



BIOÖKONOMIE: POTENZIALE IM RHEINISCHEN REVIER

INDUSTRIE UND VERWERTUNG



Modellregion für nachhaltige Bioökonomie
regional, innovativ, zirkulär.



Bioökonomie
REVIER

**„DIE BIOÖKONOMIE IST SCHON
HEUTE EIN INNOVATIONSTREIBER
IM STRUKTURWANDEL, MORGEN
KANN SIE ZU EINEM JOBMOTOR
DER REGION WERDEN.“**



EDITORIAL

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Strukturwandel wird das Rheinische Revier grundlegend verändern. Mit dem Kohleausstieg wird die Energieregion ein neues Profil als nachhaltiger und klimaschonender Wirtschaftsraum erhalten. Die systemische Transformation der gesamten Wirtschaftsstruktur zu einer regionalen Bioökonomie eröffnet dabei auch einmalige Chancen für die Industriebranchen zwischen Aachen und der Rheinschiene.

Die vorliegende Studie vermittelt einen ersten Eindruck von den bioökonomischen Potenzialen der regionalen Industrie. Sie lädt dazu ein, in die Tiefe zu gehen. Acht Fallbeispiele aus verschiedenen Branchen zeigen die Vielfalt der Möglichkeiten und mögen als Anregung dienen, um gemeinsam neue zirkuläre Wertschöpfungsketten zu entwickeln. Jetzt geht es darum, Industrie neu zu denken, Partner neu zu verknüpfen und die Zusammenarbeit von Wirtschaft und Landwirtschaft in der Region neu zu definieren.

Bemerkenswert ist, dass die Region dabei vielfach schon heute auf vorhandene Stärken aufbauen kann, etwa in den für die Bioökonomie relevanten Branchen Chemie und Kunststoff, Lebensmittel, Textil und Papier, Holzverarbeitung sowie Pharma und Biotechnologie. Etwa 50.000 Menschen sind hier in rund 400 Unternehmen beschäftigt. Daraus erwachsen einzigartige Chancen für das Rheinische Revier der Zukunft.

Die Bioökonomie ist schon heute ein Innovationstreiber im Strukturwandel, morgen kann sie zu einem Jobmotor der Region werden. Die Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER versteht sich als Vernetzungsplattform und Informationsbörse, als Accelerator und Inkubator. Gemeinsam mit vielen Partnern in der Region arbeiten wir daran, den Umbau der regionalen Wirtschaft in Richtung Nachhaltigkeit und Zirkularität zur Erfolgsgeschichte zu machen.

Mit Blick auf die bisher erzielten Ergebnisse lässt sich ein positives Zwischenfazit ziehen. Ich bin optimistisch, dass wir in einem ideologie-, technologie- und ergebnisoffenen Dialog gemeinsam die Vision einer Modellregion für nachhaltige Bioökonomie im Rheinland verwirklichen werden. Ich freue mich auf den weiteren Austausch und möchte Sie einladen, sich zu vernetzen und aktiv einzubringen.

Ihr Christian Klar



Dr. Christian Klar

Leitung Koordinierungsstelle
BioökonomieREVIER

INHALT



GRUSSWORTE	6
Dr. Ron Brinitzer, Vorsitzender Revierknoten Industrie der Zukunftsagentur Rheinisches Revier	
Michael Carus, Physiker, Gründer und Geschäftsführer der nova-Institut GmbH, Hürth	
PERSPEKTIVE BIOÖKONOMIE	8
INTERVIEW	10
Dr. Marco Richrath, Vice President Shell Deutschland GmbH, General Manager Shell Energy and Chemicals Park Rheinland	
STUDIE	
BIOÖKONOMIE: POTENZIALE IM RHEINISCHEN REVIER INDUSTRIE UND VERWERTUNG	14
AUF EINEN BLICK: DIE BEDEUTUNG BIOÖKONOMISCHER VERWERTUNGSKETTEN IM RHEINISCHEN REVIER	16
HINTERGRUND UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG	20
STATUS QUO IM RHEINISCHEN REVIER	26
POTENZIALBETRACHTUNG DER BIOÖKONOMIE	32
ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN	42
Fallbeispiel 1: Spezialkulturen für die industrielle Biomassenutzung	44
Fallbeispiel 2: Innovative Nahrungsmittelproduktion	46
Fallbeispiel 3: Industrielle Biotechnologie für Feinchemie und Pharmazeutika	48
Fallbeispiel 4: Nutzung von biogenen Restströmen und CO ₂ aus Abgasen	50
Fallbeispiel 5: Green Naphtha und chemisches Recycling	56
Fallbeispiel 6: Biochemikalien und Werkstoffe	59
Fallbeispiel 7: Textil- und Papierwirtschaft	62
Fallbeispiel 8: Technologieentwicklung und -transfer	64
BIOÖKONOMIE: DIE WIRTSCHAFTSFORM DER ZUKUNFT	66
3 FRAGEN AN	71
Prof. Dr. Ulrich Schurr, Leiter und Initiator BioökonomieREVIER	
AUSBLICK	72
Referenzen	74
Impressum und Bildnachweis	75

GRUSSWORTE



Dr. Ron Brinitzer

Vorsitzender Revierknoten
Industrie der Zukunftsagentur
Rheinisches Revier

Sehr geehrte Damen und Herren,

das Ende der Kohleverstromung ist eine einmalige historische Situation für Menschen und Unternehmen im Rheinischen Revier. Zentrale Herausforderung wird es sein, die bisherige sichere und wettbewerbsfähige Versorgung mit Strom und Wärme auch in Zukunft zu gewährleisten. Gleichzeitig werden vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsziele Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft auch in unternehmerischen Prozessen immer wichtiger. Es gilt darum, die Umbruchsituation zu nutzen, um die hier ansässigen Unternehmen – Industriekonzerne genauso wie unseren Mittelstand – zu stärken und zukunftsfähig aufzustellen.

Wie das gelingen kann, haben wir im Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1 für das Rheinische Zukunftsrevier umrissen. Hier sind auch die Leitlinien einer innovativen Industriepolitik für die Region beschrieben. Neben günstigen Rahmenbedingungen braucht es kluge Förderanreize, um privates Kapital zu aktivieren und eine zeitnahe Umsetzung von Innovationen in marktgängige Produkte zu erreichen. Es gilt, vorhandene Stärken ebenso zu nutzen wie auf Basis innovativer Technologien neue Wertschöpfungsfelder zu entwickeln.

In diesem Kontext weist die vorliegende Studie von BioökonomieREVIER die Richtung zu einem vielversprechenden Entwicklungspfad. Die Bioökonomie zählt schon heute zu den wichtigsten Innovationstreibern in der Region.

Sie kann in Zukunft nicht nur einen maßgeblichen Beitrag zum Erhalt einer nachhaltigen Wertschöpfung in der Region leisten, sondern hat auch das Potenzial, dem Rheinischen Revier einen besonderen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen.

Der besondere Wert der Studie zu den bioökonomischen Potenzialen der Industrie liegt dabei darin, dass sie aufzeigt, wo künftig neue Wertschöpfungsfelder und -netzwerke entstehen. Durch ein Zusammenwachsen der Branchen entsteht eine industrielle Konvergenz, die vollkommen neue Chancen für große, mittlere und kleine Unternehmen in unserer Region birgt.

Die Bioökonomie eröffnet dabei neue Perspektiven für Wirtschaftszweige, die im Rheinischen Revier traditionell stark sind: die Ernährungswirtschaft, die Kunststoffindustrie, die Papier- oder die Textilindustrie. Die grüne Transformation kann ihnen dabei helfen, zusammen mit der Wissenschaft zukunftsfähige Wege zu beschreiten, neue Ideen aufzugreifen und nachhaltige Wertschöpfung hier in der Region zu generieren.

Als Koordinierungsstelle bringt sich BioökonomieREVIER mit eigenen Impulsen aktiv und gewinnbringend in den Strukturwandel ein und fördert als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Wirtschaft einen schnellen Technologietransfer.

Herzlichst Ihr
Ron Brinitzer

**Sehr geehrte Leserinnen,
sehr geehrte Leser,**

in den vergangenen Jahren ist die Wertschöpfung aus Biomasse verstärkt in den Fokus gerückt. Das Thema stand lange im Schatten von Bioenergie und Biokraftstoffen, erfährt jetzt aber nicht zuletzt durch die Diskussion über die Circular Economy neue Beachtung. Davon zeugt nicht zuletzt die vorliegende Studie, die unser Institut im Auftrag von BioökonomieREVIER verfasst hat.

Seit mehr als 20 Jahren befassen wir uns im nova-Institut mit den Fragen einer biobasierten Ökonomie, die den Weg in eine Zukunft ohne fossile Ressourcen weist. Im Kern geht es dabei um die „Biologisierung“ der industriellen Wertschöpfung: Wie werden Biomasse, CO₂ und Recycling zukünftig Kohle und Erdöl als Rohstoff für die Industrie ersetzen können?

Das Konzept der Bioökonomie umfasst selbstverständlich mehr als nur die Ströme von erneuerbaren Rohstoffen. Auch das Konzept von BioökonomieREVIER geht weit über die Etablierung einer regionalen Kreislaufwirtschaft hinaus, da es eine große Anzahl weiterer Aspekte wie beispielsweise neue chemische Bausteine, neue Prozesswege der Biotechnologie und chemischen Katalyse sowie etwa neue Funktionalitäten und Eigenschaften von Produkten integriert.

Die Studie verdeutlicht das große bioökonomische Potenzial im Bereich der Industrie im Rheinland. Über 400 Unternehmen im Rheinischen Revier können nicht nur einen

relevanten Beitrag zum Gelingen der bioökonomischen Transformation leisten, sondern zukünftig auch direkt von der biobasierten Wirtschaftsweise profitieren.

Die regionale Branchenvielfalt wird förderlich sein für die Etablierung neuer sektorübergreifender Wertschöpfungsketten. Vor allem die Synergieeffekte zwischen den unterschiedlichen Innovationsbereichen werden die Produktion und Verwertung von Biomasse in den kommenden Jahren und Jahrzehnten revolutionieren.

Zweifelsohne ist die Bioökonomie in Kombination mit erneuerbaren Energien und der Nutzung von gasförmigen Reststoffen (CO₂) als Ansatzpunkte für den Strukturwandel im Rheinischen Revier vielversprechend.

Der Aufbau einer organischen Kreislaufwirtschaft bleibt jedoch eine Herausforderung. Den Wert von Biomasse in einer Kreislaufwirtschaft oder Kaskadennutzung zu erhalten, gestaltet sich in der Praxis als komplexes Unterfangen. Dies wird nur gelingen, wenn möglichst viele Akteure vernetzt und mit einer gemeinsamen Strategie handeln.

Die Modellregion für nachhaltige Bioökonomie im Rheinland bietet uns nun die historische Chance, die Erkenntnisse, die wir über 20 Jahre im nova-Institut mit Partnern erarbeitet haben, hier vor Ort im Rheinischen Revier in einem Reallabor umzusetzen.

Herzlichst Ihr
Michael Carus



Michael Carus
Physiker, Gründer und
Geschäftsführer der
nova-Institut GmbH,
Hürth

PERSPEKTIVE BIOÖKONOMIE

REGIONALE STIMMEN ZU DEN POTENZIALEN UND CHANCEN



„Strukturwandel heißt für uns, bewährte Expertise und Erfahrung gezielt für die Entwicklung zukunftsgerichteter Waren und Dienstleistungen zu nutzen – so können wir tradiertes und neues Know-how nicht bloß addieren, sondern sogar multiplizieren. Denn daraus entstehen verblüffende, neue Produkte. Mit diesen Ansätzen können langfristig nicht nur mehr, sondern auch ganz neuartige Arbeitsplätze entstehen, was wiederum die Attraktivität der Region insgesamt erhöht.“

Timo Koch, Leiter Innovation Center, Pfeifer & Langen GmbH & Co. KG, Köln und Geschäftsführer Savanna Ingredients GmbH, Elsdorf, www.pfeifer-langen.com / www.savanna-ingredients.com



„Mit der Initiative Bioökonomie-REVIER erarbeiten wir Möglichkeiten für einen lokalen Anbau nachwachsender Rohstoffe auf bisher ungenutzten Flächen in den Tagebauen. Folgeprodukte werden in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt und ermöglichen diesen Industrien eine nachhaltige Produktion mit kurzen Transportwegen.“

Dr. Corvin Volkholz, Geschäftsführer, ILCO Chemikalien GmbH, Erkelenz, www.ilco-chemie.de



„Fortschritt durch Innovation ist eine der Säulen unseres Maschinenbauunternehmens. Wir beteiligen uns aktiv an regionalen Innovationspartnerschaften und zeigen somit schon heute, wie eine nachhaltige Produktion von biobasierten Rohstoffen gelingt. Wir entwickeln Maschinen, mit denen man Schmierstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen gewinnen kann, die zukünftig zum Beispiel auf den Randflächen der Tagebaue angebaut werden. Um neue Wertschöpfungskreisläufe in Gang zu bringen, braucht es nicht nur innovative Ideen. Es braucht vor allem Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die fähig sind, daraus erfolgreiche Produkte zu machen.“

Niklas Stadermann, Geschäftsführer, Maschinenfabrik Reinartz GmbH & Co. KG, Neuss, www.reinartz.de



„Unsere Region ist schon heute vom Wandel zur Bioökonomie geprägt. Für die regionalen Unternehmen besteht dadurch die besondere Chance, von den Potenzialen der Bioökonomie zu profitieren. Als Partner der Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER wollen wir für etablierte und junge technologieorientierte Unternehmen künftig gemeinsam neue Innovationsfelder für einen nachhaltig erfolgreichen Strukturwandel im Rheinischen Revier erschließen.“

Peter Gier, Competence Center Kreis Düren, AGIT Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer mbH, Aachen, www.agit.de



„Innovationen werden unsere Unternehmen zukunftsfähiger machen. Die Bioökonomie bietet hierfür vielfältige Chancen. Als Wirtschaftsförderungsgesellschaft profitieren wir von der Zusammenarbeit mit BioökonomieREVIER und dem besseren Zugang zur herausragenden Innovationslandschaft im Rheinischen Revier.“

Susanne Kayser-Dobiey, Geschäftsführerin, Wirtschaftsförderung Rhein-Erft GmbH, Bergheim, www.wfg-rhein-erft.de



„Unser Unternehmen produziert Einweggeschirr und Verpackungen ausschließlich aus Materialien nachhaltiger Forstwirtschaft. BioökonomieREVIER unterstützt uns bei der Verbreiterung unserer regionalen Rohstoffbasis und der Entwicklung innovativer Wertschöpfungskonzepte.“

Tom Kantelberg, Chief Coordinator PAPSTAR Production Group, Rick Produktion GmbH, PPC GmbH, Compax Kartonagen B. V., Schleiden, www.papstar.com/www.rick-produktion.de



„Wenn wir mit Bioraffinerien einen Beitrag zur Ressourcenwende leisten wollen, dann müssen wir konkurrenzfähig mit der industriellen Herstellung von Grundchemikalien sein. Das kann nur gelingen, wenn Upstream- und Downstream-Prozesse optimal integriert werden. Im Rheinischen Revier haben wir den großen Vorteil, mit zuckerhaltigen Restströmen starten zu können. Zudem sind hier in der Region alle Disziplinen vorhanden, die es für die Entwicklung von wettbewerbsfähigen Prozessen braucht.“

Prof. Dr.-Ing. Andreas Jupke, Lehrstuhl Fluidverfahrenstechnik, AVT – Aachener Verfahrenstechnik, RWTH Aachen University, www.avt.rwth-aachen.de

INTERVIEW

A portrait of Dr. Marco Richrath, a middle-aged man with short brown hair, smiling. He is wearing a dark grey suit jacket over a light blue button-down shirt. The background is a light-colored wall with a framed picture on the right side.

„Innerhalb des Rheinischen Reviers haben wir gute Möglichkeiten, uns stark und systemisch zu vernetzen, um nachhaltige lokale Wertschöpfungsketten aufzubauen.“

Dr. Marco Richrath

Vice President Shell Deutschland GmbH,
General Manager Shell Energy and
Chemicals Park Rheinland

„BIOÖKONOMIE VOR ORT: GEMEINSAM ZUKUNFTSFÄHIGE PROJEKTE ANPACKEN“

Die Industrie im Rheinischen Revier steht vor einem tiefgreifenden Wandel, denn fossile Brennstoffe lassen sich nicht von heute auf morgen abschaffen. Vor den Toren des Rheinischen Reviers entsteht einer der weltweiten Zukunftsstandorte des Shell-Konzerns. Im Interview erläutert Dr. Marco Richrath, General Manager Shell Energy and Chemicals Park Rheinland, wie zeitgemäße Energieformen und Dekarbonisierungslösungen entstehen und welche Rolle die regionale Bioökonomie hierbei spielt.

Herr Dr. Richrath, wie verändert die Energiewende Ihr Unternehmen?

Die Energiewende verändert auch Shell massiv. Wir wollen unseren Beitrag leisten, um die Pariser Klimaziele zu erreichen. Aus diesem Grund werden wir fossile Produkte nur noch als Schmierstoffe, Bitumen für den Straßenbau oder als Basis für Chemieprodukte anbieten. Diese werden wir nach und nach ebenfalls durch recycelte Rohstoffe ersetzen. Wir werden kein Rohöl mehr verarbeiten, das als Kraftstoff oder Heizmedium umweltschädlich verbrannt wird. Stattdessen wollen wir uns auf biogene Energielösungen, grünen Wasserstoff oder nachhaltigen Flugtreibstoff fokussieren.

Wie sehen die konkreten Klima- und Nachhaltigkeitsziele von Shell aus? Wie wollen Sie diese erreichen?

Das Bekenntnis zu den Pariser Klimazielen heißt für uns, dass wir bis 2050 oder früher beim CO₂-Ausstoß ein Netto-Null-Unternehmen werden wollen. Und zwar im Einklang mit der Gesellschaft, wie wir es nennen. Das bedeutet konkret: Wir wollen nicht nur unsere eigenen CO₂-Emissionen auf null herunterfahren, sondern wir helfen auch unseren Kunden bei der Dekarbonisierung. Dafür sehen wir

uns genau an, was der Kunde benötigt, um das zu erreichen. Der Energy and Chemicals Park Rheinland spielt als ein sich wandelnder Standort eine besonders große Rolle. Wir wollen hier im Rheinischen Revier Produkte herstellen, mit denen entscheidende Schritte möglich sind.

Wie viel Zeit wird dieser Umbau in Anspruch nehmen?

Wir haben schon damit begonnen, damit wir noch in dieser Dekade sehr signifikante Schritte nach vorn schaffen. Aber machen wir uns nichts vor: Der Wandel ist sehr tiefgreifend. Fossile Brennstoffe lassen sich nicht von heute auf morgen abschaffen. Dennoch wollen wir Vorreiter der Energiewende sein. Zugleich mahnen uns die vergangenen Klimaereignisse auch bei uns vor der Haustür, dass wir die eben beschriebenen Dekarbonisierungsvorhaben umsetzen müssen.

Sie sprachen eben schon davon, dass sich einer der weltweiten Shell-Zukunftsstandorte im Kölner Süden befindet, direkt vor den Toren des Rheinischen Reviers. Dort entwickeln Sie die größte Raffinerie Deutschlands zum Energy and Chemicals Park Rheinland. Was heißt das konkret?

„Der Energy and Chemicals Park Rheinland ist eine Plattform für zeitgemäße Energieformen und Dekarbonisierungslösungen.“

Wie es der Name schon ausdrückt, ist der Energy and Chemicals Park Rheinland einerseits eine Plattform für zeitgemäße Energieformen und Dekarbonisierungslösungen. Andererseits werden wir das noch stärker als bisher mit hochwertigen Chemie- und Spezialprodukten kombinieren. Ein Stichwort ist die zirkuläre Wertschöpfungskette. All diese Veränderungen schaffen wir nicht allein. Daher werden wir unsere Tore für Partner öffnen, die mit uns gemeinsam entlang der Wertschöpfungskette wachsen und Innovationen schaffen. Bei uns finden Unternehmen einen erfahrenen Industriegelände-Betreiber mit genehmigten Flächen sowie Anschlüsse an eine hochwertige Infrastruktur und den Zugang zu nachhaltigen Energieformen wie grünen Wasserstoff,

Biogas oder zirkulären Einsatzstoffen. Nicht zuletzt ist es unsere Absicht, als Innovations-Hub einen Energy Campus zu errichten, in dem wir gemeinsam mit Partnern, Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, aber auch ideenreichen Start-ups die Energiewende vorantreiben wollen.

Wenn Sie von grünem Wasserstoff, Biogas oder zirkulären Einsatzstoffen sprechen: Sind das die Stichworte, wenn wir uns eine Raffinerie ohne Öl und fossile Rohstoffe vorstellen müssen?

Bitte bedenken Sie, dass wir nicht sofort auf Rohöl verzichten. Es wird

sukzessive weniger eingesetzt. Das heißt aber auch, dass wir zunehmend Ersatz durch biogene Stoffe benötigen. Des Weiteren setzen wir auf neue Kreislaufwirtschaftsketten. Ein wichtiges Thema ist die Aufbereitung von Plastik, das wieder der Produktion zugeführt wird. Es wird viele Chancen

Über Shell

Die Royal Dutch Shell, auch einfach nur Shell genannt, ist eines der weltweit größten Mineralöl- und Erdgas-Unternehmen. Der Konzern ist in mehr als 140 Ländern aktiv. Weltweit beschäftigt Shell rund 86.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Im Jahr 2020 erzielte Shell einen Gesamtumsatz von 180,5 Milliarden US-Dollar.



geben, damit Shell mit integrierten Systemlösungen für Chemie und Energie im Zuge einer Dekarbonisierung wirtschaftlich arbeiten kann. Die wissen wir zu nutzen.

Das Rheinische Revier soll Modellregion für nachhaltige Bioökonomie werden. Welche Perspektiven erwachsen hieraus für den Shell-Standort im Rheinland?

Wir haben ein sehr hohes Interesse am Zugang zu biogenen Einsatzstoffen. Nur dann können wir den Bedarf an dekarbonisierter Energie überhaupt zur Verfügung stellen. Innerhalb des Rheinischen Reviers haben wir gute Möglichkeiten, uns stark und systemisch zu vernetzen, um nachhaltige lokale Wertschöpfungsketten aufzubauen.

Shell zählt schon heute zu den Partnern von BioökonomieREVIER. Was erhoffen Sie sich konkret von der Zusammenarbeit?

Gerade in der Bioökonomie ist es wichtig, nicht nur global zu schauen, sondern zu prüfen, wie wir auch vor Ort gemeinsam zukunftsfähige Projekte anpacken können. Deswegen steht die Vernetzung über die gesamte Bandbreite möglicher Wertschöpfungsketten bei uns im Fokus – von lokalen Biogasanlagen bis hin zum Plastik-Recycling für Energie- und Chemielösungen, für die wir auch lokale Partner brauchen.

Welche biogenen Rohstoffe und Verfahren sind für Shell besonders interessant?

Wir schauen uns derzeit insbesondere zwei Anwendungsbereiche an. Das eine ist die Verarbeitung von biogenen Ölen bei der Produktion von zum

Beispiel Diesel oder Kraftstoffen für die Luftfahrt, also für Anwendungen, die besonders schwer zu dekarbonisieren sind. Das wollen wir in eine vollständig biobasierte Lösung überführen. Ein Beispiel hierfür ist eine bei uns geplante Bio-PtL-Anlage, in der wir Holzabfälle in Treibstoff umwandeln wollen. Es gibt aber auch Überlegungen, zum Beispiel gebrauchte Speiseöle einzusetzen. Die Palette an marktreifen Plänen ist groß und Sie werden künftig viel von uns hören.

Wie könnten für Shell interessante regionale Stoffströme zukünftig aussehen?

Das herauszufinden, ist gerade unsere Hausaufgabe. Sie verstehen sicherlich, dass wir uns dabei nicht nur aufs Rheinische Revier konzentrieren, sondern global verschiedene Möglichkeiten testen. Aber ganz ausdrücklich wollen wir das weltweite Angebot um lokale Ströme komplementieren, sofern das sinnvoll ist, der Einsatz fraglicher Stoffe wie Palmöl ausgeschlossen wird und wir nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion geraten.

Was muss passieren, damit diese Vision Realität wird?

So visionär ist das gar nicht. Wir haben schon konkrete Pläne. Allerdings benötigen wir für Investitionen die richtigen Rahmenbedingungen. Von Politik und Verwaltung erwarten wir Planungssicherheit. Sehr wichtig ist uns auch die Akzeptanz in der Gesellschaft für Bioprodukte, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungskette stehen. Und um die ganze Wahrheit zu erzählen, kommen wir nicht ohne Fördermittel aus. Bei neuen Anlagen muss man leider erst viel lernen, bis sich etwas ökonomisch rechnet.

„Fossile Brennstoffe lassen sich nicht von heute auf morgen abschaffen. Dennoch wollen wir Vorreiter der Energiewende sein.“

Wagen wir einen Blick in die Zukunft: Wie wird die Energieversorgung im Rheinischen Revier im Jahr 2050 aussehen? Und welche Rolle werden die Bioökonomie und Shell dabei spielen?

Fossile Energieträger haben 2050 als Energieträger ausgedient. Wir bieten stattdessen eine Vielzahl an innovativen Energielösungen an, denn der Stromverbrauch ist gewaltig gestiegen. Erneuerbarer Strom aus Wind- und Sonnenkraft, biogene Energieträger und Wasserstoff, aber auch Kreislaufsysteme bilden das neue Fundament für Energieversorgung und Wohlstand im Rheinischen Revier. Wir von Shell bereiten uns bereits darauf vor, indem wir uns an Offshore-Windanlagen beteiligen, grünen Wasserstoff selbst produzieren, Infrastruktur aufbauen, biogene Anlagen planen und errichten und sogar im Bereich Solar-Anwendungen für zu Hause und Stromtankstellen an Straßenlaternen Kompetenzen aufbauen. Gemeinsam mit Partnern im Rheinischen Revier haben wir 2050 viele neue grüne Arbeitsplätze geschaffen und in einem nicht immer einfachen Wandel das Rheinische Revier zu einer Region gemacht, in der es sich sehr gut leben lässt.





STUDIE

BIOÖKONOMIE: POTENZIALE
IM RHEINISCHEN REVIER
INDUSTRIE UND VERWERTUNG



Im Rahmen der Studie untersuchte ein Team des nova-Instituts:

- Bioökonomische Potenziale der relevanten Industriesektoren im Rheinischen Revier
- Ökonomische Bedeutung der für die Bioökonomie relevanten Sektoren anhand von Unternehmen, Erwerbstätigen und Umsätzen
- Status quo der Region mit Blick auf zukünftige technologische Potenziale im Kontext eines Strukturwandels hin zur Bioökonomie
- Potenzielle Vernetzung verschiedener Industrien zur Etablierung neuer Wertschöpfungsketten

AUF EINEN BLICK: DIE BEDEUTUNG BIOÖKONOMISCHER VERWERTUNGSKETTEN IM RHEINISCHEN REVIER

Welche Rolle spielt die Industrie für die Bioökonomie im Rheinischen Revier? Dieser Frage ging ein Team des nova-Instituts für Ökologie und Innovation im Auftrag der Strukturwandelinitiative BioökonomieREVIER nach. Antworten liefert die vorliegende Analyse der in den relevanten Sektoren vorhandenen regionalen Potenziale.

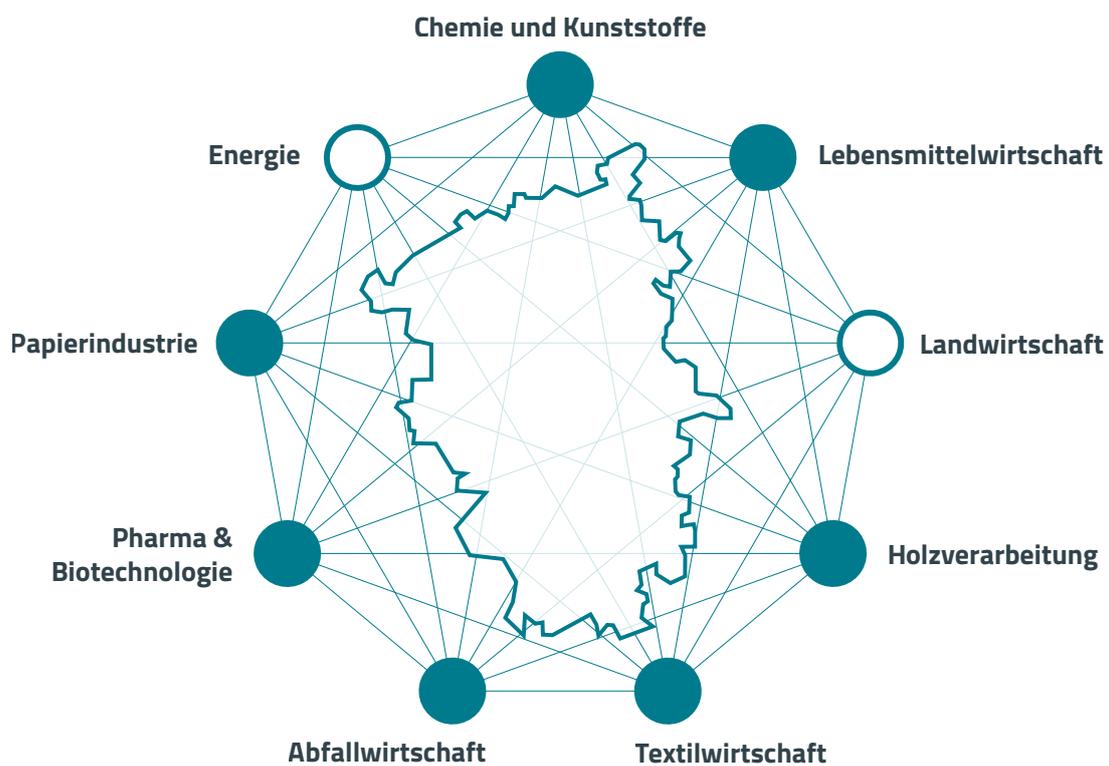
Für die Bioökonomie relevante Industriesektoren im Rheinischen Revier finden sich vor allem in den Bereichen Chemie und Biotechnologie, der Pharmazie, der Papierindustrie, der Holzverarbeitenden Industrie und der Textilindustrie. Weitere Potenziale liegen auch in den Bereichen Bau und Energie vor, die jedoch hier nicht untersucht wurden, sowie in der Land- und

Lebensmittelwirtschaft, die in der Prognos-Studie „Bioökonomie: Potenziale im Rheinischen Revier – Rohstoffe und Ernährung“ eingehend analysiert wurde.

In den relevanten Industriesektoren waren im Rheinischen Revier im Zeitraum von 2014 bis 2018 durchschnittlich 49.600 Personen in 396 Betrieben beschäftigt, die einen Gesamtumsatz

von durchschnittlich 22,4 Milliarden Euro erzielten. Mit 163 Betrieben ist die Chemie- und Kunststoffindustrie 2018 der wirtschaftlich bedeutendste Zweig, gefolgt von der Lebensmittelwirtschaft mit 123 Betrieben, der Papierindustrie (56 Betriebe), der Textilwirtschaft (39 Betriebe), der Holzverarbeitenden Industrie (25 Betriebe) und der pharmazeutischen Industrie (8 Betriebe).

Abbildung 1: **Bioökonomie im Rheinischen Revier – Innovation durch Branchenverknüpfung**



● In dieser Studie betrachtete Industriesektoren
○ Weitere Sektoren

AUF EINEN BLICK: DIE BEDEUTUNG BIOÖKONOMISCHER VERWERTUNGSKETTEN IM RHEINISCHEN REVIER

„Die Chemie- und Kunststoffindustrie ist der wirtschaftlich bedeutendste Industriezweig im Rheinischen Revier, gefolgt von der Lebensmittelwirtschaft.“

Vergleicht man die Jahre 2014 bis 2018, dann weist die chemische Industrie (inkl. Kunststoffherstellung) die stärksten Zuwachszahlen auf. Sowohl bei der Anzahl der Betriebe (+13,2 %, von 144 auf 163) und der Anzahl der Beschäftigten (+9,7 %, von 23.600 auf 25.900) als auch beim Umsatz (+4,0 %, von 12,6 Mrd. Euro auf 13,1 Mrd. Euro) war hier im Vergleich zu den anderen

Sektoren das größte Wachstum zu verzeichnen. In den anderen Industriezweigen stagnierten die Zahlen oder gingen leicht zurück.

Für den Strukturwandel hin zu einer auf Nachhaltigkeit basierenden Bioökonomie spielen die Landwirtschaft und die Abfallwirtschaft in der Region eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Inwertsetzung neuer Wertschöpfungsketten und -netze.

Biogene Reststoffe spielen in der industriellen Verarbeitung aktuell eine untergeordnete Rolle. Die Erfassung von Reststoffströmen wird erschwert durch eine dezentral organisierte Abfallwirtschaft. Im Rheinischen Revier wurden 2017 über **300.000 Tonnen Bio- und Grünabfälle** gesammelt, das tatsächliche Potenzial dürfte erheblich größer sein. Der Abfallwirtschaftsplan

NRW (2017) schreibt hierfür einen Zielwert von 150 kg je gemeldeter Person aus. Durch eine flächendeckende Biotonnenpflicht und gezielte Öffentlichkeitsarbeit ließe sich die Menge biogener Reststoffe erhöhen.

Um die Versorgung der Industrie mit nachhaltigen Rohstoffen sicherzustellen, bedarf es nicht nur in den einzelnen Industriezweigen, sondern auch im landwirtschaftlichen Sektor vielfältiger technologischer Innovationen. Hierzu zählen multicodierte Flächennutzungskonzepte mit Mehrfachnutzung (z. B. Agroforst, AgroPV) sowie eine landwirtschaftliche Effizienzsteigerung mittels Digitalisierung, aber auch der Anbau neuartiger Rohstoffquellen (z. B. Algenkulturen) und die Mehrfachnutzung von Rest- und Abfallstoffen.

Mit zahlreichen etablierten Industrieunternehmen und einer exzellent aufgestellten Forschungslandschaft in der Region verfügt das Rheinische Revier über beste Voraussetzungen für den Wandel hin zu einer Bioökonomie. Gefragt ist nun eine stärkere Vernetzung der unterschiedlichen Akteure in den jeweiligen Sektoren und Handlungsfeldern.

Mit Blick auf die Entwicklung zur Modellregion für nachhaltige Bioökonomie im Rheinland stehen insbesondere die folgenden Anwendungsbereiche im Fokus, deren regionale Potenziale in dieser Studie in Form von Fallbeispielen erörtert werden:

Abbildung 2: **Beschäftigte, Umsatz und Anzahl an Betrieben in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier, Ø 2014–2018**



nova-Institut, 2020, Datengrundlage Stat. Landesamt NRW, 2019



FALLBEISPIEL 1:
Spezialkulturen für die industrielle Biomassenutzung

Alternative Ölpflanzen, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Färbepflanzen können Rohstoffe für die Nutzung in der Feinchemie und Kunststoffproduktion liefern. Neuartige Technologien ermöglichen die Produktion von spezifischen, biobasierten Wertstoffen und helfen bei der Züchtung von Pflanzen, die besser angepasst sind an klimatische Veränderungen.



FALLBEISPIEL 2:
Innovative Nahrungsmittelproduktion

Mithilfe neuer Technologien lassen sich alternative, pflanzliche Proteinquellen zur gesunden Ernährung der Bevölkerung entwickeln. Ergänzend können durch die Nutzung von Insektenproteinen und den Aufbau von Insektenfarmen neue Impulse entstehen.



FALLBEISPIEL 3:
Industrielle Biotechnologie für Feinchemie und Pharmazeutika

Feinchemikalien und Pharmazeutika können auf der Basis von Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Das potenzielle Spektrum der Möglichkeiten für diese Produkte ist sehr groß und wird im Rheinischen Revier und im Umland auch bereits von zahlreichen Chemie- und Pharmazieunternehmen adressiert.



FALLBEISPIEL 4:
Nutzung von biogenen Restströmen und CO₂ aus Abgasen

Biogene Spezialabfälle können perspektivisch als Ausgangsstoff für die chemische Industrie und Kraftstoffproduktion dienen. Neu für das Rheinische Revier wäre die Betrachtung von gasförmigen Reststoffströmen, die Ansatzpunkte für Bioraffinerieverfahren liefern (z. B. Carbon Capture and Utilization, Gewinnung von Synthesegasen).



FALLBEISPIEL 5:
Green Naphtha und chemisches Recycling

Leichte Rohöle oder Rohbenzin (Naphtha) zählen zu den wichtigsten Rohstoffen der Petrochemie zur Herstellung von Kraftstoffen sowie zur Produktion von Polyethylen und Polypropylen. Aus Biomasse lässt sich „Green Naphtha“ herstellen, das als Drop-in-Rohstoff in etablierten Produktionsprozessen der chemischen Industrie verwendet werden kann. Durch chemisches Recycling von Materialien, vor allem Kunststoffen, können ebenfalls neue Ausgangsstoffe für die chemische Industrie gewonnen werden.



FALLBEISPIEL 6:
Biochemikalien und Werkstoffe

Auf der Basis von Biomasse lassen sich eine Vielzahl von Chemikalien und Werkstoffen herstellen. Das Spektrum reicht dabei von Basischemikalien, wie Bioethanol und Ethylen, bis hin zu spezifischen Feinchemikalien und pharmazeutischen Wirkstoffen. Im Kontext

der im Rheinland sehr gut aufgestellten Chemieindustrie ergeben sich hier vielfältige Potenziale.



FALLBEISPIEL 7:
Textil- und Papierwirtschaft

Die Entwicklung von neuartigen Textilien (z. B. Smart Textiles) sowie medizinischen Implantaten aus Textilfasern eröffnet neue Perspektiven für die Textilindustrie in der Region. Innovative Kompositmaterialien aus biogenen Kohle- oder Zellstofffasern können darüber hinaus als Leichtbaumaterialien in der industriellen Produktion und im Bauwesen eingesetzt werden. In der Papierindustrie ergeben sich Perspektiven durch neuartige, unbeschichtete Verpackungsmaterialien, zum Beispiel aus heimischen Grasfasern.



FALLBEISPIEL 8:
Technologieentwicklung und -transfer

Das Rheinische Revier und die umliegenden Ballungsräume verfügen über eine exzellente Wissenschafts- und Forschungslandschaft im Bereich Bioökonomie. Das Bioeconomy Science Center (BioSC) verknüpft zahlreiche der Forschungsaktivitäten und bildet den Kern der interdisziplinären Forschungsstrategie in der perspektivischen Modellregion für nachhaltige Bioökonomie im Rheinland. Teil der Forschungsaktivitäten ist eine Nutzungs- und Verwertungsstrategie, die eine kommerzielle Verwertung der Ergebnisse und damit eine wirtschaftliche Nutzung und die Integration in neue und bestehende Wertschöpfungs-systeme ermöglichen soll.



Eine Weiterentwicklung der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ wurde im Januar 2020 mit den folgenden Leitlinien veröffentlicht:

1. Mit biologischem Wissen und verantwortungsvollen Innovationen zu einer nachhaltigen, klimaneutralen Entwicklung.
2. Mit biogenen Rohstoffen zu einer nachhaltigen, kreislaforientierten Wirtschaft.²

HINTERGRUND UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Der Strukturwandel im Zuge des Kohleausstiegs stellt für das Rheinische Revier und die hier ansässige Industrie eine einzigartige Chance dar. Der Erhalt von Lebensqualität, Wohlstand und Arbeitsplätzen bedarf eines tiefgreifenden wirtschaftlichen Transformationsprozesses. Die Perspektive einer Modellregion für nachhaltige Bioökonomie bietet der industriellen Produktion vielfältige Möglichkeiten, auf vorhandene Potenziale aufzubauen.

„Unter ‚Bioökonomie‘ oder ‚biobasierter Wirtschaft‘ verstehen wir die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung nachwachsender Ressourcen, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen. Das Konzept der Bioökonomie umfasst danach alle Wirtschaftssektoren und ihre zugehörigen Dienstleistungsbereiche, die nachwachsende Rohstoffe – wie Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen und deren Produkte – erzeugen, be- und verarbeiten, nutzen oder damit handeln.“¹

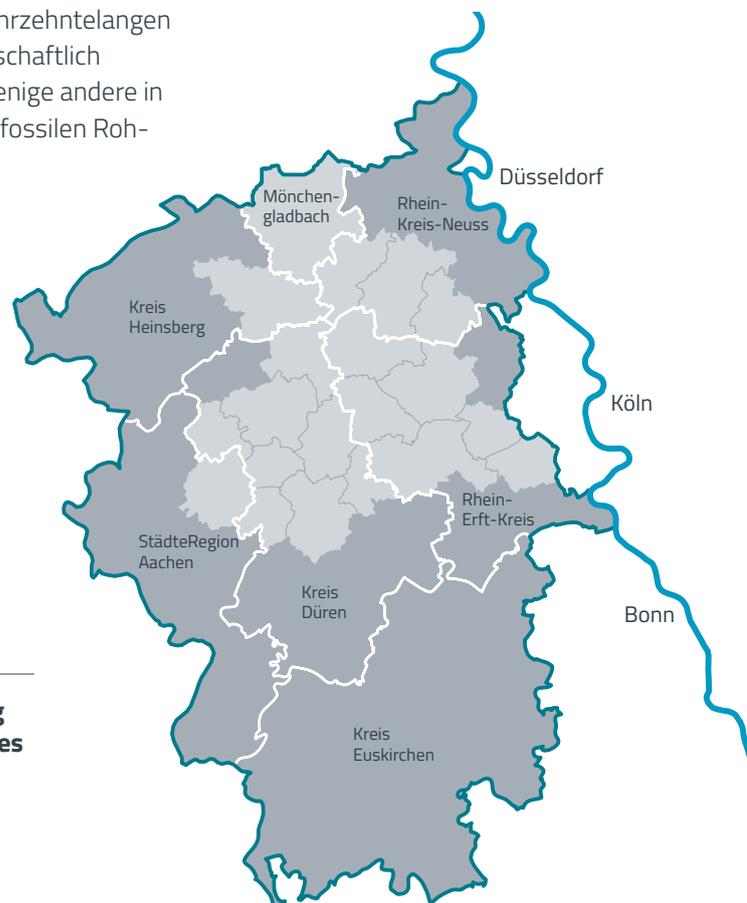
Mit der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ stellte die Bundesregierung 2010 die Weichen für eine Transformation der fossilen Wirtschaft zu einer biobasierten Wirtschaft, die erneuerbare Ressourcen nutzt. In der „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ von 2013 formulierte sie Ziele und Maßnahmen für eine Transformation weg von fossilen Brennstoffen. Eine Weiterentwicklung dieser Strategie, in der die Nachhaltigkeit und der Klimaschutz auf nationaler Ebene stärker berücksichtigt werden, wurde im Januar 2020 mit den folgenden Leitlinien veröffentlicht:

1. Mit biologischem Wissen und verantwortungsvollen Innovationen zu einer nachhaltigen, klimaneutralen Entwicklung.
2. Mit biogenen Rohstoffen zu einer nachhaltigen, kreislauforientierten Wirtschaft.²

Als Braunkohle-Abbauregion ist das Rheinische Revier beispielhaft in Deutschland für die Transformation zu einer biobasierten Wirtschaft. Die Region ist durch den jahrzehntelangen Braunkohleabbau landschaftlich geprägt und wie nur wenige andere in mehrererlei Hinsicht von fossilen Rohstoffen abhängig. Mit dem Ende des Braunkohleabbaus vollzieht sich im Revier ein tiefgreifender Strukturwandel, von dem bis zu 50.000 Beschäftigte betroffen sein werden. Diesen gilt es zu gestalten.³

Abbildung 3: **Verortung des Wirkungsraums des Rheinischen Reviers**

Das Rheinische Revier erstreckt sich im gesamten Südwesten von Nordrhein-Westfalen über den Rhein-Kreis Neuss, den Kreis Heinsberg, den Rhein-Erft-Kreis, den Kreis Düren, die StädteRegion Aachen, den Kreis Euskirchen und die kreisfreie Stadt Mönchengladbach. Damit beheimatet die Region auf 5.000 Quadratkilometern etwa 2,4 Millionen Menschen (siehe Abbildung 3).⁴



HINTERGRUND UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG

„Im Zentrum der Studie stehen die regional bereits etablierte Industrie sowie potenziell zukünftige Industrien, für die passende Rahmenbedingungen geschaffen werden sollten.“

Zur Unterstützung des Strukturwandels im Rheinischen Revier setzte sich die Landesregierung in Nordrhein-Westfalen unter anderem die Ziele:

- Adäquater Ersatz für Wertschöpfung und Beschäftigung in der Braunkohlewirtschaft (und so auch ein Beitrag für die nachhaltige Modernisierung des Industrielands Deutschland)
- Neue Lebensqualität durch Neuordnung des Raums
- Europäische Modellregion für Energieversorgungs- und Ressourcensicherheit (nachhaltige Weiterentwicklung der industriellen Wertschöpfungsketten im Rheinischen Revier)⁵

Ein Weg, diese Ziele zu erreichen und die Zukunftsfähigkeit der Region zu sichern, ist die Etablierung einer Bioökonomie. Das verfolgt die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Initiative BioökonomieREVIER.⁶

STRUKTURWANDEL IM RHEINISCHEN REVIER

Das Rheinische Revier hat sich zum Ziel gesetzt, die strukturelle Transfor-

mation der Region durch die schrittweise Erneuerung des Wirtschaftsprofils zu erreichen. Zu den Kernbestandteilen dieses Vorhabens zählt der Auf- und Ausbau einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Bioökonomie.⁶

Das Rheinische Revier verfügt über gute Voraussetzungen für den angestrebten Strukturwandel von der Braunkohle- zur Bioökonomie-Region. Als Region mit großen branchenspezifischen Ressourcen – unter anderem in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Land- und Ernährungswirtschaft, Chemie mit Kunststoffwirtschaft und Biotechnologie, Papierindustrie, Textilwirtschaft, Energietechnik sowie Maschinenbau – bieten sich hier vielfältige Anknüpfungspunkte für die Transformation zu einer bioökonomisch fundierten Wirtschaftsstruktur.

Die Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER begleitet und unterstützt diesen Wandel systematisch. Gefördert werden ihre Aktivitäten mit Mitteln aus dem Sofortprogramm für den Strukturwandel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).



Das Landschaftsbild des Rheinischen Reviers wird von großen landwirtschaftlich genutzten Flächen (Bördelandschaft) und einer dörflichen bis kleinstädtischen Siedlungsstruktur sowie Wald- und Rekultivierungsflächen dominiert.

Die Region ist wirtschaftlich stark vernetzt mit den umliegenden Ballungsräumen Köln, Bonn und Düsseldorf, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung daher ebenfalls berücksichtigt werden.

REGIONALE WIRKUNGSEBENE DER BIOÖKONOMIE

Das von der Zukunftsagentur Rheinisches Revier vorgelegte Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1 für das Rheinische Zukunftsrevier⁷ gibt Empfehlungen für den Strukturwandel. Insbesondere im Handlungsfeld „Ressourcen und Agrobusiness“ soll dabei die Transformation der Region im Sinne einer Bioökonomieregion vorangetrieben werden.

Wesentliche Aspekte sind die Herausstellung und Förderung der

hochproduktiven und innovativen Landwirtschaft in der Region sowie deren Vernetzung mit Industrie und Forschung.

Eine regionale Bioökonomie zeichnet sich durch verschiedene nachhaltige Strategien aus. In einer biobasierten Wirtschaft haben nicht nur die Land- und Ernährungswirtschaft eine hohe Relevanz, sondern es gibt zahlreiche intersektorale Überschneidungen, so beispielsweise auch mit mehreren Industriesektoren. Ziel bioökonomischer Ansätze ist die Schaffung einer nachhaltigen, auf dem Anbau nachwachsender Rohstoffe basierenden Wertschöpfung in möglichst vielen Wirtschaftsbereichen.

Von besonderer Bedeutung auf industrieller Seite sind dabei im Rahmen der vorliegenden Studie die Chemie- und Kunststoffindustrie als der wirtschaftlich stärkste Zweig im Rheinischen Revier, die pharmazeutische Industrie inklusive Biotechnologie, die Textilwirtschaft, die Lebensmittelwirtschaft sowie die Holzverarbeitende Industrie.

ZIELE DER VORLIEGENDEN STUDIE

Diese Untersuchung soll verschiedene Bioökonomie-Potenzialfelder im Rheinischen Revier aufzeigen und beispielhaft darstellen. Im Zentrum stehen hierbei die in der Region bereits etablierte Industrie, die in die Entwicklung einer Modellregion für nachhaltige Bioökonomie im Rheinland zwingend einbezogen werden muss, sowie die potenziell zukünftige Industrie, für deren Ansiedlung und Etablierung passende Rahmenbedingungen geschaffen werden sollten.

Diese Studie fokussiert entsprechend auf die Potenziale für die Industrie und Wirtschaft im Rheinischen Revier, die durch den Aufbau einer Bioökonomieregion entstehen, und beschreibt dabei verschiedene Entwicklungs- und Innovationsfelder, die in diesem Rahmen Potenziale entwickeln können.

Sie beleuchtet potenzielle Technologiefelder und Wertschöpfungsketten, die hierauf basieren und durch die Nutzung von landwirtschaftlich produzierter Biomasse und Reststoffen im Rahmen der industriellen Nutzung entstehen.



HINTERGRUND UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Ziel ist es, die Potenziale zur Modellregion für die Ressourcenwende von einer Kohleregion in eine Bioökonomie-region aufzuzeigen und zu beleuchten. Die Studie entwickelt dabei keine Zahlenmodelle und bleibt deskriptiv.

Bioökonomie-Akteure in der Region

Im Rahmen der Potenzialstudie werden als Bioökonomie-Akteure vor allem solche Einrichtungen und Unternehmen bezeichnet, die bereits jetzt einem erweiterten Bioökonomie-Umfeld zugeordnet werden können und sich in diesem Bereich betätigen (Landwirtschaft und Biomasseproduktion, Forschung und Entwicklung, Produktion, Entsorgung u. a.).

Dazu gehören neben zahlreichen akademischen Institutionen, die interdisziplinäre und produktorientierte Forschung, Ausbildung und Entwicklung im Bioökonomie-Umfeld betreiben, vor allem auch Unternehmen, die bereits biobasierte Rohstoffe bzw. biologische Systeme im Rahmen ihres Wertschöpfungsprozesses einsetzen.

Die regionale Wissens- und Bildungslandschaft wird eingehend in einer weiteren Potenzialstudie zur Bioökonomie im Rheinischen Revier „Wissen und Bildung“ untersucht. Sie beleuchtet sowohl die akademische wie die nichtakademische Bildung.³⁹

Ergänzt werden diese in der Potenzialstudie durch etablierte Unternehmen der produzierenden Industrie im Bereich Chemie und Kunststoff sowie der Abfallentsorgung, die aktuell noch auf konventionelle Rohstoffe

aufbauen, jedoch durch eventuelle Veränderung des Rohstoffspektrums ein Potenzial für die regionale Bioökonomie darstellen.

Statistische Grundlagen

Als Grundlage der systematischen Erfassung und der Potenzialanalyse der Industriebetriebe wird die gültige Klassifikation des Statistischen Bundesamtes WZ08 bzw. die VO 1893/2006 des Europäischen Parlaments zur Klassifikation der Wirtschaftszweige zugrunde gelegt, um eine größtmögliche Vergleichbarkeit für potenzielle Auswertungen zu haben. Die Aufarbeitung der Potenziale für die Industriebereiche erfolgt entlang dieser Klassifizierung. Mithilfe eines initialen regionalen Unternehmensmappings wurden dabei bereits zahlreiche Unternehmen identifiziert, die in die Potenzialstudie einbezogen werden.

Im Folgenden werden diese Industriebereiche konzentriert betrachtet und – in Verbindung mit verschiedenen technologischen Trends für die verschiedenen Wirtschaftszweige im Rheinland – vorhandene Potenziale für neue bioökonomische Wertschöpfungsketten und -netze in der Region aufgezeigt. Ergänzend werden Industriebereiche betrachtet, die als Zulieferer, Dienstleister und Logistikunternehmen für die betrachteten Industrien zur Verfügung stehen. Den Schwerpunkt bilden dabei Technologieentwicklungen und deren Potenziale, neue Wertschöpfungsketten zu etablieren und vorhandene zu stärken.

Analyse der regionalen Stoffströme

Ein wichtiges Element der vorliegenden Studie ist die Abbildung der derzeitigen regionalen Wirtschaftsstrukturen und Stoffströme mit einem besonderen Fokus auf der regionalen Industrie. Als Datenquellen dienen vorrangig die öffentlich verfügbaren Daten des Statistischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen sowie weitere Statistiken, etwa zum Abfallaufkommen auf Ebene der Verwaltungsebenen. Existierende Datenlücken wurden durch eine Literaturrecherche und Gespräche mit Expertinnen und Experten sowie durch die Expertise des Autorenteam geschlossen. Darauf aufbauend werden bisher ungenutzte Rohstoffpotenziale und damit zusammenhängende wirtschaftliche Effekte identifiziert.

Regionale Fallbeispiele

Die Studie präsentiert neben der Analyse der in der regionalen Industrie vorhandenen bioökonomischen Potenziale auch acht Fallbeispiele, die verdeutlichen, welche potenziell neuen Wertschöpfungsketten sich auf der Basis der vorhandenen Betriebs- und Infrastrukturen aus einer Vernetzung der verschiedenen Industrien im Rheinischen Revier ergeben können. Neben der Produktion von Spezialkulturen für die industrielle Biomassenutzung, Verfahren zum chemischen Recycling sowie der Nutzung von Biochemikalien und Technologien für Pharmazeutika geht es dabei unter anderem auch um die innovative Nahrungsmittelproduktion sowie den Wissenstransfer zwischen Forschung und Wirtschaft.

Strategische Ziele für das Rheinische Revier, die sich im Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1⁷ für die Region wiederfinden, sind unter anderem:

- Vernetzung, Integration, Wissenstransfer und Strategieentwicklung von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik
- Erschließung neuer Wertschöpfungs- und Nachhaltigkeitspotenziale in bestehenden Unternehmen
- Wissenstransfer von der Forschung in die Unternehmen zur Überbrückung des „Valley of Death“ von der Invention zur Innovation
- Testen kreislaforientierter Ansätze in Reallaboren unter Einbeziehung aller Akteure entlang von Wertschöpfungsketten
- Entstehen und Ansiedeln neuer Unternehmen
- Verknüpfung von Wertschöpfungsketten und Stoffströmen in cross-industriellen Verbänden
- Erfassung der Stoff- und Energieströme im Rheinischen Revier
- Erschließung neuer, nachhaltig nutzbarer Rohstoffquellen aus Neben- und Reststoffströmen für die regionale Bioökonomie



STATUS QUO IM RHEINISCHEN REVIER

Die Wertschöpfungsketten der Zukunft bauen auf biobasierten Rohstoffen auf. Die Landwirtschaft im Rheinischen Revier kann sich dabei als Lieferant von industriell nutzbaren Reststoffen in neue innovative Wirtschaftsstrukturen in verschiedenen Industriesektoren integrieren.

ROHSTOFFE AUS LANDWIRTSCHAFTLICHER PRODUKTION

Das Rheinische Revier ist neben dem Braunkohlebergbau geprägt durch eine intensive und hoch produktive landwirtschaftliche, ackerbauliche Nutzung der verfügbaren Flächen. Wesentliche Anbaupflanzen sind dabei vor allem die Zuckerrübe als Basis der rheinischen Zuckerindustrie sowie Weizen, Mais und Raps. Hinzu kommen der Anbau von verschiedenen Obst- und Gemüsesorten für die heimische Konservenfabrikation und für den Handel sowie vor allem in den Randgebieten zu den umliegenden Städten der Anbau von Gerste für Mälzereien und die Brauereiindustrie.

Durch die stoffliche und energetische Verwertung von Biomasse bietet die Bioökonomie eine Vielfalt an Chancen und Optionen für eine verbesserte Industrieentwicklung, Wertschöpfung und Beschäftigung in der Region. Neue Wertschöpfungsketten und -netze bauen auf vorhandenen Potenzialen auf. Die Landwirtschaft und der ländliche Raum müssen in diese Wertschöpfungsketten voll integriert werden und damit mehr sein als nur Rohstofflieferanten.

Produktion von Nahrungsmitteln steht im Vordergrund

Der Schwerpunkt des landwirtschaftlichen Anbaus von Pflanzen im Rheinland liegt auf der Nahrungsmittel- und Futterproduktion; der Energie- und Industriepflanzenanbau soll zweitrangig bleiben. Dies steht in Einklang mit der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie, die besagt, dass die Lebensmittelproduktion Vorrang behalten soll vor der Erzeugung von Rohstoffen für die Industrie und der Energieerzeugung.⁸

Im Fokus der landwirtschaftlich getriebenen Bioökonomie stehen folglich vor allem etablierte Produktionswege. Punktuell können Sonderkulturen für die Produktion von industriell nutzbaren Pflanzen zur Gewinnung von Biomasse, darunter etwa Agroforstanbau und der Anbau schnellwachsender Pflanzen, sowie für die Produktion spezifischer Inhaltsstoffe oder Fasern hinzukommen.

Die in der landwirtschaftlichen Biomasseproduktion anfallenden Reststoffe verbleiben in der Regel zur Humusregeneration auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Sie stehen damit in der Regel nicht als Rohstoff

„Die Landwirtschaft und der ländliche Raum müssen in die Wertschöpfungsketten voll integriert werden und damit mehr sein als nur Rohstofflieferanten.“

für industrielle Koppelnutzungen zur Verfügung. Dies trifft auch zu auf Reststoffe, die in der Nahrungsmittelproduktion auf der Basis der pflanzlichen Rohstoffe entstehen; diese werden in der Regel direkt oder als Kompost zu den landwirtschaftlichen Betrieben rückgeführt. Über den Bedarf hinausgehende Reststoffmengen werden bereits heute über Biogasanlagen zur Energiegewinnung genutzt.

INDUSTRIESEKTOREN MIT RELEVANZ FÜR DIE BIOÖKONOMIE

Im Rahmen der statistischen Erhebungen des Landes Nordrhein-Westfalen werden regelmäßig Daten zur Anzahl der Betriebe, zu Beschäftigungszahlen und zur Wertschöpfung in verschiedenen Wirtschaftssektoren auf Land-

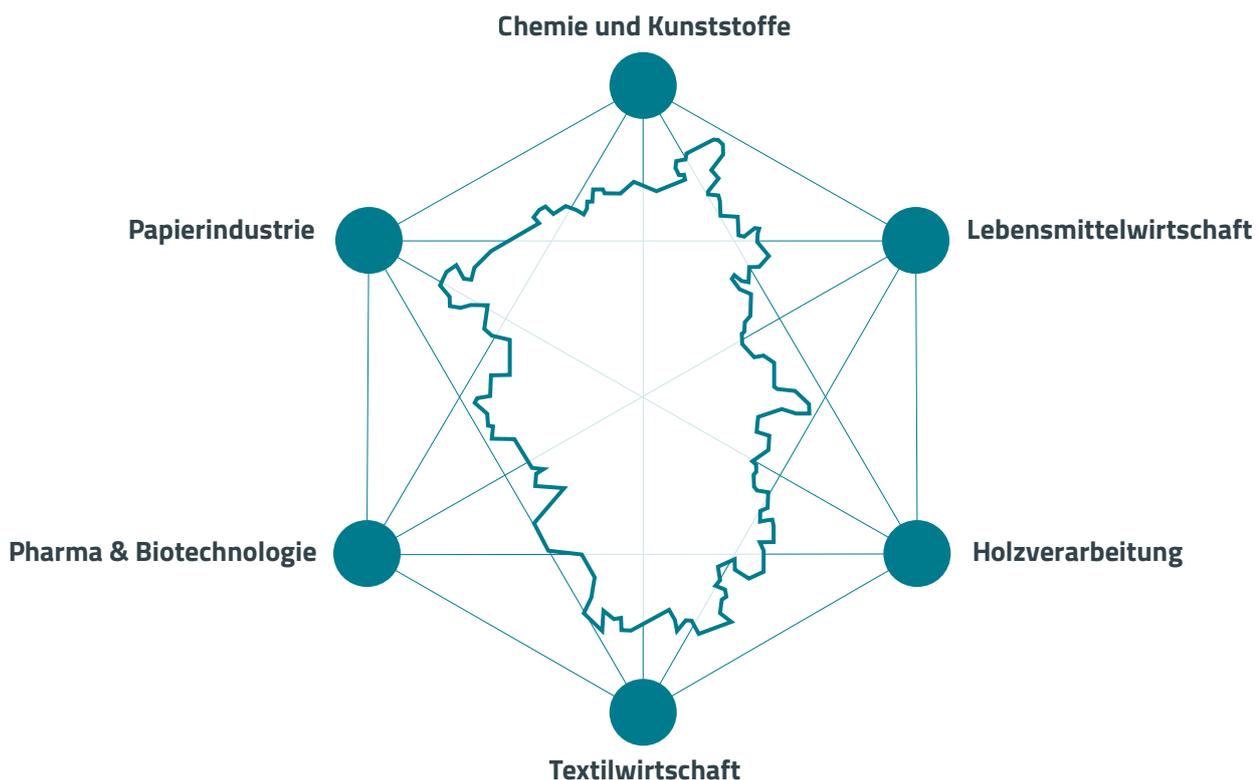
kreisebene erfasst. Basierend auf diesen Daten lassen sich die für die Bioökonomie relevanten Wirtschaftsbereiche extrahieren und der Status quo dieser darstellen.

Als „für die Bioökonomie relevant“ werden dabei die Industriesektoren identifiziert, die aktuell oder potenziell Biomasse nutzen oder biotechnologische Prozesse zur Produktion einsetzen. Im Einzelnen werden die folgenden Industriebereiche als für die Bioökonomie relevant eingestuft und in die Betrachtung einbezogen:

- **Chemie inkl. Kunststoffe:** Die Chemie- und Kunststoffindustrie gehört zu den energieintensivsten Industriezweigen im Rheinland, wo sie mit mehreren Großstandorten sowie zahlreichen mittelständischen und kleinen Unternehmen

„Neben der Lebensmittelwirtschaft werden die chemische und die Kunststoffindustrie potenziell wichtigste Abnehmer von Biomasse und alternativen Kohlenstoffen für die Zukunft werden.“

Abbildung 4: Die relevantesten Industriesektoren für eine regionale Bioökonomie im Rheinischen Revier



„Neue Wertschöpfungsketten und -netze bauen auf vorhandenen Potenzialen auf.“

präsent ist. Sie nutzt für ihre Produktion aktuell zum allergrößten Teil fossile Rohstoffe auf der Basis von Erdöl und Erdgas, Biomasse als Rohstoff spielt heute nur eine sehr untergeordnete Rolle (z. B. Oleochemie, Biokunststoffe, zuckerbasierte Tenside). Der bundesweite Gesamtanteil der biobasierten Rohstoffe an den Gesamtrohstoffen wird auf 10 bis 15 % geschätzt. Zugleich werden neben der Lebensmittelwirtschaft die chemische und die Kunststoffindustrie potenziell wichtigste Abnehmer von Biomasse und alternativen Kohlenstoffen für die Zukunft werden, etwa für den Ersatz etablierter Rohstoffe und Produkte (Drop-in-Lösungen für bestehende Anlagen, etwa durch Bionaphtha oder biotechnologische Produktion) sowie für neue Produkte mit eigenen Produktionswegen und Eigenschaften (Biokunststoffe, organische Säuren, Biotenside u. a.). Auch die Diskussion zur Etablierung von Bioraffinerien bezieht sich vor allem auf die chemische Industrie

und die Kunststoffproduktion. Hier spielen bio- und verfahrenstechnische Prozesse eine zentrale Rolle.

- **Lebensmittelwirtschaft:** Die Ernährungswirtschaft basiert zum allergrößten Teil auf der Nutzung und Verarbeitung von landwirtschaftlich produzierten Gütern, vor allem Getreiden, Obst und Gemüse sowie Produkten der Tierhaltung wie Fleisch, Milchprodukte und Eier.
- **Holzverarbeitung:** Im Rheinland spielt die holzverarbeitende Industrie aufgrund der geringen forstwirtschaftlichen Holzproduktion abseits der Papierproduktion nur eine sehr geringe Rolle und beschränkt sich auf wenige Unternehmen im Bereich der Bauwirtschaft (Bauschreinerien) oder der Möbel- und Konsumartikelproduktion. Der Rohstoff ist dabei in der Regel Holz, seltener beispielsweise Holz-Kunststoff-Kompositmaterialien.
- **Papierindustrie:** Die Papierindustrie nutzt vor allem Holzzellstoff sowie Zellstoff aus Recyclingpapier zur Produktion von Zeitungspapier, grafischem Papier, Pappe und anderen Papierfraktionen. Im Rheinland spielt dabei vor allem die Produktion auf der Basis von Recyclingströmen eine wichtige Rolle, allerdings gibt es auch ein Unternehmen, das Papier auf der Basis von Grasfasern in Düren herstellt. Hinzu kommen Unternehmen, die Papier und Pappe weiterverarbeiten. In Düren ist zu diesem Thema 2020 das Projekt „Modellfabrik Papier“ gestartet, bei dem neue und disruptive Technologien der Papierherstellung und -verarbeitung entwickelt werden sollen.⁹
- **Pharma und Biotechnologie:** Die pharmazeutische Industrie spielt ebenfalls nur eine geringe Rolle, unterscheidet sich jedoch von der holzverarbeitenden Industrie vor allem durch die höhere Wertschöpfung bei geringer Anzahl von

Betrieben und geringeren Produktmengen. Vor allem in den letzten Jahrzehnten nehmen die Bedeutung der industriellen Biotechnologie und der Einsatz von biotechnologischen Produktionsverfahren auf der Basis von Zucker als Fermentationsrohstoff zu.

- **Textilwirtschaft:** Die Textilindustrie in Deutschland und Europa besteht vor allem aus Betrieben der Weiterverarbeitung und ist nahezu 100 % abhängig von Importen von Stoffen und Fasern. Dabei handelt es sich zum größten Teil um Chemiefasern wie verschiedene Polyester, hinzu kommen jedoch auch Textilien auf der Basis von Naturfasern, vor allem Baumwolle oder Wolle, sowie Zellulosefasern wie Viskose oder Lyocell, die sowohl im Bereich der Bekleidungstextilien wie auch der Heimtextilien eingesetzt werden.

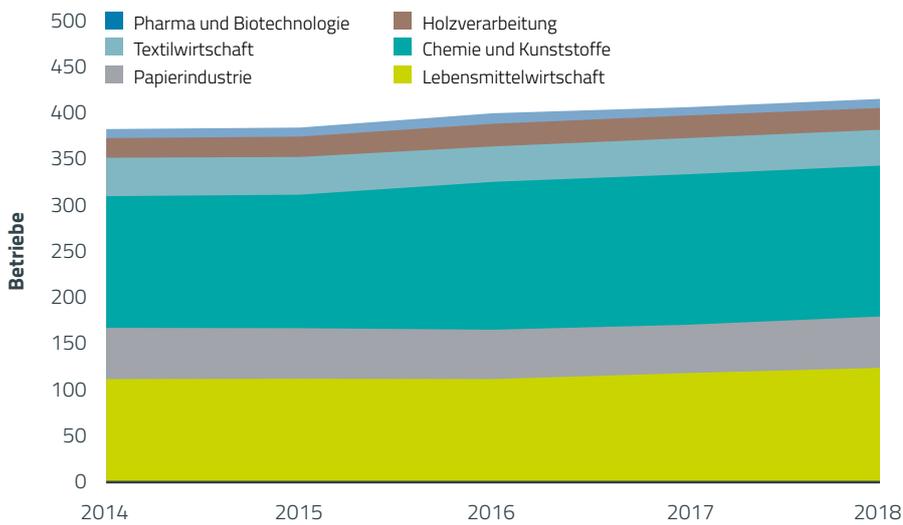
Nicht in dieser Studie betrachtet wurden benachbarte Sektoren wie die Landwirtschaft (siehe Studie „Bioökonomie: Potenziale im Rheinischen Revier – Rohstoffe und Ernährung“¹⁰) und die Energiewirtschaft.

Betriebe und Beschäftigte

Im Folgenden werden die Anzahl der Betriebe, die Beschäftigtenzahlen und die Umsätze dieser Branchen sowie ihre Entwicklung in den letzten Jahren und ihre Verteilung über die zum Rheinischen Revier gehörenden Landkreise dargestellt. Die Datenbasis entstammt dabei dem Statistischen Landesamt von Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2019.

Insgesamt etwa 400 Betriebe des Rheinischen Reviers lassen sich auf der Basis der Statistiken des Statistischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen den für die Bio-

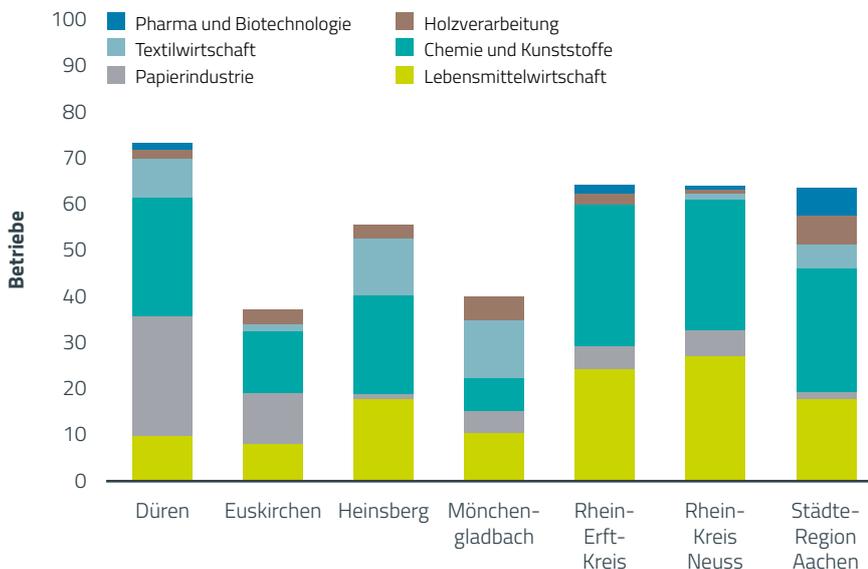
Abbildung 5: Anzahl an Betrieben in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier



nova-Institut, 2020, Datengrundlage Stat. Landesamt NRW, 2019

„Die Bedeutung der industriellen Biotechnologie und der Einsatz von biotechnologischen Produktionsverfahren auf der Basis von Zucker nehmen zu.“

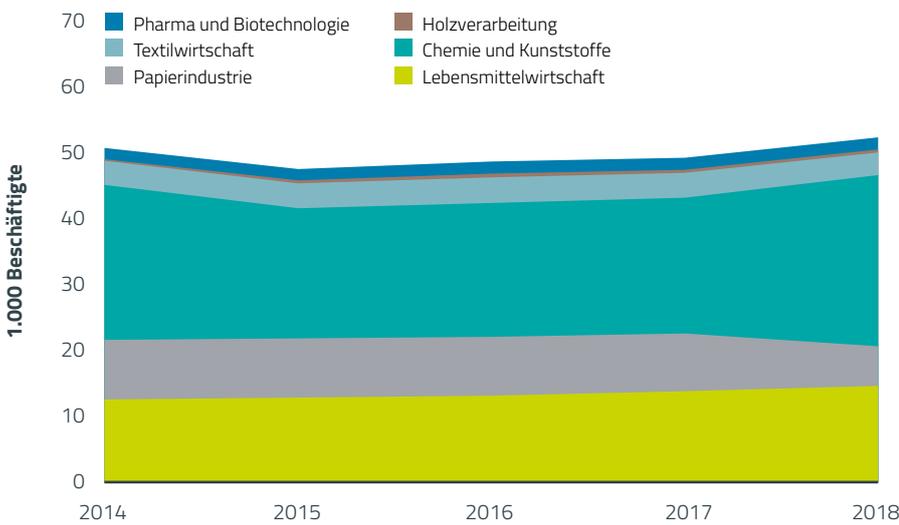
Abbildung 6: Anzahl an Betrieben in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier, Ø 2014–2018



nova-Institut, 2020, Datengrundlage Stat. Landesamt NRW, 2019

STATUS QUO IM RHEINISCHEN REVIER

Abbildung 7: **Beschäftigte in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier**

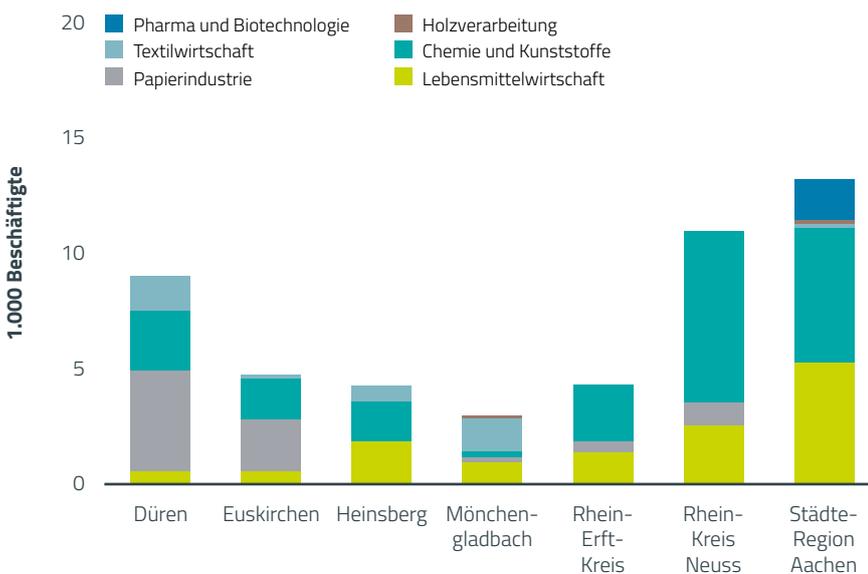


nova-Institut, 2020, Datengrundlage Stat. Landesamt NRW, 2019

ökonomie relevanten Sektoren der Industrie zuordnen. Bei der Anzahl der Betriebe in diesen Sektoren fällt vor allem die starke Rolle der Chemie- und Kunststoffindustrie auf, die 2018 mit insgesamt 163 Betrieben den größten Block ausmachen. Diese befinden sich vor allem in den direkt mit dem Braunkohleabbau assoziierten Landkreisen Düren, dem Rhein-Erft-Kreis, dem Rhein-Kreis Neuss und der StädteRegion Aachen. Zurückzuführen ist dies vor allem auf den Bedarf an Energie, den diese Standorte benötigen und der durch die Braunkohlekraftwerke befriedigt wird.

Die Lebensmittelwirtschaft ist 2018 mit insgesamt 123 Betrieben in der Region ansässig und stellt den zweitgrößten Anteil bezogen auf die Anzahl der Betriebe. Papierindustrie (56 Betriebe), Textilwirtschaft (39 Betriebe) und vor allem holzverarbeitende Industrie (25 Betriebe) und pharmazeutische Industrie (8 Betriebe) sind dagegen vergleichsweise gering vertreten.

Abbildung 8: **Beschäftigte in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier, Ø 2014–2018**



nova-Institut, 2020, Datengrundlage Stat. Landesamt NRW, 2019

Auffällig in der Landkreisverteilung ist die Fokussierung der pharmazeutischen Industrie und auch der holzverarbeitenden Industrie in der StädteRegion Aachen. Die Papierindustrie ist wiederum vor allem in Düren und Euskirchen präsent. Die Textilwirtschaft ist insbesondere in Mönchengladbach und Heinsberg verortet.

Bezogen auf die Beschäftigten spiegelt sich weitgehend das bereits durch die Betriebsverteilung vorgegebene Bild wider. Insgesamt

sind in den für die Bioökonomie relevanten Sektoren in der Region 2014 bis 2018 durchschnittlich etwa 49.500 Personen tätig, davon rund 13.200 in der Ernährungswirtschaft und rund 22.100 in der Chemie- und Kunststoffindustrie. Auffällig im Vergleich zu den Betrieben ist, dass vor allem die Chemieindustrie im Rhein-Kreis Neuss und der Städte-Region Aachen eine deutlich höhere Anzahl von Beschäftigten pro Betrieb aufweist als etwa im Rhein-Erft-Kreis und im Landkreis Düren. Für den Rhein-Kreis Neuss lässt sich dies vor allem auf die hohen Beschäftigtenzahlen im Chemiepark Dormagen zurückführen, in dem unter anderem die Unternehmen Bayer, Lanxess, Covestro und Ineos ansässig sind.

Die Umsätze in den für die Bioökonomie relevanten Sektoren liegen 2018 bei etwa 22,4 Milliarden Euro, wobei die höchsten Umsätze im Rhein-Kreis Neuss (etwa 7 Mrd. Euro) und im Rhein-Erft-Kreis (etwa 6 Mrd. Euro) generiert werden. Auch diese entfallen zum größten Teil auf die chemische Industrie, deren Anteil bei etwa 13 Milliarden Euro liegt. Generiert wird dieser Umsatz vor allem in den Chemieregionen im Rhein-Erft-Kreis und im Rhein-Kreis Neuss, womit die Chemie- und Kunststoffindustrie im Rhein-Erft-Kreis den höchsten Umsatz pro beschäftigter Person und pro Betrieb aufweist. Im Rhein-Kreis Neuss ist zudem der hohe Anteil der Lebensmittelwirtschaft neben der chemischen Industrie am Umsatz auffällig.

Abbildung 9: **Umsatz in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier**

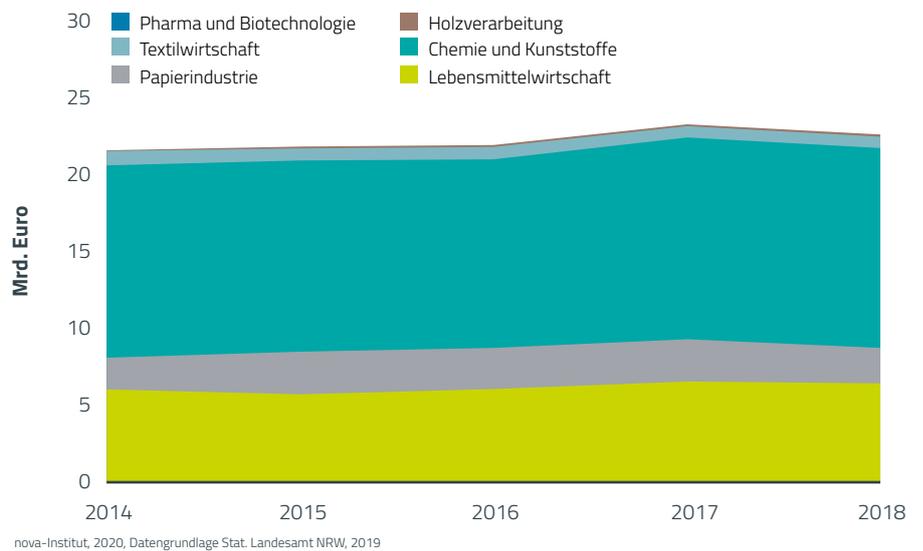
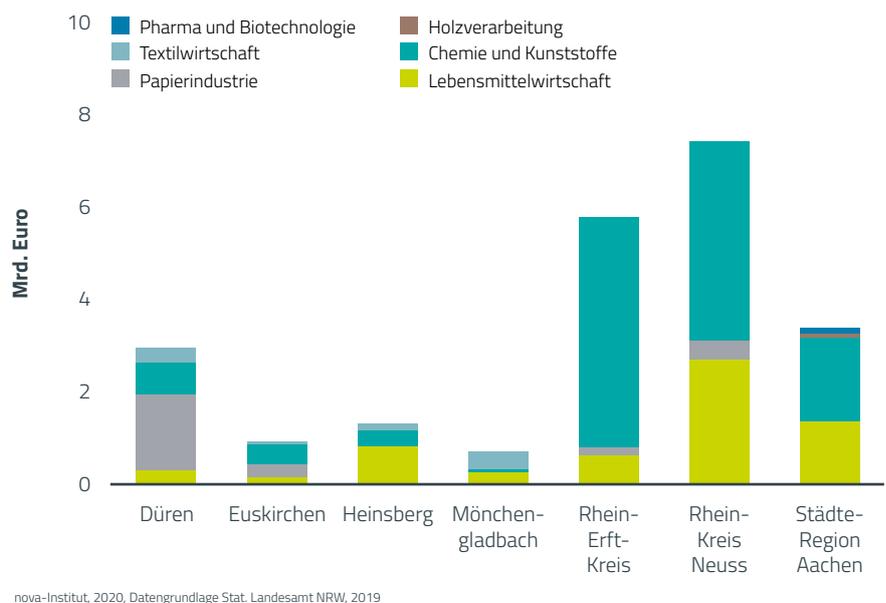


Abbildung 10: **Umsatz in für die Bioökonomie relevanten Sektoren im Rheinischen Revier, Ø 2014–2018**





POTENZIALBETRACHTUNG DER BIOÖKONOMIE

Neue industrielle Wertschöpfungsketten können im Rheinischen Revier nicht nur aus den begrenzt verfügbaren Roh- und Reststoffen der Landwirtschaft entstehen. Für den Aufbau einer Bioökonomie ergeben sich interessante Optionen insbesondere auch durch die Anwendung innovativer Technologien und die Schaffung neuer Synergien.

TECHNOLOGIE UND WIRTSCHAFT

Durch die Bioökonomie ergeben sich zahlreiche wirtschaftliche und technologische Potenziale für die Entwicklung des Rheinischen Reviers wie beispielsweise:

- **Neue Wertschöpfungsketten** – Nutzung von biogenen Reststoffen und Abfällen durch industrielle Biotechnologie und chemische Industrie oder auch die Nutzung biogener Rohstoffe für neuartige Nahrungsmittel (Novel Food), Pharmazeutika und andere Wirtschaftszweige etc.
- **Neue Optionen für Zukunftstechnologie** – Agro-Robotik, Precision Farming, Digitalisierung in der Landwirtschaft, Vertical Farming (auf ehemaligen Industrieflächen, Stadtrandgebieten), dezentrale und integrierte Bioraffinerie-Konzepte usw.
- **Forschung und Technologietransfer** – Innovative Ansätze in Züchtung und Landwirtschaft durch Digitalisierung und Automatisierung, nachwachsende Rohstoffe und Nutzung von marginalen Flächen (im Tagebau), biobasierte Rohstoffe für die Industrie, Nutzung von Rest- und Abfallstoffen (Upcycling), Kopplung von Bioökonomie mit regenerativen Energiesystemen
- **Neue und verbesserte Nutzpflanzen und Spezialkulturen** für industrielle Anwendungen, etwa bislang nicht etablierte Sonderkulturen wie spezifische Öl- und Faserpflanzen,

Algen oder andere industriell relevante Rohstoffpflanzen. Hinzu kommen die Optionen, durch neue Züchtungsmethoden wie Genome Editing oder Hochdurchsatz-Geno- und Phänotypisierung verbesserte Spezialkulturen zu entwickeln.

- **Ausbau erneuerbarer Energien** wie Windkraft, Solarenergie und Hybridtechnologien der landwirtschaftlichen Produktion und der Energieerzeugung (Kopplung und Doppelnutzung von Flächen)
- **Verknüpfung mit anderen Formen der Nutzung von erneuerbarem Kohlenstoff** (CO₂-Nutzung, Reststoffnutzung und Recycling) sowie erneuerbarer Energien und Wasserstoff in benachbarten Industriestandorten

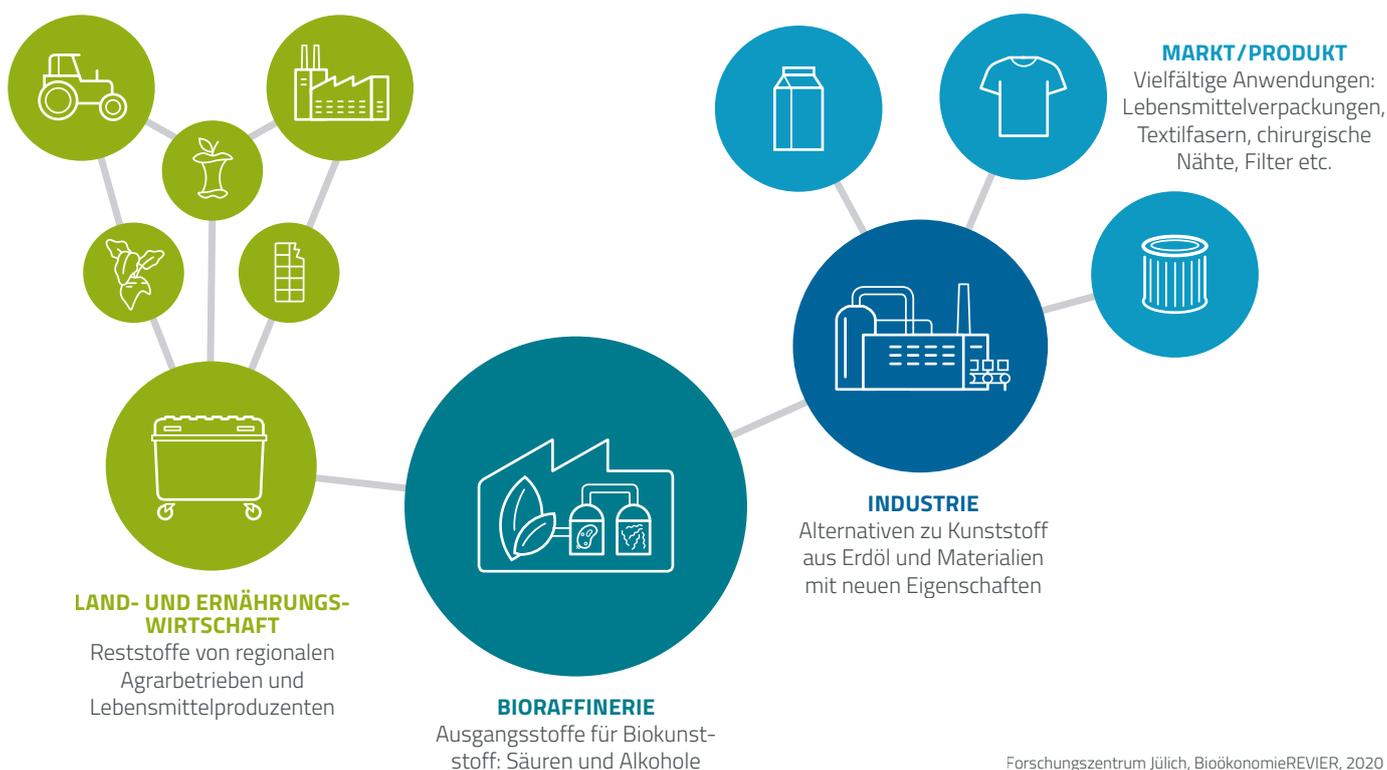
Dazu wird bereits umfangreich und fachübergreifend in verschiedenen Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Rheinischen Revier geforscht, etwa in den Disziplinen Agrar- und Pflanzenwissenschaften, Bioinformatik, Chemie, Biotechnologie, Verfahrenstechnik, Maschinenbau und weiteren.

Alle diese und weitere Optionen sind abhängig von den verfügbaren Rohstoffen, den industriellen Vernetzungen in der Region und ihrem Zusammenspiel mit den lokalen Forschungseinrichtungen.

„Alle diese Technologien sind abhängig von den verfügbaren Rohstoffen, den industriellen Vernetzungen in der Region und ihrem Zusammenspiel mit den lokalen Forschungseinrichtungen.“

POTENZIALBETRACHTUNG DER BIOÖKONOMIE

Abbildung 11: Integrierte Bioraffinerien bieten technologische Potenziale für das Rheinische Revier



„Neben der Landwirtschaft bilden auch die Forst- und Holzwirtschaft, die Landschaftspflege und – vor allem perspektivisch – die Entsorgungsindustrie eine zentrale Quelle für biogene Rohstoffe.“

Die Potenziale der Landwirtschaft stehen in dieser Studie nicht im Mittelpunkt, entsprechend soll auf diese nur peripher eingegangen werden – sie sind jedoch zentraler und treibender Bestandteil einer potenziell nachhaltigen Bioökonomie in der Region. Um ihre Bedeutung zu erkennen, ist es notwendig, den aktuellen Status der Wertschöpfungsketten im Rheinischen Revier im Bereich der Bioökonomie darzustellen und darauf aufbauend neue Potenziale zu identifizieren.

ROHSTOFFQUELLEN FÜR DIE BIOÖKONOMIE

Die aktuell etablierten Wertschöpfungsketten im Rahmen der Bioökonomie im Rheinischen Revier bauen vor allem auf der landwirtschaftlichen

Produktion von Getreiden wie Weizen, Mais und Gerste, Zuckerrüben, Raps sowie Sonderkulturen wie Obst und Gemüse auf.

Die industrielle Nutzung von landwirtschaftlichen Produkten in der Region über die Lebensmittelwirtschaft hinaus ist dagegen nur sehr marginal ausgeprägt und beschränkt sich auf die Nutzung von einigen Reststoffen zur Biogasproduktion sowie unter Umständen einigen Produkten und Nebenprodukten der Zuckerproduktion, Melasse und Zuckerdicksaft, als Rohstoff für Fermentation für Bioethanol oder Hefeproduktion abseits der Region.

Neben der Landwirtschaft bilden auch die Forst- und Holzwirtschaft, die Landschaftspflege und – vor

allem perspektivisch – die Abfallwirtschaft eine zentrale Quelle für biogene Rohstoffe.

Damit die Landwirtschaft mit den angebauten Nutzpflanzen die an sie gestellten Ansprüche voll erfüllen kann, bedarf es einer Modernisierung mit neuen Technologien wie etwa den Möglichkeiten der Digitalisierung, der Automatisierung und der Präzisionslandwirtschaft.

Für eine naturressourcenschonende Landwirtschaft sind die gezielte Rückführung von festen wie flüssigen Reststoffen als Düngemittel vor allem hinsichtlich Phosphor und die Humusregeneration landwirtschaftlich genutzter Böden zentral. Ebenso ist ein nachhaltiger und gezielt eingesetzter Pflanzenschutz, der in Zukunft über intelligente Systeme gewährleistet werden muss, von Bedeutung.

Etablierte Anbau- und Erntesysteme sowie traditionelle Nutzungswege müssen durch neue Technologieoptionen wie denen der Biotechno-

logie, der modernen Sensorik und der Robotik weiterentwickelt werden. Gerade in Deutschland und speziell auch im Rheinischen Revier sind allerdings bioökonomische Konzepte zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und der landwirtschaftlichen Nachhaltigkeit bereits integriert und es besteht eine große Affinität zu neuen Technologien (siehe Fallbeispiel 8, Seite 64).

Über Agrargenossenschaften und Einrichtungen wie den Maschinenring werden Prozesse der Produktion und Ernte sowie der anschließenden Nutzung optimiert und neue Technologien implementiert. Vor allem in der Zuckerrübenproduktion und -ernte sowie anschließender Verarbeitung spielen Digitalisierung und Logistikoptimierung eine sehr zentrale Rolle, um Engpässe und Verluste zu reduzieren oder zu vermeiden.

Nachhaltige Biomasse-Produktion

Es ist zu erwarten, dass in Zukunft mehr und vor allem ressourcenschonender und nachhaltiger Biomasse

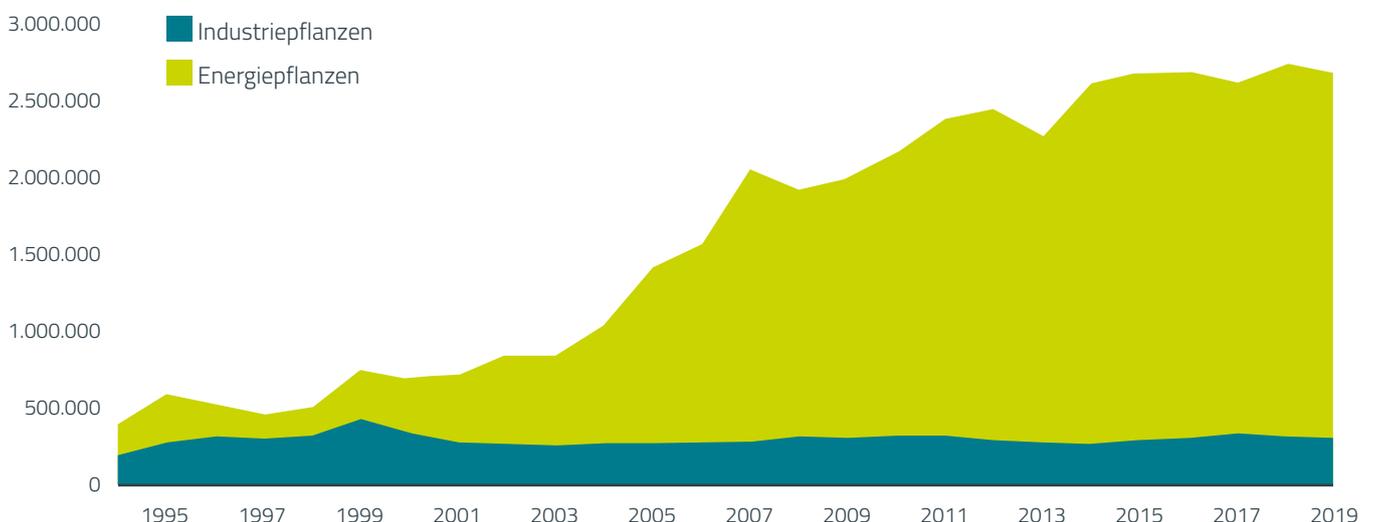
produziert und genutzt werden kann und auch neue Pflanzensorten zur Verfügung stehen, die diese Ziele ermöglichen. In welchen Bereichen diese zusätzliche Biomasse verwendet wird, ist eine Frage der Priorisierung.

Neue Anwendungsbereiche der landwirtschaftlich produzierten Biomasse für biobasierte Chemikalien in der chemischen Industrie sowie die zusätzliche Nutzung von biogenen Abfallströmen für hochwertige Produkte könnten die Wertschöpfung der landwirtschaftlichen Produktion deutlich erhöhen.

Eine weitere Ausweitung auf Produkte für die Feinchemie (Kosmetika, Reinigungsmittel und andere Spezialchemikalien) und für biogene Materialien wie biobasierte Kunststoffe und Komposite könnten zum einen das Produktspektrum erweitern und zum anderen neue Wertschöpfungspfade und industrielle Verknüpfungen beleben.

Durch die Lage des Rheinischen Reviers in direkter Nachbarschaft zu den

Abbildung 12: **Anbaufläche Energie- und Industriepflanzen in Deutschland in Hektar, 1994–2019**



nova-Institut, 2020, Datengrundlage www.bio-based.eu/graphics, Quelle: FNR 2020



„Es ist zu erwarten, dass in Zukunft mehr und vor allem ressourcenschonender und nachhaltiger Biomasse produziert und genutzt werden kann und auch neue Pflanzensorten zur Verfügung stehen.“

Industrie- und Chemieregionen Nordrhein-Westfalens, deren Ansiedlung in den Randbereichen des Rheinischen Reviers historisch durch die Kohle und die dadurch kostengünstige Energie bedingt wurde, kann auch die Landwirtschaft als Rohstofflieferant für hier etablierte und neue Unternehmen profitieren.

BIOGENE RESTSTOFFE

Ein großer Teil biogener Reststoffe wird über den Hausmüll entsorgt und gelangt entsprechend mit diesen Fraktionen in die Entsorgung. Getrennt gesammelte Bio- und Grünabfälle stellen dementsprechend nur einen Teil der tatsächlichen biogenen Abfallfraktionen dar, liegen jedoch in weitgehend reinen Biomassefraktionen vor – von Fehlwürfen wie Abfallbeuteln abgesehen. Die Verwertung und Entsorgung dieser Bio- und Grünabfälle erfolgt aktuell vor allem in industriellen Anlagen, die die Abfälle zu Kompost verarbeiten und häufig zusätzlich Biogas produzieren.

Die Menge an gesammelten Bio- und Grünabfällen in Deutschland hat sich im Zeitraum von über zwanzig Jahren (1995 bis 2016) um rund 1 Million Tonnen auf rund 2 Millionen Tonnen verdoppelt. Die Zunahme ist in vielen Regionen im Wesentlichen auf die Einführung der Biotonne zurückzuführen, die eine getrennte Sammlung von biogenen Abfällen und gemischten Haushaltsabfällen ermöglicht.

Rund 60 % oder 1,2 Millionen Tonnen Bioabfall entstammen der Biotonne. Das sind im Schnitt 70 kg pro Einwohner an Bio- und Grüngutabfällen im Jahr, die über die Biotonne eingesammelt werden. Folglich ist die Bedeutung von Bioabfällen als potenzieller Rohstoff auch für die industrielle Verwertung gestiegen. Derzeit erfolgt für diese Reststoffe meist eine Kompostierung oder die energetische Verwertung, sodass neue und höherwertige Verwertungswege in Abstimmung mit den kommunalen Entsorgern denkbar scheinen. Zur optimalen

Tabelle 1: **Bio- und Grünabfallmengen im Rheinischen Revier in Tonnen**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bioabfälle (Biotonne)	205.743	209.229	203.178	225.995	210.347	217.020	215.514
Grünabfälle	74.236	73.004	74.205	85.499	80.900	84.352	87.344
Summe Bio- und Grünabfälle	279.979	282.235	277.383	311.495	291.246	301.372	302.858

Stat. Landesamt NRW/LANUV

Effizienzausnutzung empfiehlt sich eine Kombination aus energetischer und stofflicher Verwertung (Kaskadennutzung).¹² Im ersten Abschnitt der klassischen Kaskadennutzung wird aus den Wertstoffen durch Vergärungsprozesse Biogas gewonnen. Hierbei fallen Gärreste an, die flüssige und feste Fraktionen enthalten. Die flüssigen Fraktionen werden als Dünger in der Landwirtschaft verwendet, während feste Gärreste in der Regel über eine Kompostierung weiterverwertet und zu nährstoff- und humusreichem Kompost verarbeitet werden.

Für das Rheinische Revier birgt diese Form der Energie- und Kompostgewinnung ein großes Potenzial zur Verbesserung der Humusbilanzen und der Bodenqualitäten in der Landwirtschaft. Die anfallenden biogenen Fraktionen könnten jedoch auch als Ausgangsstoff für die stoffliche Nutzung im Rahmen einer zukünftigen Bioökonomie genutzt werden.

Im Jahr 2017 sind in den Landkreisen des Rheinischen Reviers über 300.000 Tonnen Bio- und Grünabfälle gesammelt worden (Tabelle 1). Wenn man bedenkt, dass aus einer Tonne Bioabfall 110 m³ Biogas gewonnen werden können, wäre mit einem Biogaspotenzial von über 3.000.000 m³

zu rechnen, das zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung vorhanden wäre. Allein mit 20.000 Tonnen Bioabfall könnte ein Heizkraftwerk betrieben werden, das jährlich Strom für 1.000 bis 1.500 Haushalte liefert. Darüber hinaus können Kompost und Gärreste den Flächen als nährstoffreiche Düngemittel zurückgeführt werden. Bei dieser Verwertung entstehen pro Tonne Bioabfall 350 bis 450 kg nährstoffhaltiger Kompost. Der Umwelt erspart die biologische Abfallbehandlung 70.000 t CO₂ im Jahr.¹³

„Kaskadennutzung: Zur optimalen Effizienzausnutzung von biogenen Reststoffen empfiehlt sich eine Kombination aus energetischer und stofflicher Verwertung.“

„Im Jahr 2017 sind in den Landkreisen des Rheinischen Reviers über 300.000 Tonnen Bio- und Grünabfälle gesammelt worden.“



POTENZIALBETRACHTUNG DER BIOÖKONOMIE

Abbildung 13: **Bioabfallmengen im Rheinischen Revier (gesamt), 2011–2017**

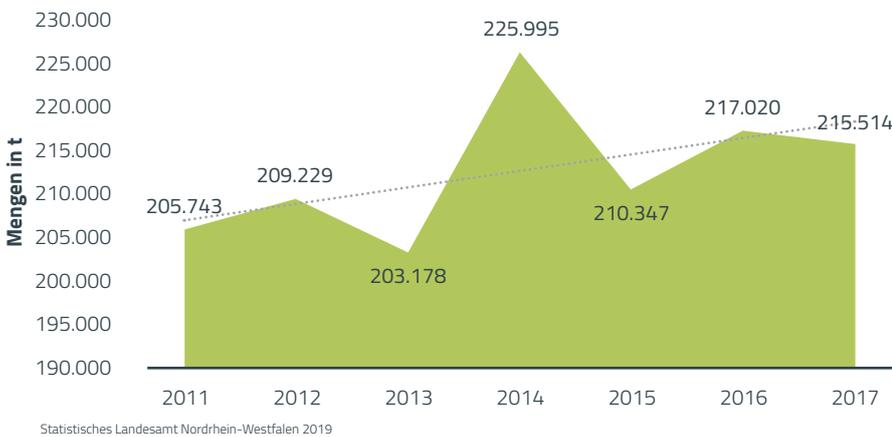


Abbildung 14: **Grünabfallmengen im Rheinischen Revier (gesamt), 2011–2017**

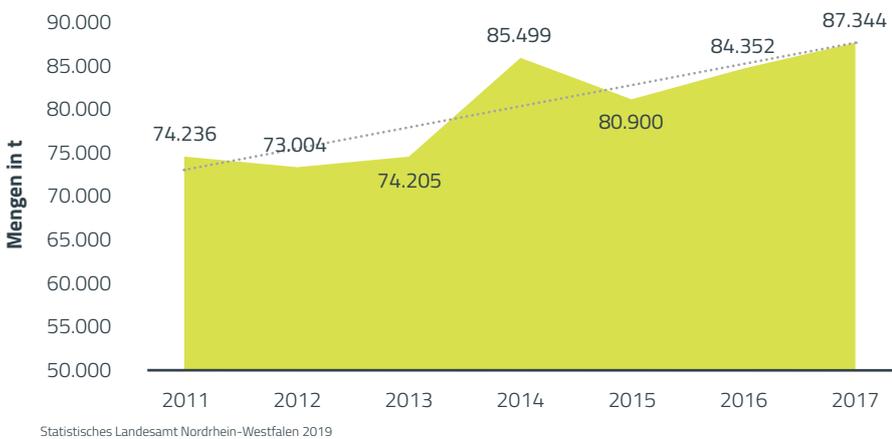


Abbildung 15: **Bio- und Grünabfällen im Rhein. Revier (gesamt), 2011–2017**



Zur weiteren Intensivierung der Abschöpfung noch vorhandener Potenziale an Bio- und Grüngutabfällen wurden durch den Abfallwirtschaftsplan Nordrhein-Westfalen (2017) Städte und Kreise nach ihrer Bevölkerungsdichte Clustern zugeordnet und spezifische Leit- und Zielwerte definiert (Tabelle 2). Berücksichtigt wurden die jeweiligen strukturellen Gegebenheiten, die sich auf das Potenzial auswirken. Langfristig soll ein landesweiter Schnitt von 150 kg/gemeldeter Person an Bioabfall pro Jahr erreicht werden. Die Landkreise des Rheinischen Reviers konnten zumeist die für 2016 herausgegebenen Leitwerte erreichen bzw. übertreffen (Tabelle 2).

Jedoch scheint es, als würde die Biotonnenpflicht keinen Einfluss auf das Erreichen des Leitwerts und auf die durchschnittliche Pro-Kopf-Menge an Bioabfall haben. Die Stadt Mönchengladbach, der Kreis Heinsberg sowie der Rhein-Erft-Kreis haben ihre Leitwerte für 2016 erreicht, obwohl diese ihre Biotonnen überwiegend auf freiwilliger Basis anbieten. Währenddessen hat der Kreis Düren dieses Ziel, trotz verpflichtender Biotonnen, verfehlt (Tabelle 2).

Grundsätzlich kann angenommen werden, dass eine flächendeckende Einführung einer Biotonnenpflicht, vor allem in ländlichen Gebieten, zur Steigerung der Bioabfallmenge pro Kopf führt. In stärker verdichteten Gebieten und Städten (Mönchengladbach) mit eventuell geringeren Entsorgungskapazitäten für den anfallenden Abfall ist eine Pflicht hingegen wenig sinnvoll. Jedoch besteht hier ebenso die Möglichkeit, mit gezielten Strategien die Mengen an Bio- und Grüngutabfällen zu erhöhen. Städte wie Bochum haben beispielsweise durch gezielte

Tabelle 2: **Cluster Leit- und Zielwerte der Abfallwirtschaftsbilanz NRW für das Rheinische Revier in kg/pro Kopf**

Stadt	2016	2017	Leitwert 2016	Zielwert 2021
Cluster ≤ 500 Personen/km²				
Kreis Euskirchen	172	176	150	180
Kreis Heinsberg	153	159	150	180
Kreis Düren	137	137	150	180
Cluster > 500–1000 Personen/km²				
Rhein-Erft-Kreis	139	137	130	160
StädteRegion Aachen	134	131	130	160
Rhein-Kreis Neuss	122	124	130	160
Cluster > 1000–2000 Personen/km²				
Stadt Mönchengladbach	127	126	110	140

Öffentlichkeitsarbeit und Gebührenanreize für die Nutzung einer Bioabfalltonne ihre Pro-Kopf-Menge deutlich steigern können (von 49 kg/Person (2015) auf 80 kg/Person (2016)).

Mit Blick auf die angestrebte Erhöhung der Ressourceneffizienz verweisen diese Erkenntnisse darauf, dass biogene Reststoffe künftig eine zentrale Rolle bei der nachhaltigen Produktion in der Chemieindustrie und anderen Industriesektoren spielen können. Das gilt umso mehr, wenn man die Summe der Reststoffe betrachtet, die sich aus der Biomüllfraktion im Hausmüll, den separat gesammelten biogenen Abfällen aus den Haushalten, den kommunalen und gewerblichen Grünabfällen, den industriellen biogenen Reststoffen sowie dem aus biogenen Abwässern und Abgasen gewonnenen Kohlenstoff ergibt. Eine zunehmende Verwendung dieser Reststoffe führt zur Verminderung der Abfallmengen und einer sinnvollen Verwendung im Sinne einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft.









ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Die Vernetzung der verschiedenen Industrien im Rheinischen Revier führt zu neuen Wertschöpfungsketten. Wie sich diese auf Basis der vorhandenen Betriebs- und Infrastrukturen ergeben können, verdeutlichen acht Fallbeispiele.

Die potenziellen neuen Wertschöpfungsketten werden auf den folgenden Seiten als Fallbeispiele vorgestellt und erläutert. Aufgrund der guten Ausstattung der Region mit etablierter Industrie und Energiewirtschaft, neuen und innovativen Unternehmen sowie der sehr ausgeprägten Forschungslandschaft im Revier und den Randgebieten existiert in der Region und speziell in den besprochenen Potenzialfeldern eine exzellente regionale Innovationslandschaft, wie sie andernorts in dieser Dichte kaum anzutreffen ist.^{14, 15}

Neben den genannten Beispielen gibt es eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten zur Etablierung neuer Wertschöpfungsketten und -netze im Rahmen der Modellregion für nachhaltige Bioökonomie Rheinland, die in ihrer erfolgreichen Etablierung vor allem abhängig sind von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

Neue Rohstoffe für Lebensmittelwirtschaft und andere Industrien

Ein Baustein für neue Wertschöpfungsketten besteht darin, die Verfügbarkeit regional erzeugter Biomasse durch die Landwirtschaft zu verbessern. Die Ackerbaustrategie definiert das Ziel, das Spektrum an Kulturpflanzen auszudehnen. Hierfür sind zunächst pflanzenbaulich und

ökonomisch geeignete Kulturpflanzen zu identifizieren und in Fruchtfolgen zu integrieren. Beispiele hierfür sind Triticale, Dinkel, Emmer, Soja, Erbsen und Ackerbohnen. Sonderfrüchte wie Quinoa werden aktuell erprobt.

Ziel ist es, das Kulturpflanzenpektrum bis 2030 auf mindestens fünf verschiedene Kulturpflanzen je Ackerbaubetrieb zu erhöhen, auch unter Einbeziehung von Zwischenfrüchten, Untersaaten und Mischanbau.¹⁶ Die gegenwärtige Praxis variiert von Betrieb zu Betrieb stark. Manche Betriebe haben ein Anbauspektrum von zwei oder drei, andere bereits von mehreren Kulturen.

Erweiterung des Anbauspektrums

Nachwachsende Rohstoffe, wie etwa die Durchwachsene Silphie als Alternative zum Mais, könnten für eine Erweiterung des Anbauspektrums besonders geeignet sein. Eine schrittweise Erweiterung des Pflanzenspektrums durch Einführung von neuen, mehrjährigen Kulturen, die sich vor allem durch hohe Erträge bei vergleichsweise geringem Ressourceneinsatz auszeichnen („Low-Input-Pflanzen“), ist geboten. Insgesamt ist die stoffliche Nutzung der Biomasse als wesentlich bedeutsamer zu betrachten und einer energetischen Nutzung vorzuziehen.

Fallbeispiel 1:

SPEZIALKULTUREN FÜR DIE INDUSTRIELLE BIOMASSENUTZUNG

Die Nutzung landwirtschaftlicher Produkte im Rheinischen Revier bietet im Rahmen der vorhandenen Grenzen einige Optionen zum Anbau neuartiger Spezialkulturen zur industriellen Nutzung.

Nutzung biogener Abfallströme

Eine systematische Erfassung von Abfallströmen und deren Zuführung zu einer höherwertigen Nutzung tragen wesentlich zu einer sich entwickelnden Kreislaufwirtschaft bei.¹⁰

Bislang sind die Anbaupflanzen, die im Rheinischen Revier industriell eingesetzt werden können, vor allem Zuckerrüben sowie Stärkepflanzen wie Kartoffeln und Weizen. Zucker und Nebenprodukte der Zuckerproduktion (Melasse, Dicksaft) können ebenso wie Stärkehydrolysate (Glucose) als Substrat für die Fermentation und damit als Basis für die industrielle Biotechnologie und auch bereits heute zur Herstellung von Biokraftstoffen (Bioethanol) verwendet werden (vgl. Fallbeispiele 3 und 6).

Stärke wird zudem direkt genutzt, um Polymere wie thermoplastische Stärke (TPS) und andere Stärkepolymere herzustellen, die vielfältig genutzt werden können. Darüber hinaus findet sie Verwendung zur Herstellung von Papierbeschichtungen (Papierstärke) und für andere Anwendungen.

Eine weitere etablierte Kulturpflanze in der Region ist der Raps, der als Ölpflanze genutzt wird und vor allem für

die Herstellung von Pflanzenöl für die Ernährungswirtschaft und den Handel genutzt wird. Rapsöl findet daneben jedoch auch vielfältige Anwendungen in der Feinchemie, der Oleochemie und ebenfalls in der Biokraftstoffherstellung, wo er zu Biodiesel verarbeitet wird und als Nebenprodukt Glycerin liefert, das zum Beispiel für die Herstellung von biobasiertem Epichlorhydrin für Duroplaste und Kompositwerkstoffe, etwa für die Produktion von Windradflügeln, verwendet wird.

Neue Rohstoffpflanzen

Abseits dieser etablierten Anbaukulturen gibt es jedoch weitere Pflanzen, die für die industrielle Nutzung angebaut und als Rohstoffe für die Industrie genutzt werden können. Dies umfasst sowohl Pflanzen, die als Ganzes verwendet werden, wie auch Pflanzen mit spezifischen Inhaltsstoffen, die wertvoll für die Industrie sind. Das Spektrum reicht dabei von alternativen Ölpflanzen wie Krambe, Leindotter und Disteln, die spezifische Öle für die Nutzung in der Feinchemie und Kunststoffproduktion liefern, über Faserpflanzen wie Flachs, Hanf und Fasernesseln, Arzneipflanzen und Färberpflanzen bis hin zu Löwenzahn als potenzieller Rohstoffquelle für Kautschuk.

Vor allem Miscanthus, aber auch die Durchwachsene Silphie oder Igniscum werden zudem gemeinsam mit Pappeln, Paulownien und Weiden aus Kurzumtriebsplantagen als schnellwachsende und lignocellulosereiche Biomasseproduzenten diskutiert und erforscht. Im Rheinischen Revier gibt es bereits Arbeitsgruppen, die am Anbau dieser Spezialkulturen arbeiten, unter anderem an Miscanthus, Disteln und Cannabis. Das Innovationslabor AZUR der Initiative Bioökonomie-REVIER widmet sich neuen Kultivierungskonzepten für Freiland- und Gewächshausanbau am Beispiel der Arzneipflanze Arnika.¹⁷

Nutzung von Tagebauflächen

Das Rheinische Revier bietet hier zahlreiche Möglichkeiten zum temporären Anbau dieser Spezialkulturen in Flächen, die durch den Kohleausstieg wieder freigegeben werden und gerade für Pflanzen mit weniger hohem Anspruch an die verfügbaren Böden und Nährstoffe (Marginalflächen) genutzt werden können. Die Grubenbereiche bieten hierfür sowohl für die Erforschung wie auch den Anbau unter verschiedenen Bedingungen optimale Versuchsflächen, wie dies auch im Konzept der Reallabore im Kapitel des Revierknotens Ressourcen und Agrobusiness im WSP 1.1 konzeptionell dargestellt ist⁷ und im Rahmen von BioökonomieREVIER als Innovationslabor Marginal Field Lab realisiert wird (siehe Fallbeispiel 8).¹⁸

Dieses Konzept bietet zugleich die Möglichkeit, die Anpassungsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Pflanzen an sich regional verändernde Klimaverhältnisse zu erforschen sowie die Anbaumethoden entsprechend zu optimieren.

Klimatische Veränderungen

Das Rheinland ist, wie weitere Regionen in Mitteleuropa, geprägt durch zunehmende Trocken- und Hitzeperioden, die für die Landwirtschaft bereits heute eine besondere Herausforderung darstellen und neue Anbaumethoden und Produktionsverfahren erfordern. Zugleich soll durch eine Optimierung der Landwirtschaft der ökologische Fußabdruck minimiert werden, was vor allem eine mehr auf Gewässerschutz gerichtete Veränderung der Düngung und des Pflanzenschutzes sowie eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen und eine Verbesserung der Ressourceneffizienz im landwirtschaftlichen Bereich beinhaltet.

Insofern können gerade die in der Region bereits etablierten Innovationslabore (z. B. Brainergy FieldLab¹⁹, SL-BioDig²⁰, Marginal Field Lab¹⁸) und weitere Reallabore wichtige Flächen für die angewandte und großflächige Erforschung neuer Technologien sein, mit denen die genannten Ziele der Landwirtschaft erreicht werden sollen. Hier besteht großes Innovationspotenzial durch regionale Forschung.

Innovative Züchtungen

Durch neuartige Züchtungstechnologien wie Genome Editing, Mutationszüchtung, Hochdurchsatzverfahren und weitere können die Anbaupflanzen zudem sowohl bei ihren Bedarfseigenschaften und Resistenzen gegenüber klimatischen Verhältnissen und Schädlingsbefall wie auch bei den zu erwartenden Produkteigenschaften optimiert werden. Gerade für diese Bereiche besteht ein hohes regionales Innovationspotenzial durch Forschungsprojekte im Revier.

Über diese Spezialkulturen hinaus sind jedoch auch Anbaukonzepte denkbar, die unabhängig von der Qualität der verfügbaren Flächen auch an ehemaligen Industriestandorten und durch Industrie kontaminierten Flächen etabliert werden können, da sie nicht direkt auf dem Boden, sondern in speziellen Anbausystemen realisiert werden.

Hierzu gehören etwa Konzepte des „Vertical Farming“, bei denen vor allem empfindliche Gemüse- und Salat-anbausysteme in großen Hallen installiert werden, sowie Algenfarmen, in denen in verschiedenen Algenanbausystemen Süß- und Salzwasseralgen kultiviert werden können. Anlagen dieser Art werden u. a. im Forschungszentrum Jülich aufgebaut und erforscht.

Algen als Rohstoff

Algen wie auch Cyanobakterien („Blaualgen“) können artabhängig und abhängig von ihren Inhaltsstoffen als Rohstoff für verschiedene Industriezweige dienen, zum Beispiel aufgrund spezifischer Inhaltsstoffe wie Astaxanthin oder Carotinoiden für die Ernährungswirtschaft oder die Pharmaindustrie. Reine Algenmasse

aus definierten Algen kann durch Fermentation gewonnen werden. Diese definierte Biomasse kann dann in der Pharmaindustrie oder in einem anderen Sektor in einer wirtschaftlichen Höherverwertung eingesetzt werden.

Vor allem Spirulina-Algen, eigentlich Cyanobakterien, werden heute aufgrund ihres hohen Anteils an Vitamin B12 und anderer Inhaltsstoffe als „Superfood“ betrachtet und sind beliebte Nahrungsergänzungsmittel. Aufgrund der mit hohem Aufwand verbundenen Reinhaltung der Kulturen werden diese wohl eine Nische bleiben. Andere Algen haben hohe Anteile von Omega-3-Fettsäuren oder spezifischen Proteinen und sind deshalb beliebt als Sportlernahrung. Auch als alternatives Fischfutter für die Lachs-, Forellen- und Garnelenzucht sowie als Zuschlagmittel für die Haustierernährung spielen Algen mit entsprechenden Inhaltsstoffen eine zunehmend wichtige Rolle.

Perspektivisch können Algen auch als CO₂-Senker (siehe Fallbeispiel 4 unter CCU-Technologien) dienen und so in großem Maßstab CO₂ aus Abgasen aufnehmen und in Biomasse umwandeln.



Fallbeispiel 2:

INNOVATIVE NAHRUNGSMITTELPRODUKTION

Bereits heute ist die Nahrungsmittelproduktion im Rheinland ein wesentlicher Faktor der Bioökonomie. Für den Strukturwandel im Rheinischen Revier ergeben sich daraus verschiedene Potenziale.

Nach Erhebungen der Prognos AG erwirtschaftete der Sektor der Land- und Ernährungswirtschaft im Rheinischen Revier 2016 eine Bruttowertschöpfung von 2,75 Milliarden Euro.¹⁰ Sie umfasst vor allem die Zuckerindustrie, die Konservenproduktion, Getreide- und Ölmühlen sowie die Konfitürenherstellung, aber auch Direktvermarkter und Vermarktungsunternehmen sowie das Brauereiwesen mit zahlreichen Brauereien vor allem in den angrenzenden Stadtgebieten sowie die Herstellung von Süßwaren, Gebäck und weiteren Nahrungsmitteln für die Bevölkerung im Rheinischen Revier und die angrenzenden Städtereionen.

Diese etablierte Nahrungsmittelwirtschaft wird auch in Zukunft ein wesentliches Standbein der Bioökonomie der Region sein. Wie dargestellt bestehen enge Verknüpfungen zwischen der Lebensmittelproduktion und der Landwirtschaft, die einen wesentlichen Teil der Rohstoffe liefert. Zugleich produziert die Lebensmittelwirtschaft neben den eigentlichen Produkten Reststoffströme, die zu einem großen Teil in die Landwirtschaft rückgeführt und als Kompost oder als Biogasrohstoff genutzt werden. Diese Verknüpfungen sind

nur peripher Gegenstand dieser Studie, spielen jedoch eine zentrale Rolle für die Rohstoffverfügbarkeit in der Bioökonomieregion.

„Novel Food“

Unabhängig von dieser traditionellen Rolle der Lebensmittelproduktion gibt es jedoch auch in der Lebensmittelherstellung Potenziale für industrielle Innovationen und Zukunftstechnologien, vor allem in Bereichen des „Novel Food“. Diese basieren teilweise auf den Möglichkeiten der industriellen Biotechnologie (vgl. Fallbeispiele 3 und 6), teilweise auf der Weiterentwicklung bestehender Technologien sowie auf der Entwicklung vollständig neuer Produktionszweige in der Lebensmittelwirtschaft. Der Food Campus Elsdorf ist eines der Strukturwandelprojekte, die sich dem Thema „Food meets Biotech“ annehmen. Mit Allulose, einem Epimer der Fructose, und Cellobiose, einem alternativen Milchzucker, hat Savanna Ingredients GmbH aus Elsdorf, ein Spin-off des Zuckerproduzenten Pfeifer & Langen, zwei Novel Foods bereits zur Zulassung eingereicht.²¹

Zudem sind Verzahnungen mit Industrien denkbar, die bislang nicht

bestehen, etwa durch die Nutzung von Reststoffen, Abgas- und Abwasserströmen der chemischen Industrie oder der Werkstoffproduktion (vgl. Fallbeispiel 3). Hier bieten sich Ansatzpunkte für die Vernetzungsaktivitäten der Koordinierungsstelle der Initiative BioökonomieREVIER. Die Weiterentwicklung bestehender Technologien führt in der Regel zu höherer Effizienz der Prozesse und der Nutzung von bisher wenig genutzten Nahrungsmittelbestandteilen für neue Produktionszweige; ein Beispiel dafür ist die Herstellung von alternativen Süßungsmitteln auf der Basis von Hemicellulosen oder Nanocellulose aus den Zuckerrübenschnitzeln in der Zuckerproduktion.

Nachhaltige Proteinquellen

Ein wesentliches weiteres Ziel der Entwicklungen in der Nahrungsmittelproduktion ist die Bereitstellung nachhaltig produzierter, proteinreicher Nahrungs- und Futtermittel. Auch hier stehen verschiedene Zukunftstechnologien zur Verfügung, die vor allem für die zukünftige Produktion von alternativen Proteinquellen zur gesunden Ernährung der Bevölkerung und als im Vergleich zu konventionellen Strategien nachhaltige Optionen für die Fütterung von Tieren betrachtet werden.

Beispiele hierfür sind die Herstellung pflanzlicher Proteine auf der Basis proteinreicher Spezialkulturen, etwa von Lupinen-, Erbsen- oder Bohnenkulturen. Auch die Herstellung von proteinreichen Algen und sogenannter Einzelzellproteine (Single Cell Proteins), bei denen es sich in der Regel um Biomasse in Form von Bakterien- oder Pilzkulturen handelt, ist in diesem Kontext zu betrachten.

Kultivierung von Insekten

Ergänzend ist auch die Entwicklung zur Nutzung von Insektenproteinen und damit der Aufbau von Insektenfarmen, in denen Reststoffe etwa an Larven des Mehlkäfers („Mehlwurm“, *Tenebrio molitor*), des Glänzend-

schwarzen Getreidekäfers („Buffalo-Wurm“, *Alphitobius diaperinus*) oder der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) sowie in speziellen Umgebungen an Termiten verfüttert werden. Diese können dann als Teil der zukünftigen Ernährungsstrategie zur Proteingewinnung eingesetzt werden.

In der Region gibt es derzeit noch keine entsprechenden Kultivierungsansätze, allerdings sind mehrere Unternehmen in der Region an der Vermarktung von Insektenproteinen und entsprechenden Nahrungsmitteln beteiligt.



Fallbeispiel 3:

INDUSTRIELLE BIOTECHNOLOGIE FÜR FEINCHEMIE UND PHARMAZEUTIKA

Zahlreiche Feinchemikalien und Pharmazeutika lassen sich auf Basis nachwachsender Rohstoffe herstellen. Im Rheinischen Revier gibt es eine Reihe von Unternehmen und Initiativen, die in diesem Bereich aktiv sind.



Im Gegensatz zu großvolumig produzierten Chemikalien oder auch Kraftstoffen bieten Feinchemikalien und Pharmazeutika den Vorteil, dass sie bereits bei geringeren Produktionsmengen hohe Wertschöpfungen bieten, da sie in der Regel zu höheren Preisen verkauft werden. Sie werden zumeist in kleineren Volumina benötigt und hergestellt.

Zu diesen Produkten gehören zahlreiche Chemikalien für sehr unterschiedliche Anwendungen, darunter etwa Inhaltsstoffe von Reinigungsmitteln, Körperpflegeprodukten, Kosmetika, Pharmazeutika und auch besondere Inhaltsstoffe für Nahrungsmittel wie Duft- und Geschmacksstoffe (Aromen).

Kostengünstige Produktion

Zahlreiche dieser Produkte werden über die industrielle Biotechnologie auf der Basis von Fermentationsprozessen hergestellt. Die konventionelle Herstellung ist in der Regel teurer als die von Plattformchemikalien, die Marktpreise liegen entsprechend höher. Als Ergebnis können biobasierte Optionen dabei häufig in den Produktionskosten mit etablierten Lösungen konkurrieren oder sogar deutlich günstiger hergestellt werden. Letzteres ist der Fall,

wenn entsprechend Stoffwechselwege bekannt sind oder mittels biotechnologischer Methoden ermöglicht werden.

Hinzu kommt, dass viele Feinchemikalien als biobasierte Lösungen weitere Eigenschaften einbringen, die sie attraktiv machen können. So ist etwa im Bereich von Kosmetika, Reinigungs- und Waschmitteln oder auch bei Wirkstoffen allein die „Natürlichkeit“ häufig bereits ein Pluspunkt für biobasierte Produkte. Diese kann in der Produktwerbung genutzt werden und bedingt eine entsprechende Akzeptanz der Verbraucherinnen und Verbraucher. Weitere Vorteile sind häufig zusätzlich eine biologische Abbaufähigkeit (die allerdings auch bei petrobasierten Chemikalien vorkommen kann), verminderte Toxizität und eine bessere Klimabilanz bei der Herstellung.

Vielfältige Potenziale

Das potenzielle Spektrum der Möglichkeiten für diese Produkte ist sehr groß und wird im Rheinischen Revier und im Umland auch bereits von zahlreichen Unternehmen aus den Branchen der Pharmazie, der industriellen und pharmazeutischen Biotechnologie und der chemischen Industrie adressiert.

Das in Düsseldorf ansässige Unternehmen Henkel AG & Co. KGaA ist weltweit einer der Marktführer für Feinchemieprodukte wie Wasch- und Reinigungsmittel sowie Inhaltsstoffen für Körperpflegeprodukte und Kosmetika. Gleiches gilt für das seit 2011 von der BASF AG übernommene ehemalige Unternehmen Cognis aus Monheim. Die BASF hat die Produktion in die eigene Unternehmensstruktur integriert und führt sie unter der neuen Führung weiter. Die Bayer AG mit Sitz in Leverkusen konzentriert sich seit der Abspaltung der Werkstoffsparte und weiterer Bereiche der Chemieproduktion an die Unternehmen Covestro AG und Lanxess AG vor allem auf die Produktion von pharmazeutischen Wirkstoffen sowie Feinchemikalien für den Einsatz im Pflanzenschutz.

Alle drei – Henkel, BASF und Bayer – nutzen bereits heute für zahlreiche Produkte der Feinchemie nachwachsende Rohstoffe für die biotechnologische Herstellung sowie Pflanzenöle für oleochemische Anwendungen.

Hinzu kommen zahlreiche kleinere Unternehmen und Spin-offs der Hochschulen und Universitäten in Aachen, Köln, Düsseldorf und Bonn, die sich auf die industrielle Biotechnologie konzentrieren und als Dienstleister und/oder Produzenten in diesem Bereich aktiv sind. Ein Beispiel ist die SenseUp GmbH, deren Biosensortechnologie u. a. im Innovationslabor Bioökonomie-REVIER SenseUp_Prot eingesetzt wird.³⁵ Diese sind in Clustern wie CLIB – Cluster für Industrielle Biotechnologie, BioRiver, BioNRW und anderen vernetzt und nutzen nicht selten gemeinsame Standorte wie etwa im Technologiezentrum Baesweiler, wo mehrere Biotechnologieunternehmen angesiedelt sind.

Eine Ausnahmerecheinung der Region stellt das Bioeconomy Science Center (BioSC) dar, ein Forschungsverbund von rund 70 Instituten und Lehrstühlen der RWTH Aachen, der Universitäten Bonn und Düsseldorf sowie dem Forschungszentrum Jülich. Das BioSC forscht seit über zehn Jahren im Bereich Bioökonomie und ist heute ein Leuchtturm der systemorientierten, integrierten Bioökonomie-Forschung in Deutschland, Europa und weltweit. Teilbereiche der Forschung sind u. a. Prozesse zur Umsetzung von nachwachsenden Rohstoffen in Wertstoffe wie beispielsweise Feinchemikalien, Biopolymere und Biokraftstoffe.²²

Mit dem Food Campus Elsdorf entsteht gerade ein potenziell starker Profilort für Bioökonomie mit dem Schwerpunkt Ernährung und Biotechnologie auf dem Gelände der ehemaligen Zuckerfabrik von Pfeiffer & Langen KG.

Eine regionale Biofoundry, als Schnittstelle zwischen Robotik und synthetischer Biologie, könnte eine zentrale Plattform sein für die Hebung des industriellen und akademischen Potenzials im Rheinischen Revier.



ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Fallbeispiel 4: NUTZUNG VON BIOGENEN RESTSTRÖMEN UND CO₂ AUS ABGASEN

Biogene Abfälle aus unterschiedlichen Quellen stellen mit ihren verfügbaren Mengen im Rheinischen Revier ein großes und bislang nur begrenzt genutztes Rohstoffpotenzial dar, wobei die heutige Verwertung für die Herstellung von Kompost als Düngemittel sowie die Biogasnutzung im Vordergrund stehen.

Das Aufkommen an biogenen Reststoffen ist besonders im „urbanen Ring“ um das Rheinische Revier – Städte-Region Aachen und Rheinschiene – hoch und stellt neben dem der direkt im Revier befindlichen Kommunen ein erhebliches Potenzial dar. Neben den etablierten Nutzungswegen gibt es zahlreiche Optionen, biogene und andere kohlenstoffhaltige Reststoff- und Abfallströme technisch zu nutzen.

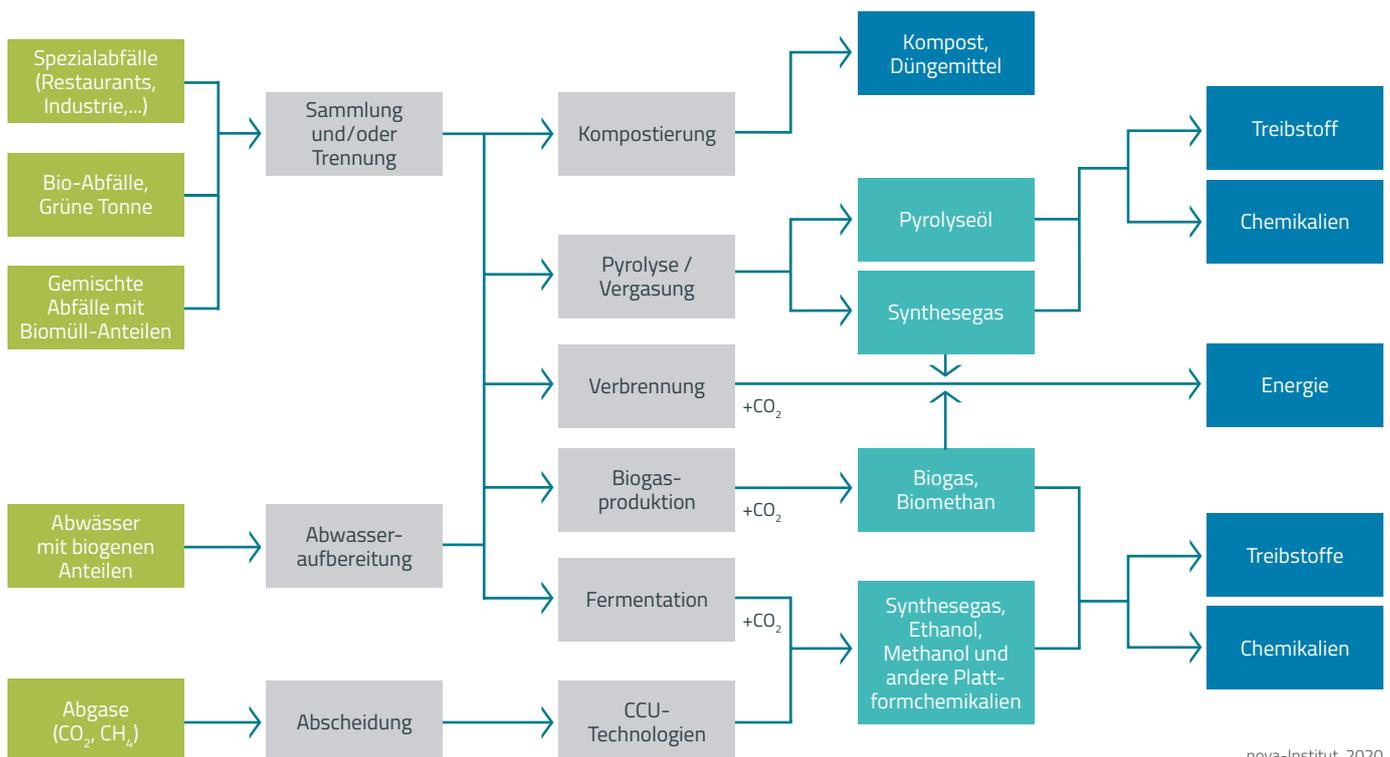
Die Abfall- und Umweltwirtschaft ist dabei vor allem perspektivisch eine zentrale Querschnittsbranche im Bereich der Ressourceneffizienz und der Kreislaufwirtschaft. Vor allem in Zukunft wird sie als wichtiger Lieferant für industriell nutzbare Rohstoffe dienen, die als Sekundärrohstoffe in urbanen Regionen entstehen und dort gesammelt werden, um im Umland verwertet zu werden.

Wiederverwertbare Chemikalien

Neben dem im Fokus stehenden Kohlenstoff betrifft die potenzielle Rückgewinnung aus Abfallströmen der Städte und Kommunen auch andere Rohstoffe wie Metalle, Kunststoffe oder auch Phosphor und andere wiederverwertbare Chemikalien. In der Region und auch darüber hinaus sind dabei bereits einige Unternehmen aktiv, darunter die Remondis SE & Co. KG in Zusammenarbeit mit der Neste Germany GmbH oder der Schönackers Umweltdienste GmbH & Co. KG. Im Weiteren sind hier die Stadtwerke verschiedener Städte und Gemeinden und die in verschiedenen Industrie- und Chemieparks ansässigen Unternehmen der chemischen Industrie tätig.

Die folgende Grafik stellt potenzielle Nutzungswege für biogene Abfallströme dar, die teilweise etabliert und teilweise in der technischen Entwicklung

Abbildung 17: Nutzungswege für biogene und kohlenstoffreiche Abfallströme



nova-Institut, 2020

sind. Sie bleibt dabei generell und fasst spezifische Technologien zusammen, um einen Überblick zu bieten.

Im Innovationslabor Bioökonomie-REVIER UpRePP werden bereits innovative Prozesskonzepte für diverse hochwertige Plattformchemikalien entwickelt und techno-ökonomisch bewertet. Grundlage sind Reststoffe aus der regionalen Lebensmittelwirtschaft.³⁶

Derzeit werden Bioabfälle überwiegend zur Energiegewinnung und Kompostierung genutzt. Allerdings erfordert der zunehmende Anstieg an Abfällen weitere nachhaltige Nutzungsmöglichkeiten, während zugleich der Bedarf kohlenstoffhaltiger alternativer Rohstoffe für die Industrie ansteigt.

Die Voraussetzung zur Nutzung biogener Reststoffe und Abfallströme ist die Sammlung und Aufbereitung derselben als Rohstoff für die verschiedenen Verwertungsoptionen. Dabei spielt vor allem die Quelle der Abfallströme eine zentrale Rolle. Biogene Industrieabfälle, wie sie beispielsweise in der Nahrungsmittelwirtschaft entstehen, können in der Regel sehr gut separat gesammelt werden. Dies ist im Rheinischen Revier etwa der Fall bei frucht- und gemüseverarbeitenden Betrieben wie der Zentis GmbH & Co. KG, J. & W. Stollenwerk oHG und Brocker Möhren GmbH & Co. KG.

Auch in der Zuckerindustrie und in der Brauereiwirtschaft fallen biogene Nebenprodukt-, Reststoff- und Abfallströme an, die direkt gesammelt werden und so auch genutzt werden können. Die meisten dieser Ströme können für die Kompostierung oder die Biogasproduktion aufbereitet und zur Herstellung von Düngemitteln verwendet werden. Auch biogene Reststoffe des Einzel- und Großhandels sowie der Gastronomie können durch entsprechende

Sammelsysteme erfasst und so einer Verwendung zugeführt werden.

Fetteiche Spezialabfälle

Einige Spezialabfälle, etwa fettreiche Abfallströme der Gastronomie wie Gebrauchttöle und -fette („Used Cooking Oils“) werden ebenfalls gesammelt und verwertet, meist zur Biogasproduktion, perspektivisch jedoch auch zunehmend zur Herstellung von Green Naphtha und damit als Ausgangsstoff für die chemische Industrie und Kraftstoffproduktion.

Schlachtabfälle und weitere fettreiche Abfallfraktionen können zudem gesammelt und für die oleochemische Industrie zur Produktion von Metallseifen und zahlreichen anderen Produkten verwendet werden. Proteinreiche Abfallfraktionen werden zudem verwendet, um etwa Gelatine und proteinogene Klebstoffe und Beschichtungen für technische Verwendungen herzustellen.

Eine Besonderheit stellen biogene Abfälle der Abwasserbehandlung dar, die meistens ebenfalls in Biogasanlagen bzw. Gärtürmen der Kläranlagen verwertet werden oder in Form von Klärschlämmen getrocknet und dann verbrannt oder im Rahmen der Klärschlammverordnung landwirtschaftlich genutzt werden. Letztere Nutzung ist aufgrund der Belastung der Klärschlämme mit Schwermetallen, toxischen Inhaltsstoffen sowie Mikroplastikfragmenten stark rückläufig. Ab 2023 müssen Betreiber großer Kläranlagen Konzepte zur Rückgewinnung von Phosphat vorlegen. Klärschlammmasche kann unter Berücksichtigung der Grenzwerte noch begrenzt eingesetzt werden.

Verwertung von Bioabfällen

Biogene Haushaltsabfälle bzw. Restmüll fallen teilweise zusammen

mit anderen Abfällen im klassischen Hausmüll oder auch separat in der Biomülltonne, der grünen Tonne, an. Für die separaten Biomüllfraktionen gilt dasselbe wie für die benannten Industrieabfälle – sie können direkt für die Kompostierung und die Biogasherstellung genutzt werden.

Mischabfälle, und damit der größte Teil der Haushaltsabfälle, müssen dagegen sortiert werden, um die einzelnen Fraktionen zu nutzen und biogene Anteile zu separieren. In der Regel werden diese Abfälle für einen kurzen Zeitraum deponiert, wobei biogene Anteile teilweise bakteriell abgebaut werden und das entstehende Methan in den Deponien abgefangen wird.

Der größte Teil der Haushaltsabfälle wird gemeinsam mit Sortierresten anderer Müllfraktionen (z. B. aus dem Gelben Sack) in Müllverbrennungsanlagen verbrannt, wobei hier auch biogene Anteile vorhanden sind. Oder sie werden in mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen sortiert und dabei ebenfalls teilweise verbrannt und teilweise zur Biogasgewinnung verwendet. Das Hauptprodukt dieser Nutzung als Brennstoff ist Energie, die für die Wärme- und Stromversorgung genutzt wird. Als Nebenprodukt entstehen sowohl bei der Verbrennung wie auch bei der Biogasproduktion CO₂-reiche Abgase.

Nutzung biogenen Kohlenstoffs

Zur stofflichen Verwertung und damit der zukünftigen Rückführung des biogenen Kohlenstoffs in die produzierende Industrie stehen verschiedene Technologien zur Verfügung, die allerdings bislang nicht oder nur in geringem Maße genutzt werden. Dabei handelt es sich etwa um die nicht-energetische Nutzung von Biogas und dem daraus

Tabelle 3: **Übersicht über verschiedene Typen der Biomassepyrolyse mit typischen Produktanteilen**

Pyrolyseart	Temperatur (°C)	Verweildauer	Heizrate	Anteil feste Produkte (%)	Anteil flüssige Produkte (%)	Anteil gasförmige Produkte (%)
Schnelle Pyrolyse	≈ 500	< 2–3 s	hoch	≈ 12	≈ 70	≈ 13
Mittelschnelle Pyrolyse	≈ 500	10–30 s	mittel bis hoch	≈ 25	≈ 50	≈ 25
Langsame Pyrolysen						
Verkohlung	≈ 400	h – d	niedrig	≈ 35	≈ 30	≈ 35
Torrefizierung	≈ 250	10–60 min	niedrig	≈ 80	≈ 5	≈ 20

Hofbauer et al., 2016

durch eine Methanisierung aufgereinigten Biomethan, das wie Erdgas eingesetzt und entsprechend auch stofflich genutzt werden kann.

Die Pyrolyse und auch die Vergasung sind dagegen Prozesse, bei denen die Abfallfraktionen durch eine thermo-chemische Behandlung zu Feststoffen (Biokohle), Ölen (Pyrolyseöl) oder Gasgemischen (Pyrolysegas, Synthesegas) prozessiert werden, die zur weiteren Produktion von Kraftstoffen oder Chemikalien genutzt werden können. Bei diesen Prozessen können theoretisch auch Mischfraktionen aus biogenen Abfällen mit anderen organischen Abfallfraktionen wie etwa Kunststoffabfälle eingesetzt werden, wodurch sich diese Verfahren vor allem für die Nutzung von Haushaltsabfällen mit biogenen Reststoffanteilen anbieten.

Technisch unterscheidet sich die Pyrolyse vor allem durch die unterschiedlichen Prozessparameter und die eingesetzten Temperaturen. Die Pyrolyse erfolgt unter Luftabschluss bei Temperaturen von 150 bis 700 °C, bei der ohne Verbrennung komplexere organo-chemische Verbindungen wie Lignocellulose und auch Polymerketten aufgetrennt werden und abhängig von den verschiedenen Pyrolysevarianten feste, flüssige oder auch gasförmige

Pyrolyseprodukte entstehen. Demgegenüber erfolgt die technische Vergasung unter Zufuhr von Sauerstoff bei Temperaturen von 700 bis 900 °C und resultiert in einem Gasgemisch, das im Wesentlichen aus Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserstoff besteht und als Synthesegas für verschiedene Prozesse wie die Fischer-Tropsch-Synthese, die Methanolproduktion oder die Synthesegasfermentation eingesetzt werden kann.

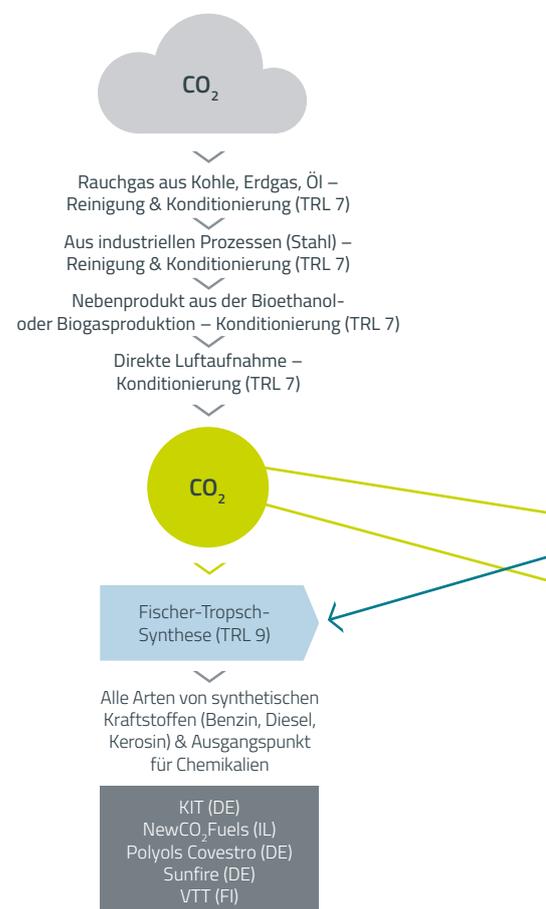
Endprodukte dieser Prozesse können Treibstoffe wie Kerosin oder Diesel, unterschiedliche Plattformchemikalien wie Methanol, Dimethylether (DME) oder biogenes Naphtha sowie Spezialchemikalien wie langkettige Wachse sein. Aus der Synthesegasfermentation können Alkohole wie Ethanol oder Butanol, organische Säuren wie Milchsäure oder Bernsteinsäure sowie zahlreiche weitere Chemikalien resultieren.

Neue Fermentationssubstrate

Eine weitere potenzielle Nutzungsoption biogener Abfälle stellt die Fermentation dar, bei der die biogenen Fraktionen als Substrat für Bakterien oder Hefen genutzt werden. Diese setzen den im Substrat enthaltenen Kohlenstoff über ihren Metabolismus in verschiedene Zielprodukte wie Säuren und Alkohole

um. Fermentationsprozesse werden bereits heute vielfältig genutzt, um etwa Ethanol und Butanol, organische

Abbildung 18: **Technische Nutzungswege von Kohlendioxid und erneuerbare Energien**



Säuren wie Milchsäure, Zitronensäure oder Bernsteinsäure sowie zahlreiche weitere Stoffe bis hin zu Produkten der Feinchemie und pharmazeutischen Industrie herzustellen.

Als Substrate für Fermentationsprozesse dienen aktuell allerdings vor allem Glucose, Zuckerdicksaft oder Melasse, die aus Zucker- und Stärkepflanzen hergestellt werden. Vor allem viele Bakterien sind jedoch auch in der Lage, unter bestimmten Bedingungen andere kohlenstoffhaltige Substrate für ihren Stoffwechsel zu nutzen, darunter etwa Glycerin, Methanol, Essigsäure oder auch kohlenstoffhaltige Gase wie Koh-

lenmonoxid, Methan oder Kohlendioxid.

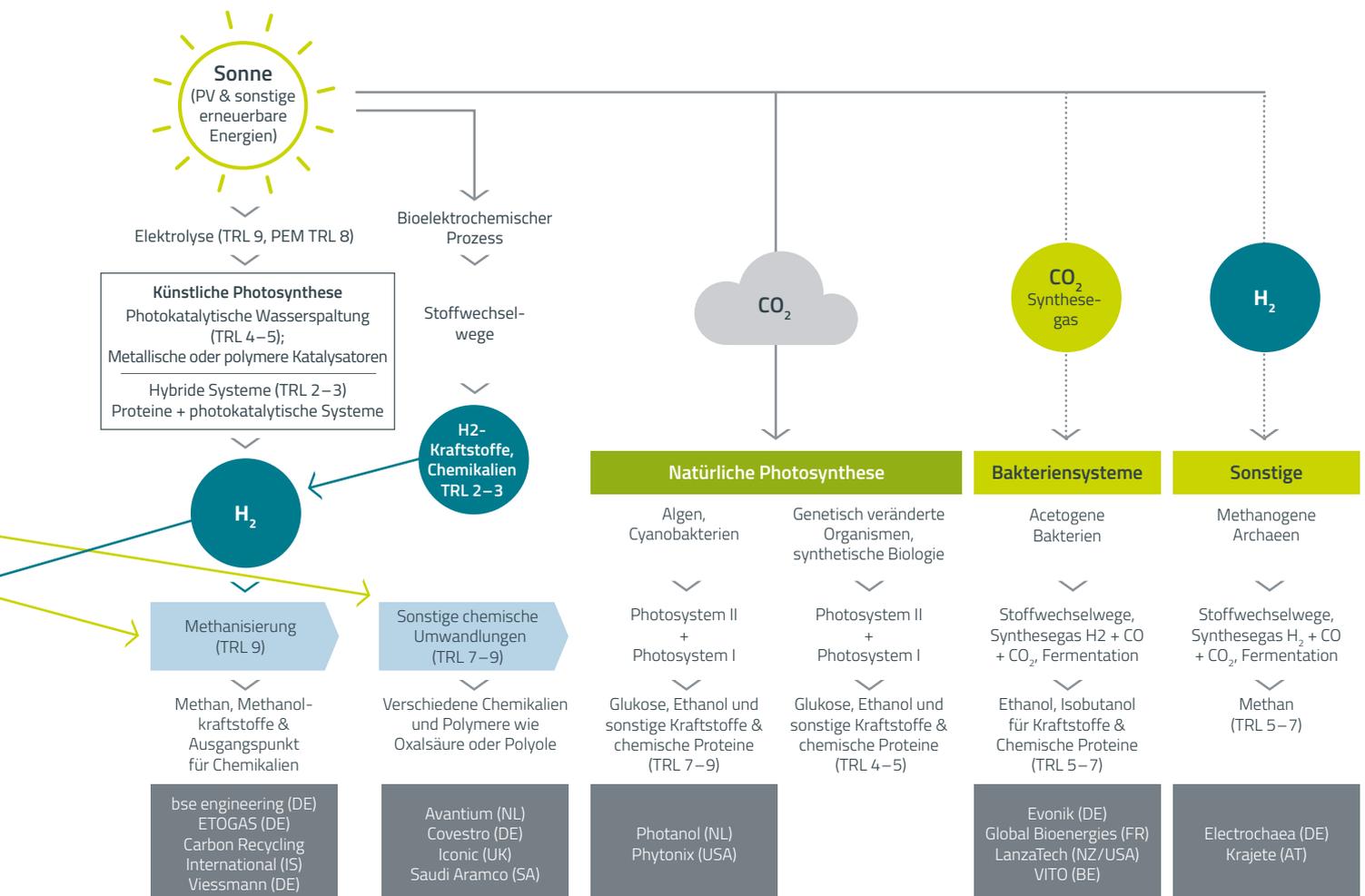
Auf der Basis von Mischfraktionen wie biogenen Abfällen werden sie bislang nicht oder nur begrenzt im Rahmen der Biogasproduktion eingesetzt, prinzipiell könnten sie jedoch auch auf diesen Substraten kultiviert werden und entsprechende Fermentationsprodukte herstellen. Eine Voraussetzung hierfür wäre die ökonomische Machbarkeit, die nur durch eine hohe Umsetzungsrate der Substrate in die Zielprodukte zu erreichen ist.

Hierfür werden spezielle Organismen und Fermentationstechnologien

benötigt, die vergleichsweise unspezifische Substrate mit hoher Stoffwechsellumsetzung nutzen können. Über gentechnische Methoden könnten diese Bakterien und Hefen optimiert werden, um die gewünschten Produkte auch mit hinreichender Umsetzungsrate herzustellen, spezifische Fermentationstechnologien wie etwa die anaerobe Druckfermentation könnten diese zusätzlich steigern.

Neue Wege zur CO₂-Reduktion

Alle bisher beschriebenen Technologien betrachten feste und teilweise auch flüssige biogene Reststoff- und



ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Abfallströme, die direkt gesammelt werden können. Sie betrachten bislang nicht die Nutzung von biogenen gasförmigen Reststoffströmen, die etwa als Abgasströme bei der Verbrennung biogener Brennstoffe sowie auch bei verschiedenen Prozessen wie der Biogasproduktion oder in Fermentationsanlagen wie etwa Bioethanolanlagen sowie Brauereibetrieben und Brennereien entstehen und in der Regel hohe Konzentrationen von Kohlendioxid (CO₂) enthalten.

Gerade in den letzten Jahren gibt es verstärkte Anstrengungen, Technologien zur Nutzung von Kohlendioxid und des darin enthaltenen Kohlenstoffs zu entwickeln, wobei sich die Bestrebungen nicht nur auf biogene Abgase konzentrieren. Diese unter dem Sammelbegriff CCU-Technologien (CCU: Carbon Capture and Utilisation) bezeichneten Technologien umfassen

dabei zum einen Prozesse zur Abscheidung, Reinigung und Konzentration des Kohlendioxids beispielsweise über Aminwäsche oder andere Technologien sowie auch die Prozesse und Technologien zur Nutzung des Kohlendioxids. Für Letztere wurden zahlreiche Technologien entwickelt, die sich in chemisch-technische und in biochemische bzw. biotechnologische Prozesse unterteilen lassen.

Bei den chemisch-technischen Prozessen wird dabei in der Regel wie bei der Vergasung aus dem CO₂ mit Wasserstoff ein Synthesegas hergestellt, über das wie oben beschrieben Treibstoffe und Chemikalien hergestellt werden können. Zur Herstellung des Synthesegases wird der Wasserstoff als Energieträger für eine Reduktion des Kohlendioxids benötigt. Dieser wird für die betrachteten Technologien in der Regel durch eine stromgetriebene

Elektrolyse aus Wasser hergestellt. Um dies ökologisch nachhaltig zu betreiben, muss der benötigte Strom aus regenerativen Quellen stammen („grüner Wasserstoff“). Aufgrund des benötigten Stroms, der als Energiequelle zur CO₂-Nutzung erforderlich ist, werden diese Technologien auch als Power-to-X-Technologien (PtX) bezeichnet, wobei Power den benötigten Strom und X die zahlreichen unterschiedlichen Produktoptionen benennt.

Auch bei der biotechnologischen Nutzung von Kohlendioxid, die der Fermentation entspricht, wird eine Energiequelle benötigt. Diese kann entweder ebenfalls über Wasserstoff sowie über Kohlenmonoxid bereitgestellt werden, wodurch erneut ein Synthesegas fermentiert wird, oder es werden photosynthetisch aktive Organismen (Algen, Cyanobakterien) genutzt, die in der Lage sind, Lichtenergie als Energiequelle für

Abbildung 19: Erneuerbare Energien und erneuerbarer Kohlenstoff für eine nachhaltige Zukunft

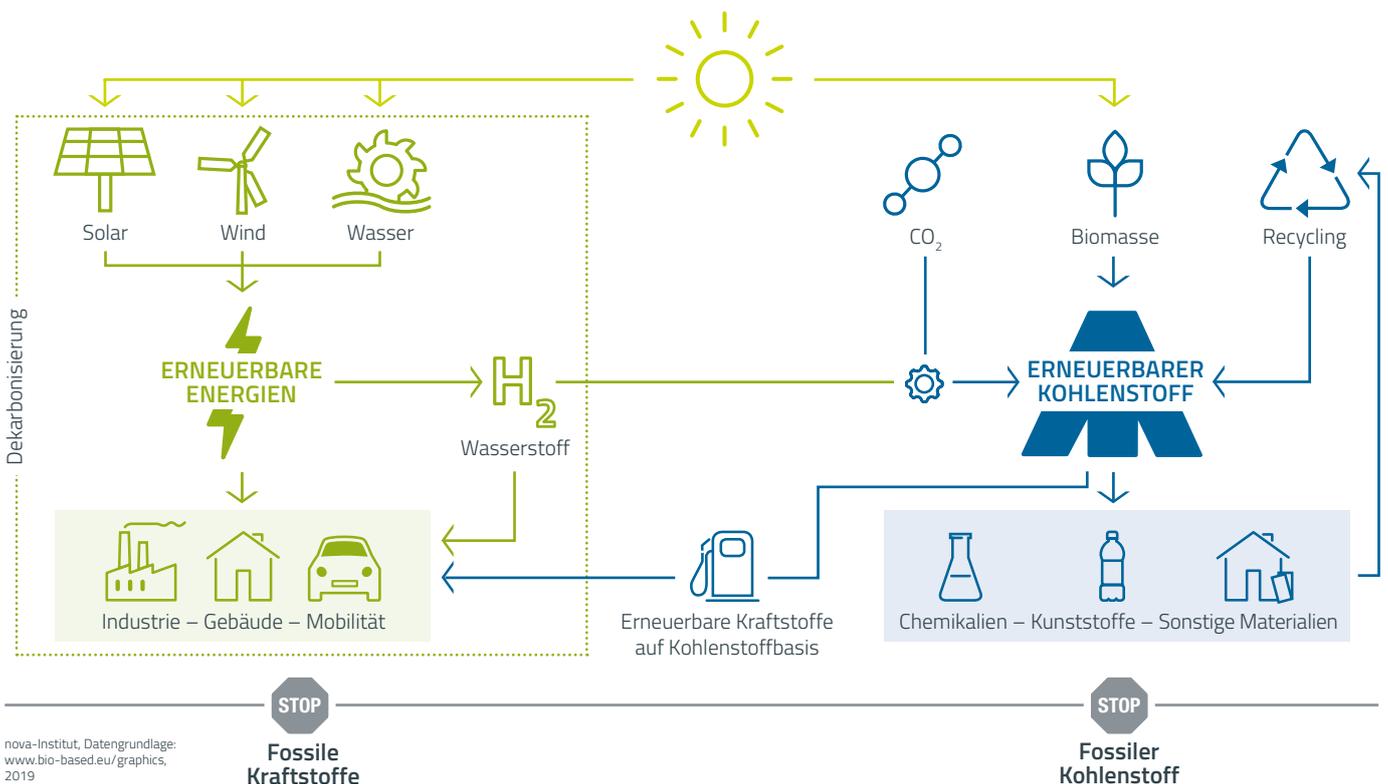
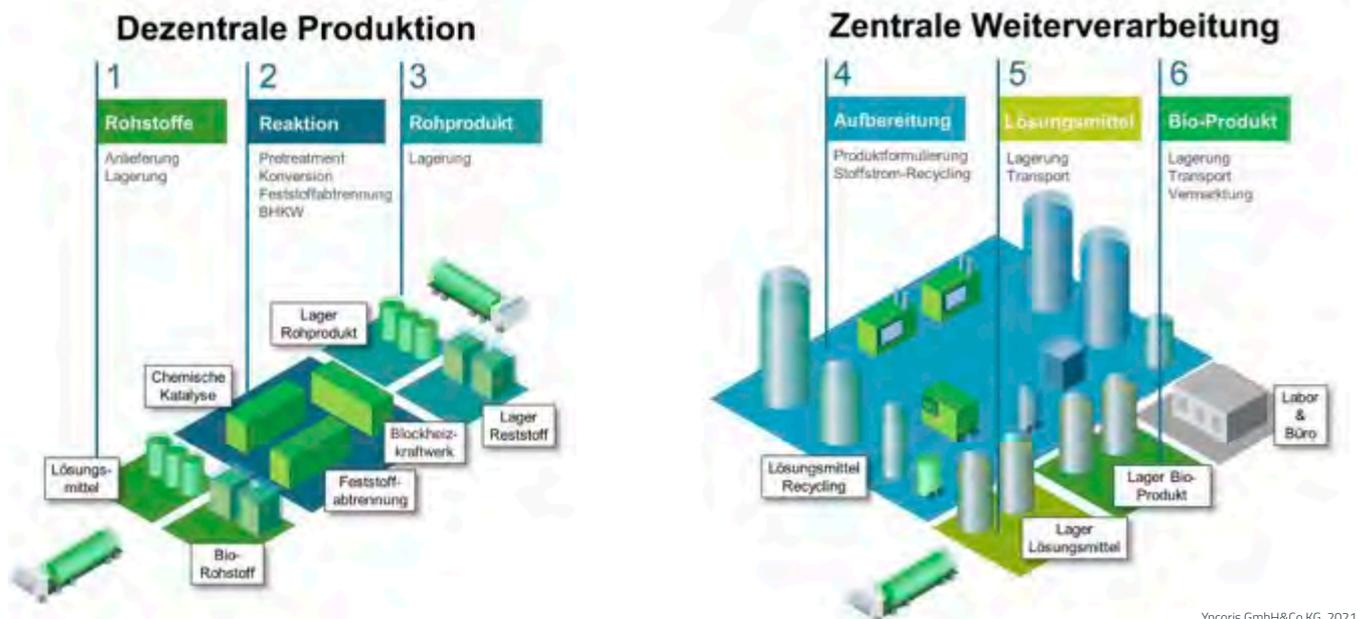


Abbildung 20: **Modell einer dezentralen Bioaffinerie – Produktionskonzept des Innovationslabors DeMoBio von BioökonomieREVIER**



Yncoris GmbH&Co.KG, 2021

die Umsetzung zu nutzen. Spezielle Reaktoren ermöglichen zudem die Nutzung von elektrischem Strom (Elektrofermentation) als Energiequelle.

In allen Fällen ist ein Ausbau regenerativer Energien notwendig, um die erforderliche Energie bereitzustellen. Hierfür bietet das Rheinische Revier zum einen als Industrieregion mit einem hohen Aufkommen an CO₂-Emissionen wie auch einem hohen Potenzial zur Erzeugung erneuerbarer Energien durch Wind- und Solaranlagen ein hohes Umsetzungspotenzial.

Zudem gehen auch die Bestrebungen, die Wasserstoffwirtschaft in der Region auszubauen, voran. Mittelfristig soll das Rheinische Revier auch eine Modellregion zur Wasserstoffproduktion werden und mit der Entscheidung der Bundesregierung, eine umfassende Wasserstoffstrategie umzusetzen, ist dieses Thema bereits im Fokus der Implementierung.

Weitere Nutzungsmöglichkeiten

Neben den genannten Ansätzen gibt es zahlreiche weitere zur Nutzung urbaner Bioreststoff-Fractionen, wie die folgenden Projektbeispiele aus der Forschung aufzeigen:

- Das Projekt „SCALIBUR“ konzentriert sich auf städtische Bioabfälle und zeigt Möglichkeiten auf, diese zu hochwertigen Produkten wie Bio-Plastik und Biopestiziden zu verarbeiten. Hierzu werden Abfälle mit dem Einsatz einer neuartigen enzymatischen Hydrolysebehandlung biochemisch umgewandelt. Das daraus resultierende flüssige Hydrolysat wird durch Fermentation aufbereitet und kann zur Erzeugung von biologisch abbaubaren Plastikfolien eingesetzt werden. Das feste Hydrolysat kann wiederum mithilfe der Festfermentation weiterverarbeitet und in der Folge zur Biopestizid-Herstellung verwendet werden.²³
- Das Ziel des „VALUEWASTE“-Projekts ist es, mit der Entwicklung eines integrierten Systems die erste Komplettlösung zur vollständigen

Verwertung städtischer Bioabfälle darzustellen. Hierzu schlagen die Projektpartner verschiedene Verwertungsmethoden vor. So sollen beispielsweise methanotrophe Bakterien in Biogasanlagen zum Einsatz kommen, welche Methan in hochwertige Nährstoffe wie Proteine oder Fette (Omega-6-Fettsäuren) für Nahrungsmittel umwandeln können. Dies könnte eine Alternative zu den vorherrschenden tierischen Proteinquellen darstellen.²⁴

Ein auf der gemeinsamen Nutzung verschiedener Rohstoffquellen ausgelegtes dezentrales Bioaffineriemodell für das Rheinische Revier könnte die Nutzung von Zucker und Sonderkulturen aus dem landwirtschaftlichen Anbau mit der Nutzung von biogenen Abfallströmen und Abgasen der Industrie kombinieren. Im Rahmen des Innovationslabors DeMoBio der Initiative BioökonomieREVIER arbeiten YNCORIS aus Hürth und die Verfahrenstechniker von der RWTH Aachen bereits an einem solchen Konzept.²⁵

ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Fallbeispiel 5: GREEN NAPHTHA UND CHEMISCHES RECYCLING

Die Produktion und Nutzung von biogenem, grünem Naphtha ist eine für die chemische Industrie interessante Option der Umstellung ihrer Prozesse von etablierten fossilen Rohstoffen auf alternative biogene Rohstoffe.



Naphtha ist der Name für eine leichte Rohölfraktion, die in einer Erdölraffinerie gewonnen und als einer der wichtigsten Rohstoffe in der Petrochemie eingesetzt wird. Es dient vor allem zur Herstellung von Kraftstoffen wie Benzin und Kerosin sowie zur Produktion von Ethylen (bzw. Ethen) und Propylen

(bzw. Propen) als Ausgangsstoffe für die Herstellung der Kunststoffe Polyethylen und Polypropylen sowie einer großen Menge weiterer Produkte der chemischen Industrie.

Naphtha ist ein Gemisch verschiedener Stoffe und in seiner

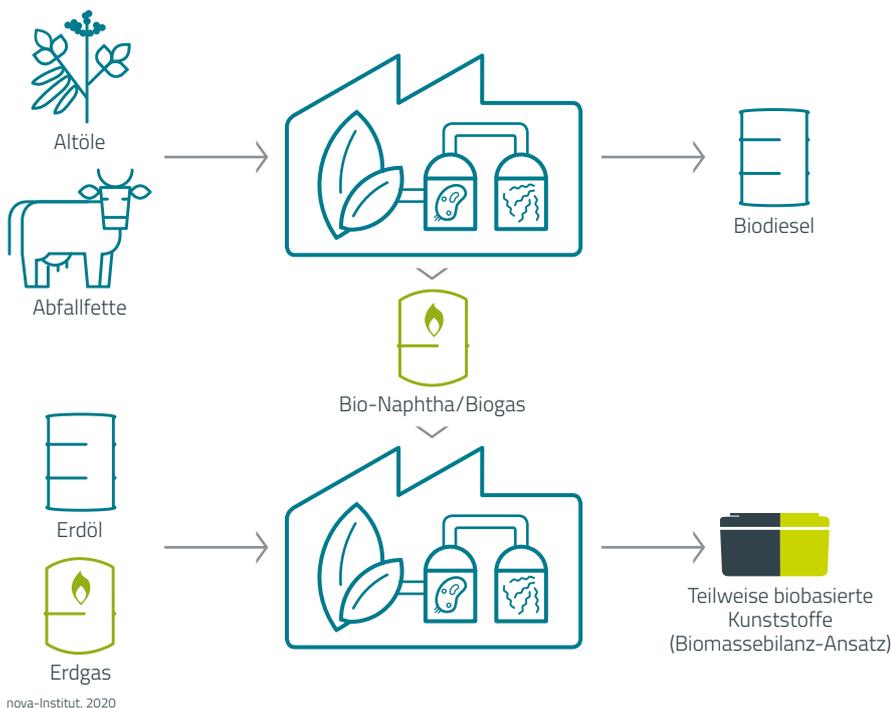
Zusammensetzung abhängig vom Ausgangsmaterial. Das klassische Crackernaphtha aus Erdöl enthält dabei etwa 50 % Alkane sowie etwa weitere 30 bis 40 % Alkene wie Ethylen und Propylen, hinzu kommen aromatische Kohlenwasserstoffe, die für die Herstellung von Aromaten genutzt werden, sowie ein relativ geringer Anteil an Schwefelverbindungen.

Idealer Drop-in-Rohstoff

Der Vorteil der Industrie für die Nutzung des biogenen Naphthas liegt darin, dass keine größeren Veränderungen ihrer Produktionstechnologien vorgenommen werden müssen. „Grünes“ Naphtha, ebenso wie das perspektivisch auf der Basis von CO₂ verfügbare „blaue“ Naphtha, unterscheidet sich zwar in seiner Zusammensetzung von klassischem Naphtha auf Erdölbasis, diese Unterschiede sind jedoch durch relativ einfache Anpassungen der Produktionstechnologie aufzufangen. Green Naphtha ermöglicht damit den direkten Einsatz als Drop-in-Rohstoff für etablierte Produktionsprozesse der chemischen Industrie. Dabei kann das Bionaphtha anteilig oder vollständig den Prozessen zugeführt werden, wodurch etwa etablierte Kunststoffe mit einem real messbaren biogenen Anteil produziert werden können.

Green Naphtha wird eine reale Zukunftsoption, und das finnische Unternehmen Neste mit Sitz der deutschen Verwaltung in Düsseldorf (Neste Germany GmbH) ist der Vorreiter auf diesem Gebiet. Es stellt Naphtha und darauf aufbauend Biodiesel auf der Basis von Rest- und Gebrauchtfetten (Used Cooking

Abbildung 21: Grünes Naphtha für etablierte Produktionsprozesse in der chemischen Industrie



Oils, UCO) und Pflanzenölen her – vor allem in Singapur, aber auch in Rotterdam. Daneben hat Neste eine Kooperation mit dem Unternehmen Remondis SE & Co. KG für chemisches Recycling von Gemischtabfällen und in Wesseling die erste Produktion von Polyethylen und Polypropylen auf der Basis von Green Naphtha für das Unternehmen IKEA gestartet.

Neben der Nutzung von Biomasse zur Produktion von Naphtha spielt vor allem perspektivisch auch die Herstellung von Naphtha auf der Basis von CO₂ wie dargestellt eine wichtige Rolle. Das aus dem Synthesegas durch Power-to-Liquid-Technologie gewonnene Naphtha wird als Blue Naphtha bezeichnet und kann ebenfalls allein oder auch gemeinsam mit anderen Naphtha-Typen verwendet werden.

Verwertung von Kunststoffabfällen

Um das Bild abzurunden, kommt auch dem Recycling von Materialien, vor allem Kunststoffen, in diesem Kontext eine wichtige Rolle zu: Im Rahmen des chemischen Recyclings können über verschiedene chemische und thermische Prozesse ebenfalls Ausgangsstoffe für die chemische Industrie gewonnen werden. So können auf dieser Basis zum einen wieder Monomere zur Produktion von Kunststoffen gewonnen werden, zum anderen kann vor allem durch Pyrolyse und Vergasung ebenfalls Naphtha hergestellt werden.

Das Recycling von Kunststoffabfällen kann auf vier verschiedene Arten vonstattengehen. Beim primären und rein mechanischen Recycling sortierter

Kunststoff-Fractionen verändert sich die Molekularstruktur des Polymers nicht. Das Neumaterial kann entweder mit dem Rezyklat verdünnt oder das Rezyklat mit Neumaterial aufgefrischt werden.

Diese Recyclingart verbindet Einfachheit mit niedrigen Kosten und liefert qualitativ hochwertige Produkte, da das eingesetzte Abfallmaterial oft eine bekannte Zusammensetzung mit hoher Reinheit, keine Verunreinigung und eine kontrollierte Vorgeschichte aufweist.

Das sekundäre oder werkstoffliche Recycling ist in gewissem Umfang mit einer qualitativen Herabstufung verbunden. Es erhält weitgehend die molekulare Grundstruktur der Polymere und deckt eine Wiederaufbereitungspipeline für Post-Verbraucher-Abfälle ab, die auf physikalischen Behandlungen basiert, die teilweise auch beim primären Recycling angewendet werden. Während des Extrusionsschritts muss das Material wieder aufgeschmolzen werden, weshalb das werkstoffliche Recycling auf Thermoplaste beschränkt ist, was die Duroplaste für diesen Prozess ausschließt.

Sekundäres und tertiäres Recycling

Im Vergleich zum Originalprodukt zeichnet sich das wiederaufbereitete Produkt oft durch eine geringere Qualität, allgemeine Verunreinigungen oder eine Kontamination mit Additiven und gefährlichen anderen Stoffen aus. Tertiäres Recycling (chemisches Recycling) umfasst Depolymerisation und Konversion. Bei der Depolymerisation wird die Moleku-

larstruktur des Polymers abgebaut, um seine ursprünglichen Bausteine (Monomere, Dimere oder Oligomere) zu erhalten. Diese Bausteine werden dann zu neuen Polymeren synthetisiert, die das ursprüngliche Ausgangsmaterial regenerieren. Sie kann durch Wärme und/oder Chemikalien eingeleitet werden, die zum Beispiel beide bei der Solvolyse angewendet werden.

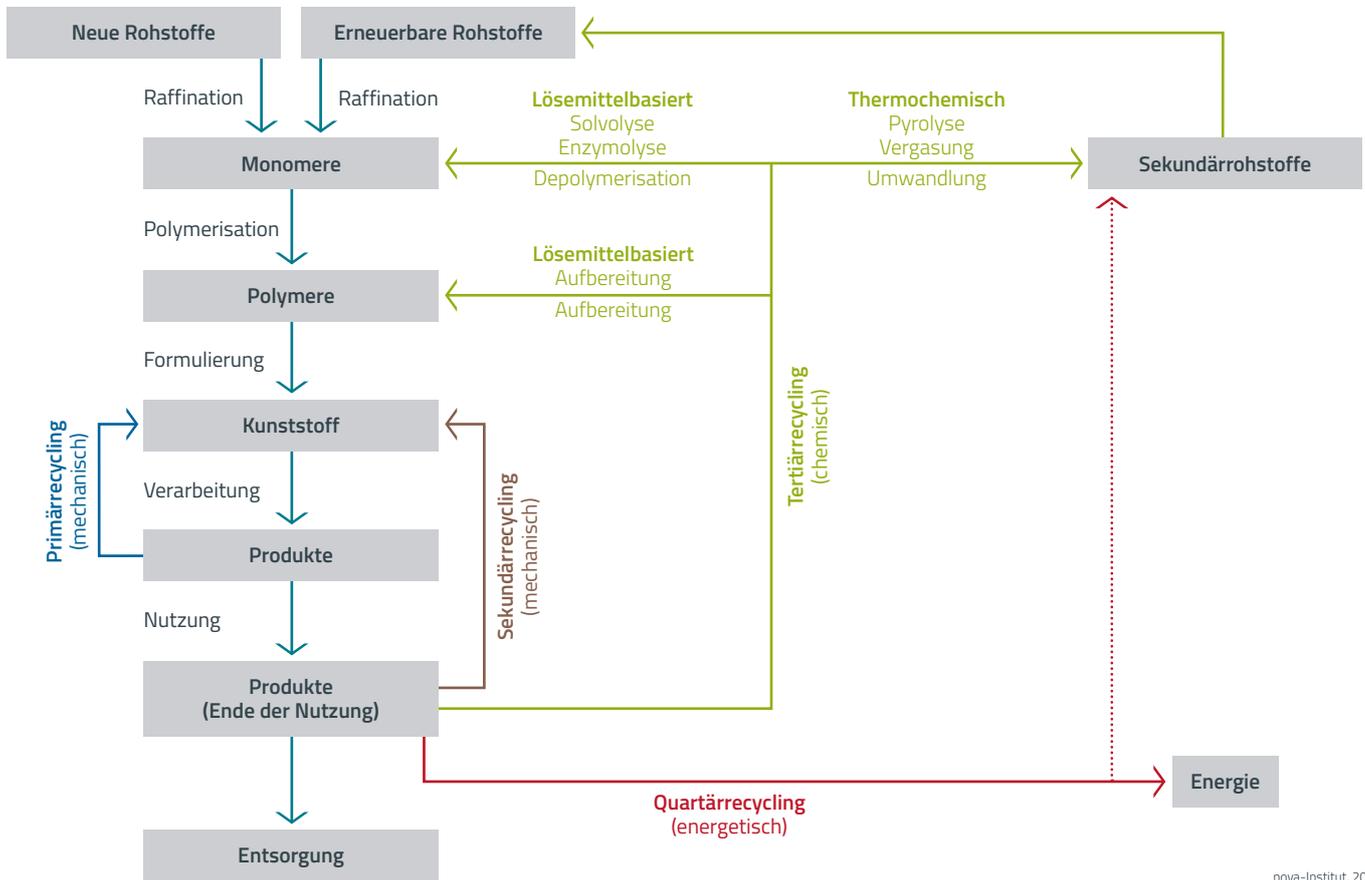
Die Umwandlung von Polymeren in einfachere Moleküle kann zum Beispiel durch Pyrolyse oder Vergasung erfolgen, um sekundäre Wertstoffe zu erhalten. Bei den Abbauprodukten handelt es sich häufig um Flüssigkeiten oder Gase, die als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Kunststoffen, Chemikalien und Brennstoffen verwendet werden können, die eventuell einer vorherigen Trennung und Reinigung bedürfen.

Beispielsweise können die Produkte aus der Pyrolyse zu einem Pyrolyseöl verarbeitet werden, das schließlich zu Monomeren für die Synthese neuer Polymere raffiniert werden kann. Quaternäres Recycling (Energierückgewinnung) oder Waste-to-Energy nutzen die Verbrennung, um den potenziell hohen Heizwert der Polymere in Energie in Form von Wärme zurückzugewinnen.

Eine breite Palette unterschiedlich zusammengesetzter fester Siedlungsabfälle kann durch Verbrennung verarbeitet werden. Das erzeugte CO₂ kann als sekundäres Wertstoffmaterial zusammen mit den übrigen, nicht verbrannten Bestandteilen wie Metallen und Mineralien abgeschieden und wiederverwertet werden.

ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Abbildung 22: Recycling-Konzepte für Polymerprodukte



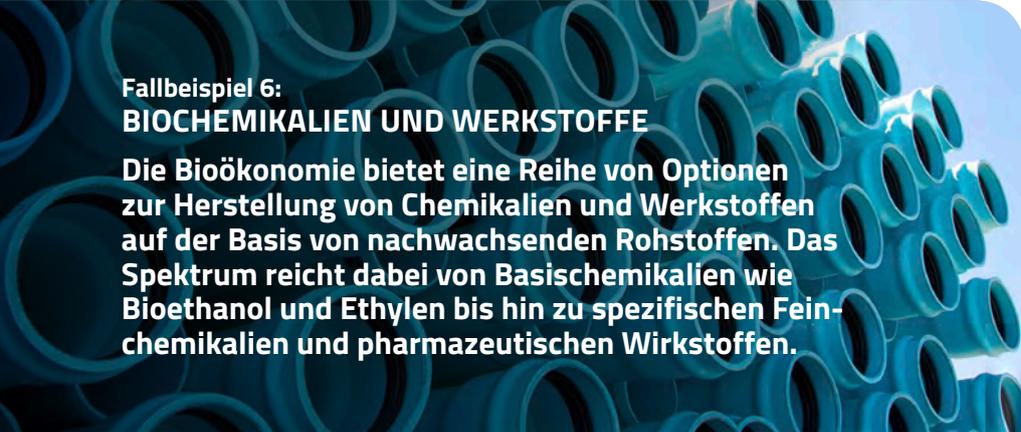
nova-Institut, 2020

Gemäß Artikel 11 der Abfallrahmenrichtlinie sollen die Wiederverwendung und das Recycling von Kunststoffabfällen und anderen Materialien aus Haushalten (wie Papier, Metall und Glas) bis 2020 auf 50 % und die Wiederverwendung, das Recycling und die sonstige stoffliche Verwertung (wie zum Beispiel die Verfüllung als Ersatz für die Materialien) auf 70 % erhöht werden. Für festen Siedlungsabfall sollen die Wiederverwendung und das Recycling bis 2025 auf 55 %,

bis 2030 auf 60 % und bis 2035 auf 65 % erhöht werden. Ohne neuartige Technologien wie das chemische Recycling sind diese Quoten nur schwer oder gar nicht zu erreichen.

Der Shell-Konzern betreibt Deutschlands größte Ölraffinerie in Wesseling. Die Petrochemie steht vor einer Ressourcenwende. Neue Rohstoffmärkte sind zu erschließen, nachhaltige Chemieprodukte und biobasierte Kraftstoffe sind hier wichtige Aspekte.

Es erschließen sich verschiedenste Potenziale für den Aufbau von Kreislauf-, Wasserstoff- und nachhaltiger Chemiewirtschaft. Shell will bis 2050 klimaneutral werden und setzt dabei auch auf grünen Wasserstoff. Die Raffinerieanlagen im Rheinland entwickeln sich zu einem „Energy und Chemicals Park“, der auch für Kooperationen, Start-ups und Forschungseinrichtungen geöffnet werden soll. Einer der Partner von Shell ist die Initiative BioökonomieREVIER.²⁶



Fallbeispiel 6: **BIOCHEMIKALIEN UND WERKSTOFFE**

Die Bioökonomie bietet eine Reihe von Optionen zur Herstellung von Chemikalien und Werkstoffen auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Das Spektrum reicht dabei von Basischemikalien wie Bioethanol und Ethylen bis hin zu spezifischen Feinchemikalien und pharmazeutischen Wirkstoffen.

Während Basis- bzw. Plattformchemikalien ähnlich wie Biokraftstoffe aufgrund ihrer Volumina in großen Mengen gebraucht und damit auch hergestellt werden können, ist der Mengeneffekt bei den Feinchemikalien deutlich kleiner. Entsprechend größer ist das potenzielle Substitutionspotenzial bei Basischemikalien als in der Feinchemie.

Auf der anderen Seite haben Basischemikalien in der Regel einen geringen Preis und konkurrieren entsprechend preislich sehr stark mit den zumindest aktuell (2020) sehr billigen erdöl- oder erdgasbasierten Chemikalien, die sie ersetzen sollen. Sie sind daher in der Regel nicht oder nur bedingt konkurrenzfähig. Wie im Fall der Biokraftstoffe sind unterstützende Maßnahmen wie spezielle Nutzungsvorgaben (Quoten), Subventionierungen oder die Zahlung eines „Green Premium“ notwendig, um die Preisunterschiede zu überbrücken und diese Chemikalien marktfähig zu machen.

Im Rahmen der Umsetzung des europäischen Grünen Deals hat die EU im Juli 2021 das „Fit for 55“-Gesetzespaket vorgestellt, mit dem die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden sollen. Neben

grünem Wasserstoff spielen darin auch nachhaltige Biokraftstoffe und synthetische Kraftstoffe auf nicht-pflanzlicher Basis etwa für Flugzeuge und Schiffe eine Rolle.

Konkurrenz zu Mineralöl

Neben den Chemikalien spielen allerdings auch Werkstoffe eine wichtige Rolle. Hier ist es notwendig, die aktuell auf einer petrobasierten und linearen Produktion basierende Herstellung von Werkstoffen, vor allem Kunststoffen, auf eine erneuerbare Rohstoffbasis und auf eine Kreislaufwirtschaft umzustellen. Als Rohstoffe stehen dabei sowohl landwirtschaftlich produzierte Biomasse und biogene Reststoffe wie auch gasförmige Kohlenstoffquellen (CO₂, CO, Methan) zur Verfügung, ergänzt durch in den Kreislauf rückgeführte Werkstoffe, die als Rezyklate genutzt werden.

Das Thema Bau und Baustoffe wird in dieser Studie nur am Rande betrachtet. Dennoch betreffen die Aussagen auch diesen Bereich, in dem die Gewinnung von abiotischen und biotischen Rohstoffen gekoppelt wird mit den in der Kreislaufwirtschaft genutzten Rohstoffen aus dem Rückbau der vorhandenen Großkraftwerke und anderen Industrieanlagen im Revier

und mit den durch die CO₂-Nutzung gewonnenen alternativen mineralischen Baustoffen.

Quantität und Qualität

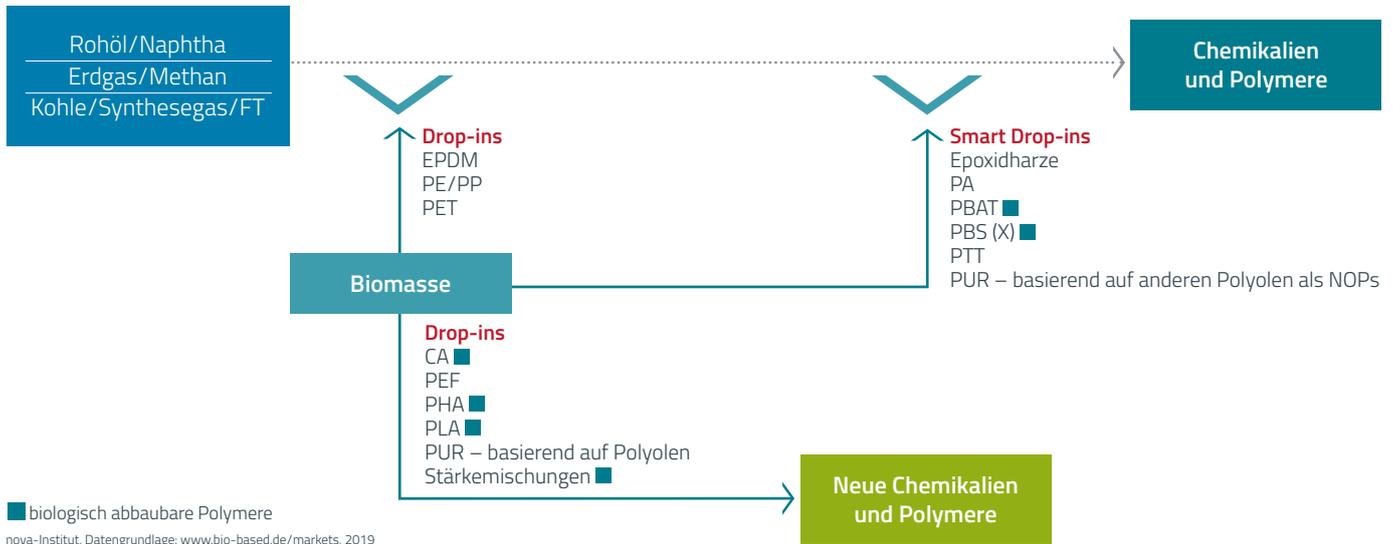
Im Fall von Werkstoffen gibt es sowohl Produkte, die den Basischemikalien entsprechen und sehr große Volumina bei sehr niedrigen Preisen substituieren sollen, wie auch Materialien mit sehr spezifischen Eigenschaften, mit denen teilweise vergleichsweise hohe Preise erreicht werden können. Diese werden aber in der Regel in geringeren Mengen hergestellt.

Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) oder Polyethylenterephthalat (PET) gehören dabei zur ersten Gruppe. Existierende biobasierte Lösungen, wie das etwa von Braskem in Brasilien produzierte Bio-PE, sind nur in kleinen Mengen und dank eines von den Kunden gezahlten Green-Premium-Preises konkurrenzfähig. Hier werden entsprechend Ansätze gesucht, biobasierte Alternativen kostengünstiger zu produzieren (siehe Fallbeispiel 5).

Neben diesen reinen Drop-in-Lösungen gibt es allerdings auch Polymere und andere Werkstoffe, die sich bereits jetzt aufgrund einer kostengünstigeren Herstellung am Markt etablieren können. Hierzu gehören etwa Epoxidharze, die auf der Basis von biobasiertem Epichlorhydrin hergestellt werden und deren Ausgangsstoff günstiges Glycerin aus der Biodieselproduktion ist. Auch diese Materialien ersetzen auf dem Markt befindliche petrobasierte Werkstoffe, mit denen sie identisch sind, die Produktion ist jedoch kostengünstiger, wodurch sie konkurrenzfähig sind (smart Drop-ins).

ETABLIERUNG NEUER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Abbildung 23: Schematische Differenzierung von Drop-in-, Smart-Drop-in- und dedizierten biobasierten Chemikalien und Polymeren



■ biologisch abbaubare Polymere
nova-Institut, Datengrundlage: www.bio-based.de/markets, 2019

Spezielle Eigenschaften

Eine dritte Gruppe von Werkstoffen bringt, wie auch die Feinchemikalien, neue und nur ihnen eigene Eigenschaften mit und kann sich entsprechend in Anwendungen etablieren, für die diese Eigenschaften optimal sind. Dabei kann es sich um sehr unterschiedliche spezifische Eigenschaftsprofile handeln – so sind etwa einige biobasierte Polyamide auf der Basis langkettiger Pflanzenölsäuren, wie sie etwa die Unternehmen Arkema und Evonik herstellen, besonders stabil und können in Spezialanwendungen verwendet werden, während die bakteriell hergestellten Polyhydroxyalkanoate (PHA) als natürliche Speicherpolymere der Bakterien auch bakteriell wieder abgebaut und damit kompostierbar sind.

Die Kunststoff- und Verpackungsindustrie im Rheinischen Revier ist sehr ausgeprägt. Es gibt eine Vielzahl von

KMU, die auf diesem Sektor tätig sind. Potenziale können sich punktuell aus einer – zumindest teilweisen – Umstellung des Feedstocks dieser Unternehmen auf biogene und regionale Rohstoffe ergeben. Erste Kooperationen, bei denen PHA eine Rolle spielt, sind im Revier in der Anbahnung.

Betrachtet man die Produktionskapazitäten für die verschiedenen biobasierten Kunststoffe, stellt man fest, dass die intelligenten, smarten Drop-in-Kunststoffe sowie die Kunststoffe mit spezifischen Eigenschaften, zu denen unter anderem auch die Polyurethane, die Stärkeblends, Celluloseacetate oder auch einige weitere Spezialkunststoffe wie PLA, PBS oder PEF gehören, bereits heute den größten Anteil haben, während etwa Polyethylen nur einen geringen Anteil ausmacht.

In Zukunft wird sich dies trotz einer moderaten Wachstumsprognose kaum

verändern, wobei das bereits erwähnte Bionaphtha an dieser Stelle aufgrund der vergleichsweise kostengünstigen Herstellung und der Möglichkeit, direkt in etablierten Raffinerien genutzt zu werden, eine Option für eine Veränderung darstellen könnte.

Erneuerbare Kohlenstoffquellen

Wie dargestellt ist auch bei den Kunststoffen das Zusammenspiel bei der Nutzung verschiedener erneuerbarer Kohlenstoffquellen zentral. Neben den angeführten biobasierten Werkstoffen arbeiten Unternehmen wie Covestro und andere an der Nutzung von Kohlenstoff aus Abgasen, indem sie aufkonzentriertes CO₂ aus Emissionen der chemischen Industrie nutzen und in Form von CO₂-basierten Polyolen zur Herstellung von Kunststoffen, hier vor allem Polyurethanen, einsetzen und dies auch mit der Nutzung biogener Rohstoffe wie biobasiertem Methanol kombinieren.

Die in Dormagen aufgebaute Demonstrationsanlage für 5.000 Tonnen CO₂-basierter Polyurethanschäume für die Produktion von Matratzen ist dabei nur ein erster Schritt und ein erstes Beispiel für ein vielfältiges Portfolio von Materialien, die bei Covestro und auch bei anderen Unternehmen in der Forschung und Entwicklung sind.

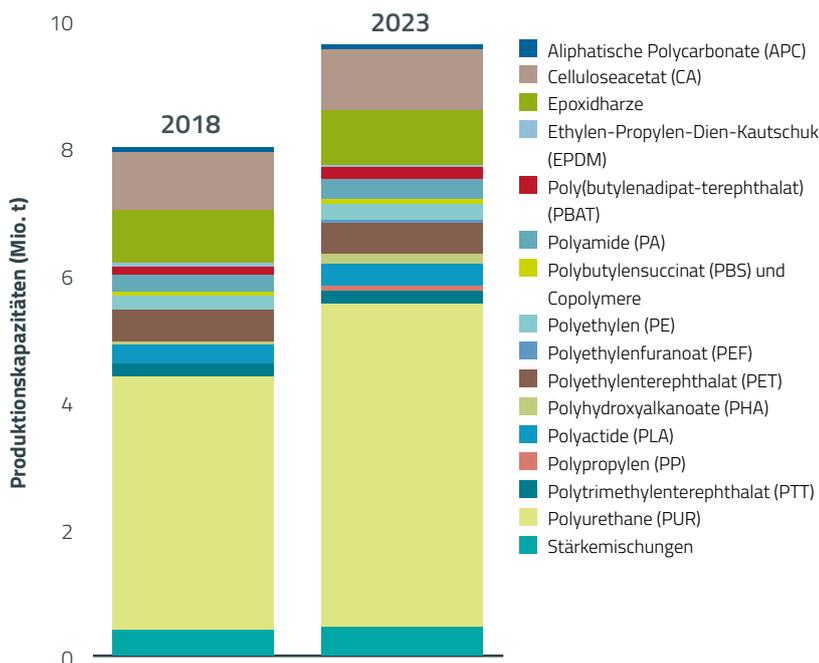
Andere Wege beschreitet etwa Pfeifer & Langen, die sich als Zuckerproduzent zunehmend mit den Optionen der Herstellung von Kunststoffen und Kompositen auf der Basis ihrer Produkte und Nebenströme konzentrieren. Dabei arbeiten sie beispielsweise daran, die von ihnen produzierten und aktuell vor allem als Futtermittel eingesetzten Zuckerrübenschnitzel zur Herstellung von Zellstoff zu

nutzen oder in Form von Kompositmaterialien in Wert zu setzen.

Wissenschaft unterstützt Wirtschaft

Zusammen mit den Forschungseinrichtungen im Umfeld und der Existenz von Entsorgungs- und Recyclingunternehmen bilden die zahlreichen Chemie- und Kunststoffproduzenten im Rheinland eine gute Basis, um im Rahmen der Entwicklung der Modellregion für nachhaltige Bioökonomie beispielhaft die Substitution petrochemie-basierter Materialien durch erneuerbare, alternative Kohlenstoffquellen zu entwickeln und umzusetzen. Das Rheinland kann dadurch als Fokusregion für den Einsatz alternativer Kohlenstoffquellen in Verbindung mit einer verstärkten, geschlossenen Kreislaufwirtschaft wahrgenommen werden.

Abbildung 24: **Produktionskapazitäten für biobasierte Polymere 2018 und 2023**



nova-Institut, Datengrundlage: www.bio-based.de/markets, 2019



Fallbeispiel 7: TEXTIL- UND PAPIERWIRTSCHAFT

Das Rheinische Revier ist eine historisch bedeutende Textil- und Papierregion. In den vergangenen Jahrzehnten hat die industrielle Produktion zwar vor allem im Bereich Textil abgenommen. Aber es gibt im Rheinland alternative Produktionsmethoden mit Potenzial und zahlreiche Forschungsaktivitäten.

Die auf Naturfaserproduktion und vor allem auf die Herstellung von Garnen und Geweben basierende Bedeutung der Textilindustrie im Rheinland ging vor allem durch die Verlagerung der Textilproduktion in andere Regionen, vor allem nach Asien, sowie durch den Rückgang und das Verschwinden des Anbaus von traditionell genutzten Naturfaserpflanzen wie dem Hanf, dem Lein und der Fasernessel verloren. Heute sind die Textilmärkte vor allem dominiert von Baumwolle sowie von Kunststoff- und Zellstofffasern. Zu Letzteren gehören hierbei vor allem Viskose und andere auf Regeneratcellulose aufbauende Fasern, die zur Herstellung von Bekleidungs- und Heimtextilien verwendet werden. Die Textilindustrie spielt darüber hinaus jedoch auch eine bedeutende Rolle bei der Herstellung von technischen Textilien, die als Gewebe und als Non-Wovens produziert und genutzt werden.

Wiederbelebung durch Forschung?

Vor allem im Forschungsumfeld entwickeln sich im Rheinland durch Aktivitäten der RWTH Aachen (Institut für Textiltechnik, ITA) und verschiedener Partner neue Perspektiven für die

Textilindustrie, die zu einer Neu-Etablierung dieses Wirtschaftszweiges in der Region führen können.

Hierzu zeigen beispielsweise die vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekte INGRAIN (Förderprogramm WIR!)²⁷ und Bio-TexFuture (Förderprogramm Innovationsraum Bioökonomie)²⁸ das regionale Potenzial.

Gerade der Bereich der Zellstofffasern auf der Basis von Holz ist heute ein Treiber für Materialinnovationen vor allem in den skandinavischen Ländern, jedoch sind auch mehrere Forschungsgruppen und Unternehmen im Bereich des Rheinischen Reviers in diesem Feld aktiv.

Hinzu kommen neuartige Textilentwicklungen wie etwa auf CO₂-Nutzung basierende Garne und Gewebe, die das Unternehmen Covestro gemeinsam mit der RWTH Aachen konzipiert. Perspektivisch könnte die Entwicklung von neuartigen Textilien, etwa funktionalisierter Bekleidungstextilien mit integrierter Sensorelektronik und bioaktiver Funktionalität, neue Anwendungsbereiche eröffnen (smart textiles). Und auch für medizi-

nische Anwendungen stellen Textilien einen Bereich dar, der noch entwickelt werden kann und unter anderem textile Implantate für Gewebe, Herzklappen, Gefäße, Hauttransplantate und weitere Anwendungen umfasst.

Technische Fasern für Baumaterialien

Aber auch für die Entwicklung von Kompositmaterialien kommt neuartigen technischen Fasern als zentrale Elemente von Leichtbaumaterialien eine zentrale Rolle zu. Hier könnten mittelfristig biogene Kohlefasern zusammen mit Zellstofffasern und anderen biogenen Fasern (künstliche Spinnenseide, Raupenseide) eine wichtige Rolle bei der Substitution erdölbasierter Kohlefasern und von Glasfasern darstellen.

Beispielhaft für eine wichtige Anwendung alternativer faserverstärkter Verbundmaterialien seien hier die für den Ausbau der erneuerbaren Energie dringend notwendigen Windkraftanlagen genannt, deren Windflügel aus faserverstärkten Duroplasten bestehen, für die heute Glasfasern genutzt werden. Da Glasfasern beim Recycling und auch bei der thermischen Verwertung abgerissener Windflügel Probleme bereiten, könnten zukünftige Lösungen mit Kohlefasern oder anderen auf Kohlenstoff basierenden Fasern die Nachhaltigkeit und die Rezyklierbarkeit und Rückgewinnung der Materialien verbessern.

Ähnliches ist auch für andere Bereiche zu erwarten, etwa bei Leichtbaumaterialien im Fahrzeugbau (Elektromobilität) und auch für textilverstärkte Betonkomposite im Bauwesen.

Forschung für die Papierwirtschaft

Mit der „Modellfabrik Papier“ im Zentrum von Düren entsteht erstmalig ein Ort, an dem neue und innovative Prozesse zur ressourcenschonenden Herstellung und Verarbeitung von Papier entwickelt werden sollen.⁹ Neben Gesellschaftern aus der Papierfertigung und deren Zulieferindustrie beteiligen sich hier u. a. die FH Aachen, die RWTH Aachen und das Forschungszentrum Jülich, um die Brücke zwischen Forschung und Industrie zu schlagen.

Papier aus alternativen Rohstoffen

Die Papierindustrie ist im Rheinischen Revier vor allem im Großraum Düren traditionell stark vertreten, wobei hier ein besonderer Schwerpunkt auf der Nutzung von Altpapier vorhanden ist. Der Bedarfsrückgang bei Druckpapieren wird durch einen vermehrten Bedarf bei Verpackungspapier und Pappe aufgefangen, der zu einem nicht geringen Teil aus Recyclingpapier besteht. Neben der

konventionellen Papierherstellung auf der Basis von Holzfasern haben sich allerdings mittlerweile auch Alternativen entwickelt.

Das Unternehmen Creapaper (mit einem Werk in Düren) etwa setzt auf die Herstellung von Papier mit einem hohen Anteil von Grasfasern und konnte seine Produktionsmengen vor allem im Bereich der Verpackungspapiere teilweise stark erweitern und setzt dabei auf den Verzicht von Kunststoffbeschichtungen.



Fallbeispiel 8: TECHNOLOGIEENTWICKLUNG UND -TRANSFER

Neben der Land- und Ernährungswirtschaft und der produzierenden Industrie stellt auch die Forschung und Entwicklung innovativer Technologie ein großes Potenzial für die Wirtschaft der Region dar.

Das Rheinische Revier und die umliegenden Ballungsräume sind geprägt von insgesamt 19 Forschungseinrichtungen, Universitäten und Fachhochschulen, in denen für die Bioökonomie relevante Forschung betrieben wird. Insgesamt 238 Studiengänge und mehr als 200 Ausbildungsberufe mit bioökonomischem Bezug werden hier angeboten (vgl. Bioökonomie: Potenziale im Rheinischen Revier – Wissen und Bildung).¹⁴ Im Rheinland besteht bereits eine bundesweit einmalige Wissenschaftslandschaft zur Bioökonomie, die zudem exzellent untereinander und auch nach außen vernetzt ist.

In der Region sind entsprechend Einrichtungen aller deutschen Wissenschaftsorganisationen wie die Fraunhofer-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft, die Max-Planck-Gesellschaft und die Leibniz-Gemeinschaft ebenso anzutreffen wie mehrere Universitäten in Bonn, Düsseldorf und Köln und Technische Hochschulen wie die RWTH und die Fachhochschule in Aachen oder die Hochschule Niederrhein in Krefeld.

Hinzu kommen Forschungsverbünde und Kompetenzcluster mit Themenschwerpunkten in der Bioökonomie wie die Exzellenzcluster PhenoRob

(Robotik, Digitale Landwirtschaft, Datenverarbeitung), CEPLAS (Pflanzenzüchtung, Pflanzenökologie, Mikroben-Pflanzen-Interaktionen) und das Fuel Science Center (Nachwachsende Rohstoffe, erneuerbare Energien und Kraftstoffe) sowie zahlreiche forschende Unternehmen und Clusterverbände.

Das Bioeconomy Science Center (BioSC) verknüpft die Forschungsaktivitäten in vier Fokusthemenfeldern: „Smartes Management der Pflanzenproduktion“, „Integrierte Bioraffinerien für nachhaltige Prozesse und Produkte“, „Modulare Biotransformationen zur Herstellung von Wertstoffen“ und „Technologische und institutionelle Innovationen als Treiber biobasierter gesellschaftlicher Transformationen“.²² Es bildet den Kern der interdisziplinären Forschungslandschaft in der Modellregion für nachhaltige Bioökonomie Rheinland und bündelt die Bioökonomie-Forschung der Universitäten in Bonn und Düsseldorf sowie der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich. Thematisch fokussiert die Forschung auf die Systemforschung und die Integration der vier Forschungsschwerpunkte zu großen Fokusthemenfeldern, die nur inter- und transdisziplinär adressiert werden können.

Turbo für Bioökonomie-Start-ups

Das wirtschaftliche Potenzial dieser Forschungsleistung liegt zum einen im Technologietransfer der Forschungsergebnisse, die den Unternehmen durch Verkauf, Lizenzierung oder Dienstleistung zur Verfügung gestellt werden, und zum anderen in der Ausgründung innovativer Technologieunternehmen in der Region, die die in der akademischen Forschung entwickelten Technologien in den Markt bringen und weiterentwickeln.

Im Rahmen von BioökonomieREVIER wurde ein eigens auf die Region und das Themenfeld Bioökonomie fokussiertes Accelerator- und Gründungsprogramm namens BIOBoosteRR entwickelt. Es dient als „Keimzelle für Kooperation, Ideen und den schnellen Transfer neuer Verfahren von der Wissenschaft in die Umsetzung“. So sollen kurz- und mittelfristig die Voraussetzungen für neue Arbeitsplätze sowie Anreize für Unternehmensansiedlungen und Investitionen geschaffen werden, um den Strukturwandel im Rheinischen Revier erfolgreich zu gestalten.²⁹

Innovationslabore qualifizieren neue Ideen

Die im Rahmen von BioökonomieREVIER aufgebauten Innovationslabore sollen vor allem Technologien und Infrastrukturen gebündelt mit der zugehörigen Expertise an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bereitstellen. Bei den Konzepten geht es vor allem um mittel- und langfristige Innovationen in der Region und die Qualifikationsprojekte sollen Ideen, bei denen bereits die prinzipielle Machbarkeit gezeigt ist, weiter qualifizieren.

Um das Potenzial aufzuzeigen, sollen im Folgenden einige verschiedene Innovationslabore des Bereichs „Plattformen“ kurz und beispielhaft skizziert werden (Auszug).

- Das Projekt **MarginalFieldLab** als Feldlabor für landwirtschaftliche Produktionssysteme auf marginalen Standorten konzentriert sich auf die Züchtung besonders ressourceneffizienter und neuer sowie mehrjähriger nachwachsender Rohstoffe als Option für wertschöpfende Zwischennutzungen, etwa als Rohstoff in Bioraffinerien. Im MarginalField-Lab sollen diese testweise angebaut werden, zudem behandelt es die Entwicklung und Erprobung von Bodenverbesserungsverfahren und soll einen Innovationshub für biologische Pflanzenschutzmittel aufbauen.¹⁸
- Im Rahmen des Projekts **BrainergyFieldLab** entsteht ein Hightech-Feldtechnikum mit Ag-robotik in agrarischen und gartenbaulichen Produktionssystemen. Auf Versuchsflächen am Brainergy Park in Jülich können Unternehmen innovative Forschungsanlagen nutzen.¹⁹
- Bei **AutoBioTech** geht es um automatisierte Verfahren zur Konstruktion mikrobieller Hochleistungsstämme für die industrielle Nutzung. Hierbei geht es um den exemplarischen Nachweis, wie sich die Konstruktion von maßgeschneiderten Mikroorganismen für die industrielle Nutzung zukünftig beschleunigen lässt.³⁰
- Das Innovationslabor **Algae-SolarBoxes** entwickelt ein Container-System als Demonstrator zur effizienten Algenproduktion und Abwasserreinigung. Bis zu 90 % des Phosphats lassen sich beispielsweise auf diese Weise mit Algen aus Abwasser entfernen und als biobasierten Dünger wieder nutzbar machen.¹¹
- Bei **APV 2.0** – Agrophotovoltaik 2.0 – geht es um die Kopplung von

Pflanzenproduktion und Photovoltaik. Hier werden Solaranlagen über landwirtschaftlichen Flächen installiert. So können diese Flächen doppelt genutzt werden: für Landwirtschaft und saubere Energieerzeugung. Die Systeme sollen eine optimierte Lichtnutzung für die Solarenergie und die Pflanzenproduktion durch bewegliche Module ermöglichen und zugleich als Regenauffangsystem mit Schutzfunktionen gegenüber Starkwetterereignissen dienen.³¹

- Während es sich bei den obigen Projekten vor allem um verschiedene technologische Konzepte der landwirtschaftlichen Biomasseproduktion und ihrer Optimierung handelt, sind andere Projekte eher im Bereich der Automatisierung und Digitalisierung angesiedelt. So soll etwa das Projekt **SL-BioDig** ein Schnittstellenlabor zwischen Bioökonomie und Digitalisierung bilden. Es ermöglicht eine Zusammenarbeit von Wissenschaft, Ausbildung und Industrie auf dem Weg zur Kommerzialisierung und zur Überbrückung des „Valley of Death“ zwischen TRL 3 bis 4 auf TRL 6 bis 7 bei neuen Technologien.²⁰
- **DG-RR** soll als Digitales Geosystem Rheinisches Revier ein Dateninformationssystem für Landwirtschaft, Forstmanagement, Wasserressourcen- und Flächenmanagement und für ingenieurtechnische Fragestellungen liefern. Ziel ist dabei vor allem ein Ausbau der digitalen Geodaten-Infrastruktur im Rheinischen Revier für nachhaltige Bioökonomie.³²
- Bei **PlastiQuant** soll ein (Mikro-)Plastik-Management für eine zirkuläre Bioökonomie und mikroplastikfreie Lebensmittel als Infrastruktur zur Quantifizierung, dem Recycling und der Inwertsetzung von Mikro-/Nanoplastikpartikeln, etwa im Trinkwasser oder in Lebensmitteln, entwickelt werden. Zudem soll eine Stammsammlung von polymerabbauenden Enzymen für den Plastikabbau aufgebaut und Plastik-Recyclingprozesse

u. a. für den Abbau von Mischplastiken entwickelt werden.³³

- Das Innovationslabor **E-HyBio** entwickelt elektrohybride Trennverfahren für eine emissionsarme Bioökonomie. Diese Plattform ermöglicht eine Sektorenkopplung zwischen Bioökonomie und Energiewirtschaft.³⁷
- Beim Projekt **ProtLab** kommen maßgeschneiderte Peptide zum Einsatz. Hier findet die Technologie fest bindender Ankerpeptide in Kombination mit Mikrogel-Containern eine beispielhafte Anwendung im Bereich der Pflanzengesundheit.³⁸

Diese und weitere Projekte werden von BioökonomieREVIER an der Schnittstelle zwischen Forschung und Wirtschaft koordiniert. Die weitergehende Vernetzung der Forschungseinrichtungen untereinander und mit der regionalen Wirtschaft ist einer der Schwerpunkte der Aktivitäten der Koordinierungsstelle.

In Zusammenarbeit von Wissenschaft und Landwirtschaft werden regionale Kooperationsfelder für Unternehmen identifiziert, um künftig gemeinsam bearbeitet zu werden. Teil der Projekte ist grundsätzlich eine Nutzungs- und Verwertungsstrategie, die eine kommerzielle Verwertung der Ergebnisse und damit eine wirtschaftliche Nutzung und die Integration in neue und bestehende Wertschöpfungs-systeme ermöglichen soll.

Um dieses Ziel zu erreichen, brauchen die Unternehmen kompetente und entsprechend qualifizierte Mitarbeitende. BioökonomieREVIER entwickelt daher mit unterschiedlichen Bildungstragenden in der Region Konzepte zur gezielten Aus-, Fort- und Weiterbildung, um das in der Region verfügbare bioökonomische Wissen auszuweiten.

BIOÖKONOMIE: DIE WIRTSCHAFTSFORM DER ZUKUNFT

Für die Zukunft sind Innovationen gefragt, die den Wandel zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise voranbringen. Die Bioökonomie leistet hierzu einen wichtigen Beitrag, da sie Umweltaspekte mit wirtschaftlichen Interessen in Einklang bringt. Mit dem Wissen über biologische Systeme lassen sich neue biobasierte Prozesse und Produkte entwickeln. Das können emissionsarme und anpassungsfähige Rohstoffe für Nahrungs- und Futtermittel oder Biomaterialien für die Bauwirtschaft, für Chemikalien oder für pharmazeutische Produkte sein.

Als Technologie- und Forschungsstandort nimmt Deutschland in Ressourcen- und Klimaschutz eine Spitzenposition ein. „Die Bioökonomie bietet die Chance, Wirtschaftswachstum im Einklang mit Natur- und Umweltschutz zu erreichen“, heißt es sinngemäß in der Nationalen Bioökonomiestrategie, die das Bundes-

ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gemeinsam entwickelt haben.

Der Übergang hin zu einer nachhaltigen biobasierten Wirtschaftsweise betrifft jedoch nicht nur die Wissenschaft, sondern stellt eine

große gesellschaftliche und politische Aufgabe dar. Der Land- und Ernährungswirtschaft kommt dabei eine Schlüsselfunktion zu. Sie leistet einen wesentlichen Beitrag dazu, nachwachsende Rohstoffe und biologisches Wissen effizient erzeugen und nutzen zu können.

Ein wichtiges Prinzip im Bioökonomiekonzept ist die Kreislaufwirtschaft. Von großem Interesse ist, wie sich biologische Rest- und Abfallstoffe besser verwerten lassen. Aus nachwachsenden Rohstoffen können umweltfreundliche Produkte hergestellt, aber auch Treibstoff, Wärme und elektrische Energie erzeugt werden. Die Forschung konzentriert sich dabei auf Ressourcen, die nicht in Konkurrenz

Bioökonomiestrategie der Bundesregierung

Deutschland nimmt bei der Entwicklung von Politik- und Forschungsstrategien zur Bioökonomie eine internationale Vorreiterrolle ein. Die Bundesregierung sieht in einer biobasierten Wirtschaftsweise eine nachhaltige und ressourceneffiziente Strategie, um langfristig den Wohlstand moderner Gesellschaften zu garantieren. Sie richtete bereits 2009 den Nationalen Bioökonomierat ein, der seither die Politik berät. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung adressiert seit Längerem zahlreiche Aspekte der Forschung für eine zukünftige Bioökonomie.

Nach der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ (BMBF, 2010) und der „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ (BMEL, 2013) veröffentlichte die Bundesregierung im Januar 2020 die „Nationale Bioökonomiestrategie“, die die bisherigen Aktivitäten bündelt. Um eine offene Diskussion zu fördern und alle gesellschaftlichen Gruppen einzubinden, wurde Bioökonomie als Thema des Wissenschaftsjahrs 2020/21 ausgewählt.



zur Nahrungsmittelproduktion stehen, also zum Beispiel auf landwirtschaftliche Reststoffe.

NACHHALTIGE BIOÖKONOMIE FÜR DAS 21. JAHRHUNDERT

Seit das Konzept der wissensbasierten Bioökonomie (Knowledge Based Bio-Economy, KBBE) erstmals 2005 in Europa veröffentlicht wurde, hat die Vision der Bioökonomie weltweit Eingang in strategische Planungen führender Staaten gefunden. Im Jahr 2020 hatten bereits 54 Länder bioökonomierelevante Politikstrategien auf den Weg gebracht. Die neueren Strategien sind zunehmend auf die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen von 2015 ausgerichtet (Sustainable Development Goals, SDGs). Die Konzepte und Lösungsansätze der nachhaltigen Bioökonomie tragen zu dreizehn der siebzehn SDG bei.

In Europa sind sowohl die Mitgliedstaaten der EU als auch die Europäische Kommission weitreichende Verpflichtungen im Hinblick auf eine nachhaltige Bioökonomie eingegangen. Sie spielt inzwischen eine wesentliche Rolle in verschiedenen Strategien und Umsetzungsrichtlinien der EU und ist ein fester Bestandteil in der europäischen Forschungsförderung. Auch hat sie eine treibende Rolle für die Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft (Circular Economy). Der im Dezember 2019 vom neuen Europarat verabschiedete „European Green Deal“ hat zahlreiche Leitlinien der Bioökonomie zum Ziel.

BIOÖKONOMIEREVIER RHEINLAND – MODELLREGION FÜR NACHHALTIGES WIRTSCHAFTEN

Die Initiative BioökonomieREVIER verfolgt das Ziel, das Rheinische Revier zu einer Modellregion für nachhaltiges



„Bioökonomie ist ein wichtiger Treiber für den Wandel hin zu einem nachhaltigeren Wirtschaftssystem.“
 Anja Karliczek,
 Bundesforschungsministerin

Politische Leitlinien und Ziele

Leitlinie 1

Mit biologischem Wissen und verantwortungsvollen Innovationen zu einer nachhaltigen, klimaneutralen Entwicklung

Leitlinie 2

Mit biogenen Rohstoffen zu einer nachhaltigen, kreislauforientierten Wirtschaft

Gemeinsame strategische Ziele für Forschungsförderung und politische Rahmensetzung

1

Bioökonomische Lösungen für die Nachhaltigkeitsagenda entwickeln

2

Potenziale der Bioökonomie innerhalb ökologischer Grenzen erkennen und erschließen

3

Biologisches Wissen erweitern und anwenden

4

Ressourcenbasis der Wirtschaft nachhaltig ausrichten

5

Deutschland zum führenden Innovationsstandort der Bioökonomie ausbauen

6

Gesellschaft einbinden, nationale und internationale Kooperationen intensivieren

BIOÖKONOMIE: DIE WIRTSCHAFTSFORM DER ZUKUNFT

Wirtschaften mit internationaler Strahlkraft zu entwickeln. Der Strukturwandel soll für die Menschen vor Ort zukunftsfähige Arbeitsplätze bieten und zugleich nachhaltig mit Umwelt, Klima und Ressourcen umgehen. Auf Basis biogener Ressourcen und biologischer Innovationen werden im Rahmen von BioökonomieREVIER neue Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle für die Region aufgezeigt und erprobt. Der Fokus liegt dabei auf der schnellen wirtschaftlichen Umsetzbarkeit.

Die Initiative versteht sich als ergebnisoffene Plattform – aus der Region, für die Region. Gemeinsam mit Beteiligten aus Wirtschaft, Landwirtschaft, Forschung, Bildung, Kommunen und Öffentlichkeit entstehen Handlungsempfehlungen für ein nachhaltiges BioökonomieREVIER.

KOORDINIERUNGSSTELLE BIOÖKONOMIEREVIER

Begleitet werden die Aktivitäten von der Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER, die am Institut für Pflanzenwissenschaften des Forschungszentrums Jülich angesiedelt ist und den Transformationsprozess im ganzen Revier im Auge hat. Sie versteht sich als Anlaufstelle für alle Interessierten und bietet Unterstützung in vielfältiger Weise an.

Die Koordinierungsstelle nutzt die Innovationen der regionalen Wissenschaftsinstitutionen unter anderem im Rahmen regionaler Innovationslabore. Um einen schnellen Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis zu erreichen, werden in Feldversuchen gemeinsam mit Landwirtschaftsbetrieben und Unternehmen neue Wertschöpfungskonzepte entwickelt. Vielversprechende Vor-

haben werden durch einen weiteren Bestandteil der Initiative, den Accelerator BIOBoosteRR, weiterqualifiziert. Im besten Fall werden aus innovativen Ideen tragfähige Geschäftsmodelle und marktfähige Produkte, die zur Gründung und Ansiedlung neuer Unternehmen im Rheinischen Revier führen.

STRUKTURWANDELPROZESS IM RHEINISCHEN REVIER

Das Konzept von BioökonomieREVIER steht im Einklang mit dem von der Zukunftsagentur Rheinisches Revier formulierten „Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1 für das Rheinische Zukunftsrevier“.⁷ Verbindungen gibt es insbesondere zu den Zukunftsfeldern „Ressourcen und Agrobusiness“, „Energie und Industrie“ und „Innovation und Bildung“. Der Revierknoten „Ressourcen und Agrobusiness“ befasst sich mit einem ganzheitlichen Strukturwandel auf der Grundlage der Konzepte von Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft. Ein Fokus liegt dabei auf der Landwirtschaft und der

damit zusammenhängenden Lebensmittel- und Rohstoffproduktion. Hier ergeben sich zahlreiche Schnittstellen zu BioökonomieREVIER, etwa bei der Betrachtung des Wirtschaftsfaktors „Ressourceneffizienz“, für die Generierung neuer Wertschöpfung und Arbeitsplätze.

Die Revierknoten „Energie“ und „Industrie“ arbeiten an der nachhaltigen Transformation der im Rheinischen Revier starken Energiewirtschaft sowie der hier ansässigen Industrie. Dabei geht es auch um eine Unterstützung vielversprechender Technologien und Innovationen, die große Wachstumschancen versprechen. Die Förderung der Wirtschaft und die Entwicklung bestimmter Technologiefelder sollen dabei einem stärkenorientierten Ansatz folgen, der an den besonderen Kompetenzen der Region anknüpft. So kann etwa das in der Region vorhandene Wissen zur Bioökonomie beim Aufbau komplexer innovativer Wertschöpfungsnetzwerke helfen. Die Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER bringt sich mit ihrer Expertise

Aufgaben der Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER

- Branchenübergreifend netzwerken und beraten
- Innovationspotenziale der Region erheben und auswerten
- Regionale Innovationspartnerschaften initiieren
- Themenbezogene Unternehmensgründungen fördern
- Ansprechpartner für Kommunen in allen Fragen rund um Bioökonomie sein
- Information der Öffentlichkeit über die Bioökonomie und ihre Bedeutung
- Bürgerschaft aktiv an der Etablierung einer regionalen Bioökonomie beteiligen
- Regionalstrategie Bioökonomie für das Rheinische Revier aufstellen



und ihrem Netzwerk daher aktiv in diesen Prozess ein.

Im Revierknoten „Innovation und Bildung“ liegt der Schwerpunkt auf der Zukunftsfähigkeit der Ausbildungs-, Bildungs- und Qualifizierungslandschaft. Für einen erfolgreichen Strukturwandel mit wettbewerbsfähigen Unternehmen müssen der Wissens- und Technologietransfer gestärkt und wissenschaftliche Erkenntnisse effektiver verwertet werden. Bei neuer Beschäftigung und Wertschöpfung verändert sich der Personalbedarf. Dies verlangt passende Bildungs- und Qualifizierungskonzepte. Bioökonomie-REVIER kann hierzu einen Beitrag im Themenbereich von Nachhaltigkeit und biobasierten Ressourcen leisten.

FORSCHUNGSVERBUND BIOECONOMY SCIENCE CENTER

Die Koordinierungsstelle Bioökonomie-REVIER profitiert von der Nähe zum Bioeconomy Science Center (BioSC)²², einem Forschungsverbund von ca. 70 Instituten und Lehrstühlen aus RWTH Aachen, Universität Bonn, Universität Düsseldorf und Forschungszentrum Jülich. Das BioSC forscht seit über zehn

Abbildung 25: **Zusammenhänge & Aufgaben von BioökonomieREVIER, BIOBoosteRR und BioSC**



BIOÖKONOMIE: DIE WIRTSCHAFTSFORM DER ZUKUNFT

Jahren im Bereich Bioökonomie und ist heute ein Leuchtturm der systemorientierten, integrierten Bioökonomie-Forschung in Deutschland, Europa und weltweit. Zentrale Themen der Forschung sind die nachhaltige Pro-

duktion von Pflanzen als Nahrungs- und Futtermittel und für die stoffliche Nutzung sowie neue (bio-)chemische und biotechnologische Methoden und Prozesse zur Umsetzung von nachwachsenden Rohstoffen in Wertstoffe

wie beispielsweise Feinchemikalien, Biopolymere und Biokraftstoffe.

Ebenso werden Fragestellungen der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit der Bioökonomie und ihrer gesellschaft-



lichen Akzeptanz bearbeitet. Eine enge Kooperation mit der Industrie soll den Transfer der Forschungsergebnisse beschleunigen. Ein weiterer Schwerpunkt des BioSC ist die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern sowie Fachkräften, die in der wissensbasierten Bioökonomie dringend benötigt werden.

WEITERE INITIATIVEN UND BÜNDNISSE

Im Kreis Heinsberg fördert das Innovationsbündnis INGRAIN²⁷ den innovationsbasierten Strukturwandel in der Agrar-, Textil- und Lebensmittelwirtschaft. Im Fokus steht das Innovationspotenzial einer biobasierten Circular Economy, die auf einen vollständig geschlossenen Wertschöpfungskreislauf abzielt.

Mit der „Modellfabrik Papier“ wird ein in Düren beheimatetes, regional vernetztes Reallabor für die Papierindustrie errichtet. Hier soll zukünftig an der Entwicklung einer industriellen Wertschöpfungskette der nachhaltigen Papierproduktion gearbeitet werden.⁹

Das Kompetenzzentrum Bio4MatPro bündelt die Expertise von führenden Großunternehmen und KMU, des Technologiezentrums its Baesweiler sowie der RWTH Aachen in einem wachsenden Innovationsnetzwerk und verbindet dieses über einen Venture Capital Accelerator mit Investorengeldern. Thematische Schwerpunkte sind die Ressourcenwende sowie neue Produktionstechniken für hochwertige biobasierte Produkte für unterschiedliche Sektoren.³⁴



3 FRAGEN AN ...

Prof. Dr. Ulrich Schurr

Direktor des Instituts für Pflanzenwissenschaften am Forschungszentrum Jülich, Initiator von BioökonomieREVIER und Sprecher des Direktoriums des Bioeconomy Science Centers (BioSC)

Was genau bedeutet BioökonomieREVIER?

Es geht uns um die Frage, wie wir die unterschiedlich starken und oft isolierten Sektoren der Bioökonomie im Rheinischen Revier sinnvoll zusammenbringen. Und zwar auf eine Art und Weise, dass daraus ein Beitrag zu einem erfolgreichen Strukturwandel entsteht. Die Zukunft der Region entscheidet sich auch daran, ob es gelingt, eine nachhaltige Wirtschaftsweise zu etablieren.

Welche Ziele verfolgt die Initiative?

Wir wollen das Rheinische Revier zu einer weltweit sichtbaren Modellregion für Bioökonomie machen. Dazu wird es 2021 Handlungsempfehlungen geben, die Erfolg versprechende Entwicklungspfade aufzeigen und an der wir zurzeit gemeinsam mit den unterschiedlichen Beteiligten in der Region arbeiten.

Wie sehen konkrete Beiträge der Bioökonomie zum Strukturwandel aus?

Mit der Initiative BioökonomieREVIER zeigen wir, dass der Strukturwandel in der Region nicht auf den Energiebereich beschränkt ist. Wir sehen hier zum Beispiel vielfältige Möglichkeiten an den Schnittstellen der Bioökonomie zu Digitalisierung und Energie. Großes Wachstumspotenzial bieten etwa Boden- und Pflanzenbestandsführung im Präzisionsackerbau oder auch die Nutzung von Bioraffinerieprodukten als Bausteine für die chemische Industrie.

NEUE WERTSCHÖPFUNG FÜR DIE REGION AUS TRADITIONELLEN UND INNOVATIVEN WIRTSCHAFTSSEKTOREN

„Die wichtigste Botschaft lautet: Die Ausgangssituation in der Region ist exzellent für eine nachhaltige Bioökonomie.“

Der Wandel im Rheinischen Revier ist eine Chance für die Industrie. Ebenso wie sie in der Vergangenheit der Region zu Wohlstand verholfen hat, kann sie jetzt einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Transformation und einem neuen Aufschwung leisten.

Das Ende des fossilen Wirtschaftssystems bedeutet nicht das Ende von Prosperität und Beschäftigung. Im Gegenteil: Der Kohleausstieg bis spätestens 2038 ermöglicht einen schnelleren Strukturwandel. Früher als erwartet hat die Region angefangen, neue und zukunftsfähige Wertschöpfungsketten aufzubauen. Mit der Initiative BioökonomieREVIER wollen wir diesen Wandel nach Kräften unterstützen.

In dieser Studie haben wir einige der vielfältigen Möglichkeiten dargelegt, die sich dem verarbeitenden Gewerbe mit dem Wandel hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie im Rheinland eröffnen. Die wichtigste Botschaft lautet: Die Ausgangssituation in der Region ist exzellent. Erstens gibt es hier in den für die Bioökonomie relevanten Schlüsselindustrien bereits etablierte Unternehmensstrukturen, auf die der Wandel aufbauen kann.



Zweitens verfügt die Region über eine exzellente Hochschul- und Forschungslandschaft mit ausgewiesener Expertise in der Bioökonomie. Und drittens stehen im Rahmen des Strukturwandels jetzt die Mittel und Werkzeuge zur Verfügung, die es für einen erfolgreichen Wissenstransfer in die Praxis und den Aufbau neuer Wertschöpfungsnetze braucht.

Die Koordinierungsstelle Bioökonomie-REVIER versteht sich in diesem Prozess als Koordinator und Katalysator. In mehreren Innovationslaboren entwickeln wir marktfähige Lösungen für innovative Bioökonomiekonzepte, aus denen neue Unternehmen und in der Folge neue Jobs entstehen können. Start-ups im Bereich Bioökonomie unterstützen wir dabei auf vielfältige Weise, unter anderem mit dem Accelerator-Programm BIOBoosteRR.

Die Studie gibt auch erste Hinweise darauf, wie tragfähige Wertschöpfungsketten zukünftig in der Region aussehen könnten. Ein Schlüssel spielt dabei die (Mehrfach-)Verwertung von biobasierten Roh- und Reststoffen in innovativen Wertstoffkreisläufen. Circular Economy und Kaskadennutzung sind zwei Grundprinzipien einer nachhaltigen Wirtschaft. Hier gibt es vielfältige Ansatzpunkte in der Region: Mehrere biobasierte Wirtschaftssektoren sind traditionell im Rheinischen Revier verortet. Auf diese vorhandenen Stärken lässt sich künftig aufbauen. Die hier ansässigen Chemie-, Papier- und Textilindustrien verarbeiten von jeher nachwachsende Rohstoffe – und machen sich jetzt fit für

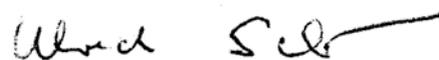
die Zukunft. Daraus ergeben sich auch große Chancen für den Maschinenbau oder Zulieferbetriebe.

Viele der empfohlenen Handlungspfade sind bereits in Arbeit. Die Branchen sind bereits dabei, sich für eine nachhaltige Zukunft neu zu erfinden. Über alle Schlüsselindustrien im Rheinischen Revier gibt es Erfolg versprechende Ideen und Innovationsansätze. Der regionale Branchen-Mix erweist sich dabei als Glücksfall. Was es jetzt braucht, sind Netzwerke und Plattformen, die den bioökonomischen Wissensaustausch fördern und neue sektorübergreifende Kooperationen ermöglichen.

Der Wandel hin zu Bioökonomie ist eine Generationenaufgabe. Mit neuen Wertschöpfungsnetzen wächst der Bedarf an spezialisierten Fachkräften, deren Kompetenzen und Fähigkeiten entwickelt werden müssen, vor allem auch derjenigen Beschäftigten, die heute schon im Beruf sind und weiterqualifiziert werden müssen. Wissen und Bildung werden dabei eine zentrale Rolle spielen – und auch hierzu sind in der Region bereits entsprechende Konzepte in Arbeit und werden von BioökonomieREVIER begleitet.

Ich freue mich auf einen intensiven Austausch und viele wertvolle Beiträge zur Modellregion für nachhaltige Bioökonomie Rheinland.

Ihr Ulrich Schurr




Prof. Dr. Ulrich Schurr

Leiter des Instituts für Pflanzenwissenschaften des Forschungszentrums Jülich und Initiator von BioökonomieREVIER

REFERENZEN

- [1] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) 2020: Bioökonomie. http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Biooekonomie/biooekonomie_node.html
- [2] Die Bundesregierung (Hrsg.) 2020: Nationale Bioökonomiestrategie. www.bmbf.de/files/bio%3b6konomiestrategie%20kabinett.pdf
- [3] Zukunftsagentur Rheinisches Revier 2019: Wirtschafts- und Strukturprogramm für das Rheinische Zukunftsrevier 1.0, S. 13. https://www.rheinisches-revier.de/media/wsp_1-0_web.pdf
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.) 2019: Kommission Wachstum Strukturwandel und Beschäftigung. Abschlussbericht. www.bmw.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- [5] Zukunftsagentur Rheinisches Revier (Hrsg.) 2019: Auftaktkonferenz Revierknoten. www.rheinisches-revier.de/media/190906_revierknotenauftakt_6_9_web_1.pdf
- [6] Im Rahmen des Sofortprogrammes für den Strukturwandel im Rheinischen Revier startete am 1. August 2019 das Programm „Entwicklung der Modellregion BioökonomieREVIER“ des Forschungszentrums Jülich. Es koordiniert den Aufbau des Rheinischen Reviers als Pilotregion für Konzepte, Forschung und Projekte einer nachhaltigen und zirkulären Bioökonomie.
- [7] Wirtschafts- und Strukturprogramm WSP 1.1 für das Rheinische Zukunftsrevier, https://www.rheinisches-revier.de/media/wsp_1.1.pdf
- [8] Nationale Politikstrategie Bioökonomie – Ziele der Bundesregierung, BMEL, November 2016, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Fortschrittsbericht-Biooekonomie.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- [9] Modellfabrik Papier Düren, <https://www.modellfabrikpapier.de>
- [10] Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER, 2020: Bioökonomiepotenziale im Rheinischen Revier – Rohstoffe und Ernährung. https://www.biooekonomierevier.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/98c29d0d-2ea6-11eb-9cb2-dead53a91d31/live/document/Prognos_Studie_Biooekonomie_Potenziale_Rhein_Revier_Rohstoffe_u_Ern%C3%A4hrung_final.pdf
- [11] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Nährstoffrückgewinnung und Abwasserreinigung mit Algen (AlgaeSolarBoxes), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_AlgaeSolarBoxes
- [12] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2020.
- [13] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015.
- [14] Geoverbund Aachen Bonn Cologne Jülich, http://www.geoverbund-abcj.de/geoverbund/DE/Home/home_node.html
- [15] Innovationsstudie 2021, Leuchttürme im Rheinischen Revier, Revierknoten Innovation und Bildung, Zukunftsagentur Rhein. Revier, 22.06.2021, <https://regionaachen.de/wp-content/uploads/2021/05/Innovationsstudie.pdf>
- [16] Ackerbaustrategie, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 25.8.2021, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ackerbaustrategie2035.pdf;jsessionid=62FF14F130E8411B45391CC9C2609CBC.live842?__blob=publicationFile&v=6
- [17] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Heilpflanzenanbau im Rheinischen Revier (AZUR), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_AZUR
- [18] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Marginal Field Lab (MFL), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Marginal_Field_Lab_MFL
- [19] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Brainergy Field Lab (BFL), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Brainergy_Field_Lab_BFL
- [20] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Schnittstelle zwischen Bioökonomie und Digitalisierung (SL-BioDig), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Digitalisierung_SL_BioDig
- [21] Siehe: SAVANNA Ingredients GmbH, <https://www.savanna-ingredients.com>
- [22] BioSC Forschungsprogramm, <https://www.biosc.de/forschungsprogramm>
- [23] www.scalibur.eu
- [24] www.valuewaste.eu
- [25] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Dezentralisierte modulare Bioraffinerie-Container (DeMoBio), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Dezentrale_Bioraffinerie_Container_DeMoBio
- [26] Shell Energy and Chemicals Park Rheinland, <https://www.shell.de/ueber-uns/projects-and-sites/shell-rheinland.html>
- [27] Projekt INGRAIN, <https://ingrain.nrw/>
- [28] Projekt BIOTEXFUTURE, <https://www.biotexfuture.de>
- [29] BioökonomieREVIER: Accelerator BIOBoosteRR, <https://www.biooekonomierevier.de/BioBoosteRR>
- [30] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Automatisierte Plattform für die synthetische Biologie (AutoBiotech), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_AutoBiotech
- [31] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Kopplung von Pflanzenproduktion und Photovoltaik (APV 2.0), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_APV_2_0
- [32] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Digitales Geosystem Rheinisches Revier (DG-RR), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_DG_RR
- [33] BioökonomieREVIER: Innovationslabor für neue Verfahren zur Elimination von Mikroplastik in Flüssigkeiten (PlastiQuant), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_PlastiQuant
- [34] Kompetenzzentrum Bio4MatPro, <https://www.biotec.rwth-aachen.de/cms/BIOTEC/Forschung/Projekte/~llxq/Bio4MatPro-Kompetenzzentrum-zur-Biolog/>
- [35] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Industr. Prod. therapeut. Peptide (SenseUp_Prot), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_SenseUp_Prot
- [36] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Upcycling regionaler Reststoffe zur Prod. von Plattformchemikalien (UpRePP), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Upcycling_Plattformchemikalien_UpRePP
- [37] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Elektrochem. Trenntechnik (E-HyBio), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Elektrochemische_Trenntechnik_E_HyBio
- [38] BioökonomieREVIER: Innovationslabor Maßgeschneiderte Proteine im Einsatz für die Pflanzengesundheit (ProtLab), https://www.biooekonomierevier.de/Innovationslabor_Protein_Engineering_fuer_Pflanzengesundheit_ProtLab
- [39] Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER, 2021: Bioökonomiepotenziale im Rheinischen Revier – Wissen und Bildung, https://www.biooekonomierevier.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/906023af-8c9d-11eb-a804-dead53a91d31/live/document/IAT_Studie_Biooekonomie_Potenziale_Rhein_Revier_Wissen_u_Bildung_final.pdf

Der Zugriff zu den oben genannten Webseiten erfolgte am 24. 9. 2021. Änderungen vorbehalten.

IMPRESSUM

BIOÖKONOMIE: POTENZIALE IM RHEINISCHEN REVIER – INDUSTRIE UND VERWERTUNG

Auftraggeber und Herausgeber

Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER
Forschungszentrum Jülich GmbH
IBG-2 | Pflanzenwissenschaften
Wilhelm-Johnen-Straße
52428 Jülich

kontakt@BiooekonomieREVIER.de
www.BiooekonomieREVIER.de

Stand

September 2021

Auftragnehmer

nova-Institut GmbH, Hürth
Achim Raschka, Olaf Porc,
Dr. Stephan Piotrowski, Michael Carus

Redaktion

Editos GmbH: Daniel Albrecht
BioökonomieREVIER: Anke Krüger, Katrin Spoth,
Bärbel Ackermann, Dr. Christian Klar

Layout

artletico: Silvia Pfeifer, Frank Maurer

Bildnachweis

Adobe Stock: Titel, S. 4, 5, 14, 15, 19, 48;
Forschungszentrum Jülich: S. 45, 71, 73;
Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau: S. 3,
20, 25, 42, 70, 72; Fotolia: S. 19, 26, 36, 37, 46,
47, 64, 67; iStock: 19, 32, 40, 56, 59, 62;
Agit GmbH: S. 9 o. Mitte; Shell AG: S. 10, 12;
Die Papierindustrie e.V.: S. 16, 63, 69;
Forschungszentrum Jülich/Bioökonomie-
REVIER/Tobias Kern: S. 22, 23, 49, 50;
Pixabay: S. 39; Fraunhofer IME: S. 19, S. 44;
RWTH Aachen: S. 61

In dieser Publikation wurde stellenweise auf die Differenzierung der Geschlechter bei der Verwendung von Personenbezeichnungen verzichtet. Im Sinne einer Gleichbehandlung umfassen die entsprechenden Bezeichnungen stets alle Geschlechter.

Im Internet

www.BiooekonomieREVIER.de

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten.

Diese Publikation ist Teil der Informationsarbeit der Koordinierungsstelle BioökonomieREVIER. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



**Koordinierungsstelle
BioökonomieREVIER**

Forschungszentrum Jülich,
IBG-2 | Pflanzenwissenschaften
Wilhelm-Johnen-Straße
52428 Jülich
kontakt@BiooekonomieREVIER.de
www.BiooekonomieREVIER.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



**Bioökonomie
REVIER**