

WHITEPAPER BEN/BS

Strategie und Umsetzung der wissenschaftlichen Arbeit

**Daniela Thrän, Stefan Majer, Nora Szarka, André Brosowski,
Alberto Bezama, Markus Millinger**

Helmholtzzentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

Permoserstraße 15
04318 Leipzig
www.ufz.de

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
www.dbfz.de

Inhaltsverzeichnis

1	Mission und ZieleFehler! Textmarke nicht definiert.	
2	Forschungshypothesen und Forschungsziele	3
3	Forschungsfragen	7
3.1	Systematisierte Ressourceninformationen: Wie entwickelt sich die Verfügbarkeit und Erschließbarkeit erneuerbarer Ressourcen?	7
3.2	Dynamisierte Technologiebewertung: Welche Erzeugungstechnologien liefern welchen Beitrag zu einer nachhaltigen Versorgung und wie verändert sich dieser über die Zeit?	7
3.2.1	Wie lassen sich die Technologien systematisch darstellen?	7
3.2.2	Wie lassen sich die Technologien in die Anforderungen aus Ernährungssicherheit, klimaneutraler Energieversorgung, Kreislaufwirtschaft, ... einordnen?	8
3.2.3	Welchen Beitrag zum Stoff- und Kohlenstoffhaushalt können die Technologien leisten? (Kaskaden, CO ₂ -Nutzung, negative Emissionen).....	8
3.2.4	Wie sehen Konzepte und Szenarien einer umwelt- und kostenoptimalen Systemintegration aus (u.a. Bioenergie im Verkehr, flexible Strombereitstellung, gekoppelte stoffliche und energetische Nutzung)?	9
3.3	Wissenschaftlich basierte Umsetzungsstrategien: Wie und durch wen ist die Transformation der Rohstoffbasis von fossil zu erneuerbar als Ganzes (energetisch und stofflich) nachhaltig zu gestalten?	9
3.4	Wie lassen sich die wissenschaftlichen Ergebnisse in geeigneter Form an die relevanten Zielgruppen bringen?	10
4	Herangehensweise – Methoden, Modelle und Daten	12
5	Schnittstellen und Kooperationen	13
6	Maßnahmen zur Umsetzung der Forschungsziele	15
6.1	Kurzfristige Umsetzung und Maßnahmen	16
A 1	Hintergrund: die Verankerung von BEN und BS in den Forschungseinrichtungen UFZ und DBFZ	17
A 2	Mission und Motivation: Das Department BEN am UFZ	18
A 3	Mission und Motivation: Der Bereich BS am DBFZ	20

Gemeinsame Forschung zur Systemanalyse am Department BEN / Bereich BS: Mission, Herangehensweise und Planungen

Das vorliegende Papier beschreibt die Forschungsziele der gemeinsamen Aktivitäten der Departments BEN (UFZ) und BS (DBFZ) bis zum Jahr 2025. Die hier dargestellten grundlegenden Forschungsthemen, Forschungsfelder und -fragen und Herangehensweisen werden in der TB6-Forschungsstrategie des UFZ und der Roadmap des DBFZ untersetzt und regelmäßig aktualisiert.

1 Forschungsziele

Fortschreitender Klimawandel und Ressourcenknappheit gefährden die Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit genügend Nahrung, Energie und Rohstoffen (WBGU 2011, UBA 2014). Die Transformation hin zu einer zunehmend erneuerbaren Ressourcenbasis und die Bewältigung der damit verbundenen tiefgreifenden Veränderungen ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (UN 2012, BMEL 2014). Für die Nutzung erneuerbarer Ressourcen ergeben sich daraus neue Anforderungen und die Notwendigkeit, die eingeführten Systeme weiter zu entwickeln.

Das übergeordnete Forschungsziel der Departments BEN und BS ist es, diesen Transformationsprozess systemorientiert, d. h. sektoren-, technologie- und disziplinübergreifend sowie durch vorausschauende Wirkungsabschätzungen zu unterstützen und dafür eine breite Expertise aufzubauen, die sich aus den Missionen und Kernkompetenzen der beiden Forschungseinrichtungen UFZ und DBFZ speist (zur Entstehungsgeschichte und Einbettung: siehe Anhang).

Ziel ist die Erforschung einer nachhaltigen Nutzung erneuerbarer Energien und die integrierte stofflich-energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe sowie biogener Rest- und Abfallstoffe in der Bioökonomie als Beitrag zur Implementierung der Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen (UN). Um dies zu erreichen, sind gesellschaftliche Herausforderungen, innovative Technologien, wirtschaftlich Auswirkungen und Umweltbelange umfassend zu berücksichtigen und mit systemorientierten Ansätzen sowohl methodisch als auch inhaltlich Antworten auf die drängenden Fragen zu liefern.

2 Forschungsthemen

Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen ist durch vielfältige Einflussgrößen und Wechselwirkungen gekennzeichnet. Flächen- und Ressourcenverfügbarkeit bilden die Ausgangsbasis zur Etablierung von möglichst effizienten Wertschöpfungsketten, die mit innovativen Technologien zunehmende Versorgungsanforderungen erfüllen sollen. Die beteiligten Stakeholder sind divers;

sie umfassen Akteure entlang der Wertschöpfungskette (Produzenten, Verarbeiter, Dienstleister, Nutzer, Wiederverwerter bzw. ihr Zusammenschluss in Clustern) sowie weitergehende Akteure, die die Rahmenbedingungen gestalten, bewerten und weiter entwickeln (Wissenschaft, NGOs, Wirtschaftsverbände, Politik, Medien etc.). Die Ressourcen und Wertschöpfungsketten sind räumlich eingebunden. Dies erfordert kontextualisierte Analysen und Handlungsoptionen wie auch geeignete Formate und Medien, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis zu bringen. Eine Schwerpunktsetzung wird von den folgenden drei Hypothesen geleitet:

1. These: Bioenergie kann als flexible erneuerbare Energie im Zusammenspiel mit fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen zur substanziellen Reduktion von THG-Emissionen beitragen.

Die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien ist die Voraussetzung für das Erreichen der Pariser Klimaschutzziele und erfordert - infolge ihrer veränderten Charakteristika (wie zum Beispiel geringe Energiedichte, teilweise fluktuierende Bereitstellung, veränderte Größen und Kostenstrukturen der Erzeugungsanlagen gegenüber fossile Energieträgern) - die fast flächendeckende Bereitstellung von Strom und Wärme aus Wind, Sonne und Biomasse wie auch speicherfähige Zwischenprodukte. Die Transformation des Energiesystems verläuft dabei in verschiedenen Bereichen parallel (Energiewende, Wärmewende, Verkehrswende etc.) und ist nur teilweise aufeinander abgestimmt. Die sichere und nachhaltige Bereitstellung von Energie in diesem neuen und sich ändernden Energiesystem wird daher eine zentrale Herausforderung sein. Windenergie und Solaranlagen werden die zentralen Säulen eines erneuerbaren Energiesystems sein. Bioenergie als entscheidende Brückentechnologie ermöglicht dieses jedoch erst aufgrund ihrer Speicherfähigkeit und der flexiblen und bedarfsorientierten Umsetzbarkeit in unterschiedlichsten Formen (fest, flüssig, gasförmig), und für beliebige Sektoren (Strom, Wärme und Verkehr). Bioenergie kann nicht nur mit anderen erneuerbaren Energien sondern auch stofflichen Biomassenutzungsoptionen kombiniert werden. Für Bioenergie werden damit die Fragen der Systemintegration immer relevanter (vgl. auch Thrän (ed.; 2015): smart bioenergy). Wenn die Klimaschutzziele erreicht werden sollen, dann nimmt diese Rolle der Bioenergie in den kommenden Jahren außerdem noch erheblich zu. Bioenergie wird also zukünftig weniger für die allgemeine Deckung der Energienachfrage benötigt, als vielmehr zur Erfüllung spezifischer Anforderungen eines nachhaltigen Energiesystems (Flexibilität, CCU/CCS, Adressierung von Pfadabhängigkeiten). Dabei kann Bioenergie als Technologie in Privathaushalten zur Vermeidung von Lock-In Effekten (Ersatz fossiler Heizungen durch selbige) bei der Heizungssanierung beitragen. Die Bioenergie ermöglicht es den Nutzerinnen und Nutzern eine dezentrale, unabhängige und selbstverwaltete Energieversorgung auf Basis regionaler Rohstoffe zu gestalten.

2. These: Biomasse wird aufgrund der materiellen Eigenschaften als erneuerbare Lösung für eine stoffliche Nutzung erforderlich.

Zur Erreichung einer klimaneutralen Wirtschaftsweise nimmt die stoffliche Nutzung von Biomasse zu. Die Kombination der stofflich-energetischen Nutzung wie auch die Anforderungen an die (roh)stoffliche Nutzung erneuerbarer Ressourcen erfordern damit eine Ausdehnung des systemanalytischen Ansatzes in Form einer umfassenden Bioökonomie. Dort stellt er sich jedoch infolge der Vielfalt an Zielen, Produkten und Konzepten/Verfahren, aber insbesondere auch aufgrund des Leitbildes einer umfassenden Kreislaufwirtschaft mit vielfältigen Nutzungskaskaden, veränderten Stoffqualitäten und dem damit verbundenen intersektoralen Zusammenspiel deutlich komplexer dar. Die steigende Bedeutung der stofflichen Dimension der Bioökonomie wird insgesamt dazu führen, dass bislang energetisch genutzte Ressourcen entsprechend umgewidmet werden, was bisherige Lösungen und Infrastrukturen infrage stellen kann.

3. These: Interdisziplinäre und multiskalige Bewertungsansätze sind notwendig, um die nachhaltige Transformation zu erneuerbaren Energiesystemen und einer Bioökonomie zu gestalten.

Es kommt erschwerend hinzu, dass die nachhaltige Nutzung von erneuerbaren Ressourcen komplexe sozioökonomische und ökologische Wechselwirkungen beinhaltet und ihre Bewertung bisher nicht zufriedenstellend gelöst ist. Die bisher generierbaren Ergebnisse sind damit in Bezug auf die Zielerreichung und Richtungssicherheit im Sinne der angestrebten Transformation der Rohstoffbasis und eines notwendigen gesellschaftlichen und ökonomischen Wandels nur begrenzt überprüfbar. Gleichzeitig lassen sich die zu erwartenden Effekte verschiedener Handlungsoptionen vorausschauend nur eingeschränkt bewerten. Zu den Unsicherheiten zählt neben technischen Entwicklungsdynamiken auch die Frage, welche Akteure und weitere Einflussfaktoren in welcher Weise auf die Systemgestaltung Einfluss nehmen werden. Die in 2015 verabschiedeten und bis 2030 zu implementierenden Sustainable Development Goals (SDGs) stellen dabei den Handlungsrahmen und eine geeignete Bewertungsgrundlage dar. Die 17 SDGs als politische Zielsetzungen der UN sollen die nachhaltige Entwicklung auf ökonomischer, sozialer sowie ökologischer Ebene anleiten.. Die Bereitstellung von Energie und Materialien auf Basis von Biomasse soll einen möglichst umfassenden Beitrag zum Erreichen dieser vielfältigen Nachhaltigkeitsziele leisten. Die bisherigen Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass die Bioökonomie als ein solches transdisziplinäres Querschnittsthema sowohl soziale (SDG 1 und 2), ökologische (SDG 6, 13, 14, 15) und ökonomische Aspekte (SDG 7, 9, 12) betrifft. Für den Aufbau von Expertise und die Entwicklung von Handlungsoptionen und Instrumenten ist eine Schwerpunktsetzung auf ausgewählte SDG jedoch notwendig.

3 Forschungsfelder

Folgt man diesen Thesen, so ergibt sich die Notwendigkeit einer umfassenden Systembetrachtung, die vom einzelnen Verfahren bis zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung und den politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen die genannten Dynamiken und Unsicherheiten berücksichtigen muss. Das dabei grundsätzlich betrachtete System umfasst die gesamte Wertschöpfungskette der Ressourcenbereitstellung und –nutzung sowie ihrer Wechselwirkungen mit der natürlichen und sozialen Umwelt in unterschiedlichen geographischen und zeitlichen Systemgrenzen. Eine genauere Spezifikation muss je nach Fragestellung erfolgen. Die Forschungsfelder der Systemanalyse sind zusammenfassend in Abbildung 1 dargestellt.

Die Analyse für Energie- und Versorgungssysteme auf Basis erneuerbarer Ressourcen soll:

- (i) die Möglichkeiten und Grenzen der Bereitstellung und Nutzung der Ressourcen identifizieren (systematisierte Ressourceninformationen),
- (ii) Technologie- und Versorgungsoptionen sowohl intersektoral als auch unter Beachtung der verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen beschreiben und die möglichen Entwicklungspfade abbilden und in ihren Auswirkungen bewerten (dynamisierte Technologiebewertung),
- (iii) daraus zielgerichtete Instrumente ableiten und angepasste Monitoringsysteme und Indikatoren entwickeln, die die Transformation der Rohstoffbasis einordnen können (wissenschaftlich basierte Umsetzungsstrategien) sowie
- (iv) die Methoden und Ergebnisse so aufbereiten, dass sie in verschiedenen gesellschaftlichen Kontexten verstanden werden und nutzbar sind (z.B. unterschiedliche Akteure oder Regionen).

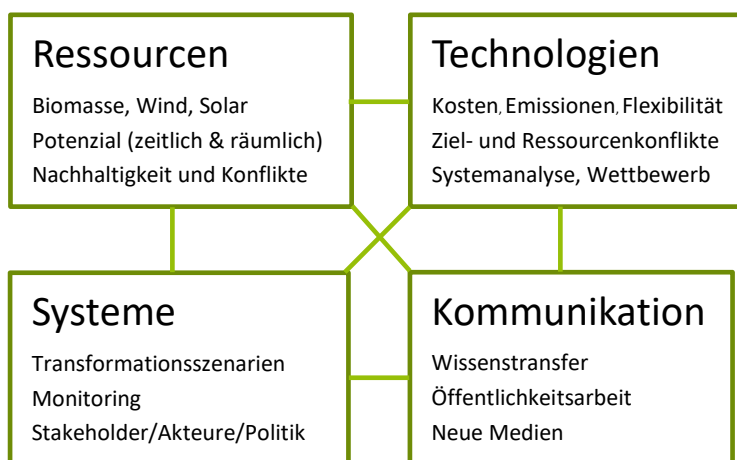


Abbildung 1: Forschungsfelder der Systemanalyse

Schwerpunktmäßig werden Lösungsbeiträge für SDG 7 (Energy), 12 (Sustainable production and consumption) und 13 (Climate action) erarbeitet.

Dabei liegt der Fokus von BS auf den anwendungsorientierten Fragen, wie aktuelle Biomasseverfügbarkeit und Nutzungstand, Entwicklung und Bewertung von Konzepten zur Integration von Biomasse ins Energiesystem bzw. agrarische und industrielle Stoffkreisläufe sowie in der Bewertung von Nutzungskonzepten und notwendigen politischen und administrativen Maßnahmen für ihre Implementierung.

Auf UFZ-Seite stehen die Systemperspektive und die Anbindung an die Modellierungsexpertise im Vordergrund. Räumliche Verortung und soziale Aspekte werden berücksichtigt, ebenso wie nicht biogene erneuerbare Ressourcen (Wind und Solar).

4 Forschungsfragen

Die Forschungsfelder werden nachfolgend mit Forschungsfragen untersetzt.

4.1 Systematisierte Ressourceninformationen: Wie entwickelt sich die Verfügbarkeit und Erschließbarkeit erneuerbarer Ressourcen?

Das Angebot und die aktuelle Nutzung der erneuerbaren Ressourcen sind Schlüsselinformationen für die strategische Bewertung möglicher Handlungsoptionen. Zu diesem Zweck müssen transparente und leistungsstarke Monitoringsysteme auf unterschiedlichen Skalen (von regional bis global) entwickelt und institutionenübergreifend miteinander verknüpft werden. Da es sich bei den Ergebnissen im Wesentlichen um Inputdaten für weiterführende Systeme handelt, liegt ein besonderer Schwerpunkt auf einer nutzerfreundlichen und dynamischen Ergebnisbereitstellung.

Die Bewertung lokaler bzw. regionaler Optimierungsstrategien setzt umfangreiche und räumlich differenzierte Informationen (z. B. Rohstoffverfügbarkeit, Motivation der Stake- und Shareholder, Technologiepark, Infrastruktur, tatsächliche Produktion, tatsächlicher Bedarf etc.) voraus.

4.2 Dynamisierte Technologiebewertung: Welche Erzeugungstechnologien liefern welchen Beitrag zu einer nachhaltigen Versorgung und wie verändert sich dieser über die Zeit?

4.2.1 *Wie lassen sich die Technologien systematisch darstellen?*

Die Technologiebewertung soll zum einen darauf abzielen die zum Teil sehr heterogenen Technologieoptionen in ihrer aktuellen Ausprägung standardisiert zu erfassen und zum anderen so zu gestalten, dass technische Entwicklungen über den Zeitverlauf abgebildet werden können. Ein Ansatzpunkt kann dafür eine Katalogisierung bestehender Technologieoptionen sein, bei der eine Kategorisierung und vereinfachte Beschreibung der bestimmenden techno-ökonomischen Kennzahlen in einem festgelegten Schema erlaubt und die Bereiche KWK, Wärme, Kraftstoffe und Bioökonomie umfasst. Mit einer vereinheitlichten Nomenklatur können verschiedene Technologieoptionen erfasst, verfolgt (gemonitort) und in ihrem Potenzial eingeschätzt werden, wie auch standardisierte Schnittstellen zu den Modellierungsaktivitäten bieten. Basierend auf

diesem strukturierten Know-how wird die Bewertung der Entwicklungspotenziale von biobasierten Schlüsseltechnologien durchgeführt. Diese Bewertung erfolgt durch die Definition von Entwicklungsszenarien und die Modellierung einzelner Technologien sowie durch die Modellierung bestimmter untergeordneten Systeme der Bioökonomie (z. B. Biokraftstoffe, HTP, BECCS), um die möglichen Auswirkungen der Umsetzung dieser Technologien auf verschiedenen Bewertungsskalen (regional, national, global) zu erfassen.

4.2.2 *Wie lassen sich die Technologien in die Anforderungen aus Ernährungssicherheit, klimaneutraler Energieversorgung, Kreislaufwirtschaft, ... einordnen?*

Versorgungssysteme basierend auf erneuerbaren Ressourcen erfordern eine umfassend kreislaufwirtschaftliche Herangehensweise, denn auch erneuerbare Ressourcen sind in der Bereitstellung mit Aufwand verbunden und in Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung durch verschiedene (ökologische, ökonomische und soziale) Limitationen gekennzeichnet. Ein umfassender Übergang von der aktuellen „end-of-pipe-Wirtschaft“ zu einer Kreislaufwirtschaft bildet damit eine wichtige Grundlage. Sie bedarf sowohl einer weitergehenden Systembeschreibung als auch vielfältiger regulatorischer Anpassungen. Herausforderungen für die Forschung bestehen hier in einer ganzheitlichen Systembeschreibung der kreislaufwirtschaftlichen Nutzung von erneuerbaren Ressourcen und in der Ableitung von Stoffstromszenarien unter verschiedenen Randbedingungen. Damit diese Betrachtungen handhabbar bleiben, bilden die SDGs 7, 12 und 13 den Ausgangspunkt für die zentralen Betrachtungen, während die Erweiterungen hin zu anderen SDGs mit verschiedenen Kooperationspartnern erfolgt.

4.2.3 *Welchen Beitrag zum nachhaltigen Stoff- und Kohlenstoffhaushalt können die Technologien leisten (Kaskaden, CO₂-Nutzung, negative Emissionen)?*

Im Hinblick auf die Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele müssen Treibhausgasemissionen drastisch reduziert werden. Dies bedeutet eine Reduktion der Stoffströme, eine Verlängerung der Lebensdauern und die Etablierung von Kaskadennutzungen und die dauerhafte Abscheidung von CO₂. Die dafür notwendigen Technologieansätze sollen beschrieben und hinsichtlich ihrer Markteinführungsoptionen bewertet werden (Kosten, Markteintrittsbarrieren, Märkte für biogenes CO₂, Kohlenstoffspeicherformen, Kombination mit PtX, soziale Effekte etc.). Es soll das CO₂-Minderungspotenzial durch die stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse vor dem Hintergrund der Erreichung negativer Emissionen beschrieben und bewertet werden. Die Auswirkungen damit einhergehender veränderter Nutzungsprioritäten sind zudem aus Systemperspektive zu betrachten. Auf diese Weise wird es möglich sein, die möglichen Kompromisse zwischen der energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse und den CO₂-Emissionsminderungspotenzialen zu identifizieren und zu bewerten.

4.2.4 Wie sehen Konzepte und Szenarien einer umwelt- und kostenoptimalen Systemintegration aus (u.a. Bioenergie im Verkehr, flexible Strombereitstellung, gekoppelte stoffliche und energetische Nutzung)?

„Der Umbau der aktuellen Nutzungssysteme sollte [...] unter Berücksichtigung der zukünftigen Ansprüche an die Art der Rohstoffe sowie Rohstoffqualitäten und der sich wandelnden Nachfrage nach Energiedienstleistungen bis 2050 erfolgen. Das heißt, Bioenergie sollte so eingesetzt werden, dass der Nutzen für das Gesamtsystem möglichst groß ist (flexible Strom- und Wärmebereitstellung, Schiffs- und Flugkraftstoffe, Industrielle Hochtemperaturprozesse...). Die Erwartungen an die Bioenergie verändern sich dabei ständig abhängig von der Entwicklung des restlichen Energiesystems, beispielsweise der Verbreitung der Elektromobilität sowie der Entwicklung von Speichern und Verfahren, um Brenn- und Kraftstoffe aus Wind- und Photovoltaikstrom zu erzeugen (Power-to-Gas, Power-to-Liquid). Um die Anforderungen des zukünftigen Energiesystems und des Klimaschutzes zu erfüllen, sollte [...] vorrangig eine Umnutzung der bereits energetisch genutzten Biomassemenge erfolgen.“ (Klepper, G., Thrän, D. (2019): Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik. Potenziale – Technologien – Zielkonflikte.). Dabei ist insbesondere aus ökonomischer Sicht entscheidend, in welchen Sektoren und in welcher Form der begrenzte Einsatz von Bioenergie erfolgen sollte. Entscheidend dafür ist die Betrachtung von technologischen Alternativen in den jeweiligen Sektoren und die verschiedenen Anforderungen an die biomassebasierten Technologien (z.B. bedarfsgerechte Energiebereitstellung). Unter Szenarien sind mögliche Zukunftsbilder zu verstehen, die unter Berücksichtigung von Einflussfaktoren entwickelt werden. Mithilfe von Szenarien können mögliche (Transformations-)Wege aufgezeigt, Systemzusammenhänge besser verstanden und Konsequenzen von aktuellen Entscheidungen abgeleitet werden. Es sollen weitere Szenarien für aktuelle politische und wirtschaftliche Fragen entwickelt bzw. bestehende Szenarien analysiert und erweitert werden. Hilfestellungen für die Darstellung und Interpretation der Ergebnisse aus zahlreichen Szenarien, in Zusammenhang mit den Einflussfaktoren und Methoden sollen erarbeitet werden.

4.3 Wissenschaftlich basierte Umsetzungsstrategien: Wie und durch wen ist die Transformation der Rohstoffbasis von fossil zu erneuerbar als Ganzes (energetisch und stofflich) nachhaltig zu gestalten?

Die Basis für die Entwicklung von wissenschaftlich basierten Umsetzungsstrategien bildet die Frage, wie sich die stoffliche-energetische Nutzung unter Nachhaltigkeitsaspekten und unter Beachtung der räumlichen und zeitlichen Kontexte umfassend beschreiben und bewerten lässt. Dazu sind Betrachtungen des Gesamtsystems notwendig (s.o.), die teilweise um die Stakeholderperspektive und Einbeziehung weiterer gesellschaftlicher Akteure zu erweitern ist. Darauf aufbauend lassen sich nationale und regionale Strategieelemente für die Bioökonomie, die Energiepolitik und die Klimapolitik ableiten, konkrete Politikinstrumente (z.B. Reulierungsansätze) vorschlagen und weiterentwickeln, aber auch weitergehende Instrumente zur Erkennung und Reduzierung von Risiken (z.B. Zertifizierungsansätze) ableiten. Zu dem Instrumentarium zählt auch die Entwicklung von Ansätzen und Indikatoren zur Beschreibung und Bewertung der Transformation über die Zeit und der Abgleich mit den gesetzten Zielen (Monitoring).

4.4 Wie lassen sich die wissenschaftlichen Ergebnisse in geeigneter Form an die relevanten Zielgruppen bringen?

Vernetzung & Transfer: Es wird angestrebt, dass die Forschungstätigkeiten von BEN/BS stärker im nationalen und internationalen Bereich verbreitet werden und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sich verstärkt mit Akteuren aus F&E, Politik und Industrie vernetzen. Im nationalen Bereich liegt der Fokus insbesondere auf den BMWi-Forschungsnetzwerken und dem Austausch im Rahmen des Doktoranden-Kolloquiums sowie in der Mitwirkung in regionalen und nationalen Beratungsgremien und „Räten“ (Klimabeirat Thüringen, Bioökonomierat etc.). Im EU-Kontext wird die Mitwirkung in EERA sowie in wesentlichen Technologieplattformen (ETIB, Heating and Cooling Platform, IEA bioenergy tasks) angestrebt. Im internationalen Bereich soll die Zusammenarbeit in der IEA Bioenergy task und internationale Rollout-Strategien intensiviert werden. Ferner ist die Vorbereitung und Entwicklung von Standards, Zertifizierungssystemen und Terminologien von Biomasse im Energiesystem und die Unterstützung laufender Normungsaktivitäten (ISO-Normen) fester Bestandteil der BS-Aktivitäten im Zusammenwirken mit anderen DBFZ-Bereichen.

Der Wissens- & Ergebnistransfer erfolgt vor allem durch verschiedene zielgruppengerechte Formate im Bereich Veranstaltungen, Kommunikation, PR/Medien, Aus- und Weiterbildung sowie Veröffentlichungen. Die Maßnahmen resultieren in gemeinsamen spezifischen Produkten, wie Handlungsempfehlungen, Statementpapieren, Rollouts von erprobten Methoden (z. B. Rohstoffmonitoring, Machbarkeitsstudien) und E-learning-Kursen. Darüber hinaus sollen neue Formate und Medien entwickelt und genutzt werden.

4.5 Forschungsfelder und die zugehörigen Fragestellungen

In der nachfolgenden Box sind den Forschungsfeldern aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** konkrete Fragestellungen basierend auf den übergeordneten Forschungsfragen aus 4.1 bis 4.4 zusammengestellt.

1. Wie entwickelt sich die Verfügbarkeit und Erschließbarkeit erneuerbarer Ressourcen?

- Welche Einflussfaktoren bestimmen die Flächennutzung für Wind- und Solarenergie?
- Welche Mengen und Qualitäten an biogenen Roh-, Rest- und Abfallstoffen sind wo, zu welchem Zeitpunkt und unter verschiedenen (ökologischen, ökonomischen und sozialen) Randbedingungen nachhaltig verfügbar?
- Welche Treiber beeinflussen die Ressourcenverfügbarkeit in welchem Umfang (u.a. welche Akteure mit welchen Erwartungen und Präferenzen)?
- Wie lässt sich der Ausbau erneuerbarer Energien regional analysieren und welche Unterschiede ergeben sich?
- An welchen Standorten befinden sich noch EE-Ausbaupotenziale bzw. welche Ausbaupfade sind für eine nachhaltige Energiewende sinnvoll?
- Welche weiteren Gesamteffekte sind beim Ausbau der Ressourcennutzung zu erwarten?

2. Welche Erzeugungstechnologien liefern welchen Beitrag zu einer nachhaltigen Versorgung und wie verändern sich dieser über die Zeit?

- Wie lässt sich die Leistungsfähigkeit (z.B. Kosten, Emissionen, Effizienz, Flexibilität etc.) einer Technologie bewerten?
- Welche Randbedingungen (z.B. Nachhaltigkeitskriterien, Kosten und Dynamiken von Konkurrenztechnologien, Einflussfaktoren auf die Verfügbarkeit von Biomasse, Potenzial für negative Emissionen) treiben Technologieentwicklungen und deren Markteintritt in der Bioökonomie?
- Wie kann der Systembeitrag der stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse (z.B. Energie, Kohlenstoffkreislauf) beschrieben und bewertet werden?
- Wie kann Systemintegration in bestimmten Untersuchungsräumen/für bestimmte Versorgungsfragen (z.B. Energie, Kohlenstoffkreislauf) organisiert werden?
- Welche Rolle könnte/sollte Biomasse innerhalb der Energiewende spielen, um Klimaziele Kosten- und THG-optimal zu erreichen, und wie können Zielkonflikte quantifiziert werden?
- Welche Geschäftsmodelle gibt es für Bestands- und neue Anlagen?

3. Wie und durch wen ist die Transformation der Rohstoffbasis von fossil zu erneuerbar als Ganzes (energetisch und stofflich) nachhaltig zu gestalten?

- Welche Ausbaupfade der erneuerbaren Ressourcen erfordert eine nachhaltige Energiewende?
- Wie lässt sich die künftige Verknüpfung stofflicher und energetischer Nutzung unter Nachhaltigkeitsaspekten umfassend beschreiben und bewerten? Wie können Transformationspfade und Bioenergiekonzepte ins Gesamtsystem mithilfe von Szenarien untersucht werden?
- Welche Strategien benötigt die Bioökonomie auf nationaler und regionaler Ebene?
- Welche Auswirkungen hat die Nutzung aus der Nexusperspektive (Energie – Wasser – Landfläche – Nahrung)?
- Welche Kenngrößen kennzeichnen die Transformation?
- Wie kann diese Transformation durch funktionale Monitoringsysteme begleitet und unterstützt werden? Welcher Beitrag zu den politischen Zielen der nachhaltigen Entwicklung und zur Transformation der Rohstoffbasis wird geleistet? (insbesondere SDG 7, 12 und 13)
- In welchen Sektoren beeinflusst das Akteursverhalten eine nachhaltige Transformation, wie lässt sich das quantitativ analysieren und wie können Präferenzen für eine nachhaltige Transformation effizient eingebunden werden?

4. Wie lassen sich die wissenschaftlichen Ergebnisse in geeigneter Form an die relevanten Zielgruppen bringen?

- Wer sind die relevanten Zielgruppen und wie erreicht man diese?
- Welche Vernetzungs- und Transferformate eignen sich, vor allem auch unter Berücksichtigung der Aufwand-/ Nutzenperspektive?
- Wie können neue Medien und innovative Formate für den Wissenstransfer eingesetzt werden?

5 Herangehensweise – Methoden, Modelle und Daten

Zur Beantwortung der Forschungsfragen kommt eine Vielfalt an Methoden und Modellen zum Einsatz. Diese werden gemäß der Aufgabe angepasst und eingesetzt, und decken eine große Bandbreite möglicher Untersuchungsgegenstände ab. Mit den Methoden werden technische, ökonomische, soziale und gesellschaftliche Kenngrößen und die vielfältigen ökologischen und sozioökonomischen Effekte ermittelt und analysiert.

Potenzialermittlungen sind wichtiger Bestandteil der Forschung, um den Umfang der aktuellen und möglichen Nutzung von biogenen Roh-, Rest- und Abfallstoffen zu ermitteln. GIS-basierte Methoden stellen hierzu ein zentrales Werkzeug dar. Ebenso muss berücksichtigt werden, dass Biomasse auch weltweit gehandelt wird.

GIS-basierte Analysen kommen auch bei der Untersuchung der zukünftigen Energieversorgung zum Tragen, wo neben Biomasse auch Wind- und Solarenergie wichtige Bausteine darstellen. Beim Ausbau der entsprechenden Technologien sind Raumnutzungskonflikte und Umwelteffekte zu erforschen, etwa hinsichtlich konkurrierender Wassernutzungen oder der Gefährdung der Artenvielfalt. Auch die zeitlich variable Stromerzeugung durch fluktuierende erneuerbare Energien stellt eine Herausforderung dar, die mit verschiedenen Methoden und Modellen analysiert wird.

Bei der Analyse unterschiedlicher Nutzungsoptionen für Biomasse – von der Strom- bzw. Wärmeerzeugung, der Kraftstoffherstellung, als Rohstoff für die chemische Industrie oder für andere stoffliche Nutzungen sowie zur Abscheidung und Lagerung oder Nutzung von CO₂ aus der Atmosphäre (BECCS/BECCU) – ist eine ganzheitliche Analyse erforderlich. Hierfür sind Ökobilanzen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zentral, die durch innovative Methoden wie z. B. social oder regional LCA ergänzt werden. Simulations- und Optimierungsmodelle unterstützen die Analysen und integrieren viele der Aspekte in zunehmend ganzheitlichen Systemanalysen. Diese ermöglichen es z.B., die Auswirkungen von politischen Entscheidungen auf die zukünftige Nutzung der Bioenergie zu ermitteln, und sozioökonomisch optimale Zielsysteme zu modellieren.

Weitere Methoden sind für Analysen zur Gestaltung von Steuerungsinstrumenten auf unterschiedlichen Ebenen notwendig. Hierbei stellen Zertifizierungsansätze eine Möglichkeit zur Risikoreduktion dar; sie werden bei BS weiter entwickelt. Parallel werden auf BEN-Seite dialogorientierte Ansätze zur Risikoermittlung verfolgt. Auch multikriterielle Bewertungsansätze und Indikatorsysteme werden genutzt, um die Entwicklung der Transformation einzuordnen und durch Monitoringsysteme zu evaluieren. Ergänzend findet eine Systematisierung von Schnittstellen und die Katalogisierung in der Datenhaltung statt, um den Aufbau von know-how umfassend zu unterstützen.

Mit den entwickelten Werkzeugen werden Handlungsoptionen zur nachhaltigen Gestaltung der Transformation der Ressourcenbasis, Technologieeinsatz und Energiesystemwandel konkretisiert. Dabei soll zum Beispiel bei begrenzten Flächen und vielfältigen Nutzungsansprüchen eine kontinuierliche Erhöhung der Ressourceneffizienz geschaffen werden, oder Konversionsanlagen so platziert werden, dass die Funktionen der Umwelt vollumfänglich erhalten bleiben oder sogar verbessert werden. Als Ergebnis sollen realistische Ziele und Schritte für den Übergang in eine stärker auf Basis erneuerbarer Ressourcen basierenden Wirtschaftsweise definiert werden. Betrachtet werden dabei die Ressourcen Sonne, Wind, Wasserkraft und Biomasse, wobei letztere in der Untersuchung die höchste Komplexität aufweist.

6 Schnittstellen und Kooperationen

Für die inhaltliche und methodische Ausgestaltung und Bearbeitung der Forschungsfragen im BEN und BS werden folgende Schnittstellen gesehen:

- Die **Ressourcenanalysen** des DBFZ/BS haben die stofflich-energetische Nutzung von Biomasse im Fokus, die Arbeiten des UFZ/BEN betrachten die weiteren Systeme der erneuerbaren Ressourcen (z.B. andere erneuerbare Energieträger). Für Deutschland sind räumlich aufgelöste Informationssysteme verfügbar. Im Zusammenspiel lässt sich damit der Nutzungsstand der erneuerbaren Energien detailliert darstellen.
- Im Bereich der **Technologieanalyse** tragen beide Bereiche gemeinsam zur Analyse und Bewertung der technischen Systeme zur Nutzung erneuerbarer Ressourcen bei. Angestrebt wird eine enge Abstimmung mit den technischen Bereichen des DBFZ und TB4 des UFZ, sowie mit den sozialwissenschaftlichen Bereichen (TB6) des UFZ. Die Arbeiten des DBFZ/BS beinhalten schwerpunktmäßig technische, ökonomische, ökologische und soziale Kennwerte. Die Arbeiten des UFZ/BEN versuchen, weitere – insbesondere umwelt- und sozialwissenschaftliche – Dimensionen zu integrieren.
- Für die **Systembewertung** haben die Arbeiten des DBFZ/BS die Anwendung und Weiterentwicklung etablierter sozio-ökonomischer Methoden im Fokus (z. B. LCA, Kosten-Nutzen-Analysen, smart bioenergy Indikatoren etc.). Die Arbeiten des UFZ/BEN haben einen stärkeren Schwerpunkt in der Entwicklung und Erprobung neuer Bewertungsansätze (z. B. sLCA, räumliche LCA) und modellbasierter Optimierungsmodelle. Bei der Szenarienentwicklung werden in allen Arbeitsgruppen (und häufig in Kooperation mit externen Partnern) verschiedene Methoden angewendet. Ziel der Kooperation ist es, durch Bereitstellung von anwendungsnahen Daten (von Seiten BS) die Modellentwicklung zu unterstützen und durch die Bereitstellung von vereinfachten Metamodellen (von Seiten BEN) die einfache Nutzung der Bewertungsansätze zu ermöglichen. In einer solchen gemeinsamen Entwicklung wird die Qualität beider Arbeitsweisen zur Systembewertung stark verbessert. Die Einbeziehung von zeitlichen und räumlichen Dynamiken ist dabei von großer Bedeutung.
- Im Bereich der **Kommunikation** bestehen in BEN und BS jeweils Erfahrungen mit verschiedenen Zielgruppen in Wissenschaft, Politik und Gesellschaft in Form von Poli-

tikpapieren, Handbüchern, Werkzeugen zur Entscheidungsunterstützung, Monitoringansätzen und Vorschlägen für Zertifizierungssysteme. Es wurden erste gemeinsame Strategien erprobt (z. B. Stellungnahme Bioökonomie). In Bezug auf die Forschung stehen die Schwerpunktsetzung und Schnittstellendefinition noch aus.

Ein wichtiges Ziel in der Mittelfrist ist der schrittweise Aufbau eines (gemeinsamen) Modellsystems, das die funktionalen Zusammenhänge abbilden und wissenschaftliche Aussagen über das Gesamtsystem der erneuerbaren Ressourcen an der Schnittstelle Technologie-Umwelt mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung (in Teilbereichen) generieren kann. Für das Department BEN ist hier das Verständnis komplex adressierter Systeme und die Beantwortung der in POF4 adressierten Forschungsfragen (siehe Anhang A2) zur Gestaltung der Transformation durch Weiterentwicklung und integrierter Anwendung der Modelle zentral. Für den Bereich BS ist die Bearbeitung verschiedener Fragen zur Implementierung nachhaltiger Bioenergie- und Bioökonomiekonzepte prioritär. Das Leitbild der „smart bioenergy“ ist dabei maßgeblich.

Weiterhin sind für die Beantwortung der Forschungsfragen folgende strategische Kooperationen relevant:

- Für die **Ressourcenanalysen** im Kontext der stofflich-energetischen Nutzung von Biomasse sind Kooperationen zu rohstoffspezifischen Fachexperten/Einrichtungen aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft sowie Abfallwirtschaft erforderlich. Darüber hinaus sind Kooperationen mit Industriepartnern zu intensivieren, die entsprechende Rohstoffe einsetzen bzw. planen einzusetzen. Für Ressourcenanalysen der nicht-biogenen erneuerbaren Optionen sind Kooperationen mit anderen interdisziplinären Wissenschaftseinrichtungen wichtig. Insbesondere für das Thema Wind sind zahlreiche Zielkonflikte zum Naturschutz vorhanden, deren Bewertung eine Breite an externen Kompetenzen und Kooperationen voraussetzt.
- Im Bereich der **Technologieanalyse** sind Kooperation mit relevanten Praxispartnern und der anwendungsnahe Wissenschaft fallbezogen anzustreben.
- Für die **Systembewertung** werden für die Entwicklung und Erprobung neuer Bewertungsansätze (z.B. sLCA, räumliche LCA) und modellbasierter Optimierungsmodelle externe Kooperationen vor allem mit Energiesystem (Strom, Wärme)-, Landnutzungs- und (Makro-)ökonomischen Modellen gesucht. Weiterhin erfordert der ganzheitliche Ansatz bei der Systemmodellierung Expertise zu den Nachfrageentwicklungen in den betrachteten Sektoren, was u.a. durch Gebäude- und Verkehrsmodelle ergänzt werden kann. Weitere Kooperation zu erneuerbaren Energien für die Entwicklung und Analyse von integrativen EE-Konzepten ist gewünscht. Um die gesellschaftliche Aspekte der (Bio)energienutzung zu decken soll die Kooperation mit Experten im diesem Feld gesucht werden.
- Für die **Kommunikation** und den Transfer werden in der weiteren Konkretisierung der Umsetzung strategische Kooperationspartner definiert.

7 Maßnahmen zur Umsetzung der Forschungsziele

Um die Forschungsziele umzusetzen sind Maßnahmen erforderlich, die in der Weiterentwicklung der Methoden (und Modelle), der Bereitstellung systematisierter Daten und der Erarbeitung von Schlüsselergebnissen liegen. Diese sollen schrittweise generiert und etabliert werden (Abbildung 2).

Die **Methodenentwicklung** umfasst

- Werkzeuge zur Systematisierung von Ressourcendaten zur regelmäßigen Datenbereitstellung (1)
- weitergehende Bewertungsansätze, insbesondere von Risiken künftiger Ressourcenverfügbarkeiten (2)
- Werkzeuge zur Systematisierung von Technologiekenngößen/-steckbriefen (3)
- Erweiterung der Kenngößen zukünftiger Technologieoptionen unter Berücksichtigung von Märkten, Treibern und Hemmnissen in technologiespezifischen Systemanalysen (4)
- Modelle zur Systembeschreibung, die ausgehend vom Status quo Entwicklungspfade aufzeigen, sowohl für das Gesamtsystem der erneuerbaren Ressourcen als auch von Teilsystemen (v.a. Energiesektoren) (5)
- Werkzeuge zur weitergehenden Bewertung von Erneuerbaren-Ressourcen-Systemen, insbesondere Politikanalysen, Technikfolgenabschätzungen und Unsicherheitsanalysen (6)
- Weitergehende Bewertungsansätze für die Analyse und Gestaltung von regionalen Erneuerbaren-Ressourcen-Systemen (7)

Dabei erfolgt die Methodenentwicklung und Erprobung anhand von Fallbeispielen (case studies; jeweils mit (a) gekennzeichnet) und darauf aufbauend in einer kumulierten Auswertung der case studies und weiterer Informationen (Metainformationen, jeweils mit (b) gekennzeichnet). Die Methoden werden in leicht zugänglichen Tools und einfach verständlichen Handbüchern zugänglich gemacht.

Konsistente Daten sind für die verschiedenen Zielbereiche zentral. Sie sollen aktualisierbar, transparent, klar abrufbar, in Datenbanken gehalten und mit Datenmanagementsystemen organisiert sein. Sie umfassen:

- Zeitreihen von Angebot und Nachfrage von Solar, Wind, Biomasse und ggf. weiteren Erneuerbaren Ressourcen in hoher räumlicher Auflösung (8)
- Informationen zum aktuellen Nutzungsstand der Erneuerbaren Energien und Ressourcen in hoher räumlicher Auflösung (9)
- Bandbreiten und Hintergrundinformationen zu Szenarien (v.a. der Bioökonomie) (10)
- Konsistente Zukunftsbilder der nachhaltigen Nutzung erneuerbarer Ressourcen (11)
- Monitoring der Entwicklung der Erneuerbaren-Ressourcen-Systeme bzw. von Teilsystemen (u.a. Energiesektoren) (12)

Die konsistenten Daten sollen dabei sowohl in einer grundlegenden Logik (ontologisch) aufgestellt und zudem schrittweise über Deutschland hinaus erweitert werden. Qualitätsanforderungen für einen einfachen Transfer werden frühzeitig mitbedacht.

Basierend auf den konsistenten Daten sollen **Schlüsselinformationen** als aggregierte Ergebnisse zu den verschiedenen Zielbereichen erarbeitet werden, d.h.

- Aggregierte Informationen von Angebot und Nachfrage nach erneuerbaren Ressourcen (in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung) (13)
- Aggregierte Informationen über die Leistungsfähigkeit der Technologien zu Bereitstellung von Strom, Wärme, Kraftstoffen und Materialien aus Biomasse in Kombination mit anderen erneuerbaren Ressourcen (14)
- Aggregierte Informationen zum Systembeitrag der erneuerbaren Ressourcen (in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung) – sowohl als Transformations- als auch als Zielpfade zur Erreichung geschlossener Kohlenstoffkreisläufe (15)
- Systematisch gewonnene Handlungsempfehlungen / Instrumente, um die ermittelten Systembeiträge zu erreichen (16).

Die Schlüsselinformationen sollen in Korridoren mit Hinweisen auf Unsicherheiten dargestellt werden. Für den Transfer der Schlüsselergebnisse, aber auch der Methoden und „Daten“ werden angepasste Methoden und Formate entwickelt (Beginn: 2020).

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Methoden – Ressourcenanalyse	1a	1b	2a		2b		
Methoden – Technologieanalyse	3a	3b		4a		4b	
Methoden – Systemanalyse	5a	6a	7a			5b	6b
<i>Methoden – Transfer</i>		<i>Start</i>					
Daten	8	9	10	12		11	
Schlüsselinformationen		13			14		15 (16)

- a) Erprobung anhand von Fallbeispielen,
b) Kumulierte Auswertung und Erzeugung von Metainformationen

7.1 Kurzfristige Umsetzung und Maßnahmen

Die kurzfristigen Meilensteine zur Erreichung der Forschungsziele werden in der Roadmap des DBFZ bzw. in den Kurzfristzielen von BEN regelmäßig fortgeschrieben und überprüft.

A 1 Hintergrund: die Verankerung von BEN und BS in den Forschungseinrichtungen UFZ und DBFZ.

Mit der Gründung des Bereichs Bioenergie am DBFZ (2008) und der Etablierung des Departments Bioenergie am UFZ (2010) wurde der Grundstein gelegt, die Systemanalyse zur Bioenergie bzw. zu erneuerbaren Ressourcen aufzubauen. Diese wird seitdem unter Beachtung der gesellschaftlichen Entwicklungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen und unter Bezugnahme auf die Strategien der übergeordneten Institutionen (DBFZ und UFZ) kontinuierlich weiter entwickelt.

Die sich daraus ergebenden Forschungsprofile für die Arbeitseinheiten BEN und BS stehen teilweise für sich, bieten aber durch die komplementäre Verankerung in zwei unterschiedlichen Forschungseinrichtungen außergewöhnliche Möglichkeiten, die anstehenden Fragen wissenschaftlich vernetzt anzugehen.

Das vorliegende Papier hat daher zum Ziel, die Forschungsschwerpunkte und -ansätze von BEN und BS aus den jeweiligen Strategien abzuleiten und darauf aufbauend eine gemeinsame Herangehensweise zu entwickeln, in dem die Kernkompetenzen gut weiter entwickelt und die Synergien umfassend genutzt werden können. Es baut auf dem Whitepaper BEN/BS vom Juli 2015 auf.

A 2 Mission und Motivation: Das Department BEN am UFZ

Fortschreitender Klimawandel und Ressourcenknappheit gefährden die Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit genügend Nahrung, Energie und Rohstoffen (WBGU 2011, UBA 2014). Die Transformation hin zu einer zunehmend erneuerbaren Ressourcenbasis und die Bewältigung der damit verbundenen tiefgreifenden Veränderungen ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (UN 2012, BMEL 2014). Systemverständnis und vorausschauende Wirkungsabschätzungen können den Transformationsprozess unterstützen. Das UFZ hat sich diese Aufgabe in seiner Mission umfassend zu Eigen gemacht (siehe Box A). Als notwendig gesehen wird sowohl die systematische Erforschung der natürlichen Systeme als auch ausgewählter Produktionssysteme (UFZ Strategiepapier). Als Teil der Helmholtzgemeinschaft betreibt das UFZ Forschung in der Mittel- und Langfristperspektive.

Box A: Die Mission des UFZ

„Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung - UFZ eint das Ziel, in Zeiten des globalen Wandels, Wege zur Vereinbarkeit der gesellschaftlichen Entwicklung mit einer gesunden Umwelt aufzuzeigen. Dafür schafft das international ausgerichtete UFZ fundiertes Wissen zur dauerhaften Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen und der Entfaltungsmöglichkeiten des Menschen. Es nutzt umfangreiche Kompetenzen in den Natur-, Ingenieurs- und Gesellschaftswissenschaften und langjährige Erfahrungen in der integrierten Forschung zur frühzeitigen Erkennung komplexer Problemlagen in Umwelt und Gesellschaft und zur Entwicklung vorsorgeorientierter Lösungen. Professionelle Infrastrukturen, eine richtungsweisende Programmatik und der Dialog mit allen relevanten Akteuren der Gesellschaft ermöglichen es, Politik, Öffentlichkeit und Wirtschaft bedarfsgerechtes Handlungswissen und technologische Lösungen zur Verfügung zu stellen.“

Die Forschung ist in sechs Themenbereichen – das Department BEN gehört zum Themenbereich „Umwelt und Gesellschaft“ - organisiert. Es widmet sich der Systemanalyse von stofflich-energetischen Nutzungskonzepten für erneuerbare Rohstoffe und seiner Wechselwirkungen mit dem Ziel, diese im Hinblick auf eine nachhaltige Gestaltung vorausschauend zu beschreiben und Methoden zu entwickeln, die den Erfolg der Transformation überprüfen. Grundlegendes Verständnis heutiger und künftiger Bereitstellungstechnologien und ihrer Verankerung in der natürlichen Umwelt ist dabei die Basis für die wissensbasierte Unterstützung von Entscheidungsträgern in den Bereichen Erneuerbare Energien und Bioökonomie. Dabei ist die Wechselwirkung zwischen technischen Systemlösungen und dem veränderten Nutzungsdruck auf Umwelt und Gesellschaft eine zentrale Fragestellung, die in das Forschungsprogramm „Erde und Umwelt“, Topic 5 (Dynamics of the Terrestrial Environment & Freshwater Resources under Global and Climate Change) eingebunden sein wird. Die Aufgaben der nächsten Forschungsperiode (POF4) sind dabei wie folgt definiert:

Sustainable renewable resources and energies 2050. *The research on renewable resources will build on assessing decision-making in highly uncertain and regionally differentiated processes, such as the energy and bioeconomy transformations. We will contribute to develop **spatially explicit implementation scenarios, indicators and governance arrangements** with integrated assessment and systemic approaches. In doing so, our focus is on the nexuses of energy sector coupling; of energy with material use and cascading issues of new bio-based materials; and between new bio-based materials and bioenergy with carbon capture and storage.*

We will integrate these nexuses in a comprehensive way at the landscape level for Germany (ST5.4) by spatially explicit modeling and by life cycle assessment of renewable energies and bio-based products (RF Energy and Topic 7). This will be embedded in an analysis of human and societal drivers, impacts and governance options (in order to identify policy options and preconditions for a successful transformation of the German energy system (Energiewende). In addition, we will explore scenarios to translate our research results into internationally viable lessons for achieving the SDGs for both, renewable energies and renewable resources.

Deliverables and milestones.

- *D5.18 (2027): Scenarios, indicators and governance arrangements for sustainable re-newable resources and energies. M5.18-1 (2022) Spatially explicit modeling and life cycle assessment of renewable resources and energy at landscape level in Germany. M5.18-2 (2024) Analysis of drivers, impacts and governance options for a successful transformation of the German energy system. M5.18-3 (2027) Policy recommend-dations for achieving the SDGs for renewable energies and renewable resources.*
- *D5.21 (2027) Barriers and enabling factors of transformations towards sustainability.*

A 3 Mission und Motivation: Der Bereich BS am DBFZ

Begrenzte Ressourcen und vielfältige Bedarfsfelder stellen neue Herausforderungen an die Nutzung von Biomasse im Energiesystem. Das DBFZ hat sich daraus die Mission einer nachhaltigen Bereitstellung der Biomasse, ihrer Umwandlung in stofflich-energetischen Koppel- und Kaskadensystemen und schließlich der effizienten und in das gesamte Energiesystem integrierten Nutzung zu eigen gemacht und betreibt diese als Forschungseinrichtung des Landwirtschaftsministeriums anwendungsorientiert. Als Mission wurde das Smart Bioenergy Konzept entwickelt (BoxB), das auf Ebene der Verfahrens- und Technologieentwicklung als auch auf Ebene der Gesamtkonzeption und Bewertung mit fünf Forschungsschwerpunkten untersetzt ist. Dem Bereich BS ist der Forschungsschwerpunkt „Systembeitrag von Biomasse“ zugeordnet. Er hat zum Ziel, von der Rohstoffmobilisierung über die stetige Analyse und Bewertung der aktuellen Nutzung bis hin zur Nachhaltigkeitsbewertung für die stofflich-energetischen Anwendungsfelder, in enger Abstimmung mit den technischen Bereichen des DBFZ Konzepte für eine smarte Bioenergienutzung weiter zu entwickeln.

BoxB: Das Smart Bioenergy Konzept

Smart Bioenergy umfasst die Weiterentwicklung von modernen Biomassenutzungssystemen hin zu integrierten Systemen, die im optimierten Zusammenspiel mit verschiedenen erneuerbaren Energiequellen einerseits und der gekoppelten stofflich-energetischen Nutzung im Rahmen der Bioökonomie andererseits bestehen. Vorausgesetzt werden veränderte Konsummuster, Energieeinsparung und ein steigender Nachhaltigkeitsanspruch mit sich wandelnden Zielgrößen. Damit liefert das Konzept einen wichtigen Beitrag für eine zukünftige nachhaltige Energieversorgung.