

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG

01/2023

Überlegungen zu einem Indikatorensystem für Nachhaltigkeitstransformationen

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen
Umweltinnovationspolitik

von:

Rainer Walz

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Herausgeber:

Umweltbundesamt



UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 01/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 14 101 0

FB001060

Überlegungen zu einem Indikatorensystem für Nachhaltigkeitstransformationen

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen
Umweltinnovationspolitik

von

Rainer Walz

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung,
Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz
Stresemannstr. 128 - 130
10117 Berlin
service@bmu.bund.de
www.bmu.bund.de

 [umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)
 [umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Fraunhofer ISI
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe

Abschlussdatum:

November 2022

Redaktion:

Fachgebiet I. 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Dr. Frauke Eckermann

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1865-0538

Dessau-Roßlau, März 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Überlegungen zu einem Indikatorensystem für Nachhaltigkeitstransformationen

Die politische Gestaltung von Nachhaltigkeitstransformationen erfordert Indikatoren, mit der die Dynamik der Veränderungsprozesse analysiert werden kann. Auf Basis der konzeptionellen Überlegungen wird eine matrixartige Gesamtstruktur vorgeschlagen, in der vier Kategorien von Indikatoren (technisch abgrenzbare Umweltinnovationen sowie Indikatoren mit Driving Force Charakter jeweils für die drei Akteursgruppen Unternehmen, Staat, Haushalte) mit einer prozessorientierten Logik von drei Innovationsindikatorentypen (Input, intermediärer Output, Fortschrittsindikator) kombiniert werden. Die Analyse der Indikatorenvorschläge zeigt, dass die Datenlage für Deutschland eine deutlich bessere auf die Spezifika von Transformationen ausgerichtete Konzeption ermöglicht. Daher wird vorgeschlagen, das auf ökologische Transformationen abzielende Indikatorensystem national auszurichten.

Abstract: Reflections on an indicator system for sustainability transformations

The political shaping of sustainability transformations requires indicators with which the dynamics of the change processes can be analysed. Based on the conceptual considerations, a matrix-like overall structure is proposed, in which four categories of indicators (technically definable environmental innovations, and indicators with driving force character in each of the three actor groups companies, government, households) are combined with a process-oriented logic of three innovation indicator types (input, intermediate output, and progress indicators). The analysis of the indicator proposals shows that the data situation for Germany allows a significantly better conception oriented towards the specifics of transformations. Therefore, it is suggested that the indicator system aimed at ecological transformations be aligned nationally.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Zusammenfassung.....	9
Summary	11
1 Einleitung.....	13
2 Grundkonzeption.....	14
3 Indikatorenkonzept	16
4 Indikatorenauswahl.....	19
4.1 Kriterien	19
4.2 Indikatorenvorschläge für technisch abgrenzbare Umweltinnovationen	21
4.3 Indikatorenvorschläge für die Akteursgruppe Unternehmen	23
4.4 Indikatorenvorschläge für die Akteursgruppe Staat.....	24
4.5 Indikatorenvorschläge für die Akteursgruppe Konsumenten.....	26
5 Weitere Schritte und Ausblick.....	28
6 Quellenverzeichnis	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Indikatorenkonzept und grundlegende Indikatorensachverhalte	16
Tabelle 2:	Zuordnung Indikatorentatbestände zu Driving Forces.....	17
Tabelle 3:	Überblick über Indikatorenvorschläge	19
Tabelle 4:	Indikatorenvorschläge für ein kurzfristig aufbaubares nationales Indikatorensystem	29

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CIS	Community Innovation Survey
CWS	Center für Wirtschaftspolitische Studien
DE	Deutschland
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DIHK	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
EFI	Expertenkommission für Forschung und Entwicklung
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EU	Europäische Union
F&E	Forschung & Entwicklung
FI	Fortschritts-Indikator
GBARD	Government Budget Allocation for R&D
GSM	Green Startup Monitor
IEA	International Energy Agency
II	Input-Indikator
IO	Intermediärer Outputindikator
ISI	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
ISO	International Standardization Organization
JRC	Joint Research Center
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PATSTAT	Worldwide Patent Statistical Database
RPA	Revealed Patent Advantage
RWA	Relativer Weltexportanteil
SETIS	Strategic Energy Technology Plan Information System
UBA	Umweltbundesamt
UN COMTRADE	United Nations Comtrade Database
WEF	World Economic Forum
WFU	Projektfamilie Wirtschaftsfaktor Umweltschutz des Umweltbundesamts
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Zusammenfassung

Um den umweltpolitischen Herausforderungen wirksam zu begegnen, sind grundlegende Veränderungen in der Gesellschaft und in der Durchführung wirtschaftlicher Aktivitäten unabdingbar. Die Unterstützung einer politischen Gestaltung derartiger

Nachhaltigkeitstransformationen erfordert strategische Intelligenz in Form von Indikatoren, mit der die Dynamik der Veränderungsprozesse erkannt und analysiert werden kann. Im Fokus dieses Konzeptpapiers steht die Entwicklung eines **Indikatorensystems**, das spezifisch darauf ausgerichtet ist, den Prozess von Nachhaltigkeitstransformationen empirisch anzuzeigen.

Vorgeschlagen wird eine **matrixartige Gesamtstruktur**, in der vier Kategorien von Indikatoren (technisch abgrenzbare Umweltinnovationen, Indikatoren mit Driving Force Charakter von Umweltinnovationen jeweils für die drei Akteursgruppen Unternehmen, Staat, Haushalte) mit der Prozesslogik von Innovationsindikatoren (Input, intermediärer Output, Fortschrittsindikator) kombiniert werden. Die aus dieser 4x3 Matrix resultierenden zwölf Indikatorenbereiche sollen sich auf die Beschreibung eines Transformationsprozesses konzentrieren, nicht aber auf die Beschreibung von einzelnen - für eine Evaluierung von politischen Maßnahmen wichtigen - Aspekten der Umweltpolitik. Daher werden die abzubildenden **Indikatorentatbestände** jeweils **konzeptionell hinterlegt** durch eine Zuordnung zu den Innovationssystemfunktionen, den Lead-Markt-Faktoren sowie den Grundfunktionen für eine Transformation.

Mehr als 20 **Indikatorenvorschläge** werden hinsichtlich der Kriterien (nationale oder internationale) Verfügbarkeit der Daten, Verlässlichkeit und Aktualisierung diskutiert und beurteilt. Es zeigen sich deutliche Unterschiede in der Verfügbarkeit der Indikatoren, insbesondere auch hinsichtlich der Länderabdeckung. Da die Datenlage für Deutschland eine deutlich bessere auf die Spezifika von Transformationen ausgerichtete Konzeption ermöglicht, wird vorgeschlagen, das auf ökologische Transformationen abzielende Indikatorensystem national auszurichten. Tabelle Z-1 skizziert, welche Indikatoren sich für ein **national ausgeprägtes, kurzfristig umsetzbares System** besonders anbieten würden.

Bei einer **Umsetzung** wäre insbesondere auf eine Kontinuität in der Datenerhebung zu achten, damit es zu längeren Zeitreihen für alle Indikatoren kommt, aus denen die Transformationsdynamiken abgelesen werden können. Mittelfristig sollte eruiert werden, welche Möglichkeiten bestehen, soziale Innovationen und die Performanz der Staatsnachfrage nach umweltfreundlichen Innovationen - ggf. unter Verwendung von Big Data Ansätzen - breiter und zuverlässiger zu erfassen.

Tabelle Z-1: Indikatorenvorschläge für ein kurzfristig aufbaubares nationales Indikatorensystem

	Inputindikator	Intermediärer Outputindikator	Fortschrittsindikator
Technisch abgrenzbare Innovationen	Gesamte F&E-Aufwendung energetische Schlüsselfelder (in % des BIP) oder umweltrelevante Publikationsintensität bzw. -spezialisierung	Patentintensität (Anzahl/BIP) oder -spezialisierung (RPA) umweltrelevanter Patente	Exportintensität Umwelttechnologien (in % des BIP) oder Exportspezialisierung (RWA)
Akteursgruppe Unternehmen	Grüne Gründungsquote (grüne Start-ups / Bevölkerung)	Beschäftigte in EMAS registrierten Betrieben (in % aller Beschäftigten)	Anteil Umweltinnovatoren aus dem CIS
Akteursgruppe Staat	Staatliche F&E-Förderung Umwelt und Energie (in % des BIP)	Anteil Umweltsteuern am BIP	Anteil der von der unmittelbaren Bundesverwaltung beschafften Pkw mit einem CO ₂ -Ausstoß von weniger als 50 g/km
Akteursgruppe Konsumenten	Stellenwert des Umwelt- und Klimaschutzes	Durchschnittswert der Indizes für Umweltaffekt und -kognition	Marktanteil Produkte mit Umweltzeichen (%)

Quelle: Eigene Darstellung ISI

Summary

In order to effectively address environmental challenges, fundamental changes in society and in the way economic activities are conducted are essential. Supporting a design of such **sustainability transformations** requires strategic intelligence in the form of **indicators** that can be used to identify and analyze the dynamics of change processes. The focus of this paper is the development of such a system of indicators specifically designed to empirically indicate the process of sustainability transformations.

A **matrix-like overall structure** is proposed, in which four categories of indicators (technically definable environmental innovations, indicators with driving force character of environmental innovations in the three actor groups companies, government, households) are combined with the classification of innovation indicators (input, intermediate output, and progress indicators). The twelve indicator areas resulting from this 3x4 matrix are intended to focus on the description of a transformation process, but not on the description of single aspects of environmental policy. Therefore, the indicators to be mapped are **conceptually underpinned** by looking how they relate to the innovation system functions, the lead market factors and the basic functions for a transformation.

More than 20 **indicator proposals** are discussed and evaluated with regard to the criteria (national or international) data availability, reliability and regular updating. There are clear differences in the availability of the indicators, especially with regard to country coverage. Since the data situation for Germany allows for a much better conception geared to the specifics of transformations, a **national indicator system** aimed at ecological transformations is proposed. Table S-1 outlines which indicators would be particularly suitable for such a national system.

In the case of **implementation**, particular attention should be paid to continuity in data collection, so that longer time series for all indicators can be obtained from which the transformation dynamics can be read. In the medium term, it should be investigated what possibilities exist for recording social innovations and the performance of government demand for environmentally friendly innovations more broadly and reliably - possibly using big data approaches.

Table S-1: Indicator proposals for a national indicator system that can be set up in the short term

	Input indicators	Intermediate output indicators	Progress indicators
Technological innovations	Total R&D expenditure for core energy fields (in % of GDP) or publication intensity or specialization	Intensity of environmentally relevant patents (at GDP) or patent specialization (RPA)	Export intensity of environmental technologies (in % of GDP) or export specialization (RTA)
Driving forces in the actor group firms	Rate of green start-ups (number green start-ups/population)	Number of employees in EMAS registered companies (in % of all employees)	Percentage of firms undertaking environmental innovations (data from CIS)
Driving forces in the actor group state	Public R&D subsidies for environment and clean energy (in % of GDP)	Percentage of environmental taxes at GDP	Share of cars procured by federal administration with CO ₂ -emissions lower than 50 g/km
Driving forces in the actor group private households	Significance of environmental and climate protection in population	average indicator value for environmental affection and cognition	Share of products with environmental label (%)

Source: Own representation ISI

1 Einleitung

Um den umweltpolitischen Herausforderungen wirksam zu begegnen, sind grundlegende Veränderungen in der Gesellschaft und in der Durchführung wirtschaftlicher Aktivitäten unabdingbar (BMUB 2016). Die Unterstützung einer politischen Gestaltung derartiger **Nachhaltigkeitstransformationen** erfordert strategische Intelligenz in Form von Indikatoren, mit der die Dynamik der Veränderungsprozesse erkannt und analysiert werden kann. Indikatorensysteme finden sich bisher sowohl im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands als auch hinsichtlich der Messung von Innovationen. Im Fokus dieses Konzeptpapiers steht nun die Frage, inwiefern es möglich ist, zusätzlich auch ein **Indikatorensystem** zu entwickeln, das spezifisch darauf ausgerichtet ist, den Prozess von Nachhaltigkeitstransformationen empirisch anzuzeigen.

Ein Indikatorensystem muss verschiedenen Anforderungen gerecht werden. Dabei besteht ein Spannungsfeld zwischen konzeptioneller Fundierung und Vollständigkeit einerseits und einem **“schlanken“ Indikatorensystem** - u. a. bzgl. Aufwand der Erstellung und Pflege sowie bzgl. Kommunizierbarkeit - andererseits. In diesem Papier wird den Anforderungen an ein abgespecktes, operationalisierbares System hohe Bedeutung zugemessen. Dies impliziert den Verzicht auf Ansätze, die erst weitgehende neue Messkonzepte und den Aufbau von Messsystemen erfordern.

Eine zentrale Grundfrage besteht in der **räumlichen Systemabgrenzung**. Idealerweise sollte das angestrebte Indikatorensystem sowohl internationale Vergleiche als auch eine fachliche Fokussierung auf für Nachhaltigkeitstransformationen zentrale Bestandteile ermöglichen. A priori muss aber offenbleiben, ob dies beides mit einem international ausgerichteten Indikatorenansatz erreicht werden kann, oder ob Trade-offs zwischen beiden Zielsetzungen eine bewusste Entscheidung zwischen einem stärker international oder einem national ausgerichteten Konzept erfordern.

In diesem Konzeptpapier wird zunächst das konzeptionelle Grundgerüst beschrieben. Im daran anschließendem Abschnitt zum Indikatorenkonzept werden die Tatbestände vorgestellt, deren Messung für ein derartig schlankes Indikatorensystem angestrebt wird. Darauf folgt ein Abschnitt, in dem die einzelnen Indikatoren vorgestellt und charakterisiert werden. Dabei werden die Optionen sowohl national als auch international ausgerichteter Indikatoren untersucht. Den Abschluss bildet ein Abschnitt, der Schlussfolgerungen hinsichtlich der anzustrebenden räumlichen Systemabgrenzung zieht sowie die weiteren Schritte für die Bildung des entsprechenden Indikatorensystems zum Gegenstand hat.

2 Grundkonzeption

Für die Plausibilität der Indikatoren ist ihre Verortung in einem **konzeptionellen Grundgerüst** erforderlich. Traditionell wurden Innovationsindikatoren entsprechend der Innovationsphasen in die Bereiche Inputindikatoren (z. B. F&E-Aufwendungen), intermediäre Outputindikatoren (z. B. Patente) und Fortschrittsindikatoren (Produktion oder Außenhandel) gegliedert (vgl. Grupp 1997). Diese Logik findet sich auch in der Projektfamilie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ (WFU), mit der das Umweltbundesamt in regelmäßigen Abständen Innovationsaktivitäten im Umwelttechnikbereich untersucht (Gehrke et al. 2022; Gehrke und Schasse 2021). Auch die Unterscheidung des EU Eco-Innovation Observatory in Input, Output, Activities und Socio-economic Outcome folgt einer ähnlichen Logik¹. Daher wird vorgeschlagen, diese Grundstruktur auch hier zu Grunde zu legen.

Die bisher üblicherweise angelegten (Umwelt-)Innovationsindikatoren kaprizieren sich bislang vorwiegend auf technologische Innovationen. Zunehmend wird in der Innovationsliteratur aber auch die Rolle institutioneller und sozialer Indikatoren herausgestellt (Walz 2016). Mit Bezug auf Umweltinnovationen weisen Walz et al. (2019) darauf hin, dass im Zuge der Erweiterung von Öko-Innovationen in Richtung Transformation die Bedeutung der stark auf technologische Innovationen abzielenden Indikatoren abnimmt. Zwar gibt es erste Versuche - auch soziale - dem Umweltschutz dienende Innovationen mit Indikatoren zu erfassen (Ostertag et al. 2018a), auch listen einzelne Organisationen verschiedene Projekte auf, so die An-Stiftung im Bereich Urban Gardening, FabLabs und Repair-Cafes. Jedoch sind dies eher exemplarische Beispiele, so dass eine Ergänzung der auf technische Innovationen ausgerichteten Indikatoren des Wirtschaftsfaktors Umweltschutz um äquivalente Indikatoren für klar abgegrenzte soziale Innovationen derzeit nicht möglich ist. Um die Repräsentativität der Indikatoren dennoch zu erhöhen, werden daher zusätzlich zu den abgrenzbaren Indikatoren auch **Indikatoren zu den Driving Forces** von Umweltinnovationen generell herangezogen. Damit sollen mit dem Indikatorensystem strukturelle Veränderungen angezeigt werden, von denen erwartet wird, dass sie sich positiv auf die Vornahme von Nachhaltigkeitstransformationen auswirken.

Die für die **Driving Forces** heranzuziehenden Indikatorenkategorien setzen an drei Perspektiven an:

- Das **Konzept der Innovationsfunktionen** skizziert die Faktoren, die ein gut funktionierendes Innovationssystem erfüllen muss (vgl. Walz et al. 2019). Dabei werden folgende 7 Innovationsfunktionen unterschieden: F1: Generierung von Wissen, F2: Diffusion von Wissen, F3: Kommunikation der Anforderungen und langfristige Orientierung für die Akteure des Innovationssystems, F4: unternehmerische Aktivitäten, F5: Marktexpansion, F6: Legitimierung neuer Lösungen bzw. Überwinden von Widerständen gegen Veränderungen, F7: Bereitstellung sowohl finanzieller als auch personeller Ressourcen.
- Das **Konzept der Lead-Märkte** bei technologieintensiven Gütern hat in Verbindung mit der Porter-Hypothese seit längerem Eingang in die umweltökonomische Literatur gefunden. Mit dem Konzept werden die Erfolgsbedingungen beschrieben, unter denen umweltpolitische Vorreiterländer auch längerfristige Innovationsvorsprünge erzielen, die sie in ökonomische Erfolge im internationalen Handel ummünzen können. Auch hier liegt eine konzeptionelle

¹ Zusätzlich beinhaltet das Eco-Innovation Observatory auch noch Ressourceneffizienzindikatoren, vgl. Al-Ajlani et al. 2021.

Neuformulierung der Bedingungen vor, die den zunehmend auch im Umweltbereich in globalen Wertschöpfungsketten stattfindenden Innovationsprozessen Rechnung trägt (vgl. Quitzow et al. 2014). Konzeptionell werden **Marktkontextfaktoren** auf der **Angebotsseite** sowie der **Nachfrageseite** und die **technologische Leistungsfähigkeit**, zusätzlich aber strukturelle Rahmenbedingungen in den Fokus genommen, indem die **System- und Akteursstruktur** und die Innovationsfreundlichkeit der **regulativen Rahmenbedingungen** als eigenständige Indikatorenbereiche etabliert werden. Wie in Walz et al. (2019) dargestellt, kann die Beurteilung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit auf verschiedene grüne Zukunftsmärkte angewendet werden. Mit einem Anknüpfen an Indikatoren, die aus dem Bereich der Wettbewerbsanalyse stammen und auf die Messung von Innovationsvorsprüngen ausgerichtet sind, wird zugleich der Anspruch aufgegriffen, dass Umweltinnovationen nicht nur ökologische Vorteile bieten, sondern im Sinne einer Modernisierung der Volkswirtschaft auch ökonomische Vorteile nach sich ziehen.

- Zunehmend wird es für erforderlich gehalten, zur Erreichung der Umweltziele nicht nur eine Vielzahl von Umweltinnovationen hervorzubringen, sondern eine **Transformation von Sektoren und der Wirtschaftsweise** insgesamt vorzunehmen. Wenn Umweltinnovationen daher immer stärker in einen derartigen Transformationszusammenhang gerückt werden, stellt sich die Frage, wie der Stand eines derartigen Transformationsprozesses mit Indikatoren abgebildet werden kann. Hier knüpfen wir an Walz et al. (2017) an, die in einer explorativen Studie die unterschiedlichen Transformationsansätze kondensiert und die in diesen Ansätzen als für eine Transformation entscheidenden Bedingungen herausdestilliert haben, die mit einem derartigen Indikatorensystem beschrieben werden müssten. Die Kondensierung dieser Ansätze hebt ebenfalls auf strukturelle Bedingungen ab und ist einerseits stärker akteursorientiert, indem sie **Konsumenten, Unternehmen** und den **Staat** sowie Transformationsakteure (change agents) in den Vordergrund stellt. Zugleich wird aber die Bedeutung zweier funktionaler Grundvoraussetzungen (**Technik, Finanzierung**) hervorgehoben. Innerhalb dieser Querschnittsthemen kommen dann die Aktivitäten unterschiedlicher Akteure zum Tragen, z. B. das öffentliche Finanzwesen und die privaten Finanzentscheidungen.

3 Indikatorenkonzept

Aus der Kombination der im vorigen Abschnitt beschriebenen konzeptionellen Anknüpfungspunkte ergibt sich eine **matrixartige Gesamtstruktur**, in der vier Kategorien von Indikatoren (technisch abgrenzbare Umweltinnovationen, akteursorientierte Indikatoren mit Driving Force Charakter jeweils für die drei Akteursgruppen Unternehmen, Staat, Haushalte) mit der Klassifikation von Innovationsindikatoren (Input, intermediärer Output, Fortschrittsindikator) kombiniert werden (vgl. Tabelle 1). Der Querschnittsbereich der Finanzierung findet sich dabei bei privaten und staatlichen Akteuren wieder. Nicht berücksichtigt wurde die Akteursgruppe Transformationsakteure, da hier die Datenlage gegenwärtig noch zu ungenügend ist. Bei dieser Zuordnung ist zu bedenken, dass sich diese Indikatorenbereiche auf die Beschreibung eines Transformationsprozesses konzentrieren sollen, nicht aber auf die Beschreibung von einzelnen - für eine Evaluierung von politischen Maßnahmen wichtigen - Einzelaspekten der Umweltpolitik.

Tabelle 1: Indikatorenkonzept und grundlegende Indikatorensachverhalte

	Inputindikator (II)	Intermediärer Outputindikator (IO)	Fortschrittsindikator (FI)
Technisch abgrenzbare Innovationen	Gesamte F&E-Aufwendung, Wissen (Input in Innovationsprozess)	Wissen (intermediärer Output Forschungsprozess), Patente	Produktion, Außenhandel
Akteursgruppe Konsumenten	Bedeutung und Stellenwert der Umweltproblematik	Einstellungen hinsichtlich Umwelt	Performanz hinsichtlich grüner Konsumnachfrage
Akteursgruppe Staat	Staatliche F&E-Förderung	Regulierungsaktivität	Performanz hinsichtlich Staatsnachfrage
Akteursgruppe Unternehmen	Grüne Gründungen, Finanzierung	unternehmensinterne Steuerung	Performanz hinsichtlich Umweltinnovation

Quelle: Eigene Darstellung ISI

Neben den bereits erwähnten technischen Innovationsindikatoren werden dabei folgende **Indikatorentatbestände** in den Fokus genommen:

- Bei der Akteursgruppe der Konsumenten wird an die Erkenntnisse der Verhaltensforschung angeknüpft. Danach sind die Bedeutung, die der Umwelt zugemessen wird, und das Umweltbewusstsein wichtige Voraussetzungen, die die Umwelteinstellung beeinflussen. Die Umwelteinstellung ist wiederum ein wichtiger Faktor für umweltfreundliches Verhalten, kann dieses aber nicht alleine bestimmen, da hier auch weitere Faktoren wie Routinen, situative Handlungsbedingungen und -kosten eine wichtige Rolle spielen.
- Durch die Förderung der F&E kann der Staat direkt den Input von F&E-Ausgaben in den Innovationsprozess fördern. Aber auch Vernetzungsaktivitäten, die der Innovationssteigerung dienen und insofern als F&E-Förderung definiert werden, können hierunter miterfasst werden. Darüber hinaus gehen auch von den umweltpolitischen

Regulierungsaktivitäten des Staates jeweils Anreize aus, die das Innovationsverhalten in allen Innovationsphasen beeinflussen, und die daher hier als intermediärer Outputindikator eingeordnet werden. Schließlich tritt auch der Staat direkt als Nachfrager von Umweltinnovationen auf. Entsprechend wird die Performanz hinsichtlich einer grünen Staatsnachfrage als Fortschrittsindikator aufgeführt.

- Bei den Unternehmen bilden neue Ideen und mit neuem Kapital ausgestattete Neugründungen von Unternehmen einen wichtigen Input in die Innovationstätigkeit. Für alle Unternehmen und alle Innovationsphasen gilt, dass Umweltinnovationen gefördert werden, wenn entsprechende interne Steuerungsmechanismen im Unternehmen etabliert sind, die eine Ausrichtung auf umweltfreundliche Unternehmensprozesse unterstützen. Insofern wird dieser Tatbestand als intermediärer Outputindikator eingeordnet. Als Fortschrittsindikator wird schließlich die Performanz der Unternehmen hinsichtlich der Vornahme von Umweltinnovationen eingeordnet.

Tabelle 2 zeigt eine Zuordnung der Indikatorentatbestände zu den oben skizzierten Ansätzen für Driving Forces.

Tabelle 2: Zuordnung Indikatorentatbestände zu Driving Forces

Indikator	Funktionen Innovationssystem	Lead-Market Faktoren	Akteure und Grundfunktionen für Transformation
Gesamte F&E-Aufwendung	F7: Bereitstellung Ressourcen	Technologische Leistungsfähigkeit	Funktionale Grundvoraussetzung Finanzierung
Patente	F1: Generierung von Wissen sowie F2: Diffusion von Wissen	Technologische Leistungsfähigkeit	Funktionale Grundvoraussetzung Technik
Publikationen	F1: Generierung von Wissen	Technologische Leistungsfähigkeit	Funktionale Grundvoraussetzung Technik
Nachfrage nach Umweltinnovationen	F5: Marktexpansion	Marktkontext	Funktionale Grundvoraussetzung Technik
Grüne Start-ups, grüne Finanzierung	F4: unternehmerische Aktivitäten; F7: Bereitstellung Ressourcen	System- und Akteursstruktur	Transformationsbereitschaft Unternehmen; Funktionale Grundvoraussetzung Finanzierung
unternehmensinterne Steuerung	F3: Kommunikation Anforderungen/Orientierung; F6: Legitimierung neuer Lösungen		Transformationsbereitschaft Unternehmen

Indikator	Funktionen Innovationssystem	Lead-Market Faktoren	Akteure und Grundfunktionen für Transformation
Performanz hinsichtlich Umweltinnovation	F1: Generierung von Wissen; F4: unternehmerische Aktivitäten	Technologische Leistungsfähigkeit	Transformationsbereitschaft Unternehmen
Staatliche F&E-Förderung	F7: Bereitstellung Ressourcen; F3: Kommunikation Anforderungen/Orientierung; F6: Legitimierung neuer Lösungen	Technologische Leistungsfähigkeit; System- und Akteursstruktur	Transformationsbereitschaft Staat; Funktionale Grundvoraussetzung Finanzierung
Regulierungsaktivität	F3: Kommunikation Anforderungen/Orientierung; F5: Marktexansion F6: Legitimierung neuer Lösungen	Regulative Rahmenbedingung	Transformationsbereitschaft Staat
Performanz hinsichtlich Staatsnachfrage	F3: Kommunikation Anforderungen/Orientierung; F5: Marktexansion F6: Legitimierung neuer Lösungen	Marktkontext	Transformationsbereitschaft Staat
Bedeutung und Stellenwert der Umweltproblematik	F3: Kommunikation Anforderungen/Orientierung; F6: Legitimierung neuer Lösungen		Transformationsbereitschaft Konsumenten
Einstellung hinsichtlich Umwelt	F6: Legitimierung neuer Lösungen		Transformationsbereitschaft Konsumenten
Performanz hinsichtlich grüner Konsumnachfrage	F5: Marktexansion		Transformationsbereitschaft Konsumenten

Quelle: Eigene Darstellung ISI

4 Indikatorenauswahl

4.1 Kriterien

Für die einzelnen Indikatorentatbestände müssen jeweils Indikatoren definiert werden. Idealerweise sollten die Indikatoren folgende Kriterien erfüllen:

- ▶ Die **Verfügbarkeit von Zeitreihen** ist erforderlich, um die Veränderung der Umweltinnovationen über die Zeit beobachten zu können.
- ▶ Die **internationale Verfügbarkeit** der Daten ist im Hinblick auf ein internationales Benchmarking zentral, um Deutschland mit anderen Vorreitern hinsichtlich der Umweltinnovationen vergleichen zu können.
- ▶ Die **Verlässlichkeit der Daten** ist ein grundlegendes Qualitätsmerkmal; auf Grund der Komplexität der Zusammenhänge und bestehender Informationsasymmetrien gilt grundsätzlich, dass Daten, die auf amtlichen Statistiken oder Veröffentlichungen beruhen, eine hohe Verlässlichkeit zugesprochen werden.
- ▶ Eine regelmäßige (wenn möglich jährliche) und institutionell gesicherte **Aktualisierung der Daten** ist erforderlich, um die Indikatoren aktuell zu halten und das Indikatorensystem auf absehbare Zeit nutzen zu können.

Tabelle 3 führt verschiedene mögliche Indikatorenvorschläge auf, die in den folgenden Ausführungen vorgestellt werden. In der letzten Spalte wurde dabei auch gekennzeichnet, zu welchem Indikatorentyp der jeweilige Vorschlag gehört.

Tabelle 3: Überblick über Indikatorenvorschläge

Indikator	Länder-bezug	Zeitraum	Aktualisie-rung	Datenquellen- bzw. -nutzer	Indikator-typ
Gesamte F&E energetische Schlüsselfelder	EU	2010-2017	jährlich	SET Plan Information System (SETIS)	II
Umweltrelevante Patente	Internatio-nal	Seit 1990	jährlich	PATSTAT; Fraunhofer ISI, UBA	IO
Umweltrelevante Publikationen	Internatio-nal	Seit 2005	Jährlich verfügbar	Scopus; Fraunhofer ISI, Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)	II oder IO
Außenhandels-daten	Internatio-nal	Seit 2002	jährlich	UN COMTRADE; CWS, UBA	FI
Grüne Start-ups	DE	Seit 2018	jährlich	GSM-Borderstep	II
Green early stage investment	Internatio-nal	Seit 2010	jährlich	Cleantec Group; EU Eco Innovation Observatory	II

Indikator	Länder- bezug	Zeitraum	Aktualisie- rung	Datenquellen- bzw. -nutzer	Indikator- typ
ISO 14001 Zertifizierungen	Internatio- nal	Seit 2011	jährlich	ISO-Survey; EU Eco Innovation Observatory	IO
EMAS- Zertifizierungen	DE, EU	Seit 1996	jährlich	DIHK/UBA; EU; Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	IO
Umweltinnovation Unternehmen CIS	DE, EU	2008; 2014; 2020	Evtl. zweijährlich	ZEW, Eurostat EU; EU Eco Innovation Observatory	FI
Umweltinnovation Unternehmen "Modernisierung der Produktion"	DE	Seit 2012;	Alle 3 Jahre	Fraunhofer ISI	FI
Staatliche F&E Förderung Umwelt&Energie	v. a. OECD	Seit 1990	Jährlich	OECD/IEA	II
Perceived environmental stringency	Internatio- nal	Bis 2014	Jährlich; beendet	World Economic Forum	IO
Environmental policy stringency	OECD	Bis 2015	Jährlich; beendet	OECD	IO
Environmental taxes	OECD	Seit 1994	jährlich	OECD	IO
Zeitreihe für umweltfreundliche Beschaffung des Bundes bei Papier und Pkw	DE	Seit 2015	jährlich	DESTATIS; Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	FI
Stellenwert Umwelt als Problem	EU	Seit den 1990ern	jährlich	Eurobarometer survey; EU	II
Stellenwert des Umwelt- und Klimaschutzes	DE	Seit 2016	zweijährlich	Umweltbewusstseinsstudi en UBA	II
Kognitive Umwelteinstellung	DE	Seit 2018	zweijährlich	Umweltbewusstseinsstudi en UBA	IO
Affektive Umwelteinstellung	DE	Seit 2018	zweijährlich	Umweltbewusstseinsstudi en UBA	IO
Environmental Attitude Index	EU	2014	Unklar	Metaanalysis of Eurobarometer Survey	IO
Personal commitment to green consumption	EU	2014	Unklar	Metaanalysis of Eurobarometer Survey	FI

Indikator	Länder- bezug	Zeitraum	Aktualisie- rung	Datenquellen- bzw. -nutzer	Indikator- typ
Umweltfreundliche s Kaufverhalten: Marktanteil Produkte Umweltzeichen	DE	Seit 2012	jährlich	UBA; zugleich Indikator Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	FI
Umweltfreund- liches Kaufverhalten Energieeffizienz	DE; EU	2008-2020	Zweijährlich; evtl. jährlich	UBA; Gesellschaft für Konsumforschung	FI

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI; Links zu den Datenquellen sind im Anhang aufgeführt

4.2 Indikatorenvorschläge für technisch abgrenzbare Umweltinnovationen

Die Aufwendungen für F&E sind ein wichtiger Input in den Innovationsprozess. Bei den gesamten **F&E-Ausgaben** machen die privaten den größten Teil aus. Für die EU-Länder liegen hier Angaben nur für den Teilbereich von neun Schlüsselfeldern energie- und klimarelevanten Technologien vor (vgl. Gehrke et al. 2019)². Sie werden für alle EU Länder vom Joint Research Center (JRC) errechnet und liegen differenziert für die einzelnen Schlüsselfelder vor (vgl. Pasimeni et al. 2018). Die Zuverlässigkeit der Daten kann als mittelmäßig eingestuft werden, da die privaten F&E-Aufwendungen z. T. aus Patentdaten errechnet werden. Aktuell liegen Daten für den Zeitraum 2010-2016 vor. Unklar ist jedoch, ob die Erhebung auch für die Zukunft gesichert ist. Trotzdem wird vorgeschlagen, diesen Indikator für die F&E-Ausgaben heranzuziehen, da er höhere Repräsentativität und Zuverlässigkeit aufweist wie die Angaben von Bloomberg New Energy Finance zu Renewable Energies (vgl. Gehrke et al. 2019). Als Bezugsgröße für eine Normierung wird der Anteil der F&E-Ausgaben am BIP des Landes vorgeschlagen. Diese Normierung knüpft an die für F&E-Ziele allgemein formulierten Zielgrößen an, die sowohl für internationale Vergleiche herangezogen werden, als auch für nationale Zielsetzungen (z. B. in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie). Im Hinblick auf ein national ausgerichtetes Indikatorensystem böte es sich an, hier stärker auf die Entwicklung derartiger Kenngrößen im Zeitverlauf abzuheben. Dies hätte zugleich den Vorteil, dass Unsicherheiten in der Berechnung in der Veränderung der Zeitreihe weniger durchschlagen, zumindest solange die Berechnungsmethode unverändert bleibt. Allerdings sollte erwogen werden, hierzu die auf nukleare Sicherheit entfallenden F&E-Ausgaben nicht miteinzubeziehen, das ja weniger als angestrebte Transformation des Energiesystems, sondern vielmehr als notwendige Folge eines Energiepfades, der verlassen werden soll, anzusehen ist.

Patente werden u. a. im Rahmen des WFU erhoben (vgl. Gehrke et al. 2019). Prinzipiell können die Daten für jedes Jahr und alle Länder erhoben werden. Hinsichtlich der Technikabgrenzung bietet es sich an, auf die Klassifikationen zurückzugreifen, die auch in den Arbeiten zum WFU herangezogen werden (Gehrke et al. 2022). Eine Normierung zwecks internationaler Vergleichbarkeit könnte an den Intensitäten, d. h. also an den Größen BIP oder Einwohner ansetzen. Bei einem international ausgerichtetem Indikatorensystem könnte eine Normierung am Anteil der Umweltpatente an den nationalen Patenten dann verzerrend wirken, wenn sich

² Die 9 Schlüsselfelder sind: erneuerbare Energietechnologien, intelligente Konsumentenlösungen, integrierte und flexible Energiesysteme, Energieeffizienz in Gebäuden, Energieeffizienz in der Produktion, Batterien und E-Mobilität, nachwachsende Kraftstoffe und Bioenergie, Technologien zur CO₂-Abscheidung, Verwendung und Speicherung, nukleare Sicherheit.

die gesamte Patentintensität zwischen den Ländern sehr unterscheidet. Denn wenn ein Land insgesamt sehr wenig patentiert, könnte ihm selbst bei einer moderaten Anzahl von Umweltpatenten ein sehr hoher Indikatorenwert zugesprochen werden. Im Hinblick auf ein national ausgerichtetes Indikatorensystem wäre wiederum die zeitliche Entwicklung als Benchmark von besonderer Bedeutung. Eine Normierung durch die Bildung von Patentanteilen würde in Zeiten von ökonomischen Catching-Up Prozessen schnellwachsender Ökonomien für ein an der Spitze stehendes Land wie Deutschland tendenziell dazu führen, dass der Indikatorenwert abnimmt, ohne dass dies aber auf eine nachlassende Dynamik im Inland zurückgeführt werden kann. Als Alternative bietet sich daher auch bei einem national ausgerichteten Indikatorensystem die Patentintensität an. Normiert an der Entwicklung des BIP ließe sich zum Beispiel ablesen, ob im Zeitablauf eine stärkere Zunahme der Patentzahlen zu verzeichnen ist als beim BIP. Dies würde dafürsprechen, dass sich die Volkswirtschaft insgesamt hin in Richtung einer überproportionalen Steigerung grünen Technologiewissens bewegt. Eine weitere Möglichkeit wäre es, an die Entwicklung der Patentspezialisierung (RPA) anzuknüpfen, die die Entwicklung der entsprechenden Technikpatentanteile nochmal an den gesamten Patentanteilen eines Landes normiert. Hier würde eine Steigerung anzeigen, dass die Spezialisierung des Landes auf grüne Patente zunimmt. Auch ohne Zeitreihe würde ein deutlich positiver Wert bereits eine hohe Bedeutung der Generierung grünen Technologiewissens im jeweiligen Jahr anzeigen.

Publikationen stellen einen gebräuchlichen Indikator für die Generierung von Wissen dar. Als Output des Forschungsprozesses können sie einerseits als intermediärer Outputindikator interpretiert werden. Andererseits stellen sie in gewisser Weise auch einen Inputindikator dar, der in die Anwendung des Wissens einfließt. Daher könnten sie auch als Alternative für den oben skizzierten Indikator der gesamten F&E-Ausgaben für energierelevante Teilbereiche angesehen werden. Von Ostertag et al. (2018b) wurden im Rahmen einer Studie für die Expertenkommission Innovation umweltrelevante Publikationen erfasst. Basis hierfür waren inhaltliche Klassifikationen, die von Scopus festgelegt und nach denen Publikationszahlen recherchiert werden können. Sie umfassen alle Umweltbereiche, nicht nur die energierelevanten. Dies wäre ein gewichtiges Argument zu Gunsten dieses Indikators im Verhältnis zu den oben skizzierten gesamten F&E-Ausgaben. Bezüglich der Normierung wären die Publikationen ähnlich wie Patente zu beurteilen.

Als Indikator für die Nachfrage nach Umweltinnovationen wird vorgeschlagen, die im Rahmen des Wirtschaftsfaktors Umweltschutz erhobenen **Außenhandelsdaten** heranzuziehen (vgl. Gehrke und Schasse 2019). Gegenüber Produktionsdaten weisen sie den Vorteil einer weltweit vergleichbaren Datenbasis auf. Da der Wettbewerb bei Umweltschutzgütern zugleich sehr stark durch die Qualität der Güter bestimmt wird, ist zusätzlich zu vermuten, dass sich hierin auch der umwelttechnische Fortschritt besonders ausdrückt. Bei den Außenhandelsdaten sind Exporte daher einerseits ein Ausdruck bestehender umwelttechnischer Kompetenz. Andererseits sind sie eine Driving Force nicht nur hinsichtlich der mit einem Nachfragesog verbundenen Gewinnmöglichkeiten, sondern auch, weil durch die Interaktion mit den Nutzern neues Wissen für die Produzenten generiert wird (learning by exporting). Dies gilt zwar auch bei Importen, bei denen neues Wissen für die ausländischen Exporteure, zugleich durch Wissensspillover auch für inländische Akteure bereitgestellt wird. Allerdings können die Importe auch als ein gegenüber den Exporten gegenläufiges Signal hinsichtlich der umwelttechnischen Kompetenz gesehen werden. Daher wird vorgeschlagen, bei den Indikatoren die Exporte heranzuziehen. Bei einem international ausgerichteten Indikatorensystem sollte eine Normierung hierbei am BIP erfolgen. Eine Steigerung dieser Kennzahl im Zeitablauf würde anzeigen, dass ein größerer Teil der

Leistung einer Volkswirtschaft aus der Herstellung international wettbewerbsfähiger grüner Technologien besteht. Aus starker nationaler Sicht gelten wiederum die bei den Patenten angeführten Argumente sinngemäß, so dass auch hier die Entwicklung der Außenhandelsspezialisierung ein geeigneter weiterer Ansatzpunkt für eine Normierung wäre.

4.3 Indikatorenvorschläge für die Akteursgruppe Unternehmen

Mit Blick auf Umweltinnovationen ist es zielführend, auf grüne „Start-ups“ zu fokussieren (innovative und wachstumsorientierte junge Unternehmen im Alter bis 10 Jahren). Grüne Start-ups sind eine Untergruppe von Gründungen, die aufgrund ihrer Innovativität und ihres Wachstumspotentials sowohl ökologisch als auch ökonomisch besonders interessant sind. Für Deutschland lassen sich Daten aus dem Green Startup Monitor (GSM) von Borderstep (2022) heranziehen. Eine Normierung könnte zum einen erfolgen, indem der Anteil von grünen Start-ups an allen Start-ups gebildet wird. Zum anderen könnte analog der Gründungsquote, die die Anzahl von Gründungen auf die Anzahl der Bewohner bezieht, auch eine grüne Gründungsquote errechnet werden. Bisher liegen Daten aus dem GSM für 2018 bis 2021 vor. Der Nachteil dieses Indikators liegt in der mangelnden internationalen Vergleichbarkeit. Als international ausgerichtete Alternative wird daher der Indikator **"Green Early Stage Investment"** vorgeschlagen, der u. a. im EU Eco-innovation Scoreboard verwendet wird (Al-Ajani et al. 2021).³ Die Daten stammen von der Cleantec Group, ihr Bezug ist kostenpflichtig. Auf Grund dieses Geschäftsmodells ist zu erwarten, dass Aktualisierungen auch in Zukunft vorgenommen werden.

Der Aufbau von Umweltmanagementsystemen stellt ein Steuerungsinstrumentarium für Unternehmen dar. International vergleichbare Daten gibt es aus dem ISO Survey für die Anwendung des ISO 14001 Standards (ISO 2020). Sie werden auch im European Eco-Innovation Observatory herangezogen. Auf Grund der höheren Anforderungen, die ein höheres Engagement für den Umweltschutz vermuten lassen, wäre prinzipiell ein auf **EMAS-Daten** beruhender Indikator zu präferieren. Entsprechende Daten für Deutschland werden in einer Datenbank bei der DIHK zusammengefasst und auch vom UBA im Rahmen der Daten zur Umwelt veröffentlicht. Internationale Daten finden sich im EMAS Registry für den Zeitraum 1996-2019 (EU Commission 2020). Es enthält nicht nur Angaben zum Registrierungsdatum, sondern auch zu den Beschäftigten der Unternehmen. Im Rahmen des Indikatorenberichts zur Nachhaltigkeitsstrategie - bei der dieser Indikator ebenfalls Eingang findet - wird daher auch eine Zeitreihe der durch EMAS betroffenen Beschäftigten generiert (Destatis 2021). Entsprechend ließe sich für das Indikatorensystem auch gut der prozentuale Wert der an EMAS-Standorten Beschäftigten an allen Beschäftigten in Deutschland bilden. Da der Indikator auch Bestandteil der Nachhaltigkeitsstrategie ist, ist davon auszugehen, dass er auch weiterhin verfügbar sein wird.

Das Aufnehmen von **Umweltinnovationen durch Unternehmen** zielt darauf ab, die Umweltinnovationen zu messen, die im Produktionsprozess der Unternehmen selbst vorgenommen werden oder sich in den hergestellten Produkten manifestieren. Weit verbreitet sind die Daten aus dem Community Innovation Survey (CIS) zur Anzahl der Unternehmen, die Umweltinnovationen vorgenommen haben. Nachteil dieser Daten ist ihre zeitliche Verfügbarkeit, da die Daten zu Umweltinnovationen in der Vergangenheit nur Gegenstand des CIS 2008 sowie 2014 waren. Der Fragebogen für die in 2021 durchgeführte CIS-Befragung

³ Die Indikatorenwerte sind online abrufbar unter: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/index_en.

enthielt diesen Block wieder. Eine erste Auswertung der Daten für Deutschland findet sich in Horbach und Rammer (2022). Daten aus dem Community Innovation Survey werden auch im Eco-Innovation Observatory herangezogen. Als Alternative wäre es möglich, auf die Daten aus der Erhebung "Modernisierung der Produktion" zurückzugreifen, die alle 3 Jahre vom Fraunhofer ISI durchgeführt wird, allerdings nur Daten für Deutschland liefert. Daten zu Umweltinnovationen im Produktionsprozess liegen seit der Erhebung 2012 vor, Daten zu produktbezogenen Umweltinnovationen zusätzlich seit der Erhebung 2015 (Mattes et al. 2017; Gotsch et al. 2019). Die jüngste Befragung stammt aus dem Jahr 2018, bisher wurden hierzu allerdings nur die Daten zum Themenkomplex Industrie 4.0 sowie Digitalisierung ausgewertet (Lerch und Jäger 2020 sowie 2021). Mit der Veröffentlichung einer weiteren Auswertung speziell zum Thema Umweltinnovateure (Gandenberger et al. 2023) ist demnächst zu rechnen.

4.4 Indikatorenvorschläge für die Akteursgruppe Staat

Die **staatliche F&E-Förderung** gehört zu dem Grundset der inputorientierten Innovationsindikatoren. Die Erfassung der F&E-Ausgaben ist im Frascati-Manual festgelegt (OECD 2015). Danach gehören neben der Grundlagen- und angewandten Forschung auch Aktivitäten der experimentellen Entwicklung zu F&E-Aktivitäten. F&E-Ausgaben sollten in Bezug zu konkreten F&E-Projekten stehen, die durch 5 grundlegende Kriterien (novel, creative, uncertain, systematic, transferable) gekennzeichnet sind. Energie- und -umweltbezogene F&E-Daten werden von der IEA und der OECD bereitgestellt und auch im Rahmen des Wirtschaftsfaktors Umwelt betrachtet (Gehrke und Schasse 2021). Dabei ist zu beachten, dass die von der OECD im Rahmen der Government Budget Allocation for R&D (GBARD) bereitgestellten Daten z. B. bei der Zurechnung von Demonstrationsvorhaben eine engere Definition von F&E-Ausgaben vornehmen als die IEA-Daten (vgl. OECD 2015, S. 336 ff.). Eine Normierung könnte an der gebräuchlichen Größe des nationalen BIP erfolgen. Da die IEA-Daten zu staatlichen F&E-Ausgaben eine zielgenauere Ausrichtung auf die Energiewende ermöglichen als die im GBARD für Energie aufgeführten Angaben wird vorgeschlagen, die Summe aus den GBARD-Daten für Umweltschutz mit den IEA-Daten für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz zu kombinieren.

Daten zur **Stringenz umweltbezogener Regulierungen** wurden im Rahmen des World Competitiveness Indexes vom World Economic Forum (WEF) sowie von der OECD gesammelt (Botta und Kozluk 2014). Beide Ansätze werden aber für den Zeitraum nach 2015 nicht mehr weiterverfolgt. Was von der OECD im Rahmen der Policy Instruments Database aktualisiert wird, sind Angaben zur Erhebung von Umweltafgaben (OECD 2017). Eine Normierung der Daten könnte mit dem jeweiligen BIP des Landes erfolgen. Die fachliche Rechtfertigung hierfür liegt darin, dass es Zielsetzung der Umweltsteuern ist, die gesamte Volkswirtschaft - für deren Aktivitätsniveau ja gerade das BIP eine gebräuchliche Kennzahl ist - hin zu einer umweltfreundlicheren Wirtschaftsweise zu bewegen. Demgegenüber würde eine Normierung an Kenngrößen wie dem gesamten Steueraufkommen gerade im internationalen Vergleich ggf. zu verzerrten Kenngrößen führen. Denn bei Staaten, die eine geringere Steuerquote ausweisen (z. B. weil sie eine weniger intensive redistributive Politik betreiben oder sonstige hohe Einnahmen (z. B. aus staatlichen Ölverkäufen) zur Verfügung haben), würde hier eine Umweltsteuer deutlich stärker im Indikatorenwert zu Buche schlagen. Zu diskutieren ist, ob ggf. auch die Subventionierung fossiler Energieträger berücksichtigt werden sollte, z. B. durch eine Saldobildung mit den Umweltsteuern. In diesem Fall wäre insbesondere zu überlegen, ob neben Finanzhilfen auch Steuerbefreiungen bzw. -vergünstigungen berücksichtigt werden sollten.

Diese vermindern ja automatisch die Höhe des Umweltsteueraufkommens, so dass ihre Einbeziehung in eine Saldierung quasi zu ihrer doppelten Berücksichtigung führen würde. Des Weiteren könnten neben Umweltsteuern auch weitere Bepreisungen der Umweltnutzung wie die Versteigerungserlöse aus dem Europäischen Emissionshandel in diesen Indikator einbezogen werden. Bei einem stärker national ausgerichteten Indikatorensystem könnten die Werte für das Aufkommen an Umweltsteuern herangezogen werden, die von DESTATIS erhoben und vom Umweltbundesamt ausgewiesen werden.⁴ Eine Normierung könnte entweder am gesamten Steueraufkommen oder als Anteil am BIP erfolgen. Auch hier wäre zu diskutieren, inwieweit eine Saldobildung aus Umweltsteuern und umweltschädlichen Subventionen als weitere Alternative sinnvoll sein kann. Allerdings liegen Angaben zu letzteren nur punktuell für die Basisjahre 2012 und 2018 vor, erreichten aber in 2018 mit 65,4 Mrd. Euro ein erhebliches Ausmaß (Burger und Bretschneider 2021).

Ein geeigneter Indikator zur Messung der Performanz der Staatsnachfrage wären Angaben zu den **öffentlichen Ausgaben für eine umweltfreundliche Beschaffung**. Trotz der Intensivierung dieses Ansatzpunktes und entsprechenden Vorgaben, bei der Beschaffung auch verstärkt Umweltkriterien heranzuziehen, ist hier die Datenlage insgesamt schwierig. Bei den Indikatoren zur Nachhaltigkeitsstrategie wurde dieser Punkt bei der Aktualisierung 2021 ebenfalls gegenüber 2016 neu aufgenommen. Allerdings werden hier nur der Anteil an mit dem Blauen Engel ausgezeichnetem Papier am gesamten Papierverbrauch, sowie die CO₂-Emissionen von Dienstfahrzeugen betrachtet. Dabei ist kritisch zu hinterfragen, ob die Zeitreihe aus dem Anteil an Papier mit Blauen Engel am Gesamtpapierverbrauch der unmittelbaren Bundesverwaltung wirklich aussagekräftig ist. Daten liegen jährlich für den Zeitraum von 2015 bis 2019 vor, wobei im Indikatorenbericht der Wert jeweils auf das Jahr 2015 normiert wird. Allerdings sind die Angaben insofern mit Unsicherheiten verbunden, als es zu einer methodischen Umstellung in der Erfassung gekommen ist. Des Weiteren betrug dieser Anteil im Jahr 2019 bereits 92 %. Gleichzeitig wird in der Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2021) selbst explizit darauf hingewiesen, dass der auf Papier entfallende Anteil an den Beschaffungskosten des Bundes sehr gering ist. Diese Gründe lassen es doch als recht zweifelhaft erscheinen, diesen Indikator auch für ein System von Transformationsindikatoren heranzuziehen. Im Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamts zur Nachhaltigkeitsstrategie (Destatis 2021) finden sich neben den durchschnittlichen CO₂-Emissionen des Pkw-Bestandes auch Angaben zum Anteil der neu angeschafften Pkw der unmittelbaren Bundesverwaltung mit einem Emissionswert von kleiner 50 g CO₂ je Kilometer am Gesamtvolumen der beschafften Pkw. Für die Messung der Performanz des Staates als nachhaltiger Nachfrager ist die Umweltqualität von derartigen jährlichen Neubeschaffungen von Pkw aussagekräftiger als die Umweltqualität eines aufgelaufenen Bestandes, der über die Jahre hinweg angeschafft wurde. Die Angaben zum Anteil der neu angeschafften Pkw der unmittelbaren Bundesverwaltung mit einem Emissionswert von kleiner 50 g CO₂ je Kilometer am Gesamtvolumen der beschafften Pkw liegen jährlich für den Zeitraum 2015 bis 2019 vor, so dass sich hier ebenfalls eine auf das Jahr 2015 normierte Zeitreihe bilden lässt. Als kurzfristiger Indikator wird daher vorgeschlagen, diese Angaben als Fortschrittsindikator heranzuziehen. Allerdings ist nochmals auf den eingeschränkten Informationsgehalt des Indikators zu verweisen, da lediglich ein Teilbereich der öffentlichen Beschaffung in den Indikator einfließt.

⁴ Die Daten sind abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/steuern-weitere-abgaben/umweltbezogene-steuereinnahmen.html> bzw. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/umweltbezogene-steuern-gebuehren#entwicklung-umweltbezogener-steuern>.

4.5 Indikatorenvorschläge für die Akteursgruppe Konsumenten

Für die Akteursgruppe der Konsumenten ist die Datenlage sehr stark durch verschiedene Surveys und auch Metastudien geprägt. Dabei zeigt sich aber eine gewisse Diskontinuität. So sind z. B. die Daten, die aus dem International Social Survey Programme (GESIS 2020) oder dem World Values Survey (World Values Survey 2020) stammen, insgesamt gesehen zu alt, um für die vorliegende Fragestellung verwendet werden zu können.

Als Inputindikator für die Akteursgruppe Konsumenten könnte die **Bedeutung** dienen, die in der Bevölkerung **der Umwelt** zugemessen werden. Im Rahmen des Eurobarometers werden im Auftrag der EU jährlich Daten erhoben, welchen Stellenwert die Umwelt bei den Befragten einnimmt. Der Indikator, der auch vom European Eco-Observatory verwendet wird, beziffert den Prozentsatz, mit dem die Befragten Umwelt als eines der beiden wichtigsten Probleme bezeichnen. Die Daten werden regelmäßig aktualisiert und liegen für Europa bis einschließlich 2019 vor.

In Deutschland werden Daten zu **Umweltbewusstsein, -einstellungen und -verhalten** im Auftrag des Umweltbundesamts im Zweijahresrhythmus erhoben und in Zusammenhang mit gesellschaftlichen Entwicklungen gestellt. Bei einem rein nationalen System könnte auch auf Daten aus diesen Umfragen zurückgegriffen werden. So wird hier zweijährlich der Stellenwert des Umwelt- und Klimaschutzes im Kontext mit anderen Politikproblemen erfragt (vgl. Rubik et al. 2019, Gellrich 2021 sowie Belz et al. 2022).

Seit der Erhebung 2018 (Rubik et al. 2019) werden aggregierte Werte für Umweltaffekt, und Umweltkognition jeweils auf einer Skala zwischen 0 und 10 gebildet. Beim Umweltaffekt steht dabei die Einstellung gegenüber emotionalen Reaktionen auf Umweltthemen im Vordergrund, bei der Umweltkognition Einstellungen, bei denen sachliche Aussagen zu Umweltthemen beurteilt werden. Diese Indikatoren würden der Grundkonzeption von intermediären Output-Indikatoren für die Akteursgruppe Konsumenten sehr gut entsprechen. Allerdings liegen sie nur für Deutschland vor. Da diese Indikatoren voraussichtlich auch zukünftig erhoben werden, wären sie sehr gut für ein national geprägtes Indikatorensystem geeignet. Hierbei könnte der Durchschnitt des Indexes von Umweltaffekt und Umweltkognition als Indikatorenwert gebildet werden.

Auf europäischer Ebene haben Urban und Kaiser (2020) einen Indikator zur Umwelteinstellung entwickelt. Er beruht auf einer Metaanalyse von Daten, die im Rahmen von Eurobarometer-Befragungen erhoben wurden. Bisher wurden die entsprechenden Analysen auf Basis von Befragungen aus dem Jahr 2014 durchgeführt. Es ist sehr fraglich, ob es künftig zu Aktualisierungen dieses Indikators kommen wird. Von Urban und Kaiser (2020) wurde ebenfalls ein Indikator entwickelt, der das **"personal commitment towards green consumption"** misst. Bezüglich methodischem Vorgehen und Datenverfügbarkeit gilt hier das oben bereits Erwähnte.

Vom UBA werden umsatzgewichtete Daten zum **Kauf von Produkten mit staatlichen Umweltzeichen** veröffentlicht.⁵ Diese Daten bilden auch den Leitindikator für den Themenbereich *nachhaltiger Konsum* im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie. Inzwischen liegen Daten für 2020 vor. Aufgrund der Bedeutung des Indikators für die Nachhaltigkeitsstrategie kann auch davon ausgegangen werden, dass er weiterhin erhoben werden wird. Für ein national ausgeprägtes Indikatorensystem wäre dies eindeutig der für

⁵ Die Daten sind abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/marktanteile-von-produkten-staatlichen>.

einen Fortschrittsindikator der Akteursgruppe Konsumenten zu präferierende Indikator. Er ist sowohl umfassender als auch zeitlich in kürzeren Intervallen verfügbar als die Daten zum Kauf energieeffizienter Geräte in Deutschland, die vom UBA seit 2010 im zweijährigen Rhythmus veröffentlicht werden. Daten zum Kauf der mit europäischen Energielabeln versehenen Elektrogeräte sind bei der Gesellschaft für Konsumforschung für unterschiedliche Länder kostenpflichtig verfügbar, so dass dieser Indikator ggf. auch international vergleichend verfügbar wäre. Dies wäre entsprechend dann eine Alternative, wenn das Indikatorensystem stärker international ausgerichtet werden sollte.

5 Weitere Schritte und Ausblick

Die oben skizzierten Indikatorenvorschläge zeigen deutliche Unterschiede in der Verfügbarkeit der Indikatoren. Dies gilt insbesondere auch hinsichtlich der Länderabdeckung. Daher ist in einem ersten Schritt zu klären, ob der **Fokus stärker auf einem national oder international ausgerichteten Indikatorensystem** liegen soll. In Abhängigkeit dieser Fragestellung variieren auch die Anforderungen an die zeitliche Verfügbarkeit der Indikatoren. Folgende Unterschiede sind festzuhalten:

- ▶ Bei einem internationalen System können die Anforderungen insofern geringer ausfallen, weil ein Benchmark auch ohne Zeitreihen und ggf. auch mit unterschiedlichen Bezugsjahren für die einzelnen Indikatoren möglich ist.
- ▶ Bei einem national ausgerichteten System sind die Erfordernisse für das Vorliegen von Zeitreihen demgegenüber stringenter. Denn hier erfordert eine sinnvolle Interpretation in stärkerem Ausmaß, dass die Entwicklung der einzelnen Indikatoren im Zeitablauf ablesbar ist.

Die Ausführungen in Abschnitt 4 haben aufgezeigt, dass national die Datenlage deutlich besser auf die Spezifika von Transformationen ausgerichtet werden kann. Dies gilt insbesondere für die Akteursgruppe der Konsumenten, aber auch beim Staat hinsichtlich des Fortschrittsindikators. Ein international ausgerichtetes Indikatorensystem würde daher stärker an Umweltinnovationen und weniger an den Bedingungen für Transformationen ausgerichtet sein als ein national ausgerichtetes. Gleichzeitig ist zu bedenken, dass mit dem Eco-Innovation Observatory zugleich ein Umweltinnovationsindex auf EU-Ebene besteht. Der inhaltliche Mehrwert gegenüber diesem System wäre daher vergleichsweise geringer, wenn die oben diskutierten international ausgerichteten Indikatoren herangezogen werden. Daher wird vorgeschlagen, das auf ökologische Transformationen abzielende Indikatorensystem national auszurichten. Parallel dazu könnte ein internationales Benchmarking Deutschlands bei Umweltinnovationen anhand von Indikatoren aus dem Eco-Innovation Observatory erfolgen. Tabelle 4 skizziert, welche Indikatoren sich für ein national ausgeprägtes, kurzfristig umsetzbares System besonders anbieten würden. Bei einer Umsetzung wäre insbesondere auf eine Kontinuität in der Datenerhebung zu achten, damit es zu längeren Zeitreihen für alle Indikatoren kommt, aus denen die Transformationsdynamiken abgelesen werden können.

Eine weitere zu klärende Frage ergibt sich hinsichtlich der **Aggregation der Indikatoren**. Mit einer Anzahl von 12 Indikatoren sind die einzelnen Indikatoren zwar noch als solche überschaubar. Dennoch könnte eine Aggregation durchgeführt werden. Für ein nationales System kann der Indikatorwert für jedes Jahr ins Verhältnis zum Indikatorwert des entsprechenden Indikators für ein Basisjahr festgelegt werden. Die Indexbildung erfolgt dann durch die Bildung des arithmetischen Mittels über die Indikatoren für jedes Jahr. Diese Vorgehensweise setzt aber voraus, dass die zeitliche Struktur, in der die Indikatorwerte vorliegen, homogen ist.

Tabelle 4: Indikatorenvorschläge für ein kurzfristig aufbaubares nationales Indikatorensystem

	Inputindikator	Intermediärer Outputindikator	Fortschrittsindikator
Technisch abgrenzbare Innovationen	Gesamte F&E-Aufwendung energetische Schlüsselfelder (in % des BIP) oder umweltrelevante Publikationsintensität bzw. -spezialisierung	Patentintensität (Anzahl/BIP) oder -spezialisierung (RPA) umweltrelevanter Patente	Exportintensität Umwelttechnologien (in % des BIP) oder Exportspezialisierung (RWA)
Akteursgruppe Unternehmen	Grüne Gründungsquote (grüne Start-ups / Bevölkerung)	Beschäftigte in EMAS registrierten Betrieben (in % aller Beschäftigten)	Anteil Umweltinnovatoren aus dem CIS
Akteursgruppe Staat	Staatliche F&E-Förderung Umwelt und Energie (in % des BIP)	Anteil Umweltsteuern am BIP	Anteil der von der unmittelbaren Bundesverwaltung beschafften Pkw mit einem CO ₂ -Ausstoß von weniger als 50 g/km
Akteursgruppe Konsumenten	Stellenwert des Umwelt- und Klimaschutzes	Durchschnittswert der Indizes für Umweltaffekt und -kognition	Marktanteil Produkte mit Umweltzeichen (%)

Quelle: Eigene Darstellung ISI

Unabhängig von den Vorschlägen zu einem kurzfristig zu etablierendem System von Umweltinnovationsindikatoren sollte auch für den **weiteren Ausblick** bedacht werden, welche Engpässe in der Indikatorenverfügbarkeit mittelfristig angegangen werden sollten. Erstens bedeutet dies, die ausgewählten Indikatoren auch kontinuierlich zu erheben, ggf. auch für zurückliegende Jahre, um längere Zeitreihen bilden zu können. Zweitens sollte eruiert werden, welche Möglichkeiten bestehen, soziale Innovationen - ggf. unter Verwendung von Big Data Ansätzen - breiter und zuverlässiger zu erfassen. Drittens stellt gerade die Performanz der Staatsnachfrage einen Engpassfaktor dar. Auch hier wären ggf. Big Data Ansätze zur Auswertung von öffentlichen Ausschreibungen ein Ansatzpunkt.

6 Quellenverzeichnis

- Al-Ajlani, H.; Cvijanović, V.; Es-Sadkix N.; Müller, V. (2021): EU Eco-Innovation Index 2021 Policy Brief, July 2021. Brüssel: Ecorys und Maastricht: UNU-Merit.
- Belz, J.; Follmer, R.; Hölscher, J.; Stieß, I.; Sunderer, G.; Birzle-Harder, B. (2022): Umweltbewusstsein in Deutschland 2020. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin/Dessau-Roßlau: BMU/UBA.
- BMUB (2016): Den ökologischen Wandel gestalten. Integriertes Umweltprogramm 2030. Berlin: BMU.
- Borderstep (2022): Green Startup Monitor 2022. Online verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2022/03/GreenStartupMonitor2022.pdf>.
- Botta, E.; Kozluk, T. (2014): Measuring Environmental Policy Stringency in OECD Countries: A Composite Index Approach. No 1177, OECD Economics Department Working Papers. Paris: OECD.
- Bundesregierung Deutschland (2021): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021. Berlin: Die Bundesregierung.
- Burger, A.; Bretschneider, W. (2021): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2021. Texte 143/2021. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt.
- Destatis (2021): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Daten zum Indikatorenbericht 2021. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- European Commission: The EMAS Registry. <https://webgate.ec.europa.eu/emas2/public/registration/list>. Aufgerufen am 14.08.2020.
- Gandenberger, C.; Ostertag, K.; Gotsch, M.; Eberling, E. (2023): Umweltinnovateure: Eine Strukturanalyse. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA und BMU, im Erscheinen.
- Gehrke, B., Schasse, U. (2019): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland: Produktion, Umsatz und Außenhandel - Aktualisierte Ausgabe 2019. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 05/2019. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA und BMU.
- Gehrke, B., Schasse, U. (2021): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland: Produktion, Umsatz und Außenhandel - Aktualisierte Ausgabe 2021. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 12/2021. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA und BMU.
- Gehrke, B.; Ingwersen, K.; Schasse, U.; Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F. und Rothengatter, O. (2019): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich - Aktualisierte Ausgabe 2019. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 06/2019. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA und BMU.
- Gehrke, B.; Ingwersen, K.; Schasse, U.; Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F.; Rothengatter, O.; Sievers, L.; Stijepic, D. (2022): Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich - Aktualisierte Ausgabe 2021. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/2022. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA und BMUV.
- Gellrich, A. (2021): 25 Jahre Umweltbewusstseinsforschung im Umweltressort. Langfristige Entwicklungen und aktuelle Ergebnisse. UBA Hintergrund März 2021. Dessau: Umweltbundesamt.
- GESIS (2020): International Social Survey Programme: ISSP Modules by Year. <https://www.gesis.org/issp/modules/issp-modules-by-year>. Abgerufen am 15.08.2020.

- Gotsch, M.; Jäger, A.; Jackwerth, T. (2019): Industrielle Produktinnovationen für mehr ökologische Nachhaltigkeit. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung "Modernisierung der Produktion" Nr. 74; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2019.
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des Technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Horbach, J.; Rammer, C. (2022): Climate Change Affectedness and Innovation in German Firms. ZEW Discussion Paper No. 22-008. Mannheim: ZEW.
- ISO (2020): The ISO Survey. <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>. Aufgerufen am 14.08.2020.
- Lerch, C.; Jäger, A. (2020): Industrie 4.0 quo vadis? Neuere Entwicklungen der vierten industriellen Revolution im Verarbeitenden Gewerbe. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Modernisierung der Produktion Nr. 76, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Lerch, C.; Jäger, A. (2021): Export und Globalisierung in Zeiten des digitalen Wandels. Wie Produkthersteller beim Exportgeschäft von der Digitalisierung profitieren können. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Modernisierung der Produktion Nr. 80, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Mattes, K.; Jäger, A.; Kelnhofer, A.; Gotsch, M. (2017): Energieeffizienz im Betriebsalltag - Chancen durch Energiemanagement und Qualifikation. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Modernisierung der Produktion Nr. 70; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2017.
- OECD (2017): Policy Instruments Database 2017. Paris: OECD.
- OECD (2015): Frascati Manual 2015. Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development. Paris: OECD.
- Ostertag, K.; Neuhäusler, P.; Helmich, P.; Frietsch, R.; Walz, R.; Gehrke, B.; Schasse, U.; Rothengatter, O.; Ingwersen, K.; Weilage, I. (2018b): FuI-Indikatoren zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz: Forschung, Entwicklung, Innovationen und Marktergebnisse. Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 7-2018. Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation.
- Ostertag, K.; Bodenheimer, M.; Neuhäusler, P.; Helmich, P.; Walz, R. (2018a): Organisational innovations, social innovations and societal acceptability in the context of sustainability. Hg. v. Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI). Berlin: EFI.
- Pasimeni, F.; Fiorini, A.; Georgakaki, A.; Marmier, A.; Jimenez Navarro, J. P.; Asensio Bermejo, J. M. (2018): SETIS Research & Innovation country dashboards. European Commission, Joint Research Centre (JRC). <https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/jrc-10115-10001>.
- Quitrow, R.; Walz, R.; Köhler, J.; Rennings, K. (2014): The Concept of "Lead Markets" Revisited: Contribution to Environmental Innovation Theory: Elsevier Science Publishers, Amsterdam, S. 4-19.
- Rubik, F.; Müller, R.; Harnisch, R. Holzhauer, B.; Schipperges, M. (2019): „Umweltbewusstsein in Deutschland“ 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin/Dessau-Roßlau: BMU/UBA.
- Urban, J.; Kaiser, F. G. (2020): Environmental Attitude in the 28 Member States of the European Union: Cross-Cultural Comparisons Grounded in Incommensurable Measurement Instruments. <https://doi.org/10.31234/osf.io/rj7yb>.
- Walz, R.; Gotsch, M.; Gandenberger, C.; Peters, A.; Bodenheimer, M.; Günther, E. (2017): Nachhaltiges Wirtschaften. Stand der Transformation zu einer Green Economy. Working Papers Sustainability and Innovation, WP03-2017. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Walz, R.; Ostertag, K.; Eckartz, K.; Gandenberger, C.; Bodenheimer, M.; Peuckert, J. et al. (2019): Ökologische Innovationspolitik in Deutschland. Fachliche Grundlagen für einen deutschen Öko-Innovationsplan. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 01/2019. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA und BMU.

Walz, R. (2016): Indikatorik von Innovationen im Kontext der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie - Reflexion bisheriger Erfahrungen und Überlegungen zur Weiterentwicklung. Kurzgutachten im Auftrag des Rates für Nachhaltige Entwicklung. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

World Values Survey (2020): WVS Wave 6 (2010-2014).

<http://www.worldvaluessurvey.org/WVSDocumentationWV6.jsp>. Abgerufen am 16.08.2022.

Internetadressen

Gesamte F&E-Aufwendung energetische Schlüsselfelder:

https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en

Umwelt- und Klimapatente:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsmotor-umweltschutz-forschung-patente-in-0>

Exporte Umwelttechnologien:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-umweltwirtschaft-in-deutschland>

Grüne Gründungen und Gründungsquote:

<https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2022/03/GreenStartupMonitor2022.pdf>

<https://www.gemconsortium.org/data>

Beschäftigte in EMAS-zertifizierten Betrieben:

<https://sustainabledevelopment-deutschland.github.io/12-2-a/>

Anteil Umweltinnovatoren im CIS:

<https://www.zew.de/publikationen/zew-gutachten-und-forschungsberichte/forschungsberichte/innovationen/community-innovation-survey-cis>

Staatliche F&E-Förderung Umwelt und Energie:

https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GBARD_NABS2007#IEA

Environmental taxes:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/umweltbezogene-steuern-gebuehren#entwicklung-umweltbezogener-steuern>

Anteil der von der unmittelbaren Bundesverwaltung beschafften Pkw mit einem CO₂-Ausstoß von weniger als 50 g/km:

<https://sustainabledevelopment-deutschland.github.io/12-3-ab/>

Stellenwert des Umwelt- und Klimaschutzes:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2020>

Umweltaffekt und Umweltkognition:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2020>

Anteil Produkte mit Umweltkennzeichen:

<https://www.umweltbundesamt.de/bild/marktanteile-von-produkten-staatlichen>

<https://sustainabledevelopment-deutschland.github.io/12-1-a/>