

Foresight-Prozess – Im Auftrag des BMBF

Bericht

Zukunftsfelder neuen Zuschnitts

Auszug

ProduzierenKonsumieren2.0

ProduzierenKonsumieren2.0

Das Zukunftsfeld ProduzierenKonsumieren2.0¹ zielt auf langfristig zukunftsfähige Paradigmen von »Produzieren und Konsumieren«. Es erforscht damit neue Wege zur bedarfsgerechten Leistungserstellung bei veränderten globalen Rahmenbedingungen. Gleichzeitig adressiert es eine der größten Herausforderungen der Zukunft: den Erhalt der für den Menschen lebenswichtigen Ökosphäre.

Im Mittelpunkt der Forschung stehen zukunftsfähige Muster industriegesellschaftlicher Stoffumsätze. Etablierte Forschungsstränge aus Produktionsforschung, Dienstleistungsforschung, Umweltforschung, Biotechnologie und Materialwissenschaften arbeiten alle mit hoher Dynamik an Aspekten dieser Thematik. Sie können jedoch den notwendigen systemischen Wandel des Gesamtgefüges alleine nicht adäquat thematisieren.

Das Zukunftsfeld entwickelt daher Methoden und Konzepte, die es erlauben, diese Stränge zusammenzuführen und Muster von Stoffströmen in Produktion und Konsum integriert zu analysieren. Dazu werden existierende Konzepte aus der Nachhaltigkeits- und Innovationsforschung weiterentwickelt und auf konkret anstehende Pfadwechsel wie etwa die Generierung hochkonsistenter Kreislaufwirtschaftskonzepte² angewandt.

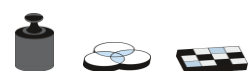
Auf diese Weise können neue Muster industriegesellschaftlicher Stoffumsätze entwickelt werden, die zentrale gesellschaftliche Bedarfssfelder in deutlich nachhaltigerer Weise adressieren. Transformative Innovationen, die technologische und organisatorische Lösungen auf neue Weise verknüpfen, erschließen den Wandel zu solchen Mustern.

1.1 Das Zukunftsfeld

Forschung im Zukunftsfeld ProduzierenKonsumieren2.0 richtet sich auf langfristig zukunftsfähige Paradigmen von »Produzieren und Konsumieren«. Die zentrale Herausforderung an die Forschung ist dabei die Generierung zukunftsfähiger Muster für industriegesellschaftliche Stoffumsätze. Anstatt auf die Optimierung einzelner Elemente in Wertschöpfungsprozessen richtet sich der Blick von

¹ 2.0 steht für »neue Generation«.

² Zum Beispiel das »cradle2cradle«-Prinzip: Ein Modell für industrielle Prozesse, in dem alle Materialien in geschlossenen biologischen oder technischen Kreisläufen fließen. »Abfälle« existieren in diesem Sinne nicht, d. h. »Abfall« ist – wie in der Natur – gleichbedeutend mit »Nahrung«; vgl. Braungart et al. (2007).



ProduzierenKonsumieren2.0 auf den systemischen Wandel des Gesamtgefüges, wie er zunehmend von Akteuren aus Politik, Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft gefordert wird, um die nötige drastische Reduktion des ökologischen Fußabdrucks menschlichen Wirtschaftens zu erreichen.³ Es werden dezidierte Methoden und Konzepte zur integrierten Betrachtung von Forschungssträngen aus Produktions-, Umwelt- und Dienstleistungsforschung entwickelt und angewandt.

Motivation

Wie alle Zukunftsfelder neuen Zuschnitts des BMBF-Foresight-Prozesses ist ProduzierenKonsumieren2.0 sowohl aus der Dynamik existierender Zukunftsfelder heraus als auch aus der Analyse zukünftiger Anforderungen motiviert. Die Generierung zukunftsfähiger Stoffumsätze und grundlegender Paradigmenwechsel in Produktion und Konsum wurde im Rahmen des BMBF-Foresight-Prozesses sowohl in der Produktions- als auch in der Umweltforschung als maßgebliche langfristrelevante Forschungsfrage herausgestellt. Lösungsbeiträgen aus mehreren Zukunftsfeldern wie der Biotechnologie, der Nanotechnologie und der Materialwissenschaft wurde ein hoher Stellenwert beigemessen (vgl. Tabelle 1).

Energie und Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion
Herausragendes Zukunftsthema im Zukunftsfeld Industrielle Produktion mit Schwerpunkt auf Schließung von Stoffkreisläufen

Management globaler Wertschöpfungsnetze
Zukunftsthema hoher Relevanz im Zukunftsfeld Industrielle Produktion

Paradigmenwechsel personalisierte Produktion z. B. durch generative Verfahren
Langfristrelevantes Thema im Zukunftsfeld Industrielle Produktion

Biomassebasierte und nachhaltige biotechnische Produktion
Zukunftsthema im Zukunftsfeld Biotechnologie

Molekulare Biologische Produktion
Zukunftsthema im Zukunftsfeld Biotechnologie

Biodegenerative Materialien
Zukunftsthema im Zukunftsfeld Materialien

Hybride Wertschöpfung
Zukunftsthema im Bereich Dienstleistungsforschung

Biobasierte Produktion
Zukunftsthema im Zukunftsfeld Biotechnologie

³ Vgl. etwa das 2007 erstellte Potsdam Memorandum der Nobelpreisträger für eine »Große Transformation« <http://www.nobel-cause.de/potsdam-memorandumger> sowie BMU (2008).



Energieeffiziente Anwendungstechniken Forschungsgebiet herausragender Relevanz im Zukunftsfeld Energie
Energieeffizientes Verhalten Langfristrelevantes Zukunftsthema im Zukunftsfeld Energie

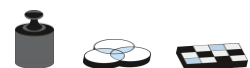
Tabelle 1: Aspekte von Stoffstrommustern in den Foresight-Ergebnissen

Dieses Ergebnis des Foresight-Prozesses entspricht den Erkenntnissen der Klima- und Nachhaltigkeitsforschung. Dort gilt als erwiesen, dass die massive Reduktion des ökologischen Fußabdrucks bei der Erfüllung gesellschaftlicher Grundfunktionen, die erforderlich ist, um die Ökosphäre und ihre für den Menschen lebenswichtigen Dienstleistungen zu erhalten, nur durch grundlegende Neuordnungen der bestehenden Produktions- und Konsummuster zu erbringen ist (Liedtke und Kuhndt 2009, Tukker und Butter 2005, BMU 2008). Die notwendigen Größenordnungen an »Impact«-Reduktion sind weder durch neue Umwelt- oder Energietechnologien noch durch verändertes Verhalten der Verbraucher, sondern nur durch Systeminnovationen der industriegesellschaftlichen Stoffumsätze zu erreichen (vgl. Abbildung 1). Solche »transformativen Innovationen«⁴ bestehender Stoffumsatzmuster wie etwa der Übergang zu avancierten Kreislaufwirtschaftskonzepten oder zu kohlenstoffneutralem Wirtschaften beinhalten eine Vielzahl organisatorischer und technischer Innovationen und vor allem ihre neuartige Verknüpfung.

Diese Veränderungen spielen sich jedoch nicht bei konstanten Rahmenbedingungen ab. Eine Reihe relevanter globaler Rahmenbedingungen von Produktion und Konsum befinden sich ebenfalls im Fluss. Entwicklungen wie die globale Neuverortung von Produktion und Märkten, das Aufkommen einer lernintensiven Gesellschaft, neue Anforderungen durch veränderte Lebensstile und Werte sowie neue technologische Optionen aus Technologiefeldern wie der Informations- und Kommunikationstechnologie kennzeichnen den Hintergrund, vor dem sich erfolgreiche transformative Nachhaltigkeitsinnovationen bewegen werden müssen.

Somit ist die proaktive Generierung neuer Formen industriegesellschaftlicher Stoffumsätze einerseits von hohem Problemdruck getrieben. Gleichzeitig bieten sich jedoch durch die Öffnung zahlreicher Rahmenparameter weitreichende Chancen für tiefgreifende Innovationen, die zentrale Leitmärkte der Zukunft erschließen und gesellschaftlichen Bedarf in neuer Qualität erfüllen können.

⁴ Transformative Innovationen generieren grundlegend neue Arten eine Funktion zu erfüllen. Dabei können sowohl technologische als auch organisatorische Elemente im Vordergrund der Neuerung stehen. Vgl. etwa Steward (2008).



1.2 Ausgangssituation im Zukunftsfeld heute (2009)

Deutschland ist in einer günstigen Stellung, die »Apollo-Mission« einer Neuordnung industriegesellschaftlicher Stoffumsätze anzugehen und damit die oben geschilderten Chancen zu erschließen. Der Aufbau des Zukunftsfeldes kann an eine Reihe von Aktivitäten anknüpfen:

- Strategische Plattformen wie Hightech Strategie, Masterplan Umwelttechnologien⁵, Nachhaltigkeitsstrategie⁶ und das BMBF Forum für Nachhaltigkeit (FONA) bieten exzellente Anschlussmöglichkeiten für das Zukunftsfeld.
- Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsstränge in Umweltforschung, Produktionssystemen, Materialwissenschaften, Biotechnologie und Dienstleistungsforschung adressieren Aspekte der oben geschilderten Herausforderungen. In vielen der beteiligten Technologiefelder ist Deutschland herausragend positioniert.
- Unter dem Dach der sozial-ökologischen Forschung (SÖF) werden Fragestellungen nachhaltiger Konsummuster intensiv und vielfältig thematisiert.
- Sozialwissenschaften, Innovationsforschung und Wirtschaftswissenschaften stellen zunehmend Konzepte zur Analyse von Ko-Evolutionsprozessen von Wirtschaft, Technik und Gesellschaft zur Verfügung.
- Weltweit anerkannte Institute wie das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie oder das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) arbeiten an integrierten Konzepten nachhaltigen Wirtschaftens.
- Im Rahmen der »Industrial Ecology«⁷ befinden sich avancierte Ansätze zur ganzheitlichen Untersuchung von Stoffumsatzmustern in der Entwicklung.

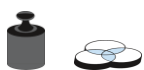
Keines der heute existierenden Forschungsfelder kann jedoch alleine die benötigte ganzheitliche Perspektive auf das Zusammenspiel sozio-technischer Innovationen für zukunftsfähige Stoffumsatzregimes generieren.

So kann etwa der ausschließliche Fokus auf Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion den Blick auf neue Paradigmen mit deutlich größerem Entlastungspotenzial durch bessere Konsistenz mit natürlichen Prozessen gerade verstellen (etwa Braungart et al. 2007; Huber 2000). In ähnlicher Weise kann die Konzentration auf die Reduktion von Energieressourcen und Klimagasen zu

⁵ <http://www.bmbf.de/de/13176.php>.

⁶ http://www.bmu.de/nachhaltige_entwicklung/stategie_und_umsetzung/nachhaltigkeitsstrategie/doc/38935.php.

⁷ Für einen aktuellen Überblick vgl. v. Gleich und Gößling-Reisemann (2008).



umfangreichen negativen »Rebound«-Effekten⁸ führen (Liedke und Kuhndt 2009, S. 8). Ebenso kann ein »End-of-pipe«-Einsatz von Umwelttechnologien Chancen einer deutlich höheren Reduktion des Fußabdrucks etwa durch Dematerialisierung der Funktionserfüllung über neue Geschäftsmodelle verbauen.

Nur eine eigenständige systemische Perspektive, so die Diagnose des Foresight-Prozesses, kann die benötigten transformativen Innovationen mit der erforderlichen »Impact«-Reduktion hervorbringen, indem sie Elemente dieser heute weitgehend voneinander unabhängig operierenden Forschungsrichtungen systematisch integriert und im Hinblick auf transformatives Innovationspotenzial für zukunftsfähige Stoffumsätze untersucht. Hier setzt die Forschungsperspektive ProduzierenKonsumieren2.0 an.

1.3 Langfristperspektive des Zukunftsfeldes

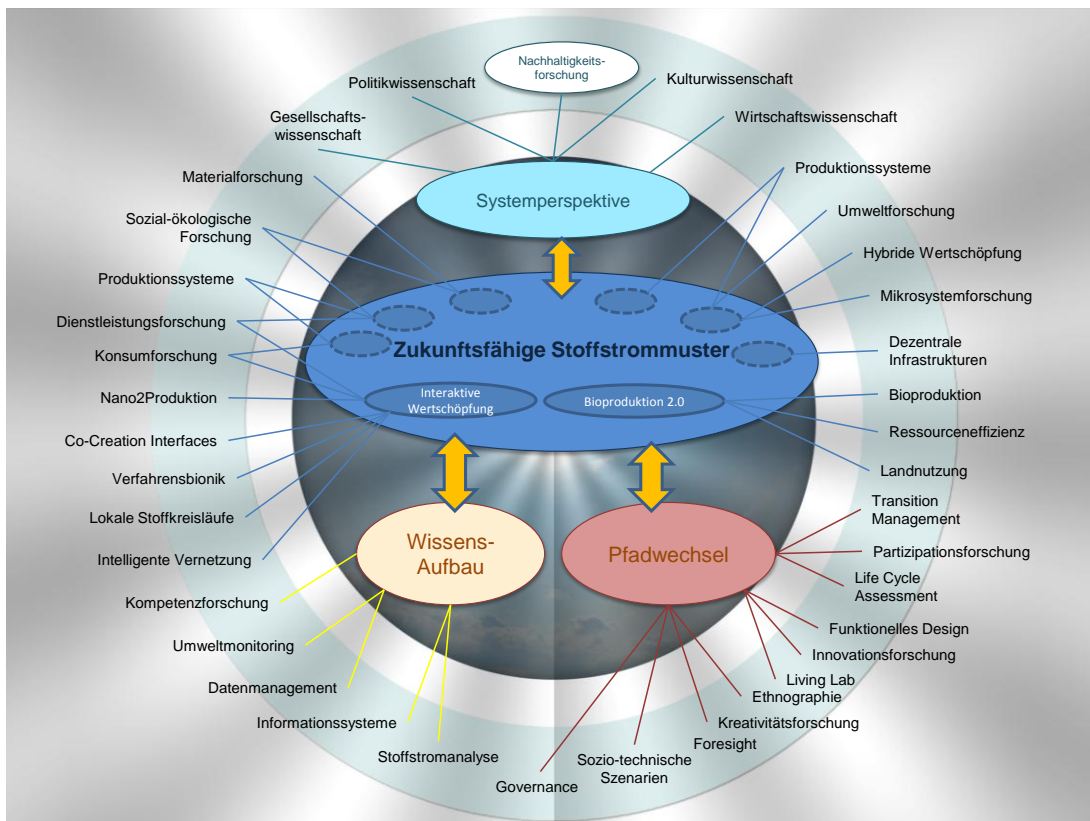


Abbildung 1: Mögliche Struktur des Zukunftsfeldes

⁸ Bumerang-Effekte.

Dazu sind dezidierte Konzepte und Methoden erforderlich: Die Ansätze aus der Nachhaltigkeitsforschung und speziell der »Industrial Ecology« zur Erforschung von Stoffumsätzen müssen weiterentwickelt und mit den technologischen und sozialwissenschaftlichen Forschungssträngen verknüpft werden, um eine fachübergreifende **Systemperspektive** zu generieren. Des Weiteren braucht es Methoden, um nicht nur die neuen Muster selbst, sondern auch **Pfadwechsel** ausloten zu können. Schließlich ist die Verankerung von **Wissen** und Kompetenzen im Innovationssystem ein wichtiger Bestandteil des Zukunftsfeldes. In Abbildung 1 ist eine mögliche zukünftige Struktur des Zukunftsfeldes mit diesen Elementen skizziert. Deutlich wird die enge Interaktion der vier Themen-schwerpunkte.

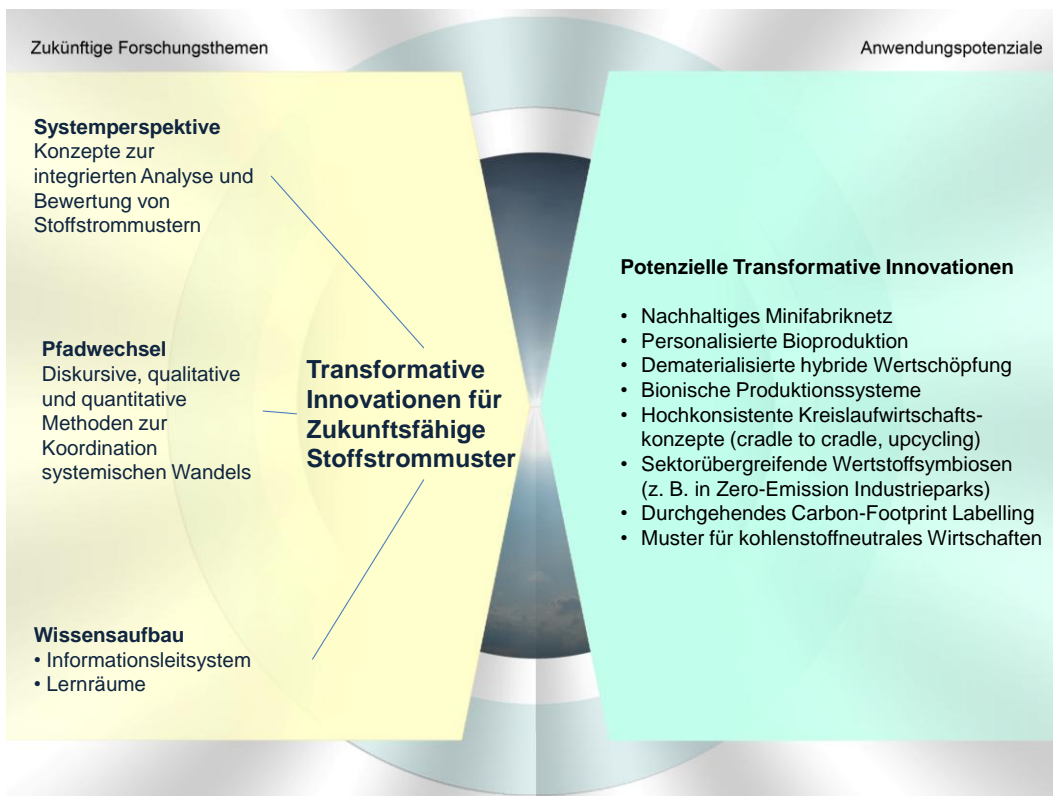


Abbildung 2: Zukünftige Forschungsthemen und Anwendungspotenziale im Zukunftsfeld »ProduzierenKonsumieren2.0«

In Abbildung 2 sind einige Innovationen, die aus dem so aufgestellten Forschungsfeld hervorgehen könnten, angeordnet. Dabei handelt es sich nicht um einzelne Produkte oder Technologien, sondern stets um integrierte Konzepte, die auch Geschäftsmodelle, Organisationskonzepte und Transformationspfade umfassen.

Im Folgenden werden die vier potenziellen Forschungsbereiche umrissen.



Themenschwerpunkt Zukunftsfähige Stoffumsatzmuster

Im Zentrum des Zukunftsfeldes steht die transdisziplinäre, systemische Erforschung zukunftsfähiger Muster von Produzieren und Konsumieren und möglicher Entwicklungspfade zu diesen Mustern. Hier werden avancierte Konzepte aus Wissenschaft und Technologie, die auf dem äußeren Kreis in Abbildung 1 aufgetragen sind, systematisch zusammengeführt, um zukunftsfähige Konfigurationen auszuloten. Maßgebliche Beiträge sind insbesondere von der Produktionsforschung, der Dienstleistungsforschung und der Nachhaltigkeitsforschung sowie der sozialökologischen Forschung zu erwarten. Daneben steuern jedoch auch Felder wie Biotechnologie, Infrastrukturtechnologie, Materialforschung, Nanotechnologie und Informations- und Kommunikationstechnologie zentrale Forschungsperspektiven bei.

Um die Komplexität der Wechselwirkungen zwischen den Technologiefeldern handhabbar zu machen, scheint es aus unserer Sicht sinnvoll, die Forschung zunächst dort zu konzentrieren, wo sich ein hohes Synergiepotenzial oder eine zukunftskritische Pfadverzweigung für Muster von Produktion und Konsum und damit für industriegesellschaftliche Stoffstromumsätze abzeichnet. Für diese ausgewählten »Brennpunkte« werden die Technologiefelder gezielt zusammengeführt und integrierte Entwicklungspfade generiert und bewertet. Die Brennpunkte werden erst nach und nach – etwa durch ein fachübergreifendes Akteurspanel – identifiziert.

In der nachfolgenden Aufzählung sind einige mögliche Musterwechsel zusammengestellt, die auf diese Weise untersucht werden könnten. In den folgenden Abschnitten werden zwei konkrete Beispiele ausgeführt.

Beispiele für mögliche Musterwechsel von Stoffstromumsätzen

- Nutzungszentrierte Geschäftsmodelle (z. B. »value for use«)
- Hybride Wertschöpfung⁹
- Kohlenstoffneutrales Wirtschaften¹⁰
- »Green Chemistry« (vgl. Gesellschaft Deutscher Chemiker 2003)
- Dematerialisierte Wertschöpfung
- Interaktive Wertschöpfung¹¹

⁹ Systematische Integration von Produkt und Dienstleistung in Leistungspaketen (vgl. Ernst 2005).

¹⁰ Auch »Post-Carbon Economy«, z. B. Wasserstoffwirtschaft (vgl. etwa Schellnhuber und Pietsch 2008).

¹¹ Wertschöpfung mit hohem Eigenanteil von Kunden/Nutzern (vgl. Reichwald et al. 2006).



- Bionische Verfahrenskonzepte (z. B. Kaskadenmodelle)
- Personalisierte Wertschöpfungsketten mit Bioraffinerien der zweiten Generation (vgl. Zukunftsfeld Biotechnologie)
- Sektorübergreifende Wertstoffsymbiosen (z. B. Zero-Emission Industrieparks)

Beispiel 1: Zukunftsfähiges Stoffstrommuster – Personalisierte Bioproduktion

Bioraffinerien der zweiten Generation ermöglichen die Erzeugung von einsatzfähigen Materialien aus pflanzlichen Rohstoffen. Dies erlaubt perspektivisch eine »on site« Rohstoffproduktion aus lokal vorhandenen Rohstoffen. Dies könnte es ermöglichen, kostengünstig und flexibel eine Vielzahl von Materialien zu generieren, die gleichzeitig in hohem Maße kreislaufwirtschaftlichen Prozessen und Nachhaltigkeitskriterien (z. B. deutlich geringerer Energieverbrauch durch niedrige Prozesstemperaturen) entsprechen.

Für eine Zeitperspektive 2020+, in der eine deutlich strengere Umweltgesetzgebung und hohe Anforderungen an »grüne« Produkte mit hoher Wahrscheinlichkeit die Rahmenbedingungen der industriellen Produktion maßgeblich bestimmen werden, sind dies bedeutende Vorteile. Zudem entfallen möglicherweise weite Transportwege und komplexe Logistikkonzepte, da die Materialien vor Ort entstehen. Auch dies kann bei sich verschärfender globaler Sicherheitslage, die heute selbstverständliche Transportwege und Rohstoffversorgung in Frage stellen wird, sowie steigenden Energiekosten in diesem Zeithorizont ein gewichtiges Kriterium darstellen. Zudem könnte die lokale Verankerung der Rohstoffe Teil eines regional orientierten Geschäftsmodells sein.

Andererseits wird in dieser Zeitperspektive die Forderung nach personalisierten Produkten, die einer Vielzahl von Nutzungsbedingungen gerecht werden, womöglich noch stärker ausgeprägt sein als heute. Technologien wie die intelligente agile Produktion individueller Produkte und Konzepte der »extremen Personalisierung« könnten breite Anwendung gefunden haben. Viele Produktionssysteme werden mit in-situ Qualitätskontrolle, voller Echtzeitsimulation und mit hohem Automatisierungsgrad und hoher »Selbststeuerung« eingebunden in weltweite Netzwerke operieren. Möglicherweise werden bei vielen Produkten bis zum letzten Moment individuelle Wünsche von Kunden berücksichtigt werden können. Beide technologische Entwicklungen, Bioproduktion und Personalisierung, reagieren auf heute wahrgenommene Bedarfsentwicklungen.

Um jedoch die Potenziale beider Forschungsstränge voll ausnutzen zu können, bedarf es eines integrierten Entwicklungspfad. Werden biotechnologische Produktionsverfahren lediglich nachträglich an extrem personalisierte Produktionsinseln angehängt, bleiben die Vorteile gering. Kommt jedoch statt einer Op-



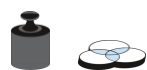
timierung des bestehenden Paradigmas eine integrierte transformative Innovation zur »personalisierten Bioproduktion« in den Blick, erschließen sich Potenziale an Zukunftsfähigkeit in neuen Dimensionen. Gleichzeitig ergeben sich jedoch zahlreiche Herausforderungen für Forschung und Technologie. Wie kann in-situ Qualitätssicherung mit biotechnologisch erzeugten Materialien einhergehen? Welche Sensorik wird gebraucht? Was ist die optimale Form der »Materialübergabe«, welche Schritte können innerhalb der Raffinerie, welche innerhalb des Fertigungssystems oder welche gar »auf dem Feld« stattfinden? Können diese Materialien in der nötigen Vielfalt zur Verfügung gestellt werden, kann die Personalisierung sich auf die Materialproduktion erstrecken? Wie kann mit den natürlichen Schwankungen in der Beschaffenheit der Rohstoffe umgegangen werden? Welche Geschäftsmodelle sind für eine solche Erweiterung denkbar? Wie kann die Bioraffinerie in die Echtzeitsimulation und -steuerung eingebunden werden?

Solche Fragestellungen müssten vom entsprechenden Forschungsprojekt erst identifiziert und dann angegangen werden. Dabei müssten Bewertungsmethoden zur Nachhaltigkeit verschiedener Konzepte unter Einbezug einer globalen Perspektive zum Einsatz kommen. Parallel könnte eine Pilotanlage Bioproduktion2.0 als Lernraum nicht nur für Forschung und Technologie, sondern auch für Akteure wie Anlagenbetreiber, regionale Behörden, Verbraucherverbände sowie Ver- und Entsorger dienen.

Beispiel 2: Zukunftsfähiges Stoffstrommuster – Nachhaltiges Minifabriknetz

Miniaturisierung ist in der Produktion seit vielen Jahren eine zentrale Forschungsperspektive. Zum einen geht es dabei um die Fertigung immer kleinerer und höher integrierter Mikrosysteme. Gleichzeitig gerät aber auch die Miniaturisierung der Produktionseinheiten selbst zunehmend in den Blick. Minifabriken sind dabei weniger für »winzige Produkte« als vielmehr für die Vor-Ort-Produktion maßgeschneiderter Einzelprodukte gedacht (vgl. Reinhart et al. 2000). Im Extremfall können sie beim Kunden selbst (z. B. zur Ersatzteilproduktion), in der Fabrik oder gar im häuslichen Umfeld, in der Form von 3D-Druckern, zum Einsatz kommen.

Die Vision eines Netzwerkes von Minifabriken als Alternative zur zentralisierten Massenproduktion wiederum stellt erhebliche technologische und organisatorische Herausforderungen. So fehlen etwa Designkonzepte für die hoch individualisierte verteilte Produktion. Zudem werden geeignete Kundenschnittstellen benötigt, in denen die individuellen Anforderungen erfasst und in umsetzbare Produktionsanweisungen übersetzt werden. Auch dieses Konzept antwortet auf heute vermutete Zukunftsherausforderungen, allen voran die Diversifizierung der Lebensstile, aber auch auf einen zunehmenden Bedarf nach kreativer



Teilhabe an der Erzeugung von Produkten als Teil der Identitätsformung. Dies wiederum impliziert zum einen neue Verschränkungen von Produktion und Dienstleistungen mit neuen Anforderungen an Organisation und Technologien etwa in Richtung kreative Dienstleistungen, zum anderen ein erheblich erweitertes Spektrum produktbegleitender Dienstleistungen mit hybriden Geschäftsmodellen, die Produkt und Dienstleistungen neu integrieren.

Zugleich ist jedoch völlig unklar, was der Wechsel zu solchen Paradigmen von Wertschöpfung für die ökologische Nachhaltigkeit bedeutet. Einerseits bestehen hohe Potenziale durch eingesparte Wege und Vermeidung von Überschussproduktion. Andererseits kann sich Energie- und Ressourcenverbrauch sowie Schadstoffeintrag in die Umwelt durch unkontrollierte verteilte Produktionskonzepte erhöhen. Hier hängt viel davon ab, dass frühzeitig die Weichen auf »nachhaltig« gestellt werden. Zahlreiche Forschungsfragen ergeben sich sowohl im technologischen Bereich – etwa Infrastrukturen für verteilte Minifabriken, Equipment für semi-virtuelle Ko-Kreationsräume, geeignete Materialien – als auch bei den Dienstleistungs- und Produktionskonzepten.

Gleichzeitig spielt hier Wissen über mögliche menschliche Verhaltensmuster, wie sie etwa die Umweltpsychologie oder die sozialökologische Forschung, aber auch die ethnografische Forschung und die Kulturwissenschaften aufweisen, eine große Rolle. Welche Ausprägungen verteilter Wertschöpfung sind denkbar und zukunftsfähig? Das sind Fragen, die nur durch neue Bewertungsverfahren und kreative Methoden beantwortet werden können.

Auch hier sind wieder Lernräume für Akteure und Methoden vonnöten, um diese Lernräume zu gestalten. Denkbar wäre etwa ein »living lab« für verschiedene Ko-Kreationsräume mit angeschlossenen Minifabriken. Unverzichtbar sind dabei ganzheitliche Bewertungsverfahren des ökologischen Fußabdrucks der generierten Konzepte. Nur diejenigen Verfahren mit deutlicher Reduktion werden auch in Zeiten stark ausgeprägten Klimawandels zukunftsfähig sein. Dabei wird für das ökointelligente Minifabriknetz auch eine soziale Komponente von Nachhaltigkeit zu untersuchen sein – so verknüpfen sich mit der weltweiten Neuordnung von Rollen und Orten von Wertschöpfungselementen sowohl Hoffnungen als auch Befürchtungen, was die Ansiedlung neuer hochqualifizierter Produktionsarbeitsplätze anbelangt.

Themenschwerpunkt Systemperspektive

Die Generierung zukunftsfähiger Muster und entsprechender transformativer Innovationen kann nicht unmittelbar mit »Bordmitteln« der beteiligten Disziplinen geleistet werden. Es bedarf dazu neuer Forschungsmethoden, die die Integration der heterogenen Wissensbestände und Forschungsstränge sowie die Identifikation möglicher Paradigmenwechsel erlauben. Forschung zu zukunfts-



fähigen Stoffstromumsätzen muss zudem konsistent in umfassende global orientierte Konzepte nachhaltiger Wirtschaftsformen eingebunden sein. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Teilsysteme auf Kosten der Nachhaltigkeit des Gesamtsystems optimiert werden. Ganzheitliche Bewertungsverfahren werden zur Abwägung der Zukunftsfähigkeit möglicher Formationen benötigt, um eine einseitige Fokussierung zu vermeiden und das Ausbalancieren zwischen konfligierenden Zielen zu unterstützen.

In dem Themenschwerpunkt »Systemperspektive« werden daher dezidierte qualitative, quantitative und diskursive Methoden zur Erforschung und Bewertung systemischen Wandels von Stoffstrommustern entwickelt. Er wird maßgeblich von der Nachhaltigkeitsforschung und insbesondere der »Industrial Ecology« (v. Gleich, Gößling-Reisemann 2008) gespeist. Deren Konzepte werden unter Einbeziehung anderer Disziplinen wie Umweltökonomie, Innovationsforschung, Komplexitätsforschung und Systemdesign weiterzuentwickeln sein.

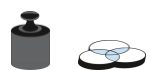
Beispiele Methoden und Konzepte Systemperspektive

- Innovationslebenszyklusanalyse, Produktlebenszyklusanalyse
- MIPS (MIPS: Material Input je Einheit Nutzen. Schmidt-Bleek 1993), Carbon-Fußabdruck, Faktor 10-Analyse
- Ökoeffektivität
- Konsistenzanalyse
- Sozio-technische Szenariobildung
- Umweltökonomische Modellierung
- Innovationssystemdynamik (Ko-Evolution, Multi-Level-Konzept) (Geels et al. 2007)

Themenschwerpunkt Pfadwechsel

Dieser Themenschwerpunkt untersucht Wege zur Moderation des Wandels hin zu den als zukunftsfähig identifizierten Mustern und Pfaden.

Innovationsprozesse entstehen in der Interaktion der beteiligten Akteure. Daher ist eine Integration technischer, soziologischer, pädagogischer und psychologischer Bewertungs- und Entwicklungsmethoden erforderlich, um Systemwandel an Schnittstellen zu verstehen und herbeizuführen. Dabei sollten vor allem auch Potenziale aus Disziplinen außerhalb der bisher mit Nachhaltigkeitstransformation beschäftigten – wie Design, Marktforschung, Ethnographie, Kulturwissenschaften, Verhaltensforschung, Innovationsmanagement, Governanceforschung, Interaktionsforschung und Kreativitätsforschung – erschlossen wer-



den. Insbesondere diskursive Methoden zur Moderation von Akteursdiskursen etwa aus dem Bereich des Transition-Management (Rotmans und Kemp 2005) könnten hier aufgegriffen werden.

Themenschwerpunkt System-Wissen und Kompetenz

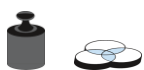
Schließlich ist ein systematischer Aufbau von Systemwissen und Kompetenz notwendig. Hierunter fällt zum einen die Entwicklung eines Informationsleitsystems, in dem mikro- und makrowirtschaftliche Daten zur Bewertung von Wertschöpfungsnetzen erhoben, zusammengeführt und den Akteuren des Innovationssystems zugänglich gemacht werden. Zum anderen umfasst dieser Bereich die Etablierung geteilter Lernräume zu transformativen Innovationsprozessen für relevante Akteure des Innovationssystems. Dies beinhaltet weit mehr als nur die reine Umsetzung der in dem Kernbereich generierten Lösungskonfigurationen. Vielmehr ist die Frage, wie Innovationssysteme auf allen Ebenen die Lernprozesse etablieren können, die für transformative Innovationen benötigt werden. Diese Frage ist als eigenständiges Forschungsfeld zu verstehen. Hier werden Kompetenz- und Bildungsforschung zentrale Beiträge leisten. Daneben werden auch Governance-Instrumente wie Foresight und partizipative Technikbewertung, ebenso wie »Living Labs«, Ethnographie und Ansätze aus dem Bereich von »Open Innovation« und Nutzerinnovation einfließen. Akteuren des Innovationssystems insbesondere aus Unternehmen, Bildungseinrichtungen, Verbänden und gesellschaftlichen Initiativen werden aktive Rollen zukommen.

1.4 Warum ist das Zukunftsfeld relevant?

Die Etablierung nachhaltiger Wirtschaftsweisen stellt **die** zentrale globale Herausforderung der Zukunft dar. Die zum Erhalt der lebensnotwendigen Ökosphäre notwendige drastische Reduktion des ökologischen Fußabdrucks menschlichen Wirtschaftens ist nur durch Systeminnovationen der Stoffumsatzmuster zu erreichen (vgl. Abbildung 3).

Transformative Innovationen zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks von Produzieren und Konsumieren werden die Leitmärkte der Zukunft bestimmen.¹² Mit dem Einstieg in die Forschungsperspektive von ProduzierenKonsumieren2.0 kann sich Deutschland auch über 15 Jahre hinaus eine führende Stellung in bedeutenden Innovationsfeldern der Zukunft sichern. Das Zukunftsfeld führt damit Ziele und Ansätze aus Hightech-Strategie und Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung zusammen.

¹² »Die Nachfrage der Weltwirtschaft wird sich gerade in schwierigen Zeiten auf die dringendsten Bedarfsfelder ausrichten.« BMBF Forschung und Innovation für Deutschland. Bilanz und Perspektive, S. 4.



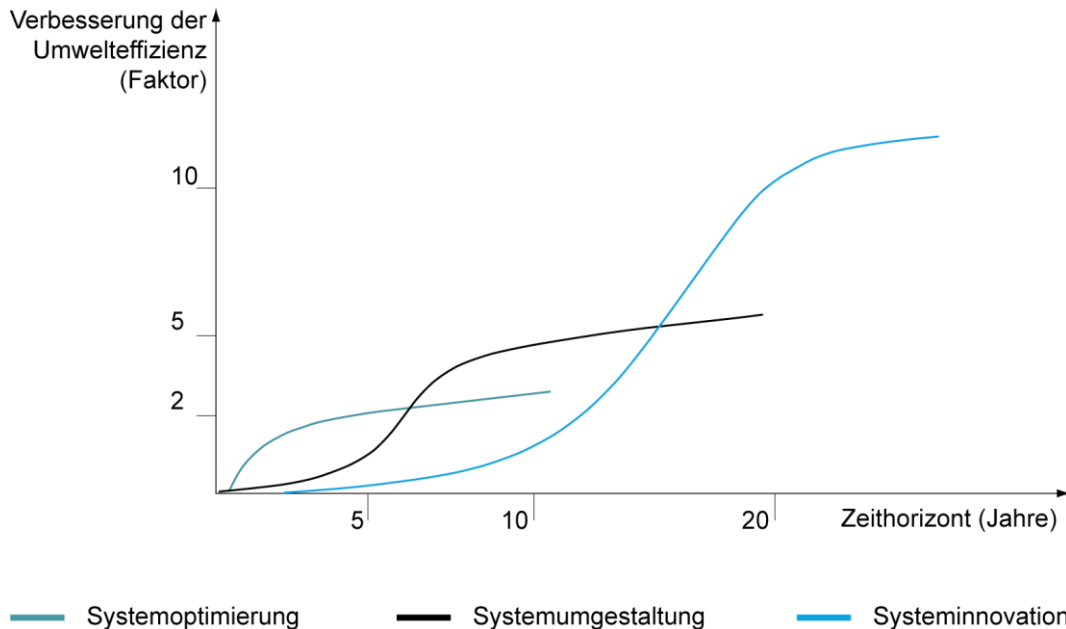


Abbildung 3: Effizienzsteigerung durch Systeminnovation (aus Tukker und Butter 2005)

Die Forschungsperspektive ProduzierenKonsumieren2.0 ist von außerordentlicher Relevanz für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands und die Lebensqualität der Bürgerinnen und Bürger und hat erhebliche Ausstrahlkraft in zahlreiche Forschungs- und Technologiefelder.

1.5 Akteure im Innovationssystem heute

Wie schon im letzten Abschnitt angedeutet, bestehen in Deutschland stark ausgeprägte Forschungszusammenhänge in allen für das Zukunftsfeld relevanten Einzelbereichen. Um jedoch die Schnittmenge zu erschließen, müssen, wie im vorherigen Abschnitt für jeden Themenschwerpunkt umrissen, zunächst die Basisfelder, aber dann auch ganz neue Disziplinen einbezogen werden. Tabelle 6 bietet die Zusammenstellung einer Auswahl heutiger Akteure aus der Forschungslandschaft, die aus ihrer jeweiligen Perspektive heraus Aspekte des Zukunftsfeldes beforschen und damit eine hohe Anschlussfähigkeit zu dem Zukunftsfeld aufweisen.

Akteure ProduzierenKonsumieren2.0

- Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam (in der Gründung) (quer)
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (quer)
- UNEP/ Wuppertal Institute Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP) (quer)
- Forschungszentrum Nachhaltigkeit Universität Bremen (ARTEC) (quer)
- Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), Technische Universität München (Muster (Produktion))
- Technische Universität Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Abteilung Produkt- und Life-Cycle-Management, Lehrstuhl Produktion und Logistik, Arbeitsgruppe Wertschöpfungsnetzwerke (Muster (Produktion))
- DFG-Exzellenzcluster der RWTH Aachen: »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« Schwerpunkte Individualisierung, die



<ul style="list-style-type: none"> - Lehrstuhl für Umweltmanagement Universität Hohenheim, Prof. Schulz (Muster (Umwelt)) - Universität Bremen, Fachbereich Produktionstechnik, Fachgebiet Technikgestaltung und Technologieentwicklung, Prof. Dr. Arnim von Gleich (quer, Industrial Ecology) - IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, Berlin (System) - Ecologic – Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik gGmbH, Berlin (System) - Öko-Institut für angewandte Ökologie e. V., Freiburg (System) - econcept – Agentur für Nachhaltiges Design, Köln (System) - Technische Universität Berlin, Zentrum Technik und Gesellschaft (ZTG) (System) - Lehrstuhl für Ökologische Ökonomie, Universität Oldenburg, Fakultät Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Oldenburg (System) - Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) (System) - Technische Universität Darmstadt, IANUS (Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit) (System) - Professur für Nachhaltigkeitsmanagement an der Universität Lüneburg. Centre for Sustainability Management, Prof. Dr. Stefan Schaltegger (System) - Deutsche Materialeffizienzagentur VDI/ VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin. (System) - Universität Kaiserslautern, Fachbereich Volkswirtschaftslehre, insbesondere Wirtschaftspolitik und internationale Wirtschaftsbeziehungen, Prof. Dr. Michael von Hauff (System (Ökonomie)) - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) GmbH, Berlin (Pfadwechsel, System) - DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH (Stuttgart) (Pfadwechsel (Diskursive/Partizipative Verfahren)) - Kulturwissenschaftliches Institut Essen, Responsibility Research (Pfadwechsel) - Universität Lüneburg, Institut für Umweltkommunikation (Pfadwechsel) - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ) (Muster (Umwelt)) - Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Frankfurt a. M. (Muster (sozialökologische Forschung)) - Sonderforschungsbereich/ Transregio 29, Engineering hybrider Leistungsbündel – Dynamische Wechselwirkungen von Sach- und Dienstleistungen in der Produktion (Muster (Produktion, Dienstleistung)) 	<ul style="list-style-type: none"> Virtualisierung, die Hybridisierung und die Selbstoptimierung der Produktion (Muster (Produktion)) - Technology & Innovation Management Group, RWTH Aachen, Prof. Frank Piller (Muster (Produktion)) - Fraunhofer Gesellschaft Verbund Produktion insbesondere: <ul style="list-style-type: none"> - Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF Universität Stuttgart Bereich Fabrikbetrieb/ Fraunhofer IPA (Wertstromdesign, Lean Manufacturing) - Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (Umsicht) Ressourcenmanagement, Oberhausen (Muster (Produktion)) - Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung (Muster (Produktion)) - VDI Rapid Manufacturing Plattform (Muster (Produktion)) - Technische Universität Darmstadt, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen, Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele, Forschungsgruppe umweltgerechte Produktion (Muster (Produktion)) - Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktion WGP Fachgruppe Produktionsmanagement (Muster (Produktion)) - Ecosign/ Akademie für Gestaltung, Köln (Muster (Design)) - Lehrstuhl Produktion und Umwelt, Institut für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspädagogik der Universität Oldenburg, Prof. Uwe Schneidewind (Muster (Produktion)) - Münchner Projektgruppe für Sozialforschung e. V. Prof. Dr. Karl-Werner Brand, Technische Universität München, München (Muster (Gesellschaftlicher Wandel)) - Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) RWTH Aachen, Dr. Volker Stich (Muster (Dienstleistung)) - Fraunhofer IAO, Geschäftsfeld Dienstleistungs- und Personalmanagement, Stuttgart (Muster (Dienstleistung)) - Fraunhofer ISI, Geschäftsfeld Industrielle Dienstleistungen (Muster (Dienstleistung)) - Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Karlsruhe Service Research Institute, Prof. Dr. Gerhard Satzger (Muster (Dienstleistung)) - Lehrstuhl für Informationssysteme, Schwerpunkt Innovation & Value Creation an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Prof. Dr. Kathrin Möselein (Muster (Dienstleistung)) - International Business School of Service Management (ISS), Lehr- und Forschungsbiet Service Management in Hamburg, Prof. Dr. Tilo Böhmann (Muster (Dienstleistung)) - TU Harburg Technische Mikrobiologie (Life Science for future technologies) (Muster (Bioproduktion)) - Universität Hamburg, Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (Muster (Bioproduktion))
--	---

Tabelle 2: Akteure ProduzierenKonsumieren2.0

1.6 Zukunftsfähige Akteurskonstellationen

Diese Auswahl kann gleichzeitig als Ansatzpunkt für die Bildung tragfähiger Akteurskonstellationen dienen. Akteure, die sich in unmittelbarer Nähe zu dem Zukunftsfeld bewegen und mehrere Themenbereiche abdecken, sind mit »quer« bezeichnet. Bei einem Aufbau des Forschungsfeldes müssen Akteure



aus Industrie und Gesellschaft systematisch einbezogen werden. Die Identifikation der Akteure aus diesen Bereichen wäre eine prioritäre Aufgabe beim Aufbau des Zukunftsfelds.

1.7 Empfehlungen

Aufbau einer PK2.0-Forschungscommunity

Der Aufbau der Forschungsgemeinde (»Community«) ist nach Einschätzung der Themenkoordinatorinnen eine zentrale Herausforderung, da die relevanten Akteursstränge bisher nur wenige Berührungspunkte aufweisen. Eine zu frühe Forcierung kann kontraproduktiv sein. Es scheint sinnvoll, zunächst ausgewählte Akteure aus dem oben genannten Kreis einzeln nach möglichen Anknüpfungspunkten zu befragen und dann in einem nächsten Schritt mit einer Kerngruppe aus geeigneten Vertretern der verschiedenen Forschungsfelder und Organisationen einen Lenkungskreis zu bilden. Dieser könnte dann einen ersten Vorschlag für eine Forschungsagenda entwickeln. Nach und nach könnten in weiteren Runden andere Felder einbezogen werden.

Aufbau PK2.0-Innovationssystem

Ein technologisches Innovationssystem umfasst Akteure, Netzwerke und Institutionen, die eine Technologieentwicklung beeinflussen (Bergek 2008). Es erschließt Forschungsergebnisse erst, indem es diese in eine Vielzahl verteilter Lernprozesse einbindet. Der Aufbau eines PK2.0-Innovationssystems ist daher ein zentrales Handlungsfeld. In einem ersten Schritt ist ein systematisches Mapping der Komponenten vorzunehmen.

Die **Industrie** wird maßgeblicher Träger der Entwicklung und Umsetzung der PK2.0-Innovationen sein. Daher müssen Akteure aus großen und kleinen Unternehmen verschiedener Branchen früh in den Aufbau einbezogen werden. Systemische Innovation von Produktions- und Konsummustern beinhaltet sozio-technische Innovationen in allen gesellschaftlichen Bereichen. Der Kreis der zentralen Innovatoren reicht daher weit über die engere Forschungslandschaft hinaus und schließt Akteure der **Zivilgesellschaft** wie Stiftungen und Bürgerinitiativen als Promotoren sozialer und organisatorischer Innovationen (»Social Entrepreneurs«) ein. Zum dritten spielen Akteure des öffentlichen Sektors und der **Politik** eine maßgebliche Rolle.

Dieses »Triangle of Change« muss im Bereich PK2.0 erst geschaffen werden. Dazu ist der Aufbau von Kapazitäten und vertrauensvoller Beziehungen sowie die gemeinsame Entwicklung integrativer Ansätze zentral (Liedtke und Kuhndt 2009; auch Smits und Kuhlmann 2004). Die Entwicklung der nach den Erkenntnissen der Innovationsforschung für das Funktionieren technologischer



Innovationssysteme zentralen Elemente¹³ sollte beobachtet und begleitet werden. Da sich das betreffende System noch in einer sehr frühen Phase befindet, werden insbesondere geteilte Leitvorstellungen und gemeinsame Erwartungen der verschiedenen Akteure des Innovationssystems relevant sein. Hier können unserer Einschätzung nach diskursive Prozesse wie Leitbild- oder Szenariodialoge eine maßgebliche Rolle spielen.

Aus der Sicht des Projektteams wäre es sinnvoll, dass in dem PK2.0-Lenkungs-kreis so früh wie möglich maßgebliche Akteure des Innovationssystems vertreten sind.

Handlungsfeld: Internationaler Anschluss

Angesichts der Notwendigkeit einer globalen Ausrichtung der Forschung und Entwicklung in ProduzierenKonsumieren2.0 ist der Anschluss an die internationale Forschungslandschaft zentral. Es sollten daher unserer Auffassung nach-Anknüpfungspunkte an verwandte Prozesse der Community und Strategiebildung auf EU- und internationaler Ebene (OECD, UN) sondiert werden. Folgende Prozesse könnten solche Anschlussmöglichkeiten bieten:

- Strategische Aktivitäten im Themenbereich 4 des 7. Rahmenprogramms (»Nanosciences, Nanotechnologies, Materials & New Production Technologies [NMP]«), etwa im Rahmen der »Manufuture«-Plattform¹⁴
- Strategische Aktivitäten im Themenbereich 6 des 7. Rahmenprogramms (»Environment«), etwa Herausbildung eines »ERA Net« im Bereich Eco-Innovation
- EU »Sustainable Production and Consumption and Sustainable Industrial Policy Action Plan« (insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung von Kennzahlen und Indikatoren)
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)-Aktivitäten im Schwerpunkt »Ecosystems«
- UNEP Marrakech Process »Towards a Global Framework for Action on Sustainable Consumption and Production«
- Entwicklung in der internationalen Forschungsgemeinde »Industrial Ecology« (International Society for Industrial Ecology)

¹³ Knowledge development, Ressource mobilization, Market formation, influence on the direction of search, entrepreneurial experimentation. Vgl. Bergek (2008) für mögliche Vorgehensweisen. Diese sind allerdings an ein ganz neu entstehendes Innovationssystem anzupassen.

¹⁴ <http://www.manufuture.org/index.html>



- OECD-Aktivitäten im Bereich »Environment« (insbesondere zu Indikatorik und Modellierung)

Ein Weg zu einer systematischen Anknüpfung an internationale Prozesse könnte eine Einbeziehung des UNEP/ Wuppertal Institute Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP) sein, das solche Prozesse kontinuierlich beobachtet.

Handlungsfeld: »Strategic Niche Management«

ProduzierenKonsumieren2.0 zielt langfristig auf systemischen Wandel hin zu nachhaltigen Stoffstrommustern. Eine solche Transformation kann nicht plötzlich erfolgen. Stattdessen werden neue Formen von Produzieren und Konsumieren zunächst innerhalb der bestehenden Muster anzusiedeln sein.

Ein aus Sicht der Themenkoordinatorinnen geeignetes innovationspolitisches Instrument ist das »Strategic Niche Management« (vgl. Weber 2009), d. h. die Schaffung eines geschützten Raums für Lernprozesse, die zu neuen Konzepten und Technologien führen sollen. Für ProduzierenKonsumieren2.0 könnten solche Nischen speziell an zukünftig kritischen Stellen, an Brennpunkten, eingerichtet werden, die von dem erweiterten Lenkungsreis identifiziert werden. Hier sollten nicht nur Forschung und Entwicklung in den Blick gefasst werden, sondern auch Nutzungsweisen und gesellschaftliche Einbettungen. Denkbar wären Demonstratoren, Pilotanlagen, soziale Experimente und »Living Labs« zu neuen Konzepten von Produzieren und Konsumieren, wie z. B. nachhaltige Minifabriken (vgl. Beispiel 2 oben).

