



# BLICKPUNKT BIOÖKONOMIE

## NACHHALTIGE BIOÖKONOMIE IM RHEINISCHEN REVIER AM BEISPIEL DER PAPIERINDUSTRIE

VOL. 3

### HERAUSGEBER

Institut für Technologie- und Innovationsmanagement  
RWTH Aachen University

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

# IMPRESSUM

**Reihe:** Blickpunkt Bioökonomie

**Volume:** 3

**Titel:** Nachhaltige Bioökonomie im Rheinischen Revier am Beispiel der Papierindustrie

## HERAUSGEBER

**Institut für Technologie- und Innovationsmanagement (TIM), RWTH Aachen University**

K. Wieland Freyer (TIM)

T.-Oliver Salge (TIM)

Christina Dienhart (TIM)

Christoph Nasgowitz (TIM)

Paul Selzner (TIM)

David Antons (Institut für Entrepreneurship, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn)

## AUTOREN & AUTORINNEN

**Institute for Environmental Research (IFER), RWTH Aachen University und**

**Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie (WiGeo), RWTH Aachen University**

Alexandra Sybertz (IFER)

Fabian Fahl (WiGeo, bis März 2025)

Jonas Klügel (WiGeo)

Benjamin Daniels (IFER, bis November 2023)

Martina Fromhold-Eisebith (WiGeo)

Martina Roß-Nickoll (IFER)

## ZITIEREMPFEHLUNG

Sybertz, A.; Fahl, F.; Klügel, J.; Daniels, B.; Fromhold-Eisebith, M.; Roß-Nickoll, M. (2026):

Nachhaltige Bioökonomie im Rheinischen Revier am Beispiel der Papierindustrie. Aachen, Institut für Technologie- und Innovationsmanagement. Freyer, K. W.; Salge, T.-O.; Dienhart, C.; Nasgowitz, C.; Selzner, P.; Antons, D. (Hrsg.): Blickpunkt Bioökonomie, 3.

## VERÖFFENTLICHUNG

August 2026

Institut für Technologie- und Innovationsmanagement, RWTH Aachen University  
Univ.-Prof. T.-Oliver Salge, PhD  
Kackertstraße 7  
52074 Aachen  
Deutschland

## BILDNACHWEIS

Eigene Darstellungen sowie  
[stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)

## LAYOUT

clever + smart kommunikation GmbH  
[www.cusk.de](https://www.cusk.de)

**ISSN (PRINT)** 2944-0556

**ISSN (ONLINE)** 2944-0564

Die Online-Version ist verfügbar über das institutionelle Repositorium der RWTH Aachen University.

**DOI:** 10.18154/RWTH-2026-07651



# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ZUSAMMENFASSUNG                                                                                                                         | 4  |
| AUTOREN UND HERAUSGEBER                                                                                                                 | 6  |
| VORWORT                                                                                                                                 | 7  |
| EINLEITUNG                                                                                                                              | 8  |
| NACHHALTIGKEIT UND BIOÖKONOMIE IM REVIER                                                                                                | 10 |
| Auf dem Weg zur Transparenz: Bioökonomie-Monitoring für nachhaltige Entwicklung                                                         | 12 |
| Ganzheitliche Betrachtung von Nutzungskonkurrenzen                                                                                      | 14 |
| Grenzen setzen für eine nachhaltige Zukunft                                                                                             | 17 |
| FALLBEISPIEL PAPIERINDUSTRIE                                                                                                            | 18 |
| Status Quo der Papierindustrie und aktuelle Entwicklungen                                                                               | 20 |
| Faktoren für Nachhaltigkeit in der Papierindustrie                                                                                      | 22 |
| Das FaserInnovationsZentrum Zerkall e.V. (FIZZ e.V.) als regionaler Innovationsakteur<br>im Kontext von Bioökonomie und Papierindustrie | 24 |
| ERKENNTNISSE & ZUSAMMENFASSUNG                                                                                                          | 26 |
| LITERATUR                                                                                                                               | 28 |



# NACHHALTIGE BIOÖKONOMIE IM RHEINISCHEN REVIER AM BEISPIEL DER PAPIERINDUSTRIE

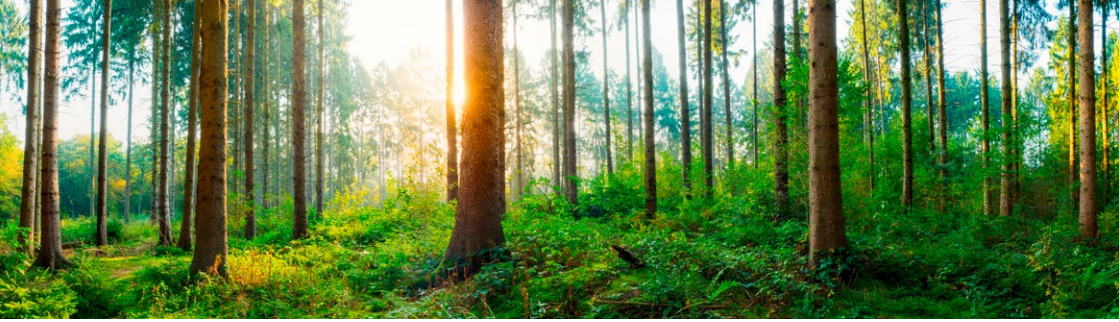
## ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge des Kohleausstiegs befindet sich das Rheinische Revier in einem tiefgreifenden Strukturwandel, der den Übergang zu einer zukunftsfähigen Bioökonomieregion ermöglichen soll. Im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung stellt sich in diesem Zusammenhang für die Region eine zentrale Frage: Wie lässt sich Bioökonomie unter dem Anspruch ganzheitlicher Nachhaltigkeit gestalten?

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Bioökonomie besteht darin, fossile Rohstoffe durch biobasierte Alternativen zu ersetzen. Dies geht jedoch häufig mit Nutzungskonflikten in den Bereichen Ernährungssicherung, Erhalt der Biodiversität und Klimaschutz einher. Die Förderung bioökonomischer Initiativen bietet großes Potenzial, Treibhausgasemissionen zu reduzieren und fossile Ressourcen nachhaltig zu substituieren. Um diese Ziele zu erreichen, ist ein integrativer Ansatz erforderlich, der ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gleichermaßen berücksichtigt.

Am Beispiel der Papierindustrie werden die Aspekte der ganzheitlichen Nachhaltigkeit näher betrachtet. Es wird gezeigt, wie globale Rohstoffabhängigkeiten, regionale Energie- und Ressourceneffizienz sowie Innovationspotenziale in einem konkreten Industriesektor zusammenwirken.

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Bioökonomie im Rheinischen Revier sind Strategien wie die Verwertung von Reststoffen, Kaskadennutzung, nachhaltige Flächenumwandlung sowie eine reduzierte oder Nicht-Nutzung bestimmter Produkte entscheidend. Eine ganzheitliche Betrachtung und die Abstimmung ökonomischer und ökologischer Interessen sind unerlässlich, um langfristig nachhaltige Arbeitsplätze zu sichern, eine ökologisch wertvolle Kulturlandschaft zu erhalten und einen Mehrwert für die Region zu schaffen.



# **SUSTAINABLE BIOECONOMY IN THE RHENISH MINING REGION: A CASE STUDY ON THE PAPER INDUSTRY**

## **ABSTRACT**

*As part of the phase-out of coal, the Rhenish mining area is undergoing profound structural change, which is intended to enable the transition to a sustainable bioeconomy region. With regard to sustainable development, this raises a key question for the region: How can the bioeconomy be shaped in line with the principles of holistic sustainability?*

*A key focus of the bioeconomy is to replace fossil raw materials with bio-based alternatives. However, this often leads to conflicts of use in the areas of food security, biodiversity conservation and climate protection. The promotion of bioeconomy initiatives offers great potential for reducing greenhouse gas emissions and sustainably substituting fossil resources. To achieve these goals, an integrative approach is needed that takes equal account of ecological, economic and social aspects.*

*The paper industry is used as an example to examine aspects of holistic sustainability in more detail. It shows how global raw material dependencies, regional energy and resource efficiency, and innovation potential interact in a specific industrial sector.*

*Strategies such as the use of residual materials, cascade utilization, sustainable land conversion and the reduced or non-use of certain products are crucial for the successful implementation of the bioeconomy in the Rhenish mining area. A holistic approach and the coordination of economic and ecological interests are essential in order to secure long-term sustainable jobs, preserve an ecologically valuable cultural landscape and create benefit for the region.*

# AUTOREN UND HERAUSGEBER

Das Team der Arbeitsgruppe „Ökologie und Ökotoxikologie der Lebensgemeinschaften“ am Institute for Environmental Research (IFER) im Lehrstuhl für Ökotoxikologie und Umweltrisikobewertung der RWTH Aachen University befasst sich seit vielen Jahren mit der Entwicklung von Indikatoren, die den Einfluss von Landnutzungswandel auf Funktionen und Leistungen terrestrischer Ökosysteme abbilden. Besonderes Augenmerk gilt dabei auch dem Strukturwandel sowie den Effekten bioökonomischer Innovationen. Gemeinsam entwickeln sie Ansätze, um die komplexen Zusammenhänge ökologischer Systeme bestmöglich zu erfassen.

Das Team des Lehrstuhls für Wirtschaftsgeographie untersucht seit vielen Jahren raumspezifische Entwicklungen im Zusammenspiel von wirtschaftlichen Optionen, Innovationstrends und Nachhaltigkeit. Dabei spielen Erfordernisse des Strukturwandels und der Abfederung von Krisen bzw. Schocks - im Sinne der regionalökonomischen Resilienz - eine besondere Rolle. Raumbezogene Datenanalysen werden genutzt, um regional angepasste Empfehlungen für die zukunftsfähige Gestaltung von Wirtschaftsräumen abzuleiten.

Das Herausgeber-Team unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. T.-O. Salge und Univ.-Prof. Dr. D. Antons ist am Institut für Technologie- und Innovationsmanagement (TIM) der RWTH Aachen University angesiedelt. Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Erforschung der Entwicklung und Wirkung neuer Technologien und Innovationen auf die wirtschaftliche Praxis, die Gesellschaft und die Wissenschaft.

Im Rahmen verschiedener Projekte begleitet das Sustainable Innovation Lab des TIM-Instituts unter der Leitung von Dr. Christina Dienhart seit mehreren Jahren zentrale Fragestellungen der Kreislaufwirtschaft, der Wasserstofftransformation sowie der Anpassung an den Klimawandel und adressiert damit wesentliche Herausforderungen des aktuellen Strukturwandels.

In diesem Kontext ist auch das Projekt „Bioökonomie-VVU“ angesiedelt, das vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) gefördert wird und Teil des Forschungsverbunds der Modellregion Bioökonomie im Rheinischen Revier ist. Unter der Projektkoordination von Wieland Freyer entstehen hier Whitepaper, die technologische Entwicklungen, wirtschaftliche Zusammenhänge und zentrale Handlungsfelder im Strukturwandel systematisch aufbereiten.

# VORWORT

In diesem Kontext ist auch das Projekt „Bioökonomie-VWU“ angesiedelt, das vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) gefördert wird und Teil des Forschungsverbunds der Modellregion Bioökonomie im Rheinischen Revier ist. Unter der Projektkoordination von Wieland Freyer entstehen hier Whitepaper, die technologische Entwicklungen, wirtschaftliche Zusammenhänge und zentrale Handlungsfelder im Strukturwandel systematisch aufbereiten.

Mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung und der Transformation zu einer Bioökonomie-region steht das Rheinische Revier vor einem grundlegenden Wandel. Das Projekt „Bioökonomie Verstehen. Verbinden. Unterstützen“ (Bioökonomie-VWU) begleitet diesen Veränderungsprozess als wissenschaftliche Begleitforschung. Im Zentrum des Projekts steht das Ziel, den Aufbau und die Entwicklung einer innovativen, nachhaltigen Bioökonomie in der Region umfassend zu unterstützen.

Dazu vernetzt Bioökonomie-VWU Akteurinnen und Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Durch die Förderung des Austauschs, den Wissenstransfer und die Entwicklung gemeinsamer Perspektiven schafft das Projekt die Voraussetzungen für gelingende Innovationsprozesse. Dabei werden nicht nur technologische und wirtschaftliche, sondern auch ökologische und soziale Aspekte innovativer bioökonomischer Ansätze berücksichtigt.

Durch Analysen, Dialogformate und die Entwicklung praxisnaher Handlungsempfehlungen trägt das Projekt dazu bei, die Potenziale des Rheinischen Reviers als Modellregion für nachhaltige Wertschöpfung auf Basis erneuerbarer Ressourcen sichtbar zu machen und zu erschließen. Ziel ist es, einen integrativen und partizipativen Transformationsprozess zu begleiten, der ökologische Verantwortung und gesellschaftlichen Fortschritt miteinander verbindet.

Im Rahmen dieser Studie bündeln wir unsere langjährige Expertise zum Thema Nachhaltigkeit und Ökologie mit vertieftem Wissen über das Rheinische Revier und seine spezifischen Herausforderungen im Projekt Bioökonomie-VWU. Dadurch möchten wir einen aktiven Beitrag zur gestaltenden Begleitung des Strukturwandels leisten und Impulse setzen, die ökologische, ökonomische sowie gesellschaftliche Belange nachhaltig miteinander verknüpfen. So entsteht eine fundierte Grundlage, um die Zukunftsfähigkeit des Rheinischen Reviers langfristig zu sichern.

Wir danken allen Mitwirkenden und Förderern für ihre Unterstützung.

# EINLEITUNG



Das Rheinische Revier, bestehend aus den Kreisen Düren, Heinsberg und Euskirchen, dem Rhein-Erft-Kreis, dem Rhein-Kreis Neuss sowie der Städteregion Aachen und der Stadt Mönchengladbach, befindet sich durch den Kohleausstieg im Strukturwandel. Es wird eine aktive Transformation zu einer Bioökonomieregion angestrebt, um die regionale Wirtschaft nachhaltig und zukunftsfähig aufzustellen (BMWK 2023, ZRR 2023). Bei der Ausgestaltung besteht für die Region eine offene Frage: Wie lässt sich Bioökonomie unter dem Anspruch ganzheitlicher Nachhaltigkeit gestalten?

Zwischen einzelnen grünen Technologien und ganzheitlicher Nachhaltigkeit offenbart sich durch die Bioökonomie ein Spannungsfeld. Bioökonomie benötigt Fläche, um den Ersatz fossiler Materialien durch biobasierte Materialien zu ermöglichen. Daher verschärfen sich potenziell Flächennutzungskonkurrenzen. Die Flächenproblematik wird global in drei Hauptbereiche unterteilt, die sich auch im Rheinischen Revier wiederfinden lassen: Ernährungssicherung, Biodiversitätserhalt und Klimaschutz (WBGU 2020, Leuchner et al. 2024). Das Rheinische Revier eignet sich besonders als Betrachtungsraum für dieses Spannungsfeld, da ein politisch gesteuerter Strukturwandel hin zur Bioökonomie stattfindet. Doch wie wirkt sich dieses Spannungsfeld konkret auf die Region aus? Diese Frage betrachten wir am Beispiel der Papierindustrie näher. Die Papierindustrie eignet sich als Fallbeispiel, weil sie regionale Nachhaltigkeitsaspekte mit globalen Landnutzungsfragen verbindet.

Im Zentrum der Nachhaltigkeitsbemühungen steht die Förderung bioökonomischer Initiativen zur Reduktion des Treibhausgasausstoßes mit dem expliziten Ziel, fossile Rohstoffe durch biobasierte zu ersetzen. Bio-

ökonomie ist Ziel regionaler (prognos 2020, nova Institut 2021), nationaler (BMBF 2022) und EU-weiter (EU 2018) politischer Bestrebungen und soll Ökonomie mit Ökologie verbinden. Bioökonomie definieren wir im Rahmen dieses Whitepapers wie folgt:

Im Zentrum der Bioökonomie steht die Entwicklung von biobasierten Technologien, Produkten und (sozialen) Prozessen, welche branchen- und industrieübergreifend anwendbar sind und damit die Grundlage eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bilden. Die Ziele der Bioökonomie umfassen den Ersatz fossiler Rohstoffe, durch biologische, in existierenden Produkten, Dienstleistungen und Prozessen, die Entwicklung von neuartigen biobasierten Lösungen sowie das Erreichen von ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit.

Lösungsstrategien umfassen den Einsatz von Reststoffen und Kaskadennutzung, also die mehrfache und hochwertige Verwendung von Biomasse vor der energetischen Verwertung. Dafür sind Innovationen sowie die Vernetzung von Akteuren der biomassebasierten Wertschöpfungsketten, einschließlich der LandwirtInnen, erforderlich. Ergänzend dazu ist die Flächennutzung zu betrachten – dann ist es möglich, Ernährungssicherung, Biodiversitätserhalt und Klimaschutz miteinander zu kombinieren. Dies kann beispielsweise durch Mehrfachnutzung der vorhandenen Flächen erfolgen, etwa in Form von Agri-Photovoltaik. Zuletzt sollten auch soziale Innovationen und die Nicht-Nutzung bestimmter Produkte beachtet werden.

## NACHHALTIGKEIT UND BIOÖKONOMIE IM REVIER



Besonders im Rheinischen Revier zeigen sich Konflikte zwischen der Nutzung der Landschaft durch Tagebau und intensive Landwirtschaft sowie der Biodiversität bzw. dem ökologischen Zustand. Transformationsprozesse werden als Chance betrachtet, um den Verlust ökologisch wertvoller Strukturen, wie Gehölze, Hecken, Wiesen oder Feldraine, umzukehren. Es wird betont, dass eine eindimensionale Fokussierung auf die Stärkung der Bioökonomie ohne ganzheitliche Berücksichtigung öko-

logischer Nachhaltigkeit den Nutzungskonflikt verschärfen könnte. Denn die Bioökonomie nimmt Flächen in Anspruch, die bereits intensiv genutzt werden. Die Bioökonomie im Rheinischen Revier soll daher ergänzend eingesetzt werden und bestenfalls den ökologischen Zustand von Flächen verbessern. Da die Fläche global begrenzt ist, darf Bioökonomie im Rheinischen Revier nicht anderswo zu Nahrungsmangel führen.

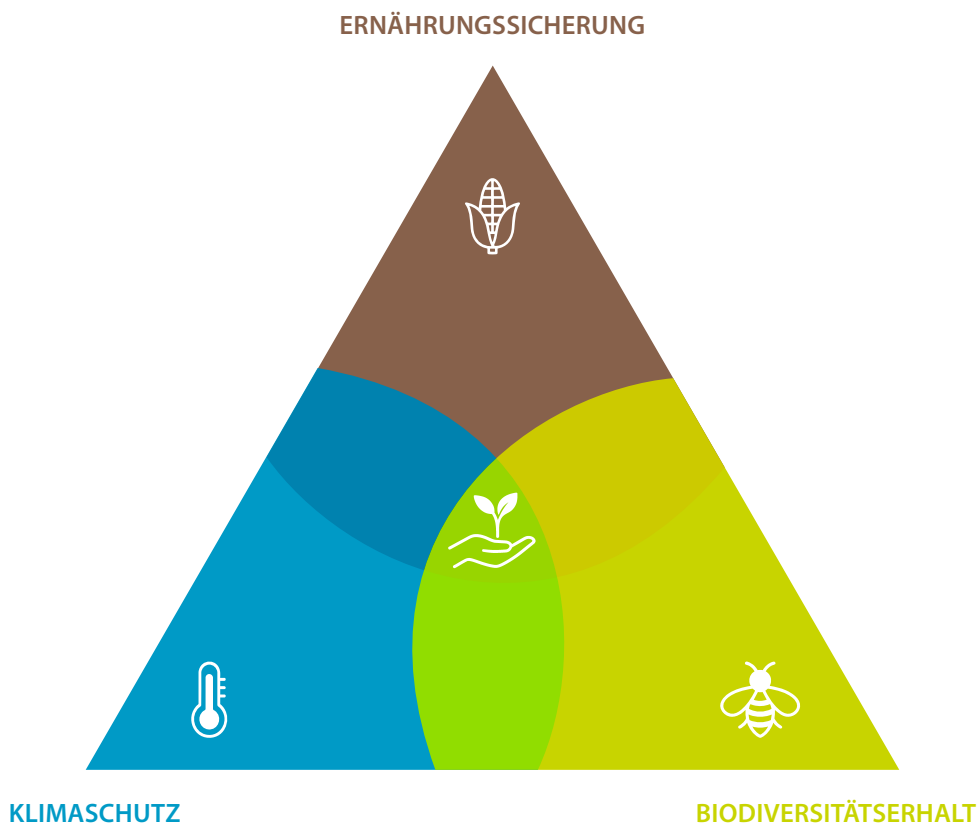


Abb. 1: Das Trilemma der Nachhaltigkeit in Bezug zur Landnutzung im Rheinischen Revier (eigene Abbildung basierend auf WBGU 2020).

# AUF DEM WEG ZUR TRANSPARENZ: BIOÖKONOMIE-MONITORING FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Die Bioökonomie kann unter Berücksichtigung ganzheitlicher Nachhaltigkeit also einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, die beschriebenen Herausforderungen zu adressieren. Wesentliche Strategien sind dabei die Nutzung von Reststoffen und die Kaskadennutzung von Biomasse. Zur Biomasse zählen Ressourcen aus der Landwirtschaft und dem Gartenbau genauso wie aus der Forstwirtschaft, der Fischerei und aus Siedlungsabfällen. Ein Bioökonomie-Monitoring muss außerdem den Zustand der Biosphäre als Ressourcenbasis, die nachhaltige Bewertung der Ressourcengewinnung und Ressourcenströme auf Mikro- und Makroebene umfassen (BMBF 2020). Ein umfassendes Verständnis der Bioökonomie fördert auch die Weiterentwicklung einer Circular Economy. Die in der nationalen Bioökonomiestrategie (BMBF 2020) festgelegten Ziele sehen eine Bioökonomie innerhalb ökologischer Grenzen sowie eine nachhaltige Ausrichtung der Ressourcenbasis der Wirtschaft vor. Zusätzlich sollten Ernährungssicherung, Klimaschutz und Biodiversitätsschutz berücksichtigt werden. Nachfolgend werden wichtige Anhaltspunkte für eine Bioökonomie in planetaren (und bestenfalls regionalen) Leitplanken genannt, die auch für das Rheinischen Revier von Bedeutung sind:

- Die **Nutzung von Reststoffen** aus Land- und Forstwirtschaft und (industrieller) Produktion sowie von Abfall, der anderenfalls verbrannt oder zu Humus verarbeitet würde, stellt einen Effizienzgewinn dar. Die Folgen für Ernährungssicherung und Biodiversitätserhalt sind als eher gering einzuschätzen. Der Humusaufbau, insbesondere in der Landwirtschaft, erfüllt auch eine wichtige Ökosystemfunktion für das Bodenökosystem und die Bodenbiodiversität.
- Die **Kaskadennutzung** von Rohstoffen und Materialien sowie der Cradle-to-Cradle (C2C)-Ansatz würden den Gesamtbedarf an neuen biobasierten Rohstoffen und damit die Nachfrage nach Fläche senken. So könnte ein Baumstamm erst in einem Holzhaus und später als Möbelstück genutzt werden, bevor er mehrfach recycelt, zu Sperrholz verarbeitet und abschließend energetisch verwertet wird. Zudem ergeben sich so neue Absatzmöglichkeiten für die Land- und Forstwirtschaft, was die Resilienz dieser Wirtschaftsbereiche erhöht.

## KASKADENNUTZUNG UND CRADLE-TO-CRADLE

Kaskadennutzung bezieht sich auf die fortlaufende und effiziente Verwendung von Rohstoffen in verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus. Dieser Ansatz zielt darauf ab, einen Rohstoff durch verschiedene Verwertungsstufen zu führen, bevor er am Ende seines Lebenszyklus energetisch genutzt oder entsorgt wird. Durch Wiederverwendung und Recycling in mehreren Schritten lässt sich so der Gesamtbedarf an neuen Rohstoffen reduzieren und der Flächenverbrauch verringern.

C2C ist ein Designkonzept. Es basiert auf der Idee, dass Produkte so gestaltet werden sollten, dass Materialien nach ihrer Lebensdauer erneut in biologischen oder technischen Kreisläufen eingesetzt werden können. Anders als bei einem linearen Modell, bei dem Produkte am Ende ihres Lebenszyklus entsorgt werden, wird durch C2C eine geschlossene und damit nachhaltige Schleife angestrebt. Es betont die Nutzung von sicheren und gesunden Materialien sowie die Förderung von positiven Umweltauswirkungen während des gesamten Lebenszyklus eines Produkts.

- Die **Umnutzung von Flächen**, die zuvor der Nahrungsmittelproduktion oder dem Biodiversitätserhalt (zum Beispiel durch Vegetationsstreifen) gedient haben, sollte in allen drei Bereichen (Ernährungssicherung, Bioökonomie und Biodiversitätserhalt) zu einer Verbesserung oder zumindest gleichbleibenden Situation führen. Es sollte in keinem der Bereiche zu einer Verschlechterung durch die Umnutzung kommen (Mehrgewinn-Strategie; WBGU 2020). So kann beispielsweise die Umstellung von konventioneller Landwirtschaft auf ökologische Agroforstsysteme die Biodiversität deutlich verbessern.
- Darüber hinaus sollte auch die **Nicht-Nutzung** beziehungsweise die reduzierte Nutzung von Produkten, zum Beispiel Pflanzenschutzmitteln, bedacht werden. Neue Agrartechnologien, etwa eine automatische Pflanzenerkennung durch machine learning, zielgenaue Luftbildauswertung im Rahmen von precision farming, können den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren (Shaikh et al. 2022). Soziale Innovationen können ebenfalls zur Nicht-Nutzung oder reduzierten Nutzung von Ressourcen beitragen, etwa Repair-Cafés, in denen Produkte, das entsprechende Design vorausgesetzt, repariert werden.

## SOZIALE INNOVATIONEN

Soziale Innovationen sind neue und kreative Ansätze, die gesellschaftliche Veränderungen fördern und nachhaltige Praktiken unterstützen, etwa gemeinschaftlich betriebene Biogasanlagen. Im Kern geht es darum, innovative Lösungen für gesellschaftliche Probleme zu entwickeln, um ökologische, soziale und ökonomische Bedingungen zu verbessern und das Wohlergehen von Menschen zu fördern. Soziale Innovationen können somit einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten, indem sie traditionelle Produkte und Verhaltensweisen durch umweltfreundlichere Alternativen ersetzen.

## GANZHEITLICHE BETRACHTUNG VON NUTZUNGSKONKURRENZEN

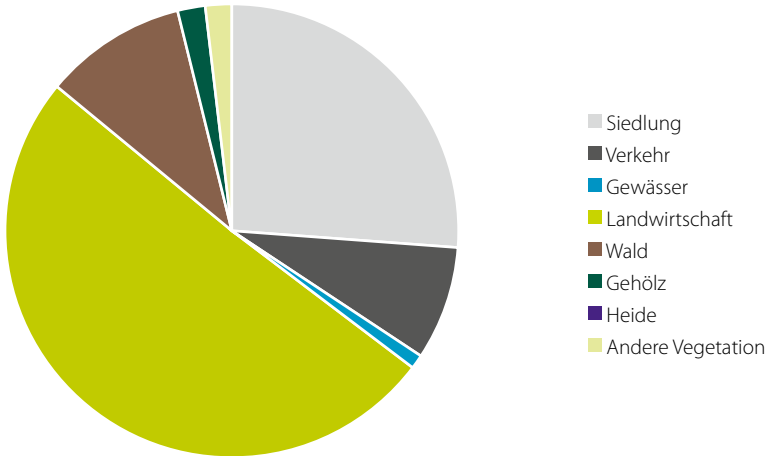


Abb. 2: Flächennutzung im Kernrevier (2022; eigene Abbildung nach Open.NRW 2023)

Im Rheinischen Revier stellt sich die **Flächennutzungskonkurrenz** zwischen den drei Dimensionen Ernährungssicherheit, Biodiversitätserhalt und Klimaschutz wie folgt dar: Die Landnutzung ist von einer intensiven, konventionellen Landwirtschaft geprägt. Die Folgen dieser Nutzung werden vor allem durch landschaftlich ausgeräumte, artenarme Bördelandschaften sichtbar. Der Verlust von ökologisch wertvollen Landschaftsstrukturen wie Gehölzen, Hecken, Feldrainen und extensiv genutzten Wiesen in den vergangenen Jahrzehnten hat das Arteninventar des Rheinischen Reviers enorm reduziert. Von den etwa 50 % der im Niederrheinischen Tiefland und der Niederrheinischen Bucht ausgestorbenen, verschollenen oder gefährdeten Brutvogelarten gelten

beispielsweise die Arten des Offenlandes, wie Ackerland oder Grünland, als besonders betroffen (Sudmann et al. 2023). Ursache hierfür ist die intensive Bewirtschaftung, die beispielsweise zu einer Verschlechterung des Nahrungsangebots sowie zu einem Mangel an Brachflächen und vielfältigen Grünstrukturen führt (BMUV 2023). Andere Tiergruppen in Nordrhein-Westfalen sind ebenfalls stark gefährdet, so gelten etwa 52 % der Wildbienen und Wespen sowie 55 % der Schmetterlingsarten als gefährdet, stark gefährdet, vom Aussterben bedroht oder als ausgestorben / verschollen (MLV-NRW 2021). Ähnliche Entwicklungen werden für die Flora beobachtet. Allein im Niederrheinischen Tiefland gelten 470 Farn- und Blütenpflanzen als ausgestorben, vom Aussterben bedroht,

stark gefährdet oder gefährdet (Verbücheln et al. 2021). Neben einem Mangel an Grünstrukturen belastet zusätzlich der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln die Agrarökosysteme (Silva et al. 2019, Benner et al. 2023). Die in den kommenden Jahren notwendigen Transformationsprozesse können als Chance genutzt werden, um diesen negativen Trend

umzukehren. Eine strategisch eindimensionale Fokussierung auf eine Stärkung der Bioökonomie ohne Berücksichtigung ökologisch nachhaltiger Entwicklungen würde den oben beschriebenen Nutzungskonflikt nur weiter verstärken.

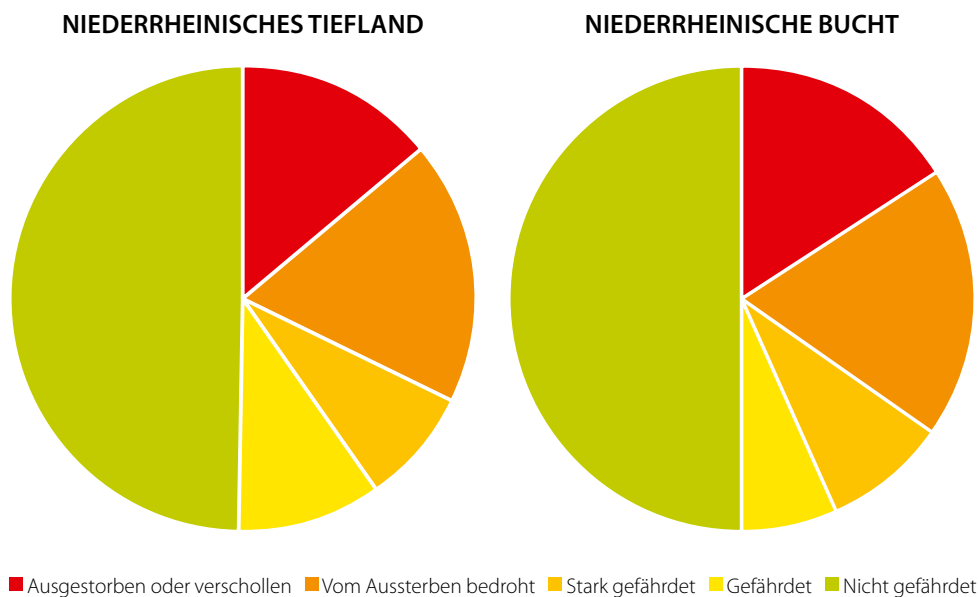


Abb. 3: Anteil der Rote-Liste Gefährdungskategorien für Brutvogelarten im Niederrheinischen Tiefland und in der Niederrheinischen Bucht (eigene Abbildung nach Roter Liste der gefährdeten Brutvogelarten; Sudmann et al. 2023).

Nachhaltigkeit ist ganzheitlich zu betrachten. Die Fokussierung auf einen Raumausschnitt, das Rheinische Revier, darf nicht dazu führen, dass die Einbettung der Region in globale Zusammenhänge außen vorge lassen wird (**räumliche Ganzheitlichkeit**). Ebenso dürfen kurzfristige Effekte nicht abgegrenzt von ihren langfristigen Konsequenzen betrachtet werden (**zeitliche Ganzheitlichkeit**). Schlussendlich muss der Aspekt

der Nachhaltigkeit auch multi- beziehungsweise interdisziplinär aus Perspektiven der sozialen, ökonomischen und ökologischen Dimension entwickelt werden (**disziplinäre Ganzheitlichkeit**) – denn Nachhaltigkeit und Flächennutzung stehen in Bezug zueinander. Ein Beispiel dafür ist die Produktion und Nutzung von Biokraftstoffen beziehungsweise die Tank-Teller-Debatte (Dietz et al. 2016, Persson 2016).



Abb. 4: Ganzheitliche Betrachtungsweise von Nachhaltigkeit

Ernährungssicherung, Biodiversitätserhalt und Klimaschutz auch durch Bioökonomie benötigten Flächen (WBGU 2020). Diese sind global begrenzt. Biokunststoff- oder Zelluloseverpackungen statt solcher auf Kunststoff- und damit auf Erdölbasis sind grundsätzlich wünschenswert, da sie die Abhängigkeit von Erdöl reduzieren und bestenfalls keine zusätzlichen Treibhausgase freigesetzt werden. Allerdings steigt der Flächenbedarf, was Flächennutzungskonkurrenzen sowohl in einer Region als auch global verschärft. Der sparsame und nachhaltige Umgang mit Ressourcen und Fläche sind daher geboten. Bestenfalls werden auf derselben Fläche Ernährung, Biodiversität und Klimaschutz vereint und so ein **Mehrgewinn** geschaffen, der im Revier zukunftssichere Arbeitsplätze und eine artenreichere Landschaft schafft. Die Bioökonomie wird politisch gefördert, weil sie das Potenzial hat, Wirtschaft nachhaltig zu gestalten, auch im Hinblick auf die hier aufgezeigten Problemlagen. Konkret bedeutet dies, dass Reststoffe aus der Land-

wirtschaft oder Lebensmittelproduktion durch innovative Ansätze für hochwertige Produkte genutzt werden können und fossile Rohstoffe ersetzen. Zudem könnten zusätzliche Zwischennutzungen integriert werden, die keinen oder nur einen marginalen Einfluss auf die weitere Ressourcenverwertung haben und somit eine optimierte Ressourcenausnutzung ermöglichen, ähnlich wie bei Herrmann et al. (2023). Damit würde die Wertschöpfung für LandwirtInnen steigen, ohne dass zusätzliche Flächen in Anspruch genommen werden.

Flächennutzungskonkurrenz wird auch von den BürgerInnen des Rheinischen Reviers als Herausforderung beschrieben. Eine BürgerInnenversammlung forderte daher eine nachhaltige und ausgewogene Flächennutzung, klimaneutrale und ökologisch wertvolle Landwirtschaft, Naturschutz, aber auch eine Priorisierung der Landwirtschaft vor anderen Nutzungsarten aufgrund der hochwertigen Böden (BioökonomieREVIER 2021).

# GRENZEN SETZEN FÜR EINE NACHHALTIGE ZUKUNFT

Die Flächenproblematik ist bereits innerhalb des Rheinischen Reviers erkannt worden (ZRR 2023). Land und Region erkennen an, dass ein nachhaltiger Flächenkonsens als Grundlage für einen erfolgreichen Strukturwandel mit den verschiedenen Akteursgruppen gefunden werden muss. Dies dient dem Ausgleich der unterschiedlichen Flächennutzungsansprüche durch Landwirtschaft, Wohnen, Gewerbe, Industrie, erneuerbare Energien und Verkehr sowie Freizeit und Erholung, außerdem dem Erhalt der Ressource Boden und dem Erhalt von Freiräumen und Biodiversität. Die bestehenden Verpflichtungen zur Rückgabe hochwertig rekultivierter landwirtschaftlicher Flächen werden dabei gewahrt.

Wie kann also bei lokaler und globaler Flächenkonkurrenz beziehungsweise -begrenztheit sichergestellt werden, dass Produktionsver-

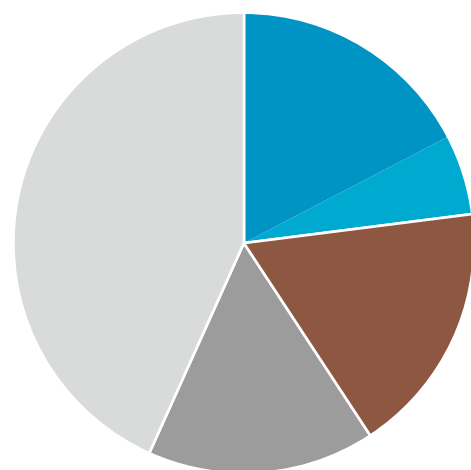
fahren der Bioökonomie den Biodiversitätsrückgang im Rheinischen Revier nicht weiter beschleunigen? Ein Lösungsansatz wäre, durch Bioökonomie die biologische Vielfalt zu fördern, zum Beispiel durch den Anbau unterschiedlicher Ackerkulturen auf derselben Fläche oder die Integration von mehrjährigen Vegetationsstreifen. Bioökonomische Ansätze sollten bestenfalls ökologische Mindeststandards direkt mitdenken. Eine Diversifizierung der Landbewirtschaftung wird ebenfalls vom Bioökonomierat gefordert (Bioökonomierat 2023). Das Rheinische Revier bietet vor diesem Hintergrund gute Rahmenbedingungen, um zu zeigen, wie die Bioökonomie einen entscheidenden Beitrag zu einer ganzheitlichen Nachhaltigkeit leisten kann. Hierfür wird im Folgenden exemplarisch die Papierindustrie betrachtet.



**FALLBEISPIEL  
PAPIERINDUSTRIE**



Die Papierindustrie eignet sich als Fallbeispiel für Nachhaltigkeit in der Bioökonomie, weil sie globale Rohstoff- und Landnutzungsfragen mit regionalen Herausforderungen verbindet. Sie erlaubt damit eine ganzheitliche Betrachtung von Nachhaltigkeitsaspekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Innovation spielt in der Papierindustrie eine zentrale Rolle. Die Entwicklung neuer Technologien und Produktionsprozesse kann dazu beitragen, die Effizienz zu steigern und umweltfreundlichere Produkte herzustellen, etwa durch faserschonende, recyclingfreundliche und wasser- und ressourcenschonende Verfahren.



■ Nordrhein-Westfalen ■ Rheinisches Revier  
■ Baden-Württemberg ■ Bayern  
■ Andere Bundesländer

Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Betriebe zur Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus für das Jahr 2023 (eigene Abbildung nach Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2025)).

Grundsätzlich ist innerhalb der Papierindustrie zwischen der Zellstoffproduktion und der Papierproduktion zu unterscheiden. Während die Zellstoffherstellung die Aufbereitung von Holz zu Fasern umfasst, werden in der Papierproduktion diese Fasern zu unterschiedlichen Papierprodukten verarbeitet. Im Rheinischen Revier liegt der Schwerpunkt auf der Papierproduktion, während die Herstellung von Primärzellstoff überwiegend global stattfindet. Eine getrennte Betrachtung ist notwendig, da die beiden Bereiche unterschiedliche Ressourcennutzungen und ökologische Herausforderungen aufweisen.

Etwa 23 % aller Betriebe in Deutschland, die Papier, Pappe und andere Waren daraus herstellen, befinden sich in Nordrhein-Westfalen, und etwa ein Drittel dieser Betriebe liegt im Rheinischen Revier (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2025). Damit ist das Rheinische Revier eine relevante Region für die Papierindustrie in Nordrhein-Westfalen. Obwohl die Papierindustrie im Rheinischen Revier keine nennenswerten regionalen Flächen beansprucht, ist sie über ihre globalen Rohstoffströme dennoch mit Fragen der Landnutzung, Biodiversität und Flächenkonkurrenz verbunden. Gleichzeitig ergibt sich in der regionalen Papierproduktion der unmittelbare Zusammenhang zwischen Bioökonomie und Nachhaltigkeit insbesondere über energieintensive Prozesse, Recycling und Ressourceneffizienz.

In diesem Kapitel soll zunächst ein allgemeiner Überblick über den Status quo und aktuelle Entwicklungen in der Papierindustrie gegeben werden, bevor konkret auf branchenspezifische Faktoren für nachhaltiges Wirtschaften eingegangen wird. Abschließend wird ein regionaler Akteur vorgestellt, der im Kontext des Strukturwandels Impulse für eine nachhaltige Weiterentwicklung der papierbasierten Wertschöpfung setzt.

# STATUS QUO DER PAPIERINDUSTRIE UND AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

Die Papier- und Zellstoffindustrie steht im Spannungsfeld zwischen weltweit konstant hoher Nachfrage, begrenzten natürlichen Ressourcen und steigenden Nachhaltigkeitsanforderungen. Sie stellt einen bedeutenden Sektor der Bioökonomie dar, da sie biogene Rohstoffe in industriellen Maßstab verarbeitet und bereits heute stark auf geschlossene Stoffkreisläufe ausgerichtet ist. Zugleich zählt sie zu den energieintensiven Branchen und steht daher vor der Herausforderung, Effizienzsteigerungen und Dekarbonisierung mit wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit zu verbinden. Im Folgenden werden die beiden Teilbereiche der Papierindustrie separat betrachtet, um die spezifischen Herausforderungen und aktuellen Entwicklungen präzise zu erfassen.

## FASERSTOFFVERSORGUNG

Die für die Papierproduktion notwendigen Faserstoffe stammen im Wesentlichen aus zwei Quellen: Primärfasern auf Holzbasis und Sekundärfasern aus Altpapier. Die Herstellung von Primärzellstoff erfolgt überwiegend außerhalb Deutschlands. Hauptlieferländer sind unter anderem Brasilien, Schweden und Finnland (Die Papierindustrie e.V. 2025). Der Zellstoff wird dort vorwiegend aus Holz gewonnen. Entscheidend für die ökologische Bewertung ist dabei die Herkunft des Holzes und die Art der Bewirtschaftung.

In Deutschland hat sich der Einsatz von Sekundärfasern in den letzten Jahrzehnten stark etabliert, wodurch Altpapier heute den Hauptanteil der Faserstoffversorgung stellt. Die Altpapiereinsatzquote lag im Jahr 2024 bei 84 %, womit Deutschland im internationalen Vergleich eine der höchsten Recyclingquoten aufweist (Die Papierindustrie e.V. 2025). Altpapier ist damit die wichtigste Rohstoffquelle, auch wenn im Recyclingprozess frische Fasern mit geeigneter Länge hinzugefügt werden müssen. Nichtsdestotrotz sind Herstellung und Recycling mit hohem Wassereinsatz verbunden.

## PAPIERPRODUKTION

Die Papierproduktion bildet die Kernaktivität der Papierindustrie in Deutschland und im Rheinischen Revier und beinhaltet die Weiterverarbeitung bereits vorhandener Fasern, insbesondere aus Altpapier, zu Endprodukten. Aus technischer Sicht ist die Papierproduktion ein hochkontinuierlicher Prozess. Die Herstellung umfasst die Aufbereitung der Fasern, die Blattbildung sowie eine energieintensive Trocknungsphase, die den größten Anteil am Gesamtenergiebedarf ausmacht. Die Endprodukte lassen sich in grafische Papiere, Hygienepapiere, Spezialpapiere und Verpackungen unterscheiden. Während die Produktion grafischer Papiere seit Jahren rückläufig ist, verzeichnen Verpackungspapiere und Spezialpapiere weiterhin Wachstum, insbesondere durch den

steigenden Bedarf an Substitutionsmaterialien für fossile Kunststoffe (Die Papierindustrie e.V. 2025).

Im Rheinischen Revier ist die Papierindustrie durch eine hohe Dichte mittelständischer Herstellern geprägt. Gleichzeitig sind internationale Konzerne und spezialisierte Marktführer vertreten. Insbesondere der Raum Düren/Euskirchen gilt als einer der traditionsreichsten und bedeutendsten Zentren der Papierindustrie in Deutschland. Ergänzt wird die industrielle Basis durch Forschungseinrichtungen, die

an neuen Produktionsverfahren, Recyclingtechnologien und alternativen Faserstoffen arbeiten. Insgesamt zeigt sich die Papierproduktion als etablierte Industrie mit hoher technologischer Reife und gleichzeitig großem Innovationspotenzial. Effizienzsteigerungen in der Papierproduktion, verbesserte Kreislaufführung insbesondere bei Fasern und Prozesswasser sowie die Entwicklung alternativer Faserstoffe gelten als zentrale Ansatzpunkte zur Reduktion klimatischer und ökologischer Belastungen.



# FAKTOREN FÜR NACHHALTIGKEIT IN DER PAPIERINDUSTRIE

Für die Bewertung der Nachhaltigkeit der Papierindustrie sind mehrere Faktoren relevant, die entlang der gesamten Wertschöpfungskette wirken. Dazu gehören vor allem der Ressourcenverbrauch, der Energieeinsatz sowie die Flächen- und Rohstoffnutzung, die sich insbesondere aus der globalen Primärfaserstoffproduktion ergibt.

Die Papierherstellung verbraucht Ressourcen, insbesondere Pflanzenfasern und Wasser, letzteres sowohl für den Aufschluss der Fasern als auch für verschiedene Reinigungs- und Spülprozesse (Bajpai 2018). Die Papierindustrie in Deutschland nutzt Altpapier mit einer Einsatzquote von 84 % bereits sehr effizient als Faserstoff (Die Papierindustrie e.V. 2025). Im internationalen Vergleich, aber auch im Vergleich mit anderen Branchen nimmt die Papierindustrie mit dieser Recyclingquote eine Vorreiterrolle ein. Die Verwendung von Sekundärfasern reduziert den Bedarf an Primärfaserstoffen deutlich, allerdings lässt sich Papier nicht unbegrenzt oft recyceln, da Fasern sich durch mechanische Belastung verkürzen. Daher bleibt der Einsatz von Frischfasern notwendig.

Die Beschaffung dieser Primärfasern ist ökologisch besonders relevant, da die Stabilität und Produktivität holzliefernder Ökosysteme durch den Klimawandel und seine Auswirkungen bereits erheblich un-

ter Druck geraten sind. Die Wahl der Zellstoffquelle spielt daher eine wesentliche Rolle für die ökologische Verträglichkeit. Holz aus gesunden und nachhaltig bewirtschafteten Wäldern mit teilweiser Flächenstilllegung und Totholz kann dazu beitragen, Biodiversität zu erhalten. Darüber hinaus können auch alternative Zellstoffquellen für die Papierproduktion genutzt werden, um die Belastung der Waldökosysteme langfristig zu reduzieren. Dazu eignen sich Pflanzen, wie *Silphium perfoliatum* oder *Sida hermaphrodita*, sowie Wiesenheu mit heimischen Pflanzen (Höller et al. 2021). Diese alternativen Zellstoffquellen erlauben zudem einen Anbau auf marginalen Flächen, der gerade mit Fokus auf die Ernährungssicherung relevant ist (Meehan et al. 2017, Boe et al. 2019, Höller et al. 2021). Die Nutzung von beispielsweise Wiesenheu bietet darüber hinaus das Potenzial, bei extensiver Bewirtschaftung einen zusätzlichen Beitrag zur Förderung der Biodiversität zu leisten (Gossner et al. 2016). Neben einer hohen Recyclingquote und dem Einsatz alternativer Ressourcen kann auch die Nutzung von Reststoffen sowie die Zwischennutzung vorhandener Ressourcenströme dazu beitragen, den Druck auf Waldökosysteme insgesamt zu mindern.



Abb. 6: Nutzungskonflikte im Ökosystem Wald (eigene Abbildung)

Die Papierherstellung ist ein energieintensiver Prozess. Dieser Energiebedarf entsteht hauptsächlich durch den Betrieb von Maschinen, die zur Zerkleinerung des Holzes, zur Aufbereitung der Fasern, zur Trocknung des Papiers und zur Durchführung verschiedener chemischer Prozesse verwendet werden (Bajpai 2018). Pro Tonne Büropapier werden über 11 m<sup>3</sup> Wasser (bei Primärfaser sogar 56 m<sup>3</sup>) und damit 15 Gigajoule (bei Primärfaser sind es 25 Gigajoule) benötigt (UBA 2022). In den letzten

zwei Jahren ist der Energieeinsatz in der Papierindustrie um 6,6 % gesunken (Die Papierindustrie e.V. 2025), ist jedoch nach wie vor hoch. Aus Klimaschutzperspektive zählen die Senkung des absoluten Energiebedarfs sowie die Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energie zu den zentralen Hebeln der Emissionsminderung. Weitere Effizienzgewinne ergeben sich vor allem durch Prozessinnovationen in den Bereichen Rohstoffaufbereitung, Entwässerung oder Trocknung (Modellfabrik Papier 2025).

Neben der Energieversorgung tragen weitere Maßnahmen indirekt zu einer ganzheitlichen Nachhaltigkeit bei, wie Kaskadennutzung, nachhaltige Waldwirtschaft und schonender Umgang mit Ressourcen. Darüber hinaus speichert auch Papier CO<sub>2</sub>, eine langfristige Bindung von Papier etwa durch Zellulosedämmung in der Bauwirtschaft entzieht somit CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre. Der Flächenverbrauch kann durch effizientere Nutzung und verbesserte Recyclingmöglichkeiten reduziert werden. Das betrifft nicht nur Zellulose, sondern auch den Einsatz von Chemikalien, Wasser und den Energiebedarf. Zusammenfassend spiegeln sich viele der in Kapitel 2 beschriebenen Nachhaltigkeitsherausforderungen in der Papierindustrie wider, wenn auch nicht ausschließlich im Rheinischen Revier, sondern entlang einer global-regionalen Wertschöpfungskette.

# DAS FASERINNOVATIONSZENTRUM ZERKALL E.V. (FIZZ E.V.) ALS REGIONALER INNOVATIONSAKTEUR IM KONTEXT VON BIOÖKONOMIE UND PAPIER-INDUSTRIE

Vor dem Hintergrund des Strukturwandels im Rheinischen Revier haben sich vielfältige Akteure etabliert, die die Transformation zu einer nachhaltigen Bioökonomie aktiv mitgestalten. Exemplarisch stellt sich im Folgenden das FaserInnovationsZentrum Zerkall e.V. (FIZZ e.V.) vor, das über die Papierproduktion hinaus innovative Wege in der stofflichen Nutzung biogener Ressourcen aufzeigt.

Das FaserInnovationsZentrum Zerkall e.V. (FIZZ e.V.) ist ein eingetragener Verein, der als Schnittstelle zwischen Forschung, Industrie, Landwirtschaft und Politik agiert. Ziel des Vereins ist es, innovative und nachhaltige Lösungen auf Basis von Fasern und biogenen Rohstoffen zu entwickeln und deren Überführung in industrielle Anwendungen aktiv zu unterstützen.

Im Kern versteht sich FIZZ e.V. als Plattform für den strukturierten Austausch von Wissen, Technologien und Akteuren entlang der gesamten Wertschöpfungskette biobasierter Materialien. Dabei stehen alternative, regenerativ erzeugte Fasern aus Pflanzen, landwirtschaftlichen Reststoffen oder sekundären Materialströmen im Fokus. Diese werden nicht isoliert betrachtet, sondern im Zusammenspiel mit ökologischen, ökonomischen und regionalen Rahmenbedingungen analysiert und weiterentwickelt.

Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeit von FIZZ e.V. liegt im Kontext des Strukturwandels im Rheinischen Revier. In einer Region,

die durch den Ausstieg aus der Braunkohle vor tiefgreifenden wirtschaftlichen und ökologischen Veränderungen steht, fungiert FIZZ als Innovationsmotor für neue stoffbasierte Wertschöpfungssysteme. Der Verein unterstützt hier den Aufbau regionaler Bioökonomie-Ansätze, die ökologische Landwirtschaft, industrielle Nutzung und Biodiversität miteinander verbinden.

Zu den zentralen Aufgaben zählen die Initiierung und Begleitung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten, der Aufbau von Wissens- und Datenplattformen zu Fasersystemen sowie die Unterstützung von Unternehmen und Start-ups bei der Entwicklung nachhaltiger Geschäftsmodelle. Darüber hinaus übernimmt FIZZ e.V. eine wichtige Rolle als Netzwerk- und Dialogplattform, indem relevante Stakeholder aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft zusammengebracht werden.

Im Kontext des vorliegenden Whitepapers bietet FIZZ e.V. somit einen institutionellen Rahmen, um die identifizierten Potenziale alternativer Rohstoffe, ökologischer Landwirtschaft und neuer Stoffstromkonzepte weiter zu konkretisieren, zu erproben und in die Umsetzung zu bringen. Die Verbindung von wissenschaftlicher Analyse, praktischer Anwendung und regionaler Vernetzung macht den Verein zu einem zentralen Akteur für eine glaubwürdige und wirksame Bioökonomie-Transformation im Rheinischen Revier.



## ERKENNTNISSE & ZUSAMMENFASSUNG



Der Strukturwandel im Rheinischen Revier bietet die Chance, eine Modellregion für nachhaltige Bioökonomie zu etablieren. Um dem bestehenden Flächendruck zu begegnen, sind Mehrgewinnstrategien essenziell, die ökologische Ziele mit industrieller Wertschöpfung verbinden. Für eine zukunfts-fähige Papierwirtschaft zeigt sich, dass Ressourceneffizienz und zirkuläres Wirtschaften zentrale Hebel sind. Die **Kaskadennutzung** von Holz und Papier spielt dabei eine Schlüsselrolle: Ressourcen sollten so lange wie möglich im Kreislauf gehalten werden, wobei der Einsatz als kurzlebige Verpackung erst am Ende der Kette stehen sollten. Alternativen wie Mehrweg-Verpackungen oder Verzicht auf Verpackungen sollten ebenfalls in Betracht gezogen werden, da eine globale Substitution von Kunststoff- auf Papierverpackungen den Flächenbedarf stark erhöhen würde. Es wird empfohlen, den Einsatz von Papierverpackungen auf Bereiche zu konzentrieren, in denen sie funktional erforderlich sind. Ein besonderes Potenzial liegt in der **Nutzung regionaler Reststoffe**. Indem diese Stoffströme dort genutzt werden, wo sie keiner höherwertigen Verwendung mehr zugeführt werden können, wird der Druck auf Primärressourcen effektiv gemindert. Dies stärkt die regionale Wertschöpfung und macht die Papierindustrie unabhängiger von globalen Rohstoffmärkten.

Die Verwendung großer Flächen für konventionell angebaute Nutzpflanzen und die Nutzung in verhältnismäßig ineffizienten

Anwendungen wie insbesondere der Energiegewinnung ist kritisch zu hinterfragen, wenn dadurch Ernährungssicherung oder Biodiversitätserhalt gefährdet werden. Unter der Bedingung, dass sich etwa durch veränderte Anbaumethoden die Biodiversität erhöht und/oder Pflanzengemeinschaften angebaut werden, die Ernährung und Energie vereinen, wäre aber auch dies möglich. Insbesondere sind Rest- und Abfallstoffe zu nutzen und als Grundlage für die Bioökonomie eine ökologisch wertvolle, mehrgewinn-schaffende Landwirtschaft zu etablieren. Bei bioökonomischen Ansätzen und Maßnahmen sollten bestenfalls **ökologische und klimatische Mindeststandards** direkt mitgedacht werden.

Weitere relevante Aspekte sind die Reduktion des Ressourcenverbrauchs im Rheinischen Revier, die Steigerung der Ressourcenproduktivität und der Erhalt von Arbeitsplätzen, was als Ressourcenwende zusammengefasst werden kann. Angesichts der politischen Bemühungen, Bioökonomie im Rheinischen Revier zu stärken, ist insbesondere die **Vernetzung** zwischen Branchen zu fördern, etwa durch Netzwerkveranstaltungen, digitale Plattformen oder Bildungsangebote. Zudem kann eine langfristig angelegte Unterstützung von Projekten dabei helfen, den naturgemäß längeren Entwicklungsphasen bioökonomischer Innovationen mit stabilen Rahmenbedingungen gerecht zu werden.

## LITERATUR

- Bajpai, P. (2018): Biermann's Handbook of Pulp and Paper – Raw Material and Pulp Making. Amsterdam: Elsevier.
- Benner, L.; Coder, L.; Reiter, A.; Roß-Nickoll, M.; Schäffer, A. (2023): Bumblebees under pollution pressure of pesticides in urban and agrarian landscapes. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 9 (100216), 1–6.
- Bioökonomierat (2023): Bioökonomie nachhaltig umsetzen! – Erste Handlungsempfehlungen des Bioökonomierats zur Umsetzung der Nationalen Bioökonomiestrategie – Kurzfassung. Berlin: Bioökonomierat.
- BioökonomieREVIER (2021): Bürgerversammlung Bioökonomie – Empfehlungen für Bioökonomie und nachhaltige Flächennutzung im Rheinischen Revier. Bochum: Centrum für Umweltmanagement, Ressourcen und Energie (CURE).
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020) Nationale Bioökonomiestrategie – Kabinettsversion, 15.01.2020. Berlin: BMBF.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung/BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022) Bioökonomie in Deutschland – Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. Berlin: BMBF, BMEL.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023) Indikatorenbericht 2023 der Bundesregierung zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. <[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/nbs\\_indikatorenbericht\\_2023\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nbs_indikatorenbericht_2023_bf.pdf)> abgerufen am 03.09.2024.
- BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023) Kohleausstieg und Strukturwandel. <<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/kohleausstieg-und-strukturwandel.html>> abgerufen am 13.09.2023.
- Boe, A.; Albrecht, K.A.; Johnson, P.J.; Wu, J. (2019) Biomass production of monocultures and mixtures of cup plant and native grasses on prime and marginal cropland. *AJPS* 10 (06), 911–924. <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.106066>.
- Die Papierindustrie e.V. (2025): Leistungsbericht PAPIER 2025. [https://www.papierindustrie.de/fileadmin/0002-PAPIERINDUSTRIE/07\\_Dateien/XX-LB/PAPIER\\_2025Leistungsbericht\\_digital.pdf](https://www.papierindustrie.de/fileadmin/0002-PAPIERINDUSTRIE/07_Dateien/XX-LB/PAPIER_2025Leistungsbericht_digital.pdf)
- Dietz, K.; Engels, B.; Pye, O. (2016) Sozialräumliche Dynamiken der Agrartreibstoffe: Transnationale Netzwerke, skalare Rekonfigurationen, umkämpfte Orte und Territorien. *PROKLA. Zeitschrift für kritische Sozialwissenschaft* 46 (184), 423–440.
- EU – Europäische Kommission (2018) Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss

der Regionen – Eine nachhaltige Bioökonomie für Europa – Stärkung der Verbindungen zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt – COM(2018) 673 final. Brüssel: EU-Kommission.

- Gossner, M.; Lewinsohn, T.; Kahl, T. et al. (2016) Landuse intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature* 540, 266–269. <https://doi.org/10.1038/nature20575>
- Herrmann, K.; Fees, J.; Christ, J.; Hofmann, I.; Block, C.; Herzberg, D.; Bröring, S.; Reckels, B.; Visscher, C.; Blank, L.; Schwaneberg, U.; Ruff, A. (2023) Biotechnological production of foodgrade polyphosphate from deoiled seeds and bran. *EFB Bioeconomy Journal*, 3, 100048. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100048>
- Höller, M.; Lunze, A.; Wever, C.; Deutschle, A. L.; Stücker, A.; Frase, N.; Pestsova, E.; Spiess, A. C.; Westhoff, P. & Pude, R. (2021) Meadow hay, *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. as potential nonwood raw materials for the pulp and paper industry. *Industrial Crops and Products*, 167, 113548. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113548>
- Leuchner, M.; Hinrichs, F.; Roß-Nickoll, M.; Letmathe, P. (2024) Ecosystem Services as a Framework for Transformation of the Rhenish Mining Area. In: Letmathe, P.; Röhl, C.; Baleer, A.; Böschen, S.; Breuer, W.; Förster, A.; Gramelsberger, G.; Greiff, K.; Häußling, R.; Lemme, M.; Leuchner, M.; Paegert, M.; Piller, F.; Seefried, E.; Wahlbrink, T. (Hrsg.): *Transformation towards Sustainability: A Novel Interdisciplinary Framework*. Cham: Springer, 233–270.
- Meehan, P.; Burke, B.; Doyle, D.; Barth, S.; Finnan, J. (2017) Exploring the potential of grass feedstock from marginal land in Ireland: Does marginal mean lower yield? *Biomass Bi-oenergy* 107, 361–369. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.10.014>
- MLV-NRW – Ministerium für Umwelt Landwirtschaft Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2021) *Umweltzustandsbericht Nordrhein-Westfalen 2020*. Düsseldorf: MLV-NRW.
- Modellfabrik Papier (2025): Modellfabrik Papier. <<https://modellfabrikpapier.de/>> abgerufen am 20.11.2025.
- nova Institut (2021) *Bioökonomie: Potenziale im Rheinischen Revier – Industrie und Verwertung*. Jülich: Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER.
- OpenNRW (2023) Statistik der Tatsächlichen Nutzung in NRW. < [https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/lk/akt/statistik\\_tn\\_csv/](https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/lk/akt/statistik_tn_csv/)> abgerufen 14.03.2024.
- OpenNRW (2024) Digitale Orthophotos NW. <<https://open.nrw/dataset/56fb584b-10cf-4009-a405-0bef06bb3e00>> abgerufen am 20.03.2024.
- Persson, U. M. (2016) The impact of biofuel demand on agricultural commodity prices: a systematic review. In: Lund, P. D.; Byrne, J.; Berndes, G.; Vasalos, I. A. (Hrsg.) (2016): *Advances in Bioenergy: The Sustainability Challenge*. Chichester: John Wiley & Sons, 465-482.
- prognos (2020) *Bioökonomie: Potenziale im Rheinischen Revier – Rohstoffe und Ernährung*. Jülich: Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER/Forschungszentrum Jülich GmbH.
- Shaikh, T. A.; Mir, W. A.; Rasool, T.; Sofi, S. (2022) Machine learning for smart agriculture and precision farming: towards making the fields talk. *Archives of Computational Methods in Engineering* 29 (7), 4557-4597.

- Silva, V.; Mol, H. G. J.; Zomer, P.; Tienstra, M.; Ritsema, C. J.; Geissen, V. (2019) Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, 653, 1532-1545.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2025) 42111-02-03-4: Betriebe und tätige Personen, nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) - Stichtag: 30.09.2023 - regionale Tiefe: Kreise u. krfr. Städte - Stichtag: 30.09.2023. URL: <https://www.regionalstatistik.de/genesis//online?operation=table&code=42111-02-03-4&bypass=true&levelindex=1&levelid=1761912953014#abreadcrumb>, [Abruf am 30.10.2025]
- Sudmann, S.R.; Schmitz, M.; Grüneberg, C.; Herkenrath, P.; Jöbges, M.M.; Mika, T.; Nottmeyer, K.; Schidelko, K.; Schubert, W.; Stiels, D. (2023) Rote Liste der Brutvogelarten Nordrhein-Westfalens, 7. Fassung, Stand: Dezember 2021
- UBA – Umweltbundesamt (2022) Aktualisierte Ökobilanz von Grafik- und Hygienepapier. Dessau-Roßlau: UBA.
- Verbücheln, G.; Götte, R.; Hövelmann, T.; Itjeshorst, W.; Keil, P.; Kulbrock, P.; Kulbrock, G.; Luwe, M.; Mause, R.; Neikes, N.; Schubert, W.; Schumacher, W.; Schwartze, P.; van de Weye, K. (2021) Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen – Pteridophyta et Spermatophyta – in Nordrhein-Westfalen. 5. Fassung, Stand Oktober 2020. LANUV-Fachbericht 118, Recklinghausen.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020) Landwende im Anthropozän – Von der Konkurrenz zur Integration – Hauptgutachten. Berlin: WBGU.
- ZRR – Zukunftsagentur Rheinisches Revier (2023) Reviervvertrag 2.0. Jülich: Zukunftsagentur.

---

## FINANZIERUNG

Diese Forschungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt im Rahmen des Projekts „Bioökonomie Verstehen.Verbinden.Unterstützen.“ finanziell gefördert.



