

BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

 **Fraunhofer**
ISI

Evaluation der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“

**Wirksamkeit der Initiativen des BMBF –
Erfolg der geförderten Vorhaben –
Empfehlungen zur strategischen Weiterentwicklung**

Kurzfassung

Dr. Bärbel Hüsing
Dr. Marianne Kulicke
Dr. Sven Wydra
Dr. Thomas Stahlecker
Dr. Heike Aichinger
Dr. Niclas Meyer

Karlsruhe, März 2017

Beauftragt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Durchgeführt vom
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Autorinnen und Autoren:
Dr. Bärbel Hüsing (Projektleitung)
Dr. Marianne Kulicke
Dr. Sven Wydra
Dr. Thomas Stahlecker
Dr. Heike Aichinger
Dr. Niclas Meyer

unter Mitarbeit von
Sarah Seus, M.A.
Valerie Benes

Die Studie wurde im Auftrag des BMBF erstellt. Die Aufgabenstellung wurde vom BMBF vorgegeben.
Das BMBF hat das Ergebnis der Studie nicht beeinflusst.
Die Autorinnen und Autoren tragen allein die Verantwortung.

Diese Kurzfassung des Berichts kann abgerufen werden unter
http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/t/de/publikationen/Evaluation_NFSB_Kurzbericht.pdf

Der vollständige Bericht kann abgerufen werden unter
http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/t/de/publikationen/Evaluation_NFSB_Abschlussbericht.pdf

Die Zusammenfassung kann abgerufen werden unter
http://www.isi.fraunhofer.de/isi-Assets/docs/t/de/publikationen/Evaluation_NFSB_Zusammenfassung.pdf

Karlsruhe, März 2017

Inhalt

1	Hintergrund und Ziele der Evaluation	1
2	Vorgehensweise und Methodik der Evaluation	1
3	Ergebnisse der Ex-post-Evaluation	3
3.1	Portfolioanalyse	3
3.2	Wirkungsanalyse	8
3.3	Schlussfolgerungen aus der Ex-post-Evaluation.....	9
4.	Ergebnisse der Ex-ante-Evaluation	11
4.1	Argumentationslinien zur Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie	12
4.2	Schlussfolgerungen aus der Ex-ante-Evaluation.....	14
5.	Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie und ihre Umsetzung	15
6.	Empfehlungen für künftige Evaluationen	18

1 Hintergrund und Ziele der Evaluation

Die Bundesregierung hat im Jahr 2010 die „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ (NFSB) verabschiedet, um den Strukturwandel von einer erdöl- zu einer biobasierten Wirtschaftsweise durch Forschung und Entwicklung (FuE) zu unterstützen. Durch die NFSB wurde die technologieorientierte FuE-Förderung durch eine missionsorientierte Förderung abgelöst, die auf die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen ausgerichtet ist: In der NFSB werden die beiden strategischen Ziele gesetzt, Deutschland zu einem international kompetitiven, dynamischen Forschungs- und Innovationsstandort für die Bioökonomie zu machen und zugleich Verantwortung für globale Herausforderungen der Welternährung und des Klima-, Ressourcen- und Umweltschutzes zu übernehmen.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) hat das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) zwischen Januar 2016 und März 2017 eine Evaluation der Fördermaßnahmen, die das BMBF zur Umsetzung der NFSB initiiert hatte, und der im Rahmen dieser Maßnahmen geförderten Projekte durchgeführt¹. Ziel der Evaluation war es, eine Erfolgskontrolle der bisherigen Förderung zu erreichen und Impulse von Stakeholdern, Expertinnen und Experten für die künftige Förderung aufzunehmen, um so eine empirisch fundierte Grundlage für die Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie bereitzustellen. Mit dieser Studie wird erstmals eine Evaluation eines missionsorientierten FuE-Programms in dieser Größenordnung vorgelegt.

Gegenstand der Evaluation waren 36 Fördermaßnahmen und rund 1.800 Projekte, die durch das BMBF zwischen 2009 und 2016 unter dem Dach der NFSB gefördert wurden. Die bewilligten Fördermittel beliefen sich in diesem Zeitraum auf 876 Mio. Euro, die Eigenmittel der Geförderten auf 281 Mio. Euro. Knapp 60 Prozent der Projekte wurden durch Forschungseinrichtungen durchgeführt, 40 Prozent durch Unternehmen, und zwar überwiegend durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Etwa zwei Drittel der Projekte waren Verbundprojekte mit nationalen Partnern. Knapp ein Viertel der Projekte wurde in internationaler Kooperation durchgeführt. Zudem wurden Einzelvorhaben, Unternehmensgründungen sowie Nachwuchsgruppen gefördert.

2 Vorgehensweise und Methodik der Evaluation

Die Evaluation war in eine Ex-post-Evaluation mit einer Portfolio- und einer Wirkungsanalyse und in eine Ex-ante-Evaluation gegliedert (Tabelle 1). In der Ex-post-Evaluation wurde das Portfolio der 36 Fördermaßnahmen daraufhin untersucht, ob es so konzipiert war, dass damit die Ziele der NFSB erreicht werden können. Zudem wurden Bioökonomiestrategien von fünf Vergleichsländern auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede zur NFSB geprüft. Den Kern der Wirkungsanalyse bildete eine als Totalerhebung konzipierte Online-Befragung bei allen Projektleitungen der geförderten Projekte. Ergänzend wurden für verschiedene Fördermaßnahmen Fallstudien durchgeführt.

¹ Fördermaßnahmen anderer Ressorts, die ebenfalls auf die NFSB Bezug nehmen, und deren geförderte Projekte waren nicht Gegenstand dieser Evaluation.

Tabelle 1: Durchgeführte Arbeitsschritte und empirische Grundlagen der Evaluation

		Arbeitsschritt	Empirische Basis und Inhalte
Ex-post-Evaluation	Portfolio-analyse	Portfolioanalyse	36 Fördermaßnahmen Inhaltliche Bezüge der Fördermaßnahmen zueinander, Abdeckung der Handlungsfelder und Querschnittsaktivitäten der NFSB, Kontinuität der Förderung, Art der Forschung und der Phasen im Innovationsverlauf, Primat der Ernährungssicherung, Beiträge zu Gleichstellung und Internationalisierung
		Strategien anderer Länder	Auswertung von Übersichtsstudien zu internationalen Strategien Analyse der Strategien aus Frankreich, den Niederlanden, Schweden, USA, Japan
	Wirkungs-analyse	Online-Befragung der Geförderten	Totalerhebung bei 1.754 Projekten (ohne Projekte, deren Leitungen nicht erreicht wurden oder nicht teilnehmen konnten) 954 beantwortete Fragebögen (Beteiligungsquote: 54,4 %) Themen der Befragung: <ul style="list-style-type: none"> • Mobilisierungseffekte durch die Förderbekanntmachung • Wirkungen auf Forschungstätigkeit durch Start des Projekts • Wirkungen aus der Durchführung des Projekts • Fortschritte in der Technologieentwicklung • Bisheriger Output der Projekte
		Fallstudien	Fallstudien zu 18 Projekten aus 9 verschiedenen Fördermaßnahmen sowie zur Initiative „Nächste Generation biotechnologischer Verfahren – Biotechnologie2020+“
Ex-ante-Evaluation		Online-Befragung der Geförderten	Totalerhebung bei 1.754 Projekten (ohne Projekte, deren Leitungen nicht erreicht wurden oder nicht teilnehmen konnten) 954 beantwortete Fragebögen (Beteiligungsquote: 54,4 %) Themen der Befragung: <ul style="list-style-type: none"> • Wahrnehmung und Einschätzung der NFSB und der Bioökonomie in Deutschland • Impulse aus veränderten Rahmenbedingungen und dem eigenen Forschungsfeld • Zukünftige Ausgestaltung einer Bioökonomie-Forschungsstrategie
		Online-Befragung von Expertinnen/Experten	Online-Befragung von 789 Expertinnen und Experten; 224 beantwortete Fragebögen (Beteiligungsquote 28,4 %) Themen der Befragung: <ul style="list-style-type: none"> • Bisherige Befassung mit Bioökonomie, Interesse an Forschungstätigkeit mit Bezug zur Bioökonomie • Impulse aus der bisherigen Forschungstätigkeit für die Bioökonomie • Forschungsbedarf, besonders relevante Fragestellungen und Aspekte in der Bioökonomie-Forschung • Überlegungen für die Weiterentwicklung einer Bioökonomie-Forschungsstrategie
		Interviews mit Expertinnen/Experten	16 leitfadengestützte Interviews Themen der Interviews wie bei der Online-Befragung der Geförderten, und zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> • international vergleichende Perspektive auf die NFSB • förderpolitische Aspekte • Stakeholderperspektiven

In die Ex-ante-Evaluation wurden zusätzlich zu den bereits Geförderten auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einbezogen, die einen fachlichen Bezug zur Bioökonomie aufweisen, aber noch nicht im Rahmen der NFSB gefördert wurden. Sie wurden in einer Online-Befragung nach Impulsen aus ihrem eigenen Forschungsgebiet gefragt, die Relevanz für die Bioökonomie haben könnten. Zudem wurden ausführliche Interviews mit Expertinnen und Experten geführt.

Insgesamt konnten durch diese Untersuchungsschritte und die in den Befragungen erzielten hohen Beteiligungsquoten ein umfassendes Bild der Wirkungen der BMBF-Projektförderung gezeichnet und Einschätzungen von rund 1.200 Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftlern und Stakeholdern mit Bezug zur Bioökonomie für die Weiterentwicklung der Forschungsstrategie ausgewertet werden. Damit fußen die Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie auf einer belastbaren empirischen Basis.

3 Ergebnisse der Ex-post-Evaluation

3.1 Portfolioanalyse

Die Umsetzung der NFSB erfolgte durch 36 unterschiedliche Fördermaßnahmen, die auf verschiedene Forschungsthemen, Zielgruppen, Phasen im Innovationsprozess und Aspekte der komplexen Transformationsprozesse hin zu einer Bioökonomie abzielen. Da die übergeordneten Ziele der NFSB nur durch das synergistische Zusammenwirken der Gesamtheit der Fördermaßnahmen – das Fördermaßnahmenportfolio – erreicht werden können, wurde in der Portfolioanalyse untersucht,

- welche Themenbereiche durch die Fördermaßnahmen abgedeckt werden,
- wie die fünf Handlungsfelder und vier Querschnittsaktivitäten adressiert werden, die in der NFSB den inhaltlichen Rahmen für die Förderung abstecken,
- wie das Leitbild der Nachhaltigkeit in den Fördermaßnahmen berücksichtigt wird,
- inwieweit das Primat der Ernährungssicherung umgesetzt wird,
- welche Phasen im Innovationsverlauf bzw. welche Stufen der Wertschöpfungskette durch die Projektförderung abgedeckt werden,
- inwieweit es im Portfolio Redundanzen oder Lücken gibt und welche monetären Ressourcen jeweils eingesetzt werden.

Thematische Schwerpunkte der Förderung

Eine grobe thematische Gruppierung der 36 Fördermaßnahmen zeigt, dass jeweils ungefähr ein Drittel der bewilligten Fördermittel in die Pflanzenzüchtung und Agrarforschung (grüne Färbung in Tabelle 2), in die industrielle stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse (blaue Färbung) und in die KMU- und Gründungsförderung geflossen ist (orange Färbung).

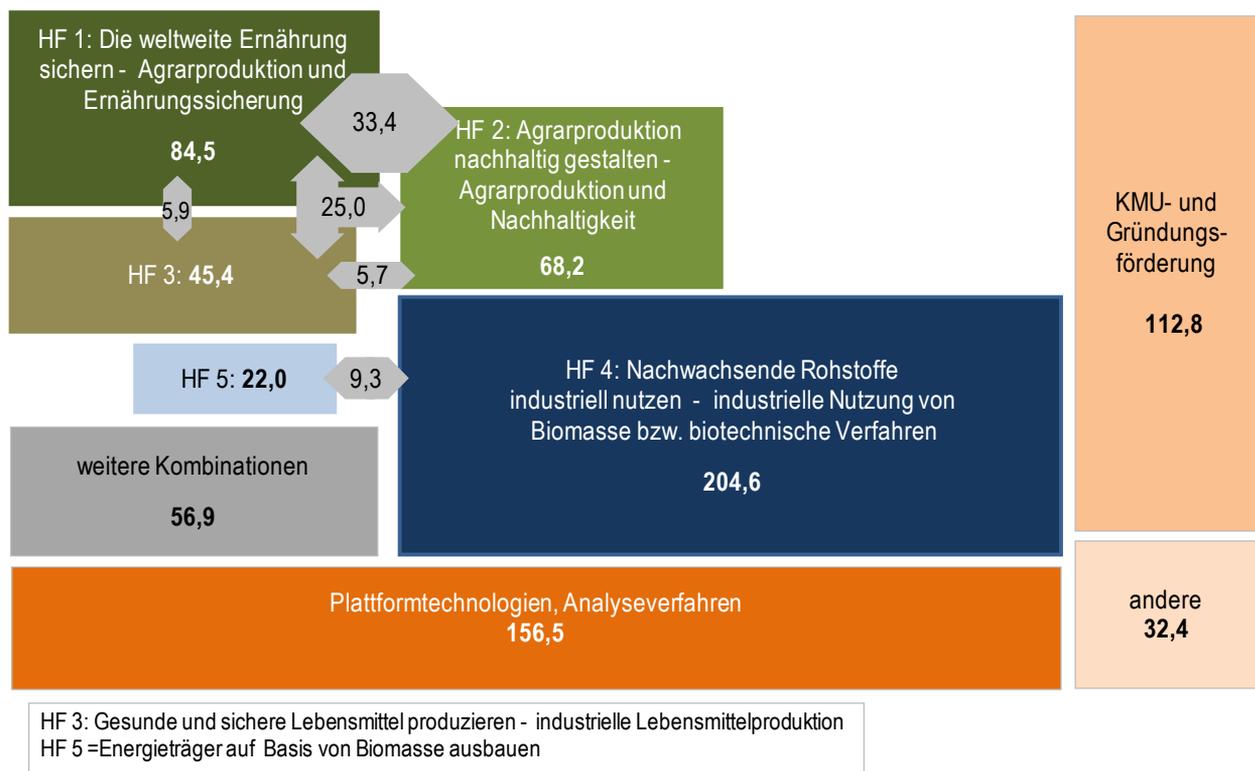
Zudem wurde abgeschätzt, wie sich die bewilligten Fördermittel auf die fünf Handlungsfelder (HF) der NFSB verteilen (Grafik 1): Der größte Betrag der Fördermittel (204,6 Mio. Euro; 23,7 %) floss in das Handlungsfeld „Nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen“ (HF 4), gefolgt von den Förderbereichen Plattformtechnologien/Analyseverfahren (156,5 Mio. Euro; 18,1 %) und KMU- und Gründungsförderung (112,8 Mio. Euro; 13,1 %).

Tabelle 2: Thematische Gruppierung der Fördermaßnahmen und jeweils bewilligte Fördermittel

Thematische Gruppe der Fördermaßnahmen	Anzahl Fördermaßnahmen	Summe der Bewilligungen	
		in Mio. Euro	%
Pflanzenzüchtung	3 (+1)	102,6	11,7
Agrarforschung	6 (+2)	128,6	14,7
Tiergesundheit	2	5,0	0,6
Lebensmittelindustrie	1	3,1	0,4
Industrielle Biotechnologie	8 (+2)	231,6	26,4
Bioraffinerien	2	56,5	6,5
Bioenergie	1	13,3	1,5
KMU- und Gründungsförderung	3	311,5	35,6
Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel	0 (+3)	k.A.	k.A.
Weitere	2	23,6	2,7
Gesamt	28 (+8)	875,8	100,0

Quelle der Bewilligungshöhe: Projektdatenbank des Projektträgers Jülich, Stand 6.1.2016; die Zahl in Klammern verweist auf bereits bekanntgemachte Fördermaßnahmen, zu denen jedoch noch keine Projekte bewilligt wurden.

Grafik 1: Geschätzte Verteilung der bewilligten Fördersummen von 28 Fördermaßnahmen auf die Handlungsfelder der NFSB



Quelle der Daten: Projektdatenbank des Projektträgers Jülich (Stand 6.1.2016), Abschätzung der Verteilung der Fördermittel auf Basis der Angaben zu 954 Projekten aus der Gefördertenbefragung.

Damit liegt ein quantitativer Schwerpunkt der Förderung auf der industriellen Nutzung von Biomasse, der KMU-Förderung sowie der Stärkung der Wissens- und Technologiebasis, die gleichermaßen zu allen Handlungsfeldern beitragen kann. Ein weiterer quantitativer Schwerpunkt der Förderung mit insgesamt 268,1 Mio. Euro Fördermitteln (31,1 %) liegt auf den drei agrar- und ernährungswirtschaftlich ausgerichteten und eng miteinander verflochtenen Handlungsfeldern „Die weltweite Ernährung sichern“ (HF 1), „Agrarproduktion nachhaltig gestalten“ (HF 2) und „Gesunde und sichere Lebensmittel produzieren“ (HF 3). Viele Projekte sind in den Überschneidungsbereichen dieser Handlungsfelder angesiedelt.

Dem Handlungsfeld „Energieträger auf Basis von Biomasse ausbauen“ (HF 5) kommt mit 2,6 Prozent (22,0 Mio. Euro) der bewilligten Fördermittel in der BMBF-Projektförderung nur geringe Bedeutung zu, da dieses Förderthema in Maßnahmen außerhalb der Bioökonomieförderung des BMBF verlagert wurde.

Abdeckung der Querschnittsaktivitäten

Der inhaltliche Rahmen für die Forschungsförderung wird in der NFSB neben den fünf Handlungsfeldern auch durch vier Querschnittsaktivitäten (QA) abgesteckt. Im Förderportfolio lag der Schwerpunkt auf den Querschnittsaktivitäten „Kompetenzen interdisziplinär ausbauen“ (QA 1) und „Transfer in die Praxis beschleunigen“ (QA 2), die durch fast alle (QA 1) bzw. drei Viertel der Fördermaßnahmen (QA 2) umgesetzt wurden. Im Vordergrund standen dabei die Schaffung einer interdisziplinären Wissensbasis für Bioökonomie-Innovationen, der Wissenstransfer zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Verbundprojekten sowie die Förderung der Forschungs- und Innovationstätigkeit von KMU. Gut die Hälfte der Fördermaßnahmen ermöglichte eine internationale Zusammenarbeit und trug damit zur Querschnittsaktivität „Potenziale der internationalen Zusammenarbeit nutzen“ (QA 3) bei. Von den insgesamt für Verbundprojekte mit internationaler Beteiligung bewilligten 135,2 Mio. Euro (13,8 %) entfielen 52,7 Mio. Euro (39,0 %) auf Projekte mit Entwicklungsländerrelevanz. Die Querschnittsaktivität „Dialog mit der Gesellschaft intensivieren“ (QA 4) wurde bei der Umsetzung der NFSB in Fördermaßnahmen und in der hier betrachteten Förderung von Forschungsprojekten bisher nur ansatzweise berücksichtigt.²

Berücksichtigung des Aspekts der Nachhaltigkeit

Zentrales Charakteristikum einer Bioökonomie, wie sie in der NFSB als Vision formuliert wurde, ist eine nachhaltige, an natürlichen Stoffkreisläufen orientierte Wirtschaftsweise. In den Fördermaßnahmen wurden Nachhaltigkeitsaspekte in unterschiedlicher Weise berücksichtigt.

In Fördermaßnahmen mit den Schwerpunkten industrielle Biotechnologie und Pflanzenzüchtung wurden wissenschaftlich-technische Ansätze gefördert, denen bestimmte Nachhaltigkeitspotenziale zugeschrieben werden. Explizit auf Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet sind Fördermaßnahmen zur Ernährungssiche-

² Verschiedene Formate der Fachkommunikation mit Bezug zur Bioökonomie werden vom BMBF selbst oder in seinem Auftrag durchgeführt, beispielsweise das internetbasierte Informationsportal bioökonomie.de. Da diese Aktivitäten aber außerhalb der Förderung von Forschungsprojekten durchgeführt werden, gehörten sie nicht zum Gegenstand dieser Evaluation. Im September 2016 wurde die Richtlinie zur Förderung eines Ideenwettbewerbs „Neue Formate der Kommunikation und Partizipation in der Bioökonomie“ veröffentlicht. Diese Maßnahme konnte in der Portfolioanalyse aber nicht mehr berücksichtigt werden.

rung, zu einer klimawandelresilienten Landwirtschaft, zu Landnutzungskonzepten oder zur Ressource Boden. Darin wurden systemische, interdisziplinäre Betrachtungen, teilweise auch obligatorische Arbeitspakete zu sozioökonomischen Fragestellungen gefordert. Im Förderbereich „Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“ wurde der Transformationsprozess zur Bioökonomie als eigenständiges sozial-, politik- und wirtschaftswissenschaftliches Forschungsgebiet adressiert, in dem die soziale Dimension der Nachhaltigkeit einen wichtigen Aspekt darstellt.

Berücksichtigung des Primats der Ernährungssicherung

In der Bioökonomie bestehen potenzielle Konflikte durch Flächen- und Nutzungskonkurrenzen zwischen verschiedenen Biomassenutzungspfaden für Ernährungs- und Futterzwecke, stoffliche und energetische Nutzung sowie dem Schutz der Natur und dem Erhalt von Biodiversität. Für die nachhaltige Ausgestaltung einer Bioökonomie sowie für die gesellschaftliche Akzeptabilität und Akzeptanz des angestrebten Wandels ist daher die Abmilderung dieser Konflikte von großer Bedeutung. Vor diesem Hintergrund wurde in der NFSB das Primat der Ernährungssicherung festgeschrieben. Es wurden jedoch keine näheren Angaben gemacht, wie dieses Primat in der Forschungsförderung operationalisiert werden soll. Die Evaluation ergab, dass Fördermaßnahmen implementiert und Projekte in nennenswertem Umfang gefördert werden, die zur Ernährungssicherung beitragen können. Die Bewertung, inwieweit die Ernährungssicherung jedoch Priorität hat, muss dem Monitoring der Bioökonomie³ vorbehalten bleiben.

Art der Forschung und Phasen im Innovationsverlauf

Das Förderportfolio der 36 Fördermaßnahmen wurde daraufhin untersucht, welche Stufen der vorwettbewerblichen Forschung mit den entsprechenden Phasen im Innovationsverlauf (Grundlagenforschung, differenziert nach reiner und anwendungsorientierter Grundlagenforschung; angewandte bzw. industrielle Forschung; experimentelle Entwicklung) abgedeckt werden. Im gesamten Förderportfolio lag ein klarer Schwerpunkt auf der angewandten bzw. industriellen Forschung; fast alle Maßnahmen deckten sie ab. Fördermaßnahmen mit diesem Schwerpunkt umfassten häufig auch nachfolgende, noch stärker anwendungsorientierte Phasen der Forschung. Vier Maßnahmen hatten einen Schwerpunkt in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung, weitere fünf boten die Option für stärker grundlagenorientierte Fragestellungen. Im zeitlichen Verlauf der Initiierung der Fördermaßnahmen ist ein Trend hin zu einer flexibleren Adressierung mehrerer Stufen der vorwettbewerblichen Forschung innerhalb einer Fördermaßnahme zu beobachten.

³ Das Monitoring der Bioökonomie wurde vom BMBF gemeinsam mit dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgesetzt. In einer Konzeptionsphase (2016 bis 2019) wird ein umfassendes Monitoring der Bioökonomie aufgebaut. Es soll den Transformationsprozess hin zu einer Bioökonomie beobachten, messen und bewertbar machen. Hierfür werden einerseits bereits vorliegende Daten identifiziert und analysiert sowie andererseits auf Basis wissenschaftlicher Forschung Kriterien und Indikatoren entwickelt und neue Verfahren zur Erhebung von Daten etabliert.

Analyse von Bioökonomiestrategien ausgewählter Vergleichsländer

Um die NFSB und ihre Umsetzung in den Kontext internationaler Aktivitäten in der Bioökonomie einzuordnen, wurden Bioökonomiestrategien und -aktivitäten in den USA, Frankreich, den Niederlanden, Schweden und Japan mit der NFSB und ihrer Umsetzung in Fördermaßnahmen verglichen und Expertinnen und Experten um ihre Einschätzung der NFSB im Lichte internationaler Entwicklungen gebeten. Das durch die NFSB dokumentierte Bekenntnis der Politik in Deutschland, den Wandel hin zu einer Bioökonomie langfristig unterstützen zu wollen, erfolgte im internationalen Vergleich sehr frühzeitig. Deutschland übernahm dadurch eine Vorreiterrolle.

Die Existenz einer expliziten Forschungsstrategie für die Bioökonomie stellt eine Besonderheit dar – die Strategien der ausgewählten Vergleichsländer sind in ihrem Zuschnitt eher mit der „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ vergleichbar, denn sie adressieren in stärkerem Maße, als dies eine *Forschungsstrategie* leisten kann und soll, spätere Innovationsphasen und die Umsetzung von Forschungsergebnissen in Prozesse und Produkte. Allen untersuchten Strategien ist gemeinsam, dass ökonomische Ziele im Vordergrund stehen und zugleich – in unterschiedlicher Gewichtung – ein Beitrag zur Nachhaltigkeit beabsichtigt ist. In der NFSB wurde mit den Handlungsfeldern und Querschnittsaktivitäten das durch die Forschung und Forschungsförderung zu adressierende Feld sehr viel breiter abgesteckt als in den Strategien der Vergleichsländer, die stärker auf ausgewählte Teilbereiche (biobasierte Chemikalien, Bioenergie, Holz als Rohstoff) fokussieren. Ein ganzheitliches Verständnis der Bioökonomie, der mit der Transformation zu einer Bioökonomie verbundene gesellschaftliche Wandel, sozioökonomische Aspekte, mögliche Konflikte und das Primat der Ernährungssicherung wurden in der NFSB stärker thematisiert als in den Strategien der anderen Länder.

Zielgruppen und Zielgruppenerreichung

Zur Erreichung der Ziele der NFSB ist die Zusammenarbeit einer Vielzahl unterschiedlicher Akteure erforderlich, die ein breites Spektrum an Wissenschaftsdisziplinen, alle Forschungsstadien von der Grundlagenforschung bis zur experimentellen Entwicklung, verschiedene Einrichtungstypen (Forschungseinrichtungen, KMU und Großunternehmen) sowie relevante Wirtschaftssektoren und Branchen abdecken. Zudem soll der Dialog mit der Gesellschaft intensiviert werden. Die Befragung von Geförderten sowie von weiteren Expertinnen und Experten ergab für keine der Fördermaßnahmen Hinweise, dass wichtige Zielgruppen der Projektförderung in nennenswertem Umfang nicht erreicht wurden. Lediglich punktuell scheint das Potenzial nicht ausgeschöpft zu sein. Es wurde ein gutes Verhältnis von Kontinuität und Dynamik in der Zusammensetzung der Geförderten erzielt. Die allgemeine Öffentlichkeit bzw. zivilgesellschaftliche Interessenvertretungen wurden bislang im Rahmen der Bioökonomie-Projektförderung nur in sehr geringem Umfang angesprochen, obwohl deren Einbindung in der NFSB in der Querschnittsaktivität „Dialog mit der Gesellschaft intensivieren“ hervorgehoben wurde.

Projektförderung von Unternehmen

Wenn die Transformation zu einer biobasierten Wirtschaft gelingen soll, kommt Unternehmen eine wichtige Rolle zu. Dementsprechend wurde in der NFSB und ihrer Umsetzung in Fördermaßnahmen ein

Schwerpunkt auf die Stärkung der Innovationsfähigkeit von KMU und auf den Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis gelegt. In fast allen Fördermaßnahmen waren Unternehmen und insbesondere KMU antragsberechtigt, vier Fördermaßnahmen richteten sich an KMU als Hauptzielgruppe. Die Prüfung der tatsächlichen Inanspruchnahme zeigte jedoch, dass Unternehmen nur in sieben Fördermaßnahmen in nennenswertem Umfang vertreten waren. Das Potenzial der insgesamt zur Verfügung stehenden Fördermaßnahmen wurde somit durch Unternehmen nicht in voller Breite ausgeschöpft. Insgesamt wurden KMU im Umfang von 216 Mio. Euro (24,6 % der bewilligten Fördermittel) gefördert, Großunternehmen erhielten Fördermittel in Höhe von 46 Mio. Euro (5,2 %).

3.2 Wirkungsanalyse

Ziel der Wirkungsanalyse war es, auf der Ebene der geförderten Projekte zu ermitteln, inwieweit die in den Fördermaßnahmen gesetzten Ziele in den zugehörigen Projekten adressiert und erreicht wurden. Dabei wurde unterschieden, welche Wirkungen bereits durch die Förderbekanntmachung, während der Projektdurchführung und nach Projektabschluss erzielt wurden. Hierfür wurden 954 ausgefüllte Fragebögen der Online-Befragung der Projektleitungen aller geförderten Projekte ausgewertet. Es konnte ein sehr differenziertes Bild der Wirkungen gewonnen werden, das sich folgendermaßen zusammenfassen lässt:

In mindestens 80 Prozent der (abgeschlossenen) Projekte wurden ganz überwiegend die Ziele erreicht, die jeweiligen wissenschaftlich-technischen Grundlagen zu verbessern, sie im Hinblick auf neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu validieren, Kompetenzen aufzubauen, wissenschaftliche Qualifikationen zu erlangen, mit kompetenten Partnern zu kooperieren, Image und Reputation zu gewinnen und weitere Fördermittel einzuwerben. Während sich in Kooperationen die Erwartungen an den Know-how-Zufluss und in Bezug auf interdisziplinäres Lernen im Verlauf der Projekte meist erfüllten, wurden die Ziele einer stärkeren Vernetzung mit Partnern und die dauerhafte Etablierung von Netzwerken seltener erreicht. Bei etwa 20 Prozent der abgeschlossenen Projekte ergaben sich negative Planabweichungen. In etwa der Hälfte dieser Fälle wurden als Ursachen mangelnde Termintreue sowie eine den Erwartungen nicht entsprechende Qualität der Beiträge der Projektpartner genannt. In etwa zwei Dritteln der abgeschlossenen Projekte traten nicht-intendierte Projektergebnisse ein. Sie waren in weniger als 10 Prozent der Fälle negativer Art (Falsifizierung des Forschungsansatzes, zu geringe Wirtschaftlichkeit oder Ähnliches). Positive nicht-intendierte Ergebnisse waren neue Impulse und Ideen für die Forschungstätigkeit oder für neue Anwendungsmöglichkeiten. Insgesamt verzeichneten 59 Prozent der Projekte diese positiven nicht-intendierten Ergebnisse, 33 Prozent sowohl positive wie negative Ergebnisse.

Aus den Projekten gingen zahlreiche Schutzrechtsanmeldungen hervor. Ökonomische Wirkungen zeigten sich ganz überwiegend in der Weiterbeschäftigung des in FuE tätigen Personals und in der Sicherung und Verbesserung der Marktposition der geförderten Unternehmen. Hingegen führten die Projektförderung und die sich daran anschließenden Schritte nur bei einem kleinen Teil der abgeschlossenen Projekte bereits zu einem marktreifen Produkt, Verfahren oder einer Dienstleistung. Um den Technologiefortschritt in der Gesamtheit der geförderten Projekten und ungeachtet der sehr unterschiedlichen technologischen Ansätze bewerten zu können, wurde das Konzept des Technology Readiness Level (TRL) herangezogen: Dazu gaben die Geförderten den jeweils zu Projektbeginn, zum Projektende und im Zeitraum

seit Projektabschluss erreichten Technologiestand auf einer neunstufigen Skala an. Diese Skala reicht vom Stadium der Grundlagenforschung bis zum marktreifen Produkt. Etwa zwei Drittel der abgeschlossenen Projekte starteten auf den TRL-Stufen 1 bis 3 (Bereich Grundlagenforschung bzw. experimentelle Prüfung des Konzepts). In der Regel wurden im Verlauf der geförderten Projekte Fortschritte in Richtung einer höheren TRL-Stufe erzielt. Bei rund 70 Prozent der abgeschlossenen Projekte umfassten die Fortschritte ein bis vier TRL-Stufen. Die Erwartung, dass die TRL-Stufen weitgehend linear durchlaufen werden oder sich zumindest dominierende Muster in den erfassten TRL-Fortschrittsverläufen feststellen lassen, wurde nicht erfüllt. Vielmehr gab es eine Vielzahl an Ausprägungen und Kombinationen. Dies verdeutlicht die Nichtlinearität von Forschungs- und Innovationsprozessen und zeigt, dass selbst in Forschungsthemen, die bereits weit in Richtung Anwendung entwickelt sind, immer wieder stärker grundlagenorientierte Forschungsarbeiten erforderlich sind. Der Befund unterstreicht aber auch, dass mit der NFSB-Förderung schwerpunktmäßig frühe Phasen im Innovationsverlauf von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung bis zur angewandten bzw. industriellen Forschung unterstützt werden.

Da durch die missionsorientierte NFSB – im Gegensatz zu ihrem technologieorientierten Vorläuferprogramm „Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten“ – die FuE-Tätigkeit auf Lösungsbeiträge zu gesellschaftlichen Herausforderungen ausgerichtet werden sollte, wurde in der Evaluation geprüft, inwieweit sich dieser Wandel auch in der Konzeption der geförderten Projekte widerspiegelt: Bei knapp zwei Dritteln der geförderten Projekte gaben die Projektleitungen an, dass die Ausrichtung der NFSB einen Einfluss auf die Projektkonzeption hatte, und zwar in Bezug auf die untersuchte Fragestellung, die Zusammensetzung des Projektteams bzw. -konsortiums, durch eine Intensivierung des Technologietransfers und/oder durch eine stärkere Berücksichtigung von Fragen der Nachhaltigkeit. Zudem zeigte die Wirkungsanalyse, dass durch die Förderung einerseits bisherige Forschungsthemen und Forschungstätigkeiten weitergeführt, zugleich aber auch Veränderungen vorgenommen werden konnten: Mehr als die Hälfte der Befragungsteilnehmerinnen und Befragungsteilnehmer gab an, die bisherigen Forschungsinhalte thematisch erweitert, die Arbeiten stärker anwendungs- oder produktbezogen ausgerichtet bzw. die Zusammenarbeit zwischen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen intensiviert zu haben.

3.3 Schlussfolgerungen aus der Ex-post-Evaluation

Das 2010 durch die NFSB dokumentierte Bekenntnis der Politik, die Transformation von einer auf fossilen Rohstoffen beruhenden hin zu einer biobasierten Wirtschaftsweise langfristig unterstützen zu wollen, erfolgte im internationalen Vergleich in Deutschland sehr frühzeitig. In der Folge orientierten sich auch zahlreiche Akteure bei der strategischen Ausrichtung ihrer FuE-Aktivitäten an der NFSB, wie sich beispielsweise an Bioökonomiestrategien einzelner Bundesländer, der Bildung von Clustern oder auch der Benennung von Forschungseinrichtungen und -initiativen ablesen lässt. Deutschland übernahm dadurch international eine Vorreiterrolle in der Bioökonomie.

Mit der NFSB wurde zudem der Wandel von einer technologieorientierten zu einer missionsorientierten FuE-Förderung eingeleitet, die auf die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen ausgerichtet ist. Diese konzeptionelle Neuausrichtung spiegelt sich zum einen darin wider, dass in der NFSB zwei strate-

gische Ziele (Erhalt und Ausbau der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Forschungs- und Innovationsstandort in der Bioökonomie; Beiträge zur Bewältigung der globalen Herausforderungen Ernährung, Klimawandel, Umwelt- und Ressourcenschutz) gesetzt wurden. Dies schlug sich im Fördermaßnahmenportfolio dergestalt nieder, dass gegenüber der Biotechnologieförderung im Vorläufer-„Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten“ eine thematische Erweiterung erfolgte: Neue Akzente wurden beispielsweise bei der Forschung zu Agrarsystemen und ihrer nachhaltigen und klimawandelresilienten Gestaltung, in Beiträgen zur Ernährungssicherung in Entwicklungsländern oder in der Erforschung des Transformationsprozesses hin zu einer Bioökonomie gesetzt. Der inhaltliche Rahmen für die Forschungsförderung wurde in der NFSB durch fünf Handlungsfelder und vier Querschnittsaktivitäten abgesteckt, und zwar in größerer thematischer Breite als in den untersuchten Vergleichsländern. Sie fokussieren ihre Bioökonomieaktivitäten in stärkerem Maße auf ausgewählte Teilbereiche. Diese Breite erscheint für ein forschungsstarkes Land wie Deutschland durchaus angemessen, trägt der Vielfalt der Spielarten der Bioökonomie Rechnung und ermöglicht es, vielgestaltige Lösungsansätze auszuloten. Etliche der befragten Expertinnen und Experten würden jedoch auch in Deutschland eine stärkere Fokussierung in der Forschungsförderung präferieren, um die Stärken der deutschen Bioökonomie zu unterstützen bzw. gezielt Schwachpunkte zu adressieren.

Während in der NFSB die strategischen Ziele, die Handlungsfelder und Querschnittsaktivitäten ohne Wichtung nebeneinander stehen, zeigen die Portfolioanalyse und die Befragung der Geförderten, dass bei der Umsetzung der NFSB in Fördermaßnahmen und Projekte ein klarer Schwerpunkt auf das Ziel des Erhalts und Ausbaus der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Forschungs- und Innovationsstandort in der Bioökonomie gesetzt wurde. Weitere inhaltliche Schwerpunkte der Forschungsförderung bestanden in der Agrarproduktion einerseits und in der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe andererseits. Allerdings wurden diese Bereiche nur in geringem Maße miteinander vernetzt, da explizit hierauf ausgerichtete Fördermaßnahmen und Projekte im Portfolio fehlen. Weitere Schwerpunkte lagen in den querschnittsorientierten Förderbereichen der KMU- und Gründungsförderung und der Stärkung der Wissens- und Technologiebasis. Im Mittelpunkt standen die Schaffung einer interdisziplinären Wissensbasis für Bioökonomie-Innovationen, der Wissenstransfer zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen sowie die Förderung der Forschungs- und Innovationstätigkeit von KMU. Diese Schwerpunktsetzung trägt der Interdisziplinarität der Bioökonomie Rechnung und der Notwendigkeit, für eine Kommerzialisierung biobasierter Produkte und Verfahren in Wertschöpfungsketten mehrere Stufen zu verbinden. Die Intensivierung des Dialogs mit der Gesellschaft wurde in der BMBF-Projektförderung bislang nur rudimentär umgesetzt.

Mit der thematischen Erweiterung durch die NFSB ging einher, dass unter dem Dach der Bioökonomie in den letzten Jahren verschiedene Zielgruppen und Kompetenzträger zusammengeführt werden mussten, die zuvor nicht in dieser Form verbunden waren. Insgesamt gelang es, sowohl Akteure, die zuvor im „Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten“ gefördert worden waren, als auch neue Forschungsgruppen und Kompetenzen einzubinden. Somit wurde ein gutes Verhältnis von Kontinuität und Dynamik in der Zusammensetzung der Geförderten erzielt. Sie haben unterschiedliche Ursprünge und Forschungstraditionen, unterschiedliche Vorstellungen von einer anzustrebenden Bioökonomie und präferieren unterschiedliche Schwerpunkte in der Ausrichtung der Förderung. Die durchgeführten Befra-

gungen und Interviews ergaben, dass der mit der NFSB angestoßene Wandel von einer Technologieförderung zu einer an gesellschaftlichen Herausforderungen orientierten Forschungsstrategie von den Geförderten nicht nur mitgetragen wird, sondern auch hohe Wertschätzung genießt. Gleichwohl haben sich gemeinsam getragene, konkrete Vorstellungen von Zielen, zu setzenden Schwerpunkten und zu präferierenden Wegen zur Zielerreichung im Transformationsprozess zu einer Bioökonomie in dieser heterogenen Community noch nicht herausgebildet.

Zudem ergab die Portfolioanalyse, dass durch die Konzeption der Förderinstrumente insgesamt ein angemessenes Verhältnis von Kontinuität der Förderung und Fortführung bestehender Forschungsthemen einerseits sowie Flexibilität für das Aufgreifen neuer Forschungsthemen andererseits erreicht wurde. Auch die Passfähigkeit des Förderinstrumentariums und der Förderbedingungen zur Forschungstätigkeit ist insgesamt als gut zu bewerten. Das Portfolio der Fördermaßnahmen deckte im Spektrum der Arten der vorwettbewerblichen Forschung die Stufen von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung bis zur experimentellen Entwicklung ab. Der Schwerpunkt lag auf der Ausrichtung der Forschungsarbeiten auf anwendungsrelevante Themen und konkrete Anwendungen, an die sich Verwertung, Anwendung und letztlich Kommerzialisierung der Forschungsergebnisse anschließen sollen. Dennoch erscheint auch die Förderung anwendungsorientierter Grundlagenforschung in der Bioökonomie durch das BMBF sehr sinnvoll: Häufig sind ausgehend von anwendungsrelevanten Fragestellungen nochmals stärker grundlagenorientierte Arbeiten erforderlich. Zudem wird auf diese Weise auch der „Nachschub“ an kreativen Ideen und neuartigen Methoden und Technologien für die angewandte bzw. industrielle Forschung gefördert. Schließlich spiegelte das Portfolio auch das Bemühen wider, Forschungsakteure entlang von Wertschöpfungsketten zusammenzubringen, wobei der Schwerpunkt im Bereich der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe lag. Das Portfolio bot daher gute Voraussetzungen, um die wissensbasierten Grundlagen für eine Bioökonomie zu schaffen, nicht-linearen Innovationsverläufen gerecht zu werden und eine Überführung der Forschungsergebnisse in die praktische Nutzung und die industrielle Anwendung zu unterstützen.

4. Ergebnisse der Ex-ante-Evaluation

Ziel der Ex-ante-Evaluation war es, Hinweise auf geänderte Rahmenbedingungen, auf neu aufkommende Themen, besonders relevante Fragestellungen, noch nicht ausreichend genutzte Potenziale für die Bioökonomie und entsprechenden Forschungsbedarf aufzunehmen und auszuwerten, um daraus Anregungen für die Weiterentwicklung der Forschungsstrategie und ihre Umsetzung in Fördermaßnahmen zu gewinnen. Als Quellen wurden wissenschaftliche Fachpublikationen und graue Literatur, internationale Bioökonomie-Strategien und -Förderprogramme sowie die Einschätzungen von knapp 1.200 Expertinnen und Experten herangezogen. Neben den Geförderten und spezifisch ausgewiesenen Expertinnen und Experten wurden gezielt auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus einem breiten Spektrum an wissenschaftlichen Disziplinen, mit unterschiedlicher fachlicher Nähe zur Bioökonomie und mit unterschiedlichen, auch kritischen Sichtweisen auf die Bioökonomie befragt, die bisher nicht im Rahmen der NFSB-Projektförderung des BMBF gefördert wurden. Auf diese Weise sollten auch Impulse jenseits des „Bioökonomie-Mainstreams“ aufgenommen werden. Die Vielfalt der Beiträge lässt sich zu den im Folgenden dargestellten Argumentationslinien verdichten.

4.1 Argumentationslinien zur Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie

Veränderte Rahmenbedingungen

Seit der Ausarbeitung der NFSB hat die Substitution fossiler Rohstoffe durch Biomasse aufgrund des auf absehbare Zeit vergleichsweise niedrigen Rohölpreises an Dringlichkeit verloren, eine Wettbewerbsfähigkeit großvolumiger biobasierter (Massen-)Produkte erscheint unter diesen Bedingungen kaum erreichbar. Unternehmen halten sich daher bei Investitionen in diesem Segment zurück. Die Erwartungen, mit biobasierten Produkten höhere Preise („green premium“) erlösen zu können, haben sich in der Breite nicht erfüllt.

In den relevanten Branchen ist der internationale Wettbewerb intensiver geworden, weil andere Länder aufholen. Biokraftstoffe haben politisch und als Forschungsfeld an Bedeutung verloren. In der bioökonomie-relevanten Forschung und Entwicklung besteht weiterhin die Notwendigkeit, verschiedene Technologien synergistisch für innovative Problemlösungen miteinander zu kombinieren und zu integrieren. Verstärkt haben sich die Trends zur Digitalisierung in der Industrie, der noch für die Bioökonomie zu erschließen wäre, sowie zur Generierung und Nutzung großer Datenbestände in der Forschung.

International wurde der Bioökonomie in den letzten Jahren zunehmend ein höherer Stellenwert für eine nachhaltige Entwicklung zugemessen: Dies umfasst Beiträge der Bioökonomie zu „grünem Wachstum“, d. h. zu ökonomischem Wachstum, das durch Innovationen vom Verbrauch endlicher Ressourcen entkoppelt ist. Auch für das Erreichen der Ziele von internationalen Umwelt- und Klimaschutzabkommen sowie entsprechender nationaler Aktionspläne wird sie als Option in Betracht gezogen.

Überführung von Forschungsergebnissen in die industrielle Nutzung

Aus den Befragungen im Rahmen der Ex-ante-Evaluation lässt sich ableiten, dass wesentliche Herausforderungen darin gesehen werden, Forschungsergebnisse in industriell anwendbare Produkte und Verfahren zu überführen. Dies sei erforderlich, um die Vision der Bioökonomie zu realisieren und die intendierten Beiträge zum Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz in nennenswertem Umfang zu leisten. Deshalb sei mit Blick auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit, die Kommerzialisierung und industrielle Nutzung neuer biobasierter Verfahren und Produkte eine deutlich stärkere Anwendungsorientierung der Forschung erforderlich, nicht zuletzt, um den Anschluss an Konkurrenzländer nicht zu verlieren. Vorschläge, wie die bisherige Forschungsförderung ergänzt werden könnte, umfassten Fördermaßnahmen zur industriellen Konversion von Biomasserohstoffen mit Schwerpunkten auf stark anwendungsorientierten Forschungsfragen sowie Fördermaßnahmen, die die Nutzung von Pilot- und Demonstrationsanlagen und Anwenderzentren insbesondere durch KMU unterstützen. Chancen werden auch in der Digitalisierung sowie in der Einbindung neuer Akteure aus bislang wenig involvierten Branchen gesehen.

Nutzung von biologischem Wissen, das in digitalisierter Form vorliegt

Ausgehend von der Entwicklung, dass industrielle Prozesse zunehmend digitalisiert werden und auch in der Forschung umfassende Wissensbestände in digitalisierter Form generiert und genutzt werden, wurden die Teilnehmenden in den Befragungen der Ex-ante-Evaluation um Einschätzungen gebeten, ob und

wie diese Entwicklungen für die Bioökonomie nutzbar gemacht werden sollten. Insgesamt sahen die Befragten Potenziale für die Bioökonomie, die bisher noch nicht ausreichend erschlossen worden seien: Impulse für die Bioökonomie wurden aus Aktivitäten im Rahmen von „Industrie 4.0“ und „Landwirtschaft 4.0“ erwartet. Anwendungen bestünden in allen Handlungsfeldern der NFSB, die auf der Optimierung von Biomasse bzw. Organismen oder zellfreien Produktionssystemen für Zwecke der Herstellung biobasierter Produkte beruhen. Forschungsbedarf bestehe bei der Generierung von Daten in der bzw. für die Bioökonomieforschung, in Datenmanagement, -analyse und -aufbereitung, sowie in der Nutzung der digitalisierten Wissensbestände. Voraussetzungen seien jedoch geeignete Institutionalisierungs- und Finanzierungsformen für die erforderlichen technischen Infrastrukturen sowie die Gewährleistung der langfristig angelegten Pflege der Daten- und Wissensbestände. Dabei sei auch dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die akademische Forschung im Wettbewerb um hoch qualifiziertes Personal häufig Unternehmen unterliege. Zudem komme Standardisierungen und Qualitätssicherungsmaßnahmen in Datenmanagement, -analyse und -aufbereitung zentrale Bedeutung zu. Ganz überwiegend wünschten Befragungsteilnehmende, die im Bereich der Bioinformatik forschen, Rahmenbedingungen, die ihnen einen freien Zugang zu den Wissensbeständen ermöglichen.

Ausrichtung der Bioökonomieforschungsförderung an Nachhaltigkeitszielen

Der Bioökonomie wurde von den befragten Expertinnen und Experten grundsätzlich ein großes Potenzial für eine nachhaltige Wirtschaftsweise sowie für das Erreichen von Umwelt- und Klimaschutzzielen zugemessen. Vor diesem Hintergrund favorisierten zahlreiche Befragte, die Förderung von Forschung und Entwicklung in der Bioökonomie stärker als bisher an den *Sustainable Development Goals* der Vereinten Nationen sowie den Zielen internationaler Umwelt- und Klimaschutzabkommen und entsprechenden nationalen Zielen und Aktionsplänen auszurichten und die Bioökonomie enger in entsprechende Initiativen einzubinden.

Für Forschung und Entwicklung wurde von den Befragten einhellig eine integrierende Herangehensweise favorisiert, die die ökonomische, ökologische und soziale Dimension der Nachhaltigkeit gleichermaßen in den Blick nimmt. Bei der Optimierung von Wertschöpfungsketten im Hinblick auf diese drei Nachhaltigkeitsdimensionen solle der Schließung von Kreisläufen, der Minimierung von Ressourcenverbrauch und Emissionen, der Verringerung von Verlusten entlang der gesamten Wertschöpfungskette und der Entwicklung des ländlichen Raums – sowohl in Deutschland als auch international – ein hoher Stellenwert zugemessen werden. Zudem solle die Betrachtung der Nachfrage- und Anwenderseite, beispielsweise durch Analysen zu Nutzer- und Verbraucherpräferenzen und -verhalten sowie Aspekte des nachhaltigen Konsums verstärkt werden.

Wenn auch das Potenzial der Bioökonomie für eine nachhaltige Entwicklung nicht bestritten wurde, wiesen viele der Befragten doch sehr deutlich darauf hin, dass sich dieses Potenzial „nicht automatisch“ realisieren lasse, sondern ganz wesentlich von der Art und Weise der Ausgestaltung einer Bioökonomie abhängen. Es müsse gewährleistet sein, dass die Grenzen der Belastbarkeit von Ökosystemen bei einem weiteren Ausbau der Bioökonomie nicht überschritten werden. Deshalb bedürfe es der kritischen Erforschung der tatsächlichen Potenziale verschiedener „Spielarten der Bioökonomie“ und ihrer jeweiligen

wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Auswirkungen auf unterschiedlichen Skalen (regional, national, international, global) und bezogen auf verschiedene Akteursgruppen bzw. Stakeholder.

Zudem hielten viele Befragte den Transformationsprozess von einer auf fossilen Rohstoffen basierenden Wirtschaft zu einer Bioökonomie selbst für einen wichtigen Forschungsgegenstand. Forschungsbedarf bestehe im Monitoring der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Aspekte des Transformationsprozesses, in Analysen nachfrageseitiger Aspekte, bei der Gestaltung von Politikmaßnahmen, zur Governance des Transformationsprozesses sowie zu Teilhabemöglichkeiten. Zudem wurden Parallelen zwischen dem Transformationsprozess zu einer Bioökonomie und der Energie- und Agrarwende gesehen, die Potenziale für vergleichende Untersuchungen und wechselseitige Lernprozesse bergen.

4.2 Schlussfolgerungen aus der Ex-ante-Evaluation

Die gewählte Vorgehensweise der explorativen Befragung eines breiten Kreises an Expertinnen und Experten erbrachte eine Vielzahl interessanter, teilweise sehr detaillierter oder spezieller Impulse für eine Weiterentwicklung der Forschungsförderung in der Bioökonomie, darunter auch kritische Sichtweisen auf die Bioökonomie und Anregungen jenseits des „Bioökonomie-Mainstreams“. Allerdings ergibt sich aus der Vielfalt der Beiträge nicht direkt ein kohärentes Bild, da von den Befragten sehr unterschiedliche Schwerpunktsetzungen thematisiert bzw. Stoßrichtungen favorisiert wurden. Dies spiegelt die Unsicherheiten über und die breiten Spielräume für die künftige Entwicklung der Bioökonomie wider sowie die Vielfalt der Erwartungen und Interessen, die mit der Bioökonomie verbunden werden. Zugleich unterstreicht dies den Befund, dass sich gemeinsam getragene, konkrete Vorstellungen von Zielen, zu setzenden Schwerpunkten und zu präferierenden Wegen zur Zielerreichung im Transformationsprozess zu einer Bioökonomie unter den an diesen Fragen Interessierten noch nicht herausgebildet haben.

Die Überführung von Forschungsergebnissen in die industrielle Nutzung, die Nutzung biologischen Wissens, das in digitalisierter Form vorliegt, sowie die Ausrichtung der Bioökonomieforschungsförderung an Nachhaltigkeitszielen stellen plausible und tragfähige Stoßrichtungen für die Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie dar.

Durch den niedrigen Rohölpreis entfällt auf absehbare Zeit ein wichtiger Treiber für die Entwicklung gerade großvolumiger Massenprodukte auf Biomassebasis bis zur Marktreife und für deren Kommerzialisierung. Dadurch kommt zum einen dem Argument der Substitution fossiler Rohstoffe durch Biomasse bei der Legitimierung der Bioökonomie-Forschung(sförderung) künftig ein geringerer Stellenwert zu. Zum anderen ziehen sich Unternehmen unter den schwierigen Marktbedingungen aus diesen FuE-Bereichen zurück. Staatliche Akteure können jedoch durch eine weitsichtige und verlässliche Fortführung der Förderung dazu beitragen, den erreichten Wissens- und Technologiestand zu erhalten, den Verlust grundlegender Kompetenzen zu verhindern und alternative Perspektiven für die industrielle Nutzung der Forschungsergebnisse zu eröffnen. Daher könnte künftig ein stärkerer Akzent auf biobasierten Produkten mit hoher Wertschöpfung sowie auf biobasierten Produkten liegen, die sich durch besondere Qualitäts- und Funktionalitätseigenschaften von konkurrierenden Produkten auf fossiler Rohstoffbasis abheben. Wesentliche Impulse für die Bioökonomie sind auch aus Forschungsarbeiten zu erwarten, die bislang nicht spezifisch auf die Bioökonomie ausgerichtet waren, deren Anwendungspotenziale weit über die Bioöko-

nomie hinausgehen oder die bislang eher im Rahmen medizin-/pharmabezogener FuE durchgeführt wurden. Hierzu zählen beispielsweise Plattformtechnologien, System- und Synthetische Biologie, Analytik, Verfahrens- und Anlagentechnik oder die Erforschung und Beeinflussung von Mikrobiomen. Auch die fortschreitende Digitalisierung von Forschungs- und Produktionsprozessen sowie die Nutzung digitalisiert vorliegender Wissensbestände bieten sowohl für die Forschung als auch für Unternehmen Perspektiven in der Bioökonomie. Die Befragten benannten darüber hinaus Handlungsbedarf in Aspekten, die die Kommerzialisierung und Markterschließung für Produkte, Verfahren und Dienstleistungen betreffen. Dies geht darüber hinaus, was eine *Forschungsstrategie* leisten kann und soll. Dennoch weist die Häufigkeit, mit der diese Aspekte angesprochen wurden, auf die Notwendigkeit hin, die Forschungsstrategie eng mit der Politikstrategie Bioökonomie zu verzahnen und in der Politikstrategie die Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass die Forschungsergebnisse letztlich effizient in die wirtschaftliche Nutzung überführt werden können.

Aus den Befunden, dass die Substitution fossiler durch nachwachsende Rohstoffe an Dringlichkeit verloren hat, dass die Beiträge der Bioökonomie zum Klima- und Umweltschutz an Bedeutung gewinnen, und dass zugleich Unsicherheiten bestehen, wie die angestrebte Wirtschaftsweise tatsächlich nachhaltig gestaltet werden kann, lässt sich ableiten, dass eine stärkere Ausrichtung der Bioökonomieforschungsförderung an Nachhaltigkeitszielen wichtige Impulse für die künftige Entwicklung der Bioökonomie geben könnte. Optionen bestehen beispielsweise darin, die künftige Bioökonomie-Forschungsstrategie stärker mit Politikmaßnahmen des Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutzes sowie den bioökonomierelevanten *Sustainable Development Goals* der Vereinten Nationen zu vernetzen: Lösungsbeiträge der Bioökonomie könnten in internationalen Abkommen und entsprechenden nationalen Aktionsplänen des Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutzes verankert werden. Für die Umsetzung könnten in Fördermaßnahmen in stärkerem und konkreterem Maße Nachhaltigkeitsziele gesetzt werden, zu deren Erreichung die geförderten Projekte Beiträge leisten sollen. Aus der Skepsis, die in den Befragungen der Ex-ante-Evaluation geäußert wurde, ob die postulierten Nachhaltigkeitseffekte der Bioökonomie bei Berücksichtigung der Folgen ihres Ausbaus realisierbar seien, lässt sich ableiten, dass Bedarf besteht, diese Effekte methodisch fundiert qualitativ und quantitativ ermitteln zu können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse könnten für strategische förderpolitische Schwerpunktsetzungen genutzt werden und der Legitimation der Bioökonomie sowie dem Dialog mit Stakeholdern und gesellschaftlichen Gruppen dienen.

5. Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Bioökonomie-Forschungsstrategie und ihre Umsetzung

Aufgrund der Ergebnisse der Ex-post- und der Ex-ante-Evaluation werden die NFSB und ihre Umsetzung in Fördermaßnahmen insgesamt sehr positiv bewertet. Die im Folgenden daraus abgeleiteten Empfehlungen stellen Anpassungen und veränderte Schwerpunktsetzungen dar, die auf der bisherigen, bewährten Konzeption der NFSB und ihrer Umsetzung aufbauen.

Das BMBF sollte sich auch weiterhin mit einer Bioökonomie-Forschungsstrategie positionieren und den Forschenden strategische Orientierung bieten. Diese Forschungsstrategie sollte den mit der NFSB eingeschlagenen Weg, die Forschungsförderung missionsorientiert an Beiträgen zur Lösung großer gesell-

schaftlicher Herausforderungen auszurichten, konsequent fortsetzen. Die beiden strategischen Ziele der NFSB (Erhalt und Ausbau der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als dynamischer Forschungs-, Innovations- und Wirtschaftsstandort für die Bioökonomie; Beiträge zur Lösung globaler Herausforderungen wie Ernährung, Klimawandel, Ressourcen- und Umweltschutz) sollten auch künftig verfolgt werden.

Erhalt und Ausbau der internationalen Wettbewerbsfähigkeit

Für das Ziel des Erhalts und des Ausbaus der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands sollten der bisherige Förderbereich der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (HF4) sowie die KMU- und Gründungsförderung in der bisherigen Ausgestaltung fortgeführt und unter Beachtung der folgenden Punkte weiterentwickelt werden:

- Es sollte künftig ein stärkerer Akzent auf biobasierte Produkte mit hoher Wertschöpfung gelegt werden sowie auf biobasierte Produkte, die sich mit besonderen Qualitäts- und Funktionalitätseigenschaften von konkurrierenden Produkten auf fossiler Rohstoffbasis abheben. Fördermaßnahmen sollten so ausgestaltet werden, dass Querschnittskompetenzen und Plattformtechnologien, deren Anwendungspotenzial weit über die Bioökonomie hinausgeht, auch spezifisch auf die Bioökonomie ausgerichtet werden. Zudem sollten Synergiepotenziale, beispielsweise mit der medizin-/pharmabezogenen FuE, ausgeschöpft werden können.
- Ergänzend zu den bisherigen Förderaktivitäten zur Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und CO₂ als Ausgangsstoffe für industrielle Produktionsprozesse sollten verstärkt auch Reststoffe aus Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Haushalten erschlossen werden, die nicht der Ernährung dienen, um Stoffkreisläufe zu schließen und um regionale Wertschöpfungsketten unter Einbindung von Unternehmen aufzubauen, die bislang nicht oder nur am Rande in die Bioökonomie involviert waren.
- Die Schwerpunktsetzung auf der angewandten bzw. industriellen Forschung sowie die Anstrengungen, die Forschungsakteure entlang von Wertschöpfungsketten zusammenzubringen, sollten fortgeführt werden. Zugleich sollte die anwendungsorientierte Grundlagenforschung im Portfolio der Fördermaßnahmen zumindest im bisherigen Umfang beibehalten werden.
- Es sollten Fördermaßnahmen initiiert werden, mit denen die Potenziale für die Bioökonomie erschlossen werden, die in generellen Aktivitäten im Rahmen von Industrie 4.0 und Landwirtschaft 4.0 sowie in der Bioinformatik und der Nutzung digitalisiert vorliegender Wissensbestände liegen.
- Es wird empfohlen, auf eine stärkere Vernetzung der in Deutschland bislang wenig verbundenen Sektoren Agrarproduktion und industrielle Konversion von Biomasse hinzuwirken. Dies könnte durch die Förderung von Forschungsfragen erfolgen, die eine engere Kooperation erfordern, wie beispielsweise: Abstimmung von Pflanzenzüchtung, -anbau und -nutzung und damit der Qualität der Biomasse auf bestimmte Nutzungen und Anwendungen, dezentrale Transformationssysteme (z. B. *small scale bio-refineries*), Logistikkonzepte, Nutzung der Digitalisierung zur Verknüpfung der Sektoren. Da die BMBF-Fördermaßnahmen zur Agrarforschung bislang schwerpunktmäßig in der anwendungsorientierten Grundlagenforschung angesiedelt sind, sollte gewährleistet werden, dass die Schnittstellen zu stärker anwendungsorientiert arbeitenden Akteuren und entsprechend ausgerichteten Fördermaßnahmen, unter anderem im Zuständigkeitsbereich des BMEL, so gestaltet werden, dass die anwendungsbezogene Verwertung der Forschungsergebnisse der BMBF-Bioökonomie-Förderung ohne Brüche unterstützt wird.
- Der – im Gesamtportfolio bislang geringe – Stellenwert der Fördermaßnahmen zur Lebensmittelproduktion und deren inhaltliche Ausrichtung sollten geprüft werden. Zu den Themen, die künftig möglicherweise stärker akzentuiert werden könnten, zählen beispielsweise die Konversion von Reststoffen aus der Lebensmittelproduktion zu höherwertigen Produkten, die Schließung regionaler Stoffkreisläufe sowie die Erforschung von Mikrobiomen im Zusammenhang mit gesundheitlichen Effekten der Ernährung.

Beiträge zur Bewältigung globaler Herausforderungen

Zum Ziel, Beiträge zur Lösung globaler Herausforderungen wie Ernährung, Klimawandel, Ressourcen- und Umweltschutz zu leisten und bioökonomische Wertschöpfungsketten nachhaltig zu gestalten, tragen bislang Fördermaßnahmen mit Relevanz für die nachhaltige Gestaltung der Agrarproduktion und der industriellen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (HF 2 und 4), Beiträge zur Ernährungssicherung (HF 1) sowie Fördermaßnahmen der internationalen Kooperation (QA 3) bei. Sie sollten in der bisherigen Ausgestaltung konsequent fortgeführt werden. Die folgenden Punkte sollten besonders beachtet werden:

- Das Fördermaßnahmenportfolio sollte Fördermaßnahmen enthalten, die explizit auf die bioökonomie-relevanten *Sustainable Development Goals* der Vereinten Nationen sowie auf Klima- und Umweltschutzziele in entsprechenden nationalen Aktionsplänen ausgerichtet sind und die in stärkerem und konkreterem Maße Nachhaltigkeitsziele setzen, zu denen die geförderten Projekte beitragen sollen. Um die Beiträge der geförderten Projekte zur Zielerreichung transparent zu machen, könnten in diesen Fördermaßnahmen die erzielten Ergebnisse projektübergreifend durch eine Begleitforschung mit einheitlicher Methodik zusammengeführt und ausgewertet werden.
- Es wird empfohlen, Forschungsarbeiten zu fördern, die darauf abzielen, Nachhaltigkeitsbewertungen konzeptionell-methodisch weiterzuentwickeln, die Nachhaltigkeitseffekte auf verschiedenen Skalen (z. B. einzelner Prozess bzw. Betrieb, Wertschöpfungskette, Produktgruppe, Region, Land, global) transparent zu machen und ihre Nutzbarkeit für Zertifizierungssysteme und für strategische Entscheidungen verschiedener Nutzer- bzw. Zielgruppen zu verbessern.
- Es sollte geprüft werden, soziale Innovationen und veränderte soziale Praktiken in der Bioökonomie als Fördergegenstand aufzugreifen und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit noch stärker als bisher zu adressieren. Konkret könnten die bislang überwiegend auf die Angebots- und Produktionsseite gerichteten Betrachtungen in der Bioökonomie ergänzt werden, um Analysen der Nachfrage- und Anwenderseite, wie z. B. nachhaltiges Konsumverhalten, Implementierungsforschung für nachweislich nachhaltige Konzepte, Einstellungen in der Bevölkerung zur Bioökonomie.
- Forschende, die bisher in der Nachhaltigkeitsforschung oder in der Erforschung von Energie- und Agrarwende (ohne näheren Bioökonomiebezug) tätig sind, sollten als Zielgruppe angesprochen werden, um ihre bisherigen Erfahrungen, Methoden und Erkenntnisse auch für die Bioökonomie fruchtbar zu machen.

Förderbedingungen

Die insgesamt gute Passfähigkeit der Förderbedingungen zur Forschungstätigkeit sollte gewahrt und weiter ausgebaut werden. Hierzu sollten die Staffelung und Flexibilität bei Projektlaufzeiten und Verlängerungsmöglichkeiten, die Abdeckung mehrerer Arten der Forschung und die Förderung in Abhängigkeit vom Erreichen von Meilensteinen bei der Konzeption von Fördermaßnahmen weitergeführt werden.

Die bestehenden Schwierigkeiten, Ergebnisse von FuE-Projekten nach Laufzeitende tatsächlich zu verwerten, sollten stärker adressiert werden. Es wird vorgeschlagen, eine Projektverlängerungs- und Aufstockungsmöglichkeit speziell für die Sondierung von Verwertungsoptionen der im geförderten Projekt erarbeiteten FuE-Ergebnisse zu erproben, um die Verwertungsorientierung zu stärken und eine höhere Verwertungsreife zu erreichen.

Eine themenoffene Fördermaßnahme mit regelmäßig wiederkehrenden Einreichungstichtagen, die allen Zielgruppen offensteht, sollte Bestandteil des Fördermaßnahmenportfolios sein, um auch kurzfristig entstehenden Förderbedarf abzudecken.

Künftige strategische Schwerpunktsetzungen und Gewichtungen

Geprüft werden sollte, ob ein Teil der implementierten Fördermaßnahmen und der geförderten Projekte stärker und systematischer als bisher genutzt werden könnte, um den darin erarbeiteten Wissensbestand für künftige strategische oder inhaltliche förderpolitische Schwerpunktsetzungen und Entscheidungen zu verwenden. Hierzu könnten z. B. Begleitforschung, Evaluationen, Statusseminare oder Abschlusskonferenzen und Strategieworkshops beitragen.

Es sollte erwogen werden, die angestrebte Gewichtung der strategischen Ziele, der Handlungsfelder und Querschnittsaktivitäten zueinander klarer als bisher darzustellen und das Primat der Ernährungssicherung für die Forschungsförderung zu operationalisieren. Durch eine solche transparente Darstellung soll die Kommunikation mit Stakeholdern und der Dialog mit der interessierten Öffentlichkeit unterstützt werden.

Es wäre wünschenswert, wenn das BMBF und die heterogene Bioökonomie-Fachcommunity sich über konkrete Vorstellungen von Zielen, zu setzenden Schwerpunkten und zu präferierenden Wegen zur Zielerreichung im Transformationsprozess zu einer Bioökonomie verständigen würden. Dies könnte beispielsweise im Rahmen eines Visioning- und Roadmap-Prozesses erfolgen, der ergänzend zu den bewährten und beizubehaltenden Beratungsgremien und Konsultationsprozessen initiiert werden könnte und auch gesellschaftliche Erwartungen und Befürchtungen gegenüber der künftigen Entwicklung der Bioökonomie und antizipierte Folgen berücksichtigen sollte.

6. Empfehlungen für künftige Evaluationen

Mit dieser Studie wurde erstmals eine Evaluation eines Förder- und Forschungsprogramms in dieser Größenordnung vorgelegt, das auf Beiträge zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen ausgerichtet ist. Dieser Missionsorientierung wurde explizit Rechnung getragen, indem aus Textanalysen der NFSB und der Förderbekanntmachungen NFSB-spezifische Befragungen konzipiert und entsprechende Indikatoren abgeleitet wurden. Der gewählte Ansatz erscheint auch für die Evaluation weiterer missionsorientierter Forschungsförderprogramme geeignet.

Ein wesentlicher Teil der in diese Evaluation einbezogenen Fördermaßnahmen und Projekte wurde noch im der NFSB vorausgegangenen Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten begonnen. Daher wird empfohlen, eine ähnlich umfassende Evaluation wie die hier vorgelegte in einigen Jahren zu wiederholen. Dadurch könnten in noch stärkerem Maße die Wirkungen erfasst werden, die mit dem Wandel von der technologie- zur missionsorientierten Forschungsförderung verbunden sind. Außerdem könnten die empirische Basis aktualisiert und Wirkungen der NFSB ermittelt werden, die erst in späteren Phasen des Innovationsprozesses zu erwarten sind. Bei einer künftigen Evaluation der Bioökonomieförderung sollten der in dieser Studie gewählte Evaluationsansatz und die Wirkungsindikatoren verwendet sowie die folgenden Punkte beachtet werden:

- Das Konzept, programminduzierte Wirkungen durch eine Phasenbetrachtung zu messen, sollte weitergeführt werden, um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass bei einer FuE-Förderung, die frühe Innovationsphasen und Stufen der Wertschöpfungskette abdeckt, die Wirkungen nicht erst mit der (ökonomischen) Verwertung eintreten.

- Das Programm-Monitoring sollte so ausgebaut werden, dass bereits im Verlauf der Umsetzung einer Fördermaßnahme Daten bei den Geförderten erhoben werden, die für eine Zwischen- oder eine Ex-post-Evaluation genutzt werden können.
- Es wäre wünschenswert, in künftigen Evaluationen die Ergebnisse von Begutachtungen auswerten zu können, die Expertinnen und Experten zu großvolumigen Projekten bzw. Fördermaßnahmen mit besonderem Förderinteresse des Fördergebers durchgeführt haben.
- Wegen der großen Zahl und Heterogenität der zu analysierenden Fördermaßnahmen und des großen Umfangs der Erkenntnisziele sollte der Bearbeitungszeitraum für die Evaluation länger sein.
- Wegen der Heterogenität der Fördermaßnahmen oder Projekttypen sollte künftig die Möglichkeit bestehen, Gruppen zu bilden, von denen einige vertieft, andere weniger vertieft zu analysieren sind.