

**Indikatorik von Innovationen im Kontext der
deutschen Nachhaltigkeitsstrategie -
Reflexion bisheriger Erfahrungen und Über-
legungen zur Weiterentwicklung**

**Kurzgutachten im Auftrag
des Rates für Nachhaltige Entwicklung**

Prof. Dr. Rainer Walz

**Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI**

Karlsruhe, 13.3.2016

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Einbettung des Indikators „F&E-Aufwendungen“ in die neueren Erkenntnisse der Innovationforschung und Innovationsindikatorik.....	3
2.1	Innovationsverständnis	3
2.2	Typen von Innovationsindikatoren.....	5
2.3	Stellenwert und Aussagekraft des Indikators „F&E-Ausgaben“	8
3	Der strategische Charakter von Innovation für Nachhaltigkeitsstrategien im Lichte neuerer Entwicklungen	10
3.1	Wettbewerbsfähigkeit und Leitmärkte in einer globalisierten Weltwirtschaft	10
3.2	Neue missionsorientierte Innovationspolitik	13
3.3	Öko-Innovationen und Transformation ganzer Sektoren	15
4	Überlegungen zur Weiterentwicklung der Indikatorik für Innovation im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie	20
4.1	Anforderungen an die Indikatoren	20
4.2	Indikatoren zur Messung des Niveaus an Innovationen	21
4.3	Indikatoren zur Messung der Richtung der Innovationen	23
4.3.1	F&E-Ausgaben für spezifische Innovationsziele.....	24
4.3.2	Patentindikatoren für spezifische Innovationsziele	26
4.3.3	Indikatoren zu nachhaltigkeitsrelevanten Aktivitäten und Einstellungen von Unternehmen und Konsumenten	29
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	33
6	Literatur	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einzelindikatoren des Acatech/BDI-Innovationsindikators.....	8
Tabelle 2:	Einzelindikatoren des Eco-Innovation Scoreboards	19
Tabelle 3:	Intensität staatlich finanzierter F&E-Ausgaben in Deutschland, gemessen am BIP (in Preisen von 2010)	26
Tabelle 4:	Innovationsindikatoren zu transnationalen deutschen Patenten in einer engeren und breiteren Abgrenzung von umweltrelevanten Patenten.....	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schema des rekursiven Innovationsmodells	4
Abbildung 2	Erweitertes Schema des Konzepts der Innovationssysteme	4
Abbildung 3	Klassifikation von Innovationsindikatoren.....	6
Abbildung 4:	Hauptelemente und Rangliste des Innovationsindikators von Acatech-BDI 2015.....	7
Abbildung 5:	Öko-Innovationstypen im Vergleich.....	17
Abbildung 6:	Ergebnisse aus der Befragung „Modernisierung der Produktion“ hinsichtlich Vornahme von Energie- und Materialeffizienzmaßnahmen	30

1 Einleitung

Die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie orientiert sich an den vier Leitlinien „Generationengerechtigkeit“, „Lebensqualität“, „sozialer Zusammenhalt“ und „internationale Verantwortung“, die integriert und querschnittsbezogen Herausforderungen aus dem Nachhaltigkeitszieldreieck von Wirtschaft, Soziales und Umwelt beschreiben. Ein zentrales Element des Managementkonzepts sind Schlüsselindikatoren und Ziele für 21 Indikatorenbereiche, die zur Messbarkeit und Steuerung herangezogen werden. Ein weiteres zentrales Element ist das kontinuierliche Monitoring in den Fortschrittsberichten, in denen sowohl die Zielerreichung diskutiert als auch strategische und operative Fragen des Managementkonzepts thematisiert werden. In diesem Kontext haben sowohl der Rat für Nachhaltige Entwicklung als auch der Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung eine Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsindikatoren und Ziele im Rahmen des Fortschrittsberichts 2016 angeregt.

„Innovation“ ist als eigenständiger Indikatorenbereich in der Nachhaltigkeitsstrategie aufgeführt. Der Begriff der „Innovation“ findet sich explizit auch im neunten Ziel der „Sustainable Development Goals“ (SDG) unter der Bezeichnung „Aufbau von belastbarer Infrastruktur, Förderung von inklusiver und nachhaltiger Industrialisierung und Innovation“ wieder. In der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist der Bereich „Innovation“ der Leitlinie „Generationengerechtigkeit“ zugeordnet, da er auf die Gestaltung der Zukunft mit neuen Lösungen abzielt. Sowohl im grundlegenden Dokument zur deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2002) als auch in den Fortschrittsberichten wird dabei Innovationen ein strategischer Charakter zugewiesen. Für die wirtschaftliche Dimension ist der Bereich unmittelbar zentral, um „durch Innovationen zukünftige Leitmärkte zu prägen, diese durch gesellschaftliche Veränderungen voranzutreiben, und damit materiellen, kulturellen und sozialen Wohlstand zu sichern“ (Bundesregierung 2012, S. 222). Mittelbar wird Innovationen aber auch eine zentrale Bedeutung für die stärker umweltbezogenen Themen zugeschrieben, um eine Entkopplung von Umweltverbrauch und der wirtschaftlichen Entwicklung voran zu treiben.

Gemessen wird der Bereich „Innovation“ bisher mit Hilfe des Indikators „Private und öffentliche Ausgaben für Forschung und Entwicklung“ (F&E-Ausgaben). Als Ziel für das Jahr 2020 ist die Erreichung einer F&E-Intensität in Höhe von 3 % des BIP formuliert. Im Einklang mit den Beschlüssen auf europäischer Ebene schreibt dies das für das Jahr 2010 beschlossene Ziel bis zum Jahr 2020 fort. Dabei wurde dieses Ziel in Deutschland erstmals im Jahr 2012 fast erreicht. Von der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI, 2015) wurde sogar das Ziel einer F&E-Intensität von 3,5 % in die Diskussion gebracht. Gleichzeitig gibt es aber auch Hinweise für einen abnehmenden Grenznutzen steigender F&E-Ausgaben. Nach den Abschätzungen von

Schubert und Rammer (2014) liegen optimale F&E-Quoten zwischen 1,7 und 3,3 % gemessen am BIP. Die höheren Schwellenwerte ergeben sich dabei für Länder mit hohen privaten F&E-Aufwendungen und besonders forschungsstarken Wissenschaftssystemen mit einer hohen Komplementarität zwischen privater und öffentlicher F&E.

Die Frage der Überprüfung der Indikatoren und Ziele für den Fortschrittsbericht 2016 stellt sich auch für den Bereich „Innovation“. In diesem Kurzgutachten wird daher eine Reflexion über die Aussagekraft und Steuerungsfähigkeit des gewählten Indikators durchgeführt und Überlegungen hinsichtlich Weiterentwicklungen der Indikatorik und daraus folgende Konsequenzen für die Zielsetzung angestellt. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob bzw. wie Indikatorik und zugehörige Zielsetzung den Bereich „Innovation“ im Lichte der neueren Innovationsforschung adäquat abbilden und damit die zentrale Steuerungsfunktion - gerade auch hinsichtlich des strategischen Charakters von „Innovation“ - adäquat unterstützen können.

Das Papier ist wie folgt gegliedert: Zunächst wird auf den Innovationsbegriff eingegangen, gefolgt von der Vorstellung der zugehörigen Ansätze zur Messung von Innovation. Diese Ausführungen dienen als Grundlage für die Diskussion der Aussagekraft des bestehenden Indikators „F&E-Intensität“. In einem weiteren Kapitel wird der Frage nachgegangen, welche Bedeutung und welche Funktion dem Bereich „Innovation“ im Kontext der Nachhaltigkeitsstrategie zukommen. Diese Diskussion soll dazu dienen, die Anforderungen an das, was mit Innovation gesteuert werden soll, präziser zu fassen. Die Diskussion greift die unmittelbare und mittelbare strategische Bedeutung, die Innovation zugemessen wird, auf und zielt darauf ab, die Anforderungen zu präzisieren, die ein Indikator zu Innovationen erfüllen sollte. Hierzu werden neuere Entwicklungen in der Innovations- und Umweltpolitik nachgezeichnet, aus denen Konsequenzen für den strategischen Charakter der Innovationen folgen. In einem weiteren Kapitel werden schließlich Überlegungen zu einem umsetzbaren Konzept der nachhaltigkeitszielgerichteten Innovationsindikatorik – inklusive möglicher Konsequenzen für die Zielbildung - angestellt. Im abschließenden Kapitel werden die aus den Ergebnissen resultierenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen zusammengefasst.

2 Einbettung des Indikators „F&E-Aufwendungen“ in die neueren Erkenntnisse der Innovationforschung und Innovationsindikatorik

2.1 Innovationsverständnis

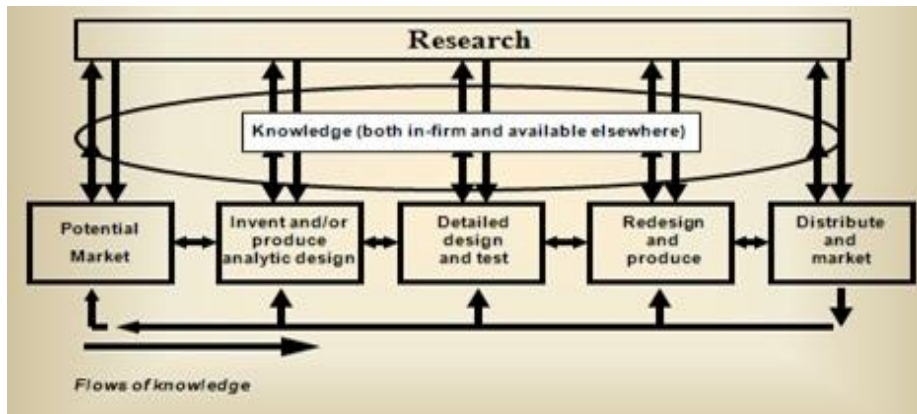
Unter Innovationen versteht man die Generierung, Umsetzung und Verbreitung von Neuerungen. Die Einflussfaktoren für Innovationen sind äußerst vielfältig. Dabei lassen sich im Zeitablauf verschiedene Erklärungsmodelle für das Zustandekommen von Innovationen unterscheiden.

Das traditionelle Innovationsverständnis hebt vor allem auf Forschung und Entwicklung ab, als deren Folge dann Innovationen entstehen. Dieses - auch als lineares Innovationsmodell bezeichnete - Verständnis sieht Innovation als Folge eines sequenziellen Prozesses aus Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Entwicklung, Produktion und Diffusion. Innovationen beruhen auf neuen Erkenntnissen, die in Forschung und Entwicklung entstehen. Um den Output an Innovationen zu erhöhen, ist es daher erforderlich, den Input in den Innovationsprozess zu steigern. Daraus resultiert eine hohe Bedeutung der F&E-Ausgaben in diesem Modell.

Eine Weiterentwicklung dieses Innovationsverständnisses ist das rekursive oder auch interaktiv genannte Innovationsmodell (vgl. Abbildung 1). Es trägt der Erkenntnis Rechnung, dass es für Innovationen nicht notwendigerweise neuer Forschungserkenntnisse bedarf, sie vielmehr durch Rückkopplungen der Anwendungsbedingungen auf bestehende Erkenntnisse erfolgen können (Kline and Rosenberg 1986, David and Foray 1995). Innovationen entstehen damit nicht notwendigerweise in F&E-Abteilungen, was durch Schlagworte wie „Innovation in F&E-schwachen Sektoren“ oder „Innovation ohne Forschung“ verdeutlicht wird.

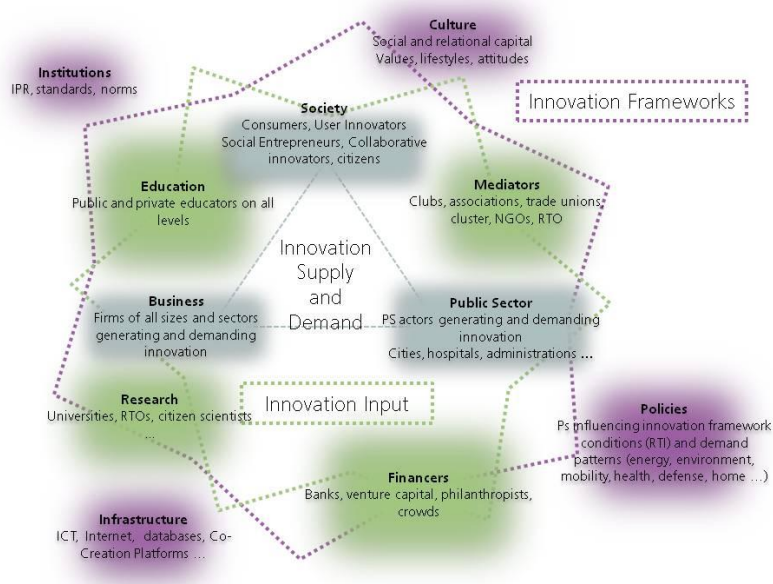
Die intensive Analyse der Innovationsprozesse durch die moderne Innovationsforschung hat zur Herausbildung des Konzeptes des Innovationssystems geführt (vgl. Carlsson et al. 2002; Lundvall et al. 2002; Smits und Kuhlmann 2004; Lundvall und Borrás 2005; Soete 2007). Die zentrale Aussage dieser Konzeption ist, dass das Hervorbringen und die Diffusion neuer Lösungen nicht nur vom Vorliegen entsprechender Anreize bei Innovatoren und Anwendern abhängt, sondern auch vom Zusammenspiel der unterschiedlichen Akteure und Institutionen des Innovationsprozesses. Gleichzeitig folgen Innovationen einem kumulativen Prozess des Wissensaufbaus, der in die sozio-ökonomische Entwicklung eingebettet ist. Aus diesem systemischen Innovationsverständnis erweitern sich sowohl die Anzahl der am Innovationsprozess beteiligten Akteure als auch die zu betrachtenden Umfeldgrößen (vgl. Abbildung 2). Bereits beste-

hende Wissensbestandteile werden neu untereinander sowie mit neuem, zusätzlichem Wissen kombiniert. Da Wissen verteilt bei Wissenschaftlern, Herstellern, Anwendern etc. vorliegt, ist Innovation ein sozialer Prozess, der Kommunikation zwischen den einzelnen Beteiligten zur Voraussetzung hat. Innovationen erfolgen mit zahlreichen Rückkopplungsschleifen zwischen Generierung und Verbreitung, so dass frühzeitiges Lernen im Markt erforderlich ist, um die Nutzererfahrungen einbeziehen und Lern- und Skaleneffekte realisieren zu können.



Quelle: Klein & Rosenberg 1986

Abbildung 1: Schema des rekursiven Innovationsmodells



Quelle: Warnke et al. 2016

Abbildung 2 Erweitertes Schema des Konzepts der Innovationssysteme

In der Vergangenheit wurden Innovationen oftmals mit technischen Veränderungen gleichgesetzt. Diese Vereinfachung wird aus zwei Gründen als immer weniger zutreffend angesehen. Erstens erfordern technische Innovationen oftmals auch Neuerungen im nicht-technischen Bereich. Ko-Evolutionsprozesse von technologischen, organisatorischen und institutionellen Änderungen verstärken sich gegenseitig, und es kommt zur Herausbildung von sozio-technologischen Paradigmen. Die Innovationsrichtung wird damit zwar einerseits durch das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage bestimmt. Andererseits entwickelt sich das organisatorische und institutionelle Umfeld in der Regel langsamer als die Technologien. Hieraus können Hemmnisse für den Übergang auf neue technologische Paradigma – und damit auf die Innovationsrichtung – resultieren, wenn dieses Umfeld auf das alte Paradigma ausgerichtet ist und keine Passfähigkeit für das neue aufweist. Die Folge sind Pfadabhängigkeiten, wie sie z. B. von Unruh (2000) unter dem Schlagwort „Carbon lock-in“ am Beispiel von Energiesystemen erläutert werden. Zweitens wird in jüngster Zeit zunehmend die Rolle sozialer Innovationen hervorgehoben. Auch wenn die Abgrenzung zu anderen nicht-technischen Innovationen oft schwerfällt und nicht eindeutig zu treffen ist, besteht doch Einigkeit, dass soziale Innovationen darauf abzielen, neue Rollen, Beziehungen, Normen und Werte zu entdecken, aus denen veränderte Lebensstile und neue Produktions- und Konsummuster resultieren können.

2.2 Typen von Innovationsindikatoren

Die unterschiedlichen Innovationsbegriffe legen auch die Verwendung unterschiedlicher Innovationsindikatoren nahe. Dabei lässt sich eine Entwicklung ausmachen, die von der Konzentration auf einen Indikator hin zu Indikatorensystemen führt.

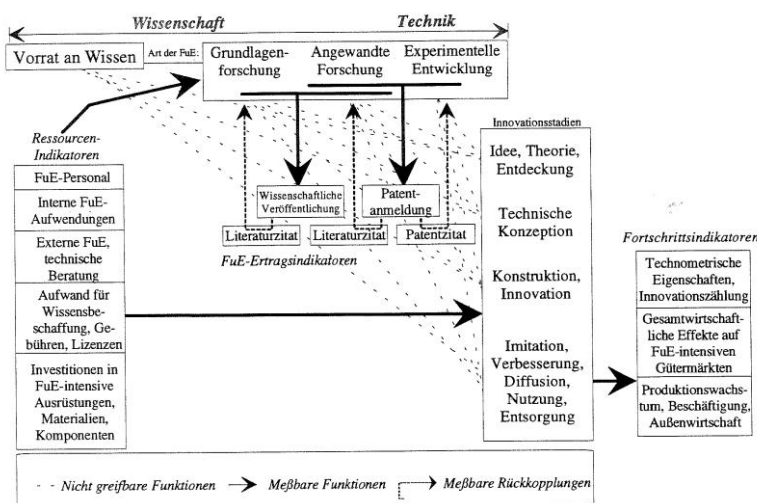
Die hohe Bedeutung, die den F&E-Prozessen im linearen Innovationsverständnis zugesprochen wird, fand im Frascati-Manual (OECD 1981) ihren Niederschlag, in dem die Erfassung von F&E-Aktivitäten standardisiert wird. Im Vordergrund stand dabei die Frage, wie wissenschaftlich geprägte Aktivitäten, die zu Neuerungen führen, von solchen unterschieden werden können, die stärker durch wissenschaftliche Routinen geprägt sind. Mit der Anwendung des Frascati-Manuals wurde eine systematisierte Erfassung von F&E-Aktivitäten ermöglicht, in deren Folge formale F&E-Ausgaben zu dem am meisten benutzten Indikator für die Messung der technologischen Performanz von Ländern, Sektoren oder Unternehmen wurden (Freeman und Soete 2009).

Mit der zunehmenden Bedeutung, die einem nicht-linearen Innovationsmodell zugesprochen wurde, stiegen auch die Bemühungen um Erweiterungen der Innovationsindikatorik. Dabei wurden sowohl Weiterentwicklungen auf Basis von verfügbaren statistischen Quellen als auch die Entwicklung von Innovationsbefragungen

voran getrieben. Im Hinblick auf die breitere Erfassung der Innovationsstadien auf Basis von statistischen Daten wurden drei Typen von Indikatoren einem Indikatorensystem zugeordnet (vgl. Grupp 1997):

- Ressourcenindikatoren, zu denen auch F&E-Aufwendungen gehören, messen den Input in den Innovationsprozess.
- Ertragsindikatoren, zu denen Publikationen und Patente gehören, messen den intermediären Output aus Innovationsprozessen.
- Fortschrittsindikatoren zielen auf die Messung des Outputs und der Wirkungen der Innovationen ab.

Mit Innovationsbefragungen wird die Spezifität der betrachteten Aspekte deutlich erweitert. Mit der Erarbeitung des Oslo-Manuals (OECD 1992), das seither mehrmals überarbeitet wurde, wurde dabei der Grundstein für die Durchführung harmonisierter Innovationsbefragungen gelegt, z. B. des „Community Innovation Surveys“. Allerdings liegt der Fokus dieser Untersuchungen noch immer stark auf dem verarbeitenden Gewerbe, und erst in den letzten Jahren wird verstärkt darauf hingearbeitet, auch Innovationen im Dienstleistungsbereich einzubeziehen.

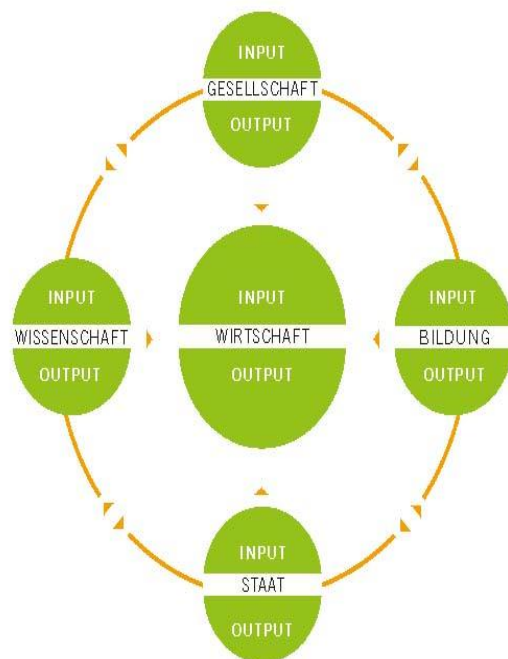


Quelle: Grupp 1997

Abbildung 3 Klassifikation von Innovationsindikatoren

Die zunehmende Bedeutung der Heuristik der Innovationssysteme sowie das gestiegene Angebot an verfügbaren Indikatoren hat dazu geführt, dass zunehmend die Bildung von Innovationsindizes vorangetrieben wurde, die Ergebnisse aus Befragungen mit statistischen Daten verknüpfen (vgl. Archibugi et al. 2009). Beispiele hierfür sind die

vom „World Economic Forum“ im Kontext des „World Competitiveness Report“ benutzten Indikatoren zu Innovation oder der von Archibugi und Coco (2004) entwickelte Arco. Typisch für diese Indikatoren ist die Normalisierung der Einzelindikatoren und ihre Verdichtung in einen Indexwert, der die relative Innovationsfähigkeit von Ländern beurteilt. Ein besonders konsequent auf das Konzept der Innovationssysteme ausgerichteter Ansatz ist der deutsche Innovationsindikator, der in einer Kooperation von Telekom-Stiftung und BDI vom Fraunhofer ISI, dem ZEW und MERIT entwickelt wurde (vgl. Schubert et al. 2011) und dessen letzte Ausgabe in Kooperation von Acatech mit dem BDI erfolgte (Acatech et al. 2015). Er dient zum Vergleich Deutschlands mit 34 weiteren Ländern und beruht auf 38 Einzelindikatoren (vgl. Liste der Einzelindikatoren in Tabelle 1). Unter diesen Indikatoren finden sich sowohl die F&E-Aufwendungen, Patente und Publikationen, aber auch Indikatoren, die aus Befragungen und Experteneinschätzungen gewonnen werden. Sie beschreiben Input und Output in den fünf Bereichen Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Gesellschaft und Politik. In der Ausgabe 2015 wird die Rangliste von der Schweiz angeführt, Deutschland liegt mit Platz 5 im engeren Verfolgerfeld (vgl. Abbildung 4).



Rang	Indexwert
1	Schweiz 75
2	Singapur 64
3	Finnland 57
4	Belgien 56
5	Deutschland 56
6	Irland 53
7	Niederlande 52
8	USA 51
9	Österreich 51
10	Schweden 51
11	Dänemark 51
12	Großbritannien 50
13	Südkorea 50
14	Norwegen 49
15	Australien 47
16	Israel 47
17	Kanada 46
18	Frankreich 45
19	Taiwan 45
20	Japan 43
21	Tschechien 29
22	Portugal 25
23	Spanien 24
24	Ungarn 22
25	Italien 20
26	China 19
27	Polen 12
28	Russland 11
29	Griechenland 8
30	Türkei 5
31	Südafrika 5
32	Indonesien 2
33	Mexiko 0
34	Indien 0
35	Brasilien 0

Quelle: Acataech/BDI/Fraunhofer ISI/ZEW 2015

Abbildung 4: Hauptelemente und Rangliste des Innovationsindikators von Acatech-BDI 2015

Liste der Einzelindikatoren des Innovationsindikators

Beschreibung	Akteur/Subsystem	Input/Output
Anteil der ausländischen Studenten an allen Studenten	Bildung	Input
Beschäftigte mit mind. Sekundarstufe II, ohne Hochschulabschlüsse, als Anteil an allen Beschäftigten	Bildung	Output
Promovierte (ISCED 6) in den MINT-Fächern als Anteil an der Bevölkerung	Bildung	Output
Hochschulabsolventen in Relation zu den hoch qualifizierten Beschäftigten im Alter 55+	Bildung	Input
Anteil der Beschäftigten mit tertiärer Bildung an allen Beschäftigten	Bildung	Output
Jährliche Bildungsausgaben (Tertiärstufe einschl. FuE) je Student	Bildung/Staat	Input
Qualität des Erziehungssystems (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Bildung/Staat	Input
Qualität der mathematisch-naturwissenschaftlichen Erziehung (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Bildung/Staat	Input
PISA-Index: Wissenschaft, Lesekompetenz, Mathematik (auf offener Skala mit Mittelwert 500 und Standardabweichung 100)	Bildung/Staat	Input
Lebenserwartung in Jahren	Gesellschaft	Input
Frauenerwerbsbeteiligung in Prozent der Erwerbspersonen	Gesellschaft	Input
Anzahl der Presseveröffentlichungen zu Wissenschaft und Forschung je Einwohner	Gesellschaft	Input
Anteil Postmaterialisten (Inglehart) an der Bevölkerung	Gesellschaft	Input
Staatliche Nachfrage nach fortschrittlichen technologischen Produkten (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Staat	Input
Nachfrage der Unternehmen nach technologischen Produkten (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Wirtschaft	Input
Für die Frühphase eingesetztes Venturekapital in Relation zum Bruttoinlandsprodukt	Wirtschaft	Input
Ausmaß von Marketing (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Wirtschaft	Input
Anteil der internationalen Kopatente an allen Anmeldungen von transnationalen Patenten	Wirtschaft	Input
Anteil der Wertschöpfung in der Hochtechnologie an der gesamten Wertschöpfung	Wirtschaft	Output
Anteil der Beschäftigten in wissensintensiven Dienstleistungen an allen Beschäftigten	Wirtschaft	Input
Intensität des einheimischen Wettbewerbs (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Wirtschaft	Input
Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf der Bevölkerung	Wirtschaft	Output
Patentanmeldungen von transnationalen Patenten	Wirtschaft	Output
Patentanmeldungen am USPTO je Einwohner	Wirtschaft	Output
Wertschöpfung pro Arbeitsstunde (in konstanten PPP-€)	Wirtschaft	Output
Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologien gemessen an der Bevölkerung	Wirtschaft	Output
Anteil der von Unternehmen finanzierten FuE-Ausgaben der Hochschulen	Wirtschaft	Input
Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen als Anteil am BIP	Wirtschaft	Input
Anteil der FuE-Ausgaben der Unternehmen, die durch eine steuerliche FuE-Förderung finanziert werden	Wirtschaft/Staat	Input
Anteil der staatlich finanzierten FuE-Ausgaben der Unternehmen am BIP	Wirtschaft/Staat	Input
Anzahl der Forscherinnen und Forscher in Vollzeitäquivalenten pro 1.000 Beschäftigte	Wissenschaft	Input
Zahl der wissenschaftlich-technischen Artikel im Verhältnis zur Bevölkerung	Wissenschaft	Output
Qualität der wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen (Skala von 1 bis 7 auf Basis von Experteneinschätzungen)	Wissenschaft	Input
Zahl der Zitate pro wissenschaftlich-technischer Publikation in Relation zum weltweiten Durchschnitt (gemessen am Durchschnitt der jeweiligen Disziplin)	Wissenschaft	Output
Anzahl der Patente aus der öffentlichen Forschung je Einwohner	Wissenschaft	Output
Anteil von internationalen Kopublikationen an allen wissenschaftlich-technischen Artikeln	Wissenschaft	Input
Anteil der FuE-Ausgaben in staatlichen Forschungseinrichtungen und Hochschulen am BIP	Wissenschaft/Staat	Input
Anteil eines Landes an den 10 Prozent am häufigsten zitierten wissenschaftlich-technischen Publikationen	Wissenschaft	Input

Quelle: Acatech/BDI/Fraunhofer ISI/ZEW 2015

Tabelle 1: Einzelindikatoren des Acatech/BDI-Innovationsindikators

2.3 Stellenwert und Aussagekraft des Indikators „F&E-Ausgaben“

Fasst man diese Entwicklung hinsichtlich des in der Nachhaltigkeitsstrategie gewählten Schlüsselindikators zusammen, ist festzuhalten, dass die Betonung der F&E-Prozesse im Innovationsgeschehen seit der Jahrhundertwende abgenommen hat. Ursächlich hierfür sind mehrere Entwicklungen:

- Erstens hat zunehmend die Erkenntnis Raum gewonnen, dass im industriellen Bereich neben F&E zahlreiche andere Aktivitäten sowie die zwischen ihnen bestehenden Rückkopplungen zentral für Innovationen sind.
- Zweitens hat sich der Fokus des Innovationsgeschehens von der Betrachtung industrieller Innovationsprozesse auf die Wirtschaft insgesamt verbreitert, wodurch die Bedeutung formalisierter F&E-Organisationseinheiten, die hauptsächlich im industriellen Kontext auftreten, nochmals abschwächt.
- Drittens wird aus systemischer Sicht zunehmend ein breiterer Blickwinkel eingenommen, der neben Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft weitere ge-

sellschaftliche Akteure, ihre Einbettung in das sozio-kulturelle Umfeld sowie die Bedeutung organisatorischer, institutioneller und sozialer Innovationen betont, deren Zusammenhang zu formalisierten F&E-Prozessen wiederum schwächer ausgeprägt ist als der von technologischen Innovationen.

- Viertens wird auch zunehmend die Innovationseffizienz ins Augenmerk genommen, d. h. der Zusammenhang zwischen Input in den F&E-Prozessen und dem Innovationsoutput. Eine Messung allein der Inputgrößen ist hierfür nicht aussagekräftig, zumal auch ein abnehmender Grenznutzen steigender F&E-Ausgaben thematisiert wird (vgl. Kapitel 1).

Diese Entwicklung hat auch Konsequenzen für die Aussagekraft des Indikators „F&E-Aufwendungen“. Nach wie vor ist er eine weit verbreitete Messgröße für das Niveau an Innovationen. Allerdings hat sein Stellenwert seit der Formulierung der Nachhaltigkeitsstrategie relativ abgenommen, und er wird vermehrt um weitere Indikatoren ergänzt, die teilweise zu Innovationsindizes zusammengefasst werden.

Die Unterstützung strategischer Prozesse durch Indikatoren steht immer vor der Herausforderung, aus Gründen der Kommunizierbarkeit und Übersichtlichkeit nur wenige Indikatoren heranziehen zu können. Wenn einzelne Schlüsselindikatoren herangezogen werden, sollten sie zumindest einigermaßen verlässlich die Entwicklung des Betrachtungsgegenstandes anzeigen, selbst wenn sie diesen nur teilweise umfassen. Einfache Korrelationsanalysen geben erste Hinweise, wie deckungsgleich die Aussagen sind, die sich aus den Werten der F&E-Ausgaben im Vergleich zu dem oben beschriebenen Innovationsindikator ergeben. Die Korrelation zwischen F&E-Intensität und dem Ranking im Innovationsindikator beträgt für die im Innovationsindikator betrachteten Länder in etwa 0,7. Die Aussagen im Querschnittsvergleich sind also nicht deckungsgleich, gleichzeitig spricht aus systemischer Sicht der Betrachtung der Innovationsprozesse vieles dafür, dass die F&E-Intensitäten an Erklärungskraft verloren haben, und ein aus mehreren Einzelindikatoren zusammengesetzter Index eine höhere Plausibilität beanspruchen kann. Korrelationen der Zeitreihen von Innovationsindikator-Ranking und F&E-Intensität ergeben für die einzelnen Länder sehr unterschiedliche Ergebnisse. Allerdings sind gerade die Zeitreihen des „Innovationsindikators“ für einzelne Länder mit großer Vorsicht zu interpretieren, da der Indikatorenwert beim Ranking relativ und damit nicht unabhängig vom Abschneiden der anderen Länder ist. Aufgrund dieser methodischen Aspekte kann auch nicht geschlossen werden, dass eine Zeitreihe von relativen Indexwerten die Entwicklung der Innovationen in einem Land im Zeitablauf verlässlicher anzeigen würde als eine Zeitreihe eines einzelnen Schlüsselindikators. Die Frage, inwiefern F&E-Ausgaben noch ein geeigneter Schlüsselindikator sind, hängt damit also auch von der spezifischen Fragestellung ab, welcher strategische Zusammenhang gemessen werden soll.

3 Der strategische Charakter von Innovation für Nachhaltigkeitsstrategien im Lichte neuerer Entwicklungen

Bereits in Kapitel 1 wurde auf den unmittelbaren und mittelbaren strategischen Charakter hingewiesen, der dem Bereich Innovation bereits bei der Formulierung der Nachhaltigkeitsstrategie zugewiesen wurde. In diesem Kapitel wird untersucht, welche Veränderungen sich seither in den Begründungszusammenhängen für diesen strategischen Charakter ergeben haben, und welche Konsequenzen dies für die Indikatorenwahl hat. Hierbei stehen drei – sich z. T. gegenseitig verstärkende - Perspektiven im Vordergrund: Veränderungen in den Bedingungen zur Erreichung der wirtschaftlichen Ziele, Veränderungen im Fokus der Innovationspolitik sowie Veränderungen in der Betrachtung des Zusammenhangs von Innovation und Umweltverbesserung.

3.1 Wettbewerbsfähigkeit und Leitmärkte in einer globalisierten Weltwirtschaft

Bereits bei der Formulierung der Nachhaltigkeitsstrategie im Jahr 2002 wurde dem Bereich Innovation eine strategische Bedeutung für die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit zugesprochen. Diese Einschätzung konnte sich auf folgende Erkenntnisse stützen, die in den 1990er Jahren an Bedeutung gewannen und die – trotz unterschiedlicher methodischer Ansatzpunkte – gemeinsam auf die Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Erreichung der wirtschaftlichen Ziele von OECD-Ländern hinwiesen:

- Die von Romer (1986) und Lucas (1988) entwickelte endogene Wachstumstheorie war in der Lage, den technischen Wandel aus sich selbst heraus zu erklären, d. h. zu endogenisieren. An Verbreitung gewann sie auch durch ihre Implementierung in empirischen Modellen, in denen Innovation dadurch abgebildet wird, dass Investitionen in Forschung und Entwicklung bereitgestellt werden, die die Produktivität und den Output einer Volkswirtschaft erhöhen.
- Neuere Ansätze der Wirtschaftsgeografie, wie sie in den Arbeiten von Krugman (1979) oder Grossman and Helpman (1991) ausgearbeitet wurden, wiesen auf die Bedeutung einer kontinuierlichen Verbesserung von Produktion und Produkten zur Sicherung des wirtschaftlichen Wohlstandes in einer sich globalisierenden Welt hin („climbing up the quality ladder“).
- Auch die evolutionäre Ökonomik, die in den 1980er Jahren entwickelt wurde, betonte, dass Außenhandelserfolge bei technologieintensiven Gütern durch die technologischen Fähigkeiten mit verursacht werden (vgl. Dosi/Soete 1988; Fagerberg 1988). Unter diesen Bedingungen spielen Kostennachteile bei den Arbeitskosten eine geringere Rolle (Amable/Verspagen 1995; Greenhalgh et al.

1996; Wakelin 1997), was gerade für die strategische Positionierung von Hochlohnländern von Bedeutung ist.

Wie in Kapitel 1 aufgeführt, erhofft sich die Nachhaltigkeitsstrategie von einer Beschleunigung von Innovationen auch die Etablierung von Leitmärkten, um damit den heimischen Wohlstand zu sichern. Hierbei werden verschiedene Bedingungen genannt, unter denen Leitmarkt und Leitanbieterschaft in einem Land etabliert werden können (vgl. Beise 2004; Walz 2006; Edler und Georghiou 2007). Einerseits werden die durch nachfrageseitige Aspekte ausgelösten Effekte betont. Eine forcierte nationale Strategie, die den heimischen Markt zum weltweiten Leitmarkt entwickelt, führt demnach dazu, dass sich die betreffenden Länder frühzeitig auf die Bereitstellung der hierzu erforderlichen Güter spezialisieren. Bei einer nachfolgenden Ausweitung der internationalen Nachfrage nach diesen Gütern sind diese Länder dann auf Grund ihrer frühzeitigen Spezialisierung und des erreichten Innovationsvorsprungs in der Lage, sich im internationalen Wettbewerb durchzusetzen und zum Leitanbieter zu werden. Andererseits reicht eine nachfrageseitige Innovationspolitik allein nicht aus, um die erwünschten Wettbewerbserfolge zu erzielen. Am ehesten können diejenigen Länder ein bedeutender Leitanbieter auf den Exportmärkten werden bzw. längerfristig bleiben, die sowohl ein leistungsfähiges und ausdifferenziertes Innovationssystem aufgebaut und auf die Bedürfnisse des Weltmarktes abgestimmt haben, als auch über wettbewerbsfähige Anbieter mit entsprechenden Erfahrungen verfügen. Die Kombination dieser Angebots- und nachfrageseitigen Faktoren führt dann zu Leistungsverbünden, die nicht einfach kopiert oder verlagert werden können.

Seit der Etablierung der Nachhaltigkeitsstrategie ist die Globalisierung weiter vorangeschritten, und neue globale Wettbewerbsmuster haben sich etabliert. Globalisierung von Wertschöpfungsketten und gesteigertes internationales Sourcing korrespondieren mit den wirtschaftlichen Aufholprozessen der „emerging economies“ (vgl. Fagerberg et al. 2010; OECD&Worldbank 2015). Inzwischen beginnen einige Schwellenländer auch in technologieintensiveren Märkten Fuß zu fassen. Damit hat sich nicht nur die Bedeutung des Technologiewettbewerbs noch erhöht. Inzwischen wird auch diskutiert, inwieweit diese Schwellenländer selbst die Etablierung von Leitmärkten vorantreiben und entsprechende globale Leitanbieter werden können. Diese Entwicklungen haben zu einer Neuformulierung der Bedingungen geführt, die zur Etablierung von Leitmärkten und Leitanbieterschaft im Zeitalter der Globalisierung erfüllt sein müssen (vgl. Quitzow et al. 2014). Folgende Faktoren, die Angebots- und nachfrageseitige Bedingungen umfassen, haben sich als relevant für die Beurteilung der Aussichten eines Landes herauskristallisiert, eine Leitanbieterschaft einzunehmen (vgl. Walz & Köhler 2014; Köhler et al. 2014): technologische Leistungsfähigkeit, Marktkontext-Faktoren auf der Angebots- und der Nachfrageseite, Akteurs- und Systemstruktur sowie Regulierungsvorteile.

- Außenhandelserfolge bei technologieintensiven Gütern setzen nach wie vor eine hohe technologische Leistungsfähigkeit voraus. Unter den verschiedenen Indikatoren, die diese messen, wird dabei gerade auch transnationalen Patenten eine erhebliche Bedeutung für die Erklärung von Außenhandelserfolgen zugemessen (Andersson/Ejermo 2008; Madsen 2008).
- Die Marktkontextfaktoren auf der Nachfrageseite werden entsprechend Beise (2004) in die Faktoren Nachfrage- und Preisvorteil eingeteilt. Ein Nachfragevorteil liegt vor, wenn ein Land die globalen Trends und die künftigen Anforderungen an die Technologien früher antizipiert als andere Länder. Ein technologie-spezifischer Preisvorteil liegt vor, wenn in einem Land die durch Lern- und Skaleneffekte sowie durch Verbundvorteile hervorgerufen Preisreduktionen von Innovationen besonders stark ausgeprägt sind. Ein Indiz für die nachfrageseitigen Faktoren ist damit das Wachstum des Heimmarktes. Wenn er überproportional stark wächst, kann es sowohl zu skalenbedingten Preisvorteilen kommen als auch besonders viele Gelegenheiten geben für die Gewinnung von Anwendererfahrungen und die Interaktion zwischen Nutzern und Herstellern von Technologien.
- Ebenfalls analog Beise (2004) werden mit dem Transfer- und Exportvorteil zwei Erfolgsfaktoren angeführt, die sich auf die Marktkonstellation des Angebots beziehen. Der Transfervorteil beschreibt einen Demonstrationseffekt über die Funktionsfähigkeit der Technologie, die exportiert werden soll. Des Weiteren fällt der Transfer von Technologien leichter, je größer die Kompetenzen der Exporteure im internationalen Marketing und ihre Kenntnisse über die ausländischen Märkte ausfallen. Ein Exportvorteil liegt vor, wenn das Angebot der Technologiehersteller auch die länderspezifischen Anforderungen an die Technologien abdeckt und damit auf unterschiedliche Nachfragebedingungen auf dem Weltmarkt eingehen kann. Je gleichmäßiger sich die Exporte auf die einzelnen Exportmärkte verteilen, desto eher ist zu erwarten, dass das Exportangebot in der Lage ist, die unterschiedlichen Nachfragebedingungen auch tatsächlich abzudecken.
- Die Verbesserung der eigenen Position im Qualitätswettbewerb hängt auch von der Akteurs- und Systemstruktur ab. Neben Größenaspekten der einzelnen Akteure und der Bildung von Unternehmensnetzwerken ist auch die Vernetzung zwischen Wissenschaft, Herstellern und Nutzern der Technologien von Bedeutung. Eine Systemstruktur, die zu einer Koordination der Wertschöpfungskette führt, und auf Wissen aus wettbewerbsfähigen, produktionstechnisch eng verbundenen Sektoren zurückgreifen kann, begünstigt ebenfalls eine Leitanbieterschaft.
- Innovationen werden darüber hinaus in vielfältiger Weise von der Regulierung beeinflusst. Dem Land, das ein fortschrittliches Regulierungssystem aufweist, das von anderen Ländern übernommen wird, winken Vorteile: Die Unternehmen passen sich in ihren institutionellen Arrangements an die jeweiligen Anforderungen an. Setzt sich ein nationales Regulierungsregime international durch, weisen die heimischen Unternehmen auf Grund ihrer frühzeitigen Anpassung

auch auf dem internationalen Wettbewerb Vorteile auf. Dabei ist es wichtig, dass die Akteure die Regulierung als stabil und vorhersehbar erachten. Gleichzeitig kommt der Regulierung die Funktion zu, mittelfristige ambitionierte Ziele zu spezifizieren, die zur Orientierung der Innovationsrichtung beitragen (Jänicke und Lindemann 2010).

Aus diesen Entwicklungen seit der Formulierung der Nachhaltigkeitsstrategie zeigt sich zweierlei: Erstens ist die strategische Bedeutung von Innovation für die wirtschaftlichen Zielsetzungen eher noch angestiegen. Zweitens haben sich aber die Bedingungen, dass gestiegene Innovationen in wirtschaftlichen Erfolg münden, ausdifferenziert. Neben F&E-Ausgaben wird insbesondere transnationalen Patenten eine wichtige Rolle bei der Erklärung der Bedeutung technologischer Leistungsfähigkeit für wirtschaftliche Erfolge zugemessen. Zugleich wird deutlich, dass die Erfolgsfaktoren über die Bedeutung der technologischen Leistungsfähigkeit weit hinausgehen. Die Erfolgsfaktoren reflektieren den breiteren Blick auf die Innovationsprozesse, den die Heuristik des Innovationssystems nahelegt. Entsprechend muss die Beeinflussung der Innovationen durch politische Maßnahmen auch viel breiter und über die traditionelle F&E-Politik hinausgehen (vgl. Mazzucato et al. 2015).

Diese Veränderungen in den Begründungszusammenhängen haben auch Einfluss auf die Indikatorenwahl. So wird die Bedeutung der Faktoren jenseits der angebotsorientierten F&E-Förderung unterstrichen. Gleichzeitig wird in der Diskussion um Leitanbieterschaft die relative Positionierung der Länder betont. Gerade bei diesen beiden Aspekten liegen aber die Vorteile eines Indikatorenkonzepts wie dem „Innovationsindikator“ im Vergleich zu der isolierten Betrachtung der F&E-Ausgaben.

3.2 Neue missionsorientierte Innovationspolitik

Die Innovationspolitik durchläuft unterschiedliche Phasen: Die „klassische Missionsorientierung“ hinsichtlich militärischer und politischer Ziele, die am Beginn der Forschungs- und Technologiepolitik stand, wurde sukzessive von einem Fokus auf technologische Schlüsseltechnologien abgelöst, und in der Folge um generische bzw. systemische Ansätze ergänzt (vgl. Gassler et al. 2006). In jüngster Zeit ist als weitere Entwicklung eine Ergänzung der systemischen Zielsetzungen um eine „neue Missionsorientierung“ zu beobachten. Hierbei erfolgen die thematischen Festlegungen entsprechend den gesellschaftlichen Herausforderungen bzw. „Global Challenges“, zu denen neue Lösungen einen Beitrag leisten sollen. Es gibt zwar keine allgemeingültige Liste der Global Challenges, jedoch finden sich die Klimaproblematik (vgl. Mowery et al. 2010) und weitere Umweltprobleme typischerweise genauso wieder wie die Bereiche Gesundheit, Ernährung, Zukunft der Städte und demografischer Wandel (Dachs et al. 2015).

Die „neue Missionsorientierung“ ist inzwischen sowohl auf der internationalen Ebene als auch in nationalen Ansätzen zu beobachten (vgl. Polt et al. 2014 und Dachs et al. 2015). Als wichtige Beispiele werden Horizon 2020 sowie die nationalen Formulierungen der Innovationspolitik in Kanada, Österreich, Schweden und Frankreich genannt. Auch Deutschland gehört zu den Ländern, für die Elemente einer neuen missionsorientierten Innovationspolitik ausgemacht werden (Dachs et al. 2015). So wurden mit Beginn der zweiten Phase der Hightech-Strategie im Jahre 2010 neben der Verbesserung der Rahmenbedingungen die Adressierung gesellschaftlicher Herausforderungen explizit als Ziel postuliert. Hierzu wurden 5 Bedarfsfelder und 10 spezifische Zukunftsprojekte formuliert (vgl. Dachs et al. 2015).

Mit dem Beschluss des deutschen Bundeskabinetts vom September 2014 wurde die dritte Phase der Hightech-Strategie eingeläutet. Explizit wird dabei folgende Zielsetzung hervorgehoben: „Dabei konzentrieren wir uns auf Felder, die von großer Innovationsdynamik geprägt sind. Und wir setzen auf Felder, in denen wir Beiträge zur Lösung der globalen Herausforderungen leisten und damit mehr Lebensqualität für jeden Einzelnen schaffen können“ (BMBF 2014, S. 5). Die fünf Bedarfsfelder aus der Phase 2 wurden in Formulierung und Zuschnitt angepasst und um ein weiteres – die innovative Arbeitswelt - ergänzt. Folgende „prioritären Zukunftsaufgaben für Wertschöpfung und Lebensqualität“ sind Bestandteil der dritten Phase der Hightech-Strategie:

- Digitale Wirtschaft und Gesellschaft
- Nachhaltiges Wirtschaften und Energie
- Innovative Arbeitswelt
- Gesundes Leben
- Intelligente Mobilität
- Zivile Sicherheit

Mit der Ergänzung der Forschungs- und Entwicklungspolitik um eine „neue Missionsorientierung“ gewinnt nicht nur die Richtung der Innovationen enorm an Bedeutung (vgl. Polt et al. 2014 und Dachs et al. 2015). Darüber hinaus werden der Einbezug von Akteuren sowie Transparenz und Partizipation stärker betont. Der Beitrag von Innovationen zur Problemlösung rückt gegenüber dem Neuigkeitsgrad stärker in den Fokus, was sowohl für inkrementelle als auch Systeminnovationen sowie die explizit aufgeführten sozialen Innovationen gilt. Eine steigende Bedeutung der Diffusion der Technologien betont die Ergänzung technologieseitiger Maßnahmen um nachfrageseitige. Damit einher geht eine zunehmende Anzahl der Instrumente und horizontale Verbreiterung der Innovationspolitik, was wiederum die Notwendigkeit der Politikkoordination zwischen den zahlreichen beteiligten Ressorts unterstreicht. Diese Entwicklungen las-

sen sich auch bei der Hightech-Strategie nachzeichnen (vgl. Dachs et al. 2015). So sind zehn Ressorts an der – vom BMBF koordinierten – Hightech-Strategie beteiligt. Transparenz und Partizipation werden als eine der Säulen der Hightech-Strategie aufgeführt. Begleitet wird die Hightech-Strategie vom Hightech-Forum mit acht Fachforen, in denen die fachliche Erörterung geschieht.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie signalisiert die Bedeutung der neuen Missionsorientierung, dass der indirekte strategische Charakter von Innovationen noch stärker betont wird und zunehmend in den Fokus gerät. Die in der deutschen Hightech-Strategie genannten „Prioritären Zukunftsaufgaben“ adressieren Bereiche, die auch Gegenstand der Nachhaltigkeitsstrategie sind. Auch trägt die neue Missionsorientierung der Bedeutung nicht-technologischer Innovationen und einem breiten Instrumentenmix Rechnung. Andererseits wird mit dem breiten Innovationsbegriff und der Richtungsvorgabe die Unterscheidung zu anderen Politikbereichen immer schwieriger, so dass die Gefahr einer Beliebigkeit des Innovationspolitikbegriffs gesehen wird (Polt et al. 2014). Auch im Hinblick auf die Nachhaltigkeitsstrategie gilt, dass die in der Hightech-Strategie genannten Bereiche erhebliche Überschneidungen mit denen der Nachhaltigkeitsstrategie aufweisen. Die stärkere Betonung des strategischen Charakters der Innovationspolitik korrespondiert damit mit einer Entwicklung, bei der Innovationspolitik und Nachhaltigkeitspolitik schwerer unterscheidbar werden.

Aus der Bedeutung einer neuen Missionsorientierung der Innovationspolitik folgen zwei wesentliche Schlussfolgerungen für die Indikatorenauswahl: Erstens wird die Richtung des Innovationsprozesses betont. Damit wird das Fehlen eines Indikators, der die Richtung des Innovationsprozesses anzeigt, umso bedeutsamer. Zweitens gerät mit der Betonung von Partizipation nicht nur Input und Output, sondern auch der Prozesscharakter der Innovationspolitik ins Interesse.

3.3 Öko-Innovationen und Transformation ganzer Sektoren

Öko-Innovationen werden als Neuerungen definiert, die zu einer Umweltentlastung führen. Dabei ist es unerheblich, ob die Triebkraft für diese Öko-Innovationen in der Verbesserung der Umweltsituation liegt, oder ob sich diese als Nebeneffekt ergibt. Parallel zur Betonung der Richtung der Innovationen auf globale Herausforderungen hat innerhalb der Umweltpolitik in den letzten Jahren eine Betonung der Bedeutung von Öko-Innovationen eingesetzt. Internationale Beispiele hierfür sind die „Eco-Efficiency Initiative“ der EU, das „Eco-Efficiency“-Projekt der UNEP oder die im Kontext der Diskussion um eine Green Economy entstandenen Dokumente und Initiativen. In Deutschland betont das Memorandum für eine „Green Economy“ von BMU und BDI aus dem Jahr 2012 genauso Öko-Innovationen wie die im Koalitionsvertrag 2013 beschlossene

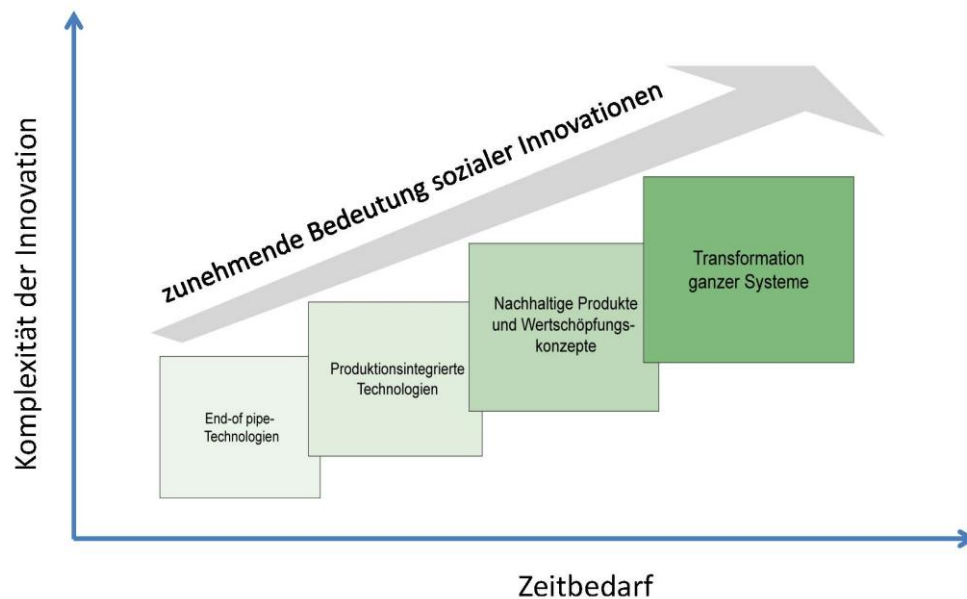
Absicht, den europäischen „Eco-Innovation Action Plan“ durch einen deutschen Öko-Innovationsplan zu unterlegen.¹ Im Umweltbericht der Bundesregierung (2015, S. 87) werden sie als „zentraler Schlüssel, um künftig umweltverträglich und umfassend nachhaltig wirtschaften zu können“ bezeichnet.

Die unterschiedlichen Typen von Öko-Innovationen unterscheiden sich durch das Ausmaß der Verschränkung von technischen mit organisatorischen, institutionellen und sozialen Innovationen (Abbildung 5).

- Bei den „End-of-pipe“-Technologien werden additiv zum eigentlichen Produktions- oder Konsumprozess Technologien eingesetzt, die zur Reinigung oder Zurückhaltung von Emissionen führen (Filter, Kläranlagen, Abfalldeponierung etc.). Bezogen auf den Hauptprozess haben die Innovationen einen eher inkrementellen Charakter, die Bedeutung von institutionellen oder sozialen Innovationen ist eher begrenzt.
- Produktionsintegrierte Technologien führen zu einer Substitution alter durch neue, umweltfreundlichere Technologien. Insofern sind sie als eine umfassende technologische Innovation zu kennzeichnen, bei der das eigentliche Produkt weitgehend unverändert bleibt. Organisatorische Innovationen wie Auditierungssysteme können dazu beitragen, systematisch bestehende Effizienzpotenziale im Unternehmen aufzuspüren.
- Nachhaltige Produkte und Wertschöpfungskonzepte sind durch Veränderungen entlang der Wertschöpfungskette gekennzeichnet. Damit einher geht ein erhöhter Abstimmungsbedarf zwischen den unterschiedlichen Akteuren bis hin zur Entwicklung gänzlich neuer Geschäftsmodelle, z. B. in der „Sharing Economy“. Mit der Veränderung von Produktkonzeptionen gewinnen Akzeptanzfragen und Konsumentenpräferenzen derartiger Innovationen an Bedeutung. Daraus wird deutlich, dass die Bedeutung organisatorischer und sozialer Innovationen bei diesem Öko-Innovationstyp höher als bei den beiden vorher beschriebenen ist.
- Die Transformation ganzer Systeme hat spätestens mit der Umsetzung der Energiewende auch in breiteren Bevölkerungskreisen an Bedeutung gewonnen. Aber auch Zielsetzungen wie neue Formen der Mobilität, eine nachhaltige Wasserwirtschaft oder die Hinwendung zu einer Bioökonomie verdeutlichen die Bedeutung dieses Paradigmas für eine Green Economy. Es bündelt mehrere technologische Innovationen und umfasst damit auch immer Elemente der anderen Öko-Innovationstypen. Gleichzeitig werden in diesem Kontext vermehrt neue Rollen (z. B. Prosumenten), veränderte Wertschätzungen (z. B. gemeinschaftliche Nutzung statt Besitz von Gütern) sowie neue Normen (z. B. im Ernährungsbereich) und damit soziale Innovationen thematisiert. Häufig kommt es

¹ Zu den fachlichen Grundlagen des deutschen Eco-AP wird gegenwärtig eine Studie im Auftrag von BMUB/UBA erstellt; vgl. <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/n/projekte/Eco-AP.php>.

zur Herausbildung neuer Akteure und neuer institutioneller Arrangements auf der Sektorebene.



Darstellung: Fraunhofer ISI

Abbildung 5: Öko-Innovationstypen im Vergleich

Die zunehmende Bedeutung von nachhaltigen Produkt- und Wertschöpfungskonzepten und Systemtransformationen hat gleichzeitig eine Abkehr von einer auf den Technikeinsatz fokussierten Umweltschutzstrategie hin zu einem nachhaltigen Wirtschaften befördert. Diese Veränderung wird auf einzelbetrieblicher und übergeordneter Ebene sichtbar: Nachhaltiges Wirtschaften in einem umfassenden Verständnis erfordert die Verankerung in allen Bereichen des Unternehmens, vom Selbstverständnis und der strategischen Ausrichtung über Grundsätze und Zielsetzungen des Managements bis zu Einzelheiten des alltäglichen Handelns und deren Monitoring, Darstellung und Bewertung. Dies geht über umweltfreundlichen Technikeinsatz, aber auch über die Implementierung eines Umweltmanagementsystems und einer entsprechenden Berichterstattung hinaus und schließt insbesondere auch die Veränderung von Produktpaletten und Geschäftsmodellen ein. Aus Sicht der Umwelt- und Innovationspolitik rückt damit die Unterstützung einer Veränderung des Unternehmenshandelns insgesamt in den Vordergrund. Die auf sektoraler Ebene wirkenden Transformationsprozesse sind langfristige Prozesse, die mit der Herausbildung einzelner Nischen beginnen und durch eine hohe Durchdringung von technologischen, institutionellen und sozialen Innovationen gekennzeichnet sind. Die Analyse der Bedingungen, unter denen derartige Transformationen vor sich gehen, hat mit der „Multi-Level-Perspective“ und dem „Transition Management“ eine eigenständige Heuristik erfahren. Unter dem Schlagwort „Protective Space“ (Smith/Raven 2012) wird der Etablierung von Räumen für die Nischenbildung

wichtige Bedeutung zugemessen, in dem sich die Innovationen entfalten und gleichzeitig die erforderliche Ko-Evolution von technologischen, organisatorischen, institutionellen und sozialen Innovationen stattfinden kann, die für das graduelle Wachsen der Nische hin zu einem neuen Paradigma erforderlich ist.

Die verstärkte Bedeutung von Öko-Innovationen hat auch zu Ansätzen zur Messung der Öko-Innovationstätigkeit geführt. Dabei finden sich die Ansätze, die in Kapitel 2 aufgeführt wurden, auch in einer auf Öko-Innovationen angewandten Form wieder:

- An Innovationsindikatoren werden insbesondere Patente, Publikationen und der Außenhandel herangezogen. Hierfür werden auf Umwelttechnologien fokussierende Klassifikationen und Suchalgorithmen gebildet, mit denen bestehende Datenbanken durchsucht werden. Insbesondere bei Patenten beginnt sich mit der Y02-Patentklasse inzwischen sogar eine – bisher auf Energietechnologien fokussierende – eigene Patentklasse zu entwickeln. In Deutschland kommt es mit den Arbeiten zum Wirtschaftsfaktor Umweltschutz hier zu kontinuierlichen Analysen, die ihren Niederschlag auch im Umweltwirtschaftsbericht der Bundesregierung gefunden haben, und zu Überlegungen der Weiterentwicklung von Datenerfassung und Implementierung (vgl. Gehrke et al. 2015 und Ostertag et al. 2015). Zugleich gibt es Aktivitäten der Bundesländer zur Erstellung von Umweltwirtschaftsberichten – z. B. in Nordrhein-Westfalen – in denen ebenfalls auf ähnliche Indikatoren zurückgegriffen wird.
- Der Einsatz von Umfragen zur Messung von Öko-Innovationen der Unternehmen findet z. T. im Rahmen bestehender „Surveys“ statt, die auch für weitergehende statistische Untersuchungen genutzt werden (z. B. Horbach et al. 2012 und 2013). Allerdings macht es die Einmaligkeit dieser Befragungsaktion schwierig, die Veränderungen über die Zeit klar nachzuvollziehen. Eine gewisse Kontinuität der Befragung wird in Deutschland im Rahmen der Innovationserhebung Produktion erreicht, in der standardmäßig auch Fragen zur Energie- und Materialeffizienz gestellt werden (Mattes et al. 2015).
- Ähnlich wie beim Innovationsindex wird beim „European Eco-Innovation Scoreboard“ ein Index gebildet, der sich aus 16 Einzelindikatoren zusammensetzt (vgl. Tabelle 2). Neben vier Umweltindikatoren werden auch zwölf Innovationsindikatoren herangezogen. Mit auf Öko-Innovationen bezogenen Patenten, Publikationen und dem Außenhandel finden sich auch die im Wirtschaftsfaktor Umweltschutz analysierten Sachverhalte wieder. Zusätzlich werden Aktivitäten der Unternehmen herangezogen. Unter den verwendeten Inputindikatoren finden sich auch die staatlichen F&E-Ausgaben für Umwelt und Energie, die ins Verhältnis zum BIP der betrachteten Länder gesetzt werden. Insofern findet sich ein direktes Pendant zum bisher im Nachhaltigkeitsmonitoring verwendeten Schlüsselindikator für Innovation, der allerdings insofern eingeschränkt ist, als er nur die staatlichen und nicht die privaten F&E-Inputs erfasst.

Name of indicator	Source	Year
1. Eco-innovation inputs		
1.1. Governments environmental and energy R&D appropriations and outlays (% of GDP)	EUROSTAT	2012
1.2. Total R&D personnel and researchers (% of total employment)	EUROSTAT	2012
1.3. Total value of green early stage investments (USD/capita)	Cleantech	2010-2013
2. Eco-innovation activities		
2.1. Firms having implemented innovation activities aiming at a reduction of material input per unit output (% of total firms)	EUROSTAT	2008
2.2. Firms having implemented innovation activities aiming at a reduction of energy input per unit output (% of total firms)	EUROSTAT	2008
2.3. ISO 14001 registered organisations (per mln population)	ISO Survey of Certifications	2012
3. Eco-innovation outputs		
3.1. Eco-innovation related patents (per mln population)	Patstat	2010
3.2. Eco-innovation related academic publications (per mln population)	Scopus	2012
3.3. Eco-innovation related media coverage (per numbers of electronic media)	Meltwater	2013
4. Resource efficiency outcomes		
4.1. Material productivity (GDP/Domestic Material Consumption)	EUROSTAT	2011
4.2. Water productivity (GDP/Water Footprint)	Water Footprint Network	1996-2005
4.3. Energy productivity (GDP/gross inland energy consumption)	EUROSTAT	2011
4.4. GHG emissions intensity (CO ₂ e/GDP)	EEA	2011
5. Socio-economic outcomes		
5.1. Exports of products from eco-industries (% of total exports)	EUROSTAT	2012
5.2. Employment in eco-industries and circular economy (% of total employment across all companies)	Thomson One	2012
5.3. Revenue in eco-industries and circular economy (% of total revenue across all companies)	Thomson One	2012

Quelle: Eco-Innovation Scoreboard

Tabelle 2: Einzelindikatoren des Eco-Innovation Scoreboards

Festzuhalten bleibt damit, dass die Richtung der Innovationstätigkeit hin zu einem nachhaltigen Wirtschaften an Bedeutung gewinnt, und entsprechende Ausrichtungen der typischerweise herangezogenen Innovationsindikatoren auf umweltfreundliche Technologien diskutiert und angewendet werden. Zugleich nimmt mit den avancierten Öko-Effizienzstrategien die Bedeutung nicht-technologischer Innovationen zu. Dies führt auch dazu, dass mit Fragen der Nutzereinbindung, der Etablierung von Nischen und Unternehmenshandeln ebenfalls Aspekte mit Prozesscharakter betont werden. Hinsichtlich der Indikatorenwahl bedeuten diese Entwicklungen, dass die typischerweise auf technologische Innovationen ausgerichteten Innovationsindikatoren für die Beschreibung von Öko-Innovationen an Gewicht verlieren.

4 Überlegungen zur Weiterentwicklung der Indikatorik für Innovation im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie

4.1 Anforderungen an die Indikatoren

Die vorangegangenen Überlegungen haben aufgezeigt, dass der Indikator der F&E-Intensität zwar nach wie vor als ein wichtiger Indikator angesehen wird, er aber an Aussagekraft verloren hat: Erstens wird neben Input-Faktoren auch die Bedeutung des damit verbundenen Innovationsoutputs verstärkt betont. Zweitens finden Innovationsaktivitäten immer stärker jenseits der traditionellen F&E-Einheiten statt, und damit steigt die Zahl zu berücksichtigender Akteure und Aktivitäten an. Besonders augenfällig ist dies bei den nicht-technologischen Innovationen, deren Bedeutung verstärkt ins Augenmerk rückt. Drittens werden prozedurale Aspekte betont, unter denen Innovationen entstehen (wie Nutzerorientierung, Einbezug von Stakeholdern, Schaffung von protective space). Viertens betonen die neue Missionsorientierung der Innovationspolitik und die Umweltdiskussion die Bedeutung der Richtung der Innovationen.

Aus diesen Gründen wird vorgeschlagen, die Indikatorik zur Messung des Gesamtniveaus von Innovation zu überdenken sowie durch eine Indikatorik zu ergänzen, die die gewünschte Richtung der Innovationen anzeigt.

Dabei muss die Indikatorenauswahl allerdings die Operationalisierbarkeit bezüglich der Datenlage sowie die Verknüpfung mit einer sinnvollen Zielbildung beachten, mit Hilfe derer der Fortschritt der Nachhaltigkeitsstrategie gemessen werden kann. Folgende idealtypischen Kriterien sind dabei von Bedeutung:

- Allgemeine wissenschaftliche Anforderungen, also Transparenz und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, müssen eingehalten werden.
- Der Einsatz der Indikatoren zur Verbesserung der Kommunikation erfordert eine gute Verständlichkeit. Dies bedeutet, dass ein allgemeiner Überblick gegeben werden soll, nicht hingegen auf Einzelprobleme eingegangen wird.
- Um als Hilfsmittel die Steuerung zu unterstützen, müssen die Indikatoren nicht nur verständlich sein, sondern auch von der Politik beeinflussbare Größen enthalten und Bezug zu den Zielen – z. B. den SDG - aufweisen. Gleichzeitig sollen die Indikatoren die im Zeitablauf auftretenden Änderungen des Betrachtungsgegenstands anzeigen.
- Hinsichtlich der Klarheit sollten Änderungen in den Indikatorenwerten möglichst direkt mit dem betrachteten Gegenstand in Verbindung stehen, ohne dass viele weitere Einflussgrößen zum Tragen kommen, die die Interpretation bezüglich der Steuerbarkeit erschweren. Insbesondere sollte darauf geachtet werden, dass durch solche zusätzlichen Einflussgrößen nicht Volatilitäten ausgelöst

werden, die zu erratischen Ausschlägen des Indikators nach oben oder unten führen.

- Hinsichtlich der Vollständigkeit sollten die Indikatoren den betrachteten Gegenstand möglichst umfassend beschreiben, ohne dass es zu großen Überschneidungen mit anderen Betrachtungsgegenständen kommt.
- Von Vorteil wäre eine internationale Kompatibilität der Daten, um die Einbettung in die internationale Diskussion und internationale Vergleiche zu erleichtern.
- Schließlich sollte sich der Aufwand für die Indikatorenbildung in Grenzen halten. Idealerweise sollten daher die Indikatoren auf bereits bestehenden Daten aufbauen und keinen neuen eigenständigen Unterbau erfordern.

4.2 Indikatoren zur Messung des Niveaus an Innovationen

Mit den in Kapitel 2 bereits aufgeführten Einschränkungen des Indikators F&E-Intensität stellt sich die Frage nach der Beurteilung von Alternativen. Der „State of the Art“ der Innovationsindikatorik weist in Richtung einer Verwendung von Innovationsindizes. Andererseits messen diese die Performance immer relativ zu anderen Ländern. Damit entwickelt sich das Ergebnis für das betrachtete Land nicht unabhängig vom Ergebnis anderer Länder. Dies hat gravierenden Einfluss auf die Klarheit und die gewünschte Steuerungsfunktion. Sie sind mit einem derartigen Indikator dann gegeben, wenn aus dem relativen Vergleich mit anderen Ländern auf den zu steuernden Sachverhalt geschlossen werden kann.

Kapitel 3 hat ergeben, dass der strategische Charakter von Innovation für die Erreichung der wirtschaftlichen Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie durch die Veränderungen der globalen Innovations- und Wettbewerbsprozesse noch an Bedeutung gewonnen hat, zugleich aber auch Aspekte eine größere Rolle spielen, die mit einem breiteren Innovationsverständnis kompatibel sind. Gleichzeitig spielen bei der Frage, in welchem Ausmaß die Innovation die wirtschaftlichen Ziele positiv beeinflussen kann, gerade relative Einschätzungen zu anderen Ländern eine wichtige Rolle (vgl. Abschnitt 3.1). Das im Fortschrittsbericht 2012 formulierte Ziel, durch Innovationen zukünftige Leitmärkte zu prägen, wird daher am ehesten durch ein Benchmarking angezeigt, wie er z.B. im deutschen „Innovationsindikator“ zu Grunde liegt. Aus diesem Grund sollte die Ersetzung des Schlüsselindikators „F&E-Intensität“ durch einen Innovationsindex angestrebt werden. Hierbei müsste auch jeweils diskutiert werden, welche Zielsetzung für Deutschland angestrebt wird. Sie könnte in der Formulierung eines Mindestplatzes (z. B. mindestens unter den Top 5) oder eines maximalen Abstandes zum führenden Land (z. B. höchstens 10 % Abstand zum führenden Land) liegen.

Eine Alternative zur Verwendung eines relativen Innovationsindex könnten zusätzliche Schlüsselindikatoren sein. Ein Blick auf die in Frage kommenden Indikatoren drängen sich vor allem transnationale Patente auf.² Trotz aller Einschränkungen sind Patente einer der gebräuchlichsten Innovationsindikatoren. Weiterführende Analysen haben auch aufgezeigt, dass ein signifikanter Anteil des patentierten Wissens nicht aus F&E-Aktivitäten stammt (Nagaoka et al. 2010), so dass dieser Indikator gegenüber der F&E-Intensität zusätzliche Informationen einbringt. Allerdings werden nicht alle Innovationen patentiert und das nicht nur im nicht-technologischen Bereich. Zudem werden auch zahlreiche Patente nie angewendet. Andererseits wird in Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit gerade transnationalen Patenten eine wichtige Bedeutung zugemessen, was im Hinblick auf die strategische Bedeutung für die wirtschaftlichen Ziele für sie spricht. Schließlich würde mit den Patenten die bisher inputzentrierte Betrachtung um einen outputorientierten Innovationsindikator ergänzt.

Patente könnten ähnlich wie die F&E-Ausgaben zu einer Patentintensität normiert werden. Hierfür werden eine Normierung an Bevölkerungszahlen oder Erwerbspersonen, aber auch am BIP durchgeführt. Letzteres wäre insofern von Vorteil, weil sich damit eine Kongruenz mit dem Indikator der F&E-Intensität ergeben würde. Bezüglich der Zielfestlegung müsste – ähnlich wie bei den F&E-Intensitäten – ein Zielwert festgelegt werden. Eine Normierung am BIP hätte hier den Vorteil, dass mit steigendem BIP die Zielerreichung automatisch eine Steigerung der absoluten Patentzahlen erfordern müsste. Mit dieser eingebauten Zieldynamisierung würde sich ein permanentes Nachjustieren der Zielgrößen erübrigen. Allerdings bestehen noch keine Erfahrungen mit entsprechenden Zielbildungen. Erste Kalkulationen der Patentintensität führen zum Ergebnis, dass diese von Anfang der 1990er Jahre bis Anfang der 2000er Jahre von etwa 6 transnationalen Patenten pro Milliarde Euro BIP (in Preisen von 2010) auf etwa 11 Patente pro Euro BIP gestiegen sind und seither um diesen Wert herum pendeln. Erratische Ausschläge nach oben oder unten sind nicht zu beobachten, so dass die Volatilität dieses Indikators sich in Grenzen hält. Eine Zielsetzung müsste für diesen Indikator einen anzustrebenden Wert festlegen. Würde man die durchschnittliche Entwicklung der letzten 20 Jahre bis 2030 fortschreiben, würde dies eine Steigerung der Patentintensität auf eine Größenordnung von etwa 15 Patenten pro Milliarde Euro BIP entsprechen. Bei gleichzeitiger Beibehaltung eines Ziels von 3 % für die F&E-Intensität würde dies zugleich einem Ziel der Steigerung der Innovationseffizienz entsprechen.

Neben vorwiegend technische Innovationen abbildenden Schlüsselindikatoren könnte auch die Erfassung von Unternehmenshandeln eine Möglichkeit sein, um stärker orga-

² Zum Konzept transnationaler Patente vgl. Frietsch und Schmoch 2010.

nisatorische und institutionelle Veränderungen zu messen. So spricht sich der Rat für Nachhaltige Entwicklung für die Verbreitung des Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK) aus. Insofern könnte der Anteil der Unternehmen, der sich zu der Einhaltung des DNK verpflichtet hat, als ein Indikator angesehen werden, um den Anteil der Unternehmen zu messen, die sich in besonderem Ausmaß einer nachhaltigen Entwicklung verschrieben haben. Zur Beurteilung der Steuerungswirkung dieses Indikators ist aber zweierlei zu bedenken: Erstens wären Aussagen erforderlich, welchen Stellenwert und welche Änderungen innerhalb des Unternehmens mit der Bekundung der Einhaltung des Nachhaltigkeitskodex einhergehen. Zweitens ist zu bedenken, dass der Nachhaltigkeitskodex zugleich auch im Zusammenhang mit der Umsetzung der CSR-Richtlinie gesehen werden muss. Nach dem juristischen Gutachten von Luther (2015) ermöglicht eine Orientierung am Nachhaltigkeitskodex zugleich die Erfüllung der Berichterstattungspflicht, und es ist zudem zu erwarten, dass die Berichtspflicht von den derzeit betroffenen Unternehmen auf weitere Unternehmen ausstrahlen wird. Entsprechend könnte die Orientierung am Deutschen Nachhaltigkeitskodex auf Grund der Berichtspflicht mehr und mehr zum Status Quo werden. Damit wird aber die zusätzliche Steuerungswirkung eines solchen Indikators, verstärkte Anstrengungen gegenüber dem Status-Quo anzuzeigen, deutlich eingeschränkt.

4.3 Indikatoren zur Messung der Richtung der Innovationen

Im Hinblick auf die zugenommene Bedeutung, die einer Richtung der Innovationen hin zu Öko-Effizienz sowohl in der allgemeinen Innovationspolitik als auch der Umweltpolitik zugemessen wird, wird die Ergänzung der Schlüsselindikatoren um auf umweltfreundliches Wirtschaften gerichtete Innovationsindikatoren empfohlen. Da hiermit in erster Linie gemessen werden soll, ob in Deutschland viele Innovationen zur Verbesserung der Umweltsituation erfolgen, steht hier allerdings nicht ein relativer Vergleich, sondern die Erreichung eines hohen Niveaus an Innovationen im Vordergrund. Im Unterschied zur Argumentation in Abschnitt 4.2 spielt daher der Vergleich mit anderen Ländern eine geringere Rolle. Folgende Optionen werden betrachtet:

- Indikator, der an den staatlichen F&E-Ausgaben für nachhaltigkeitspezifische Verwendungszwecke anknüpft;
- Indikator, der an nachhaltigkeitspezifischen Patentindikatoren anknüpft;
- Indikator, der an nachhaltigkeitsrelevanten Aktivitäten von Unternehmen anknüpft.

4.3.1 F&E-Ausgaben für spezifische Innovationsziele

F&E-Ausgaben für spezifische Innovationsbereiche bilden das Pendant zum bereits bestehenden Indikator zur Messung von Innovation allgemein. Staatlich finanzierte F&E-Ausgaben für Umwelt werden auch bereits im „Eco-Innovation Scoreboard“ als Indikator herangezogen. Die Beschränkung auf Ausgaben seitens des Staates ergibt sich aus Gründen der Datenverfügbarkeit. In der Systematik von Eurostat werden die Angaben nach der NABS (nomenclature for the analysis and comparison of scientific programs and budgets) klassifiziert, die unterschiedliche Forschungsziele widerspiegeln. Hierunter vertreten sind auch die F&E-Ausgaben, die spezifisch auf Energie, Umwelt, Verkehr und andere Infrastrukturen sowie Gesundheitsprojekte abzielen, also Bereiche, die bereits in der Nachhaltigkeitsstrategie adressiert werden bzw. Gegenstand der SDG sind. Einen großen Block bildet die aus der allgemeinen Hochschulfinanzierung alimentierte Grundlagenforschung, die thematisch nicht weiter aufgeteilt wird. Insofern wäre eine europäisch abgestimmte Datengrundlage vorhanden. Allerdings müssen europäische Vergleiche sehr vorsichtig interpretiert werden, da aufgrund einer unterschiedlichen Struktur der Forschungsförderung gerade auch die thematisch nicht aufgeteilten Positionen sehr zwischen den Ländern variieren.

Im deutschen Bundesbericht Forschung und Innovation (BUFI) werden für die Klassifikation der staatlich finanzierten F&E-Ausgaben neben der NABS-Klassifikation auch die Leistungsplansystematik des Bundes verwendet, die in ihrer neu überarbeiteten Fassung auch die Mittel des Bundes an die außeruniversitäre Forschung thematisch aufteilt. Ein Vorteil der Leistungsplansystematik ist ihre stärkere Aufteilung auf die thematischen Bereiche. Allerdings werden im Bundesbericht Forschung nur die F&E-Aufwendungen des Bundes nach dieser Leistungsplansystematik ausgewiesen. Zudem ist keine internationale Vergleichbarkeit gegeben. Diese Nachteile müssen mit der gegenüber der NABS höheren Auflösung abgewogen werden.

Sowohl bei der NABS als auch der Leistungsplansystematik erfolgt die Zuordnung nach dem Schwerpunktprinzip. Im BUFI wird explizit auf hieraus resultierende Unschärfen hingewiesen. Diese Problematik ist insbesondere auch angesichts der in Abschnitt 3.3 erläuterten Entwicklung des Charakters von Öko-Innovationen als hoch und im Zeitablauf sich verstärkend einzustufen, da Öko-Innovationen ja zunehmend gerade nicht mehr der traditionellen, eng abgrenzbaren Umwelttechnologie entsprechen.

Für die Normierung der Zielgröße könnte man sowohl den Anteil der staatlich geförderten F&E-Ausgaben für spezifische Ziele an den gesamten staatlich finanzierten zivilen F&E-Ausgaben oder - in Analogie zum bisherigen Schlüsselindikator - die Intensität staatlich geförderter F&E-Ausgaben für spezifische Forschungsziele, gemessen am BIP, heranziehen. Beim Heranziehen von Anteilen hängt der Indikatorwert auch von

der Entwicklung der gesamten staatlichen Ausgaben für F&E ab. Sinken die Ausgaben für die gesamte staatlich finanzierte F&E im gleichen Ausmaß wie die für die betrachteten Forschungsziele, bliebe der Indikator unverändert, obwohl die Förderung absolut absinkt. Andererseits sind beide Einflussgrößen direkter steuerbar als das BIP.

Inwiefern die staatlich geförderten F&E-Ausgaben zur Zielformulierung geeignet sind, hängt auch von ihrer Volatilität ab. Für vier Forschungsziele wurden daher sowohl die Intensitäten der staatlich geförderten F&E-Ausgaben seit 2006 als auch ihre Anteile an der gesamten staatlich finanzierten F&E-Förderung berechnet (vgl. Tabelle 3). In zwei Bereichen ist ein signifikanter Anstieg bei beiden Indikatoren zu verzeichnen, aber ohne dass es zu erratischen Ausschlägen nach oben oder unten kommt. Für die Zieldiskussion müsste in beiden Fällen ein Wert für den Indikator festgelegt werden. Sollte als Ziel die realisierte Steigerung zwischen 2011 und 2014 z. B. bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben werden, würden sich Zielwerte der F&E-Intensität für die vier betrachteten Bereiche zusammen in der Größenordnung von 0,25 % des BIP bzw. ein Anteil an den gesamten staatlich finanzierten F&E-Ausgaben in der Größenordnung von 25 % ergeben. Allerdings ist bei einer derartigen Zielfestlegung auf den in Abschnitt 2.3 thematisierten abnehmenden Grenznutzen von F&E allgemein zu verweisen. Informationen darüber, was eine sinnvolle Größe für die F&E in einzelnen Bereichen ist, ab denen es zu einer Abnahme des Grenznutzens kommt, und ob dieser Zusammenhang für die beispielhaft genannten Zielwerte relevant ist, liegen nicht vor. Allerdings ist darauf zu verweisen, dass bei Öko-Innovationen die Begründung für die Förderung der Innovationsstätigkeit gegenüber normalen Innovationen noch stärker ausfällt, da zusätzlich zu der Externalität der Forschungserträge auch Umweltexternalitäten vorliegen. (Rennings 2000). Insofern kann durchaus argumentiert werden, dass gerade bei Öko-Innovationen ein vergleichsweise höheres Ausmaß an staatlicher F&E-Förderung angebracht sein dürfte.

Die in den vorangegangenen Ausführungen vorgestellten Nachteile der F&E-Intensität gelten zunächst auch analog für die F&E-Intensität einzelner Teilbereiche. Allerdings fallen diese Nachteile dann weniger ins Gewicht, wenn mit dem Indikator vor allem angezeigt werden soll, ob die Innovationsaktivitäten verstärkt in die gewünschten Feldern gelenkt werden. Allerdings spricht dieses Argument auch dafür, als Normierung die gesamten staatlich finanzierten zivilen F&E-Ausgaben heranzuziehen, und nicht die Intensität gemessen am BIP.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
F&E-Intensität (gemessen am BIP)									
Umweltschutz	0,023%	0,023%	0,023%	0,026%	0,025%	0,024%	0,025%	0,025%	0,025%
Energie	0,021%	0,026%	0,028%	0,036%	0,034%	0,034%	0,039%	0,046%	0,045%
Transport u. a. Infrastrukturen	0,013%	0,014%	0,013%	0,015%	0,014%	0,013%	0,013%	0,013%	0,013%
Gesundheits- projekte	0,033%	0,035%	0,034%	0,041%	0,039%	0,041%	0,046%	0,045%	0,046%
Anteil an den staatlich finanzierten zivilen F&E-Ausgaben									
Umweltschutz	3,3%	3,4%	3,2%	3,1%	2,9%	2,8%	3,0%	2,9%	2,9%
Energie	3,1%	3,8%	3,9%	4,3%	4,0%	4,0%	4,6%	5,4%	5,3%
Transport u. a. Infrastrukturen	1,9%	1,9%	1,8%	1,8%	1,7%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Gesundheits- projekte	4,8%	5,0%	4,6%	4,9%	4,6%	4,8%	5,5%	5,2%	5,4%

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI auf Basis von Daten von Eurostat

Tabelle 3: Intensität staatlich finanzierter F&E-Ausgaben in Deutschland, gemessen am BIP (in Preisen von 2010)

4.3.2 Patentindikatoren für spezifische Innovationsziele

Mit Patenten wird im Gegensatz zu F&E-Aufwendungen nicht der Input, sondern der Output des Innovationsprozesses angezeigt. Bei Indikatoren, die nicht nur Niveau, sondern die Richtung des Innovationsprozesses beschreiben, besteht immer das Problem der inhaltlichen Abgrenzung. Bei Patentindikatoren können die Klassifikations-schemata vergleichsweise flexibel auf das Zielobjekt ausgerichtet werden. Insbesondere gegenüber Produktions- und Außenhandelsdaten, aber auch gegenüber einer auf vorbestimmten Kategorien fußenden F&E-Ausgabenstatistik, weisen Patentdaten Vorteile auf. Da es im Eigeninteresse der Patentanmelder liegt, ihre Patentansprüche möglichst breit zu formulieren, lassen sich aber auch bei einer derartigen Abgrenzung Unschärfen nicht vermeiden, da die so identifizierbaren Patente durchaus auch für andere thematische Felder relevant sein können.

Im Hinblick auf den Bezug zu den Bereichen der Nachhaltigkeitsstrategie wird vorgeschlagen, die zu Grunde liegende Patentklassifikation bezüglich der wichtigen umwelt-relevanten Technologien in den Infrastrukturen Energie, Wasser und Verkehr (inklusive Energie- und Materialeffizienz) auszurichten. Hierdurch würden zugleich zahlreiche in der Nachhaltigkeitsstrategie thematisierten Umweltprobleme wie Klimawandel, Luft-reinhaltung und Eutrophierung, Ressourcenverbrauch etc. adressiert.

Im Hinblick auf die Patentämter, bei denen die Patente angemeldet werden, könnte auf eine rein nationale Sicht (Deutsches Patentamt) oder auch auf die bereits in den vori-gen Abschnitten erwähnten transnationalen Patente zurück gegriffen werden.

Für die so ausgewählte Grundgesamtheit an umweltrelevanten Patenten gibt es verschiedene Optionen der Indikatorenbildung:

- a) Anteil der umweltrelevanten Patente in Deutschland an allen deutschen Patenten; als Zieldimension könnte eine Steigerung dieses Anteils formuliert werden.
- b) Patentintensität bei umweltrelevanten Patenten (z. B. umweltrelevante Patente je Einheit BIP oder je Einwohner); Zieldimension könnte dann ein vorgegebener Wert oder eine Steigerungsrate sein.
- c) Weltanteil Deutschlands bei umweltrelevanten Patenten; als Zieldimension wäre ein konkreter Wert zu definieren.
- d) Patentspezialisierung Deutschlands bei umweltrelevanten Patenten: Dieser Indikator gibt an, ob Deutschland im Bereich der Umweltpatente aktiver ist als im Durchschnitt aller Patente. Als Zieldimension könnte ein Spezialisierungswert definiert werden (z. B.: Deutschlands Weltanteil bei den umweltrelevanten Patenten soll 150 % des Anteils bei allen Patentklassen betragen).

Während bei den beiden ersten Alternativen Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der gewählten Patentämter besteht, legen die beiden letzten Alternativen eine transnationale Patentbasis nahe. Bei Alternative C) und D) hängt das Ergebnis auch von Entwicklungen im Ausland ab. Wenn sich die Anzahl der Patente in Deutschland nach oben bewegt, im Ausland dies aber noch stärker der Fall ist, würde der Indikatorwert für Deutschland bei Alternative C) zwangsläufig - und der Tendenz nach auch bei Alternative D) - absinken. Andererseits kann gerade bei transnationalen Patenten auch die Wettbewerbssituation Deutschlands mit betrachtet und damit eine Zusatzinformation eingeholt werden.

Bei Alternative A) hängt die Entwicklung ebenfalls von der Entwicklung in allen anderen Patentklassen ab. Ein deutscher Patentschub in anderen (patentintensiven) Bereichen könnte also zu einem Absinken des Indikators führen. Dies entspricht der im vorigen Abschnitt diskutierten Problematik bei der Interpretation des Indikators „Anteil von staatlich finanzierten F&E-Ausgaben an den staatlichen zivilen F&E-Ausgaben“. Gleichzeitig ist zu bedenken, dass die Patententwicklung stärker von privaten Entscheidungen abhängt als die staatlichen Forschungsausgaben, so dass entsprechende Effekte auch politisch schwerer steuerbar sind.

Um einen Eindruck über die Aussagekraft der Indikatorenvorschläge zu gewinnen, wurden die transnationalen Patente Deutschlands herangezogen. Als Abgrenzung wurden zwei Alternativen berücksichtigt: Eine engere Abgrenzung umfasst die wichtigen umweltrelevanten Technologien in den Infrastrukturen grünes Energieangebot, Wasser, Verkehr (nur alternative Antriebe und Eisenbahnen) sowie Kreislaufwirtschaft. In einer weiteren Abgrenzung wurden zusätzlich noch die für eine rationelle Energie-

nutzung sowie für Rohstoffeffizienz relevanten Patente einbezogen, die aber deutlich weniger eng abgegrenzt sind und zahlreiche Schnittmengen mit generellen Innovationen in der Produktion aufweisen.

Die Ergebnisse für die vier vorgestellten Indikatorenoptionen sind für beide Abgrenzungsalternativen in Tabelle 4 dargestellt. Die Unterschiede zwischen der engeren und breiteren Abgrenzung zeigen sich vor allem beim Niveau der Patentintensität und dem Anteil der betrachteten Patente an allen deutschen Patenten. Hier liegt die breitere Abgrenzung in etwa um 150 % über dem Niveau der engeren Abgrenzung. Der zeitliche Verlauf ergibt bei allen Indikatoren ein vergleichbares Muster: Der Anteil an allen deutschen Patenten hat bis Anfang der 2000er Jahre abgenommen und seither wieder zugenommen. In der engeren Abgrenzung ergibt sich auch ein gegenüber dem Ausgangsjahr gestiegener Prozentsatz. Dies kann v. a. auf die Entwicklung bei den erneuerbaren Energietechnologien zurückgeführt werden, deren Entwicklung in der engeren Abgrenzung stärker durchschlägt als in der breiteren. Bei der Patentintensität macht sich diese Entwicklung durch eine Stagnation der Zunahme in der ersten Hälfte der 2000er Jahre bemerkbar, um danach wieder anzusteigen. Der Anteil Deutschlands ist bis Anfang der 2000er Jahre deutlich abgesunken. Hier kommen sinkende Bedeutung der umweltrelevanten Patente innerhalb Deutschlands und ein generell mit der Globalisierung einhergehender absinkender Anteil Deutschlands an der weltweiten Patentaktivität insgesamt einher. Bei der Patentspezialisierung wird letzter Effekt analytisch ausgeblendet, so dass sich eine zunächst sinkende – aber noch immer positive – und dann eine wieder ansteigende Spezialisierung Deutschlands ergibt. Insgesamt zeigen diese Beispiele auf, dass die Wahl der Abgrenzung und Spezifizierung zu keinen grundlegend anderen Signalen führt, wohl aber unterschiedliche Zusammenhänge in den Interpretationen mit berücksichtigt werden müssen.

	1991	1994	1997	2000	2003	2006	2009	2011	2012
	Engere Abgrenzung								
Anteil an allen deutschen Patenten	7,9%	8,1%	6,8%	7,3%	6,0%	6,7%	9,3%	10,2%	9,3%
Patentintensität (BIP in Preisen von 2010)	0,49	0,55	0,63	0,85	0,71	0,86	1,17	1,22	1,04
Anteil DE an weltweiten Patenten	21,7%	22,4%	20,9%	19,1%	15,0%	16,7%	17,5%	15,7%	14,3%
Patentspezialisierung DE (RPA)	18	19	13	11	-10	7	11	13	13
	Breitere Abgrenzung								
Anteil an allen deutschen Patenten	22,0%	22,9%	20,0%	19,3%	17,6%	18,0%	23,0%	23,1%	22,0%
Patentintensität (BIP in Preisen von 2010)	1,38	1,56	1,85	2,24	2,10	2,31	2,89	2,75	2,46
Anteil DE an weltweiten Patenten	21,0%	22,1%	20,9%	19,6%	17,4%	18,5%	19,2%	16,2%	15,0%
Patentspezialisierung DE (RPA)	15	17	13	13	5	17	20	16	17

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle 4: Innovationsindikatoren zu transnationalen deutschen Patenten in einer engeren und breiteren Abgrenzung von umweltrelevanten Patenten

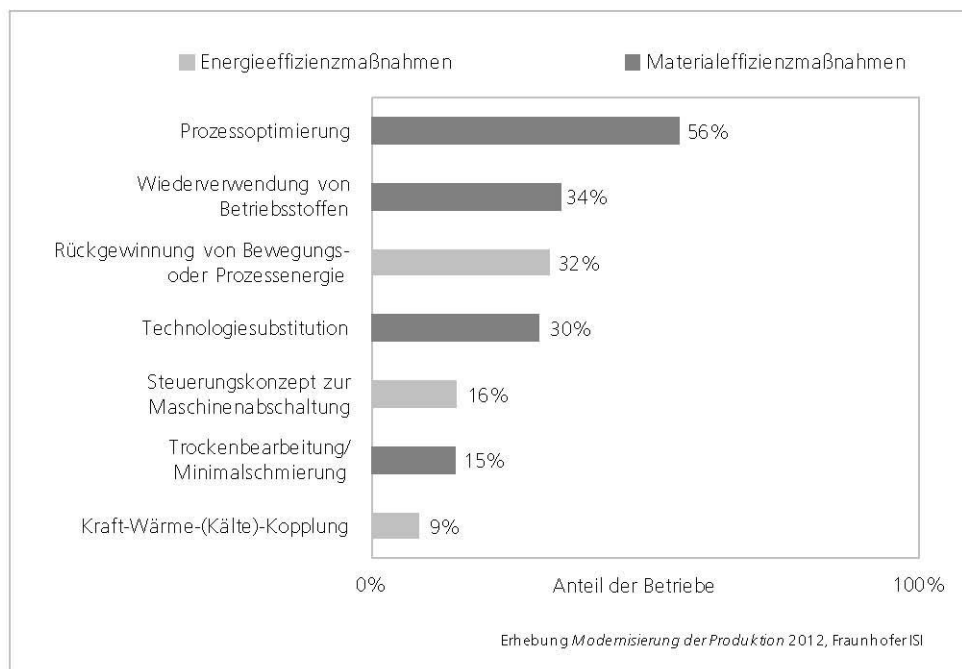
4.3.3 Indikatoren zu nachhaltigkeitsrelevanten Aktivitäten und Einstellungen von Unternehmen und Konsumenten

Sowohl in Kapitel 2 als auch 3 wurde auf die Bedeutung weiterer Akteure im Innovationssystem und den zunehmenden Stellenwert nicht-technischer Innovationen verwiesen. Auch wurde eine steigende Bedeutung von prozeduralen Aspekten festgehalten. Die in Abschnitt 4.3.1 und 4.3.2 diskutierten Innovationsindikatoren weisen bezüglich dieser Dimensionen Probleme hinsichtlich der Vollständigkeit auf. Daher ist es wichtig, weitere Ansätze zu eruieren. Im Folgenden werden drei Optionen kurz vorgestellt:

- Indikatoren, die aus Unternehmensbefragungen gewonnen werden können,
- Indikatoren, die die Anwendung prozeduraler Praktiken in Unternehmen skizzieren, sowie
- Ansätze, die stärker auf die Nutzerperspektive und die Messung sozialer Innovationen ausgerichtet sind.

Indikatoren, die umweltrelevante Innovationsaktivitäten von Unternehmen beschreiben, können aus Befragungen oder statistisch erfassbaren Merkmalen von Unternehmen gewonnen werden. Bei den Befragungen wurde bereits auf den „Community Innovation Survey“ bzw. die Innovationserhebung im Produzierenden Gewerbe verwiesen. Abbil-

Abbildung 6 verdeutlicht, welche Indikatoren typischerweise aus derartigen Befragungen gewonnen werden können. Hauptschwierigkeit ist dabei die bisher fehlende Kontinuität derartiger Befragungen. Auch ist die Aussagefähigkeit der Befragungsergebnisse schwierig zu beurteilen, da aus den Antworten nicht abgeleitet werden kann, ob es sich um eine für die Umweltwirkung sehr bedeutsame Innovation handelt. Auch ist bezüglich der Kommunikation der Ergebnisse kritisch anzumerken, dass die Aggregation zu einem Schlüsselindikator Probleme bereitet.



Quelle: Mattes et al. 2015

Abbildung 6: Ergebnisse aus der Befragung „Modernisierung der Produktion“ hinsichtlich Vornahme von Energie- und Materialeffizienzmaßnahmen

Prozedurale Aspekte, die über die Beschäftigung mit dem Thema Umwelt Auskunft geben und insofern organisatorische und institutionelle Innovationen anzeigen, können mit Indikatoren erfasst werden, die die Verwendung von Managementsystemen anzeigen. So zielt ein betriebliches Umweltmanagementsystem darauf ab, die umweltrelevanten Prozesse des Unternehmens kontinuierlich zu verbessern. Gleichzeitig ließe sich erwarten, dass insbesondere innovative Unternehmen auch eher bereit sind, ein derartiges Instrumentarium einzusetzen, um damit weitere Möglichkeiten für Öko-Innovationen in ihrem Unternehmen zu identifizieren. Mit dem "Eco-Management and Audit Scheme (EMAS)" steht ein europäischer Standard zur Verfügung, nach dem Unternehmen ihr Umweltmanagementsystem zertifizieren lassen können. Im Rahmen

einer EMAS-Zertifizierung wird auch zusätzlich explizit der Weg zur Umsetzung der Ziele (Management und Organisation) zertifiziert. Zu den inhaltlichen Anforderungen der EMAS gehört, dass direkte und indirekte Umweltwirkungen erfasst werden. Die Berücksichtigung der indirekten Umweltwirkungen führt zu einer umfassenden Einschätzung der Umweltwirkungen der Organisation, da z. B. auch ökologische Probleme, die in der Vorleistungskette bei Lieferanten anfallen, berücksichtigt werden. Im Rahmen des EU-Öko-Audit müssen die Teilnehmer in regelmäßigen Abständen eine Umwelterklärung veröffentlichen, deren Inhalte im Rahmen der 2010 in Kraft getretenen EMAS-III-Verordnung (EG-Verordnung 1221/2009) nochmals konkretisiert wurden, um eine möglichst einheitliche und übersichtliche Darstellung zu gewährleisten. Insgesamt zielt EMAS unter den vergleichbaren Systemen auf die jeweiligen Top-Performer ab. Nach Angaben des Umweltgutachterausschusses sind derzeit (Stand: Dezember 2015) 1.211 Organisationen in Deutschland EMAS-zertifiziert. Die meisten zertifizierten Unternehmen stammen nach wie vor aus dem verarbeitenden Gewerbe, aber in den letzten Jahren hat auch die Zahl der Dienstleistungsunternehmen und der Organisationen aus dem öffentlichen Sektor deutlich zugenommen. Andererseits können auch bei Verwendung eines Indikators „Anteil von EMAS-zertifizierten Unternehmen“ Interpretationsprobleme auftreten. So ist die Anwendung von EMAS nicht notwendigerweise gleichbedeutend mit einem hohen Ausmaß an Öko-Innovationen, da sich durch das Umweltmanagementsystem auch Umweltverbesserungen identifizieren lassen, die einen nur geringen Neuigkeitscharakter aufweisen. Zusätzlich gibt es Bestrebungen, durch Gewährung administrativer Vorteile die Verbreitung von EMAS zu erhöhen. Damit muss aber zugleich bedacht werden, dass die Aussagekraft dieses Indikators bezüglich der Bereitschaft, Vorreiter bei Öko-Innovationen zu sein, noch weiter nachlassen könnte, da sich die Motivation von der Identifikation von neuen Verbesserungsmöglichkeiten hin zur Erlangung der gewährten Vorteile verschieben könnte.

In Abschnitt 3.3 wurde auf die Bedeutung der Veränderung des Unternehmenshandelns insgesamt verwiesen. Einen Ansatz für eine alternative Wirtschaftsweise, einschließlich einer alternativen Unternehmensbilanzierung stellt die Gemeinwohl-Ökonomie³ dar. Die Gemeinwohl-Ökonomie bezeichnet ein Wirtschaftssystem, das sich an gemeinwohlfördernden Zielen ausrichtet. Zur Umsetzung auf Unternehmensebene wird eine Gemeinwohl-Bilanz entwickelt. Aktuell haben sich rund 1.900 Unternehmen als Unterstützer der Gemeinwohl-Ökonomie eingetragen. Eine freiwillige Gemeinwohl-Bilanz wurde von ca. 250 Unternehmen veröffentlicht. Mindestens ebenso viele Betriebe beabsichtigen die Einführung bzw. sind im Erstellungsprozess. Aller-

³ siehe z.B. <https://www.ecogood.org/>

dings ist die Gemeinwohl-Bilanz noch sehr jung⁴ und institutionell weniger etabliert als z. B. EMAS, was zugleich dagegen spricht, ihn als Schlüsselindikator heranzuziehen.

Für Innovationen relevantes Akteursverhalten beschränkt sich nicht auf den gewerblichen Bereich. Bei der Frage nach Treibern für den Wandel zu einer nachhaltigen Wirtschaft spielt auch die Nachfrageseite eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Für eine Nachhaltigkeitsindikatorik sind damit die Perspektive der Bevölkerung im Allgemeinen und der Konsumenten im Speziellen relevant.

Aus Sicht der Einstellung der Bevölkerung existieren Befragungsergebnisse, aus denen die Bedeutung des Umweltschutzes für die Bevölkerung abgeleitet werden kann. Aus Sicht der Konsumforschung könnte die Relevanz nachhaltigen Konsumverhaltens und die Bedeutung der verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen sowie einzelner Bewertungskriterien innerhalb der Dimensionen für die Kunden ein wichtiger Indikator sein. Auch der Nachhaltigkeitsrat hat mit seiner Initiative „Der Nachhaltige Warenkorb“ ja selbst bereits die Bedeutung dieser Dimension erkannt.

In den letzten Jahren haben auch Bemühungen begonnen, soziale Innovationen messbar zu machen (vgl. Reeder 2012; Krlev et al. 2014). Allerdings hat sich noch keine klare Abgrenzung und Vorgehensweise herauskristallisiert. Auch zeigt eine Liste möglicher Indikatoren von Krlev et al. (2014) auf, dass noch erhebliche Datenlücken bestehen. Erschwerend kommt hinzu, unter den verschiedenen sozialen Innovationen diejenigen zu identifizieren, die spezifisch auf die gewünschte Innovationsrichtung wirken. In diesem Themenfeld besteht noch deutlicher Forschungsbedarf.

Insgesamt ist hinsichtlich der Indikatoren zu nachhaltigkeitsrelevanten Aktivitäten und Einstellungen von Unternehmen und Konsumenten folgendes festzuhalten: Es gibt gerade aus Befragungen zahlreiche interessante Einzelindikatoren. Allerdings ist bei derartigen Indikatoren die Kontinuität im Zeitablauf nicht immer gewährleistet. Auch hinsichtlich prozeduraler Aspekte gibt es Ansätze für Einzelindikatoren. Bei allen diesen Ansätzen besteht ein gemeinsames Problem darin, dass sie zwar interessante Einzelaspekte thematisieren, aber die Frage nach einem einfach zu kommunizierenden und zugleich inhaltlich aussagekräftigen Schlüsselindikator noch unbeantwortet ist.

⁴ Die GWÖ-Bewegung wurde 2010 gegründet.

5 Schlussfolgerungen

Die vorangegangenen Ausführungen haben folgende Entwicklungstendenzen aufgezeigt:

- Innovation weist eine hohe, eher noch zunehmende strategische Bedeutung für die Nachhaltigkeitsziele auf.
- Mehr und mehr wird zu einem breiten Innovationsbegriff übergegangen, bei dem neben der Wissenschaft und industriellen Forschungseinheiten weitere Akteure und nicht-technische Innovationen an Bedeutung gewinnen.
- Die F&E-Ausgaben sind nach wie vor ein wichtiger Innovationsindikator, der aber mit abnehmender Erklärungskraft verbunden ist.
- Die Richtung der Innovationstätigkeit hat zunehmende Bedeutung erhalten, was für die Ergänzung von Indikatoren über das Niveau von Innovationen durch solche über ihre Richtung spricht.

Auf Basis dieser Entwicklungen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen für eine kurz- bis mittelfristige Anpassung der verwendeten Indikatoren: *Erstens* wird bezüglich des Niveaus der Innovationen vorgeschlagen, an Stelle der F&E-Intensität einen Innovationsindex heranzuziehen. Als Second-best Lösung sollte zumindest die Ergänzung der F&E-Intensität um Patente und damit um einen outputorientierten Innovationsindikator vorgenommen werden. *Zweitens* sollte das System der Nachhaltigkeitsindikatoren kurzfristig um auf Öko-Innovationen ausgerichtete F&E- und Patentindikatoren ergänzt werden, die auf die Abbildung der Richtung der Innovation abzielen. *Drittens* sollte mittelfristig angestrebt werden, diese beiden Indikatoren zu Öko-Innovationen um solche aus dem Bereich des Unternehmenshandelns zu ergänzen. Von den diskutierten Ansätzen sollte der Etablierung von regelmäßigen Unternehmensbefragungen zu Öko-Innovationen die höchste Priorität zugesprochen werden. Hierzu ist es kurzfristig erforderlich, die Integration entsprechender Fragen zur Bedeutung von Öko-Innovationen als Standardset in regelmäßig stattfindende Unternehmensbefragungen anzustoßen.

Der Übergang zu einer Transformation ganzer Wertschöpfungsketten und Sektoren stellt die ambitionierteste Umgestaltung in Richtung Green Economy dar. Diese Umgestaltung kombiniert technische, organisatorische und soziale Innovationen. Im Sinne der Transitionsforschung führen diese Innovationen in ihrer Gesamtheit dazu, dass ein Übergang zu einem neuen sozio-technischen Regime erfolgt und bestehende Pfadabhängigkeiten überwunden werden. Für das Verständnis und die Unterstützung dieser Prozesse zentral ist die Frage, ob bzw. inwieweit sich diese Transitionen bereits beobachten lassen. Hierfür erforderlich ist ein Indikatorensystem für Transformationen hin zu einer Green Economy. Ein solches Indikatorensystem sollte zwar auch Indikatoren zur Beobachtung und Klassifikation von Innovationsaktivitäten beinhalten, geht aber

weit darüber hinaus. Es muss sowohl Indikatoren aus dem Spannungsfeld von Konsum und Bereitschaft zu sozialen Innovationen umfassen als auch strukturelle Bedingungen für Wandlungsprozesse anzeigen. Dass die Diskussion um eine Metrik von nachhaltigen Konsumententscheidungen und sozialen Innovationen erst am Anfang steht, wurde bereits in Abschnitt 4.3. erwähnt. Hinzu kommt, dass es allenfalls bruchstückhaft Ansätze gibt, die stärker auf die Indikation der Wandlungsprozesse abzielen und mit Indikatoren Transitionsprozesse erfassen wollen (vgl. z.B. Walz und Köhler 2014). Als *vierte* zentrale Schlussfolgerung wird daher vorgeschlagen, die mittel- bis langfristige Aufgabe einer Etablierung eines Indikatorensystems für Transformationen hin zu einer Green Economy anzugehen. Hierzu sind vorbereitende Forschungsarbeiten erforderlich, mit denen kurzfristig begonnen werden sollte.

Durch die Verwendung eines breiteren Innovationsbegriffs kommt es zu einer noch stärkeren Integration von Innovations- und Fachpolitiken. Bereits in Abschnitt 3.2 wurde darauf hingewiesen, dass hieraus auch die Problematik einer Abgrenzung zwischen den Politiken erwächst. Im Hinblick auf das Gesamtgerüst der Indikatoren in der Nachhaltigkeitsstrategie sind hieraus resultierende Abgrenzungsprobleme zu beachten. Die Beziehung zwischen Innovation und Nachhaltigkeitsbereichen war ursprünglich unidirektional angedacht: Gesteigerte Innovation soll die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele erleichtern. Mit einem modernen Innovationsverständnis wird auch diese strategische Beziehung komplexer. Bei einem systemischen Innovationsverständnis wird mit der Betonung von Nachfrageseite und den Aktivitäten von weiteren Akteuren die strategische Beziehung zwischen Innovation und den thematischen Bereichen zu einem rückgekoppelten Prozess. So beeinflusst die Erreichung von Umweltzielen wiederum Richtung und Geschwindigkeit von Innovation. Damit gewinnen thematische Nachhaltigkeitsindikatoren zugleich auch Bedeutung für die Erklärung und Beschreibung von Innovation mit Innovationsindikatoren. Die Nachhaltigkeitsstrategie mit ihren unterschiedlichen Bereichen und Zielen muss also immer stärker als ein gesamthafte, sich gegenseitig beeinflussendes System interpretiert werden. Als *fünfte* wichtige Schlussfolgerung ist daher festzuhalten, dass die Aufbereitung und Kommunikation der Nachhaltigkeitsstrategie diese systemhaften Zusammenhänge aufgreifen und dadurch die interne Logik der einzelnen Bereiche noch stärker verdeutlichen sollte.

6 Literatur

- Acataech; BDI; Fraunhofer ISI; ZEW (2015): Innovationsindikator 2015. Acatech/BDI, Berlin.
- Amable, B.; Verspagen, B. (1995): The role of technology in market shares dynamics. *Applied Economics*, Vol. 27, 1995, S. 197-204.
- Andersson, M.; Ejermo, O. (2008): Technology specialization and the magnitude and quality of exports. *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 17, 2008; S. 355-375.
- Aoiki-Suzuki, C. (2015): Green Economy and Green Growth in international trends of sustainability indicators. In: Managi, S. (Hrsg.): *The Economics of Green Growth. New Indicators for Sustainable Societies*. Routledge, London, S. 7-30.
- Archibugi, D.; Coco, A. (2005): Measuring technological capabilities at the country level: a survey and a menu for choice. *Research Policy* 34 (2), S. 175–194.
- Archibugi, D. et al. (2009): The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators. *Technological Forecasting and Social Change* 76, S. 917-931.
- Beise, M. (2004): Lead markets: country specific drivers of the global diffusion of innovations. *Research Policy*, Vol. 33, 2004, S. 997-1028.
- BMBF (2014): Die neue Hightech-Strategie. Innovationen für Deutschland. Berlin 2014.
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin 2012.
- Bundesregierung (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Fortschrittsbericht 2012. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Berlin.
- Bundesregierung (2015): Umweltbericht der Bundesregierung 2015, Berlin, 12.10.2015.
- Carlsson, B.; Jacobsson, S.; Holmen, M.; Rickne, A. (2002): Innovation systems: Analytical and methodological issues. *Research Policy* 31, S. 233-245
- Dachs, B.; Dinges, M.; Weber, M.; Zahradnik, G.; Warnke, P.; Teufel, B. (2015): Herausforderungen und Perspektiven missionsorientierter Forschungs- und Innovationspolitik. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 12-2015. AIT/Fraunhofer ISI, Wien/Karlsruhe.

- David, P.; Foray, D. (1995): Accessing and expanding the science and technology knowledge base. *STI Review* 16, S. 16-38.
- Dosi, G.; Soete, L. (1988): Technical change and international trade, in: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (eds.): *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London, 1988.
- Edler, J.; Georghiou, L. (2007): Public procurement and innovation - Resurrecting the demand side. *Research Policy* 36, S. 949-963.
- EFI (2015): *EFI-Gutachten 2015*. Expertenkommission für Forschung und Innovation, Berlin.
- EFI (2016): *EFI-Gutachten 2016*. Expertenkommission für Forschung und Innovation, Berlin.
- Fagerberg, J. (1988): International Competitiveness. *The Economic Journal*, 98 (June), S. 355-374.
- Fagerberg, J.; Srholec, M.; Verspagen, B. (2010): Innovation and Economic Development. In B., Hall, & N., Rosenberg (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation*. Vol. II. North Holland, S. 833-872
- Freeman, C.; Soete, L. (2009): Developing science and technology indicators: What can we learn from the past? *Research Policy*, Vol. 38, S. 583-589.
- Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational patents and international markets. *Scientometrics* 82, S. 185-200.
- Gassler, H.; Polt, W.; Rammer, C. (2006): Schwerpunktsetzung in der Forschungs- und Technologiepolitik – eine Analyse der Paradigmenwechsel seit 1945. *Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaften* 35 (1), S. 7-23.
- Gehrke, B.; Schasse, U.; Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F. (2015): *Innovationsmotor Umweltschutz. Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studie des NIW und Fraunhofer ISI. Reihe Umwelt-Innovation-Beschäftigung des BMUB/UBA Nr. 05/2015*, Dessau-Rosslau.
- Greenhalgh, C.; Mavrotas, G.; Wilson, R. (1996): Intellectual property, technological advantage and trade performance of UK manufacturing industries. *Applied Economics* 28, No. 5, S. 509-519.
- Grossman, G. M.; Helpman, E. (1991): Quality Ladders and Product Cycles. *Quarterly Journal of Economics* 106, S. 557-586.

- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels, Springer, Heidelberg.
- Horbach, J.; Oltra, V.; Belin, J. (2013): Determinants and Specificities of Eco-Innovations Compared to Other Innovations-An Econometric Analysis for the French and German Industry Based on the Community Innovation Survey. *Industry and Innovation* 20 (6), S. 523-543.
- Horbach, J.; Rammer, C.; Rennings, K. (2012): Determinants of eco-innovations by type of environmental impact - The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics* 78, S. 112-122.
- Jänicke, M.; Lindemann, S. (2010): Governing Environmental Innovation. *Environmental Politics* 19 (1), S. 127-141.
- Kline, S.J.; Rosenberg, N. (1986): "An overview of innovation." In R. Landau & N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, D.C.: National Academy Press, S. 275–305.
- Köhler, J.; Walz, R.; Marscheider-Weidemann, F. (2014): Eco-Innovation in NICs: Conditions for Export Success With an Application to Biofuels in Transport. *Journal of Environment and Development* Vol. 23 (1), March 2014, S. 133-159.
- Krlev, G.; Bund, E.; Mildenerberger, G. (2014): Measuring What Matters – Indicators of Social Innovativeness on the National Level. *Information Systems Management* 31, S. 200-224.
- Krugman, P. (1979): A model of innovation, technology transfer, and the world distribution of income. *Journal of Political Economy*, 87, S. 253–266.
- Lucas, R.E. (1988): On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* 22 (1), S. 3-42.
- Lundvall, B.-A. et al. (2002): National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy* 31, S. 213-231.
- Lundvall, B.-A.; Borrás, S. (2005): Science, Technology, and Innovation Policy. In: Fagerberg, J. et al. (eds): *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford, S. 599-632.

- Luther (2015): Untersuchung zur Umsetzung der „CSR-Richtlinie“ in Deutschland unter Berücksichtigung der Initiative „Deutscher Nachhaltigkeitskodex“. Gutachterliche Stellungnahme der Luther Rechtsberatung erstellt im Auftrag der Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH und dem Rat für nachhaltige Entwicklung, Düsseldorf, 21.5.2015.
- Madsen, J.B. (2008): Innovations and manufacturing export performance in the OECD countries. Oxford Economic Papers Vol. 60 S. 143-167.
- Mattes, K.; Lerch, C.; Jäger, A. (2015): Ressourceneffiziente Produktion jenseits technologischer Lösungen. Der Beitrag organisatorischer Instrumente bei der erfolgreichen Umsetzung einer energie- und materialeffizienten Produktion. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Ausgabe 69, Dezember 2015.
<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/i/de/pi-mitteilungen/PI-69.pdf>
- Mazzucato, M.; Cimoli, M.; Dosi, G.; Stiglitz, J.E.; Landesmann, M.A.; Pianta, M.; Walz, R.; Page, T. (2015): Which Industrial Policy does Europe Need? Intereconomics 50 (3), S. 120-155.
- Mowery, D.; Nelson, R.; Martin, B. (2010): Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). Research Policy 39 (8), S. 1011-1132.
- Nagaoka, S.; Motohashi, K.; Goto, A. (2010): Patent Statistics As An Innovation Indicator. In: Hall, B. and Rosenberg, N. (Hrsg.): Handbook of Economics of Innovation, Band 2., Elsevier, Amsterdam, S. 1083-1127.
- OECD (1981): The measurement of scientific and technical activities. Frascati-Manual. OECD, Paris.
- OECD (1992): The measurement of scientific and technical activities. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual. OECD, Paris.
- OECD; Worldbank (2015): Inclusive Global Value Chains. Report Prepared for G20 meeting 6 October 2015, Paris and Washington D.C.
- Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F.; Rothengatter, O. (2015): Nutzung von Patentinformationen für die Weiterentwicklung der umweltökonomischen Statistiken. Abschlussbericht an das Statistische Bundesamt im Rahmen des Projekts „Patentabfrage zur Bestimmung künftiger Umweltschutztechnologien“, Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

- Rennings, K. (2000): Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics* 32, (2), S. 319–332.
- Polt, W.; Berger, M.; Gassler, H.; Schiffbänker, H.; Reidl, S. (2014): Breites Innovationsverständnis und seine Bedeutung für die Innovationspolitik. Arbeitsdokument Gesschäftsstelle SWIR 1/2014, Bern.
- Quitrow, R.; Walz, R.; Köhler, J.; Rennings, K. (2014): The concept of "lead markets" revisited: Contribution to environmental innovation theory. *Environmental Innovation and Societal Transitions* Vol. 10, March 2014, S. 4-19.
- Reeder, N.; O'Sullivan, C.; Tucker, S.; Ramsden, P.; Mulgan, G. (2012): Strengthening social innovation in Europe: Journey to effective assessment and metrics. European Union, Brussels.
- Romer, P. (1990): Endogenous Technological Change. In: *Journal of Political Economy*. 98, Nr. 5, 1990, S. 71–102.
- Schubert, T.; Neuhäusler, P.; Frietsch, R.; Rammer, C.; Hollanders, H. (2011): Innovation Indicator. Methodological Report. Deutsche Telekom-Stiftung und BDI, Bonn und Berlin.
- Schubert, T.; Rammer, C. (2014): Wohlstandsmotor Forschung und Entwicklung. Fokusthema „Forschung und Entwicklung“ im Rahmen des Innovationsindikators, August 2014.
http://www.innovationsindikator.de/fileadmin/2015/PDF/fokusthema_forschungundentwicklung_08-14.pdf
- Smith, A., Raven, R. 2012. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy* 41, S. 1025–1036
- Smith, K. (2005): Measuring innovation, in: J. Fagerberg, D. Mowery, R. R. Nelson (eds.), *Oxford Handbook on Innovation*, Oxford University Press.
- Smits, R., Kuhlmann, S. (2004): The rise of systemic instruments in innovation policy. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, Vol. 1 (1), S. 1-26.
- Soete, L. (2007): From Industrial to Innovation Policy, *Journal of Industry, Competition and Trade* 7 (3-4), S. 273-284.
- Unruh, G. C. (2000): Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28 (12) 2000, S. 817-30.

- Wakelin, K. (1997): Trade and Innovation. Theory and Evidence. Edward Elgar, Cheltenham.
- Walz, R. (2006): Increasing Renewable Energy in Europe – Impacts on Competitiveness and Lead Markets. In Energy & Environment 17 (6), S. 951-975.
- Walz, R.; Köhler, J. (2014): Using lead market factors to assess the potential for a sustainability transition. Environmental Innovation and Societal Transitions, Vol. 10, March 2014, S. 20-41.
- Warnke, P. et al. (2016): Opening up the innovation system framework towards new actors and institutions. Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis Nr. 49, Fraunhofer ISI, Karlsruhe. http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/p/de/diskpap_innosysteme_policyanalyse/discussionpaper_49_2016.pdf