFAHRT**

Logistik kann mit neuen und innovativen Ansätzen Emissionen reduzieren sowie Ressourcen schonen und so zu einem ökologisch nachhaltigen Wirtschaftssystem beitragen. Die Binnenschifffahrt ist dabei von entscheidender Bedeutung für den Gütertransport, da sie eine kosteneffiziente und zuverlässige Alternative zu anderen Transportmitteln bietet. Durch die hohe Transportkapazität werden in der Binnenschifffahrt große Mengen an Gütern befördert, was den Energieverbrauch pro transportierte Tonne im Vergleich zum Straßentransport per Lkw senkt. Die Binnenschifffahrt in NRW verfügt als umweltfreundliches Transportmittel über ein großes Potenzial, Transportvolumen von der Straße auf die Binnenschifffahrtswegen zu verlagern, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und zur Entlastung der Straßen beizutragen.

### **Zahlreiche Flüsse und Kanäle ermöglichen, die landgebundenen Verkehrsträger Schiene und Straße durch die Binnenschifffahrt zu entlasten.**

Mit 720 Kilometern Wasserstraßen und 120 Häfen<sup>42</sup> ist die Binnenschifffahrt in NRW ein wichtiger Teil der Logistik. In den Binnenhäfen sind 2023 in NRW rund 98 Mio. t Güter umgeschlagen worden,<sup>43</sup> was insgesamt 23 % des gesamten Gütertransports entspricht.<sup>44</sup> Der Rhein bildet das Rückgrat der Wasserstraßen in NRW, rund 80 % der Binnenschifffahrt findet auf dem Fluss statt. Neben dem Rhein spielen der Dortmund-Ems-Kanal und der Wesel-Datteln-Kanal bedeutende Rollen. Mit dem Hafen in Duisburg verfügt NRW zudem über den weltgrößten Binnenhafen, mit dem Dortmunder Hafen befindet sich auch der größte Kanalhafen Europas in NRW. Auch über die Grenzen hinaus ist die Region durch die Binnenschifffahrt gut vernetzt und bietet direkte Verbindung zu den wichtigen Häfen in Antwerpen, Rotterdam und Amsterdam. Das dichte Wasserstraßennetz in NRW kann in Kombination mit einer klimaresilienten Binnenschifffahrt dazu beitragen, Transportwege auch bei extremen Wetterbedingungen aufrechtzuerhalten und für Transportsicherheit zu sorgen.

### **Autonomes Fahren und neue Antriebstechnologien machen die Binnenschifffahrt zu einem zukunftsfähigen und wichtigen Verkehrsträger in NRW.**

Innovationen rund um autonomes Fahren sollen die Binnenschifffahrt effizienter aufstellen und die Wettbewerbsfähigkeit v. a. in Bezug auf den Fachkräftemangel im Vergleich zu Straße und Schiene erhöhen. Autonomes Fahren wird insbesondere durch die Digitalisierung und Automatisierung vorangetrieben. Dazu gehören Assistenz-

systeme, Teilautomatisierung (bspw. durch Fernsteuerung) und schließlich vollautomatisiertes Fahren. Das Versuchszentrum Autonome Binnenschiffe (VeLABi), aufgebaut vom DST Duisburger Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e. V. und der Universität Duisburg-Essen, schafft Infrastrukturen für Forschungsprojekte in diesem Bereich. Ergänzend zu einem virtuellen Testfeld wurde im Rahmen des Projekts BinSmart am südlichen Ende des Dortmund-Ems-Kanals ein reales Testfeld eingerichtet.<sup>45</sup> Seit Anfang 2023 erprobt dort das 15 m lange Testschiffmodell „Ella“ mit Hilfe Künstlicher Intelligenz (KI) das autonome Fahren, darunter auch besonders komplexe Manöver in engen Fahrwassern wie An- und Ablegemanöver, Schleusungen und Brückenpassagen.<sup>46</sup>

### Mit verbesserten Bauformen und technischer Ausstattung werden Binnenschiffe an Klimawandelfolgen angepasst.

Neu entwickelte Schiffe mit fossilfreien Antriebstechnologien können einen ersten Beitrag leisten, um die Binnenschifffahrt umweltfreundlich zu gestalten. Elektrische Antriebe, oder auch Wasserstoff als Kraftstoff, werden z. B. als Alternativen erforscht. Um die Binnenschifffahrt an die durch klimawandelbedingte Dürreperioden zunehmend zu erwartenden Niedrigwasserstände anzupassen, sind aktuell neue Antriebsweisen und Bauformen für Niedrigwasser Gegenstand der Forschung. Denn konventionelle Propeller von Binnenschiffen erweisen sich bei extrem niedrigem Wasserstand als sehr ineffizient. Und um den Tiefgang zu reduzieren, werden die Schiffe breiter gebaut, der Schiffsrumpf hydrodynamisch optimiert und in Leichtbauweise gestaltet. Ein von Covestro und der HGK Shipping GmbH entwickeltes Binnenschiff kann beispielsweise auch bis zu einem Rheinwasserstand von 40 cm Kölner Pegel (KP) eingesetzt werden und damit selbst bei extremem Niedrigwasser fahren. Zugleich muss die Hafeninfrastruktur angepasst werden, z. B. Lastkräne

neu auf die breiteren Schiffe ausgelegt werden, um ein reibungsloses Be- und Entladen zu ermöglichen.

Dem schnellen Umbau der Binnenschifffahrtflotte steht deren hohes Betriebsalter entgegen. Die Schiffe und ihre technischen Komponenten erreichen eine Nutzungsdauer von mehreren Jahrzehnten, z. B. sind die aktuell verbauten Schiffsmotoren im Durchschnitt 30 Jahre alt. Dies verzögert die Umstellung deutlich, daher sind bisher nur wenige Schiffe mit alternativen Bauweisen und Antrieben im Einsatz. Neben der Entwicklung von neuen emissionsarmen Schiffen ist die Nachrüstung von bestehenden Schiffen und Motoren daher ein wichtiger Ansatz, um die Binnenschifffahrt zeitnah umweltfreundlicher zu gestalten. Das vom DST koordinierte Projekt SYNERGETICS will in den nächsten drei Jahren vier Schiffe nachrüsten und einen praxisorientierten Maßnahmenkatalog erstellen. Erforscht werden beispielsweise der Einsatz von Methanol und Wasserstoff in Verbrennungsmotoren und hydrodynamische Verbesserungen. Ingenieurinnen und Ingenieure der Universität Duisburg-Essen forschen z. B. an für Niedrigwasser optimierten Propellern, mit denen Bestandschiffe nachgerüstet werden können.

Die Bereitschaft in der Branche, innovative Lösungen umzusetzen, ist groß. Dazu trägt in NRW die hohe Dichte von Unternehmen der Chemie- und Stahlbranche an Rhein und Ruhr bei, die die Nachfrage nach einer klimafreundlichen und -resilienten Logistik für Massengüter stützt. Vor diesem Hintergrund wird ein Bündel sich ergänzender Ansätze untersucht und angewandt, um die Wettbewerbsfähigkeit und die Nachhaltigkeit der Binnenschifffahrt zu verbessern. In NRW hat sich so rund um die Infrastruktur der Wasserstraßen eine erfolgreiche Forschungslandschaft etabliert. Die Universität Duisburg-Essen und das DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e. V. sind an zentralen Projekten zur Modernisierung und Klimaertüchtigung der Binnenschifffahrt beteiligt. Auch setzt der Hafen Duisburg mit dem Duisburg

## DIMENSIONEN DES ZUKÜNFTIGEN ROHSTOFFBEDARFS

Die Lithium-Ionen-Antriebsbatterie eines durchschnittlichen E-Pkw enthält etwa 10 kg Kobalt und eine ähnliche Menge an Lithium. Allein die Nachfrage nach Antriebsbatterien für Elektrofahrzeuge wird sich bis 2030 voraussichtlich um den Faktor 14 erhöhen.<sup>47</sup> Der daran geknüpfte Bedarf an Lithium steigt bis 2035 um 618 %, der an Nickel um 476 %.<sup>48</sup> Die hohe Nachfrage führt langfristig dazu, dass auch die Menge der ausrangierten Altbatterien signifikant anwächst. Schätzungen zu Folge werden 2040 in der

EU 2,1 Mio. t Altbatterien anfallen – gegenüber aktuell jährlich nur 50.000 t, die bisher überwiegend aus Konsumgütern wie Laptops und Mobiltelefonen stammen.<sup>49</sup> Inzwischen machen Ausschüsse aus der industriellen Batterieproduktion den größten Anteil des Altbatterie-Mengenstroms aus. Sobald die ersten E-Pkw ihr Nutzungsende erreicht haben, werden deren ausgediente Antriebsbatterien mit 85–90 % den größten Anteil der Altbatterien einnehmen.<sup>50</sup>

Gateway Terminal auf eine klimaneutral betriebene Logistikkreisläufe unter Beteiligung vieler innovativer Unternehmen, die an ersten Pilotprojekten arbeiten.

## BATTERIERECYCLING

### Hohe Rohstoffbedarfe und eine wachsende Menge an Altbatterien erfordern innovatives Batterierecycling.

Die Elektrifizierung des Verkehrs und der Bedarf an Speicherlösungen im Energiesystem treiben die Nachfrage nach Batterien nach oben. Für ihre Herstellung werden kritische Rohstoffe wie Lithium, Kobalt, Nickel, Graphit und Mangan, aber auch andere wertvolle Rohstoffe wie Aluminium und Kupfer verwendet. Das Batterierecycling stellt einen zentralen Lösungsansatz dar, um Herausforderungen wie Materialknappheit, Abhängigkeiten von Rohstoffimporten, aufwendige Rohstoffgewinnung, Umweltauswirkungen und steigenden Produktionskosten zu begegnen.

Zusätzlich zum wachsenden Rohstoffbedarf und dem steigenden Aufkommen an Altbatterien stärkt die neue EU-Batterieverordnung den Markt für das Batterierecycling.<sup>51</sup> Die Verordnung macht ehrgeizige Vorgaben zu Recyclingquoten und -effizienzen: Bis Ende 2027 sollen 50 % des Lithiums (80 % im Jahr 2032) und 90 % des Kobalts, Kupfers, Bleis und Nickels (95 % im Jahr 2031) stofflich verwertet werden können. Im Bereich Batterierecycling wird daher umfassend geforscht, um die regulatorischen Zielvorgaben einzuhalten und den Recyclingprozess effizient und umweltfreundlich zu gestalten.

### Automatisierung und energieeffiziente Technologien als Grundlage für nachhaltiges Batterierecycling

Batterien bzw. Batteriepacks werden in mehreren Schritten recycelt: Auf Demontage und mechanische Zerkleinerung zur Rückgewinnung von Stahl, Aluminium und Kupfer folgen z. B. Verfahren wie die Hydrometallurgie zur Rückgewinnung u. a. von Nickel und Lithium. Bei der Demontage werden die Batteriepacks in ihre Einzelteile zerlegt. Die Demontage geschieht meist noch manuell, da die unterschiedlichen Bauformen und die Vielzahl an Batterietechnologien am Markt eine Automatisierung erschweren. Mit der steigenden Anzahl an Batteriepacks aus E-Fahrzeugen wird die Automatisierung eine entscheidende Rolle spielen. Erprobt werden v. a. Demontageroboter und der Einsatz Maschinellem Lernens.<sup>52</sup> DemoRec und DemoSens, zwei Projekte mit Beteiligung der RWTH Aachen, forschen z. B. an der hochautomatisierten, sensorgestützten Demontage von Lithium-Ionen-Batteriepacks aus Elektrofahrzeugen. Das im Jahr 2023 gestartete Forschungsprojekt

„REVAMP – Remanufacturing von variantenreichen Batteriemodulen mit automatisierten Montage- und Prüfprozessen“ treibt zudem die Verwendung von Altbatterien in Second-Life-Anwendung voran. Mit der RWTH Aachen, dem Fraunhofer IPT und der Batteriezone FFB sind auch an diesem Projekt mehrere Forschungsinstitute aus NRW beteiligt.

Hydrometallurgisches Recycling ermöglicht es, qualitativ hochwertige Rohstoffe zurückzugewinnen, die für die Herstellung neuer Batterien verwendet werden können. Das Verfahren kann direkt nach der manuellen Zerlegung oder nach anderen vorgeschalteten Verfahren wie der Pyrometallurgie eingesetzt werden. Es handelt sich um ein vergleichsweise nachhaltiges und energieeffizientes, aber auch komplexes und aufwendiges Verfahren. In diesem Bereich findet aktuell jedoch viel Innovationsgeschehen statt, um die Rückgewinnung von Rohstoffen wie Graphit, Kobalt und Lithium zu erhöhen und energieeffizienter zu gestalten. Das Start-up Cylib beispielsweise betreibt eine Pilotanlage, in der alle Bestandteile einer Batterie, wie Kobalt, Nickel und Kupfer, recycelt werden können.<sup>53</sup> Mit der Accurec Recycling GmbH ist ein weiterer wichtiger Akteur mit dem eigenentwickelten HydroLiC-Verfahren in diesem Bereich aktiv.<sup>54</sup>

Ziel der Verfahren ist, die Rohstoffe so aufzubereiten, dass sie für die Herstellung neuer Batterien erneut genutzt werden können. Zudem sollten neue Batterien möglichst so produziert werden, dass sie optimal recyclebar sind. Bei neueren Batterietechnologien wie Feststoffbatterien gibt es bereits erste Initiativen, den Recyclingprozess direkt bei der Herstellung mitzudenken. Vorhandene Recyclingtechnologien können so frühzeitig angepasst bzw. entwickelt werden.<sup>55</sup> Zusätzlich kann von bereits etablierten Batterietechnologien wie beispielsweise Blei-Säure-Batterien gelernt werden. Hier funktioniert die Kreislaufführung bereits sehr gut.

### Dank guter Rahmenbedingungen etablieren sich immer mehr Batteriecluster in NRW.

NRW ist international gesehen ein wichtiger Standort der Batterieforschung und des Batterierecyclings. Die Vielzahl von Akteuren entlang der gesamten Batterie-Wertschöpfungskette bildet eine gute Voraussetzung, den Herausforderungen des Batterierecyclings zu begegnen und Innovationen rund um den Recyclingprozess voranzutreiben. Dies wird durch die starke Forschungslandschaft mit zahlreichen Universitäten, Instituten und Forschungseinrichtungen sowie innovative Start-ups und Unternehmen verdeutlicht. Durch die Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung Batteriezone (FFB) in Münster werden die Kompetenzen weiter gebündelt und der gesamte Lebenszyklus der Batterie abgedeckt. Mit dem Slogan „battery

city münster“ macht die Region international auf sich aufmerksam und etabliert sich immer mehr als ein wichtiges Batteriecluster. Die räumliche Nähe bietet großes Potenzial für Austausch und Zusammenarbeit. Dies ist insbesondere in Hinblick auf das Schließen von Kreisläufen eine große Chance.

Die Landesregierung hat sich vor diesem Hintergrund verpflichtet, die Fragen des Batterierecyclings zum integralen, anwendungsorientierten Baustein der Forschungs- und Entwicklungsstrategie Batteriezelle zu machen.<sup>56</sup>

## RECYCLING VON WINDENERGIE- UND PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Der Ausbau der erneuerbaren Energien gewinnt in Deutschland erneut an Fahrt. Die angestrebte Klimaneutralität bis 2045 sowie die sichtbar gewordenen energiepolitischen Abhängigkeiten treiben die Entwicklung an. Gleichzeitig erreichen die Windenergieanlagen und PV-Module der ersten Ausbau-Generationen das Ende ihrer technischen bzw. wirtschaftlichen Lebensdauer. Die technische Lebensdauer beträgt für Windenergieanlagen in der Regel 20 bis 30 Jahre<sup>57</sup> und für PV-Module 25 bis 30 Jahre.<sup>58</sup> Darüber hinaus verlieren alte Erneuerbare-Energien-Anlagen durch die zukünftig fehlende EEG-Zulage an Wirtschaftlichkeit und werden zu einem gewissen Grad durch leistungsfähigere Anlagen ersetzt (Repowering).<sup>59</sup>

### Das zukünftig erhöhte Abfallaufkommen bei den Erneuerbaren erfordert innovative Recyclingverfahren.

Angesichts dieser Dynamiken stellt sich zunehmend die Frage nach dem Umgang mit dem zukünftig erhöhten Rückbauaufkommen bei den Erneuerbaren. Auch die Tatsache, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien selbst mit einem steigenden Materialbedarf einhergeht, verdeutlicht die Notwendigkeit der Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus Altanlagen.<sup>60</sup>

Allein in Deutschland werden bis 2030 0,4–1,0 Mio. t PV-Altmodule demontiert, bis 2050 wird ein Aufkommen von bis zu 4,3 Mio. t an zu recycelnden Modulen erwartet.<sup>61</sup> Damit zählt Deutschland nach Indien, Japan, Amerika – und mit großem Abstand hinter China mit 13,5 Mio. t PV-Altanlagen bis 2050 – zu den Ländern mit dem weltweit höchsten PV-Abfallaufkommen.<sup>62</sup>

Seit 2015 werden PV-Module von der EU-Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Waste of Electrical and Electronic Equipment – WEEE) erfasst.<sup>63</sup> Demnach müssten bezogen auf die Masse 80 % eines PV-Altmoduls recycelt werden.<sup>64</sup> Diese Quote ist schon heute leicht zu erfüllen,

da Glas, Aluminium und Kupfer bereits 85 % der Masse eines PV-Moduls ausmachen. Schwieriger gestaltet es sich dagegen, die wertvollen bzw. in der Gewinnung sehr energieintensiven Rohstoffe Silizium und Silber wieder in den Kreislauf zurückzuführen.<sup>65</sup> Angesichts der bereits heute existierenden und sich zukünftig noch verstärkenden signifikanten Abfallströme bei PV-Modulen ist davon auszugehen, dass der Markt für industrietaugliche PV-Recyclingverfahren weiter wachsen wird. Eine IRENA-Studie schätzt den Wert der technisch verwertbaren Rohstoffe in PV-Altmodulen bis 2050 auf 15 Mrd. USD.<sup>66</sup>

Einige Unternehmen aus NRW, z. B. PV Cycle Deutschland GmbH mit Sitz in Düsseldorf sowie die Reiling Unternehmensgruppe mit Sitz im westfälischen Harsewinkel, haben diesen Markt bereits für sich erkannt und passen ihr Geschäftsmodell auf diese Abfallströme an. So hat Reiling, einer der größten Recyclingspezialisten in Deutschland, einen dreistufigen mechanischen Recyclingprozess entwickelt, um Verbundwerkstoffe und Materialien wie Glas und Aluminium aus PV-Altmodulen zurückzugewinnen und Wertstoffkreisläufe nachhaltig zu schließen.<sup>67</sup> Im vergangenen Jahr eröffnete Reiling das Kompetenzzentrum PV Recycling in Münster mit einer Recyclingkapazität von 50.000 PV-Modulen pro Jahr. Dort werden siliziumbasierte PV-Module gesammelt, zur Wiederverwendung geprüft und – falls dies nicht möglich ist – recycelt. Neben dem Tagesgeschäft dient der PV-Recycling-Standort ebenfalls als Forschungs- und Entwicklungsstandort, um Prozesse und die Qualität der Endprodukte (z. B. Glas) zu verbessern sowie um Verfahren zur Rückgewinnung kritischer Rohstoffe wie Silber und Silizium zu entwickeln. Hier konnte Reiling durch intensive Forschung kürzlich einen Durchbruch verzeichnen: Zum einen gelingt es dem Unternehmen nun, Glaskreisläufe zu schließen, indem das zurückgewonnene Rezyklat eine so hohe Qualität aufweist, dass es erneut in hochwertigen Schmelzanwendungen in der Glasindustrie eingesetzt werden kann. Zum anderen konnte der Recyclingprozess zur Siliziumrückgewinnung in den industriellen Maßstab überführt werden.<sup>68</sup>

Um Innovationen der Kreislaufwirtschaft in der Solarbranche weiter zu fördern, sollten auch auf politischer Ebene Möglichkeiten zur Verbesserung bei der Entsorgung von PV-Modulen in Deutschland geschaffen werden. Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) zeigt in einem White Paper konkrete Verbesserungsvorschläge auf, um die Branche zu stärken. Hierzu zählen die Bereitstellung nutzerfreundlicher und flächendeckender Rückgabemöglichkeiten, die Erarbeitung einheitlicher Standards zur Funktionsprüfung sowie verbesserte Vorgaben zum Ökodesign.<sup>69</sup>

### Verbundwerkstoffe machen das Recycling von Windenergieanlagen zur Herausforderung.



Offshore-Windpark Kaskasi: Die Rotorblätter erreichen eine Länge von 81 Metern.

Im Bereich der Windenergie zeichnen sich ebenfalls beträchtliche Abfallströme ab. Während sich auch hier mittlerweile 80–90 % einer Windenergieanlage (v. a. Stahl, Kupfer und Beton) in etablierten Recyclingkreisläufen verwerten lassen, stellen die aus faserverstärkten Kunststoffen (GFK und CFK) hergestellten Rotorblätter die größte Herausforderung dar.<sup>70</sup> Das Umweltbundesamt (UBA) geht von einem jährlichen Abfallaufkommen von bis zu 20.000 t Rotorblattmaterial in Deutschland bis 2030 aus. In den 2030er Jahren werden diese Mengen auf jährlich bis zu 50.000 t ansteigen.<sup>71</sup> Das UBA befürchtet, dass Rotorblätter bislang auf ungeeigneten Wegen entsorgt werden, zur Scheinverwertung exportiert und im Ausland deponiert werden. Zugleich warnt es vor Engpässen bei den Recyclingkapazitäten für faserverstärkte Kunststoffe.<sup>72</sup>

Die für GFK und CFK existierenden Recyclingprozesse haben sich bislang noch nicht in industriellem Maßstab durchgesetzt. Nach Facheinschätzung wird auch das chemische Recycling kurz- bis mittelfristig nicht kostentechnisch skalierbar sein. Gründe hierfür sind u. a. die heterogene Zusammensetzung der Stoffströme sowie ein sehr hoher Energieverbrauch, der die Wirtschaftlichkeit untergräbt und auch unter ökologischen Gesichtspunkten problematisch ist.

Aktuell steht in Deutschland nur eine Methode zur Verfügung, ausgediente Rotorblätter aus faserverstärkten Kunststoffen zu entsorgen: die thermische Verwertung

von zuvor zerkleinerten Rotorblättern in der Zementindustrie. Allerdings geht dieser Verwertungsprozess mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen einher und stellt durch die Verbrennung eine suboptimale Endverwertung von langlebigen Faserverbundstoffen dar. Vor diesem Hintergrund wird es zukünftig nicht nur um innovative Recyclingtechnologien, sondern verstärkt auch darum gehen müssen, innovative und skalierbare Konzepte des Reuse und Remanufacturing für Rotorblätter zu entwickeln.

Im Forschungsvorhaben BladeReUse arbeitet u. a. die RWE Renewables GmbH an einer neuen Methode zur Weiterverwertung von Rotorblattsegmenten als großserientaugliche Produkte im Straßen- und Infrastrukturbau. Da die Faserverbundwerkstoffe der Rotorblätter robust und langlebig sind, eignen sie sich beispielsweise hervorragend für die Nachnutzung als (umgeformte) Elemente von Lärmschutzwänden oder im Küsten- und Gewässerschutz.<sup>73</sup> Auch das im Rahmen des Innovationswettbewerbs Next.In.NRW im Januar 2024 zur Förderung empfohlene Aachener Projekt rethink\*rotor entwickelt Konzepte, um ausrangierte Rotorblätter gewinnbringend in der Bauwirtschaft einzusetzen, z. B. bei Stadionbauten, bei Landerweiterungen wie Inseln oder bei Lärmschutzwänden.<sup>74</sup> Andere Akteure wie Siemens Gamesa entwickeln wiederum Rotorblätter, die sich durch den Einsatz eines neuartigen Harzes nach ihrer Nutzungsdauer besser recyceln lassen. RWE erprobt dieses weltweit erste recyclebare Rotorblatt aktuell im Offshore-Windpark Kaskasi unter realen Bedingungen vor Helgoland in der Nordsee und treibt

damit die vollständige Recyclingfähigkeit von Windenergieanlagen voran.<sup>75</sup>

Grundsätzlich muss das Thema Kreislaufwirtschaft langfristiger und holistischer in der Branche gedacht werden. Neben der Stärkung von Reuse-, Repurpose-, und Remanufacturing-Ansätzen gilt es zum einen, bereits bei der Genehmigung von Neuanlagen nachhaltige Rückbaukonzepte vorliegen zu haben und zum anderen, generell Anreize zu schaffen, die Lebensdauer von Windenergieanlagen zu verlängern.

Während das Recycling von Windenergie- und Photovoltaikanlagen weltweit noch ein junges Feld ist, gibt es in NRW bereits Anbieter wie die Unternehmensgruppe Hagedorn und die Wörmann Team Rückbau & Recycling GmbH mit Expertise im Windanlagenrückbau mit Leistungen wie Demontage, Recycling und Weitervermarktung.<sup>76</sup> Darüber hinaus gibt es erste Vorzeigeprojekte und Akteure, die an innovativen Lösungen für die aufgezeigten Herausforderungen arbeiten. Grundsätzlich zeichnet sich NRW durch eine herausragende Kompetenz mit einer Vielzahl von relevanten Institutionen im Recyclingbereich aus, auf die das Land weiter ausbauen könnte. Gleichzeitig ist NRW ein Land von großen Energieversorgern und verfügt über eine Reihe von innovativen energiewirtschaftlichen Playern. Aufgrund dieser Kombination ergibt sich für NRW das große Potenzial, verstärkt in die Wirtschaftlichkeit von zirkulären Verwertungsansätzen von Erneuerbaren-Energien-Anlagen zu investieren und somit eine führende Position in einem Markt einzunehmen, der zukünftig eine weiter steigende Bedeutung einnehmen wird.

## INTELLIGENTE ÜBERWACHUNG VON WASSERSYSTEMEN

Von der Landwirtschaft über die verarbeitende Industrie und der Energieerzeugung hin zum Tourismus: Wasser ist eine unserer vielseitigsten und zugleich kostbarsten Ressourcen. Während die effiziente Nutzung und Bewirtschaftung von Wasser wesentlich zum Wirtschaftswachstum und zum allgemeinen Wohlstand beitragen, ist das Management von Wassersystemen angesichts des Klimawandels und seiner Auswirkungen wie Wasserknappheit, unzuverlässige Verfügbarkeit sowie die Gefährdung der Wasserqualität zu einer immer komplexeren Aufgabe geworden.

Ein Beispiel hierfür: Der entscheidende Maßstab der *Wasserwirtschaft*, an dem sämtliche Komponenten wie Kanalnetze und Regenrückhaltebecken ausgerichtet werden, sind die jährlichen Niederschlagsmengen. Während der Niederschlag bisher relativ gleichmäßig und absehbar über ein Kalenderjahr hinweg verteilt war – und

auch die Statistiken der *Wasserwirtschaft* zu einem überwiegenden Teil noch aus dieser Zeit stammen –, bewirkt der Klimawandel eine veränderte Verteilung der Niederschläge. So erleben wir heute nässere Winter und längere trockene Phasen.<sup>77</sup> Damit es jedoch nicht zu Engpässen in der Wasserversorgung kommt, muss adaptiv auf langfristige klimawandelbedingte Veränderungen wie auch kurzfristige Extremwetterereignisse reagiert werden, was nur eine aktuelle Datengrundlage gewährleisten kann.

In Zeiten zunehmender Wasserknappheit bedarf es zudem eines optimierten Betriebs und einer verbesserten Instandhaltung der Wasserinfrastruktur, um jederzeit eine sichere Trinkwasserversorgung zu gewährleisten und unnötige Wasserverluste zu vermeiden. Letztere können etwa durch die Summe einer Vielzahl unerkannter, kleinerer Leckagen in Rohrnetzen auch in modernen Industrienationen hoch sein.<sup>78</sup>

Vor diesem Hintergrund wird eine Modernisierung sowie Anpassung der Wassersysteme an den Klimawandel notwendig, bei der die Digitalisierung eine essenzielle Rolle einnimmt. Auch die Bundesregierung greift diese Schwerpunkte in ihrer 2023 vorgestellten Nationalen Wasserstrategie auf und will so die Transformation der *Wasserwirtschaft* vorantreiben.<sup>79</sup>

### Die NRW-Wasserwirtschaft setzt angesichts enormer Herausforderungen auf innovative IoT-Lösungen.

Schon heute entwickelt die nordrhein-westfälische *Wasserwirtschaft* vielfältige, innovative Lösungen, um den beschriebenen Herausforderungen zu begegnen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die flächendeckende Ausbringung von Sensorik, um eine Vielzahl von aktuellen Daten zur Verfügung zu stellen, sowie den Aufbau entsprechender Strukturen, um diese Daten übertragen zu können. Auf Basis von Sensorik und Internet of Things (IoT) hat etwa das in Bochum ansässige Unternehmen Okeanos das intelligente Sensorsystem „Floodlight“ entwickelt. Das System kann Sensordaten mittels einer KI in eine frühzeitige Warnung vor Hochwassergefahrenlagen übersetzen.<sup>80</sup> Im Ernstfall können dann Betroffene vorgewarnt und die Feuerwehr verständigt werden. Darüber hinaus leistet auch die intelligente Digitalisierungsplattform des Essener Unternehmens fuseki GmbH einen wichtigen Beitrag zum Datenmanagement in der *Wasserwirtschaft*. Die Plattform bietet unter anderem im Förderprojekt KIWaSuS die Grundlage für KI-basierte Warnsysteme vor Starkregen und urbanen Sturzfluten.<sup>81</sup> Im Rahmen des Verbundprojekts RIWWER wird in der Stadt Duisburg wiederum an KI-gestützten Abwassersystemen geforscht, die eine bessere Steuerung des Kanalnetzes ermöglichen und die Anlagen der Siedlungsentwässerung als Teil der kritischen Infrastruktur z. B. resilienter gegen

Starkregenereignisse machen. Damit könnten im Starkregenfall Rhein und Ruhr besser vor Verschmutzungen durch ungeklärtes Abwasser und Siedlungen vor Überschwemmungen geschützt werden.<sup>82</sup>

Andere Unternehmen aus NRW entwickeln wiederum intelligente Lösungen mit dem Ziel, Ressourcen einzusparen und Effizienzsteigerungen herbeizuführen. So hat die Lisios GmbH aus Köln einen KI-basierten Wasseralarm entwickelt, um frühzeitig Leckagen zu erkennen und so Schäden in Privathaushalten bzw. unnötige Wasserverluste zu vermeiden.<sup>83</sup>

Das Marktsegment *Abwasserbehandlung* ist – im Vergleich zum Rest der *Wasserwirtschaft* – hinsichtlich der Datenerfassung und der automatisierten Überwachung von Anlagen bereits heute gut aufgestellt. Großes Potenzial besteht dennoch bei der Analyse der erfassten Daten. In diesem Zusammenhang wird auch die vorausschauende Wartung von Infrastrukturkomponenten, das sogenannte Predictive Maintenance, in Zeiten des Fachkräftemangels als besonders zukunftsweisend eingeschätzt.

### Die Metropole Ruhr zeichnet sich durch hohe wasserwirtschaftliche Kompetenzen aus.

Insgesamt ist NRW wasserwirtschaftlich hervorragend aufgestellt und verfügt über eine starke Akteurslandschaft in diesem Bereich. Hierzu zählen die sondergesetzlichen

Wasserverbände, die gesetzlich übertragene, staatliche Aufgaben der *Wasserwirtschaft* wahrnehmen, darunter die Abwasserreinigung, Renaturierung, Pflege und Entwicklung von Gewässern.<sup>84</sup> Die Wasserwirtschaftsverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) bündeln ihre Kompetenz und stellen gemeinsam den größten Abwasserentsorger und Kläranlagenbetreiber Deutschlands dar.<sup>85</sup> Hinzu kommen die großen Wasserversorgungsunternehmen Gelsenwasser AG und Rheinisch-Westfälisch Wasserwerksgesellschaft mbH sowie der (Tagebau-)Entwässerungsbetrieb RWE Power AG mit Sitz in Essen. Darüber hinaus leisten führende Forschungseinrichtungen – wie das Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft und Klimazukunft (FiW), das IWW Zentrum Wasser, die Universität Bochum mit ihrem Lehrstuhl für Ingenieurhydrologie und Wasserwirtschaft und die Hochschule Ruhr West mit einem Forschungsschwerpunkt zu KI und Wasser – einen entscheidenden Beitrag, um wasserwirtschaftliche Themen auch über die Landesgrenzen hinaus voranzutreiben. Diese ausgeprägte Forschungslandschaft bietet wiederum fruchtbaren Boden für die Entstehung innovativer Start-ups. Die Vernetzung innerhalb der Branche wird auch durch das im Jahr 2020 vom NRW-Umweltministerium und mehreren NRW-Unternehmen der *Wasserwirtschaft* ins Leben gerufene Kompetenzzentrum Digitale Wasserwirtschaft (KDW) mit Sitz in Essen maßgeblich gefördert. Im staatlichen Auftrag vermittelt das KDW über verschiedenste Formate ein breites Informationsangebot und treibt so die Digitalisierung der eher traditionell geprägten *Wasserwirtschaft* in NRW voran.<sup>86</sup>



Wasserwerk der Rheinisch-Westfälischen Wasserwerksgesellschaft (RWW) in Mülheim



Mit der neuen Emschermündung findet der Emscherumbau, Deutschlands größtes Bauvorhaben zu Blauen Infrastrukturen, seinen Abschluss.

**INNOVATIONSFELD**  
**BATTERIERECYCLING**



**KREISLÄUFE SCHLIESSEN**

**FFB PreFab, Münster**

2024 wurde mit der FFB PreFab der erste Bauabschnitt der Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung Batterie-zelle FFB eingeweiht. Die PreFab soll als Bindeglied zwischen Forschung, Wissenschaft und Industrie die gesamte Batterie-Wertschöpfungskette abbilden. Im Vordergrund steht die Skalierung von Pilotprojekten zur ökologischen und ökonomischen Batteriezellenproduktion.

**A** FFB PreFab, Münster, Forschung

**S2taR, Aachen**

Unter dem Mitwirken der RWTH Aachen werden Recycling-prozesse für Feststoffbatterien erforscht. Die Ergebnisse tragen dazu bei, bessere Recyclingeigenschaften bereits beim Zelldesign mitzudenken.

**Q** RWTH Aachen, Forschung

**Sonstige Akteure**

**B** E-Lyte R&D Center, Münster, FuE in Unternehmen



Die Pilotanlage für das nachhaltige Recyceln von Lithium-Ionen-Batterien nahm die cylib GmbH im September 2023 in Betrieb.

## DEMONTAGE

### AuBa@C, Aachen

Das Projekt AuBa@C des Start-ups cylib GmbH entwickelt einen Prototyp zur automatischen Demontage von Batterien.

**P** cylib GmbH, Aachen, Pilot- und marktreife Anlagen

### DemoRec, Aachen

Das Konsortium aus der RWTH Aachen und Industrieunternehmen steigert den Automatisierungsgrad der Batteriedemontage in Recycling-Anlagen.

**Q** RWTH Aachen, Forschung

### DemoSens, Aachen/Münster

Die RWTH Aachen und die FH Münster arbeiten gemeinsam an einer sensorgestützten, mechanischen Aufbereitung von Lithium-Ionen-Batterien.

**Q** RWTH Aachen, Forschung

### Sonstige Akteure

**C** FH Münster, Forschung

**D** SIMPLI RETURN, Köln, Pilot- und marktreife Anlagen

**E** Primobius GmbH, Hilchenbach, Pilot- und marktreife Anlagen

**F** HOPPECKE Batterien GmbH, Brilon, Pilot- und marktreife Anlagen

**G** Fraunhofer IPT, Aachen, Forschung

## ROHSTOFF-RÜCKGEWINNUNG

### Accurec Recycling GmbH, Krefeld

Accurec betreibt seit 2023 eine Rückgewinnungsanlage für Lithium aus Alt-Akkus aus Konsumgütern und Antriebsbatterien von E-Pkw. Mit ihrem HydroLiC-Verfahren kann Accurec bereits heute die geforderte Recyclingeffizienz der EU-Batterieverordnung einhalten bzw. übererfüllen.

**H** Accurec Recycling GmbH, Krefeld, Pilot- und marktreife Anlagen

### cylib GmbH, Aachen

Das Start-up hat sich aus der RWTH Aachen heraus gegründet und konnte Anfang 2024 nach nur 11 Monaten die erste Pilotanlage zum vollständigen Recycling von Lithium-Ionen-Batterien in Betrieb nehmen. 500 kg Batterien können in der Anlage täglich recycelt werden.

**P** cylib GmbH, Aachen, Pilot- und marktreife Anlagen

### EarLi, Aachen/Essen

Evonik, die RWTH Aachen und die Accurec Recycling GmbH arbeiten im Projekt EarLi an der Rückgewinnung von hochreinem Lithium aus den Antriebsbatterien von E-Pkw.

**H** Accurec Recycling GmbH, Krefeld, Pilot- und marktreife Anlagen

**Q** RWTH Aachen, Forschung

**I** Evonik Industries AG, Essen, FuE in Unternehmen

### Sonstige Akteure

**B** E-Lyte R&D Center, Münster, FuE in Unternehmen

**J** Remondis SE, Lünen, FuE in Unternehmen

**K** Umicore AG & Co. KG, Essen, FuE in Unternehmen

**L** Green Li-ion Pte Ltd., Münster, Pilot- und marktreife Anlagen

**M** MEET Münster, Forschung

**N** SK tes, Recklinghausen, Pilot- und marktreife Anlagen

**O** Forschungszentrum Jülich, Forschung

## INNOVATIONSFELD NEUE GESCHÄFTSMODELLE FÜR STABILITÄT IM ENERGIEVERSORGUNGSNETZ



### STABILITÄT IM STROMNETZ

#### FlexFleet, Aachen

Die RWTH Aachen forscht zusammen mit der smartlab Innovationsgesellschaft mbH an bidirektionalem und intelligentem Laden, um die Belastung des Stromnetzes durch elektrische Flotten zu reduzieren und damit die für die Ertüchtigung des Netzes notwendigen Kosten zu minimieren. FlexFleet soll dazu Leitfäden und technische Lösungen entwickeln.

- A** RWTH Aachen, Forschung
- B** smartlab Innovationsgesellschaft mbH, Münster, FuE in Unternehmen

#### PtX-Plattform, Essen

Die Projektpartner Universität Duisburg-Essen, Mitsubishi Power, Evonik und Fraunhofer UMSICHT entwickeln gemeinsam marktfähige Lösungen, um die Erzeugungsspitzen der Erneuerbaren effizient abzufedern und damit Strom kostengünstig zwischenzuspeichern.

- C** Universität Duisburg-Essen, Essen, Forschung
- D** Mitsubishi Power Europe GmbH, Duisburg, FuE in Unternehmen
- E** Evonik Industries AG, Essen, FuE in Unternehmen
- F** Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen, Forschung

### QUIRINUS Control, Köln

Die hohe Anzahl von Stromerzeugungsanlagen und Stromverbrauchern stellt eine Herausforderung für das Verteilnetz dar. Mit QURINUS Control werden unter der Beteiligung der Universität Köln Maßnahmen zur Sicherung der Spannungsqualität erforscht, die im Rheinischen Revier in einem Wide-Area-Monitoring-System erprobt werden sollen.

**G** Universität zu Köln, Forschung

### Sonstige Akteure

**H** Regionetz GmbH, Aachen, FuE in Unternehmen

## FLEXIBILITÄTSMANAGEMENT

### D-Central, Essen

RWE Supply & Trading forscht am Ausbau von Remote-Steuerungen, um auch kleinere Anlagen in virtuelle Kraftwerke integrieren zu können.

**I** RWE Supply & Trading GmbH, Essen, FuE in Unternehmen

### Virtuelles Kraftwerk Next Pool, Köln

Die Next Kraftwerke GmbH betreibt eines der größten virtuellen Kraftwerke Europas. Innovative FuE-Projekte erweitern das technische Portfolio, darunter die Integration einer 2-Megawatt-Batterie und die einer Power-to-Gas-Anlage in das virtuelle Kraftwerk.

**J** Next Kraftwerke GmbH, Köln, Pilot- und marktreife Anlagen

### Sonstige Akteure

**A** RWTH Aachen, Forschung

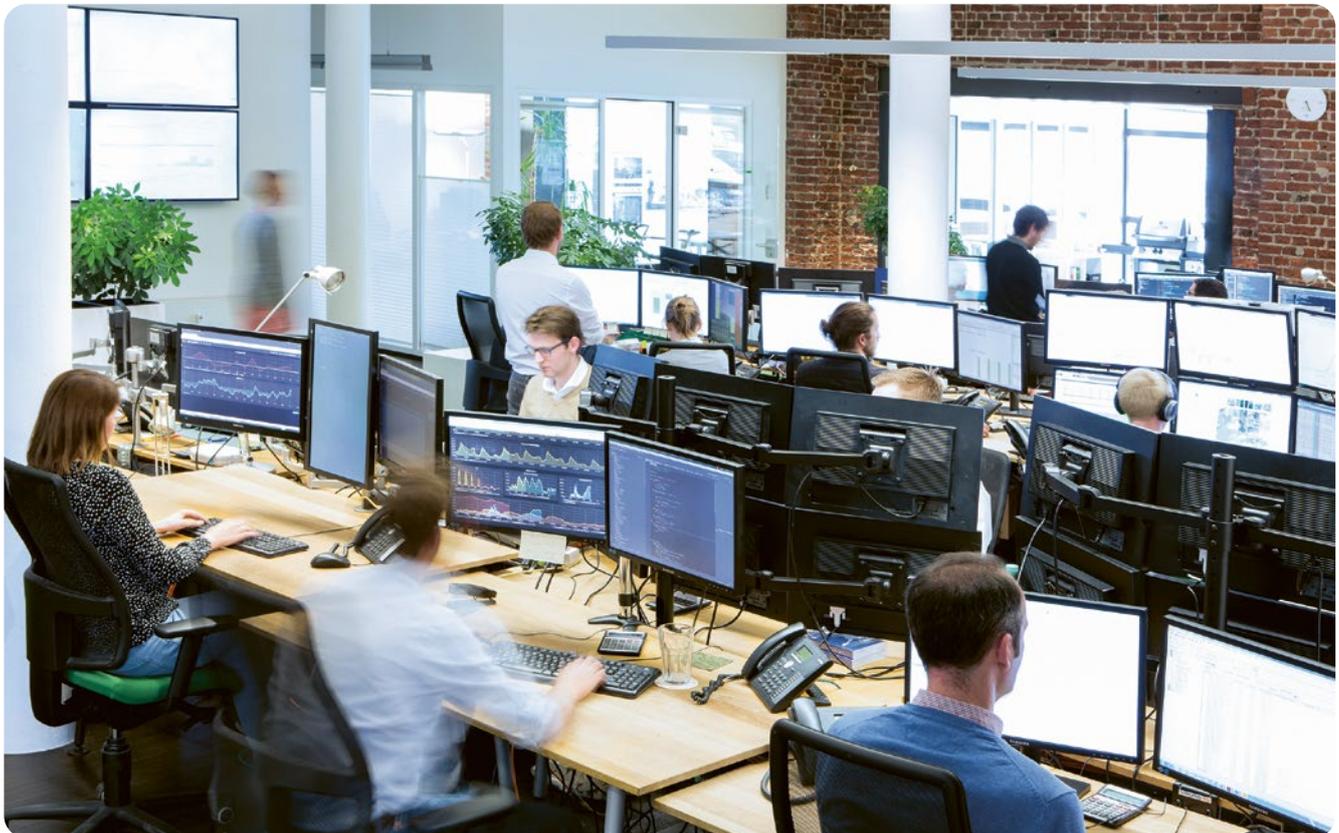
**K** Technische Hochschule Köln, Forschung

**L** Forschungszentrum Jülich, Forschung

**M** Virtuelles Institut Smart Energy (VISE), Köln, Forschung

**N** Energie Impuls OWL e. V., Bielefeld, Forschung

**O** concepte solutions GbR, Köln, Pilot- und marktreife Anlagen



Blick in den Trading Floor der Next Kraftwerke (Köln)

## INNOVATIONSFELD KLIMARESILIENTE BINNENSCHIFFFAHRT



### TEST- UND FORSCHUNGSZENTREN

#### „ELLA“, Duisburg

Mit dem 16 m langen Modellschiff „ELLA“ (Entwicklungsplattform im Modellmaßstab für Manöver-Automatisierung) wird die autonome, KI-gestützte Ausführung von komplexen Fahrmanövern in Häfen- und Schleusen erprobt. „ELLA“ dient als maßstabgerecht verkleinerte Entwicklungsplattform, die Ergebnisse können später auf Binnenschiffe im Realeinsatz übertragen werden.

**A** DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e. V., Duisburg, Forschung

#### HaFoLa, Duisburg

Das Versuchszentrum für innovative Hafen- und Umschlagstechnologien HaFoLa tritt an, um die landseitige Infrastruktur der Binnenschifffahrt zu modernisieren. Seit 2023 werden am HaFoLa u. a. autonome Hafenumschlaggeräte wie automatisierbarer Hallenkräne, Containerbrücken und Drehkräne entwickelt und erprobt.

**A** DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e. V., Duisburg, Forschung

### **VeLABi, Duisburg**

Das Versuchs- und Leitungszentrum autonome Binnenschifffahrt (VeLABi) bietet mit der Kombination eines virtuellen und eines realen Testfeldes eine moderne und praxisnahe Infrastruktur für die Entwicklung autonom fahrender Binnenschiffe. Gearbeitet wird in acht sich ergänzenden Forschungsvorhaben am ferngesteuerten, assistierten, teil- und vollautomatisierten Fahren von Binnenschiffen.

- A** DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e. V., Duisburg Forschung

### **Sonstige Akteure**

- B** Universität Duisburg-Essen, Lehrstühle für Mechatronik/Steuerung, Regelung und Systemdynamik, Forschung
- C** Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund, Forschung
- D** RWTH Aachen, Aachen, Forschung

## **KLIMARESILIENTE BINNENSCHIFFE**

### **„COURAGE“, Leverkusen und Köln**

Covestro und die HGK Shipping GmbH haben im März 2023 das Niedrigwasserschiff „COURAGE“ in Betrieb genommen. Das Schiff wird mit einem effizienten diesel-elektrischen Antrieb betrieben, es ist zudem Future-Fuel-Ready, d. h. es kann auf klimafreundliche Treibstoffe wie z. B. Wasserstoff umgerüstet werden. Mit der „GAS 95“ befährt ein zweites niedrigwasseroptimiertes Schiff der HGK den Rhein, weitere sind in Planung.

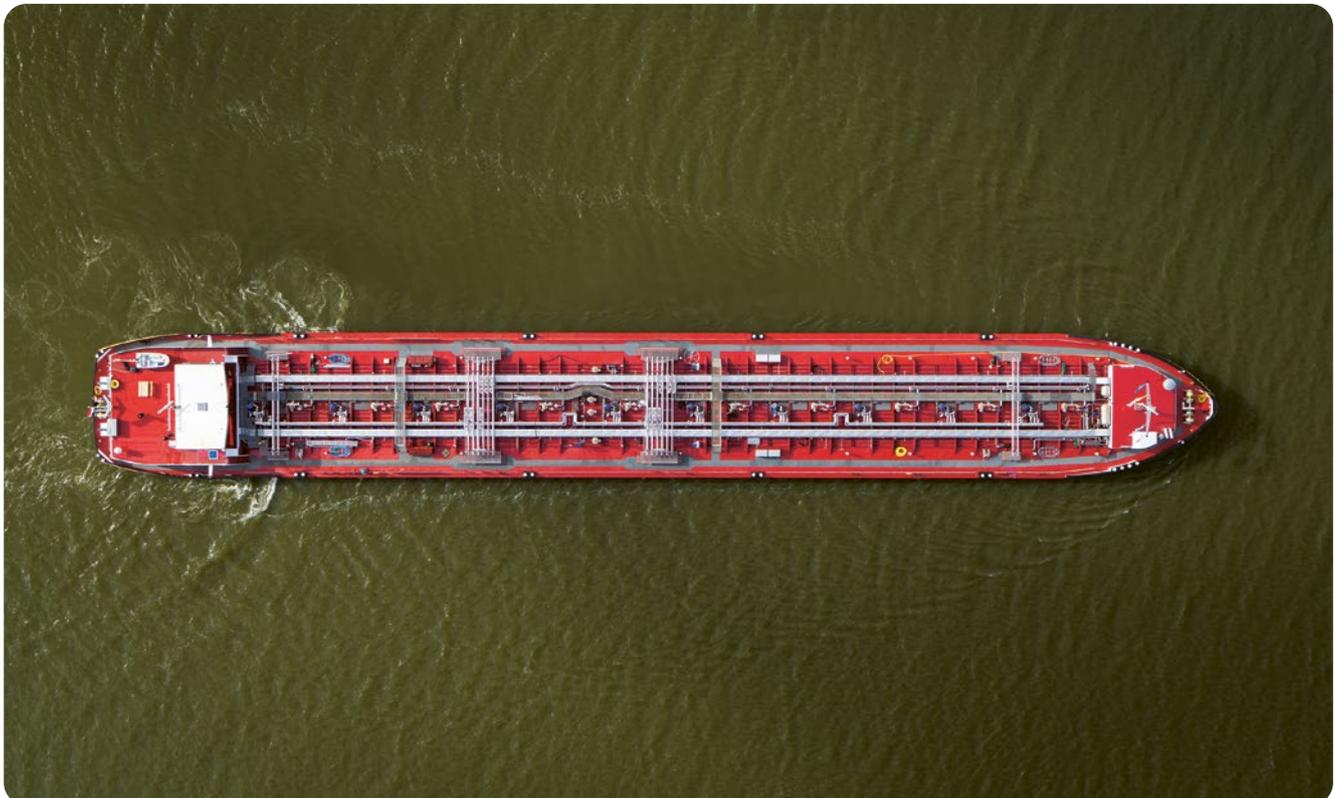
- E** Covestro AG, Leverkusen, Pilot- und marktreife Anlagen
- F** HGK Shipping GmbH, Köln, Pilot- und marktreife Anlagen

### **„Niedersachsen 22“, Duisburg**

Seit 2019 erproben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des DST Entwicklungszentrums für Schiffstechnik und Transportsysteme und der Universität Duisburg-Essen im Projekt AutoBin den Einsatz von KI für das automatisierte Fahren von Binnenschiffen. Das 100 m lange Testschiff „Niedersachsen 22“ ist mit Kameras, Lasern, Sensoren und zusätzlichen Radarsystemen ausgestattet.

### **Sonstige Akteure**

- L** Duisburger Hafen AG, Pilot- und marktreife Anlagen



An Duisburger Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme DST mit entwickelt: das moderne Niedrigwasser-Binnenschiff MS Stolt Ludwigshafen

## INNOVATIONSFELD RECYCLING VON WINDENERGIE- UND PHOTOVOLTAIKANLAGEN



### RECYCLING VON WINDENERGIEANLAGEN

#### BladeReUse, Essen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeitet die RWE Renewables GmbH zusammen mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) eine Methode zur Weiterverwertung von Rotorblattsegmenten für großserientaugliche Produkte im Infrastrukturbau.

**A** RWE Renewables GmbH, Essen, FuE in Unternehmen

#### Hagedorn, Gütersloh

Die Prinzipien der Revitalisierung alter Industrieflächen überträgt Hagedorn auf den Rückbau von Windenergiean-

lagen. Die komplette Anlage wird vor Ort zerlegt und die Bestandteile für das Recycling vorbereitet. Es folgt die zertifizierte thermische Verwertung sämtlicher GFK- und auch CFK-Bestandteile einer Windenergieanlage, darunter die Rotoren.

**B** Hagedorn GmbH, Gütersloh, Pilot- und marktreife Anlagen

#### rethink\*rotor, Aachen

rethink\*rotor ist ein Forschungsprojekt der OX2architekten GmbH, Aachen und des Fachbereichs Architektur an

der Hochschule Darmstadt, das sich mit der Entwicklung und Umsetzung konkreter Wiederverwendungsszenarios für ausgediente Rotorblätter in der Bauwirtschaft beschäftigt.

**C** OX2architekten GmbH, Aachen, FuE in Unternehmen

#### Recyclebare Rotorblätter, Essen

Im Offshore-Windpark Kaskasi erprobt RWE das weltweit erste recyclebare Rotorblatt von Siemens Gamesa unter den realen Bedingungen der Nordsee.

**A** RWE Renewables GmbH, Essen, FuE in Unternehmen

#### TU Dortmund

Im Rahmen eines vom Umweltbundesamt (UBA) geförderten Forschungsvorhabens wurde u. a. am Lehrstuhl Ressourcen- und Energiesysteme der TU Dortmund ein Konzept zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen erarbeitet.

**D** TU Dortmund, Forschung

#### Wörmann-Team GmbH, Schloß Holte-Stukenbrock

Der Mittelständler übernimmt von der Demontage des Maschinenhauses und der Rotorblätter bis zum Abtragen der Stahl- und Betonturmteile und dem Abbruch des Fundaments und Trafohauses den Abbau von kompletten Anlagen.

**E** Wörmann-Team GmbH, Gütersloh, Pilot- und marktreife Anlagen

## PV-MODUL RECYCLING

#### Forschungszentrum Jülich

Am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung arbeiten Forschende an einem zirkulär ausgelegten Konzept für PV-Module, um damit das Recycling zu optimieren.

**F** Forschungszentrum Jülich, Forschung

#### PV Cycle Deutschland GmbH, Düsseldorf

PV Cycle betreibt ein b2b-Sammelsystem für Inverkehrbringer bzw. Hersteller und Endnutzer zur Rückführung von PV-Modulen, Speichern, Gleichrichtern, Batterien etc. in den Wertstoffkreislauf.

**G** PV Cycle Deutschland GmbH, Düsseldorf, Pilot- und marktreife Anlagen

#### Reiling GmbH & Co. KG, Marienfeld

Reiling hat 2023 das Kompetenzzentrum PV-Recycling in Münster eröffnet. Der Fokus liegt auf Sammlung, Prüfung zur Wiederverwendung und Recycling siliziumbasierter PV-Module.

**H** Reiling GmbH & Co. KG, Marienfeld, FuE in Unternehmen



Repowering bei Issum: Das 23 Jahre alte Rotorblatt besteht u. a. aus Verbundwerkstoffen (GFK, CFK).

**INNOVATIONSFELD**  
**INTELLIGENTE ÜBERWACHUNG VON WASSERSYSTEMEN**



**KLIMABEDINGTE UMWELTKATASTROPHEN ABWENDEN**

**Netilion Floodlight, Bochum**

Netilion Floodlight ist eine KI-basierte Lösung von Okeanos und Endress+Hauser, die mittels Sensordaten und intelligenter Datenanalyse ein Hochwassermonitoring und -frühwarnsystem ermöglicht.

**A** Okeanos Smart Data Solutions GmbH, Bochum, Pilot- und marktreife Anlagen

**RIWWER, Duisburg**

Das vom Fraunhofer IMS geführte Forschungsprojekt RIWWER zielt darauf ab, die Steuerung des Abwassersystems zu digitalisieren und durch KI-unterstützte Maßnahmen umweltfreundlicher zu gestalten. Zudem sollen durch den Einsatz von KI die Wassermengen während normaler Betriebszeiten und bei Starkregenereignissen effizient verteilt werden. Dies trägt dazu bei, Überlastungen zu vermeiden und Umweltschäden zu reduzieren.

**B** Fraunhofer IMS, Duisburg, FuE in Unternehmen

## MIT KÜNSTLICHER INTELLIGENZ RESSOURCEN EINSPAREN UND EFFIZIENZ STEIGERN

### fuseki GmbH, Essen

Die fuseki GmbH unterstützt mit einem Data Science Lab u. a. Unternehmen der *Wasserwirtschaft* bei der Digitalisierung und der Entwicklung innovativer Lösungen. Von Predictive Maintenance über selbstlernende Betriebsstörungserkennung hin zu smarten IoT- und Big-Data-Technologien steigern datengestützte Lösungen die Effizienz von Prozessen und reduzieren den Einsatz von Ressourcen.

**C** fuseki GmbH, Essen, Pilot- und marktreife Anlagen

### Lisios GmbH, Köln

Die Lisios GmbH entwickelt KI-basierte Lösungen zur frühzeitigen und zuverlässigen Erkennung von Leckagen, z. B. um Wasserschäden in Privathaushalten vorzubeugen und den Wasserverbrauch zu reduzieren.

**D** Lisios GmbH, Köln, Pilot- und marktreife Anlagen

### AsWA, Gelsenkirchen

Durch das Energiemanagement-Assistenzsystem für Wasserwerke (AsWA) kann die Gelsenwasser AG die Fahrweise des Wasserwerks Haltern an die Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie anpassen. Mittels KI und gesammelter Daten wird erkannt, zu welchem Zeitpunkt die zentralen Hochbehälter für die Versorgung von Industrie und Haushalten am preisgünstigsten befüllt werden können. Dadurch werden die Energiekosten optimiert und ein Beitrag zur Stabilität des Stromnetzes geleistet.

**E** Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen, Pilot- und marktreife Anlagen

### INTEWA, Aachen

INTEWA setzt eine smarte Technologie für Wasseraufbereitungs-, Regenwasser-Management- und Löschwasser-Systeme ein. Mit den intelligenten Steuerungsgeräten sowie über ein smartes Webportal lassen sich Anlagen überwachen und steuern.

**F** INTEWA GmbH, Aachen, Pilot- und marktreife Anlagen

## WEITERE AKTEURE DER SMARTEN WASSERWIRTSCHAFT

### Kompetenznetzwerk Digitale Wasserwirtschaft (KDW), Essen

Das KDW treibt im Auftrag des Landes NRW durch Informations- und Vernetzungsangebote die Digitalisierung der nordrhein-westfälischen Wasserwirtschaft voran.

**G** Kompetenznetzwerk Digitale Wasserwirtschaft (KDW), Essen, FuE in Unternehmen



Die Kläranlage Emscher-Mündung (KLEM) der Emschergenossenschaft zählt zu den größten und modernsten Kläranlagen Europas.

### Hochschule Ruhr West (HRW), Mülheim an der Ruhr

Der Forschungsschwerpunkt „KI aus ökonomischer Perspektive“ des Wirtschaftsinstituts der HRW untersucht die Voraussetzungen und Folgen des Einsatzes von KI für Unternehmen, Konsumenten und Volkswirtschaften sowie die Diffusion von KI u. a. im Energie- und Wassersektor.

**H** Hochschule Ruhr West (HRW), Mülheim/Ruhr, Forschung

## WEITERE WICHTIGE AKTEUERE

- I** RWTH Aachen, Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft und Klimazukunft (FiW) und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft (IWW), Forschung
- J** Ruhr Universität Bochum – Lehrstuhl für Ingenieurhydrologie und Wasserwirtschaft, Forschung
- K** IWW Zentrum Wasser, Mülheim/Ruhr, FuE in Unternehmen
- L** Rheinisch-Westfälisch Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim/Ruhr, FuE in Unternehmen
- M** IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, Forschung
- N** RWE Power AG, Essen, Pilot- und marktreife Anlagen
- O** Emschergenossenschaft Lippeverband (EGLV), Essen, FuE in Unternehmen
- P** Arbeitsgemeinschaft der Wasserwirtschaftsverbände in NRW, Bergheim, FuE in Unternehmen
- Q** Stadtentwässerungsbetriebe Köln, Köln, FuE in Unternehmen

# INNOVATIONS- UND WIRTSCHAFTSLEISTUNGEN IN DEN TEILMÄRKTEN DER UMWELTWIRTSCHAFT NRW

## ENERGIEEFFIZIENZ UND ENERGIEEINSPARUNG

Der Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* stellt im Hinblick auf die Erwerbstätigen den drittgrößten Teilmarkt der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen dar. Dieser wird maßgeblich geprägt durch Bau- und Installationsleistungen für Gebäude. Hierzu gehören mit dem Bau von Passivhäusern und dem Ausbau von Dämmungen wichtige Tätigkeiten für die Transformation zu einem energieeffizienten Gebäudesektor. Auch das hier vorliegende

Wertschöpfungswachstum von 6,5 % p. a. unterstreicht die wachsende Bedeutung dieses Technologiebereichs.

Zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie tragen gegenwärtig insbesondere Prozessoptimierungen und intelligente Energie- und Produktionssysteme bei. Hier liegen mit Steigerungen von Prozesseffizienzen und Smart-Factory-Technologien auch die Patentschwerpunkte des Teilmarkts.



Abbildung 22: Erwerbstätige im Teilmarkt Energieeffizienz und Energieeinsparung 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>8.228 Mio. €</b>	<b>5,3 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	5.556 Mio. €	5,5 %
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	2.672 Mio. €	4,9 %

Abbildung 23: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Energieeffizienz und Energieeinsparung 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Prozesseffizienz	1. Thyssen Krupp, Essen 2. SMS group, Düsseldorf/Mönchengladbach 3. Deutsche Edelstahlwerke, Siegen/Hagen
Brennstoffzellen	1. Forschungszentrum Jülich 2. Thyssen Krupp, Essen 3. Vaillant, Remscheid
Vollständige Fabrikkontrolle	1. Phoenix Contact, Blomberg 2. Beckhoff Automation, Verl 3. WAGO Verwaltungsgesellschaft, Minden

Abbildung 24: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Energieeffizienz und Energieeinsparung

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## MATERIALIEN, MATERIALEFFIZIENZ UND RESSOURCENWIRTSCHAFT

Sowohl im Hinblick auf die Erwerbstätigen als auch auf die Bruttowertschöpfung ist der Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* der dominierende Teilmarkt in Nordrhein-Westfalen. Fast ein Drittel aller Erwerbstätigen der Umweltwirtschaft ist hier zu verorten. Gleichzeitig entwickelt sich dieser Teilmarkt in den letzten Jahren nur mit einem geringen Wachstum weiter.

Prägend ist das Marktsegment *Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse* mit dem Technologiebereich *Installations-, Reparatur und Beratungsleistungen*, in dem mehr als die Hälfte der 192.000 Erwerbstätigen beschäftigt ist. Im Vordergrund stehen Dienstleistungen

wie die Reparatur von Fahrzeugen, Fahrrädern und anderen Gebrauchsgütern, um die Lebensdauer von Produkten zu verlängern. Zunehmende Bedeutung erlangen in diesem Teilmarkt Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die zukünftig den Bedarf an erschöpfbaren Materialien weiter reduzieren können. Ergänzend dazu stehen Recyclingverfahren für verschiedene Materialien und Anwendungen im Fokus der aktuellen Patentthemen.

Der Teilmarkt zeichnet sich sowohl durch seine Schwerpunkte als auch durch seine Innovationen als Kern der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) in Nordrhein-Westfalen aus.

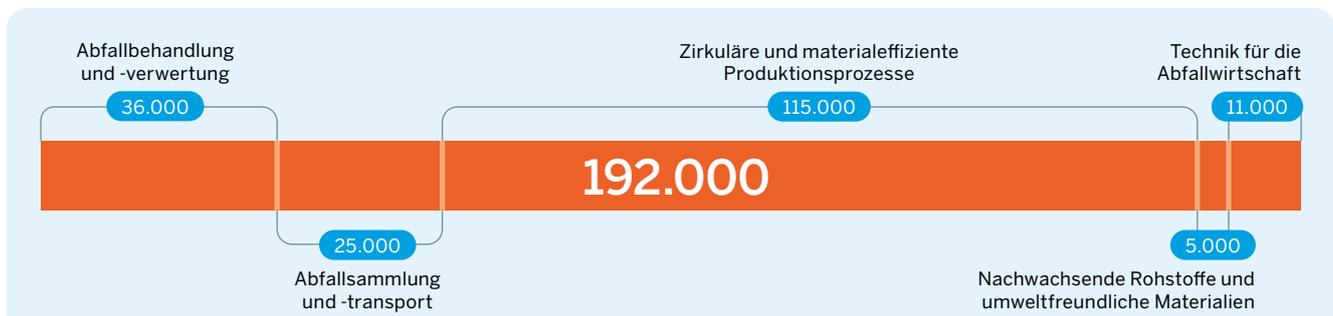


Abbildung 25: Erwerbstätige im Teilmarkt Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>16.901 Mio. €</b>	<b>3,1 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	4.493 Mio. €	2,6 %
Abfallsammlung und -transport	3.313 Mio. €	3,7 %
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	7.635 Mio. €	3,2 %
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	407 Mio. €	3,8 %
Technik für die Abfallwirtschaft	1.052 Mio. €	2,2 %

Abbildung 26: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Recycling von Ausgangs- und Zwischenstoffen in der chemischen Industrie	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evonik, Essen</li> <li>2. Covestro Deutschland, Leverkusen</li> <li>3. Basell Polyolefine, Wesseling</li> </ol>
Recycling in der Metallverarbeitung	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SMS group, Düsseldorf/Mönchengladbach</li> <li>2. SMS Siemag, Siegen</li> <li>3. Hydro Aluminium, Grevenbroich/Neuss</li> </ol>
Herstellung von Kraftstoffen aus Abfallstoffen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evonik, Essen</li> <li>2. Thyssenkrupp Industrial Solutions, Essen</li> <li>3. Maria Rogmans (OxyGenesis GmbH, Kalkar)</li> </ol>

Abbildung 27: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## MINDERUNGS- UND SCHUTZTECHNOLOGIEN

Der Teilmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien* gehört mit ca. 29.000 Erwerbstätigen zu den kleineren Teilmärkten der Umweltwirtschaft. Der Teilmarkt wird maßgeblich durch das Segment *Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen* geprägt, das mehr als die Hälfte der wirtschaftlichen Leistung generiert. Hier sind insbesondere Architektur- und Planungsdienstleistungen berücksichtigt, die die steigende Nachfrage nach klimaangepasster Gebäude- und Stadtentwicklung adressieren.

Zusätzlich ist eine hohe Dynamik im Marktsegment *Lärm-minderungs- und Luftreinigungstechnologien* zu erkennen.

Die wichtigsten Patentthemen konzentrieren sich ebenfalls auf den Bereich der Luftreinhaltung, was die fortlaufenden Entwicklungen in diesem Bereich weiter unterstreicht. Neben der Vermeidung und Reduzierung von Emissionen liegt ein Schwerpunkt auch darauf, bereits freigesetztes CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu entfernen und zu speichern.



Abbildung 28: Erwerbstätige im Teilmarkt Minderungs- und Schutztechnologien 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>2.484 Mio. €</b>	<b>4,1 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	239 Mio. €	3,4 %
Lärm-minderungs- und Luftreinigungstechnologien	1.010 Mio. €	5,0 %
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	1.235 Mio. €	3,5 %

Abbildung 29: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Minderungs- und Schutztechnologien 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Abgasbehandlung durch selektive katalytische Reduktion	1. Emitec, Lohmar 2. Kautex Textron, Bonn 3. Albonair, Dortmund
Abscheidung und Speicherung von CO <sub>2</sub>	1. Evonik, Essen 2. Thyssenkrupp Industrial Solutions, Essen 3. Thyssenkrupp Uhde, Dortmund
Erhaltung und Verbesserung der Luftqualität	1. Emitec, Lohmar 2. Kautex Textron, Bonn 3. Thyssenkrupp Uhde, Dortmund

Abbildung 30: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Minderungs- und Schutztechnologien 2023

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## NACHHALTIGE HOLZ- UND FORSTWIRTSCHAFT

Die *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* ist nur hinsichtlich der Erwerbstätigkeit und Bruttowertschöpfung der zweitkleinste Teilmarkt – gemessen an ihrem ökologischen Zusatznutzen steht sie ganz oben in der Abfolge der Teilmärkte. Seit einigen Jahren wird dieser Teilmarkt von der Be- und Verarbeitung großer Mengen Schadholz geprägt, welches v. a. von dem Insektenbefall und Trockenstress der Wälder herrührt.

Von besonderer Bedeutung ist daher das Marktsegment *Nachhaltige Forstwirtschaft*, in dem bereits jetzt ein hohes Wachstum der Bruttowertschöpfung von 6,1% p. a. stattfindet. Zu den entsprechenden Aktivitäten im Segment gehören beispielsweise die Waldbestandsaufnahme, Schäd-

lingsbekämpfung und Präventivmaßnahmen gegen Waldbrände. Die Herausforderungen der vergangenen Jahre wirken sich hier direkt auf die notwendigen ökonomischen Tätigkeiten in den Wäldern Nordrhein-Westfalens aus.

Im weltweiten Vergleich sticht Nordrhein-Westfalen bei Patenten für Holzwerkstoffe mit einem Anteil von ca. 20% deutlich hervor. Dementsprechend ist auch die Patentlandschaft im Teilmarkt geprägt von Innovationen in der Holzbearbeitung und -verarbeitung. Der Teilmarkt nimmt mit einem Anteil von 2,5% an den Umweltwirtschaftspatenten in Nordrhein-Westfalen jedoch lediglich eine kleinere Rolle in der Innovationslandschaft ein.



Abbildung 31: Erwerbstätige im Teilmarkt Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>2.294 Mio. €</b>	<b>2,5 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	968 Mio. €	2,1 %
Nachhaltige Forstwirtschaft	289 Mio. €	6,1 %
Nachwachsende Holzbaustoffe	1.037 Mio. €	2,1 %

Abbildung 32: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Verbindungselemente für Plattenkanten von Furnier oder Sperrholz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IMA Klessmann-Holzbearbeitungssysteme, Lübbecke</li> <li>2. IMA Schelling Deutschland, Lübbecke</li> <li>3. Brandt Kantentechnik, Lemgo</li> </ol>
Behandlung von Pflanzen zur Verlängerung der Lebensdauer	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bayer &amp; Bayer Cropscience, Leverkusen</li> <li>2. Evonik, Essen</li> </ol>
Technologien zum Besäumen, Fasen oder Abschrägen von Kanten	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IMA Klessmann-Holzbearbeitungssysteme, Lübbecke</li> <li>2. IMA Schelling Deutschland, Lübbecke</li> <li>3. Homag Kantentechnik, Lemgo</li> </ol>

Abbildung 33: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft 2023

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## UMWELTFREUNDLICHE ENERGIEWANDLUNG, -TRANSPORT UND -SPEICHERUNG

Im Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* lassen sich hinsichtlich der Indikatoren unterschiedliche Entwicklungen beobachten. Während die Erwerbstätigkeit lediglich ein unterdurchschnittliches Wachstum von 0,6 % aufweist, ist bei der Bruttowertschöpfung mit 6,4 % p. a. das stärkste Wachstum aller Teilmärkte zu verzeichnen.

Das treibende Marktsegment bilden die *Intelligenten Energiesysteme und Netze*, deren Bruttowertschöpfung um 11,3 % p. a. gewachsen ist. Der Ausbau der *Erneuerbaren Energien* und der damit verbundene Netzausbau wirken sich direkt auf diese Entwicklung aus. Gegenwärtig

sind in absoluten Zahlen allerdings die *Erneuerbaren Energien* das dominierende Marktsegment, die jeweiligen Technologien zeigen dabei unterschiedliche Entwicklungsdynamiken. Während sich beispielsweise die Solarenergie noch von den Einbrüchen vergangener Jahre erholt, wächst die Bioenergie seit 2010 stetig.

Hinsichtlich der Innovationen im Teilmarkt sind die *Erneuerbaren Energien* ebenfalls führend, insbesondere in der Entwicklung von Windenergie- und PV-Anlagen. Innerhalb der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen weist dieser Teilmarkt mit einem Anteil von 26,3 % die höchste Anzahl von Patentanmeldungen auf.

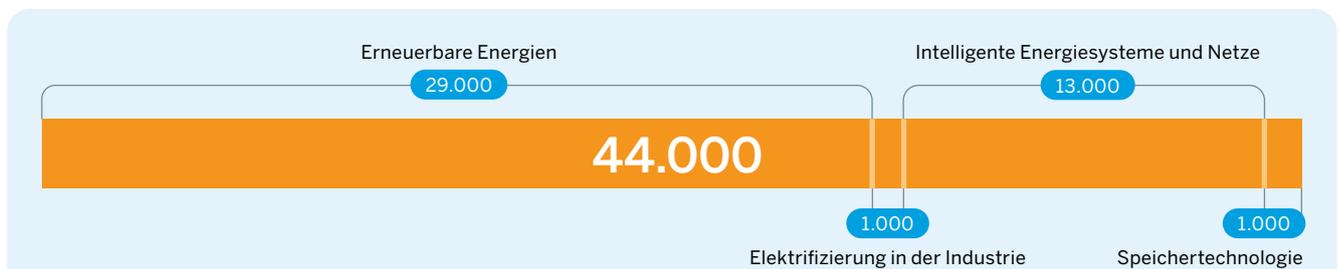


Abbildung 34: Erwerbstätige im Teilmarkt Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>6.734 Mio. €</b>	<b>6,4 %</b>
Erneuerbare Energien	4.224 Mio. €	4,9 %
Elektrifizierung in der Industrie	99 Mio. €	0,4 %
Intelligente Energiesysteme und Netze	2.321 Mio. €	11,3 %
Speichertechnologie	90 Mio. €	2,3 %

Abbildung 35: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Windkraftanlagen mit Rotationsachse in Windrichtung	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flender, Bocholt</li> <li>2. Innogy SE, Essen</li> <li>3. Moog, Standort Unna</li> </ol>
Energieerzeugung durch PV-Anlagen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evonik, Essen</li> <li>2. Henkel, Düsseldorf</li> <li>3. Phoenix Contact, Blomberg</li> </ol>
Technologien für die Herstellung von Biokraftstoffen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evonik, Essen</li> <li>2. Bayer Health Care, Leverkusen (Direvo Industrial Biotechnology)</li> <li>3. Thyssenkrupp Industrial Solutions, Essen</li> </ol>

Abbildung 36: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung 2023

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## UMWELTFREUNDLICHE LANDWIRTSCHAFT

Die *Umweltfreundliche Landwirtschaft* ist in der Umweltwirtschaft in absoluten Zahlen sowohl nach Erwerbstätigen als auch nach der Bruttowertschöpfung der kleinste Teilmarkt. Der stärkste Treiber ist das Marktsegment *Ökologische und regionale Landwirtschaft*, welches ein Wertschöpfungswachstum von 5,5 % p. a. verzeichnet. Zurückzuführen ist dies auf ein Wachstum der Fläche für Ökolandbau in Nordrhein-Westfalen, welche im Jahr 2021 einen neuen Höchstwert erreicht hat. Auch ein steigendes Bewusstsein für mehr Tierwohl und die Vorteile unkonventioneller Landwirtschaft haben die Entwicklung der letzten Jahre beeinflusst.

Das Patentvolumen spiegelt die Größenordnung des Teilmarkts wider: Innerhalb der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft beträgt der Anteil der Patente im Bereich der *Umweltfreundlichen Landwirtschaft* lediglich 0,7 %. Im deutschlandweiten Vergleich zeigt sich jedoch, dass 19,8 % aller Patente innerhalb des Teilmarktes in Nordrhein-Westfalen angemeldet werden. Der Fokus liegt hierbei auf Innovationen für Düngemittel, die beispielsweise aus Abwässern rückgewonnen werden (Phosphor-Recycling) oder auf organischen und umweltfreundlicheren Stoffen basieren.



Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>1.277 Mio. €</b>	<b>4,2 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	364 Mio. €	3,6 %
Ökologische und Regionale Landwirtschaft	472 Mio. €	5,5 %
Agrarumweltmaßnahmen	442 Mio. €	3,5 %

**Abbildung 38: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Umweltfreundliche Landwirtschaft 2023**  
Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Düngemittel aus Abwasser, Klärschlamm, Meeresschlamm, Schlick oder ähnlichen Massen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln</li> <li>2. Fluorchemie Gruppe, Standort Bergheim</li> <li>3. Remondis Aqua, Lünen</li> </ol>
Düngemittel aus menschlichen oder tierischen Exkrementen, z. B. Gülle	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maria Rogmans (OxyGenesis GmbH, Kalkar)</li> <li>2. Agri V Raiffeisen eG, Borken</li> <li>3. Remondis Aqua, Lünen</li> </ol>
Andere organische Düngemittel	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evonik, Essen</li> <li>2. Knauf Aquapanel, Iserlohn</li> <li>3. Humusan Erdenwerk, Münster</li> </ol>

**Abbildung 39: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Umweltfreundliche Landwirtschaft 2023**  
Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## UMWELTFREUNDLICHE MOBILITÄT

Der Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* stellt sowohl bei der Erwerbstätigkeit als auch der Bruttowertschöpfung den zweitgrößten Teilmarkt der Umweltwirtschaft dar. Zudem liegt hier mit einem Plus von 3,3 % p. a. bei der Zahl der Erwerbstätigen das stärkste Wachstum aller Teilmärkte vor.

Wachstumstreiber ist insbesondere das Marktsegment *Umweltfreundliche Antriebstechnologien*, das sowohl Fahrzeuge mit alternativen Antrieben als auch die Herstellung von Biokraftstoffen beinhaltet. Diese Entwicklung wird maßgeblich von der steigenden Verbreitung von

Hybrid- und Elektrofahrzeugen beeinflusst. Daneben entwickelt sich die *Umweltfreundliche Verkehrsinfrastruktur* ebenfalls sehr dynamisch, welche v. a. durch den Ausbau der Schieneninfrastruktur die Verkehrswende vorantreibt.

Die Relevanz umweltfreundlicher Antriebstechnologien verdeutlicht sich auch im Hinblick auf die Innovationen innerhalb des Teilmarkts. Die wichtigsten Patentthemen umfassen u. a. die Optimierung von Verbrennungsmotoren und die Weiterentwicklung von Energiespeichern für die Elektromobilität.



Abbildung 40: Erwerbstätige im Teilmarkt Umweltfreundliche Mobilität 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>8.578 Mio. €</b>	<b>5,4 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	1.429 Mio. €	9,2 %
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	5.463 Mio. €	4,4 %
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	1.320 Mio. €	8,0 %
Fahrradwirtschaft	367 Mio. €	2,5 %

Abbildung 41: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Umweltfreundliche Mobilität 2023

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Effizienzverbesserungen bei Verbrennungsmotoren	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emitec, Lohmnar</li> <li>Pierburg, Neuss</li> <li>Benteler Automobiltechnik, Paderborn</li> </ol>
Energiespeicher für die Elektromobilität	<ol style="list-style-type: none"> <li>Innogy SE, Essen</li> <li>Phoenix Contact E-Mobility, Blomberg</li> <li>EBG Group, Lünen</li> </ol>
Technologien für die Herstellung von Biokraftstoffen	<ol style="list-style-type: none"> <li>Evonik, Essen</li> <li>Bayer Health Care, Leverkusen (Direvo Industrial Biotechnology)</li> <li>Thyssenkrupp Industrial Solutions, Essen</li> </ol>

Abbildung 42: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Umweltfreundliche Mobilität 2023

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

## WASSERWIRTSCHAFT

Der Teilmarkt *Wasserwirtschaft* stellt einen relativ kleinen Teilmarkt dar, dessen Wachstumsdynamik im Gegensatz zur gesamten Umweltwirtschaft gering ausfällt. Auffällig ist, dass das Marktsegment *Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz* trotz des verhältnismäßig kleinen Teilmarktes sowohl hinsichtlich der Erwerbstätigkeit als auch der Wertschöpfung eines der größten Marktsegmente in der Umweltwirtschaft darstellt. Das steigende Risiko von Starkregenereignissen oder auch längeren Trockenperioden steigert zudem die Ansprüche an die Infrastruktur, womit ihre Bedeutung zukünftig weiter zunehmen wird.

In der *Wasserwirtschaft* weist Nordrhein-Westfalen im deutschlandweiten Vergleich mit einem Anteil von 19,0 % die zweithöchste Anzahl von Patentanmeldungen auf. Die thematische Breite der wichtigsten Patentthemen reicht dabei von der Infrastruktur bis hin zur Behandlung von Wasser und Abwasser.



Teilmarkt/Marktsegment	Bruttowertschöpfung	Wachstum 2010–2023 p. a.
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>6.270 Mio. €</b>	<b>3,8 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	158 Mio. €	3,1 %
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	3.397 Mio. €	5,5 %
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	2.716 Mio. €	2,2 %

**Abbildung 44: Bruttowertschöpfung im Teilmarkt Wasserwirtschaft 2023**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit

Innovationsthema	Führende Patentanmelder im Zeitraum 2010–2021
Entwässerungstechnik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Viega Technology, Attendorn</li> <li>2. Wedi GmbH, Emsdetten</li> <li>3. Franz Kaldewei GmbH, Ahlen</li> </ol>
Biologische Behandlung von Wasser und Abwasser	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maria Rogmans (OxyGenesis GmbH, Kalkar)</li> <li>2. Dr. Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Boller, Wilnsdorf</li> <li>3. ATB Umwelttechnologien, Porta Westfalica</li> </ol>
Infrastruktur zur Vermeidung von Sickerwasser	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dallmer GmbH, Arnsberg</li> <li>2. TECE GmbH, Emsdetten</li> <li>3. Bette KG, Standort Delbrück</li> </ol>

**Abbildung 45: Top 3 Patentthemen und ihre Akteure im Teilmarkt Wasserwirtschaft 2023**

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von PATSTAT, 2024

# 3

## GRÜN UND GLOBAL: WELTWEIT NIMMT DIE NACHFRAGE NACH GÜTERN UND LEISTUNGEN FÜR DEN UMWELTSCHUTZ ZU

- | Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter wächst nach Corona rasant
- | Die Exporte der NRW-Umweltwirtschaft steigen stärker als die der Gesamtwirtschaft.
- | Global besonders erfolgreich: Kreislaufwirtschaft, effiziente Prozesssteuerung und Blaue Infrastrukturen aus NRW



rd. 1,5 Billionen €

erreichte der **Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter** im Jahr 2023 – ein neues Rekordvolumen.



Zwei Drittel

der Exporte der NRW-Umweltwirtschaft gehen in die EU: Die Umweltwirtschaft profitiert vom gemeinsamen Binnenmarkt.



Digitalisierung der Logistik: Deutschlands  
erste Zentrale für ferngesteuerte  
Binnenschiffe in Duisburg Ruhrort



Rund **5 %**  
der **NRW-Exporte** gehen  
jeweils in die **USA und China**.



Moderne  
Landwirtschaft:  
Mehr als ein Fünftel der deutschen Exporte  
von Technologien der *Umweltfreundlichen*  
*Landwirtschaft* kommt aus NRW.



Wärmepumpen  
und **Maschinen zur Kälteerzeugung** zählen zu  
den **wachstumsstärksten Ausfuhr**gütern.

Entgegen der allgemeinen Unsicherheit auf dem Weltmarkt (Inflation, geopolitische Spannungen, Lieferkettenherausforderungen, Energie- und Rohstoffpreisvolatilitäten) nimmt die globale Nachfrage nach Umweltwirtschaftsgütern stetig zu. Viele Länder intensivieren trotz – oder mitunter auch gerade wegen – der wirtschaftlichen Unsicherheiten ihre Bemühungen für eine verstärkte Energie- und Rohstoffunabhängigkeit und die Einhaltung von Klimazielen. Davon kann insbesondere die bundesweite Umweltwirtschaft profitieren, die in den letzten Jahren ihre Exporte enorm steigern konnte. Demgegenüber gelingt es Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen noch nicht, die entstandenen Wachstumspotenziale auf dem Weltmarkt abzuschöpfen. Um künftig mehr am Nachfragewachstum der globalen grünen Transformation teilzuhaben, müssen in Nordrhein-Westfalen insbesondere relevante Teilmärkte wie die *Umweltfreundliche Mobilität* gestärkt werden.

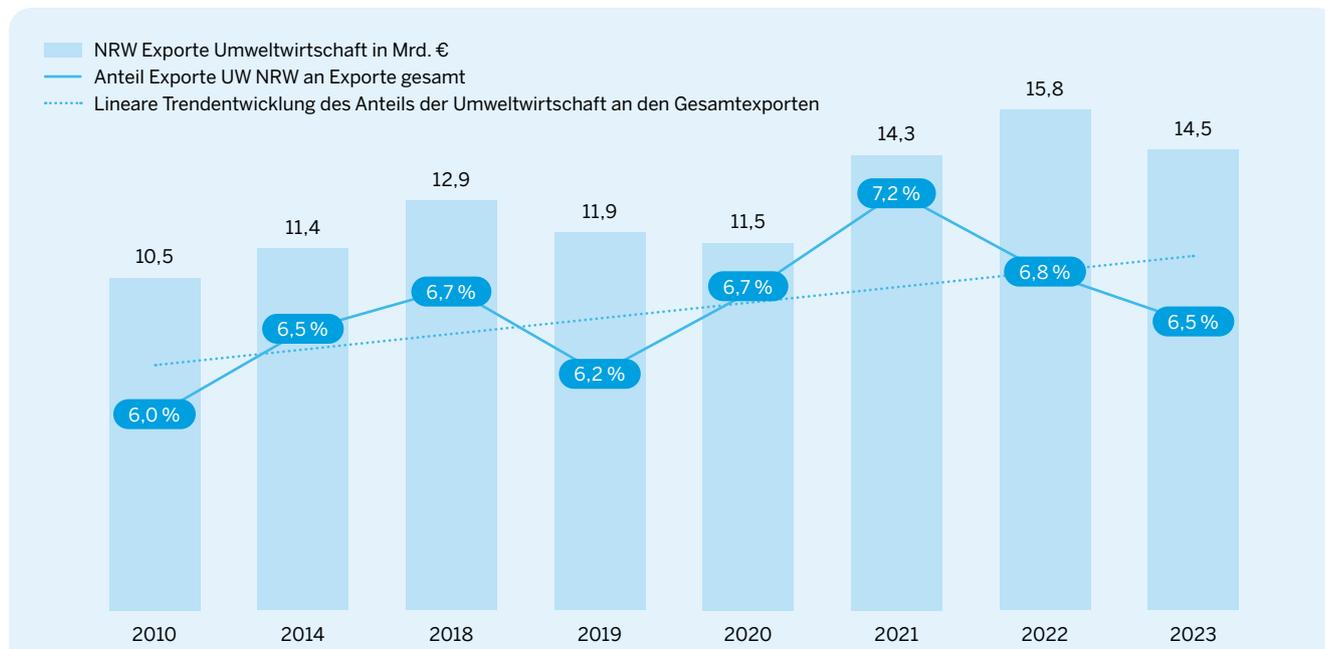
Im Betrachtungszeitraum ist der Weltmarkt für Umweltwirtschaft signifikant gewachsen. Zwischen 2010 und 2022 lag die durchschnittliche Wachstumsrate bei 7,9 % p. a., mit starken Wachstumsphasen v. a. bis 2018 und im Zeitraum zwischen 2020 und 2022. Nach 2014 zeigt die Umweltwirtschaft eine stärkere Entwicklung als der gesamte Weltmarkt und setzt sich von dessen Entwicklung positiv ab. Im Jahr 2019 und v. a. 2020 während der Corona-Pandemie entwickelt sich die Nachfrage nach Umweltwirtschaftstechnologien deutlich positiver als für die Gesamtwirtschaft. Während der Gesamtweltmarkt einbrach, wurde das Wachstum in der Umweltwirtschaft nur kurzzeitig ausgebremst. In den Folgejahren 2021 und 2022 explodierten sowohl der Weltmarkt für Umweltwirtschaft als auch der Gesamtweltmarkt förmlich. Insbesondere die Teilmärkte *Umweltfreundliche Mobilität, Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* erwiesen sich als globale Wachstumstreiber.

### DER WELTMARKT FÜR UMWELTWIRTSCHAFTSGÜTER WÄCHST NACH CORONA WEITER RASANT

Der Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter erreichte im Jahr 2023 ein neues Rekordvolumen von rund 1,5 Billionen Euro. Mit 7,2 % nimmt die Umweltwirtschaft am gesamten Weltmarkt eine ähnlich wichtige Rolle ein wie bei den deutschen Exporten mit 8,6 % der Gesamtexporte.

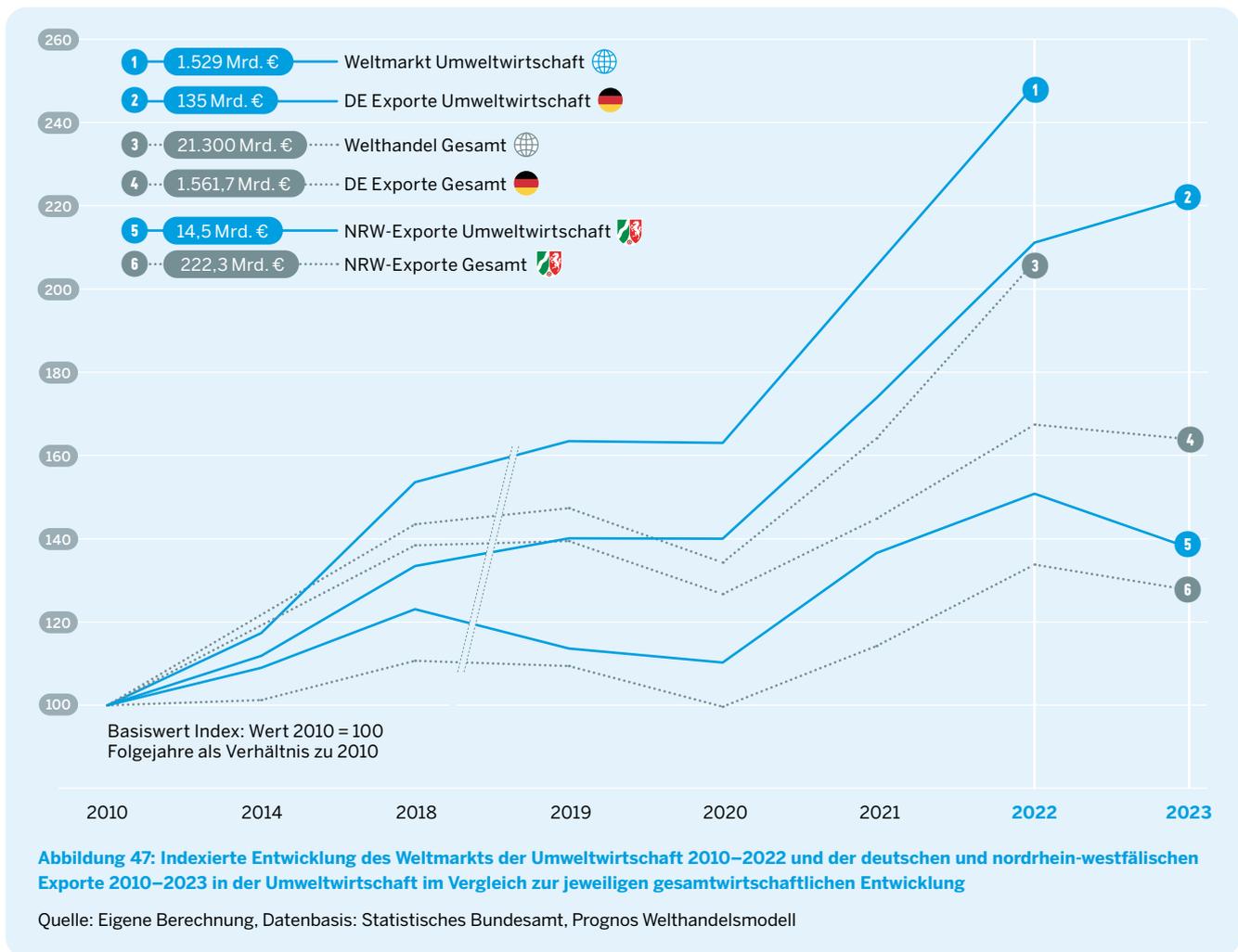
**Nordrhein-Westfalens Umweltwirtschaftsexporte entwickeln sich insgesamt stärker als die Gesamtausfuhren, könnten aber noch mehr von den globalen Wachstumspotenzialen profitieren**

Auch für die Umweltwirtschaft in NRW ist im Gesamtzeitraum ein positiver Entwicklungstrend zu betrachten. **Abbildung 46** zeigt, dass der Anteil der Umweltwirtschaft an den Gesamtexporten in NRW langfristig steigt. Die Umweltwirtschaft treibt mit einer durchschnittlichen



**Abbildung 46: Entwicklung der nordrhein-westfälischen Exporte in der Umweltwirtschaft, absolute Werte in Mrd. Euro, sowie Anteil nordrhein-westfälischer Exporte der Umweltwirtschaft an den Gesamtexporten Nordrhein-Westfalens**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Prognos Welthandelsmodell. Die lineare Trendentwicklung (gestrichelte Linie) zeigt den Trend (= durchschnittliche Entwicklung) über den Gesamtzeitraum. Der Trend hilft, die Gesamtentwicklung trotz der in den Jahren teils schwankenden Werte darzustellen.



Wachstumsrate von 2,5 % p. a. die nordrhein-westfälische Exportwirtschaft an, die um 1,9 % p. a. wächst. Die Entwicklung im Zeitverlauf ist allerdings schwankend. Während sich die nordrhein-westfälische Umweltwirtschaft in der binnenkonjunkturellen Betrachtung (Erwerbstätige und Bruttowertschöpfung) als sehr resilient in Krisenzeiten erwiesen hat, sind die Exporte stärker vom globalen Marktgeschehen und insbesondere von der Situation in den Hauptzielländern beeinflusst. Bereits 2019, vor dem globalen Ausbreiten der COVID-19-Pandemie, gehen die Umweltwirtschaftsexporte zurück und fallen gegenüber den Gesamtexporten ab. Den pandemiebedingten Einbruch der Exporte im Jahr 2020 kann die Umweltwirtschaft hingegen besser abfedern als die Gesamtwirtschaft und legt auch danach stärker zu. Folglich vergrößert sich auch der Anteil der Umweltwirtschaftsexporte an den Exporten der nordrhein-westfälischen Gesamtwirtschaft. Bis ins Jahr 2022 zeigen die Umweltwirtschaftsexporte ein starkes Wachstum. Mit dem russischen Überfall auf die Ukraine und der daraus resultierenden Energiekrise sowie dem Preiseinbruch bei bestimmten Metall- und Holz-Rohstoffen gewinnen andere Exportgüter an Bedeutung, weshalb der Gesamtanteil der Umweltwirtschaftsexporte zuletzt zurückgeht. Die angespannte weltwirtschaftliche

Lage schlägt sich 2023 sowohl auf die Gesamtexporte als auch die Umweltwirtschaftsexporte nieder.

Abbildung 47 vergleicht die Entwicklungen des Weltmarkts (2010–2022) sowie der deutschen und nordrhein-westfälischen Exporte (2010–2023) im Verhältnis zum Basisjahr 2010 (= 100). Fokussiert man zunächst die Entwicklungen in Nordrhein-Westfalen, bestätigen sich die oben angestellten Beobachtungen. Die Entwicklung der Umweltwirtschaft hebt sich über den gesamten Betrachtungszeitraum positiv von der Entwicklung der Gesamtexporte ab. Im Vergleich aller betrachteten Zeitreihen fällt jedoch auf, dass die nordrhein-westfälischen Exporte sowohl in der Umweltwirtschaft als auch in der Gesamtwirtschaft nicht dieselbe Dynamik aufweisen, wie der Weltmarkt und die bundesweiten Exporte. Einerseits ist es nachvollziehbar, dass die nordrhein-westfälische Exportwirtschaft nicht dieselbe rasante Entwicklung erlebt wie der Weltmarkt. Grund dafür ist die im Vergleich zu Industrieländern deutlich dynamischere Wachstumsentwicklung von aufstrebenden Schwellen- und Entwicklungsländern. Andererseits ist es kritisch zu würdigen, dass die Exporte aus Deutschland stärker zugelegt haben als die Exporte aus Nordrhein-Westfalen. NRW liegt somit hinter der Wachstumsdynamik in anderen Bundesländern zurück.

## DAS PROGNOSE WELTHANDELSMODELL

Als methodische Grundlage dient das Prognose Welthandelsmodell. Die Basis für diese umfassende Datenbank bilden die Handelsströme zwischen 64 Volkswirtschaften auf detaillierter Gütergruppen-ebene für den Zeitraum 1995 bis 2022. Die berücksichtigten Länder erwirtschaften zusammen ca. 95 % des globalen Bruttoinlandsprodukts. Exporte in die übrigen Länder bzw. Importe aus diesen werden ebenfalls erfasst.

Insgesamt werden ca. 1.300 HS-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.

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.

In der jüngeren Entwicklung im Jahr 2023 zeigt sich das konjunkturelle Abkühlen der deutschen und nordrhein-westfälischen Exportwirtschaft, das sich auch auf die Umweltwirtschaft niederschlägt. Während sich das Wachstum der deutschen Umweltwirtschaftsexporte verlangsamt, gehen sie in Nordrhein-Westfalen zurück. Für den Weltmarkt liegen umfassende Daten nur bis 2022 vor. Bereits vorliegende Hinweise zur jüngeren Situation auf dem Weltmarkt deuten jedoch darauf hin, dass auch dort im Jahr 2023 ein spürbarer Rückgang zu erwarten ist.<sup>87</sup> Der

Grund ist ähnlich wie in NRW nicht die Menge an gehandelten Gütern, die nur geringfügig zurückgeht, sondern der starke Rückgang der Rohstoffpreise, der zu einem geringeren monetären Wert des Handels führt. Der Welthandel war zuvor in den Jahren 2021 und 2022 durch außerordentlich hohe Energierohstoff- und Ressourcenpreise stark aufgebläht.

In Summe kann festgehalten werden, dass die Umweltwirtschaft für die Entwicklung der nordrhein-west-



Das 2023 eröffnete Ford Cologne Electric Vehicle Center mit einer Produktionskapazität von 250.000 E-Pkw pro Jahr

fälischen Gesamtexporte bedeutende Impulse gibt, sich hier im Vergleich zum Weltmarkt und der bundesweiten Exportentwicklung aber noch deutlich steigern kann. Ausbaupotenziale zeigen sich insbesondere im deutschlandweit mit Abstand exportstärksten Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität*, in dem Nordrhein-Westfalen nur einen Anteil von 4,3 % der deutschen Exporte einnimmt (2023). Prägend ist dabei die Produktion von Elektro-Pkw. Bei diesem Produkt liegt der Anteil Nordrhein-Westfalens aktuell bei unter 0,1 % (2023) der deutschen Exporte und entwickelte sich im Vergleich zu 2022 rückläufig. Mit dem Beginn der E-Pkw Produktion in den Ford-Werken Köln im Jahr 2023 ist davon auszugehen, dass Nordrhein-Westfalen hier künftig zulegen wird. Zwei wichtige Teilmärkte der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* sowie *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft*, sind aufgrund von Preis- und Mengenschwankungen für Rohstoffe zuletzt deutlich zurückgegangen und liefern eine Erklärung für den negativen Trend im Jahr 2023 in Nordrhein-Westfalen.<sup>88</sup> Für die Gesamtexporte der Umweltwirtschaft sind diese beiden vor allem rohstoffbedingten Entwicklungen ein wesentliches Wachstumshindernis. Die Entwicklungen in diesen Teilmärkten werden in [Abbildung 49](#) im Detail dargestellt.

## GLOBAL ERFOLGREICH: KREISLAUFWIRTSCHAFT, EFFIZIENTE PROZESSTEUERUNG UND BLAUE INFRASTRUKTUREN AUS NRW

[Abbildung 48](#) vergleicht den Weltmarkt für Umweltwirtschaft mit der Exportstruktur Nordrhein-Westfalens für das Jahr 2022. Dabei zeigen sich interessante Unterschiede in der relativen Bedeutung einzelner Teilmärkte auf dem Weltmarkt und für die Umweltexporte Nordrhein-Westfalens. Der größte Teilmarkt bei den Exporten Nordrhein-Westfalens, *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft*, nimmt mit 28 % zwar auf dem Weltmarkt einen gewichtigen Anteil ein, seine Bedeutung für die Exportstruktur Nordrhein-Westfalens ist mit rund 36 % aber nochmal deutlich höher. Auf dem Weltmarkt hingegen liegt der Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* mit rund 30 % vorn, der in Nordrhein-Westfalen einen weniger als halb so großen Anteil (14,4 %) einnimmt. Darüber hinaus ist die Bedeutung des Teilmarkts *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* auf dem Weltmarkt für Umweltwirtschaftsgüter annähernd doppelt so hoch wie bei den Exporten Nordrhein-Westfalens. Eine Erklärung für diese Differenz liegt darin, dass das für diesen Teilmarkt bedeutendste Marktsegment *Erneuerbare Energien* weltweit ein dynamisches

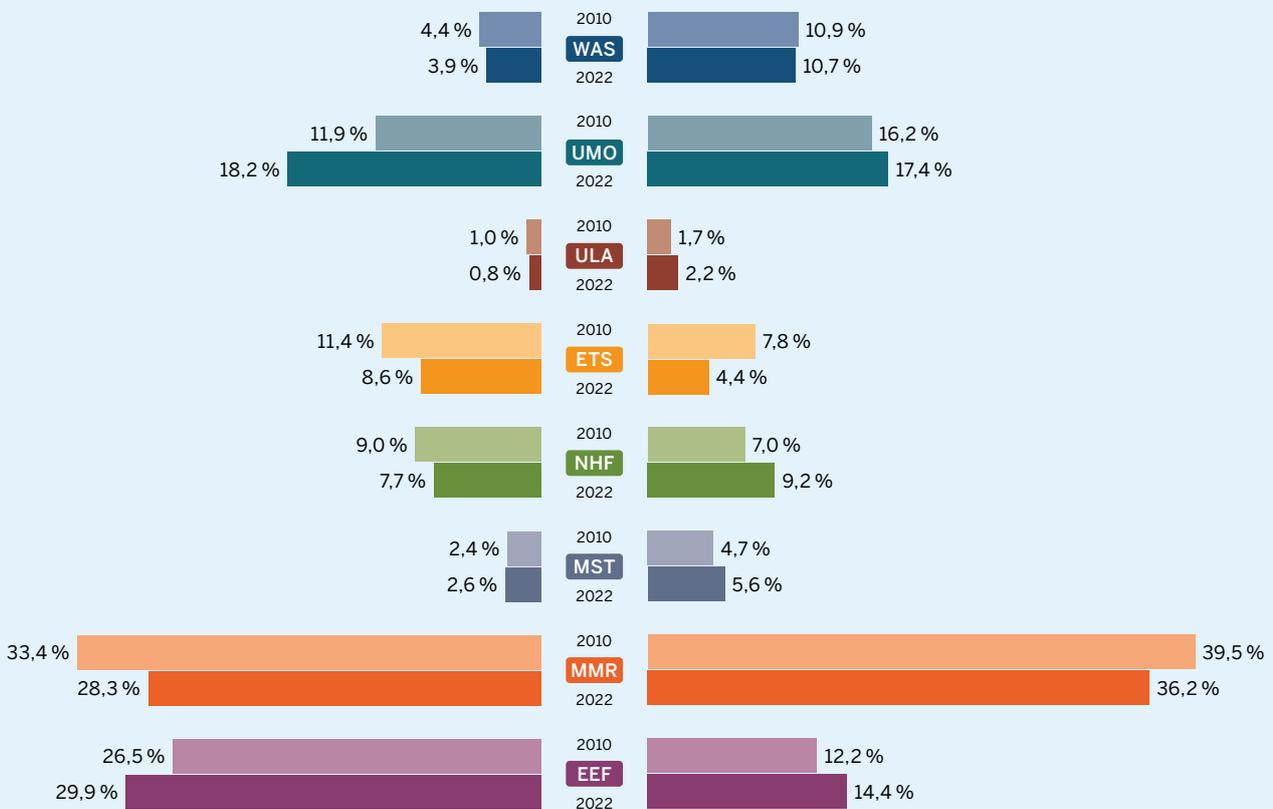
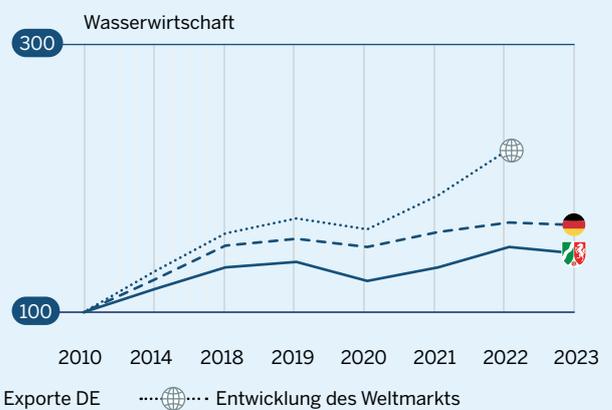
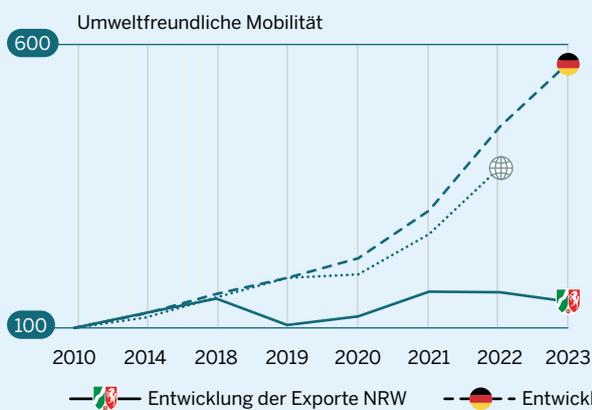
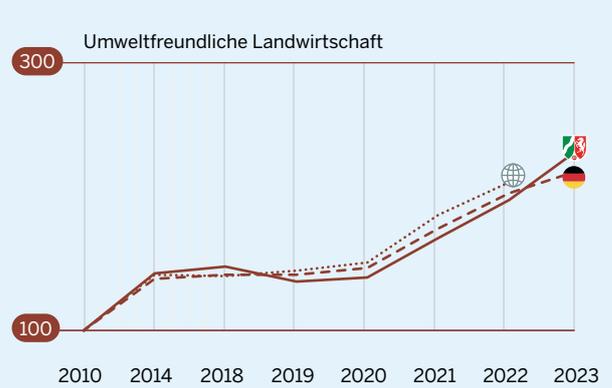
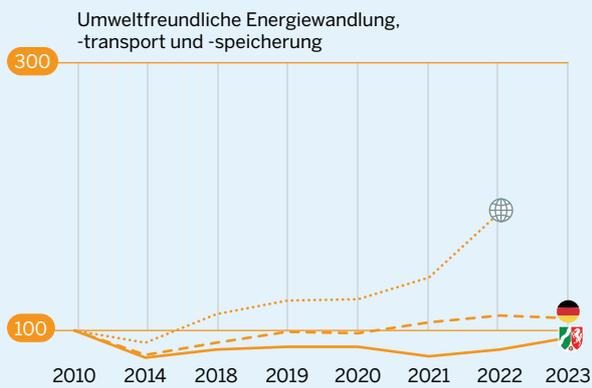
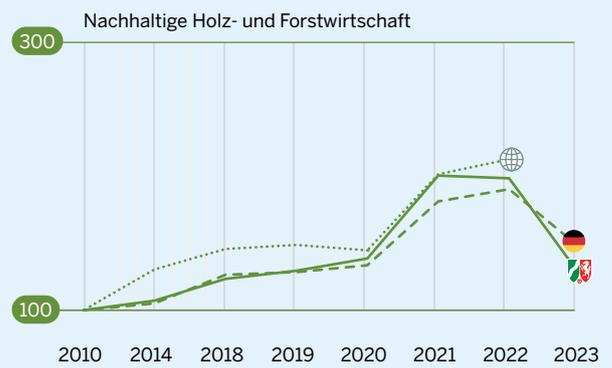
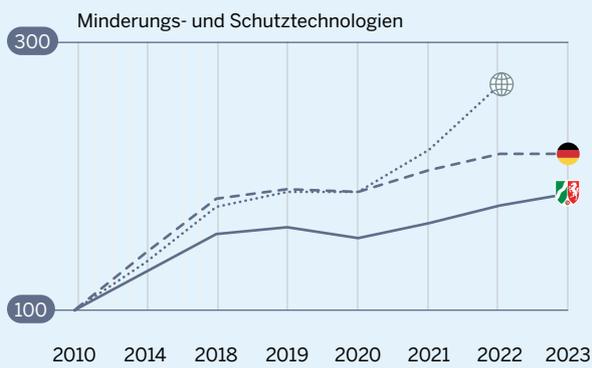
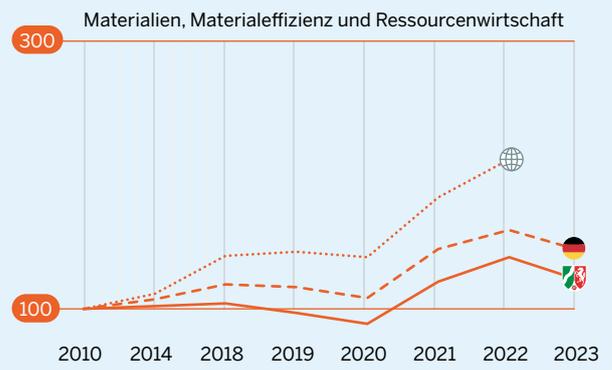
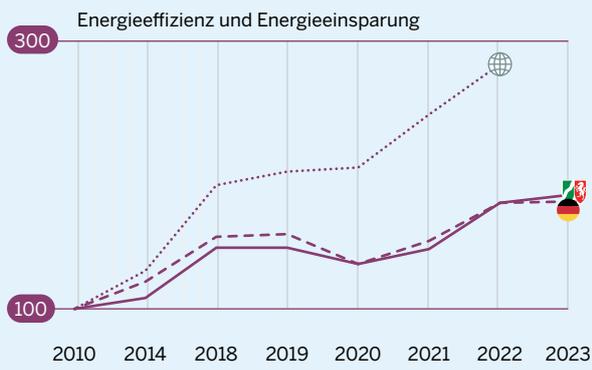


Abbildung 48: Weltmarkt und nordrhein-westfälische Exporte in der Umweltwirtschaft nach Teilmärkten in %, 2022

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Prognos Welthandelsmodell, Statistisches Bundesamt



— Entwicklung der Exporte NRW   
 - - Entwicklung der Exporte DE   
 ···· Entwicklung des Weltmarkts

**Abbildung 49: Indexierte Entwicklung des Weltmarkts, der deutschen und der nordrhein-westfälischen Exporte der Umweltwirtschaft nach Teilmärkten im Detail (2010 = 100)**

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt, Prognos Welthandelsmodell

Wachstum verzeichnet, von dem die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen nicht in gleichem Maße profitieren konnte. Den Rückgang in der Solartechnologie konnte bisher kein anderer Technologiebereich ausgleichen. Dass Deutschland seine Vorrangstellung in diesem Technologiebereich verloren hat, zeigt sich bereits in den stark zurückgehenden Patentanmeldungen der Vorjahre. Die Teilmärkte *Wasserwirtschaft*, *Umweltfreundliche Landwirtschaft* sowie *Minderungs- und Schutztechnologien* sind jeweils deutlich bedeutender für die Nordrhein-Westfalen-Exporte als auf dem Weltmarkt.

## DIE ENTWICKLUNG DER TEILMÄRKTE IM DETAIL

- Im Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparungen* hebt sich die Entwicklung des Weltmarkts von den Exporten aus Deutschland und Nordrhein-Westfalen ab. Der Weltmarkt erreicht 2022 fast 300 % des Volumens von 2010. Die Exporte Nordrhein-Westfalens und Deutschlands zeigen einen ähnlichen, aber deutlich niedrigeren Entwicklungsverlauf. Nach einem Einbruch 2020 erholen sich die Exporte bis 2022, stagnieren aber für Deutschland im Jahr 2023 und steigen nur gering für Nordrhein-Westfalen. In Nordrhein-Westfalen hebt sich das Marktsegment *Energieeffiziente Produktionsprozesse*, das im Beobachtungszeitraum 2010 bis 2023 ein Wachstum von 7,7 % p. a. verzeichnet, als klarer Treiber heraus. Insbesondere von 2020 bis 2023 legte dieses Marktsegment mit 16,4 % p. a. stark zu. Ein zentraler Grund hierfür ist der rasante Bedeutungsgewinn von IT-Technik und Chips.
- Der für Nordrhein-Westfalen größte Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* weist auf dem Weltmarkt mit 6,4 % p. a. einen deutlichen Anstieg im Zeitraum von 2010 bis 2022 auf. Vor allem 2020 bis 2022 steigen die weltweiten Importe um über ein Drittel. Die Exporte aus Nordrhein-Westfalen und Deutschland sind von einem Auf und Ab gekennzeichnet. Sie steigen zwar in der Gesamtperspektive ebenfalls an, weisen aber 2020 und insbesondere 2023 (–12,7 % p. a.) zwischenzeitliche Rückgänge auf. Eine Erklärung hierfür liefern die beiden Marktsegmente *Abfallbehandlung und -verwertung* sowie *Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien*, die stark von schwankenden Rohstoffpreisen geprägt sind. In der jüngeren Entwicklung sticht hingegen das Marktsegment *Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse* – getrieben durch den Technologiebereich *Mess-, Steuer- und Regeltechnik* – mit einem Wachstum von 29,3 % p. a. (2020–2023) heraus.
- Der Teilmarkt *Minderungs- und Schutztechnologien* ist im Zeitraum von 2010 bis 2023 mit 4,9 % p. a. der zweitstärkste Wachstumsmarkt für die Exporte der Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalens. Mit einem Wachstum von 8,5 % p. a. ist die Dynamik auf dem Weltmarkt ebenfalls hoch, v. a. nach dem Corona-Jahr 2020. Zwar liegen die deutschen Exporte insgesamt auf einem höheren Niveau, stagnieren aber im Jahr 2023, während die nordrhein-westfälischen Exporte weiter zulegen. Wachstumstreiber für Nordrhein-Westfalen in diesem Teilmarkt sind die Marktsegmente *Lärmminderungs- und Luftreinigungstechnologien* und *Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen*, die jeweils um 5,1 % p. a. zwischen 2010 und 2023 gewachsen sind.
- Bei der Betrachtung des Teilmarkts *Nachhaltige Forstwirtschaft* fällt schnell die Entwicklung ab 2020 ins Auge. Während die Exporte aus Nordrhein-Westfalen und Deutschland bis 2020 stetig ansteigen, wächst der Weltmarkt zunächst deutlich schneller, stagniert dann aber ab 2018. Vom Jahr 2020 auf 2021 ist in allen drei Kurven ein deutlicher Sprung zu erkennen, der hauptsächlich auf die in diesem Jahr kurzfristig stark gestiegenen Mengen und Preise für Holzbaustoffe zurückgeführt werden kann. Während die Exporte Deutschlands und der Weltmarkt auch 2022 weiter leicht steigen, gehen sie in Nordrhein-Westfalen bereits leicht zurück. Im Jahr 2023 brechen die Exporte der *Nachhaltigen Forstwirtschaft* sowohl für Deutschland als auch Nordrhein-Westfalen gravierend ein, im Fall von Nordrhein-Westfalen um fast ein Drittel auf das niedrigste Niveau seit 2019. Gründe hierfür sind die Krise in der Bauindustrie und sinkende Preise für Holzbaustoffe.
- Die *Umweltfreundliche Landwirtschaft* weist zwischen 2010 und 2023 die größte Wachstumsrate für die Exporte Nordrhein-Westfalens mit 6,7 % p. a. auf, ist jedoch mit einem Anteil von unter 3 % (<1 % Weltmarkt) auch der kleinste Teilmarkt. Der Teilmarkt wächst zunächst deutlich, stagniert aber von 2014 bis 2020 sowohl auf dem Weltmarkt als auch bei den Exporten. Ab 2020 gibt es bei den Exporten ein rasantes Wachstum und zuletzt für Nordrhein-Westfalen sogar ein prozentual stärkeres Wachstum als die deutschen Exporte und der Weltmarkt. Die erfolgreichsten Exportprodukte in diesem Teilmarkt sind Landmaschinen, die sich durch umweltfreundliche Agrartechnik und Precision-Farming-Technologien auszeichnen. Mit einem Anteil von 22,5 % an den deutschen Exporten ist Nordrhein-Westfalen in diesem Teilmarkt bundesweit zudem stark positioniert. Patentanmeldungen in diesem Teilmarkt sind zwar insgesamt niedrig, doch auch dabei ist NRW in Deutschland Innovationsführer.
- Im Teilmarkt der *Umweltfreundlichen Energiewandlung, -transport und -speicherung* gehen die Entwicklungen international und in Nordrhein-Westfalen sowie



Mit BioTurf haben Aachener Forscherinnen und Forscher einen zukunftsweisende Kunstrasen entwickelt, der aus Biofasern besteht und ohne Kunststoff-Füllmaterial auskommt. Ein potenzieller Exportschlager: Ab 2031 ist in der EU die Neuanlage konventioneller Kunstrasenplätze untersagt.

Deutschland stark auseinander. Bis 2022 legt der Weltmarkt um 5,2 % p. a. zu, während die Exporte Nordrhein-Westfalens zwischen 2010 und 2023 um 0,4 % p. a. zurückgehen. Bis 2014 verzeichnet sowohl der Weltmarkt als auch die Exporte einen Rückgang, der Weltmarkt erholt sich aber in der Folgezeit und legt v. a. nach 2020 stark zu. Die Exporte Nordrhein-Westfalens entwickeln sich bis ins Jahr 2021 dagegen nur mäßig und liegen noch unterhalb des bundesweiten Trends. Die schwache Entwicklung Nordrhein-Westfalens ist v. a. auf den Einbruch im Marktsegment *Erneuerbare Energien* mit –3,1 % p. a. zurückzuführen. Hier wurde zwischen 2010 und 2023 u. a. aufgrund der Schwächung der Solarbranche ein Rückgang von fast 40 % der Exporte verzeichnet. Positiv hebt sich hiervon aber der jüngere Wachstumstrend der nordrhein-westfälischen Exporte im Teilmarkt seit 2021 ab. Dazu trägt u. a. das Marktsegment *Intelligente Energiesysteme und Netze* bei, das mit 7,6 % p. a. (2010–2023) insgesamt ein sehr dynamisches Wachstum zeigt. In Anbetracht des globalen Wachstums seit 2021 werden hier die Potenziale aber noch nicht voll ausschöpft.

- Die *Umweltfreundliche Mobilität* ist der zweitwichtigste Exportmarkt der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft. Die Wachstumsrate erreicht zwischen 2010 und 2023 durchschnittlich 2,9 % p. a., bleibt damit aber deutlich hinter der sehr starken Dynamik des Weltmarkts (2010–2022: 11,8 % p. a.) und den gesamtdeutschen Exporten (2010–2023: 13,4 %) zurück. Während der Weltmarkt und Deutschland seit 2018 umso stärker

wachsen, stagniert der Teilmarkt in Nordrhein-Westfalen bis 2023. Das enorme Wachstum in Deutschland und auf dem Weltmarkt ist in erster Linie auf das Marktsegment *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien* und insbesondere auf die stark wachsenden E-Mobilitätstechnologien zurückzuführen. Für Nordrhein-Westfalen spielt dieser Markt noch eine wesentlich geringere Rolle. Elektro-Pkw machen nur 0,25 % der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaftsexporte aus, während es für die deutsche Umweltwirtschaft ca. 27 % sind. Wachstumstreiber sind trotzdem wie auf dem Weltmarkt vordergründig die Marktsegmente *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien* und *Fahrradwirtschaft* mit einem Wachstum von 3,7 % bzw. 5,2 % p. a. von 2010–2023. Das Marktsegment *Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur*, das u. a. Schienenverkehrstechnik umfasst, ist im Jahr 2019 um 38 % zurückgegangen. Bis 2023 erholt sich das Marktsegment nicht mehr und die Exporte liegen auch 2023 noch auf nur ca. 50 % des Wertes von 2010.

- In der *Wasserwirtschaft* entwickelt sich der Weltmarkt von 2010 bis 2022 mit Ausnahme des Jahres 2020 stetig mit einem durchschnittlichen Wachstum von 6,8 % p. a. Maßgeblich hierfür ist die sehr positive Entwicklung der Marktsegmente *Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz* sowie *Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung*. Die Entwicklung der gesamtdeutschen Exporte und der Exporte Nordrhein-Westfalens ist mit 3,9 % p. a. res-

pektive 2,8 % p. a. von 2010–2023 ebenfalls stetig positiv. Grundsätzlich sollte diese Differenz nicht zu kritisch bewertet werden, da weit entwickelte Exportwirtschaften wie die deutsche bzw. die nordrhein-westfälische gerade in sehr dynamischen Teilmärkten nicht mit aufholenden Schwellenländern mithalten können oder müssen. Bedeutsam für die Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalens ist in diesem Teilmarkt besonders der Technologiebereich *Wasser- und Abwassernetz*, der zwar im Jahr 2023 einen Rückgang um 5,0 % erfuhr, aber trotzdem zwischen 2010 und 2023 um 2,6 % p. a. gewachsen ist.

Das nach Volumen wichtigste Exportfeld der Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalen ist der Technologiebereich *Stoffliche Verwertung* u. a. mit den Sekundärrohstoffen, der im Jahr 2021 durch Mengen und insbesondere durch

Preissteigerungen ein sehr hohes Wachstum erfuhr, was sich jedoch in den beiden Folgejahren wieder etwas nach unten berichtigte. Bei den sechs exportstärksten Gütern des Technologiefeldes kam es von 2020–2021 zu einer Steigerung der exportierten Menge der Sekundärrohstoffe (in Tonnen) um durchschnittlich 10,7 % und einer Preissteigerung um durchschnittlich 55,2 %. Es verbleibt nur ein geringes Wachstum von 0,4 % p. a. Zweitwichtigstes Exportprodukt sind Güter für *Wasser- und Abwassernetze*, wo hingegen ein kontinuierliches Wachstum von 2,6 % p. a. erreicht werden konnte. Die ersten beiden Ränge waren auch im Jahr 2010 von denselben Technologien besetzt. Auf dem dritten Platz rangiert die *Prozessleit- und MSR-Technik*, die u. a. Prozessoren und elektronische Schaltungen umfasst. Dieser Technologiebereich war 2010 noch auf dem neunten Rang. Der Bedeutungsgewinn lässt sich auf die stark gestiegene Nachfrage nach IT-Elektronik und

**Tabelle 7: Die 20 erfolgreichsten Exportprodukte der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft: exportstärkste Technologiebereiche, Exportwert 2023 in Mio. Euro und durchschnittliches Wachstum 2010–2023 in % p. a.**

Rang 2023 (2010)	Technologiebereiche	Zentrale Güter	Teilmarkt	2010	2023	2010 –2023
1 (1)	<b>Stoffliche Verwertung</b>	Sekundärrohstoffe (Abfälle und Schrotte aus Eisen, Stahl, Aluminium und Kupfer)	MMR	2.794	2.937	0,4 %
2 (2)	<b>Wasser- und Abwassernetz</b>	Rohr- und Schlauch-Systeme und deren Teile für die Wasserinfrastruktur	WAS	856	1.200	2,6 %
3 (9)	<b>Prozessleit- und MSR-Technik</b>	Schaltungen, Instrumente, Apparate und Geräte zum Regeln von energieeffizienter Produktion, Industrieroboter	EEF	283	869	9,0 %
4 (17)	<b>Antriebstechnologien</b>	Biokraftstoffe, Brennstoffzellen, Biodiesel, Hybridantriebe, Batterien und E-Mobilität	UMO	153	797	13,5 %
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	617	722	1,2 %
6 (3)	<b>Alternative Fahrzeuge</b>	Lokomotiven, Güterwagens und deren Fahrwerkteile	UMO	789	677	-1,2 %
7 (5)	<b>Dämmstoffe</b>	Mischungen und Waren aus mineralischen Stoffen zu Wärme-, Kälte- oder Schallschutzzwecken u. ä. Produkte	EEF	539	609	0,9 %
8 (8)	<b>Fahrzeugtechnologien</b>	Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Gasen durch katalytisches Verfahren, Auspufftöpfe und Leichtlaufreifen	UMO	319	552	4,3 %
9 (25)	<b>Mess-, Steuer- und Regeltechnik</b>	Digitale Verarbeitungseinheiten, Messinstrumente und -technik	MMR	97	547	14,2 %
10 (6)	<b>Holzwerkstoffe</b>	Spanplatten, Faserplatten und Verbundplatten aus Holz	NHF	437	457	0,4 %
11 (13)	<b>Gebäudetechnik</b>	IKT für Smart-Home, Effiziente Stromaggregate, Leuchtdioden (LED), Abgaswärmetauscher, Wärmerückgewinnung u. ä.	EEF	227	400	4,5 %
12 (11)	<b>Abwasserbehandlung</b>	Apparate und deren Teile zum Filtrieren oder Reinigen von Wasser, anderen Flüssigkeiten oder Gasen	WAS	264	391	3,1 %
13 (20)	<b>Filtertechnik und Katalysatoren</b>	Apparate zum Filtrieren oder Reinigen von Luft und Gasen	MST	136	339	7,3 %
14 (19)	<b>Grüne Agrartechnologien</b>	Ökologisch vorteilhafte Landwirtschaftsmaschinen, Pflanzenschutzmittel der ökologischen Landwirtschaft	ULA	146	309	5,9 %
15 (10)	<b>Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</b>	Biokunststoffe, Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Verbundstoffe	MMR	264	307	1,2 %
16 (18)	<b>Fahrräder, Fahrradkomponenten und -zubehör</b>	Fahrräder, E-Bikes und Fahrradzubehör	UMO	147	282	5,2 %
17 (24)	<b>Holzbaustoffe</b>	Türen und Rahmen aus Holz, Fußbodenplatten, Bauholzerzeugnisse, Rohholz und Vorgefertigte Gebäude aus Holz	NHF	111	273	7,2 %
18 (15)	<b>Druckluft- und Pumpsysteme</b>	Energieeffiziente Pumpsysteme (inkl. Umwälzpumpen für Heizsystem)	EEF	183	267	2,9 %
19 (16)	<b>Abgasrückführungssysteme</b>	Regelarmaturen und Teile von Apparaten zum Filtrieren oder Reinigen von Flüssigkeiten oder Gasen, Airhandling Equipment	MST	177	253	2,8 %
20 (32)	<b>Abwärmenutzung</b>	Wärmepumpen und Maschinen zur Kälteerzeugung	EEF	45	211	12,6 %

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt

Halbleitern zurückführen. Analog dazu verzeichnete auch das Exportfeld *Mess-, Steuer- und Regeltechnik* aufgrund der gestiegenen Nachfrage von IT-Technik und damit einhergehenden Preisanstiegen ein starkes Wachstum und ist von Rang 25 im Jahr 2010 auf Rang 9 im Jahr 2023 gestiegen (14,2 % p. a.). Den größten Sprung – von Rang 17 auf 4 – hat jedoch der Technologiebereich *Antriebstechnologien* mit einem Wachstum von 13,5 % p. a. erzielt. Enthalten sind v. a. Biokraftstoffe und Technologien für die Elektromobilität. Das ebenfalls besonders dynamische Wachstum von 12,6 % p. a. des Technologiebereichs *Abwärmenutzung* auf Rang 20 steht für die zunehmende Relevanz von Wärmepumpen für die klimaneutrale Wärmeversorgung.

### Wachstumspotenziale für Exporte der NRW-Umweltwirtschaft in den Märkten USA, Japan, Polen, Tschechische Republik und Vietnam; Stagnation für NRW-Exporte nach China

Abbildung 50 zeigt die zehn wichtigsten Importmärkte für Umweltwirtschaftsgüter auf dem Weltmarkt. Der mit Abstand größte Abnehmer auf dem Weltmarkt ist China, das auch für die Ausfuhren Nordrhein-Westfalens eine wichtige Rolle spielt und auf Rang 8 der wichtigsten Märkte für Umweltwirtschaftsgüter aus Nordrhein-Westfalen liegt (Abbildung 51). Trotz des starken Nachfragewachstums Chinas von 6,5 % p. a. zwischen 2010 und 2022 stagnieren die nordrhein-westfälischen Exporte in das Land seit 2010. Unter anderem im Marktsegment *Erneuerbare Energien* nehmen die Exporte seit 2010 sogar um mehr als ein Drittel ab. In der Solartechnologie brechen die Exporte um fast die Hälfte ein und die Geothermie-Exporte in das Land gehen um über 90 % zurück. China setzt vermehrt auf die heimische Produktion und wird sich absehbar in den kommenden Jahren in vielen Bereichen weiter vom großen Abnehmer verstärkt zum größten Anbieter entwickeln. Insbesondere in den Technologiebereichen *Solar* und *Windenergie* des Marktsegments *Erneuerbare Energien* ist das bereits geschehen. Entgegen dem insgesamt Nachfragewachstum in der Umweltwirtschaft durch China nimmt daher die Import-Nachfrage nach Technologien für *Erneuerbare Energien* seit 2010 um fast 20 % ab. Obwohl China für die Umweltwirtschaft Nordrhein-Westfalens insgesamt vorerst weiterhin ein wichtiger Abnehmer von Umweltwirtschaftsgütern bleiben wird, liefert diese Entwicklung neben politischen Gründen eine Erklärung für die schwache Dynamik bei den Exporten.

Die Vereinigten Staaten sind mit einem Wachstum von 8,9 % p. a. auf dem Weltmarkt und 5,1 % p. a. bei den nordrhein-westfälischen Exporten ein dynamischer Markt von hoher Bedeutung für die Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen als auch global. Die mit der Verabschiedung des Inflation Reduction Act (IRA) vielfach befürchte-

te Marktabschottung bei grünen Technologien hat sich bisher nicht gezeigt. Die im IRA verankerten Local-Content-Vorschriften<sup>89</sup> beziehen sich je nach Programm nur auf einen bestimmten Teil der möglichen Förderung im Rahmen des IRA.<sup>90</sup> Bislang profitierte die Umweltwirtschaft in NRW vielmehr von den umfangreichen US-Fiskalpaketen, die vor allem 2022 eine hohe Nachfrage nach klimaschutzbezogenen Gütern und Vorleistungen stimuliert haben. Die künftige Entwicklung ist ungewiss. Das Ergebnis der Präsidentschaftswahlen Ende 2024 wird in dieser Hinsicht richtungsweisend sein. Setzt sich die grüne Transformation in den USA fort, besteht auch in Zukunft ein signifikantes Nachfragepotenzial für Umweltwirtschaftsgüter aus Nordrhein-Westfalen.

Bei der weltweiten Nachfrage an dritter Stelle steht bereits Deutschland. Die Importe Deutschlands in der Umweltwirtschaft steigen seit 2015 stark an und mussten selbst 2020 keinen Rückgang verzeichnen. Das zeugt davon, dass auch der inländische Markt ein großes Potenzial aufweist und die Nachfrage noch keinesfalls gesättigt ist. Gleich dahinter liegen Singapur (7,0 % p. a.), Südkorea (7,2 % p. a.) und Japan (4,6 % p. a.) auf den Rängen 4 bis 6 hinsichtlich der Import-Nachfrage. Obwohl diese Märkte weiterhin ein starkes Wachstum verzeichnen, spielen sie für die Exporte Nordrhein-Westfalens nur eine geringfügige Rolle. So belegt Singapur bei den Nordrhein-Westfalen-Exporten nur den 49., Südkorea den 27. Rang. Die Wachstumsraten bei den Exporten nach Singapur und Südkorea von 2010–2023 sind mit –0,4 % und –1,1 % sogar leicht rückläufig. Singapur ist hier jedoch in der Relevanz auf dem Weltmarkt ein Sonderfall. Ein Großteil dieser Importe dürfte an der zentralen Rolle des Umschlaghafens in Singapur liegen und wird nach kurzer Zeit weiter verschifft. Singapur spielt daher v. a. für die umliegenden Länder eine große Rolle, für NRW ist dies aber nicht realistisch oder anzustreben.

Japan liegt ebenfalls nur auf dem 23. Rang. Auf diesem Markt deutet ein deutliches Wachstum von 4,8 % p. a. im Beobachtungszeitraum aber auf eine verstärkte Nutzung der Marktpotenziale hin. Hervorzuheben ist Vietnam, das unter den zehn wichtigsten Importmärkten das Land mit der mit Abstand höchsten Wachstumsrate (19,9 % p. a.) ist. Das Land hat sich ambitionierte Klimaziele gesetzt und seit 2020 mehrere Umweltschutzgesetze verabschiedet, die die Umsetzung einer ambitionierten Strategie für grünes Wachstum gewährleisten sollen.<sup>91,92</sup> Bei den nordrhein-westfälischen Exporten verzeichnet der Markt ein ähnlich dynamisches Wachstum wie auf dem Weltmarkt von 16,5 % p. a. Die erfolgreichsten Exportprodukte aus NRW nach Vietnam waren im Beobachtungszeitraum Rohstoffe wie Aluminium sowie Teile und Zubehör für Fahrräder.

Abbildung 51 zeigt, dass der europäische Markt ein zentraler Anker für die nordrhein-westfälische Umweltwirt-

schaft ist. 67 % der Exporte gehen in die EU (Abbildung 52). Nach ganz Europa gehen über drei Viertel der Exporte. Nach ganz Asien gehen mittlerweile aber auch 16 % der Nordrhein-Westfalen-Exporte.

Die Niederlande sind das wichtigste Exportziel für Nordrhein-Westfalen in der Umweltwirtschaft, obwohl die Exporte in das Nachbarland mit einem Wachstum von

0,4 % p. a. seit 2010 stagnieren. Ähnlich wie in den Niederlanden ist auch bei Belgien (1,4 % p. a.) und Frankreich (1,8 % p. a.) nur ein mäßiges Wachstum zu beobachten. Die klassischen Märkte scheinen keine großen Wachstumspotenziale für Nordrhein-Westfalen mehr aufzuweisen, obwohl die Nachfrage auf dem Weltmarkt auch aus diesen Ländern dynamisch bleibt. Eine gegensätzliche Dynamik zeigt sich jedoch in den osteuropäischen Ländern, insbe-

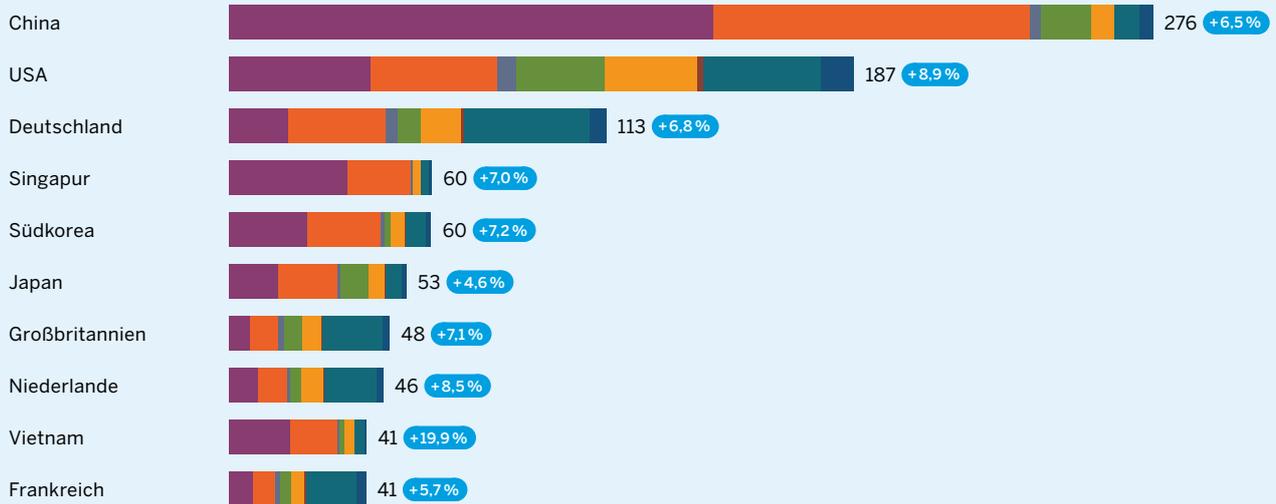


Abbildung 50: Die größten Nachfragemärkte für Umweltwirtschaftsgüter weltweit 2022, in Mrd. Euro, und Wachstum 2010–2022 in % p.a.

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Prognos Welthandelsmodell

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

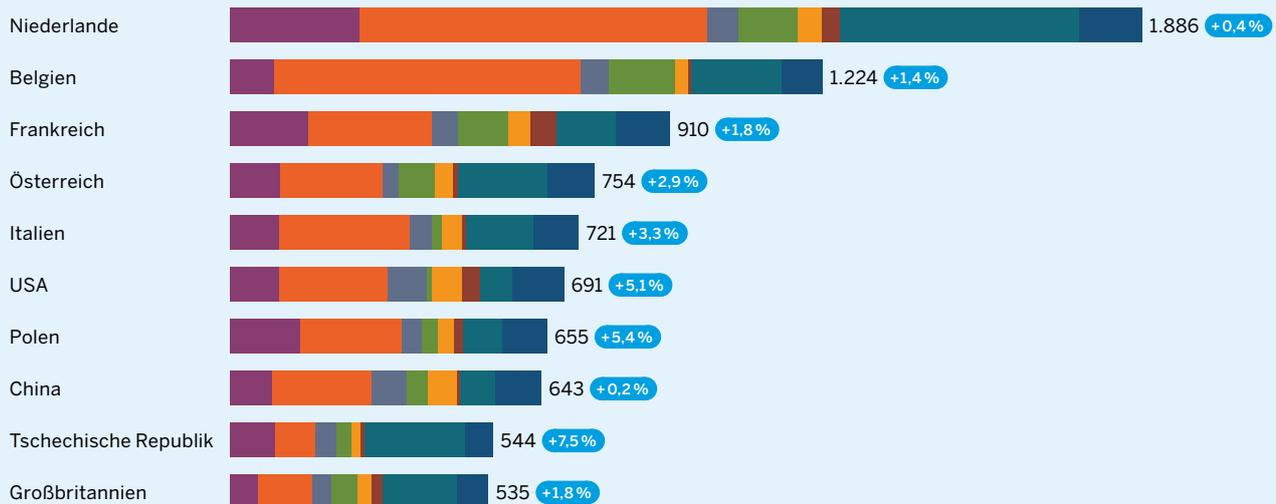
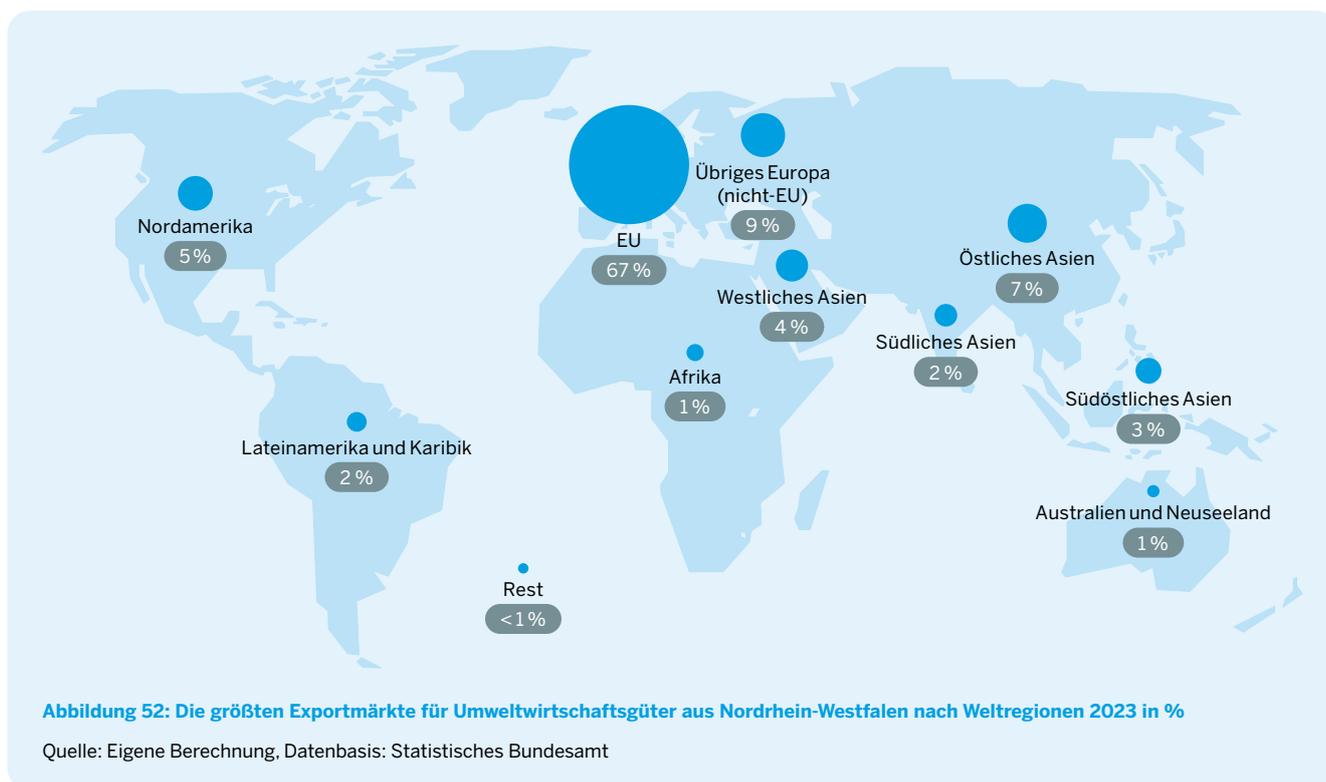


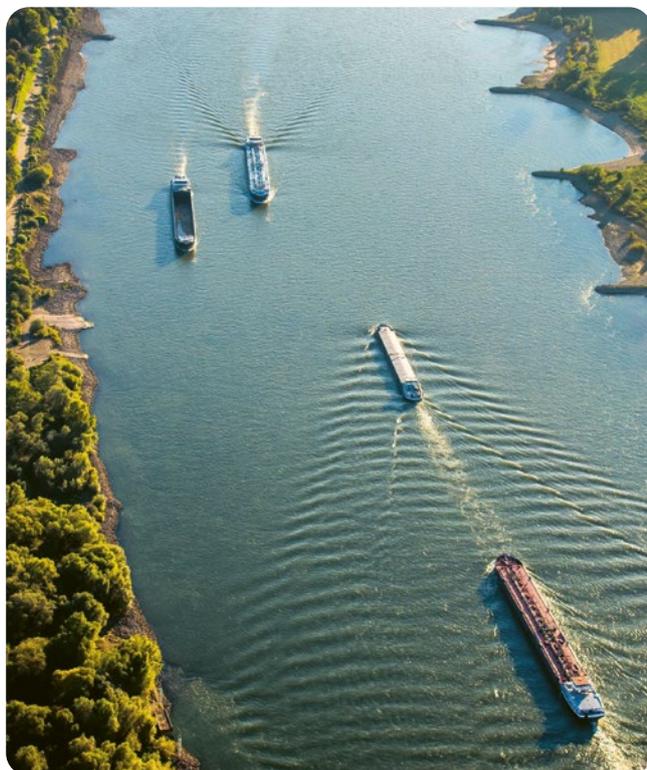
Abbildung 51: Die wichtigsten Abnehmerländer für nordrhein-westfälische Umweltwirtschaftsexporte 2023, in Mio. Euro, und Wachstum 2010–2023 in % p.a.

Quelle: Eigene Berechnung, Datenbasis: Statistisches Bundesamt

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



sondere in Polen und in der Tschechischen Republik. Beide Länder weisen ein besonders dynamisches Exportwachstum mit 5,4 % p. a. (Polen) bzw. 7,5 % p. a. (Tschechische Republik) auf. Auch Ungarn (7,9 % p. a.) und die Türkei (7,4 % p. a.) sind als wichtige Wachstumsmärkte für Nordrhein-Westfalen zu nennen.



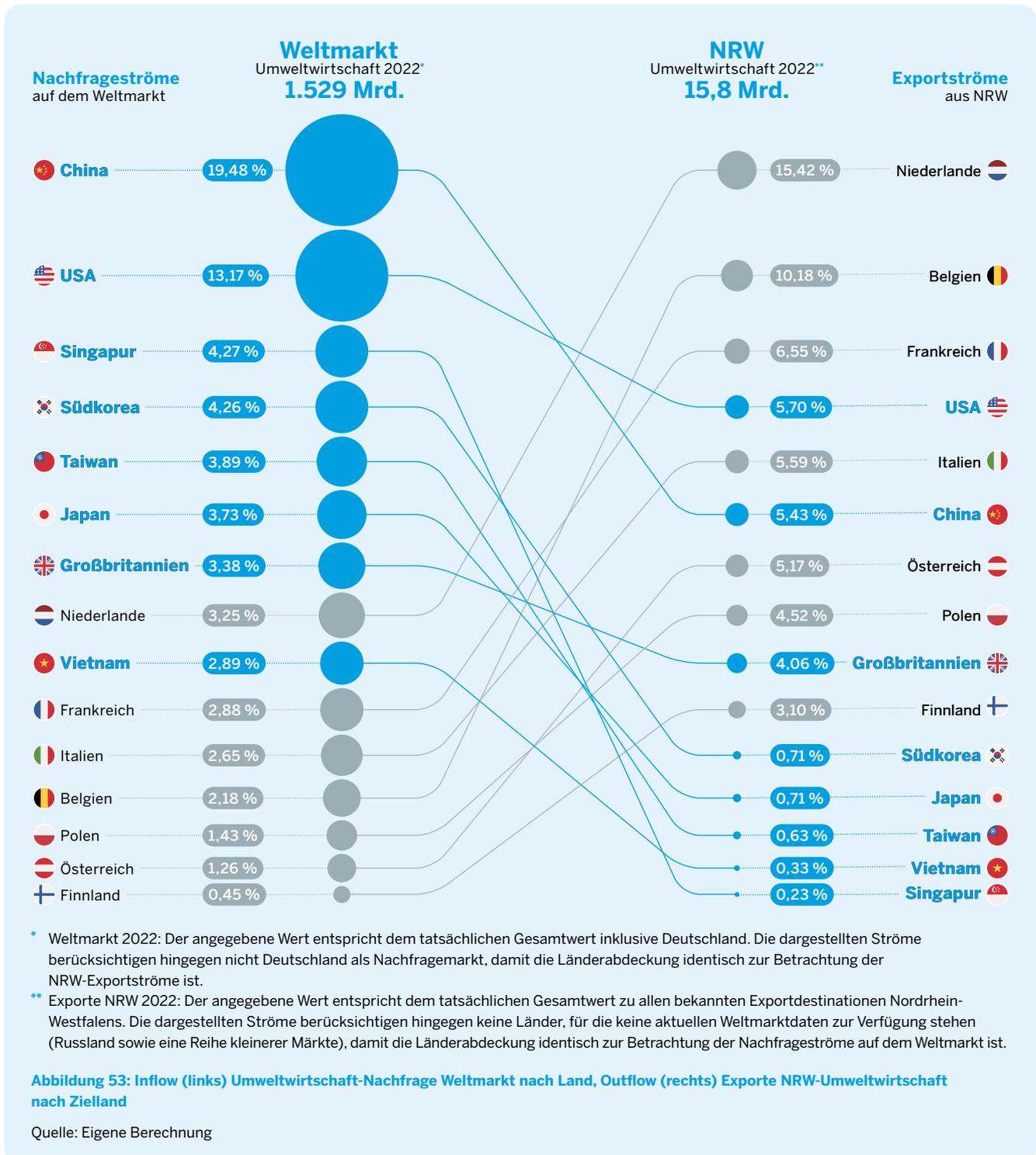
2024 startet die Testphase für die digitale Vernetzung der See- und Binnenhäfen von Rotterdam bis Basel – hier Binnenschiffe im Duisburger Hafenbereich.

Die Relevanz auf dem Weltmarkt und für die Exporte Nordrhein-Westfalens geht je nach Land teils deutlich auseinander. Für viele Mengenrohstoffe ist die Fokussierung auf die regionale Umgebung auch eine nicht vermeidbare und durchaus sinnvolle Fokussierung, für viele hochtechnologische und spezialisierte Exportprodukte könnte die geografische Orientierung breiter werden, um von hoher Nachfrage nach genau diesen Spitzentechnologien in Schwellenländern zu profitieren. [Abbildung 53](#) zeigt als Inflow-Outflow-Grafik, welche Länder in welchem Anteil die Nachfrage auf dem Weltmarkt tragen (Inflow) und welcher Anteil der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaftsexporte in diese Länder geht (Outflow). Diese Daten ermöglichen einen direkten Vergleich zwischen den größten globalen Nachfragemärkten und den wichtigsten Absatzmärkten für Nordrhein-Westfalen. Länder mit deutlich höherem Weltmarktanteil als Anteil an den Exporten Nordrhein-Westfalens weisen damit ein hohes Wachstumspotenzial für NRW auf. Unterschiede können aber auch verschiedenste Gründe wie die geographische Lage, existierende Handelsbeschränkungen, politische oder logistische Herausforderungen oder strategische Entscheidungen der Import- und Exportseite haben.

Klassische Abnehmerländer aus Mitteleuropa wie Belgien, Niederlande und Österreich nehmen für Nordrhein-Westfalen deutlich höhere Anteile als auf dem Weltmarkt ein. Nach Belgien gehen bspw. ca. 10 % der Exporte Nordrhein-Westfalens, während nur ca. 2 % der globalen Nachfrage aus dem Land kommt.

Auch wenn bereits ca. 5 % der Exporte Nordrhein-Westfalens nach China gehen, ist die Nachfrage auf dem Weltmarkt mit über 20 % wesentlich höher. Besonders hohe Diskrepanzen und damit potenzielle Chancen zur Steigerung der Exporte der Umweltwirtschaft Nord-

rhein-Westfalens zeigen sich für Singapur, Vietnam, Südkorea, Thailand und Indien. Um die Wettbewerbsfähigkeit Nordrhein-Westfalens auf dem globalen Umweltwirtschaftsmarkt zu stärken, sollten Exporte nach Südostasien und Nordamerika forciert werden.



# 4

## DIE UMWELTWIRTSCHAFT IN DEN REGIONEN

- I Die Umweltwirtschaft wird verstärkt als Element der Regionalpolitik aufgegriffen.
- I In allen Regionen trägt die Umweltwirtschaft zum Wachstum bei.
- I Regionale Schwerpunkte bilden die Basis für die leistungsfähigen Innovationsökosysteme in allen Regionen Nordrhein-Westfalens.

### Innovationsführer:

**28,5 % aller Patente** der NRW-Umweltwirtschaft werden in der **Metropole Ruhr** entwickelt.



### 19 Ankerprojekte

mit überwiegend umweltwirtschaftlicher Ausrichtung unterstützen einen erfolgreichen Strukturwandel im **Rheinischen Revier**.

Das Fraunhofer-Institut UMSICHT in Oberhausen  
forscht an kostengünstigen und ressourcen-  
schonenden Dämmstoffen für die Bauindustrie wie  
z. B. innovative Aerogele.

## Stärkstes Wachstum

aller Regionen – **Köln/Bonn** bleibt  
das verlässliche Powerhouse der  
NRW-Umweltwirtschaft.

## Schrittmacher der industriellen Transformation:

rund **30 % der NRW-Patente** zu  
Recycling und Effizienzsteigerung der  
Hütten- und Walztechnik kommen aus  
der **Region Düsseldorf**.



# ÜBERBLICK DER WIRTSCHAFTSREGIONEN

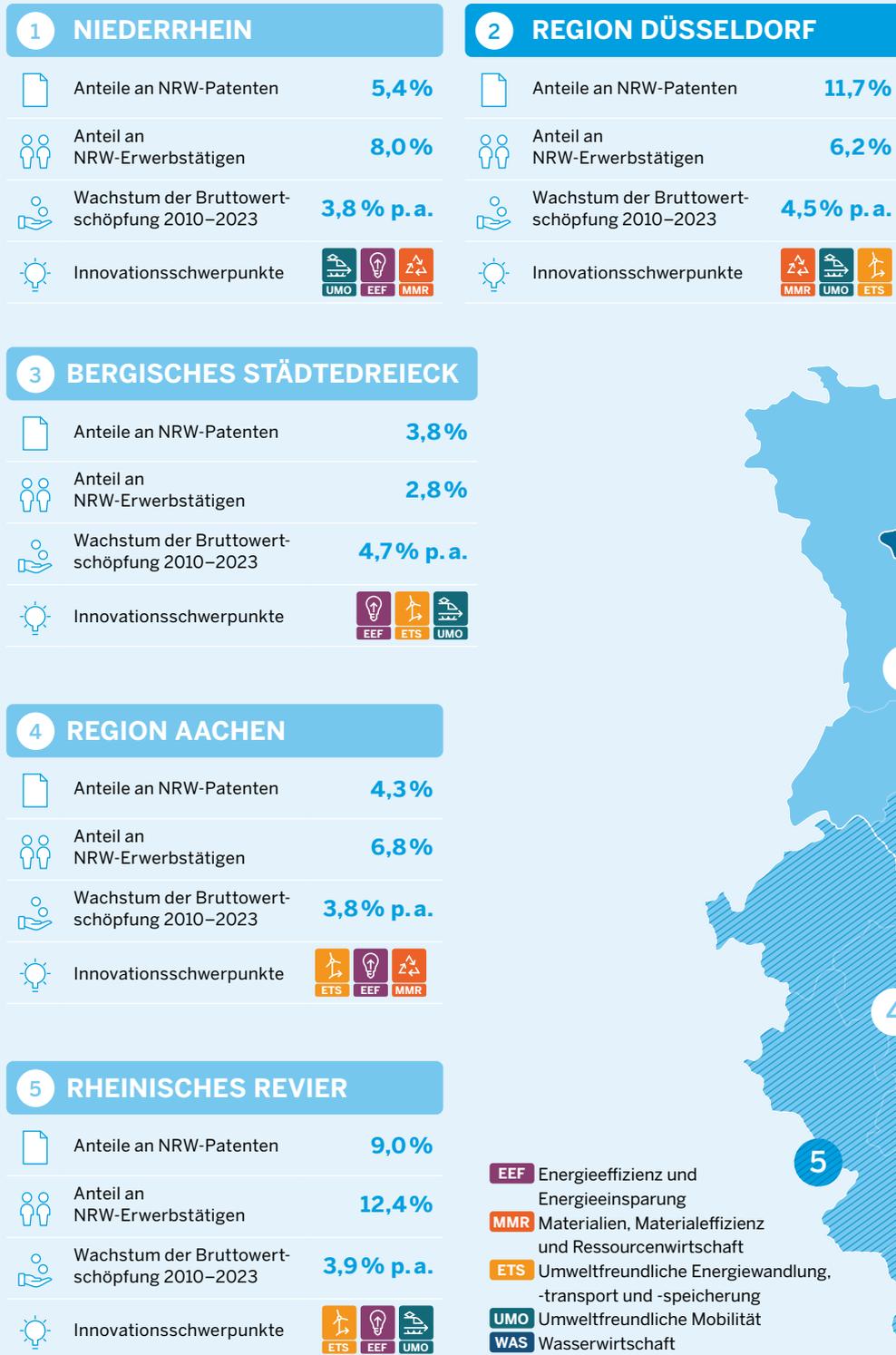
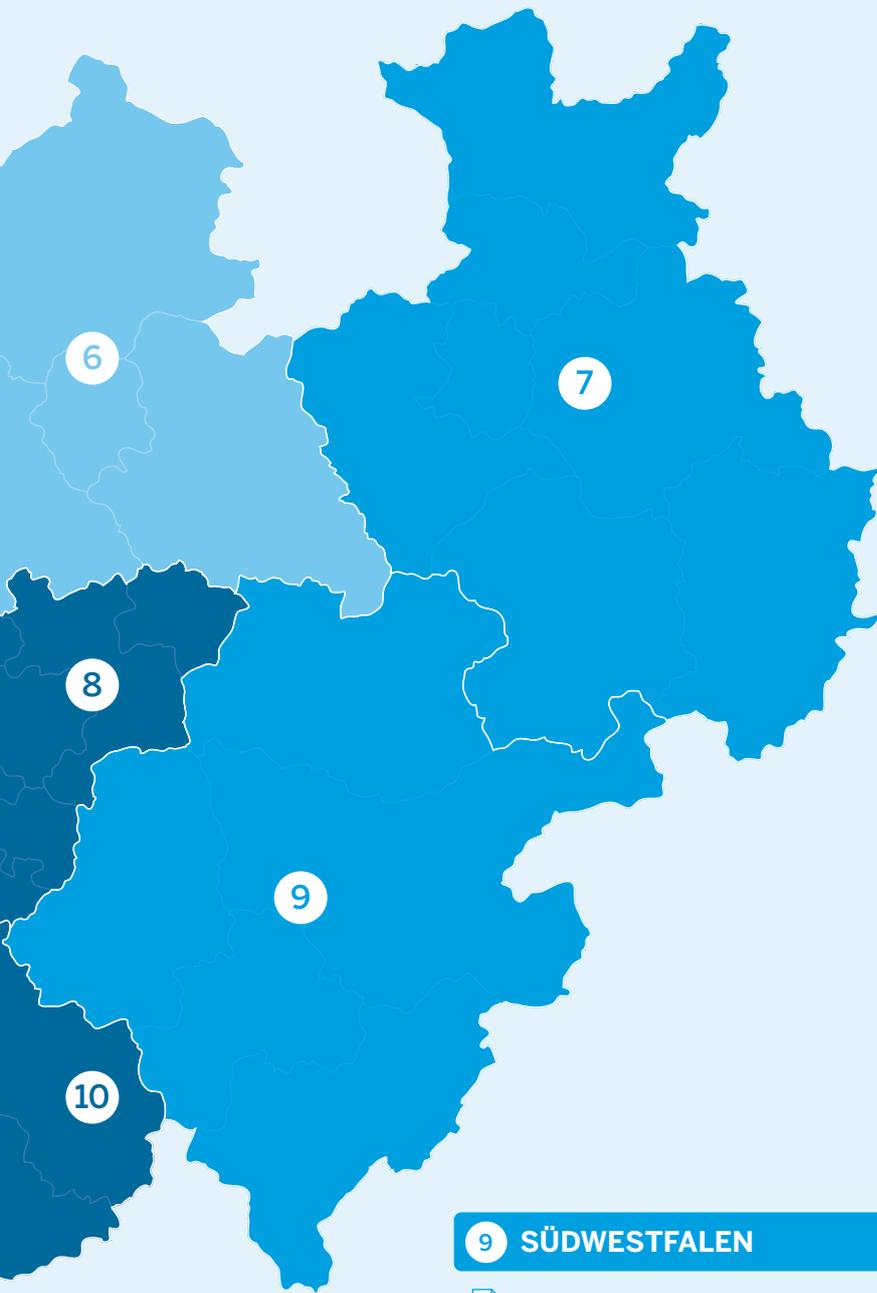


Abbildung 54: Umweltwirtschaftliche Kennzahlen der Regionen und des Landes Nordrhein-Westfalen

Bruttowertschöpfung und Erwerbstätige: Werte beziehen sich auf 2023; Innovationsschwerpunkte/Patente: Aggregierte Werte über den Zeitraum 2010–2021. 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 von Patentanmeldungen in den Regionen.



### 6 MÜNSTERLAND

	Anteile an NRW-Patenten	<b>5,5%</b>
	Anteil an NRW-Erwerbstätigen	<b>10,3%</b>
	Wachstum der Bruttowertschöpfung 2010–2023	<b>4,6% p.a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

### 7 OSTWESTFALEN-LIPPE

	Anteile an NRW-Patenten	<b>11,9%</b>
	Anteil an NRW-Erwerbstätigen	<b>12,3%</b>
	Wachstum der Bruttowertschöpfung 2010–2023	<b>3,8% p.a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

### 8 METROPOLE RUHR

	Anteile an NRW-Patenten	<b>28,5%</b>
	Anteil an NRW-Erwerbstätigen	<b>26,8%</b>
	Wachstum der Bruttowertschöpfung 2010–2023	<b>4,1% p.a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

### 9 SÜDWESTFALEN

	Anteile an NRW-Patenten	<b>9,4%</b>
	Anteil an NRW-Erwerbstätigen	<b>8,8%</b>
	Wachstum der Bruttowertschöpfung 2010–2023	<b>3,8% p.a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

### 10 REGION KÖLN/BONN

	Anteile an NRW-Patenten	<b>19,5%</b>
	Anteil an NRW-Erwerbstätigen	<b>18,0%</b>
	Wachstum der Bruttowertschöpfung 2010–2023	<b>5,2% p.a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

# MIT DER UMWELTWIRTSCHAFT REGIONALE TRANSFORMATIONS- PROZESSE ANTREIBEN

## EIN BLICK AUF DIE NEUN WIRTSCHAFTSREGIONEN NORDRHEIN-WESTFALENS

Im Flächenland Nordrhein-Westfalen kommt den einzelnen Regionen mit ihren jeweiligen Stärken und ökonomischen Schwerpunktbereichen eine wesentliche Rolle in der wirtschaftlichen Entwicklung zu. In diesem Kontext ist sowohl die politische Bedeutung der Regionen als auch der Einfluss der Umweltwirtschaft auf die Regionalpolitik in den vergangenen Jahren gewachsen. Der Wandel von klassischer zu transformativer Strukturpolitik macht deutlich, dass die regionale Entwicklung und die Umweltwirtschaft miteinander verflochten sind. Diese neue Strukturpolitik orientiert sich mit Klima- und Umweltschutz, Nachhaltigkeit und Biodiversität an Zielen, deren Erreichung auf der ökonomischen Ebene insbesondere durch die Unternehmen der Umweltwirtschaft unterstützt werden.<sup>93</sup> Auch der regionalpolitische Aufbruch in Nordrhein-Westfalen befasst sich mit diesen neuen Gegebenheiten und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Regionen und ihre wirtschaftliche Entwicklung.<sup>94</sup>

Die vorliegende regionale Analyse der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen orientiert sich an den Zuschnitten der vorherigen Umweltwirtschaftsberichte in neun Regionen sowie der Sonderregion Rheinisches Revier. In absoluten Zahlen variieren die Regionen zwischen dem Bergischen Städtedreieck mit einer Bruttowertschöpfung von 1,5 Mrd. Euro bei 17.000 Erwerbstätigen und der Metropole Ruhr mit einer Wertschöpfung von 14,1 Mrd. Euro bei

160.000 Erwerbstätigen. Beim Wachstum zeigt sich ein ebenfalls breites Spektrum zwischen Ostwestfalen-Lippe mit einem Erwerbstätigenwachstum von 0,9 % p. a. bis zur Region Köln/Bonn, die mit 2,4 % p. a. das stärkste Wachstum der Regionen in der Umweltwirtschaft verzeichnen kann.

Die einzelnen Regionen weisen teilweise unterschiedliche Schwerpunktsetzungen bei den Teilmärkten der Umweltwirtschaft auf, sowohl hinsichtlich der ökonomischen Kennwerte als auch in Bezug auf die Innovationsaktivitäten. In den meisten Regionen lässt sich eine hohe Konzentration der Erwerbstätigen sowie der Bruttowertschöpfung in den Teilmärkten *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft, Umweltfreundliche Mobilität* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* feststellen. Ein differenzierteres Bild zeigt sich dagegen bei den übrigen Teilmärkten, in denen sich jeweils nur einzelne Regionen hervorheben.

Eine vergleichbare Situation ist auch in den innovationsstärksten Teilmärkten der Regionen zu beobachten. Diese werden vor allem durch die Teilmärkte *Energieeffizienz und Energieeinsparung, Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* sowie *Umweltfreundliche Mobilität* geprägt. Aber auch hier lassen sich darüber hinaus in den Regionen Spezialisierungen identifizieren.

# BERGISCHES STÄTTEDREIECK



- nach ökonomischen Indikatoren kleinste Region der Umweltwirtschaft
- im NRW-Vergleich zweitbeste Wachstumsregion der Umweltwirtschaft
- höchstes Wachstum pro Jahr im Marktsegment Erneuerbare Energien

	Anteile an NRW-Patenten	<b>3,8 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>16.900</b> <b>1,9 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>1,5 Mrd. €</b> <b>4,7 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Die Industrieregion Bergisches Städtedreieck – Wuppertal, Remscheid und Solingen – steht für Transformation und ökologische Nachhaltigkeit. Diverse Projekte und Initiativen widmen sich den Themen der Umweltwirtschaft und lassen hier eine dynamisch wachsende, grüne Industrieregion entstehen. Ein zentraler regionaler Akteur ist die Initiative „Neue Effizienz“. Ihr Kernthema ist die Ressourcen- und Energieeffizienz. In enger Zusammenarbeit mit Unternehmen, Wissenschaft und Politik arbeitet sie an der Entwicklung und Promotion von umweltschonenden Technologien, Produkten und Dienstleistungen. Ihre Projekte „Effizienz.Center.Bauen“ und die „Bergische Ressourceneffizienzfabrik (BREF)“ sind beispielhaft für ihr Engagement. Die BREF unterstützt insbesondere KMU im Bereich Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft.

Parallel dazu positioniert sich das „Circular Valley“ in Wuppertal als weiterer entscheidender Impulsgeber für eine ressourcenorientierte Wirtschaft. Diese zukunftsorientierte Initiative zielt darauf ab, die Region und NRW generell als Vorbild für zirkuläre Prozesse zu etablieren. Als Innovationsökosystem vernetzt es Unternehmen, Forschungsinstitute, öffentliche Einrichtungen und Start-ups, um nachhaltige, ressourcenschonende Lösungen zu entwickeln. Durch Synergiebildung und Netzwerkarbeit bietet das „Circular Valley“ ein ideales Umfeld, um Recycling- und Kreislaufprozesse zu optimieren und eine Kreislaufwirtschaft zu erreichen.

Das Bergische Städtedreieck bildet in der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft die kleinste Region, deren Entwicklung in den vergangenen Jahren jedoch äußerst dyna-



Netzwerktreffen des Circular Valleys

misch verlaufen ist: Die Region hat sowohl hinsichtlich der Erwerbstätigkeit als auch der Wertschöpfung das zweitstärkste Wachstum aufzuweisen. Innerhalb der Region wachsen die Teilmärkte *Umweltfreundliche Landwirtschaft* und *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* am stärksten. Hier zeigen sich mögliche Synergien: Das Bergische Städtedreieck ist die einzige Region, in der über den Zeitraum 2010–2023 im Marktsegment *Erneuerbare Energien* bei der Erwerbstätigkeit ein positives Wachstum vorliegt. Besonders dynamisch entwickeln sich hierbei die Technologiebereiche *Bioenergie* sowie *Beratung und Forschung*. Die Solarenergie brach demgegenüber im Vergleich zu 2010 stark ein.

Die Innovationsschwerpunkte der Region liegen in den Teilmärkten *Energieeffizienz und Energieeinsparung* sowie *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*. Mehr als 75 % der angemeldeten Patente können diesen zugeordnet werden. Die Patentthemen fokussieren sich auf den Bereich der Heiz-, Lüftungs- und Klimatechnik und beinhalten Innovationen zu Effizienzsteigerungen sowie kombinierten Heiz- und Kühlsystemen. Ferner umfasst das Spektrum innovative Brennstoffzellentechnologien, die für Anwendungen im Gebäudesektor zur Produktion von Strom und Wärme entwickelt werden.

# METROPOLE RUHR



- gemessen an Erwerbstätigen und Bruttowertschöpfung die größte Region der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft
- ungeachtet allgemeiner Wachstumsherausforderungen auch dynamische Wachstumsfelder, insb. die Technologiebereiche *Umweltfreundliche Verkehrsinfrastruktur* sowie *Netzausbau und -betrieb*
- mehr als jedes vierte Patent wird in der Metropole Ruhr angemeldet

	Anteile an NRW-Patenten	<b>28,5 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>160.300</b> <b>1,2 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>14,1 Mrd. €</b> <b>4,1 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Transformation zur „Grünsten Industrieregion der Welt“ – dieses visionäre Ziel hat sich die Metropole Ruhr gesetzt, um Wirtschaftskraft und hohe Lebensqualität in einem der größten Ballungsräume Europas miteinander zu verbinden. Die Region, in deren 53 Städten rund 5,1 Mio. Menschen leben, ist mit mehr als einem Viertel der Erwerbstätigen sowie einem Viertel der Bruttowertschöpfung die wirtschaftsstärkste Region der Umweltwirtschaft NRW und fungiert als Pilotregion für eine gelingende Transformation hin zur grünen Industrieregion. Eine wichtige Rolle nimmt in diesem Kontext das Netzwerk Greentech.Ruhr

ein, das seit 2016 als zentrale Anlaufstelle für die Umweltwirtschaft der Metropole Ruhr Unternehmen sowie Akteure aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Politik zusammenbringt.

Ein weiterer wichtiger Baustein zur Erreichung der grünen Transformation im Ruhrgebiet stellt die „Offensive Grüne Infrastruktur 2030“ dar, die darauf abzielt, das umfangreiche Netz an Grün- und Freiräumen im Ruhrgebiet weiter auszubauen. Passend dazu richtet die Metropole Ruhr 2027 die erste dezentrale Internationale Gartenausstellung (IGA) aus.

Aufgrund ihrer wirtschaftlichen Stärke ist die Metropole Ruhr gegenüber den anderen Regionen in vielen Teilmärkten führend, beispielsweise bei *Energieeffizienz und Energieeinsparung* und der *Wasserwirtschaft*. Insbesondere rund um Essen konzentrieren sich viele Unternehmen und Verbände der *Wasserwirtschaft*, wobei führende Forschungsinstitute im Ruhrgebiet eine gute Grundlage für die Entwicklung innovativer Lösungen und Start-up-Ausgründungen bieten.

Gleichwohl zeigt sich, dass das Wachstum auf der Gesamtebene im Vergleich zu den anderen Regionen schwächer verläuft. Wachstumsstarke Technologiebereiche sind u. a. *Umweltfreundliche Verkehrsinfrastruktur* und *Netzausbau und -betrieb für Stromnetze*.

Insgesamt nimmt die Metropole Ruhr mit wenigen Ausnahmen bei den Patentanmeldungen im Vergleich zu den anderen Regionen eine führende Rolle ein. Die patentstärksten Innovationsfelder zeichnen sich sowohl durch ihren Bezug zur industriellen Tradition als auch zur aktuellen Transformation aus. So mündet die historische Verwurzelung von Energieunternehmen über die Energiewende in einen Schwerpunkt zur Forschung und Innovationen im Bereich von Windenergieanlagen. Das zweitwichtigste Patent unterstreicht durch seinen Bezug zu Effizienzsteigerungen in der Metallverarbeitung dagegen die Bedeutung des Ruhrgebiets als Industriestandort.



Vom Klimagas zum Rohstoff: Forschende der Ruhr Universität Bochum entwickeln neue Katalysatoren zur CO<sub>2</sub>-Umwandlung.

# MÜNSTERLAND



- I größte Teilmärkte *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft sowie Energieeffizienz und Energieeinsparung*
- I NRW-weit die meisten Erwerbstätigen im Technologiebereich *Nachwachsende Holzbaustoffe*
- I stärkstes Wachstum im Technologiebereich *Intelligente Energiesysteme und Netze*

	Anteile an NRW-Patenten	<b>5,5 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>61.500</b> <b>1,7 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>5,4 Mrd. €</b> <b>4,6 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Das Münsterland ist eine dynamisch wachsende Wirtschaftsregion mit einer hohen Zahl von mittelständischen Unternehmen und führenden Forschungseinrichtungen. Besonders früh lenkte die Region ihren Fokus auf die Innovationsförderung und die Entwicklung gemeinsamer Ideen und Lösungsansätze zur Stärkung der Umweltwirtschaft. Unterstützt durch lokale Initiativen und Förderprogramme wurde so ein dynamisches Netzwerk aus Forschungseinrichtungen, Wirtschaftsförderungen, innovativen Unternehmen und Start-ups aus der Taufe gehoben. Insbesondere der Münsterland e. V. bündelt die Potenziale und Stärken der Region und fördert die Entwicklung der Wirtschaft.

Die Branchenvielfalt wird bei der Betrachtung der Teilmärkte ersichtlich. Innerhalb der Region sind die stärksten Teilmärkte *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* mit einem Schwerpunkt in *Zirkulären und materialeffizienten Produktionsprozessen* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* mit einem Schwerpunkt in *Energieeffizienten und resilienten Gebäuden*.

Zudem ist nahezu ein Drittel aller nordrhein-westfälischen Erwerbstätigen des Technologiebereichs *Nachwachsende Holzbaustoffe* im Münsterland tätig. Auch in der Ökologischen und Regionalen Landwirtschaft ist der Anteil mit über 20 % verhältnismäßig hoch. In diesem Marktsegment erzielt die Region ein Wertschöpfungswachstum von 6,8 % p. a., wodurch es sich zu einem treibenden Faktor entwickelt. Ein weiterer Treiber ist der Technologiebereich *Netzausbau und -betrieb*, in dem das Münsterland mit 19,4 % p. a. in der Wertschöpfung das stärkste Wachstum aller Regionen aufweist.



Wissenschaftlerinnen am MEET Münster, einem Zentrum der Batterieforschung in Deutschland

Die regionalen Innovationsschwerpunkte entfallen mit 35 % der angemeldeten Patente auf den Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*. Wichtige Patentthemen in diesem Bereich befassen sich mit der Entwicklung von Windenergieanlagen sowie mit Technologien zur optimierten Übertragung der regenerativ erzeugten Energie. Ein weiterer Schwerpunkt in diesem Teilmarkt ist die Batterieforschung. Insbesondere rund um Münster konzentrieren sich auch im deutschlandweiten Vergleich einzigartige Kompetenzen im Bereich Batterieforschung und -recycling (siehe „[Schlaglichter der NRW-Innovationslandschaft](#)“). Diese herausragenden Kompetenzen zur nachhaltigen und ökonomisch skalierbaren Batteriezellenproduktion werden mit der neu errichteten Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB) gebündelt und gestärkt.

# NIEDERRHEIN



- in Nordrhein-Westfalen führend im Technologiebereich *Alternative Fahrzeuge*
- Umweltfreundliche Mobilität* auch bei den regionalen Innovationsthemen prägend
- fast ein Fünftel aller Erwerbstätigen der *Umweltfreundlichen Landwirtschaft*

	Anteile an NRW-Patenten	<b>3,8 %</b>
	Erwerbstätige	<b>48.000</b>
	Wachstum 2010–2023	<b>1,0 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung	<b>4,2 Mrd. €</b>
	Wachstum 2010–2023	<b>3,8 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Die Region Niederrhein ist traditionell geprägt von Landwirtschaft, Industrie und Handel. In den letzten Jahren hat eine zunehmende Ausrichtung auf eine Green Economy stattgefunden. Dabei spielen vor allem die Bereiche erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Umwelttechnologien und die Kreislaufwirtschaft wichtige Rollen.

Die zielführende Koordination der Aktivitäten von Wirtschaft, Politik und Wissenschaft ermöglicht es der Region,

verschiedenste Projekte und Initiativen zur Förderung der Umweltwirtschaft zu realisieren. Dazu gehören etwa die Entwicklung von Technologien zur erneuerbaren Energiegewinnung, die Entwicklung wassersparender Indus-  
 trietechnologien sowie Aktivitäten zum Recycling von Wertstoffen. Diese Entwicklungen sind das Ergebnis von innovativen Technologien, neuen Infrastrukturen und verbesserter Praxis. Verschiedene wissenschaftliche Institutionen und Unternehmen in der Region arbeiten beispielsweise an der Entwicklung und Implementierung von Technologien zur Energiegewinnung aus Biomasse. Zu den Akteuren gehört u. a. die Hochschule Niederrhein, die in Kooperation mit regionalen Unternehmen an diesbezüglichen Lösungen forscht. Ein weiterer, traditioneller Schwerpunkt der Region ist das Recycling, auf das sich diverse Unternehmen für verschiedenste Materialien spezialisiert haben. Im Süden überschneidet sich die Region mit dem Rheinischen Revier. Aus dieser Konstellation entstehen verschiedene umweltwirtschaftliche Projektansätze in den Bereichen Materialeffizienz (Aluminium), Mobilität (Radverkehr) und die Strukturwandelprojekte des Zweckverbandes Landfolge Garzweiler (u. a. Innovationspark Erneuerbare Energien, Exzellenzregion Nachhaltiges Bauen).

Die Region Niederrhein zählt mit ca. 48.000 Erwerbstätigen in der Umweltwirtschaft zu den kleineren Regionen, auch mit der jährlichen Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung von nur 3,8 % liegt sie in NRW auf einem der hinteren Ränge.

Gegenwärtige Schwerpunkte sind die Teilmärkte *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* und *Umweltfreundliche Mobilität*. Im Mobilitätssektor sind neben dem Technologiebereich des *Öffentlichen Personennahverkehrs* insbesondere *Alternative Fahrzeuge* von Bedeutung: Die Technologiebereiche *Antriebstechnologien* und *Fahrzeugtechnologien* erreichen bei der Bruttowertschöpfung ein außerordentlich gutes Wachstum von 14,0 % bzw. 25,2 % p. a. Mit einem Schwerpunkt auf Innovationen rund um optimierte Verbrennungsmotoren und die Emissionsminderung bei Kraftfahrzeugen zeigt auch der Blick auf die Patente die Bedeutung des Teilmarktes in der Region.



Neuer High-Tech-Standort in Mönchengladbach, der 2024 eröffnete SMS-Campus

# OSTWESTFALEN-LIPPE



- prägende Marktsegmente sind *Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse* und *Energieeffiziente und resiliente Gebäude*
- Technik für Abfallwirtschaft* und *Fahrradwirtschaft* im NRW-Vergleich vorn
- stärkstes Wachstum bei *Übergeordneten Klimaanpassungsleistungen*

	Anteile an NRW-Patenten	<b>11,9 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>73.900</b> <b>0,9 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>6,5 Mrd. €</b> <b>3,8 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Ostwestfalen-Lippe (OWL) ist nicht nur eine traditionell starke Industrieregion, sondern besticht durch innovative und qualitativ hochwertige Produkte und Lösungen. Die Region ist ein lebendiges Zuhause für mittelständische Unternehmen, die auf nationaler und internationaler Ebene zu den Marktführern zählen. Ostwestfalen-Lippe hat ein umfangreiches Innovationsökosystem aufgebaut, das Wissenschaft und Wirtschaft miteinander verknüpft und so ein hohes Potenzial für die Umweltwirtschaft schafft.

Ein wesentlicher Bestandteil der Umweltwirtschaft in dieser Region ist das Netzwerk CirQuality OWL plus. Es bündelt etablierte Projekte wie CirQuality OWL, Lippe zirkulär, Smart Recycling Factory und die CUNA-Produktion in der SmartFactoryOWL zu einem umfassenden und praxisnahen System zirkulärer Wertschöpfung. Aufbauend auf den Erfahrungen und Erkenntnissen aus früheren Projekten verfolgt CirQuality OWL plus das ehrgeizige Ziel, die Verankerung einer Kreislaufwirtschaft in der Region – und modellhaft darüber hinaus – zu fördern und zu vertiefen.

Die Relevanz des Themas äußert sich auch in der ökonomischen Bedeutung des Teilmarkts *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft*. Diese ist zum einen darauf zurückzuführen, dass auf Ebene der Marktsegmente die meisten Erwerbstätigen im Segment *Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse* tätig sind. Zum anderen ist Ostwestfalen-Lippe im Vergleich zu den anderen Regionen im Marktsegment *Technik für die Abfallwirtschaft* führend. Über ein Fünftel der in diesem Segment in NRW tätigen Personen sind in Ostwestfalen-Lippe verortet. Auch im Marktsegment *Fahrradwirtschaft* nimmt



windCORES (Paderborn) betreibt in Windenergieanlagen Rechenzentren mit erneuerbaren Energien.

die Region eine führende Position ein, allerdings liegt hier eine negative Entwicklung in der Erwerbstätigkeit vor.

Insgesamt bewegt sich Ostwestfalen-Lippe in absoluten Zahlen betrachtet im Mittelfeld der Umweltwirtschaft. Gleichzeitig weist die Region sowohl hinsichtlich der Erwerbstätigkeit als auch der Wertschöpfung das geringste Wachstum aller Regionen in Nordrhein-Westfalen auf.

Hinsichtlich der Innovationen ist die Region breit aufgestellt. So ist die Patentlandschaft der Region geprägt durch zwei Teilmärkte, die zusammen einen Anteil von 48 % aufweisen: *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung*. Es lässt sich jedoch feststellen, dass im Teilmarkt *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* ca. 57 % aller NRW-Patente aus Ostwestfalen-Lippe stammen, wobei insbesondere solche mit Bezug zur Bearbeitung von Furnieren und Sperrholz überwiegen. Auch das wichtigste Patentthema der Region bezieht sich auf innovative Technologien und Ansätze zur Holzbearbeitung.

# REGION AACHEN



- *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft regionales Schwergewicht*
- *im NRW-Vergleich unterdurchschnittliches Wachstum der Erwerbstätigkeit und Bruttowertschöpfung*
- *Bruttowertschöpfung der Umweltfreundlichen Energiewandlung, -transport und -speicherung mit größtem Wachstumsplus*

	Anteile an NRW-Patenten	<b>4,3 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>40.500</b> <b>1,0 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>3,6 Mrd. €</b> <b>3,8 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	

Ihre Lage im Dreiländereck Deutschland-Belgien-Niederlande und die hohe Dichte an natur- und ingenieurwissenschaftlich orientierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen prägen die Region – beide Faktoren werden in der Euregio Maas-Rhein respektive durch eine aktive Ansiedlungspolitik profilgebend ausgebaut. Die RWTH Aachen, die FH Aachen und das Forschungszentrum Jülich sowie Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und Leibniz-Gemeinschaft erheben die Region in den Rang eines international anerkannten Forschungs- und Wissenschaftsstandorts. Die wachsende Zahl von Ansiedlungen technologieorientierter Unternehmen und eine lebendige Start-up-Kultur finden darin ihren Widerhall.



Institut für Elektrische Anlagen und Netze, Digitalisierung und Energiewirtschaft IAEW der RWTH Aachen

Die Region deckt sich in größeren Teilen mit dem Rheinischen Revier und steht beispielgebend für die Transformation einer Post-Tagebau-Landschaft. Für die Gestaltung des Indesees ist z. B. 2023 ein Rahmenplan beschlossen worden. In der rund 30 Jahre andauernden Phase der Flutung des ehemaligen Tagebaus sollen Projekte nach ressourceneffizienten Maßstäben realisiert werden. Die Entwicklungsgesellschaft indeland legt dafür als Teil einer agilen Förderlandschaft, die strukturwandelrelevante Projekte unterstützt, eine tragfähige Basis, darunter das Regionale Netzwerk Ressourceneffizientes Bauen (ReNeReB). Mit dem Brainergy Park Jülich gibt die Region ein erfolgreiches Beispiel eines nachhaltigen, interkommunalen Gewerbegebietes mit umweltwirtschaftlichem Profil.

In der Region Aachen ist der Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* ein regionales Schwergewicht: Hier finden über 30 % der Bruttowertschöpfung und der Erwerbstätigkeit statt. Das höchste Wachstum der Bruttowertschöpfung erzielt mit 6,2 % p. a. die *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*, mit 1,8 % p. a. wächst die Erwerbstätigkeit in der *Umweltfreundlichen Mobilität* am stärksten.

Die Marktsegmente *Nachhaltige Forstwirtschaft und Speichertechnologien* liegen mit ihrem Wachstum bei der Erwerbstätigkeit und der Bruttowertschöpfung NRW-weit vorne, insgesamt zählt die Umweltwirtschaft der Region aber zu den kleineren des Landes.

Den Innovationsschwerpunkt bildet der Teilmarkt *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* mit 41 % der Patentanmeldungen v. a. zu Brennstoffzellen und mechanischen Energiespeichern. Auch das Batterienetzwerk BatteryCircle Aachen agiert im internationalen FuE-Fokus der Dekarbonisierung. Mit 26 % folgt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* mit Technologien zur Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren, ein Bereich von weiterhin hoher Relevanz, der v. a. von Forschungsdienstleistern der Automobilindustrie vorangetrieben wird.

# REGION DÜSSELDORF



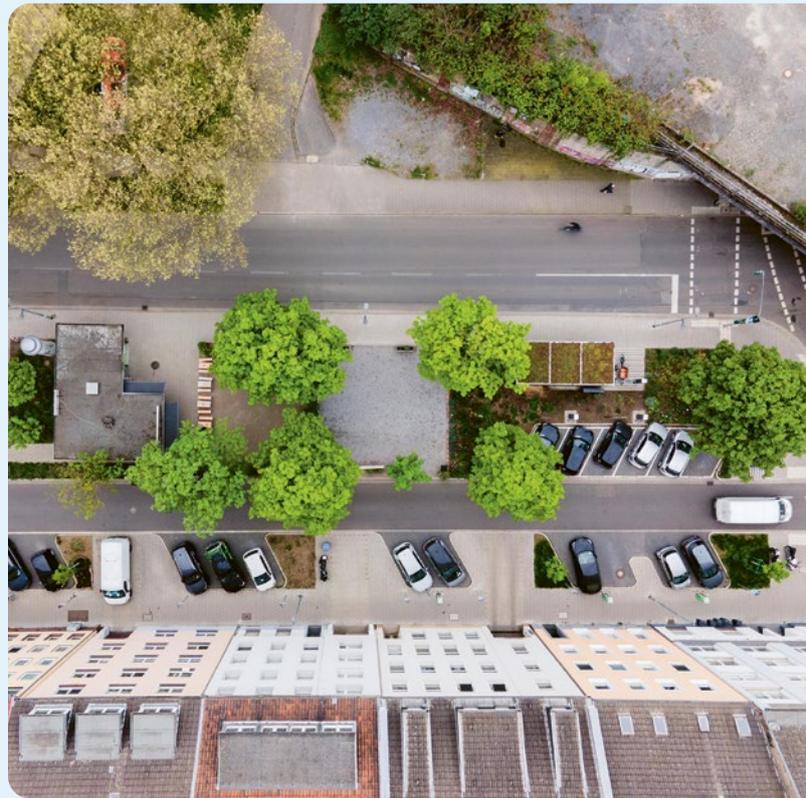
- NRW-weit stärkstes Wachstum der Erwerbstätigkeit im Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung*
- sehr hohes Wachstum der Wertschöpfung bei den *Umweltfreundlichen Mobilitäts- und Antriebstechnologien*
- Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* führend bei den Innovationen

	Anteile an NRW-Patenten	<b>11,7 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>37.200</b> <b>1,6 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>3,3 Mrd. €</b> <b>4,5 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Die Region Düsseldorf ist nach absoluten Zahlen die zweitkleinste Region der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, entwickelt sich in ihrer Dynamik aber über dem nordrhein-westfälischen Durchschnitt. Die hohe IT-Kompetenz und die starke industrielle Basis erschließt durch die Kombination von digitalen Innovationen und nachhaltigen Technologien das Potenzial marktrelevanter Green-Tech-Lösungen.

Gegenwärtig lassen sich in der Region die Teilmärkte *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* sowie *Umweltfreundliche Mobilität* als prägend identifizieren. Letztere umfasst insbesondere das Marktsegment *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien*, welches mit einem Wertschöpfungswachstum von 28,0 % p. a. einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Stadt ausübt: Mit dem Ziel, die Mobilitätswende in Düsseldorf voranzutreiben, hat die Landeshauptstadt das kommunale Start-up Connected Mobility Düsseldorf GmbH (CMD) damit beauftragt, bis 2035 ein stadtweites Netzwerk, bestehend aus 100 großen Mobilitätsstationen sowie 350 kleineren Sharing-Stationen, zu errichten, um die nachhaltige Mobilität im Düsseldorfer Alltag zu fördern. Im „Mobilitätsplan D“ werden zudem Leitlinien sowie messbare Ziele der Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung in Düsseldorf bis zum Jahr 2030 festgeschrieben.

Auf Ebene der Teilmärkte ist die Region für *Energieeffizienz und Energieeinsparung* zwar in absoluten Zahlen eher unter dem Durchschnitt anzuordnen, allerdings nimmt sie in diesem Teilmarkt beim Wachstum der Erwerbstätigkeit



Die CMD-Mobilitätsstation CMD am Bachplätzchen gewann 2024 den German Innovation Award in der Kategorie „Öffentlicher Raum“.

und Wertschöpfung eine führende Position ein. Die stärksten Treiber sind dabei die Technologiebereiche *Abwärmenutzung* sowie *Bau- und Installationsleistungen*.

Im Gegensatz dazu dominiert bei den Innovationen der Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft*, dem 45 % der in der Region angemeldeten Umweltwirtschaftspatente zugeordnet werden können. Zudem umfasst die Region hier ca. 30 % der in Nordrhein-Westfalen angemeldeten Patente. Die wichtigsten Innovationsbereiche sind dabei Recycling und Effizienzsteigerungen der Hütten- und Walztechnik. Die dritt wichtigste Patentanmeldung betrifft den Technologiebereich *Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen* und umfasst Entwicklungen hinsichtlich der Zusammensetzung von technischen Wachsen.

# REGION KÖLN/BONN



- Powerhouse der nordrhein-westfälischen Umweltwirtschaft
- stärkstes Wachstum aller Regionen bei Erwerbstätigkeit und Bruttowertschöpfung
- führend in zahlreichen Marktsegmenten

	Anteile an NRW-Patenten	<b>19,5 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>108.100</b> <b>2,4 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>9,5 Mrd. €</b> <b>5,2 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Die Region Köln/Bonn, Heimat für 3,6 Mio. Menschen, ist gesamtwirtschaftlich breit aufgestellt und zugleich zweitstärkste Region der Umweltwirtschaft mit regional stärkstem Wachstum. Die Region zeichnet sich zudem durch eine starke Forschungslandschaft sowie enge Kooperationen mit der regionalen Wirtschaft aus. Der Region Köln/Bonn e. V. hat mit seinem Agglomerationsprogramm eine Handlungsgrundlage für eine nachhaltige räumliche Transformation geschaffen, die sowohl Perspektiven für

einen zukunftsfähigen räumlichen Umbau der Region in den kommenden Jahren sowie eine Strategie zur Anpassung an Klimawandelfolgen beinhaltet. Mit diesem Prozess hat die Region Maßstäbe für eine strategische Raumentwicklung gesetzt. Darüber hinaus findet mit der REGIONALE 2025 nach 2010 erneut eine REGIONALE innerhalb der Region Köln/Bonn statt. Von diesem Strukturförderprogramm des Landes NRW profitieren insgesamt 28 Kommunen mit mehr als 700.000 Einwohnerinnen und Einwohnern. Inhaltliche Schwerpunkte sind Konversion/Transformation bestehender Flächen und Gebäude und das Thema „Regionale Ressourcenlandschaft.“<sup>95</sup>

Zwar nimmt die Region im NRW-weiten Vergleich in keinem Teilmarkt den ersten Rang ein, jedoch führt sie in vielen Segmenten das Feld an: So verzeichnet die Region die höchste Zahl an Erwerbstätigen in den Marktsegmenten *Nachwachsende Rohstoffe und Umweltfreundliche Materialien* sowie *Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen*. Darüber hinaus verzeichnet die Region Köln/Bonn die größte Bruttowertschöpfung im Segment *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien*.

Das stärkste Wachstum innerhalb der Region liegt im Teilmarkt *Umweltfreundliche Mobilität* vor. Insbesondere *Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur* sowie *Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien* tragen zu dessen positiver Entwicklung bei.

Die Relevanz der *Umweltfreundlichen Mobilität* wird auch anhand des wichtigsten Patents der Region ersichtlich, welches sich mit Effizienzsteigerungen von Verbrennungsmotoren befasst. Im Gegensatz zu vielen anderen Regionen sind die drei wichtigsten Patente unterschiedlichen Teilmärkten zugeordnet. Insgesamt weist Köln/Bonn mit 19,5 % einen hohen Anteil an den Umweltwirtschaftspatenten in Nordrhein-Westfalen auf. Innerhalb der regionalen Patentlandschaft nehmen die Teilmärkte *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* und *Umweltfreundliche Mobilität* die höchsten Anteile ein.



Mit KI die Produktion nachhaltig verbessern: Im Exzellenzcluster PhenoRob der Universität Bonn wird zur Landwirtschaft der Zukunft geforscht.

# SÜDWESTFALEN



- führend im Teilmarkt *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft*, sowohl in absoluten Zahlen als auch in der Entwicklung
- hinsichtlich der Erwerbstätigkeit einzige Region mit positiver Entwicklung im Marktsegment *Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe*
- insgesamt leicht unterdurchschnittliche Dynamik

	Anteile an NRW-Patenten	<b>9,4 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>52.900</b> <b>1,0 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>4,7 Mrd. €</b> <b>3,8 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Südwestfalen, eine waldreiche Mittelgebirgslandschaft, bietet als wirtschaftsstarke Region kleinen und mittelständischen Unternehmen exzellente Standortbedingungen. Die zahlreichen innovativen Weltmarktführer aus der Region verfügen über herausragende Kompetenzen beim Werkstoff Holz und Know-how im Maschinenbau und dem Baugewerbe.

Seit 2007 arbeiten die fünf Kreise Südwestfalens daran, die Region gemeinsam zu stärken und weiterzuentwickeln. Der Leitsatz „Digital-Nachhaltig-Authentisch“ der REGIONALE 2025 betont die Ambitionen der Region im Bereich Nachhaltigkeit und Digitalisierung.

Im direkten Vergleich ist Südwestfalen hinsichtlich der Umweltwirtschaft eine der kleineren Regionen mit leicht unterdurchschnittlichem Wachstum. In absoluten Zahlen betrachtet lassen sich die größten Teilmärkte in den Bereichen *Energieeffizienz und Energieeinsparung* sowie *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* identifizieren. Die Spezialisierung Südwestfalens hingegen liegt in der *Nachhaltigen Holz- und Forstwirtschaft*. Zum einen sind hier fast 8.000 Erwerbstätige zu verorten, zum anderen werden ca. 30 % der nordrhein-westfälischen Wertschöpfung des Teilmarktes in Südwestfalen generiert. Des Weiteren verzeichnet der Teilmarkt in Südwestfalen NRW-weit das größte Wachstum. Besonders hervorzuheben ist das Marktsegment *Holzbearbeitung- und Werkstoffe*, in dem Südwestfalen als einzige Region eine positive Dynamik in Bezug auf die Erwerbstätigkeit aufweist.



Das Unternehmen Gelzhäuser Forst, Kierspe, fertigt seine Organic Tiny Houses nach dem cradle-to-cradle-Prinzip aus regionalem Holz.

In der Patentlandschaft findet sich die *Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft* hingegen nicht wieder. Stattdessen entfallen die meisten Patentanmeldungen auf die Teilmärkte *Energieeffizienz und Energieeinsparung* sowie *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung*. Die beiden wichtigsten Patente sind dem Marktsegment *Energieeffiziente und resiliente Gebäude* zuzuordnen. Dies erfolgt zum einen durch energieeffiziente Beleuchtungssysteme und zum anderen durch Smart Grids im Gebäudesektor. Darüber hinaus ist Südwestfalen die einzige Region, in der ein Patent der *Wasserwirtschaft* in den wichtigsten Patenten enthalten ist. Die betreffenden Innovationen lassen sich dem Bereich der Entwässerungstechnik und Abwasserentsorgung zuordnen.

# STRUKTURWANDELREGION RHEINISCHES REVIER

## AUF DEM WEG ZUR VORZEIGEREGION UMWELTWIRTSCHAFTLICHER LÖSUNGEN



- Profilierung in den Marktsegmenten *Abfallbehandlung und -verwertung, Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien sowie Intelligente Energiesysteme und Netze*
- wachstumsstärkste Region für das Marktsegment *Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse*
- Patentschwerpunkte in den Teilmärkten *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung sowie Energieeffizienz und Energieeinsparung*

	Anteile an NRW-Patenten	<b>9,0 %</b>
	Erwerbstätige Wachstum 2010–2023	<b>74.000</b> <b>1,1 % p. a.</b>
	Bruttowertschöpfung Wachstum 2010–2023	<b>6,5 Mrd. €</b> <b>3,9 % p. a.</b>
	Innovationsschwerpunkte	  

Der Strukturwandel des Rheinischen Reviers strebt eine EU-weit beispielgebende Kombination von ökonomischer Prosperität mit einer strategisch-nachhaltigen Raumentwicklung an. Die Umweltwirtschaft liefert vielfältige Ansätze und Lösungen für die Umsetzung dieser Jahrhundertaufgabe. Die einmalige Kombination zwischen Innovationen, Wertschöpfung und nachhaltigem Wirtschaften macht die Umweltwirtschaft zur zentralen Schlüsselbranche. Mit neuen Ideen dient sie als Motor einer nachhaltigen Transformation. Die Unterstützung der Umweltwirtschaft in der Region hilft im Prozess des Strukturwandels somit doppelt: Die Querschnittsbranche schafft neue Arbeitsplätze und treibt gleichzeitig den nachhaltigen Wandel voran.

Im Rheinischen Revier waren im Jahr 2023 rund 74.000 Erwerbstätige in den Teilmärkten der Umweltwirtschaft beschäftigt (Wachstum 2010–2023: 1,1 % p. a.) und erwirtschafteten eine jährliche Wertschöpfung von mehr als 6,5 Mrd. Euro (Wachstum 2010–2023: 3,9 % p. a.). Betrachtet man das Rheinische Revier als eine zusammengehörige Wirtschaftsregion, so bildet diese – etwa gleichauf mit der Region Ostwestfalen-Lippe – nach der Metropole Ruhr und der Region Köln/Bonn den drittgrößten Standort der Umweltwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Seit Jahren dominiert der Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* die Umweltwirtschaft der

Region in den Kennzahlen Erwerbstätigkeit und Bruttowertschöpfung. Die *Umweltfreundliche Mobilität* besticht ebenfalls durch eine hohe Erwerbstätigenzahl, der Teilmarkt *Energieeffizienz und Energieeinsparung* erwirtschaftet die zweithöchste Bruttowertschöpfung. Das stärkste Wachstum aller Marktsegmente innerhalb der regionalen Umweltwirtschaft lässt sich mit 8,2 % p. a. der Erwerbstätigkeit und 12,1 % p. a. der Bruttowertschöpfung bei den *Intelligenten Energiesystemen und Netzen* beobachten, angetrieben v. a. durch das Marktsegment *Netzausbau und -betrieb*. Die meisten Patente werden im Rheinischen Revier in den Teilmärkten *Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung* sowie *Energieeffizienz und Energieeinsparung* angemeldet. Aufgrund des Sonderstatus der Region werden hier die Innovationskompetenzen aus verschiedenen Wirtschaftsregionen vereint.

Der Strukturwandel allgemein, aber im Besonderen in der von Tagebauen geprägten Landschaft des Rheinischen Reviers, betrifft nahezu alle Bereiche von Ökonomie, Gesellschaft und Umwelt. In der Projektlandschaft des Rheinischen Reviers, die über verschiedene Förderaufrufe initiiert wurde, stehen zahlreiche Projekte in einer sehr engen Beziehung zur Umweltwirtschaft und den dort strukturierenden Wendethemen (Klimawende, Ressourcenwende und Raumwende). Im Zuge der vielfältigen Förderaufrufe hat die Landesregierung in enger Abstimmung mit der Region im März 2024 insgesamt 19 Ankerprojekte für eine beschleunigte und erfolgreiche Umsetzung des Strukturwandels im Rheinischen Revier identifiziert. So ist beispielsweise das Ziel des „Gigawattpakts“, die Stromerzeugungskapazitäten aus den Erneuerbaren bis 2028 auf mindestens 5 Gigawatt zu erhöhen. Mit der „Modellfabrik Papier“ entsteht in Düren wiederum ein Forschungszentrum für ein bundesweites Innovationsnetzwerk zur nachhaltigen Papierproduktion mit dem Ziel, den Energiebedarf in der Papier-



Die geplante Modellfabrik Papier, Düren

produktion bis 2045 um ca. 80 % zu reduzieren. Auch die Thematik der biobasierten Kreislaufwirtschaft wird in verschiedenen Ankerprojekten aufgegriffen und vertieft. So fokussiert das BioökonomieREVIER, in dessen Rahmen im Forschungszentrum Jülich in 14 Innovationslaboren geforscht wird, auf die Entwicklung innovativer und nachhaltiger Produkte sowie die Rückführung von Ressourcen in Kreisläufen. Mit der „Textilfabrik 7.0“ soll in Mönchengladbach der Textilindustriepark der Zukunft geschaffen werden, CO<sub>2</sub>-neutral, basierend auf Kreislaufwirtschaft und unterstützt durch Biotechnologie, Robotik und Künstliche Intelligenz, um so Teile der wegfallenden Wertschöpfung und Beschäftigung im Rheinischen Revier aufzufangen.

Für die Transformation zu einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft auf dem Weg zu Netto-Nullmissionen von Treibhausgasen und der Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum bietet die Umweltwirtschaft somit vielfältige Chancen. Die Lösungen der Umweltwirtschaft wirken dabei besonders in der Kombination mit langfristig strukturbildenden Infrastrukturen. Entscheidend wird es sein, die Umsetzung der Projekte in einer sich wandelnden Landschaft zu fokussieren – ab 2030 beginnt die Flutung der ehemaligen Tagebau- bzw. Restseen – und neue Standort- und Lebens-Qualitäten zu schaffen. Neben den jeweiligen Projektakteuren sind es dabei die Tagebauumfeld-Initiativen mit ihrer direkten Verbindung in die Kommunen, die in der Umsetzung entscheidende Bedeutung haben.

# ANHANG

## KENNZAHLEN IM ÜBERBLICK

☒ **Tabelle 8: Kennzahlen Umweltwirtschaft NRW: Erwerbstätigkeit**

Erwerbstätige	2010	2023	2010–2023 in % p. a	Anteil an Umwelt- wirtschaft 2023
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>74.000</b>	<b>92.000</b>	<b>1,7 %</b>	<b>15,4 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	55.000	65.000	1,3 %	
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	19.000	27.000	2,7 %	
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>174.000</b>	<b>192.000</b>	<b>0,8 %</b>	<b>32,1 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	33.000	36.000	0,8 %	
Abfallsammlung und -transport	19.000	25.000	2,2 %	
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	107.000	115.000	0,5 %	
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	4.000	5.000	2,2 %	
Technik für die Abfallwirtschaft	11.000	11.000	0,1 %	
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>24.000</b>	<b>29.000</b>	<b>1,3 %</b>	<b>4,8 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	2.000	2.000	1,7 %	
Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien	9.000	12.000	1,6 %	
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	13.000	15.000	1,1 %	
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>25.000</b>	<b>27.000</b>	<b>0,5 %</b>	<b>4,5 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	10.000	11.000	0,0 %	
Nachhaltige Forstwirtschaft	4.000	5.000	2,9 %	
Nachwachsende Holzbaustoffe	11.000	11.000	0,0 %	
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>41.000</b>	<b>44.000</b>	<b>0,6 %</b>	<b>7,3 %</b>
Erneuerbare Energien	34.000	29.000	-1,1 %	
Elektrifizierung in der Industrie	1.000	1.000	-1,7 %	
Intelligente Energiesysteme und Netze	5.000	13.000	7,5 %	
Speichertechnologie	1.000	1.000	0,2 %	
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>18.000</b>	<b>21.000</b>	<b>1,4 %</b>	<b>3,5 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	3.000	4.000	1,8 %	
Ökologische und regionale Landwirtschaft	7.000	9.000	2,3 %	
Agrarumweltmaßnahmen	8.000	8.000	0,4 %	
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>85.000</b>	<b>130.000</b>	<b>3,3 %</b>	<b>21,7 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	8.000	20.000	7,0 %	
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	66.000	92.000	2,6 %	
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	7.000	14.000	5,8 %	
Fahrradwirtschaft	4.000	4.000	-0,3 %	
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>58.000</b>	<b>64.000</b>	<b>0,9 %</b>	<b>10,7 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	2.000	2.000	1,5 %	
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	35.000	40.000	1,0 %	
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	21.000	22.000	0,5 %	
<b>Umweltwirtschaft</b>	<b>499.000</b>	<b>599.000</b>	<b>1,4 %</b>	
<b>Gesamtwirtschaft</b>	<b>8.342.000</b>	<b>9.699.000</b>	<b>1,2 %</b>	

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

Tabelle 8: Kennzahlen Umweltwirtschaft NRW: Bruttowertschöpfung

Bruttowertschöpfung (in Mio. €)	2010	2023	2010–2023 in % p. a	Anteil an Umwelt- wirtschaft 2023
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>4.195</b>	<b>8.228</b>	<b>5,3 %</b>	<b>15,6 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	2.755	5.556	5,5 %	
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	1.439	2.672	4,9 %	
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>11.435</b>	<b>16.901</b>	<b>3,1 %</b>	<b>32,0 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	3.238	4.493	2,6 %	
Abfallsammlung und -transport	2.072	3.313	3,7 %	
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	5.084	7.635	3,2 %	
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	249	407	3,8 %	
Technik für die Abfallwirtschaft	793	1.052	2,2 %	
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>1.480</b>	<b>2.484</b>	<b>4,1 %</b>	<b>4,7 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	155	239	3,4 %	
Lärmminderungs- und Luftreinigungstechnologien	537	1.010	5,0 %	
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	789	1.235	3,5 %	
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>1.666</b>	<b>2.294</b>	<b>2,5 %</b>	<b>4,3 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	742	967	2,1 %	
Nachhaltige Forstwirtschaft	134	289	6,1 %	
Nachwachsende Holzbaustoffe	790	1.037	2,1 %	
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>3.012</b>	<b>6.734</b>	<b>6,4 %</b>	<b>12,8 %</b>
Erneuerbare Energien	2.276	4.224	4,9 %	
Elektrifizierung in der Industrie	94	99	0,4 %	
Intelligente Energiesysteme und Netze	575	2.321	11,3 %	
Speichertechnologie	67	90	2,3 %	
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>747</b>	<b>1.277</b>	<b>4,2 %</b>	<b>2,4 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	231	364	3,6 %	
Ökologische und regionale Landwirtschaft	235	471	5,5 %	
Agrarumweltmaßnahmen	282	442	3,5 %	
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>4.314</b>	<b>8.578</b>	<b>5,4 %</b>	<b>16,3 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	456	1.429	9,2 %	
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	3.107	5.463	4,4 %	
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	484	1.320	8,0 %	
Fahrradwirtschaft	267	367	2,5 %	
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>3.853</b>	<b>6.270</b>	<b>3,8 %</b>	<b>11,9 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	106	158	3,1 %	
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	1.698	3.397	5,5 %	
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	2.050	2.716	2,2 %	
<b>Umweltwirtschaft</b>	<b>30.703</b>	<b>52.767</b>	<b>4,3 %</b>	
<b>Gesamtwirtschaft</b>	<b>473.015</b>	<b>760.396</b>	<b>3,7 %</b>	

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

Tabelle 8: Kennzahlen Umweltwirtschaft NRW: Exporte

Exporte 2010–2023 (in Mio. €)	2010	2023	2010–2023 in % p. a	Anteil an Umwelt- wirtschaft 2023
<b>Energieeffizienz und Energieeinsparung</b>	<b>1.277</b>	<b>2.355</b>	<b>4,8 %</b>	<b>16,3 %</b>
Energieeffiziente und resiliente Gebäude	766	1.008	2,1 %	
Energieeffiziente Produktionsprozesse und Technologien	511	1.346	7,7 %	
<b>Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft</b>	<b>4.130</b>	<b>4.986</b>	<b>1,5 %</b>	<b>34,5 %</b>
Abfallbehandlung und -verwertung	2.802	2.956	0,4 %	
Abfallsammlung und -transport	1	6	14,6 %	
Zirkuläre und materialeffiziente Produktionsprozesse	129	577	12,2 %	
Nachwachsende Rohstoffe und umweltfreundliche Materialien	384	438	1,0 %	
Technik für die Abfallwirtschaft	814	1.009	1,7 %	
<b>Minderungs- und Schutztechnologien</b>	<b>495</b>	<b>921</b>	<b>4,9 %</b>	<b>6,4 %</b>
Bodenschutztechnologien und -sanierung	37	48	2,0 %	
Lärminderungs- und Luftreinigungstechnologien	428	816	5,1 %	
Übergeordnete Klimaanpassungsleistungen	30	57	5,1 %	
<b>Nachhaltige Holz- und Forstwirtschaft</b>	<b>734</b>	<b>924</b>	<b>1,8 %</b>	<b>6,4 %</b>
Holzbearbeitung und Holzwerkstoffe	623	651	0,3 %	
Nachhaltige Forstwirtschaft	-	-	-	
Nachwachsende Holzbaustoffe	111	273	7,2 %	
<b>Umweltfreundliche Energiewandlung, -transport und -speicherung</b>	<b>812</b>	<b>775</b>	<b>-0,4 %</b>	<b>5,4 %</b>
Erneuerbare Energien	516	342	-3,1 %	
Elektrifizierung in der Industrie	120	116	-0,2 %	
Intelligente Energiesysteme und Netze	71	185	7,6 %	
Speichertechnologie	105	133	1,9 %	
<b>Umweltfreundliche Landwirtschaft</b>	<b>177</b>	<b>413</b>	<b>6,7 %</b>	<b>2,9 %</b>
Umweltfreundliche Technologien für die Landwirtschaft	177	413	6,7 %	
Ökologische und regionale Landwirtschaft	-	-	-	
Agrarumweltmaßnahmen	-	-	-	
<b>Umweltfreundliche Mobilität</b>	<b>1.692</b>	<b>2.455</b>	<b>2,9 %</b>	<b>17,0 %</b>
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme und Infrastruktur	284	147	-4,9 %	
Umweltfreundliche Logistik- und Mobilitätsdienstleistungen	-	-	-	
Umweltfreundliche Mobilitäts- und Antriebstechnologien	1.261	2.026	3,7 %	
Fahrradwirtschaft	147	282	5,2 %	
<b>Wasserwirtschaft</b>	<b>1.137</b>	<b>1.622</b>	<b>2,8 %</b>	<b>11,2 %</b>
Monitoring und Analyseverfahren, Wasser- und Abwassermanagement	4	8	5,0 %	
Infrastrukturen für Wasser, Abwasser und Überflutungsschutz	856	1.200	2,6 %	
Wassergewinnung, -aufbereitung und Abwasserbehandlung	277	414	3,1 %	
<b>Umweltwirtschaft</b>	<b>10.454</b>	<b>14.452</b>	<b>2,5 %</b>	

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

Tabelle 8: Kennzahlen der Regionen

	Erwerbstätige			Bruttowertschöpfung in Mio. €			Patente			
	2010	2023	2010–2023 in % p. a	2010	2023	2010–2023 in % p. a	Anteil an NRW-Patenten	Innovationsstärkste Teilmärkte		
<b>Bergisches Städtedreieck</b>	13.200	16.900	1,9 %	815	1.486	4,7 %	3,8 %	EEF	ETS	UMO
<b>Metropole Ruhr</b>	136.700	160.300	1,2 %	8.411	14.117	4,1 %	28,5 %	ETS	UMO	EEF
<b>Münsterland</b>	49.100	61.500	1,7 %	3.019	5.413	4,6 %	5,5 %	ETS	EEF	WAS
<b>Niederrhein</b>	42.500	48.000	1,0 %	2.612	4.230	3,8 %	5,4 %	UMO	EEF	MMR
<b>Ostwestfalen-Lippe</b>	65.400	73.900	0,9 %	4.023	6.504	3,8 %	11,9 %	ETS	EEF	UMO
<b>Region Aachen</b>	35.700	40.500	1,0 %	2.195	3.563	3,8 %	4,3 %	ETS	EEF	MMR
<b>Region Düsseldorf</b>	30.200	37.200	1,6 %	1.860	3.278	4,5 %	11,7 %	MMR	UMO	ETS
<b>Region Köln Bonn</b>	79.700	108.100	2,4 %	4.905	9.518	5,2 %	19,5 %	ETS	UMO	EEF
<b>Südwestfalen</b>	46.500	52.900	1,0 %	2.862	4.658	3,8 %	9,4 %	EEF	ETS	UMO
<b>Rheinisches Revier</b>	64.500	74.000	1,1 %	3.969	6.518	3,9 %	9,0 %	ETS	EEF	UMO

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

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

# INDIKATORENGLOSSAR UND DATENQUELLEN

Indikator	Erläuterung	Datenquelle
<b>Anzahl der Unternehmen</b>	Erfasst steuerpflichtige Unternehmen auf Basis der Umsatzsteuerstatistik (mit einem jährlichen Mindestumsatz von mehr als 22.000 Euro; bis 2019 von mehr als 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>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>Importnachfrage</b>	Gesamtwert aller Importe eines Landes von Umweltwirtschaftsgütern	Prognos Welthandelsmodell
<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>Patentzitationen</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>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>Weltmarkt</b>	Entspricht der Gesamtnachfrage, d. h. der Summe aller weltweiten Importe von Umweltwirtschaftsgütern	Prognos Welthandelsmodell
<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

# ENDNOTEN

- 1 Umweltbundesamt (UBA) (2024): Trends der Lufttemperatur, [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-lufttemperatur#heisse-tage-in-deutschland](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-lufttemperatur#heisse-tage-in-deutschland) (30.6.2024).
- 2 Umweltbundesamt (UBA) (2024): Trends der Niederschlagshöhe, [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe#--2](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe#--2) (30.6.2024).
- 3 Der Handel wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit hier nicht berücksichtigt, da Handelsaktivitäten im Rahmen des Abgrenzungsmodells ebenfalls nicht zur Umweltwirtschaft gezählt werden, es sich hierbei aber um einen Schnittstellenbereich handelt.
- 4 Die Umweltwirtschaft als Querschnittsbranche setzt sich aus den Aktivitäten von Unternehmen mit klassischer Branchenzuordnung zusammen.
- 5 Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2022): Umweltwirtschaftsbericht 2022, Methodenteil, [www.umweltwirtschaft.nrw.de/fileadmin/Daten/Publikationen/NRW\\_Umweltwirtschaftsbericht\\_2022\\_Methodenanhang\\_barr.pdf](http://www.umweltwirtschaft.nrw.de/fileadmin/Daten/Publikationen/NRW_Umweltwirtschaftsbericht_2022_Methodenanhang_barr.pdf) (30.6.2024).
- 6 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2024): Umweltindikatoren des Landes Nordrhein-Westfalen, <https://umweltindikatoren.nrw.de> (30.6.2024).
- 7 Matthey, A., Bünger, B. (2020); Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-umweltkosten](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-umweltkosten) (30.6.2024).
- 8 Umweltbundesamt (2022): Emissionsbilanz Erneuerbarer Energieträger, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energetraeger-2022](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energetraeger-2022) (30.6.2024).
- 9 Für eine ausführlichere Erklärung siehe: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2022): Umweltwirtschaftsbericht 2022, [https://broschuerenservice.nrw.de/munv/files?download\\_page=0&product\\_id=2125&files=4/7/4753f6c64cdece5ea0094734659c4363.pdf](https://broschuerenservice.nrw.de/munv/files?download_page=0&product_id=2125&files=4/7/4753f6c64cdece5ea0094734659c4363.pdf) (30.6.2024).
- 10 Kabisch, N. et al. (2016): Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas (BfN-Skripten 446), [https://bf.n.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/306/file/Skript\\_446.pdf](https://bf.n.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/306/file/Skript_446.pdf) (30.6.2024).
- 11 Das Tool zur Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen des Stadtgrüns der größten Städte Deutschlands wurde in einem vom BMBF geförderten Forschungsprojekt entwickelt. In seiner ersten Version ist das Tool öffentlich zugänglich und unter folgendem Link abrufbar: [www.stadtgruen-wertschaetzen.de/app/stadtgruenapp](http://www.stadtgruen-wertschaetzen.de/app/stadtgruenapp). Mittlerweile befindet sich das Forschungsprojekt in der 3. Phase, in der sowohl die Bewertung auf sämtliche deutschen Städte mit mehr als 50.000 Einwohnerinnen und Einwohner ausgeweitet als auch die umweltökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen des Stadtgrüns nachgeschärft wird.
- 12 Im Tool wird auch die naturnahe Pflege der Grünflächen betrachtet. Die naturnahe Pflege beschreibt den Anteil der extensiv bewirtschafteten Grünflächen, die die urbane Biodiversität fördern, da sie als Lebensraum für Insekten dienen und Blütenbestäuber anlocken. Die Freizeitliche Nutzung dieser Flächen ist daher oftmals eingeschränkt oder untersagt. Die umweltökonomische Bewertung der naturnah gepflegten Grünflächen im Tool beschränkt sich ausschließlich auf die (ästhetische) Wirkung auf das Stadtbild. Das heißt, zur umweltökonomischen Bewertung wird die monetäre Wertschätzung bzw. die Zahlungsbereitschaft der Stadtbevölkerung für den Anteil der naturnah bewirtschafteten Grünflächen bestimmt.
- 13 Choice-Experimente sind in der Umweltökonomie eine verbreitete Methode, um den Wert von Umweltgütern zu bestimmen. In einem Choice-Experiment müssen Befragte wiederholt zwischen unterschiedlichen Szenarien entscheiden, die sich in vorab definierten Eigenschaften unterscheiden. Für das durchgeführte Choice-Experiment unterschieden sich die Szenarien mit Blick auf die Anzahl der Straßenbäume pro 100 m, im relativen Anteil der begrünten Wege, im relativen Anteil der Grünflächen, im Anteil der naturnah bewirtschafteten Grünflächen sowie hinsichtlich des zu zahlenden Beitrags, welcher anfallen würde, um das Szenario zu realisieren. Jede Auswahl-situation bestand aus zwei Szenarien und dem Status quo. Der Status quo beschreibt die aktuelle Ausstattung der Stadtgrünelemente, für die keine zusätzlichen finanziellen Beiträge anfallen würden. Insgesamt wurden jeder befragten Person 8 Choice-Situationen vorgestellt. Über die statistische Auswertung dieser Entscheidungen ließen sich anschließend die Zahlungsbereitschaften für marginale Änderungen der einzelnen Stadtgrünelemente berechnen.
- 14 Weitere Informationen zur Berechnung der Ökosystemleistungen und deren monetären Werte finden sich auf der Website des Stadtgrün-Tools, siehe [www.stadtgruen-wertschaetzen.de/app/stadtgruenapp](http://www.stadtgruen-wertschaetzen.de/app/stadtgruenapp). Darüber hinaus finden sich auch weitere Informationen in Hirschfeld, J. et al. (2019): Stadtgrün wert schätzen! Städte können vom Ausbau der Grünflächen ökologisch, ökonomisch und sozial profitieren. GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society.
- 15 Länderinitiative Kernindikatoren – Liki (2024): Verkehrsleistung, [www.liki.nrw.de/umwelt-und-gesundheit/c3-verkehrsleistung](http://www.liki.nrw.de/umwelt-und-gesundheit/c3-verkehrsleistung) (30.6.2024); IT NRW (2024): Unternehmen, Beförderte Personen, Personenkilometer (Personenverkehr mit Bussen und Bahnen), [www.landesdatenbank.nrw.de/ldbnrw/online?operation=table&code=46181-01i&bypass=true&levelindex=1&levelid=1712822947477#abreadcrumb](http://www.landesdatenbank.nrw.de/ldbnrw/online?operation=table&code=46181-01i&bypass=true&levelindex=1&levelid=1712822947477#abreadcrumb) (30.6.2024).
- 16 Die Emissionswerte des Umweltbundesamtes beruhen auf der durchschnittlichen Auslastung der Verkehrsmittel des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) auf Bundesebene. Das heißt, die verwendeten Emissionsdaten spiegeln nicht zwingend die tatsächliche spezifische Auslastung des SPNV in NRW wider. Im Rahmen des Projekts „Fokus Klima“ wird derzeit eine Klimabilanz für den nordrhein-westfälischen SPNV sowie eine Prognose der Klimaschutzleistung des SPNV bei Ausbau des Schienennetzes und des SPNV-Angebotes in NRW bis zum Jahr 2040 erstellt. „Fokus Klima“ ist ein Teilprojekt des Landesprogramms „Fokus Bahn“, in dem unter Federführung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr die Eisenbahnverkehrsunternehmen und Aufgabenträger in Nordrhein-Westfalen eng zusammenarbeiten, um sich als Branche den aktuellen Herausforderungen zu stellen. Innerhalb des Projektes werden u. a. die vom Umweltbundesamt veröffentlichten Verkehrsemissionen an die spezifische Verkehrsauslastung in NRW angepasst. Stand Juli 2024 liegen die finalen Ergebnisse noch nicht vor. Allerdings fand im Rahmen der Erstellung des Umweltwirtschaftsberichts 2024 ein Austausch mit der Fokus Klima-Projektgruppe statt. Dieser ergab, dass die Auslastung des ÖPNV in NRW im Vergleich zum Bundesdurchschnitt vermutlich höher ist. Folglich stellen die für den Umweltwirtschaftsbericht 2024 berechneten Emissionseinsparungen durch den ÖPNV

eine Unterschätzung dar und es kann davon ausgegangen werden, dass der kontrafaktische Nutzen höher ausfällt. Zu Informationen über und Publikationen von „Fokus Klima“ siehe [www.fokus-bahn.nrw/projekte/fokus-klima.html](http://www.fokus-bahn.nrw/projekte/fokus-klima.html).

- 17 Umweltbundesamt (2021): Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für Personen- und Güterverkehr in Deutschland [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021\\_fb\\_umweltfreundlich\\_mobil\\_bf.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_fb_umweltfreundlich_mobil_bf.pdf) (30.6.2024).
- 18 Türk, S., Arnberger, A. (2024): Abschlussbericht zum Sozioökonomischen Monitoring 2022–2023. Hrsg. Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. Köln/Wien: Deutsche Sporthochschule Köln/Universität für Bodenkultur Wien.
- 19 Mayer, M. et al. (2010): „The economic impact of tourism in six German national parks“, *landscape and urban planning* 97, Nr. 2, S. 73–82, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.04.013> (30.6.2024).
- 20 Wölflé, F. et al. (2016): Abschlussbericht zum Sozioökonomischen Monitoring 2014–2015. Hrsg. Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. Köln/Wien: Deutsche Sporthochschule Köln/Universität für Bodenkultur Wien, [www.nationalpark-eifel.de/cache/dl-SOeM-Abschlussbericht-2014-2015-ade68012d1787bd1ee02ce16458ccc2e.pdf](http://www.nationalpark-eifel.de/cache/dl-SOeM-Abschlussbericht-2014-2015-ade68012d1787bd1ee02ce16458ccc2e.pdf) (30.06.2024).
- 21 Die Werte wurden mithilfe des Verbraucherpreisindex des Statistischen Bundesamt preisbereinigt und auf das Jahr 2022 angepasst.
- 22 Schweppe-Kraft, B. et al. (2020): Integration von Ökosystemen und Ökosystemleistungen in die Umweltökonomische Gesamtrechnung. Theoretische Rahmenbedingungen und methodische Grundlagen (unveröffentlicht). Forschungsbericht beauftragt durch das Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- 23 Mayer, M., & Woltering, M. (2018): Assessing and valuing the recreational ecosystem services of Germany's national parks using travel cost models. *Ecosystem Services*, 31, 371–386, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.12.009> (30.06.2024); Sinclair, M. et al. (2020): Valuing nature-based recreation using a crowdsourced travel cost method: A comparison to onsite survey data and value transfer. *Ecosystem Services*, 45, 101165. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101165> (30.6.2024).
- 24 Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) (2024): Moore, [www.dehst.de/DE/Klimaschutzprojekte/Natuerlicher-Klimaschutz/Moore/moorklimaschutz\\_node.html](http://www.dehst.de/DE/Klimaschutzprojekte/Natuerlicher-Klimaschutz/Moore/moorklimaschutz_node.html) (16.7.2024).
- 25 Ebd. Wert aus DEHSt (2024): Moore, [www.dehst.de/DE/Klimaschutzprojekte/Natuerlicher-Klimaschutz/Moore/moorklimaschutz\\_node.html](http://www.dehst.de/DE/Klimaschutzprojekte/Natuerlicher-Klimaschutz/Moore/moorklimaschutz_node.html) (16.7.2024).
- 26 Das sind die Kosten aus den verlorenen landwirtschaftlichen Erträgen, die durch die Wiedervernässung entstehen würden, da die landwirtschaftliche Nutzung von nassen Moorböden nur eingeschränkt bis nicht möglich ist.
- 27 Schäfer, A. et al. (2022). Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050 (CLIMATE CHANGE 44/2022; S. 1–139). Umweltbundesamt. [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_44-2022\\_entwickeln\\_von\\_anreizen\\_fuer\\_paludikultur\\_zur\\_umsetzung\\_der\\_klimaschutzziele\\_2030\\_und\\_2050.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_44-2022_entwickeln_von_anreizen_fuer_paludikultur_zur_umsetzung_der_klimaschutzziele_2030_und_2050.pdf) (30.6.2024).
- 28 Wiedervernässte Moorflächen können zum Teil weiterhin in Form von Paludikultur oder Weidefläche genutzt werden.
- 29 Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen, [www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/aktuelles/Gutachten%20Klimaschutz%20WBAE%20und%20WBW.pdf](http://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/aktuelles/Gutachten%20Klimaschutz%20WBAE%20und%20WBW.pdf) (16.7.2024).
- 30 Ab einer Anhebung des mittleren Wasserstands bis auf über –30 cm können signifikante Verringerungen der Emissionen festgestellt werden. Bei einer Anhebung bis auf über –20 cm kann die Wiedervernässung der Moore zu einer Aufnahme bzw. Speicherung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten führen. Siehe hierzu Couwenberg, J., Augustin, J. et al. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz, <https://duene-greifswald.de/doc/gest.pdf> (16.7.2024).
- 31 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2024): Naturschutz-Fachkonzept zur Wiederherstellung von Mooren in Nordrhein-Westfalen, [www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3\\_fachberichte/LANUV-Fachbericht\\_154.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/LANUV-Fachbericht_154.pdf) (16.7.2024).
- 32 Da Patente bereits eine rechtliche Zulassung und damit Prüfung durchlaufen, kann generell von einer gesicherten Mindestqualität und damit Aussagekraft ausgegangen werden. Die Nutzung einer international einheitlichen Klassifikation von Patenten durch die Cooperative Patent Classification (CPC) ermöglicht die Identifikation der Umweltwirtschaftssystematik in diesem riesigen, von Sprachdifferenzen unabhängigen Datensatz.
- 33 Diese europäische Institution vereinheitlicht den Patentprozess für alle 27 EU-Mitgliedstaaten, sodass Patente immer in allen Mitgliedstaaten Gültigkeit erlangen. Dies gilt ebenso für außereuropäische Patentanmeldungen beim europäischen Patentbüro. Die Analyse fokussiert somit auf den in Europa gültigen Patentschutz. Außereuropäische Patentanmeldungen, die nur in den Ursprungsländern registriert wurden, werden in der nachfolgenden Analyse nicht betrachtet. Die lediglich auf nationaler Ebene angemeldeten Patente können als weniger wertig erachtet werden, da Erfinderinnen und Erfinder wichtige Innovationen in der Regel global schützen wollen. Zudem ist die Vergleichbarkeit bei nationalen Patenten vor dem Hintergrund von unterschiedlichen Patentierungskulturen und Verzerrungen durch politische Maßnahmen eingeschränkt.
- 34 Die Cooperative Patent Classification (CPC, zu Deutsch: Gemeinsame Patentklassifikation) stellt eine Erweiterung der IPC-Klassifikation dar.
- 35 Econsight (2024): Green tech made in Germany: how fit for the future are we?, [www.econsight.com/green-tech-made-in-germany](http://www.econsight.com/green-tech-made-in-germany) (30.6.2024); JRC (2021): International landscape of the inventive activity on climate change mitigation technologies. A patent analysis, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC117662> (30.6.2024).
- 36 Centre for international governance innovation (2021): What Do China's High Patent Numbers Really Mean?, [www.cigionline.org/articles/what-do-chinas-high-patent-numbers-really-mean](http://www.cigionline.org/articles/what-do-chinas-high-patent-numbers-really-mean) (30.6.2024).
- 37 Technologiebereiche, die nur über eine geringe Anzahl an Patentanmeldungen verfügen, wurden aus Gründen der Belastbarkeit der zeitlichen Veränderungen aus der Analyse ausgeklammert.
- 38 Kompetenznetzwerk Umweltwirtschaft.NRW: Innovationsradare, [www.knuw.nrw/unsere-services/innovationstransfer/innovationsradare.html](http://www.knuw.nrw/unsere-services/innovationstransfer/innovationsradare.html).
- 39 Umweltbundesamt (UBA) (2024): Erneuerbare Energien in Zahlen, [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick) (7.5.2024).

- 40 Landesverband Erneuerbare Energien NRW (2024): Solarenergie, [www.lee-nrw.de/themen/solarenergie](http://www.lee-nrw.de/themen/solarenergie) (6.5.2024).
- 41 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2024): Erneuerbare Energien, [www.lanuv.nrw.de/klima/klimaschutz-in-nrw/erneuerbare-energien#:~:text=Zu%20den%20in%20NRW%20relevanten,Strom%20aus%20Erneuerbaren%20Energien%20erzeugt](http://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaschutz-in-nrw/erneuerbare-energien#:~:text=Zu%20den%20in%20NRW%20relevanten,Strom%20aus%20Erneuerbaren%20Energien%20erzeugt) (6.5.2024).
- 42 Logistik.NRW (2024): Zahlen, Daten, Fakten zur Logistik in NRW, [www.logit-club.de/themen/logistik-am-standort-nrw/zahlen/-/daten/-/fakten](http://www.logit-club.de/themen/logistik-am-standort-nrw/zahlen/-/daten/-/fakten) (30.4.2024).
- 43 IT.NRW (2024): Binnenschifffahrt, [www.it.nrw/thema/binnenschifffahrt](http://www.it.nrw/thema/binnenschifffahrt) (30.4.2024).
- 44 VeLABi (2024): Autonomes Fahren in der Binnenschifffahrt, [www.velabi.de/einfuehrung-velabi](http://www.velabi.de/einfuehrung-velabi) (30.4.2024).
- 45 BinSmart (2024): Rhein-Ruhr-Testfeld Dortmund-Ems-Kanal, [www.binsmart.de/dms/rheinruhrtestfeld](http://www.binsmart.de/dms/rheinruhrtestfeld) (30.4.2024).
- 46 DST – Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme (2024): ELLA – Entwicklungsplattform im Modellmaßstab für Manöver-Automatisierung, [www.dst-org.de/ella](http://www.dst-org.de/ella) (30.4.2024).
- 47 Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2023): Souveränität Deutschlands sichern – Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045, [www.stiftung-klima.de/app/uploads/2023/11/Stiftung\\_Klimaneutralitaet\\_2023-Resiliente-Lieferketten\\_Langfassung-2.pdf](http://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2023/11/Stiftung_Klimaneutralitaet_2023-Resiliente-Lieferketten_Langfassung-2.pdf) (24.4.2024).
- 48 Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2024): Batterien in E-Fahrzeugen – Was steckt drin?, <https://rue.bmz.de/rue/veroeffentlichungen/batterierohstoffe-uebersicht-78850> (24.4.2024).
- 49 Fraunhofer ISI (2023): Recycling von Lithium-Ionen-Batterien wird in Europa stark zunehmen, [www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/recycling-lithium-ionen-batterien-europa-starke-zunahme-2030-2040.html#:~:text=Nach%20Berechnungen%20des%20Fraunhofer%20ISI,%20erreichen%20\(Abbildung%201a](http://www.isi.fraunhofer.de/de/blog/themen/batterie-update/recycling-lithium-ionen-batterien-europa-starke-zunahme-2030-2040.html#:~:text=Nach%20Berechnungen%20des%20Fraunhofer%20ISI,%20erreichen%20(Abbildung%201a) (24.4.2024).
- 50 RWTH Aachen (2023): European battery recycling market analysis. A profitable and sustainable business before 2035, [www.strategyand.pwc.com/de/en/recycling-european-battery.html](http://www.strategyand.pwc.com/de/en/recycling-european-battery.html) (24.4.2024).
- 51 Verordnung (EU) 2023/1542 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Juli 2023 über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542> (24.4.2024).
- 52 RWTH Aachen (2024): DemoSens – Verbundprojekt erforscht Demontage und Recycling von E-Mobil-Akkus, <https://www.pem.rwth-aachen.de/cms/PEM/Forschung/Projekte/~pkazx/DemoSens> (24.4.2024).
- 53 Cylib (2024): Next generation battery recycling, [www.cylib.de/startseite#:~:text=Der%20Cylib%20Prozess%20beinhaltet%20thermische,Aluminium%2D%20und%20Kupfer%20ist%20m%C3%BCglich](http://www.cylib.de/startseite#:~:text=Der%20Cylib%20Prozess%20beinhaltet%20thermische,Aluminium%2D%20und%20Kupfer%20ist%20m%C3%BCglich) (24.4.2024).
- 54 Accurec (2024): Lithium Batterierecycling, <https://accurec.de/lithium> (24.4.2024).
- 55 Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie (greenBatt) (2024): Entwicklung von Recyclingprozessen für Feststoffbatterien, <https://www.greenbatt-cluster.de/de/projekte/s2tar/> (24.4.2024).
- 56 Zukunftsvertrag für Nordrhein-Westfalen, Koalitionsvereinbarung von CDU und GRÜNEN 2022–2027 (2022), [https://gruene-nrw.de/dateien/Zukunftsvertrag\\_CDU-GRUeNE\\_Vorder-und-Rueckseite.pdf](https://gruene-nrw.de/dateien/Zukunftsvertrag_CDU-GRUeNE_Vorder-und-Rueckseite.pdf) (24.4.2024).
- 57 Umweltbundesamt (UBA) (2020): Windenergieanlagen: Rückbau, Recycling, Repowering, [www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/windenergieanlagen-rueckbau-recycling-repowering](http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/windenergieanlagen-rueckbau-recycling-repowering) (30.6.2024).
- 58 Umweltbundesamt (UBA) (2024): Photovoltaik, [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#Funktion](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#Funktion) (30.6.2024).
- 59 Franke, P. (2023): Wachsendes Altmodulaufkommen in Europa, [www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/wachsendes-altmodulaufkommen-in-europa](http://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/wachsendes-altmodulaufkommen-in-europa); Deutsche Umwelthilfe (DUH) (2021): Strengthening circularity in photovoltaics, [www.duh.de/fileadmin/user\\_upload/download/Pressemitteilungen/Kreislaufwirtschaft/210310\\_White\\_Paper\\_Strengthening\\_Circularity\\_in\\_Photovoltaics\\_ENG\\_FINAL.pdf](http://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Kreislaufwirtschaft/210310_White_Paper_Strengthening_Circularity_in_Photovoltaics_ENG_FINAL.pdf) (30.6.2024).
- 60 Franke, P. (2023): Die weltweiten PV-Recycling-Märkte, [www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/die-weltweiten-pv-recycling-maerkte](http://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/die-weltweiten-pv-recycling-maerkte) (30.6.2024).
- 61 International Energy Agency Photovoltaic Powers Systems Programme (IEA PVPS) (2022): Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task12 Countries, [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24\\_2022\\_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24_2022_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf) (30.6.2024).
- 62 International Energy Agency (IEA) & International Renewable Energy Agency (IRENA) (2016): End-of-life management: Solar Photovoltaic Panels, [www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels](http://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels) (30.6.2024).
- 63 Umweltbundesamt (UBA) (2024): Entsorgung und Behandlung von alten Photovoltaikmodulen, [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#Entsorgung](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#Entsorgung); Deutsche Recycling (2022), WEEE2: Recycling von PV-Modulen, <https://deutsche-recycling.de/blog/weee2-recycling-von-photovoltaik-modulen/#:~:text=F%C3%BCr%20das%20Recycling%20der%20Photovoltaik,in%20den%20Wertstoffkreislauf%20zur%C3%BCckgef%C3%BChrt%20werden> (30.6.2024).
- 64 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) (2022): PV-Anlagen: Im Angesicht der Entsorgungswelle, [www.bdew.de/online-magazin-zweitausend50/stoffwechsel/pv-anlagen-im-angesicht-der-entsorgungswelle](http://www.bdew.de/online-magazin-zweitausend50/stoffwechsel/pv-anlagen-im-angesicht-der-entsorgungswelle) (30.6.2024).
- 65 Engel, K. M.: Wie recycelt man eine Million Tonnen Solarzellen?, Spektrum der Wissenschaften, [www.spektrum.de/news/das-schwierige-recycling-der-solarzellen/2200203](http://www.spektrum.de/news/das-schwierige-recycling-der-solarzellen/2200203) (30.6.2024)

- 66 Kühne, C. et al. (2022): Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-rueckbau-recyclingstandards-fuer](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-rueckbau-recyclingstandards-fuer) (30.6.2024).
- 67 Reiling Unternehmensgruppe (2021): Photovoltaik-Recycling, [www.reiling.de/article/photovoltaik-recycling-das-zukunftstraechtige-geschaeftsfeld-der-reiling-unternehmensgruppe](http://www.reiling.de/article/photovoltaik-recycling-das-zukunftstraechtige-geschaeftsfeld-der-reiling-unternehmensgruppe) (30.6.2024).
- 68 Reiling Unternehmensgruppe (2024): Photovoltaik-Recycling auf neuem Niveau, [www.reiling.de/article/zweifacher-durchbruch-im-pv-recycling-glasqualitaet-fuer-hochwertige-schmelzanwendungen-und](http://www.reiling.de/article/zweifacher-durchbruch-im-pv-recycling-glasqualitaet-fuer-hochwertige-schmelzanwendungen-und) (30.6.2024).
- 69 DUH (2021): Strengthening circularity in photovoltaics, [www.duh.de/fileadmin/user\\_upload/download/Pressemitteilungen/Kreislaufwirtschaft/210310\\_White\\_Paper\\_Strengthening\\_Circularity\\_in\\_Photovoltaics\\_ENG\\_FINAL.pdf](http://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Kreislaufwirtschaft/210310_White_Paper_Strengthening_Circularity_in_Photovoltaics_ENG_FINAL.pdf) (30.6.2024).
- 70 BWE (2023): Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen, [www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/O2-technik-und-netze/O9-rueckbau/20230801\\_BWE-Informationspapier\\_Rueckbau\\_und\\_Recycling\\_von\\_Windenergieanlagen.pdf](http://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/O2-technik-und-netze/O9-rueckbau/20230801_BWE-Informationspapier_Rueckbau_und_Recycling_von_Windenergieanlagen.pdf); Kühne, C. et al. (2022): Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-rueckbau-recyclingstandards-fuer](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-rueckbau-recyclingstandards-fuer) (30.6.2024).
- 71 Umweltbundesamt (UBA) (2022): Rotorblattverwertung von A bis Z, [www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/rotorblattverwertung-von-a-bis-z](http://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/rotorblattverwertung-von-a-bis-z) (30.6.2024).
- 72 Kühne, C. et al. (2022), Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-rueckbau-recyclingstandards-fuer](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-von-rueckbau-recyclingstandards-fuer) (30.6.2024).
- 73 Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2024): Entwicklung einer Methode zur ressourceneinsparenden und CO<sub>2</sub>-reduzierenden Weiterverwendung von Rotorblättern im Infrastrukturbereich (BladeReUse), [https://stahl.vaka.kit.edu/forschung\\_2004.php](https://stahl.vaka.kit.edu/forschung_2004.php), (30.6.2024).
- 74 rethink\*rotor (o. J.): Our Offshore and Onshore Projects, <http://www.rethinkrotor.tech/> (30.06.2024); Land NRW (2024): Wettbewerb „NEXT.IN.NRW“, <https://www.land.nrw/pressemitteilung/wettbewerb-nextinnrw-land-und-eu-unterstuetzen-innovationen-aus-kultur-medien> (30.6.2024).
- 75 RWE (2021): RWE testet in ihrem Offshore-Windpark Kaskasi das weltweit erste recyclebare Rotorblatt, [www.rwe.com/presse/rwe-renewables/2021-09-07-rwe-testet-in-ihrem-offshore-windpark-kaskasi-das-weltweit-erste-recyclebare-rotorblatt](http://www.rwe.com/presse/rwe-renewables/2021-09-07-rwe-testet-in-ihrem-offshore-windpark-kaskasi-das-weltweit-erste-recyclebare-rotorblatt) (30.6.2024).
- 76 Hagedorn (2024): Rückbau von Windkraftanlagen, [www.unternehmensgruppe-hagedorn.de/leistungen/abbruch/windenergie](http://www.unternehmensgruppe-hagedorn.de/leistungen/abbruch/windenergie) (30.6.2024).
- 77 Umweltbundesamt (UBA) (2024): Trends der Niederschlagshöhe, [www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe#teilweise-sehr-regenreiche-jahre-seit-1965](http://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe#teilweise-sehr-regenreiche-jahre-seit-1965) (6.5.2024).
- 78 Höpner, A. (2023): Wie Siemens Lecks in der Kanalisation entdeckt, [www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/industrie-wie-siemens-lecks-in-der-kanalisation-entdeckt/29142514.html](http://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/industrie-wie-siemens-lecks-in-der-kanalisation-entdeckt/29142514.html) (10.5.2024).
- 79 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023): Bundesregierung legt Grundstein für modernes Wassermanagement, [www.bmu.de/pressemitteilung/bundesregierung-legt-grundstein-fuer-modernes-wassermanagement](http://www.bmu.de/pressemitteilung/bundesregierung-legt-grundstein-fuer-modernes-wassermanagement) (6.5.2024).
- 80 Okeanos (o. J.): Wasser.KI.Kombiniert, [www.okeanos.ai](http://www.okeanos.ai) (6.5.2024).
- 81 KiWaSuS (2024): KiWaSuS – KI-basiertes Warnsystem vor Starkregen und urbanen Sturzfluten, <https://kiwasus.de> (20.6.2024).
- 82 Wirtschaftsbetriebe Duisburg (o. J.): Hochwasser- und Umweltschutz mit digitalisierten und KI-gestützten Abwassersystemen in Duisburg – Forschungsvorhaben RIWWER geht an den Start, [www.wbd-innovativ.de/projekte/riwwer](http://www.wbd-innovativ.de/projekte/riwwer) (10.5.2024).
- 83 Lisios GmbH (2023): Lisios WasserAlarm, [www.lisios.com/de/wasseralarm](http://www.lisios.com/de/wasseralarm) (20.6.2024).
- 84 Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2024): Wer macht was – Wasserverbände, [www.umwelt.nrw.de/themen/umwelt/wer-macht-was/wer-macht-was-wasserverbaende](http://www.umwelt.nrw.de/themen/umwelt/wer-macht-was/wer-macht-was-wasserverbaende) (10.5.2024).
- 85 Emschergerossenschaft Lippeverband (2024): Blaugrünes Leben, [www.eglv.de](http://www.eglv.de) (10.5.2024).
- 86 Kompetenznetzwerk Digitale Wasserwirtschaft (2024): Die digitale Evolution der Wasserwirtschaft, <https://kdw-nrw.de> (10.5.2024).
- 87 Deloitte (2024): Trends im Welthandel: Comeback oder andauernde Flaute?, [www2.deloitte.com/de/de/blog/economic-trend-briefings/2024-trends-im-welthandel-2024.html](http://www2.deloitte.com/de/de/blog/economic-trend-briefings/2024-trends-im-welthandel-2024.html) (26.6.2024).
- 88 Im Teilmarkt *Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft* ging die Exportmenge der zentralen Sekundärrohstoffe des Technologiebereichs Stoffliche Verwertung in Tonnen im Jahr 2021 leicht zurück, gleichzeitig stieg das monetäre Exportvolumen aber um 35 %. In der Differenz muss von Preissteigerungen von ca. 40 % für diese Rohstoffe ausgegangen werden, was die besonders positive Entwicklung des Teilmarkts bedingt hat. Auch im Folgejahr 2022 geht die Exportmenge dieser Sekundärrohstoffe in Tonnen weiter zurück, aber durch einen weiteren Preisanstieg von über 25 % wächst der Markt in den Exporten zunächst weiter. Im aktuellen Jahr 2023 geht die Exportmenge dann erneut leicht zurück, jetzt geht der Wert der Exporte um ein Viertel zurück. Auch ein Blick auf internationale Rohstoffpreise bestätigt, dass die Preise für diese Produkte wesentlich gesunken sind. Es handelt sich hier scheinbar um eine Anpassung des Preises nach zwei Jahren enormer Preisanstiege. Diese Entwicklung könnte sich im Jahr 2024 weiter fortsetzen. In der *nachhaltigen Forstwirtschaft* gehen die Exporte der wichtigsten Holzrohstoffe 2021 v. a. in der Menge wesentlich nach oben (ca. 20 %) und die Exportwerte steigen parallel dazu. In den beiden Folgejahren gehen die Exportmengen dann wieder je um ca. 20 % unter das Niveau von 2020 zurück. Im Jahr 2023 geht der Preis zusätzlich um weitere 10 % nach unten, was den starken Einbruch begünstigt. Die Holzindustrie ist durch den Klimawandel und Borkenkäfer von stark schwankenden Einschlagraten geprägt, die sich auch auf die Exportmengen und Preise auswirken.
- 89 Der IRA enthält Vorgaben, dass wesentliche Vorleistungsteile aus den USA kommen müssen, damit die vollen Förderungspotenziale genutzt werden können.
- 90 Hüther, M., Matthes, J. (2023): Schadet der US Inflation Reduction Act der deutschen Wirtschaft?: Einspruch gegen Übertreibungen, [www.iwkoeln.de/studien/michael-huether-juergen-matthes-einspruch-gegen-uebertreibungen.html](http://www.iwkoeln.de/studien/michael-huether-juergen-matthes-einspruch-gegen-uebertreibungen.html) (26.6.2024).

- 91 Innolab Asia (2022): GreenTech: A Journey to a Sustainable Economy in Vietnam, <https://innolab.asia/2022/09/19/greentech-a-journey-to-a-sustainable-economy-in-vietnam> (26.6.2024).
- 92 Võ Trí Thành (Vietnam News) (2022): Việt Nam's green economy: from vision to action, <https://vietnamnews.vn/economy/1250820/viet-nam-s-green-economy-from-vision-to-action.html> (26.6.2024).
- 93 Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (o. J.): Transformative Strukturpolitik, [www.umwelt.nrw.de/themen/umwelt/transformative-strukturpolitik](http://www.umwelt.nrw.de/themen/umwelt/transformative-strukturpolitik), (18.6.2024).
- 94 Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2024): Beratungen bei der Fachtagung „Regionalpolitischer Aufbruch in NRW“, [www.land.nrw/pressemitteilung/expertinnen-und-experten-aus-wissenschaft-und-praxis-beraten-bei-der-fachtagung](http://www.land.nrw/pressemitteilung/expertinnen-und-experten-aus-wissenschaft-und-praxis-beraten-bei-der-fachtagung), (18.6.2024).
- 95 Hierbei handelt es sich um einen Ansatz im Rahmen der REGIONALE 2025, die das Ziel verfolgt, die natürlichen, nachwachsenden Rohstoffe des Raumes im Einklang mit den Belangen der Kulturlandschaft zu nutzen; REGIONALE 2025 Agentur GmbH (2021), Ressourcenlandschaft – Strategiepapier Version 1.0, [www.region-koeln-bonn.de/fileadmin/redaktion/pdf/downloads/reg2025-strategiepapier-ressourcenlandschaft.pdf](http://www.region-koeln-bonn.de/fileadmin/redaktion/pdf/downloads/reg2025-strategiepapier-ressourcenlandschaft.pdf) (30.6.2024).



# IMPRESSUM

## Herausgeber

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

## Fachredaktion

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

## Ein Bericht der

Prognos AG, Düsseldorf

**prognos**

## in Kooperation mit

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

## Autoren

Oliver Lühr  
Jannis Lambert  
Robert Norpoth  
Katharina Wilkskamp  
Michelle Reuter  
Vera Wechner  
Tim Bichlmeier  
Philipp Hutzenthaler  
Sebastian Leininger  
Jesko Hirschfeld (IÖW)  
Tarin Karzai (IÖW)

## Redaktion und Gestaltung

löwenholz kommunikation Berlin  
WEBERSUPIRAN.berlin Kommunikationsgestaltung

## Druck

DCM Druck Center Meckenheim GmbH



150 Exemplare  
Düsseldorf, 2024

## Bildquellen

Titel Volker Lannert/Universität Bonn  
Seite 3 Umweltministerium NRW/Mark Hermenau;  
Land NRW/Ralph Sondermann  
Seite 4 Covestro Deutschland AG;  
Universität Münster/MEET/Lessmann  
Seite 5 Christian Rolfes/Ford in Europe GmbH;  
SMS group  
Seite 8 Freepik  
Seite 9 Covestro Deutschland AG; Freepik  
Seite 10 GKD – Gebr. Kufferath AG  
Seite 14 SMS group  
Seite 22 Giacomao Zucca/Bundesstadt Bonn  
Seite 26 Oliver Güth/Kölner Verkehrs-Betriebe AG  
Seite 28 D. Ketz/Nationalpark Eifel  
Seite 29 Umweltministerium NRW/Mark Hermenau  
Seite 31 IMAGO/Rupert Oberhäuser  
Seite 32 Freepik  
Seite 33 IMAGO/Funke Foto Services; iStock/loonger;  
Freepik  
Seite 35 Henkel AG & Co. KGaA  
Seite 37 IMAGO/Funke Foto Services  
Seite 39 Lumoview GmbH  
Seite 41 IMA Schelling  
Seite 48 Matthias Ibeler/RWE AG  
Seite 50 IMAGO/Funke Foto Services  
Seite 51 Andreas Fritsche/EGLV  
Seite 53 cylib GmbH  
Seite 55 Next Kraftwerke GmbH  
Seite 57 BASF SE  
Seite 59 IMAGO/Jochen Tack  
Seite 61 Hans Blossey/EGLV  
Seite 70 Freepik  
Seite 71 IMAGO/Funke Foto Services; Freepik  
Seite 74 Christian Rolfes/Ford in Europe GmbH  
Seite 78 RWTH Aachen/Heike Lachmann  
Seite 82 duisport/Hans Blossey  
Seite 84 wikimedia commons/smial;  
wikimedia commons/Cafezinho  
Seite 85 IMAGO/Funke Foto Services; iStock/pixura;  
adobestock/ExQuisine  
Seite 89 Circular Valley Stiftung  
Seite 90 RUB/Marquard  
Seite 91 Universität Münster/MEET/Lessmann  
Seite 92 SMS group  
Seite 93 WestfalenWIND IT GmbH  
Seite 94 IAEW Aachen/Martin Braun Fotografie  
Seite 95 Connected Mobility Düsseldorf  
Seite 96 Volker Lannert/Universität Bonn  
Seite 97 IMAGO/Funke Foto Services  
Seite 99 WIN.DN/HPP-Architekten

[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)