

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG

10/2021

Die Diffusion von Umweltinnovationen

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen
Umweltinnovationspolitik

von:

Jens Clausen, Klaus Fichter
Borderstep Institut, Berlin

Herausgeber:
Umweltbundesamt

Für Mensch & Umwelt



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Umwelt
Bundesamt

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 10/2021

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 14 101 0
FB000113/ZW,6

Die Diffusion von Umweltinnovationen

Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen
Umweltinnovationspolitik

von

Jens Clausen, Klaus Fichter
Borderstep Institut, Berlin

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

[f/umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de)
[t/umweltbundesamt](https://www.umweltbundesamt.de)

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

Durchführung der Studie:

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH
Clayallee 323
14169 Berlin

Abschlussdatum:

Juni 2021

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, November 2021

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

Kurzbeschreibung: Die Diffusion von Umweltinnovationen

Erst durch ihre massenhafte Verbreitung realisiert eine Umweltinnovation das Umweltentlastungspotenzial, welches sie technologisch erschließbar macht. Aus Sicht einer umweltorientierten Innovationspolitik ist daher die erfolgreiche Diffusion von Innovationen in den Massenmarkt ein wesentliches Ziel der Innovationsförderung. Die vorliegende Publikation stellt Notwendigkeit, aber auch die Herausforderungen der wirksamen Förderung der Verbreitung umweltentlastende Innovationen in die Massenmärkte dar. Sie gibt einen Überblick über Instrumente zur Marktvorbereitung, zur Verbesserung und Kostensenkung im Fall umweltentlastender Schlüsselinnovationen sowie zur Gestaltung des ordnungsrechtlichen Rahmens und des ökonomischen Rahmens aus Förderungen, Steuern, Abgaben und Subventionen. Weiter gibt sie einen Überblick über Optionen zur Stimulierung der Nachfrage durch die öffentliche Beschaffung. Abschließend werden Strategien zur Erprobung in Transformationsregionen und der Abfederung von Nachteilen diskutiert, die Produzenten und Nutzer nicht-nachhaltige Produkte aufgrund der Transformation zur Nachhaltigkeit haben werden.

Abstract: The diffusion of environmental innovations

Only through its mass diffusion does an environmental innovation realise the environmental relief potential that makes it technologically accessible. From the perspective of an environmentally oriented innovation policy, the successful diffusion of innovations into the mass market is therefore an essential goal of innovation policy. This publication presents the necessity, but also the challenges of effectively promoting the diffusion of environmentally friendly innovations into mass markets. It provides an overview of instruments for market preparation, improvement and cost reduction in the case of key eco-innovations, as well as for the design of the regulatory framework and the economic framework of subsidies, taxes, levies and subsidies. It also provides an overview of options for stimulating demand through public procurement. Finally, it discusses strategies for testing in transition regions and mitigating the disadvantages that producers and users of non-sustainable products will have due to the transition to sustainability.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary	13
1 Einleitung.....	16
2 Die Dynamik der Diffusion von Umweltinnovationen.....	17
2.4 Empirische Erkenntnisse der Diffusionsforschung.....	20
2.5 Innovationsprozesse im Kontext der Diffusion der erneuerbaren Energien	22
2.6 Ein Ansatz zur Weiterentwicklung der Diffusionsförderung.....	25
3 Neue politische Instrumente zur Diffusionsförderung.....	27
3.1 Innovation mit dem Ziel der Diffusionsförderung	30
3.1.1 Kostensenkung durch effiziente Produktionstechnik.....	30
3.1.2 Systeminnovationen durch Reallabore.....	32
3.2 Vernetzung von Start-ups mit etablierten Unternehmen	33
3.2.1 Problem der mangelnden Vernetzung großer Unternehmen mit Start-ups	33
3.2.2 Sustainability-Hubs als neuer Förder- und Vernetzungsansatz	34
3.3 Erprobung von Systeminnovationen in Transformationsregionen.....	35
3.3.1 Probleme der Erprobung von Systeminnovationen	35
3.3.2 Der Ansatz der Transformationsregion.....	36
4 Die Beschaffung innovativer Produkte.....	38
4.1 Hemmnisse der Beschaffung innovativer Produkte	38
4.1.1 Die Problemlage.....	38
4.1.2 Hemmnisse der Beschaffung von Innovationen.....	39
4.1.3 Spezielle Hemmnisse der Beschaffung von Umweltinnovationen	39
4.1.4 Das komplexe Feld der Förderung von Innovation durch Beschaffung.....	40
4.2 Market-Pull durch gezielte Beschaffung innovativer Produkte.....	42
4.2.1 Möglichkeiten der Versicherung von Beschaffungsrisiken.....	43
4.2.2 Reduktion finanzieller Risiken durch ein Bürgschaftsprogramm.....	44
4.2.3 Reduktion finanzieller Risiken durch höheres Eigenkapital.....	46
4.2.4 Risikoreduktion durch Förderprogramme	47
4.2.5 Risikoreduktion durch die Organisation von Beschaffungsgruppen	48
5 Die Bedeutung der Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen.....	51

5.1.2	Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen während des Einstiegs in den Massenmarkt	54
6	Quellenverzeichnis	56
A	Anhang	65
A.1	Telefonische Interviews	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Instrumente zur Förderung der Diffusion nach Phasen	11
Abbildung 2:	Instruments to promote diffusion by phase.....	14
Abbildung 3:	Adoptergruppen nach Rogers	17
Abbildung 4:	Verbreitungsgrad von 130 umweltentlastenden Produkten und Dienstleistungen.....	21
Abbildung 5:	Historische Entwicklung der Preise für PV-Module.....	24
Abbildung 6:	Instrumente zur Förderung der Diffusion nach Phasen	29
Abbildung 7:	Strategische Ziele im Zielsystem öffentlicher Beschaffungsstellen.....	38
Abbildung 8:	Förderansätze von der Nische in den Massenmarkt.....	52

Abkürzungsverzeichnis

BMVEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EIB	Europäische Investitionsbank
EU	Europäische Union
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
F&E	Forschung und Entwicklung
GW	Gigawatt
GWp	Gigawatt Peak
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MEAT	Wirtschaftlich günstigstes Angebot (Most Economically Advantageous Tender)
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development)
PCP	Vorkommerzielle Auftragsvergabe (Pre-Commercial Procurement)
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
UNEP	UN-Umweltprogramm (United Nations Environment Programme)
USA	Vereinigte Staaten von Amerika (United States of America)

Zusammenfassung

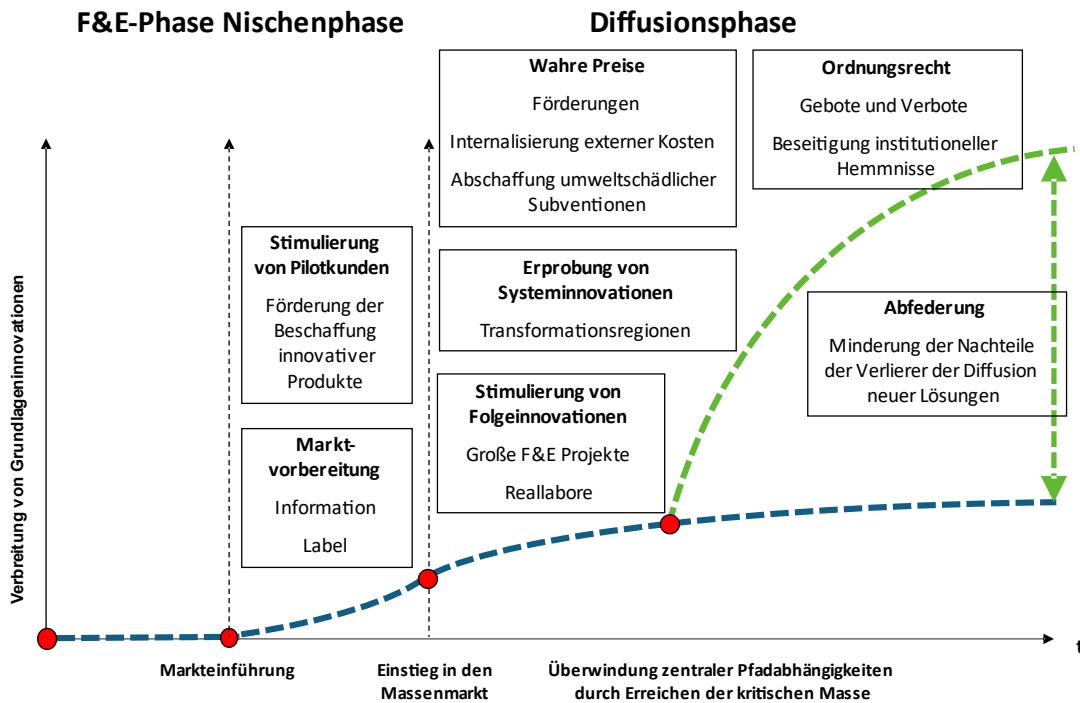
Erst durch ihre massenhafte Verbreitung realisiert eine Umweltinnovation das Umweltentlastungspotenzial, welches sie technologisch erschließbar macht. Aus Sicht einer umweltorientierten Innovationspolitik ist daher die erfolgreiche Diffusion von Innovationen in den Massenmarkt ein wesentliches Ziel der Innovationsförderung. In der Praxis aber zeigt sich, dass ca. zwei Drittel aller in den letzten Jahrzehnten in den Markt eingeführten umweltentlastenden Innovationen ihre jeweilige Marktnische noch nicht verlassen haben und kaum Verbreitungsgrade von oberhalb 10% erreichen. Als Gründe für die oft schleppende Verbreitung von Umweltinnovationen in ihren Zielmärkten wurden identifiziert:

- ▶ eine zu geringe Attraktivität der angebotenen Produkte und Dienstleistungen für die Anwender, z.B. aufgrund mangelnder Leistungsfähigkeit oder Qualität oder aufgrund zu geringer Wirtschaftlichkeit,
- ▶ eine zu geringe Attraktivität der Zielmärkte für mögliche Anbieter,
- ▶ eine zu geringe Marktreife der angebotenen Lösungen.

Politisch ist das Erreichen einer schnellen und weiten Verbreitung einer Umweltinnovation eine große Herausforderung, denn in der Gesellschaft gibt es nur einen kleinen Anteil experimentierfreudiger Innovatoren, aber auch zahlreiche Menschen, die eher vorsichtig und zögerlich sind und Innovationen erst dann nutzen, wenn es kaum noch anders geht.

Zudem besteht das politische Problem, dass oft verschiedene politische Instrumente eingesetzt werden müssen. Lässt sich zunächst die Erprobung einer Innovation in Nischen mit Fördermitteln stimulieren, so wird das Instrumentarium immer komplexer, wenn sich die Innovation erfolgreich im Massenmarkt verbreiten soll.

Gegenstand der hier vorliegenden Studie ist eine Analyse von Instrumenten, mit denen sich der Verlauf von Diffusionsprozessen politisch beeinflussen lässt. Dabei lässt die Analyse die Phase der erstmaligen Forschung und Entwicklung vor der Markteinführung außen vor und konzentriert sich auf die Nischenphase sowie auf die Phase der Verbreitung der Innovation in den Massenmarkt hinein, die Diffusionsphase.

Abbildung 1: Instrumente zur Förderung der Diffusion nach Phasen

Quelle: Borderstep

In der Phase der Entstehung erster Nischenmärkte wird häufig über neue Produkte informiert und es werden für besonders umweltentlastende Produkte Label vergeben, z.B. der blaue Engel oder das EU-Bio-Logo. Die Wirkung solcher Maßnahmen auf den Verlauf der Diffusion erweist sich aber meist als begrenzt.

Weiter gibt es zahlreiche Ideen, wie die öffentliche Hand als Pilotkunde für Innovationen in einer frühen Phase der Verbreitung gewonnen werden kann. Leider erwiesen sich viele dieser Ansätze als ausgesprochen aufwändig und in Deutschland sind die kleinteilig organisierten Abteilungen der öffentlichen Beschaffung oft damit überfordert, diese Methoden anzuwenden.

Die zentrale Strategie der Diffusionsphase für die wirksame Verbreitung in die Massenmärkte hinein ist zu erreichen, dass die „Preise die ökologische Wahrheit“ sagen, dass also ein nachhaltiges Produkt im Regelfall wirtschaftlicher bzw. preiswerter ist als ein nicht-nachhaltiges Produkt. Hierzu stehen dem Staat als Instrumente Förderungen, Steuern und Abgaben zur Internalisierung externer Kosten sowie die Streichung umweltschädlicher Subventionen zur Verfügung. Die Hemmschwelle für die Politik, diese Instrumente einzusetzen, ist hoch. Zwar wurde z.B. im Fall des EEG eine hohe Wirksamkeit dieser Strategie erzielt und nicht nur Hundertausende von Arbeitsplätzen geschaffen, sondern auch ein Anteil erneuerbaren Stroms an der Stromerzeugung von über 50 % erreicht, aber in jedem neuen Feld, in dem über diese Instrumente nachgedacht wird, gibt es erhebliche Widerstände. Dieser Widerstand kommt von Akteuren, die davon leben, die nicht-nachhaltigen Vorläuferprodukte herzustellen, zu vermarkten oder zu warten.

Genauso problematisch sind oft die Instrumente des Ordnungsrechts, wie z.B. die Vorschriften zum Kohleausstieg oder das zur Erreichung von Klimaneutralität unumgängliche Verbot des Einbaus neuer Öl- oder Gasheizungen. Auch solche Vorschriften haben im Regelfall auf der Seite der Hersteller nicht-nachhaltiger Produkte entschiedene Gegner.

Als marktwirtschaftliche gedachte Alternative zur Förderung der nachhaltigen Produkte oder zur Besteuerung der nicht-nachhaltigen Wettbewerbsprodukte liegt es nahe, sich um die Senkung von Kosten und Preisen nachhaltiger Produkte zu bemühen. Dies Vorgehen ist bisher selten zu beobachten. Im Feld der energetischen seriellen Sanierung von Bestandbauten konnten mit einigen Millionen öffentlichen Fördermitteln zwar Fortschritte, aber bisher kein Durchbruch erzielt werden. Im Feld von PKW mit Elektroantrieb wurde dagegen innerhalb eines Jahrzehnts Kostenparität mit dem Verbrenner bereits fast erreicht, allerdings auf Basis von 1.000-fach höheren Investitionsmitteln von Wirtschaft und Staat.

Ebenfalls mit hohen Kosten verbunden sind Abfederungsstrategien, mit denen die Nachteile von Verlierern der Transformation ausgeglichen werden sollen. Insbesondere der Kohleausstieg wurde erst nach langem politischem Ringen beschlossen und wird aufgrund der hohen Entschädigungszahlungen stark kritisiert.

Eine in dieser Studie dargestellte neue Idee besteht in der regional begrenzten Erprobung von Systeminnovationen in Transformationsregionen. Unterstützt durch ordnungsrechtliche Sonderregelungen wie schon bei den SINTEG-Regionen sowie regional begrenzten Förderprogrammen könnte in kleinem Rahmen erprobt werden, wie die Gesellschaft auf ein schnelles Fortschreiten einer Transformation und die weitgehende Diffusion der mit ihr verbundenen Innovationen in den Massenmarkt reagiert und es wäre möglich, sowohl technisch wie auch sozial, institutionell und politisch aus den Regionen zu lernen.

Mit Blick auf den hohen finanziellen wie auch politischen Aufwand zur erfolgreichen Förderung der Diffusion umweltentlastender Produkte dürfte es von hoher Bedeutung sein, umweltentlastende Schlüsselinnovationen zu identifizieren und sie im Rahmen des Vorantreibens wesentlicher Systemtransformationen mit Blick auf die Verbreitung in die Massenmärkte weiterzuentwickeln und ihre Verbreitung institutionell zu flankieren. Die vorliegende Publikation dürfte damit weniger als allgemeiner Leitfaden zur Verbreitung umweltentlastender Produkte geeignet sein, sondern eher im Kontext großer Schlüsselpunkte der Transformation zur nachhaltigen Gesellschaft Bedeutung haben.

Summary

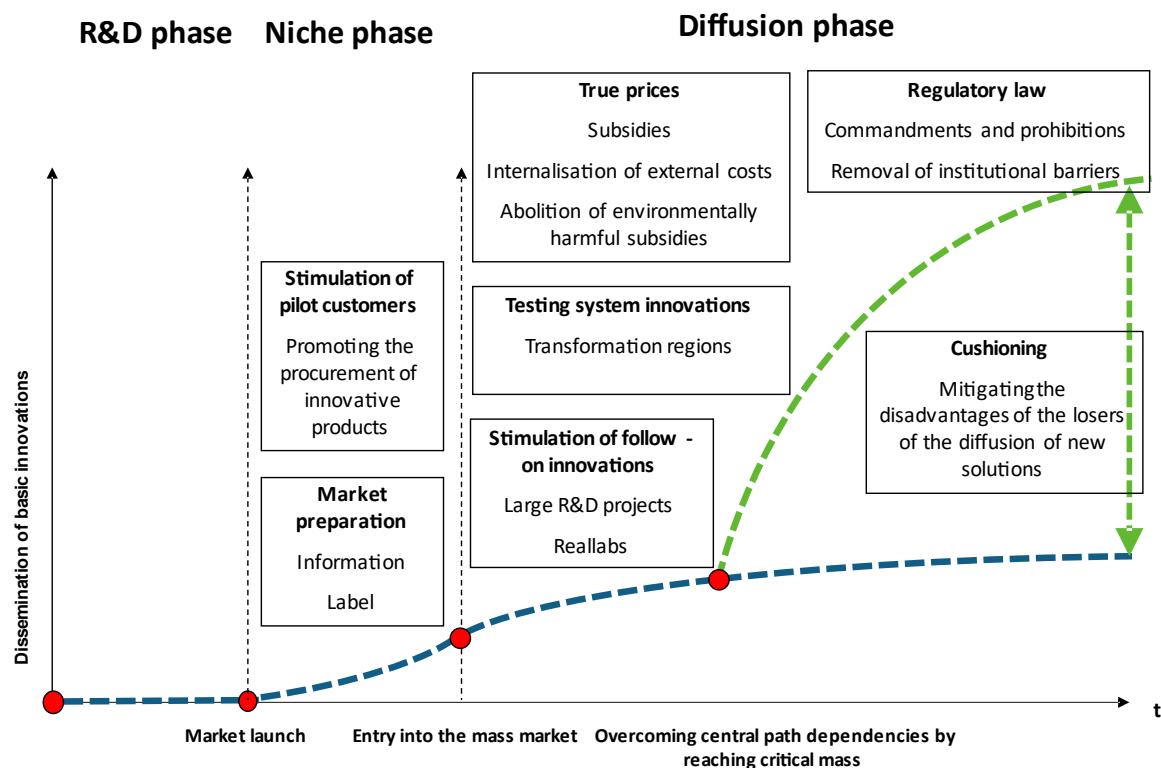
Only through its mass diffusion does an environmental innovation realise the environmental relief potential that makes it technologically accessible. From the perspective of an environmentally oriented innovation policy, the successful diffusion of innovations into the mass market is therefore an essential goal of innovation promotion. In practice, however, it has been shown that about two thirds of all environmentally friendly innovations introduced to the market in recent decades have not yet left their respective market niche and hardly achieve diffusion rates of above 10%. Reasons for the often sluggish diffusion of environmental innovations in their target markets have been identified:

- ▶ insufficient attractiveness of the products and services offered to users, e.g. due to a lack of performance or quality, or due to insufficient cost-effectiveness,
- ▶ insufficient attractiveness of the target markets for potential suppliers,
- ▶ insufficient market maturity of the solutions offered.

Politically, achieving rapid and widespread diffusion of an environmental innovation is a major challenge, because in society there is only a small proportion of experimental innovators, but also numerous people who are rather cautious and hesitant and only use innovations when there is little else to do.

There is also the political problem that different policy instruments often have to be used. While initially the testing of an innovation in niches can be stimulated with subsidies, the instruments become increasingly complex if the innovation is to spread successfully in the mass market.

The subject of this study is an analysis of instruments with which the course of diffusion processes can be influenced politically. The analysis leaves out the phase of initial research and development prior to market launch and concentrates on the niche phase as well as the phase of diffusion of the innovation into the mass market, the diffusion phase.

Abbildung 2: Instruments to promote diffusion by phase

Source: Borderstep

In the phase of the emergence of the first niche markets, information is often provided about new products and labels are awarded for particularly environmentally friendly products, e.g. the Blue Angel or the EU organic logo. However, the effect of such measures on the course of diffusion usually proves to be limited.

Furthermore, there are numerous ideas on how the public sector can be won over as a pilot customer for innovations in an early phase of dissemination. Unfortunately, many of these approaches have proven to be extremely complex and in Germany, the small-scale public procurement departments are often overwhelmed by the need to apply these methods.

The central strategy of the diffusion phase for effective dissemination into the mass markets is to achieve that "prices tell the ecological truth", i.e. that a sustainable product is usually more economical or cheaper than a non-sustainable product. To achieve this, the state has at its disposal subsidies, taxes and levies for the internalisation of external costs as well as the abolition of environmentally harmful subsidies. The inhibition threshold for politicians to use these instruments is high. Although in the case of the Renewable Energy Sources Act, for example, this strategy was highly effective and not only created hundreds of thousands of jobs, but also achieved a share of renewable electricity in electricity generation of over 50 %, there is considerable resistance in every new field where these instruments are considered. This resistance comes from actors who make a living from producing, marketing or maintaining the unsustainable precursors.

Equally problematic are often the instruments of regulatory law, such as the coal phase-out regulations or the ban on the installation of new oil or gas heating systems, which is unavoidable to achieve climate neutrality. Such regulations also usually have staunch opponents on the side of the manufacturers of non-sustainable products.

As a market-based alternative to the promotion of sustainable products or the taxation of non-sustainable competitive products, it is obvious to strive to reduce the costs and prices of sustainable products. So far, this approach has rarely been observed. In the field of energy-related serial refurbishment of existing buildings, progress has been made with a few million in public subsidies, but no breakthrough has been achieved so far. In the field of cars with electric drives, on the other hand, cost parity with the internal combustion engine has almost been achieved within a decade, albeit on the basis of 1,000 times higher investment funds from industry and the state.

Also associated with high costs are mitigation strategies to compensate for the disadvantages of the losers of the transformation. The coal phase-out in particular was only decided after a long political struggle and is strongly criticised because of the high compensation payments.

A new idea presented in this study is the regionally limited testing of system innovations in transition regions. Supported by special regulatory arrangements, as already in the case of the SINTEG regions, as well as regionally limited funding programmes, it would be possible to test on a small scale how society reacts to the rapid progress of a transformation and the extensive diffusion of the innovations associated with it into the mass market, and it would be possible to learn from the regions both technically and socially, institutionally and politically.

In view of the high financial and political costs involved in successfully promoting the diffusion of environmentally friendly products, it is likely to be of great importance to identify environmentally friendly key innovations and to further develop them in the context of advancing major system transformations with a view to their dissemination to mass markets and to provide institutional support for their diffusion. This publication is thus less suitable as a general guide for the dissemination of environmentally friendly products, but is more relevant in the context of large key projects for the transformation to a sustainable society.

1 Einleitung

Aus Sicht der Umweltinnovationspolitik ist die Analyse der Diffusion von Umweltinnovationen deshalb von Bedeutung, weil viele grundlegend neue und umweltfreundliche Produkte sich nicht direkt im Massenmarkt verbreiten und dort ihre umweltentlastende Wirkung entfalten.

Stattdessen folgt auf die Markteinführung häufig eine Phase, in der diese grundlegend neuen Produkte zunächst leistungsfähiger und preiswerter werden müssen. Häufig ist auch die Anpassung an spezielle Rahmenbedingungen oder einzelne Kundengruppen notwendig, um zusätzliche Marktsegmente für die neue Lösung zu erschließen. Mangelt es an wirtschaftlichen Anreizen oder an Folgeinnovationen verbleiben neue Lösungen häufig langfristig oder sogar dauerhaft in kleinen Marktnischen. Die Zielsetzung dieser Studie besteht daher darin herauszuarbeiten, in welcher Weise die Diffusion von umweltentlastenden Innovationen gefördert werden kann.

Die Studie führt in Kapitel 2 einige Aspekte der Diffusionsforschung ein und fokussiert die Problematik der mangelnden Diffusion vieler Umweltinnovationen. Am Beispiel der erneuerbaren Energien wird ein Blick auf einen erfolgreich verlaufenden Diffusionsprozess geworfen.

Kapitel 3 schlägt zur Förderung der Diffusion einige zusätzliche und bisher eher wenig verbreitete politische Instrumente vor.

Kapitel 4 fokussiert auf die Beschaffung innovativer Produkte und zeigt auf, welche institutionellen und ökonomischen Aspekte die Förderung der Diffusion umweltentlastender Innovationen behindern und befördern können.

Kapitel 5 beschreibt die Bedeutung des Einsatzes dieser Instrumente im gegenwärtigen klimapolitischen Kontext.

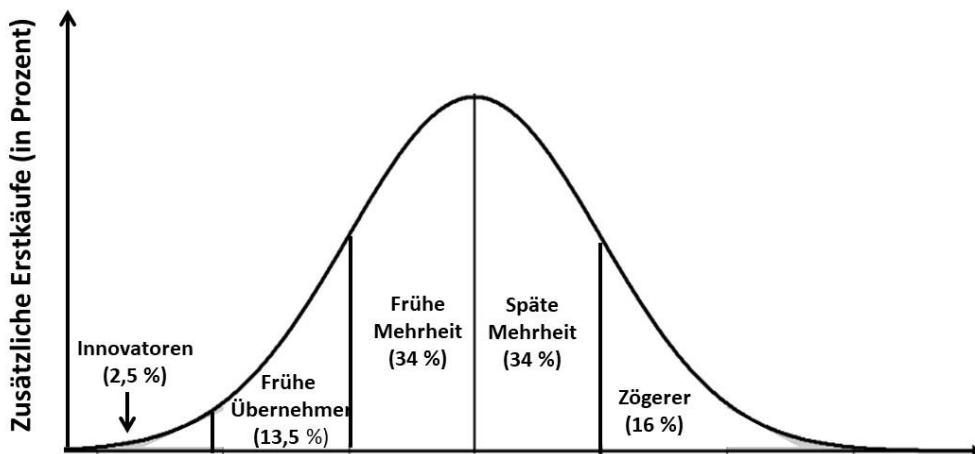
2 Die Dynamik der Diffusion von Umweltinnovationen

Für die Entwicklung von neuen Ansätzen zur Förderung der Diffusion innovativer grüner Produkte sind einige Ansätze der Innovations- und Diffusionsforschung von besonderer Bedeutung. Um die Verbreitung einer Innovation durch die verschiedenen Gruppen in der Gesellschaft zu verstehen, ist zunächst eine Abgrenzung verschiedener Gruppen unterschiedlich innovativer Menschen hilfreich. Hierzu wird das Konzept der Adoptergruppen nach Everett Rogers herangezogen. Da die Diffusion von Innovationen in den Massenmarkt hinein letztlich oft zu einem Strukturwandel und einem umfassenden sozioökonomischen, politischen und soziokulturellen Veränderungsprozess führt, stellen sich grundlegende Fragen der Governance solcher Prozesse. Hierzu werden einige Arbeiten zur Governance radikaler Umweltinnovationen kurz angerissen. Auch die unterschiedlichen an den Transition Pathways beteiligten Akteure aus Nische und Regime sind von Bedeutung. Weiter werden ausgewählte Erkenntnisse der Diffusionsforschung dargestellt und dabei die Diffusion von Technologien der regenerativen Stromerzeugung als Beispiel genutzt.

2.1 Adoptergruppen nach Everett Rogers

Die Adoption einer Innovation findet nicht zeitgleich in allen Gruppen in der Gesellschaft statt. Rogers kategorisiert die Adoptergruppen wie folgt: „*The criterion for adopter categorization is innovativeness, the degree to which an individual or other unit of adoption is relatively earlier in adopting new ideas than other members of a social system*“ (Rogers, 2003, S. 281). Rogers unterscheidet fünf typische Verhaltensweisen von Akteuren bei der Übernahme einer Innovation.

Abbildung 3: Adoptergruppen nach Rogers



Quelle: nach Herrmann und Huber (2008, S. 268)

Besonders wichtig sind am Beginn des Diffusionsprozesses die **Innovatoren** oder **Pioniere**. Sie tragen als erste eine Neuerung in das soziale System hinein und handeln dabei oft unabhängig von ihrem direkten sozialen Umfeld. Sie sind offen für Neuerungen, vergleichsweise risikofreudig, tolerieren Unsicherheiten und probieren auch einmal etwas aus. Aufgrund eines eher überdurchschnittlichen Einkommens können sie sich Innovationen trotz eines initial oft eher hohen Preises leisten und auch finanzielle Rückschläge leichter verkraften. Aufgrund eines intensiven Interesses verstehen sie auch komplexe technische Zusammenhänge und können mit neuen Technologien erfolgreich umgehen.

Die **frühen Übernehmer** oder „*early adopter*“ sind stärker als die Innovatoren in ihr Umfeld integriert und werden allgemein respektiert. Sie stellen oft Meinungsführer dar und an ihnen

orientieren sich weitere potentielle Adopter. Da sie weniger innovativ und risikofreudig sind, stehen sie für eine erfolgreiche und besonnene Nutzung neuer Ideen. Ihre Adoptionsentscheidung wirkt sich auf die für spätere Adoptergruppen empfundene Unsicherheit positiv aus. Ihnen kommt also eine Vorbildrolle zu, die vielfach in der ökonomischen Literatur als „Peer-Funktion“ bezeichnet wird (Binder, Blankenberg & Welsch, 2019; Welsch & Kühling, 2009, 2010).

Die **frühe Mehrheit** ist vorsichtig und wohlüberlegt in ihrer Adoptionsentscheidung und entscheidet sich kurz vor dem Durchschnitt aller Adopter für die Innovation. Die Menschen der frühen Mehrheit sind die größte Gruppe mit einem Drittel der Mitglieder des sozialen Systems und beeinflussen sich gegenseitig, nehmen aber nur selten eine Vorbildfunktion für andere Adoptergruppen ein. Die frühe Mehrheit ist eine wichtige Verbindungsgruppe zwischen den sehr frühen und späteren Adoptern und sorgt für Vernetzung im Diffusionsprozess.

Als nächste ebenfalls sehr große Gruppe übernimmt die **späte Mehrheit** die Innovation. Sie folgt dabei teilweise einem sich nach und nach aufbauenden Konformitätsdruck der Peers (early adopter und frühe Mehrheit), teilweise reagiert sie aber auch auf eine ökonomische Vorteilhaftigkeit, die sich aus Fortschritten bei der Skalierung der Innovation ergibt und die die Innovation jetzt gegenüber Vorläuferprodukten wettbewerbsfähig macht. Skepsis und Vorsicht sind in der späten Mehrheit aber sehr wesentlich, so dass die Übernahmeentscheidung erst fällt, wenn die gesellschaftlichen Normen eindeutig für die Innovation sprechen. Aufgrund des beschränkten finanziellen Budgets ist die Gruppe risikoavers und toleriert keine großen Unsicherheiten.

Die kleinere Gruppe der **Nachzügler** oder „**laggards**“ übernimmt die Innovation als letzte. Ihr Einfluss auf die herrschende Meinung ist gering und ihr Bezugspunkt für Entscheidungen liegt in der Vergangenheit. Sie sind durch starke Pfadabhängigkeiten und Routinen daran gebunden, wie es immer gemacht wurde, folgen traditionellen Werten und sind generell misstrauisch gegenüber Innovationen, Innovatoren und Change Agents. Auf Grund äußerst begrenzter Ressourcen ist ihre starke Vorsicht durchaus rational.

Das Instrumentarium zur Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen muss insoweit berücksichtigen, dass die Adoptergruppen unterschiedlich sind und ein und dieselbe Lösung weder jedem Anwendungszweck gerecht wird noch für jede Adoptergruppe das Optimum darstellen wird. Die Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen sollte daher so angelegt werden, dass sie parallel zur Verbreitung der ursprünglichen Innovation eine Vielfalt von Varianten entstehen lässt, mit denen sowohl eine größere Variation von Anwendungszwecken abgedeckt werden kann als auch die unterschiedlichen Ansprüche der verschiedenen Adoptergruppen erfüllt werden können.

2.2 Governance radikaler Umweltinnovationen

Auf Basis von sieben internationalen Fallstudien erfolgreicher Transformationsprozesse konnten im Projekt „Governance radikaler Umweltinnovationen (Go)“ (Clausen, 2019a, 2019b; Clausen & Beucker, 2019a, 2019b; Clausen & Olteanu, 2019; Clausen & Warnecke, 2019; Clausen, Warnecke & Schramm, 2019) vier politische Basisstrategien für die Transformation identifiziert werden (Clausen & Fichter, 2020a, S. 43ff).

Ausgangspunkt einer erfolgreichen Transformation ist immer ein politisches Ziel der Transformation, das die Grundlage für die Entwicklung und Aufrechterhaltung der **Richtungssicherheit** bildet. „Richtungssicherheit“ wird dabei verstanden als kollektive Überzeugung über die Richtigkeit eines sozio-technischen Entwicklungspfades. Über Ziele und zentrale Aspekte und Maßnahmen einer Transformation sollte Einigkeit herrschen und sie sollten gesellschaftlich legitimiert sein. Eine haltbare Koalition ist daher genauso erforderlich wie eine Überwindung mächtiger Gegner.

Die grundsätzliche Verfügbarkeit einer funktionsfähigen, kostengünstigen und skalierbaren Alternative zur Umsetzung der Ziele ist Voraussetzung einer erfolgreichen Transformation. In vielen Problemfeldern sind solche Alternativen durch **Forschung- und Entwicklung**, Start-ups und Unternehmertum sowie durch die Entstehung von Nischenmärkten in den letzten Jahrzehnten bereits entstanden. Parallel zur Umsetzung der Innovation auf dem Massenmarkt müssen aber durch weitere Forschung und Entwicklung kontinuierlich Verbesserungen der Leistung, Qualität und Kosten von Schlüsselinnovationen vorangetrieben werden. Varianten zur Abdeckung der Anforderungen immer größerer Marktsegmente können dabei entweder durch spezifische Maßnahmen der Forschung und Entwicklung bewusst geschaffen werden oder sie entstehen eigendynamisch quasi als Folge der zunehmenden Verbreitung und Skalierung der Innovation im Massenmarkt. Die Phase der Verbesserung der Ausgangsinnovation sowie der Entwicklung von Varianten wird bestimmt durch staatliche Maßnahmen der Förderung von Forschung und Innovation, aber auch von Marktanreizen. Solchen Maßnahmen wird meist auch auf der Seite des etablierten Regimes wenig Widerstand entgegengesetzt.

In der heißen Phase der Transformation stehen dagegen starke Instrumente im Vordergrund der Politik. Sie muss durch hohe Subventionen oder die Internalisierung externer Kosten die wirtschaftliche Tragfähigkeit der besseren Alternative herstellen. Parallel dazu sollte die Verbreitung der Alternativlösung durch regulatorische Bestimmungen, z.B. im Genehmigungsrecht, begleitet werden. Gezielte Ge- und Verbote leiten die Exnovation nicht-nachhaltiger Dinge ein. Die Diffusion der Alternativlösung in den Massenmarkt ist letztlich untrennbar damit verbunden, das Verschwinden der etablierten, aber nicht-nachhaltigen Lösung aus dem Massenmarkt (Exnovation) zu organisieren und eine **Synchronisation von Diffusion und Exnovation** sicherzustellen.

Für die Transformation eines soziotechnischen Systems sind auch Infrastrukturen ein wichtiger Faktor. So stabilisiert ein weitverzweigtes Gasnetz z.B. den Pfad der Erdgasnutzung und genauso erschwert ein nicht vorhandenes Fernwärmennetz in dicht bebauten Gebieten den Wechsel zu regenerativer Wärmeversorgung. Auch in der Mobilität und der Kommunikation wird es für eine erfolgreiche Transformation u.U. erforderlich sein, staatliche oder private **Infrastrukturen** zielgerichtet zu verändern.

Viele Umweltinnovationen können sich aber nur als Teil des Wandels grundsätzlicher Charakteristika sozio-technischer Systeme verbreiten. So erfordert die breite Diffusion der Photovoltaik zur dezentralen Energieversorgung von Gebäuden nicht nur die parallele Entwicklung von dezentralen Stromspeichern und einen geeigneten Umbau der Versorgungsnetze, sondern auch ökonomische und ordnungsrechtliche Rahmenbedingungen, die für die einzelnen Akteure die Nutzung der Photovoltaik attraktiv machen. Letztlich bedingt die Diffusion zahlreicher Umweltinnovationen in den Massenmarkt ein Fortschreiten der Transformation der soziotechnischen Systeme, in die sie eingebettet wird. Um diesen Prozess voranzutreiben ist dann wiederum ein abgestimmtes Handeln staatlicher Akteure auf nationalstaatlicher Ebene wie auch auf der Ebene der Länder und Kommunen wie der Europäischen Union erforderlich.

2.3 Transition Pathways

Die Diffusion von Innovationen hin zu sehr großen Marktanteilen muss immer dazu führen, dass herkömmliche bzw. nicht-nachhaltige Produkte aus diesem Markt verschwinden. Die Produktion, der Handel und der Konsum solcher nicht-nachhaltiger Produkte wird also nach und nach endgültig eingestellt. In dieser Phase der Durchsetzung einer Umweltinnovation im Markt erfolgt die Etablierung eines neuen „dominantes Designs“ (Abernathy & Utterback, 1978). Für die Politik gibt es in dieser Phase nicht nur positive Nachrichten (Innovation und Wachstum) zu verkünden, sondern auch negativen Nachrichten sind unvermeidbar: Das Ende der Verfügbarkeit einschlägiger Produkte, an die die Konsumierenden gewohnt waren, die Einstellung der Produktion und die Schließung von

Produktionsstätten in Verbindung mit Produktionsumstellungen oder Arbeitsplatzverlusten. In dieser Phase findet die „battle of dominant designs“ (Fernández & Valle, 2019) statt. Die Auseinandersetzung kann innerhalb des dominanten Regimes geführt werden, sie kann aber auch zwischen Regime und Nischenakteuren ausgetragen werden.

Geels et al. (2016, S. 898ff) unterscheiden mit Blick auf die beteiligten Akteure verschiedene Transition-Pathways¹:

- ▶ Die schrittweise Neuausrichtung des bestehenden Regimes durch zunächst inkrementelle Innovationen sowie Anpassungen der etablierten Akteure im Kontext von gesellschaftlichen Debatten und Straffung von Institutionen (Transformation Pathway).
- ▶ Ein starker Einfluss der Nische und neuer Akteure und die Substitution des dominanten Designs des etablierten Regimes durch grundlegende neue technologische Ansätze und Systeme (Substitution Pathway).
- ▶ Von ersten inkrementellen Innovationen bis hin zu neuen Kombinationen zwischen neuen und bestehenden Technologien durch Kooperation und neue Allianzen zwischen Nischenakteuren und Großakteuren des Regimes (Reconfiguration Pathway).

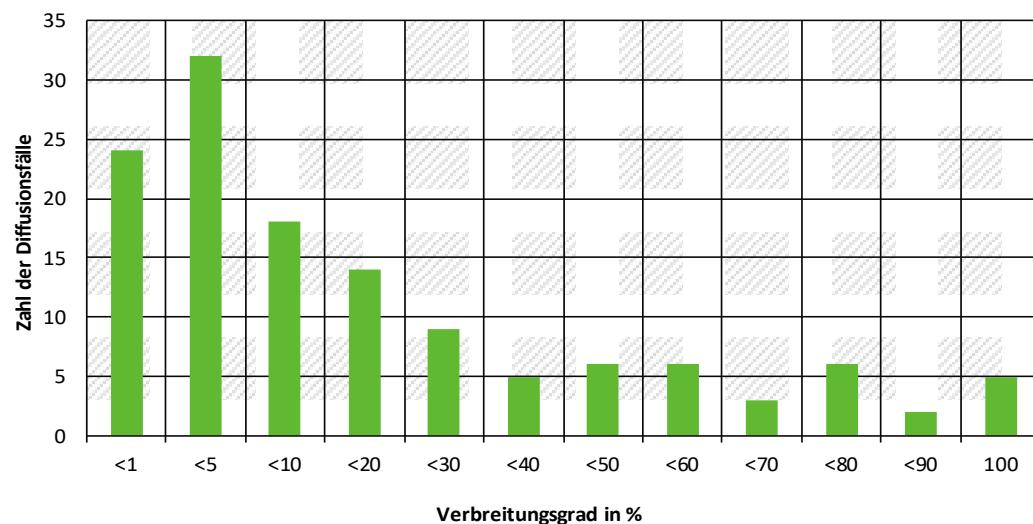
Je nach Natur des jeweiligen Systems wird die Transformation unterschiedlichen Pfaden (Pathways) folgen. Der Wechsel von der zentralen Stromerzeugung in fossilen und nuklearen Großkraftwerken hin zu dezentraler Erzeugung von Strom ist z.B. kaum anders als auf dem „Substitution Pathway“ vorstellbar, da das Entstehen des neuen Systems imperativ zum Verschwinden des alten Systems – wenn auch nicht unbedingt seiner Akteure – führen muss. Der Wechsel des Antriebssystems von PKWs vom Verbrenner zum Elektroantrieb wiederum scheint eher den „Reconfiguration Pathway“ zu beschreiten, in dem Nischenakteure und neue Technologien nach und nach die entstehenden Unternehmen und ihre dominanten Designs verändern.

Für die Entwicklung politischer Strategien für Diffusion und Transformation ist es daher von Bedeutung, die Natur des Regimes, der Nischen wie auch der möglichen Transformationspfade zu erkennen und das politische Handeln der Natur der notwendigen Veränderung anzupassen.

2.4 Empirische Erkenntnisse der Diffusionsforschung

Erst durch ihre massenhafte Verbreitung realisiert eine Umweltinnovation das Umweltentlastungspotenzial, welches sie technologisch erschließbar macht. Aus Sicht einer umweltorientierten Innovationspolitik ist daher die erfolgreiche Diffusion von Innovationen in den Massenmarkt ein wesentliches Ziel der Innovationsförderung. Die Diffusion von Umweltinnovationen wurde im Vorhaben „Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy“ (FKZ 37 1414 1000) untersucht.

¹ Schon Geels und Schot (2007) haben Transition-Pathways unterschieden (transformation, reconfiguration, technological substitution, and de-alignment and re-alignment). Sowohl den de-alignment and re-alignment Pathway, der sich zunächst durch eine Vielfalt technischer Alternativen auszeichnet, als auch den technological substitution Pathway, bei dem das neue dominante Design schon früh erkennbar ist, bringen sie mit dem Verschwinden von früher dominanten Lösungen in Verbindung.

Abbildung 4: Verbreitungsgrad von 130 umweltentlastenden Produkten und Dienstleistungen

Quelle: Borderstep, n= 130

In der Studie werden 130 Umweltinnovationen auf ihren Verbreitungsgrad hin analysiert. Es zeigt sich, dass trotz unterschiedlicher Ausprägung der Faktoren, die die Diffusion fördern, ca. zwei Drittel aller Innovationen ihre jeweilige Marktnische noch nicht verlassen haben und Verbreitungsgrade von oberhalb 10% nicht erreichen (vgl. Abbildung 4) (Clausen & Fichter, 2019a; Fichter & Clausen, 2021). Als wesentlichste Faktoren für diese schleppende Verbreitung von Umweltinnovationen in ihren Zielmärkten wurden identifiziert:

- ▶ eine zu geringe Attraktivität der angebotenen Produkte und Dienstleistungen für die Anwender, z.B. aufgrund mangelnder Leistungsfähigkeit oder Qualität oder aufgrund zu geringer Wirtschaftlichkeit,
- ▶ eine zu geringe Attraktivität der Zielmärkte für mögliche Anbieter,
- ▶ eine zu geringe Marktreife der angebotenen Lösungen.

Während in einer Gruppe von 40 Innovationen vieles darauf schließen lässt, dass die Marktreife der Innovationen dieser Gruppe in der Tat für eine erfolgreiche Diffusion nicht ausreichend ist (Clausen & Fichter, 2019a), ist diese für die übrigen 90 Innovationen weitgehend gegeben. Dennoch verbreitet sich nur etwa die Hälfte dieser Innovationen erfolgreich.

Einer der Gründe hierfür ist ein ungünstiges Kosten-Nutzen Verhältnis vieler Innovationen, die sich in Märkten mit preiswerter fossiler Energie oder preiswerten Ressourcen und preiswerten konventionellen Agrarprodukten durchsetzen müssen. Diese Produkte weisen – bei den gegebenen Rahmenbedingungen am Markt – nicht die Wirtschaftlichkeit bzw. das Preisniveau auf, welches aus Kundensicht erforderlich wäre. Ihre Diffusion beschränkt sich daher auf Gruppen, die die jeweils erforderliche Mehrpreisbereitschaft zeigen. Diese meist kleine Kundengruppe ermöglicht ein nur langsames Marktwachstum, wodurch der Markt aus Sicht vieler (großer) Anbieter zunächst eher unattraktiv bleibt (Fichter & Clausen, 2021).

Ein zweiter Faktor, der sich wesentlich auf die Diffusion von Innovationen auswirkt, ist deren Anschlussfähigkeit an etablierte Verhaltensmuster und Routinen sowie ein möglichst geringer Grad an Unsicherheit, der sich für die Nutzer mit der Nutzung der Innovation verbindet. Auch die Notwendigkeit der Änderung von Routinen wie auch Ängste und Unsicherheiten können eine Innovation aus Sicht möglicher Anwender unattraktiv machen. Hilfreich kann es in diesen Fällen sein, die Leistungsfähigkeit der angebotenen neuen Lösung zu erhöhen, so dass diese mit

konventionellen Lösungen „mithalten“ kann. Ein typisches Beispiel wäre hier die Erhöhung der Reichweite vollelektrischer Automobile, um diese besser in Einklang mit den Mobilitätsverhalten vieler Nutzer zu bringen und (Reichweiten-)Ängste abzubauen. Aber auch Varianten des Ausgangsproduktes, z.B. kleinere oder größere Varianten oder andere Designs, können den für die Lösung zugänglichen Markt vergrößern.

Als klassische Instrumente der Diffusionsförderung werden unterschieden:

- ▶ Die politische Strategie der „Marktvorbereitung“, in deren Rahmen z.B. Informationskampagnen durchgeführt werden. Verbreitet ist weiter die Entwicklung von Labeln, mit denen umweltentlastende Produkte und Dienstleistungen für Anbieter wie Abnehmer erkennbar werden.
- ▶ Die politische Strategie „Wahre Preise“ mit der erreicht werden soll, dass die „Preise die ökologische Wahrheit“ sagen. Mögliche Maßnahmen sind eine Förderung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen durch ökonomische Anreize (Subventionen) oder der Einsatz von Instrumenten, die auf eine Internalisierung der negativen externen Kosten nicht-nachhaltiger Produkte abzielen (Steuern, Abgaben) bzw. die Abschaffung umweltschädlicher Subventionen (z. B. Energiesteuerreduzierung von Dieselkraftstoffen) (Walz et al., 2019, S. 97).
- ▶ Die politische Strategie „Ordnungsrecht“, durch die der Staat Pfadabhängigkeiten und Hemmnisse bei der Entwicklung von Märkten für Umweltinnovationen überwinden kann, indem er bestimmte Verhaltensweisen durch Ge- und Verbote vorgibt.

Mit einer Kombination dieser Instrumente wurde die Diffusion der erneuerbaren Energien vorangetrieben, in deren Kontext es kontinuierlich zu weiteren Innovationen kam.

2.5 Innovationsprozesse im Kontext der Diffusion der erneuerbaren Energien

Die Bedeutung fortwährender Innovation zeitparallel zur Diffusion von Grundlageninnovationen² wird in Deutschland intensiv am Beispiel der Entwicklungen rund um die erneuerbaren Energien diskutiert, deren Innovationspfade auf die 1970er Jahre zurückgehen und seither eine intensive und wechselvolle Entwicklung nahmen (Bruns, Köppel, Ohlhorst & Schön, 2008; Clausen, 2017a; Oelker, 2005).

Oelker (2005, S. 354–389) dokumentiert beispielweise die einzelnen Schritte in der technischen Entwicklung der Windenergie von 1900 bis 2005. Einer der Ausgangspunkte der modernen Windenergieanlagen ist die Errichtung der Anlage „Tvindkraft“ in Dänemark, mit der 1977 der erste mit einer Leistung von 900 kW recht leistungsstarke dreiflügelige Lufläufer errichtet wurde (Oelker, 2005, S. 358). Im Wesentlichen lassen sich seither vier Typen von Folgeinnovationen in der Windkraft unterscheiden:

- ▶ Leistungssteigerungen, die über viele Jahrzehnte die Leistung von Windenergieanlagen von wenigen kW auf heute fast 10 MW pro Anlage angehoben haben,
- ▶ Verbesserungen wie z.B. die Einführung getriebeloser Anlagen durch Enercon 1995, die zu einer deutlichen Reduktion des Wartungsaufwandes führten,

² Als Grundlageninnovation werden hier besonders solche Innovationen verstanden, die zur Entstehung eines neuen Marktes oder Marktsegmentes führen.

- ▶ eine Vielzahl kostensenkender Innovationen, die seit 1980 die Gestehungskosten für Windstrom an der Nordseeküste von ca. 30 Cent/kWh (Fraunhofer IWES, 2017, S. 12) auf heute unter 5 Cent/kWh reduziert haben,
- ▶ Anpassungsinnovationen wie z.B. für die Offshore-Windkraft, die ein neues Marktsegment für die Windkraft entstehen lässt.

Mit dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) begann eine wirksame Diffusionsphase mehrerer Energietechnologien, die durch die Beschlussfassung über das EEG eingeläutet wurde (Walz et al., 2019, S. 78ff). Weder in der Begründung noch im Gesetzestext aus dem Jahr 2000 findet sich dabei aber zunächst das Ziel, Innovationen auszulösen (Die Bundesregierung, 2000). Erst in der Begründung der in 2004 erfolgten Überarbeitung des EEG wird das Innovationsziel explizit erwähnt (Die Bundesregierung, 2004, S. 14):

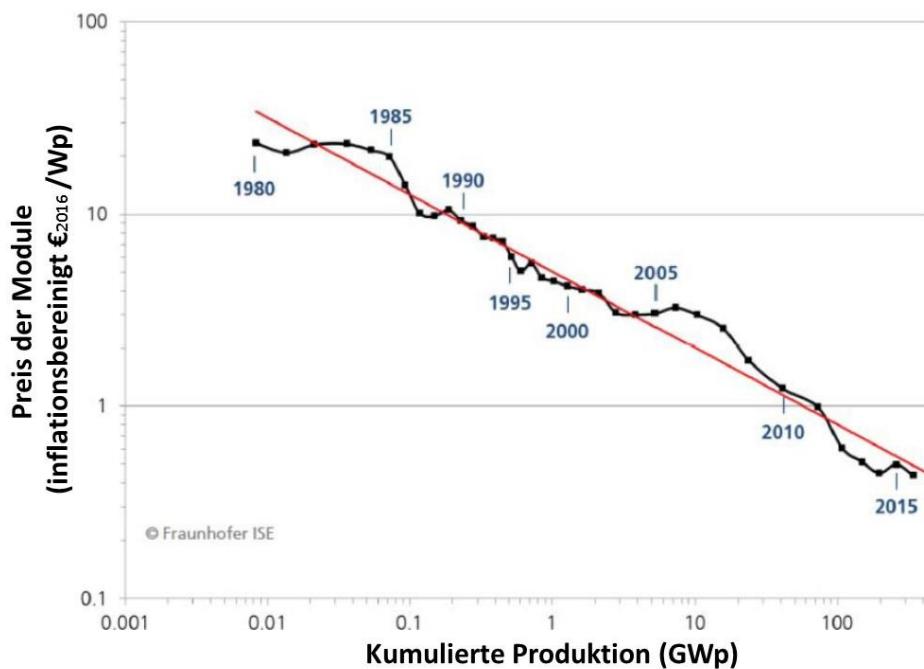
„Schließlich ist es auch Zweck des Gesetzes, die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern, um durch technische und wirtschaftliche Innovationen im Interesse geringer volkswirtschaftlicher Kosten und eines verbesserten Umweltschutzes eine weiter verbesserte Effizienz zu erreichen.“

Die Innovationswirkung sollte speziell durch die degressiv angelegten Einspeisevergütungen erreicht werden, durch die Anreize zu Innovation und Effizienz gesetzt würden (a.a.O.). Durch verschiedene jeweils technologiespezifische Bonusregelungen, z.B. für den Einsatz von Brennstoffzellen, wurden weitere fokussierte Innovationsabsichten explizit im Gesetz verankert (Die Bundesregierung, 2004).

Ragwitz et al. (2014) führen als gebräuchliche Indikatoren zur Messung von Innovationsaktivitäten neben Patenten z. B. die Zahl neu am Markt eingeführter oder qualitativ verbesserter Produkte, die Senkung von Kosten und Preisen durch Prozessverbesserungen, aber auch innovative Unternehmensneugründungen sowie Investitionen in Forschung und Entwicklung auf. Als Belege für die Innovationsaktivität aus der Perspektive der Leistungsfähigkeit der Technologie führen Ragwitz et al. (2014) konkret an:

- ▶ Erhöhung der durchschnittlichen Leistung von Windenergieanlagen von 1.100 kW im Jahr 2000 auf 2.600 kW im Jahr 2013 und
- ▶ Anstieg der Effizienz bei gleichzeitiger Kostendegression bei PV-Modulen.

Besonders an der Preisentwicklung der PV-Module lassen sich skalenabhängige Lern- und Kosteneffekte gut zeigen. Wirth (2018) dokumentiert seit 1980 ein Absinken des Preises für PV-Module um den Faktor 60 (vgl. Abbildung 5) und vermutet, dass bei einer Verdopplung der kumulierten installierten Leistung auch weiterhin eine Preisreduktion um ca. 24% zu erwarten ist. Dies sei aber nur bei einem weiter hohen Niveau von Innovationen möglich, sofern also auch in Zukunft große Anstrengungen bei der Weiterentwicklung der Produkte und Herstellprozesse geleistet werden.

Abbildung 5: Historische Entwicklung der Preise für PV-Module

Quelle: Wirth (2018), PSE-AG, Fraunhofer ISE. Datenquelle: Strategies Unlimited/Navigant Consulting/EuPD). Die Gerade zeigt den Trend der Preisentwicklung.

Seit den 1950er Jahren wurden PV-Module in der Raumfahrt eingesetzt, wobei der Preis kaum eine Rolle spielte. In den 1970er Jahren erfolgte im Wesentlichen durch große Ölkonzerne eine erste Kommerzialisierung und erste Anwendungsfelder wie z.B. die Energieversorgung von Navigationsbojen wurden erschlossen.

Den Hintergrund für die seit den 1980er Jahren realisierten Kostensenkungen bilden eine Vielzahl von Neuerungen in der Konstruktion und Produktion der Solarzellen, u.a.³:

- ▶ die schrittweise Vergrößerung der gefertigten Wafer⁴ von 50 mm über 100 mm bis auf 150 mm Durchmesser,
- ▶ der Übergang von Monosilizium mit hohem Wirkungsgrad und hohen Kosten zu Polysilizium mit zwar niedrigerem Wirkungsgrad, aber deutlich niedrigeren Produktionskosten,
- ▶ die Nutzung von großen und hochwertigen Glasplatten, die für Flachbildschirme entwickelt wurden.

Konzentrierte sich die Förderung in den 1980er und 1990er Jahren auf Demonstrationsprojekte wie das 1.000 Dächer-Programm, so erfolgte zur Jahrtausendwende durch das EEG eine wirksame Diffusionsförderung. Deren Wirkung erreichte in den Jahren 2010 bis 2012 mit einem Zubau von jeweils mehr als 7 GW PV allein in Deutschland ihren Höhepunkt. Im ersten Halbjahr 2018 trug die PV mit 8,4% bereits mehr zur nationalen Stromerzeugung bei als die Gaskraftwerke mit 7,2% (Fraunhofer ISE, 2020).

³ Vgl. <https://www.welche-solaranlage.de/die-geschichte-von-solarzellen-photovoltaik-und-der-solartechnik-7.html> vom 9.8.2018.

⁴ Wafer sind ein Vorprodukt der Solarmodulfertigung. Aus den Wafern werden in mehreren nachfolgenden Bearbeitungsschritten Solarzellen und hieraus wiederum Solarmodule hergestellt.

Trotz der sicherlich berechtigten Debatte um den richtigen Zeitpunkt der Absenkung der Einspeisevergütung und die nun hohen Kosten für die EEG-Umlage weisen Ragwitz et al. (2014) darauf hin, dass gerade durch die entschlossene Marktentwicklung der PV in Deutschland und die daraus resultierenden Kostensenkungen für eine Reihe von Ländern heute völlig neue Strategien für den Ausbau der Elektrizitätssysteme möglich geworden sind, z.B. in Kenia (Mbiti, 2014).

Im Rückblick ist festzustellen, dass die PV über etwa zwei Jahrzehnte von 1955 bis 1975 ausschließlich in der Raumfahrt genutzt wurde und ein weiteres Jahrzehnt bis 1985 nur in kleinen Nischenmärkten wie in Navigationsbojen. Die für eine wirksame Diffusion in den Energiemarkt notwendigen Folgeinnovationen erfolgten letztlich gestreckt über einen sehr langen Zeitraum. In der ersten Diffusionsphase vor dem Erreichen der kritischen Masse konzentrierte sich in Deutschland die Förderung auf erste Markteinführungsprogramme. Ein breiteres Spektrum an Maßnahmen hätte ggf. die Entwicklungen beschleunigen können.

2.6 Ein Ansatz zur Weiterentwicklung der Diffusionsförderung

Viele umweltentlastende Innovationen sind vom Charakter her Grundlageninnovationen. Zahlreiche für die ökologische Transformation zentrale Grundlageninnovationen finden sich in den Produktfeldern der regenerativen Energien (Elektrizität, aber auch Wärme und Kälte) wie auch rund um die Mobilität. Umweltentlastende Grundlageninnovationen werden in zwei Dritteln der Fälle von Pionieren allein oder mit diesen zusammen erstmals in den Markt eingeführt (Fichter & Clausen, 2013, S. 275) und weisen eine deutlich längere Diffusionszeit auf (Fichter & Clausen, 2013, S. 212) als Verbesserungsinnovationen. Im Falle von energietechnischen Grundlageninnovationen wie z.B. der Wärmepumpe (Fichter & Clausen, 2013, S. 264) kann die Zeit von der ersten Demonstration bis zum Erreichen wesentlicher Marktanteile mehrere Jahrzehnte betragen.

Die erfolgreiche Diffusion solcher Innovationen hat eine hohe Bedeutung für die Transformation. Denn zurecht weist Hausknost (2018) darauf hin, dass eigendynamische Entwicklungen in der Wirtschaft politikverändernd wirken können, da die Politik die Wirtschaft als Teil der „Wirklichkeit“ sieht, auf der die parlamentarische Demokratie ihre Entscheidungen aufbaut. Entwicklungen in der Wirtschaft, auch wenn sie durch Innovationsförderung angestoßen wurden, umgehen damit quasi den oft langwierigen demokratischen Entscheidungsprozess und schaffen insoweit auch dort Handlungsoptionen, wo Möglichkeiten regulativen Handelns durch Ordnungsrecht und ökonomische Instrumente phasenweise als nicht durchsetzbar gelten. Erste Erfolge der Anwendung und Diffusion umweltentlastender Produkte schaffen damit nicht nur die Voraussetzung für selbstverstärkende (Skalen-)Effekte in einem wachsenden Markt, sondern stellen gleichzeitig Veränderungen der „Wirklichkeit“ dar. Diese veränderte Wirklichkeit wieder verschafft der Politik weitergehende Möglichkeiten.

Seitens der Innovationspolitik sind zwei Sichtweisen auf die Diffusion von Grundlageninnovation vorstellbar. Zum einen gibt es vielfach die marktliberale Haltung, dass Innovationsförderung sich auf die F&E-Förderung sowie die Förderung von Demonstrationsvorhaben beschränken sollte. Nach erfolgreicher Demonstration wäre die weitere Entwicklung den Marktkräften zu überlassen. Sie entscheiden darüber, ob sich die Innovation aufgrund ihrer funktionellen oder kostenseitigen Vorteile durchsetzt oder aber den Einstieg in den Massenmarkt nicht schafft. Aus den Perspektiven der evolutiorischen Ökonomik wie auch der Transformationsforschung wäre dagegen eine weitergehende Innovationspolitik wünschenswert. Diese Perspektiven trägt der Tatsache Rechnung, dass Veränderungen im Massenmarkt bedingen, dass Pfadabhängigkeiten überwunden und Regime aufgebrochen werden müssen. Dies ist oft nicht dadurch zu erreichen, dass eine Lösung einfach nur im

Wettbewerb zur Verfügung steht. Vielmehr müssen sich neue Lösungen im Alt-Neu-Wettbewerb (Nill, 2009) gegen etablierte technologische Lösungen und Regime durchsetzen, wobei zunächst oft Kostenachteile bestehen. Die Konsequenz dieser Perspektiven ist es, Innovationsförderung nicht nur bis zur Markteinführung, sondern bis zur Überwindung wesentlicher Pfadabhängigkeiten fortzuführen, die das dominante technologische Regime stabilisieren. Aber auch im Wettbewerb alternativer neuer Lösungen, dem Neu-Neu-Wettbewerb (Nill, 2009), müssen sich die umwelt- und klimaverträglichsten Lösungen durchsetzen. Eine richtungssichere nachhaltige Transformation muss dabei oft durch die Politik angestoßen werden.

3 Neue politische Instrumente zur Diffusionsförderung

Im Rahmen des Vorhabens „Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy“ wurden u.a. auf Basis nationaler Analysen und einer internationalen Best-Practice Analyse Strategien zur Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen identifiziert (Gandenberger, Clausen, Beigang, Braungardt & Fichter, unveröffentlicht). Häufig eingesetzt wird in Deutschland die politische Strategie der „Marktvorbereitung“, in deren Rahmen z.B. Informationskampagnen durchgeführt und Label eingeführt werden. Eine hohe Wirksamkeit zur Erhöhung des Verbreitungsgrades zeigen solche Informationsinstrumente allerdings kaum (Clausen & Fichter, 2019a).

Über die Wirksamkeit der politischen Strategie „Wahre Preise“ herrscht dagegen weitgehend Einigkeit. Mögliche Maßnahmen sind die Subventionierung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen, die Einführung von Steuern oder Abgaben auf nicht-nachhaltige Produkte oder die Abschaffung umweltschädlicher Subventionen (Walz et al., 2019, S. 97). Insbesondere ein CO₂-Preis wird als zentrales Instrument eingestuft. Aber erst wenn bestimmte Schwellwerte des CO₂-Preises überschritten werden, ab denen sich andere Lösungen in Investitionsrechnungen als wirtschaftlich erweisen, erwarten Edenhofer et al. (2019) deutlich stärkere Mengenreaktionen. Mit der Strategie der wahren Preise wurde z.B. in Deutschland die Diffusion zentraler Innovationen der erneuerbaren Energien erreicht (vgl. 2.5) als auch in Norwegen, China und Kalifornien erste wirksame Schritte zur Verbreitung von Elektroautos getan (Beigang & Clausen, 2017; Clausen, 2017b, 2019a). Eine im Juni 2020 auch in Deutschland eingeführte Prämie für Elektroautos erwies sich ebenfalls als wirksam und lies den Anteil an batterieelektrischen Fahrzeugen im Dezember 2020 auf 14 % aller Neuzulassungen ansteigen (Kraftfahrtbundesamt, 2021). In Dänemark und Schweden war eine CO₂-Steuer das zentrale Instrument um die erfolgreiche Wärmewende voranzutreiben (Clausen & Beucker, 2019b, 2019a).

Als Beispiel für ein erfolgreiches ordnungsrechtliches Vorgehen ist die EU-Ökodesign-Richtlinie zu sehen (Behrendt & Göll, 2018).

Trotz ihrer Wirksamkeit werden diese Maßnahmen bisher in Deutschland nur wenig eingesetzt, weil beim Einsatz ökonomischer Steuerungsinstrumente häufig neben profitierenden Akteuren andere Akteure Nachteile erfahren, deren Lobbys oft wirksam gegen solche Regelungen Widerstand leisten (Clausen & Fichter, 2019b). Ähnliches gilt für die politische Strategie „Ordnungsrecht“, deren Anwendung zwar durch den Vollzug von Ge- und Verboten oft Erfolg verspricht, der aber ebenso oft Widerstand entgegengesetzt wird. Dort, wo ein umweltpolitisches Umsteuern mit diesen Instrumenten Wirksamkeit entfaltet ist es fallweise hilfreich, es durch Maßnahmen zur Abfederung von Folgen möglicher Marktverschiebungen zu begleiten, wie diese z.B. durch die Kohlekommission erarbeitet wurden (Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung, 2019). Der Einsatz dieser „starken“ Instrumente der Diffusionsförderung erfolgt im Regelfall im Rahmen der Politik der Fachministerien wie dem BMWi (Energie), dem BMVEL (Lebensmittel) sowie dem BMVI (Mobilität) und ist nicht Bestandteil der Innovationspolitik.

Der folgende Abschnitt konzentriert sich daher auf die Diskussion von neuen Instrumenten der aktivierenden Diffusionsförderung, die im Rahmen der Umweltinnovationspolitik ergriffen werden können:

- Die „Stimulierung von Folgeinnovationen“, bei der der Staat durch Förderprogramme Entwicklungen in einzelnen Unternehmen oder ganzen Branchen anstößt und den Aufbau von Produktionskompetenz bei den Herstellern innovativer Produkte gezielt vorantreibt soll

erreichen, dass zentrale umweltentlastende Produkte oder Dienstleistungen preiswerter oder anschlussfähiger werden.

- ▶ Durch die anwendungsorientierte Erprobung und Weiterentwicklung in Reallaboren wird die Diffusion von Innovationen gefördert.
- ▶ Synergien zwischen kleinen und großen Unternehmen wie ggf. auch Venture Kapital können durch Vernetzung oder die Kooperation in Clustern erschlossen werden.
- ▶ Durch die Erprobung in regional begrenzten Transformationslaboren könnten Erfahrungen mit der Transformation komplexer Versorgungssysteme gesammelt werden.

Ein Beispiel für die Stimulierung von kostensenkenden Folgeinnovationen ist ein auf den Grundlageninnovationen „industrieller Holzbau“ und „Industrie 4.0“ aufbauendes Programm aus den Niederlanden. Das „Energiesprung“ genannte Konzept wird seit 2017 durch die Deutsche Energieagentur in Deutschland eingeführt und umfasst eine Reihe von Komponenten, die zusammen ein Null-Energie-Haus mit einer Leistungsgarantie von 30 Jahren in der Sanierung von Bestandsgebäuden realisierbar machen. Dies wird erreicht durch (Richter, 2018):

- ▶ eine auf digitaler Vermessung und Building Information Modelling aufbauende Konstruktion der für jede Sanierung individuellen Elemente,
- ▶ eine im industriellen Holzbau vorgefertigte Wärmedämmfassade, die eine Hülle um ein bestehendes Gebäude bildet,
- ▶ ein vollflächiges Solardach, das so bemessen ist, dass es in der Jahressumme so viel Energie erzeugt, wie die Immobilie und ihre Energiezentrale mit Luft-Wärmepumpe verbraucht.

Schon in den ersten Jahren wurden wesentliche Kostensenkungen mit dem Verfahren realisiert (Green Alliance, 2019, S. 15).

Durch solche strategisch initiierten Folgeinnovationen können Produkte kostengünstiger oder anwendungsfreundlicher gemacht werden. Dies kann dazu führen, dass die Durchsetzung einer solchen Innovation im Massenmarkt mit Mitteln der Preisstrategie oder des Ordnungsrechtes auf geringere Widerstände stößt. Die Wirkung von Preissenkungen auf die Akzeptanz und Diffusion von Umweltinnovationen zeigt sich gegenwärtig auch in der Transformation des Marktes für PKW vom Verbrenner zum Elektroantrieb (Clausen, 2021).

Im Rahmen eines sinnvollen Policy-Mix erfolgen darüber hinaus oft kleinere Maßnahmen zur Optimierung des rechtlichen Kontextes, also z.B. im Fall von regenerativen Energieanlagen Änderungen des Baurechts, der landwirtschaftlichen Privilegierung, der Strommarktregulierung u.a.m.

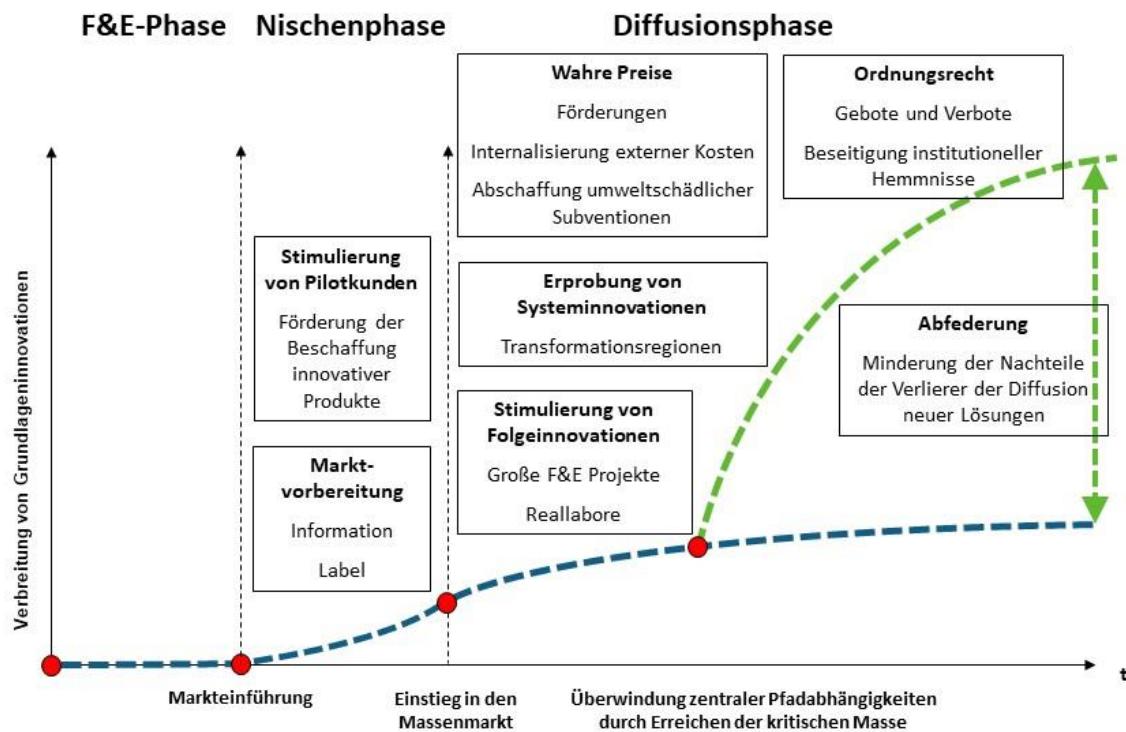
Insbesondere die durch das EEG umgesetzte Strategie der wahren Preise hat aber in Deutschland zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten geführt, ähnlich auch die Förderung der Verbreitung von Elektroautos in Norwegen. Durch gezielte Kostensenkung schon zu Beginn des Eintritts in den Massenmarkt sollten solche Kosten so weit wie möglich gesenkt und damit die volkswirtschaftlichen Kosten der Transformation wie auch Widerstände verringert werden.

Weniger Erfahrung besteht mit Maßnahmen der „Abfederung“ zur Minderung von Nachteilen durch die Transformation. Für Maßnahmen der Abfederung werden zunehmend Konzepte diskutiert (Arnold, 2015; David, 2016; Heyen, 2016; Jacob, Wolff, Graaf & Heyen, 2017), es mangelt aber noch an Umsetzungsbeispielen. Weder beim Atomausstieg noch z.B. beim „Glühbirnenverbot“ gab es wesentliche Aktivitäten der Abfederung. Beim Kohleausstieg spiegeln sich Maßnahmen der Abfederung gegenwärtig im Bericht der Kommission „Wachstum,

Strukturwandel und Beschäftigung“ (Kohlekommission) (Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung, 2019). Auch im Kontext des Ausstiegs aus der Produktion von Verbrennungsmotoren werden Abfederungsmaßnahmen ins Gespräch gebracht (Clausen, 2018; IG Metall Vorstand, 2016; Lange, 2018).

Um Wirkung zu erzielen ist ein ausgewogener Policy-Mix erforderlich, welcher sowohl Elemente der direkten Förderung von Innovationsaktivitäten, z.B. durch Markt vorbereitung und die Stimulierung von Folgeinnovationen und Pilotkunden, gleichzeitig aber auch Preisstrategien und Ordnungsrecht umfasst (Reichardt & Rogge, 2014). Damit der Policy Mix nicht nur konsistent, sondern auch glaubwürdig ist, sind anspruchsvolle Ziele und ein klarer Wille der Politik zur Umsetzung der Ziele hilfreich (Rogge et al., 2015). Durch eine bessere Koordination der gesetzten Ziele wie auch der eingesetzten Instrumente sollte sich der aktivierende Staat daher in die Lage versetzen, Systemtransformationen durch eine effektive Öko-Innovations- und Diffusionspolitik erfolgreicher zu initiieren und schneller zu vollziehen. Dabei ist zur Erzielung von Glaubwürdigkeit auch erforderlich, dass „die Radikalität der Lösungen zur Radikalität der Probleme in ein sinnvolles Verhältnis gebracht wird“ (Ulrich, 2018). Denn durch Verdrängen der Größe der Probleme und das Anwenden wenig wirksamer Instrumente werden Probleme nicht gelöst, sondern das Vertrauen in die Politik nimmt weiter ab. Abbildung 6 zeigt die erwähnten Instrumente im Überblick.

Abbildung 6: Instrumente zur Förderung der Diffusion nach Phasen



Quelle: Borderstep

Zur Beschleunigung der Diffusion von Innovationen, die für die Transformation zu einer Green Economy eine zentrale Rolle spielen, sind die in den folgenden Abschnitten dargestellten Konzepte von hoher Bedeutung.

3.1 Innovation mit dem Ziel der Diffusionsförderung

Zwei zentrale Hemmnisse der Diffusion bestehen in einem zu schlechten Kosten-Nutzen Verhältnis des innovativen Produktes im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen sowie auf der Seite der Adoptoren in Unsicherheiten sowie der Befürchtung, Routinen und Verhaltensweisen ändern zu müssen. Der gezielten Kostensenkung besonders mit Blick auf Schlüsselinnovationen der Nachhaltigkeit kommt damit genauso eine hohe Bedeutung zu wie der nutzungsbezogenen Optimierung, wie sie z.B. das Ziel von Reallaboren und Living Labs ist.

3.1.1 Kostensenkung durch effiziente Produktionstechnik

Umweltinnovationen verbreiten sich besser, wenn sie preislich attraktiv, also wettbewerbsfähig, sind. Dazu kann man das Produktdesign vereinfachen, aber auch Produktionskonzepte optimieren und so die Herstellkosten senken. Ein Beispiel aus den 1990er Jahren ist das Super-Efficient Refrigerator Program (SERP) mit dem in den USA in den Jahren von 1993 bis 1996 der durchschnittliche Stromverbrauch der besten am Markt verfügbaren Kühlschränke deutlich gesenkt wurde. Weitere Ziele des Programms waren, FCKW-freie Kühlschränke verfügbar zu machen und dies alles zu einem Preis, der nicht höher sein sollte als für konventionelle Kühlschränke mit vergleichbarer Ausstattung und Aussehen (Feist et al., 1996; Lee & Conger, 1996). 24 Stromversorgungsunternehmen lobten dazu eine sogenannte „Golden Carrot“ von 30 Mil. \$ aus, die an den Hersteller fließen sollten, der das überzeugendste Konzept für einen solchen Kühlschrank vorlegen würde. Um eine möglichst große Preiswirkung beim Endkunden zu erzielen, sollten diese Gelder abhängig von der produzierten Menge an den Hersteller fließen (Lustig, 1994). Durch die „ab Werk“ Preisreduktion wurden auch die Handelsmargen kleiner. Ein direkt an die Konsumenten ausgezahlter Bonus hätte um 82% höher sein müssen, um den gleichen Kaufpreiseffekt zu erreichen, da dann große Teile der Prämie in Handelsmargen geflossen wären (Feist et al., 1996). In den Jahren 1994 und 1995 wurde dann eine große Anzahl FCKW-freier Modelle am Markt verfügbar (Lee & Conger, 1996, S. 6.6) und der Stromverbrauch der effizientesten Modelle sank zwischen 1990 und 1996 um etwa 50% (Lee & Conger, 1996, S. 6.7).

Die Niederlande haben für die hochwertige Sanierung von Bestandsgebäuden das Großprojekt „Energiesprong“ initiiert (Energiesprong, TNO & RIGO, 2017; Richter, 2018), das klimaneutrale Sanierungen ohne Erhöhung der Warmmieten anstrebt. Energiesprong entwickelte ein neues Geschäftsmodell der Komplettsanierung aus einer Hand. Der Prozess ist hoch digitalisiert: Digitales Aufmaß mit 3D Scan, CAD Modell zur Projektierung, industrielle und modulare Vorfertigung der Fassadenelemente unter Nutzung von Robotern, ein vorgefertigtes Modul für Heizung, Wärmerückgewinnung und Entlüftung, ein gleichermaßen vollflächiges und vorgefertigtes Solardach. Weiter eine elektronische Steuerung mit Monitoring-Tool.

Als Ergebnis eines Poolings der auftraggebenden Wohnungsunternehmen konnte die Skalierung durch Volumendeals vorangetrieben und in Holland bereits 5.000 Objekte realisiert werden, über 14.000 befinden sich in Planung. Kosteten die ersten so errichteten Prototypen für ein in Holland übliches 100 m² Reihenhaus 2015 noch 130.000 € sind die Kosten heute auf ca. 65.000 € gesunken. Das Ziel ist, deutlich unter 50.000 € je 100 m² zu kommen. Auch in Deutschland wurde eine erste Vereinbarung in Form eines „Volume Deal“ (vgl. auch das Kapitel 4.2.5 zu Beschaffungsgruppen) erzielt:

„Mit dem Volume-Deal, einer gemeinsamen Absichtserklärung von Wohnungswirtschaft und Bauwirtschaft, gelingt ein erster Durchbruch bei der Marktentwicklung serieller Sanierungslösungen in Deutschland. Darin bündeln 22 Wohnungsunternehmen ihre Nachfrage und stellen 11.635 Wohnungen bereit, die in den nächsten vier Jahren seriell saniert werden sollen.“

Darüber hinaus beteiligen sich vier Bauunternehmen an der Vereinbarung, bis März 2020 intensiv an der Entwicklung wirtschaftlich attraktiver und skalierbarer Komplettlösungen zu arbeiten.“
(Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2019).

Auch im Kontext der Elektromobilität scheinen verbesserte und dennoch radikal preiswertere Produkte wie der Tesla 3, der Volkswagen ID 3 und 4 oder der eGo-Life wichtig für die Transformation einer Umweltinnovation in den Massenmarkt zu sein (Clausen, 2021). Der aus Sicht des Umweltministeriums (BMU 2019) bestehende Klimavorteil des Elektroantriebs, der zudem mit jedem Jahr, in dem die Energiewende im Strombereich voranschreitet, größer wird, wirkt sich erst so in der notwendigen Größenordnung entlastend auf das Klima aus.

Durch die gezielte **Förderung des Zugangs zu effizienten Produktionstechnologien** wie auch generell durch die Förderung von F&E-Projekten zur Leistungssteigerung und Kostenreduktionen von Umweltinnovationen sollten deren Chancen zur schnellen Verbreitung im Massenmarkt gezielt verbessert werden. Denn die Senkung der Herstellkosten und dadurch die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit eines Produktes führen zu verschiedenen Vorteilen. Zunächst wird das Produkt für den Kunden oder Anwender attraktiver, da die Total Cost of Ownership sinken. Sollte das Produkt aufgrund seiner Umwelteigenschaften staatlich gefördert werden, so kann die Förderung ggf. niedriger ausfallen, die öffentlichen Haushalte werden entlastet. Schlussendlich profitiert der Hersteller von höheren Absatzzahlen.

Für Innovationen, die durch KMU oder Start-ups entwickelt und in den Markt eingeführt werden, besteht zusätzlich die Problematik der parallelen Entwicklung von Produkt und Produktionstechnologie. Durch diese doppelte Aufgabe werden kleine Unternehmen und Start-ups teilweise überfordert. Es bietet sich an, KMU und Start-ups bei der Optimierung von Produktionskonzepten zu unterstützen, z.B. durch „experimental production facilities“, die vom britischen House of Commons vorgeschlagen wurden (House of Commons: Science and Technology Committee, 2013). Ein offenes **Beratungsangebot für Start-ups und KMU im Bereich Produktionstechnik** bietet Potenzial. Ein solches Angebot könnte Anreizpolitiken ergänzen, die nur für eine kleine Anzahl Schlüsselinnovationen realisiert werden können, denn ein Beratungsansatz könnte größeren Produktgruppen zu Gute kommen.

Da für viele KMU die Optimierung der Produkte immer die höchste Priorität hat, wird der Optimierung der Produktion oft weniger Zeit und Aufmerksamkeit gewidmet. Beratungsangebote mit wenigen Beratungstagen könnten hier zu kurz greifen. Im Rahmen der Beratung zu Materialeffizienz durch die Effizienzagentur NRW wird für das KMU nicht nur ein Lösungskonzept entwickelt, sondern die Agentur betreut auch die Ausschreibung für eine neue Anlage und überwacht die Realisierung bis zur Inbetriebnahme. So ist der Beratungsprozess auch dann erfolgreich, wenn das beratene KMU selbst wenig Kapazität in die Umsetzung stecken kann (Clausen, Bergset & Kanda, 2015).

Nicht nur für KMU ist es schwer, hohe Werkzeugkosten für kosteneffiziente Fertigung aufzubringen, wenn die Stückzahlen noch niedrig sind. Neben der Förderung der produktionstechnischen Optimierung könnte auch ein „Pooling“ auf der Seite potenzieller Auftraggeber einschlägige Aktivitäten unterstützen, da z.B. mehrere öffentliche Vergabestellen gemeinsam höhere Stückzahlen innovativer Produkte nachfragen können, für die sich dann auch Investitionen in rationellere Fertigungsverfahren lohnen. Durch niedrigere Preise profitiert so die Nachfrageseite und durch den großen Auftrag auch die Anbieter.

Trotz der international mehrfach nachgewiesenen Wirkung ist zu konstatieren, dass eine produktionstechnische Optimierung bei Umweltinnovationen bisher nur selten gezielt eingesetzt wird. Zur Kostensenkung ist sie auch grundsätzlich nur dort einsetzbar, wo entweder Kostensenkungspotenziale bisher übersehen wurden oder wo durch neue technische

Entwicklungen neue Kostensenkungspotenziale entstanden sind. Sowohl das Beispiel Energiesprung wie auch die neuere Entwicklungsgeschichte der Elektromobilität weisen darauf hin, dass gegenwärtig an vielen Stellen durch Digitalisierung und Industrie 4.0 solche Kostensenkungspotenziale entstehen, die zur Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen genutzt werden könnten.

3.1.2 Systeminnovationen durch Reallabore

Ein wichtiges Instrument der Umweltinnovationspolitik sind **Reallabore**. „*Reallabore als Testräume für Innovation und Regulierung machen es möglich, unter realen Bedingungen innovative Technologien, Produkte, Dienstleistungen oder Ansätze zu erproben, die mit dem bestehenden Rechts- und Regulierungsrahmen nur bedingt vereinbar sind*“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021). Das 7. Energieforschungsprogramm (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018, S. 18) beschreibt die Nützlichkeit von Reallaboren wie folgt: „*Energieerzeugung und Verbrauch können nicht mehr losgelöst voneinander betrachtet werden, sondern müssen in einem vernetzten Energiesystem zusammen gedacht werden. So sind etwa die Entwicklung intelligenter Energieinfrastrukturen, ihre Vernetzung in Quartieren, die Sektorkopplung oder die Digitalisierung Themen, die sich unter künstlichen Bedingungen im Laborraum nicht ausreichend erforschen lassen.*“ Solche eher technologischen Reallabore bieten für die Anbieter die Chance, innovative Produkte oder Dienstleistungen in begrenzter Zahl abzusetzen und ggf. erste Schritte der Skalierung durchzuführen. Oft spielt dabei der Technology Push eine große Rolle und einige Reallabore dienen primär der Erprobung von Innovationen, die politisch oder von der Wirtschaft gewollt werden. Solche Reallabore können als „institutionelle Krücke“ dienen, um die Förderung der F&E-Phase weiter in Richtung Marktnähe auszudehnen.

Reallabore bieten als auf die Nutzung orientierte **Living Labs** aber auch die Chance, über das Produkt hinaus in das System hineinzudenken. Von Geibler definiert ein solches Living Lab für nachhaltige Entwicklung wie folgt (von Geibler et al., 2013, S. 12):

Ein „Living Lab für nachhaltige Entwicklung“ ... ist ein auf offene soziotechnische Innovationsprozesse abzielender Forschungsansatz, bei dem Nutzer, relevante Akteure der Wertschöpfungsketten sowie weitere, im Nutzungsumfeld relevante Akteure die Entwicklung und Anwendung von neuen Produkten, Dienstleistungen und Systemlösungen mitgestalten. Der interaktive Innovationprozess findet in den realen Umgebungen der Nutzer (z. B. Nutzerbeobachtungen, Feldtests) und / oder in auf Nutzerinteraktion ausgelegten Laboratorien (z. B. für die Prototypenentwicklung) statt.

Durch den Einbezug von sozialen und politischen Kontexten wie auch durch die Veränderung der ursprünglichen Produktidee zusammen mit den unterschiedlichen Nutzergruppen entstehen Produktvarianten und die Anschlussfähigkeit der Innovation wird verbessert. Zudem werden durch Reallabore und Living Labs nicht nur die Fokusprodukte weiterentwickelt, sondern es entsteht auch eine experimentierfreudige Gesellschaft, deren Wirken auch auf andere Produkte ausstrahlen kann.

Wichtig für die erfolgreiche Initiierung von Reallaboren sind Partnerschaften von innovativen Unternehmen, lokalen Akteuren wie NGOs oder Kommunen und auch wissenschaftlichen Institutionen. Auch der Beteiligung von KMU und Start-ups kommt Bedeutung zu. Aus Sicht von Walz et al. (2017) kann die Nutzerintegration in den Innovationsprozess in Reallaboren helfen, die Kompatibilität von Innovationen zu erhöhen und Unsicherheiten zu reduzieren. Dabei birgt die Nutzerintegration allerdings das Risiko, primär Nutzerpioniere einzubeziehen. Aber diese sind für den späteren Diffusionsprozess u.U. eine nicht repräsentative Gruppe. Die

„Heterogenität realweltlicher Nutzungsmuster“ sollte daher in Reallaboren besondere Beachtung erfahren (von Geibler et al., 2013, S. 9 ff). Von Geibler et al. (2016, S. 30) heben besonders die Bedeutung von milieuspezifischer Differenzierung für das Nutzerverhalten und die Ableitung von Handlungsempfehlungen, die auf Basis von Reallaboren entwickelt wurden, hervor.

Scheitern muss in Reallaboren möglich sein. Der Fokus liegt auf dem Lernen aus Erfolgen wie auch auf dem Lernen aus dem Scheitern. Ein politischer Follow-up Prozess zur Umsetzung des Gelernten wird empfohlen.

Aus Sicht der Umweltinnovationspolitik wären auch „große Reallabore“ denkbar bzw. wünschenswert. So wäre z.B. eine Region in der Größe mehrerer Landkreise oder eines kleinen Bundeslandes, in der eine 100% regenerative Stromversorgung durch digitales Lastmanagement sowie eine Vielfalt und Vielzahl an Speichern realisiert wird, ein wichtiger Zwischenschritt zu einer weitgehend regenerativen Stromversorgung von ganz Deutschland, wie sie die Nachhaltigkeitsstrategie für 2050 vorsieht. Die Idee großer Reallabore der Transformation wird im Kapitel 3.3 zur Erprobung von Systeminnovationen in Transformationsregionen ausgeführt.

3.2 Vernetzung von Start-ups mit etablierten Unternehmen

3.2.1 Problem der mangelnden Vernetzung großer Unternehmen mit Start-ups

Auch die Übernahme von Start-ups durch etablierte Unternehmen oder die Zusammenarbeit in Joint-Ventures oder in anderer Form (z.B. Vertriebskooperationen) bietet aus Sicht der Diffusionsförderung Chancen. Die Kapitalstärke großer Unternehmen wie auch deren Erfahrung mit Massenproduktion und Märkten kann die Aussichten für die Weiterentwicklung von Produkt und Produktionskonzept wie auch der Skalierung einer auf das Start-up zurückgehenden Innovation deutlich verbessern.

Aber das Investment in Start-ups ist auch im Falle von Akquisitionen an die Hoffnung gebunden, dass sich der Zielmarkt der jeweiligen Innovation positiv entwickelt. Wesentlich dafür, das Interesse nationaler Investoren zu gewinnen, dürfte es damit sein, durch eindeutige politische Beschlüsse deutlich zu machen, dass sich die Märkte der Energieeffizienz wie auch der erneuerbaren (Wärme-) Energien, des nachhaltigen Verkehrs oder der ökologischen Landwirtschaft in den nächsten Jahren dynamisch entwickeln werden. Ohne den Einsatz anspruchsvoller ökonomischer (hoher CO₂-Preis) und ordnungsrechtlicher Instrumente (Ökodesign-VO, Baurecht) dürfte es kaum gelingen, einen wirksamen Vision-Pull unter den potenziellen Investoren zu verbreiten.

Aus Sicht des nationalen Innovationssystems ist es dabei kritisch, dass gerade in der Phase der Skalierung aufgrund von Unsicherheiten häufig mit Investitionen gezögert wird und sich so für ausländische Investoren die Chance bietet, die Übernahme aussichtsreicher Start-ups zu realisieren (House of Commons: Science and Technology Committee, 2013). Die US-amerikanischen Unternehmen sind im Aufkauf von Start-ups in Europa z.B. sehr aktiv. 36% der europäischen Start-ups und sogar 44% der Digital-Start-ups wurden noch vor wenigen Jahren von US-amerikanischen Unternehmen aufgekauft (Mind the Bridge & Crunchbase, 2017, S. 12). Damit erhalten sie nicht nur Zugriff auf Produktentwicklungen, sondern auch auf Talente. Das nationale Venture-Capital wird dagegen für zu wenig entwickelt gehalten. Es gibt mit einem Fokus auf Clean-Tech nur wenige Business Angels und auch nur wenige Venture-Capital Fonds. Auch die staatliche Förderung durch öffentliche Beteiligungsfonds ist überschaubar (Bergset &

Fichter, 2021). Zudem mangelt es in vielen Institutionen an einschlägiger Branchenkenntnis, was die Unsicherheit der Investoren vergrößert. Gegenstrategien bestehen in einem besser aufgestellten nationalen Venture-Capital-Markt, in dem die Anleger ein hohes Maß an Wissen über komplexe Technologien haben, so dass sie Chancen und Risiken von High-Tech Start-ups realistisch einschätzen können und nicht unangemessen risikoavers agieren.⁵

Der Green Start-up Monitor 2019 (Fichter & Olteanu, 2019) zeigt, dass sich 34% der grünen Start-ups Kooperationen mit geeigneten etablierten Unternehmen und ggf. finanzielle Beteiligung wünschen. Konkrete Ansatzpunkte für das gezielte „Matching“ von innovativen grünen Start-ups und etablierten innovativen Mittelständlern bieten z.B. Messe- und Matchingformate wie das Green Innovation and Investment Forum in Baden-Württemberg. Solche Formate gibt es bislang aber nur wenige. Die Verbreitung solcher Formate bundesweit sowie die Entwicklung von „Speed dating“-Ansätzen sowie einem anschließenden Kooperationscoaching könnten z.B. im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative gefördert werden.

Aus der Sicht der Umweltinnovationspolitik könnte weiter gefragt werden, ob die Herausarbeitung sinnvoller Bezüge zwischen innovativen Start-ups und vorhandenen starken Clustern neue Chancen erkennen lässt. Die Einbindung von Start-ups in fachlich passende Cluster könnte vielfältige Synergien erschließen und auch die Chance für Kooperationen oder Beteiligungen verbessern. Es stellt sich auch die Frage, ob auch die Mitwirkung an der Genese neuer Cluster eine politische Option darstellt. Trotz der Warnungen von Kiese (2012) und Fromhold-Eisebith (2014) fällt bei Betrachtung der existierenden Energiecluster auf, dass das Thema Wärme nur in einem Cluster, der ENERGIEregion Nürnberg e. V., eine Rolle spielt (Clusterplattform, 2021). Mit Blick auf die auch in der aktuellen Studie zur Bewertung der Technologien für die Energiewende (Wuppertal Institut, Fraunhofer ISI & IZES, 2018) herausgehobene Bedeutung der Technologien zur Gewinnung, Speicherung, Umwandlung und Verteilung regenerativer Wärme und Kälte wäre zu fragen, ob regionale Zentren der Wärmetechnologien existieren, an denen ein Kern eines Wärmeclusters bereits zu erkennen ist. Eine effiziente Wärmeversorgung könnte dabei zukünftig stark mit der Digitalisierung verknüpft sein.

3.2.2 Sustainability-Hubs als neuer Förder- und Vernetzungsansatz

Mit der digital-hub Initiative (www.de-hub.de) fördert das BMWi die digitale Innovation in Deutschland und die hier beteiligten Forschenden, Gründungen und Unternehmen. Hubs sind dabei eine neue Erscheinung im Gründerförderungssystem und übernehmen vermittelnde Funktionen im Innovations- und Gründungsprozess. Fichter et al. schlagen vor, auch mit Blick auf die Förderung grüner Gründungen das Hub-Konzept zur Anwendung zu bringen (Fichter, Hurrelmann & Clausen, 2021, S. 65):

- ▶ Ein **Sustainability Hub** ist eine zentrale, thematisch abgegrenzte Anlaufstelle im Innovationssystem, die sich gezielt der Lösung von Nachhaltigkeitsherausforderungen und der Erreichung von Nachhaltigkeitszielen widmet. Seine primäre Aufgabe besteht darin, Innovationsbemühungen gezielt auf nachhaltigkeitsbezogene Grand Challenges auszurichten sowie die Vernetzung und Kooperation von Gründenden und Start-ups mit etablierten Innovationsakteuren zu unterstützen, um so die Realisierung und Diffusion von Nachhaltigkeitsinnovationen zu beschleunigen.

⁵ Diesen Punkt betont auch die EU-Kommission (European Commission: Directorate General Environment, 2009).

Um die Entwicklung, Verbreitung und Etablierung von Sustainability Hubs in Deutschland zu unterstützen, werden von Fichter et al (Fichter et al., 2021, S. 11) folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- ▶ **Förderung eines Netzwerkes regionaler Sustainability Hubs:** Analog zur Förderinitiative der Digital Hubs sollen ca. zwölf bis 15 regionale Sustainability Hubs in Deutschland gefördert und aufgebaut werden. Dazu werden eine Vorbereitungsstudie und ein Förderwettbewerb vorgeschlagen.
- ▶ **Aufbau eines nationalen Meta-Hubs** zur Vernetzung der regionalen Hub-Aktivitäten. Es sollte geprüft werden, ob diese Aufgabe durch den vom Bundesumweltministerium geplanten Digital Innovation Hub for the Climate übernommen werden kann, der als „offenes ‚Hub of the hubs‘-Netzwerk geplant ist.
- ▶ **Entwicklung eines Konzepts für das Impact-Monitoring von Hubs:** Bislang liegen noch keine Konzepte vor, mit denen die marktlichen, gesellschaftlichen und ökologischen Wirkungen (Impacts) dieses neuartigen Förder- und Vernetzungsformates gemessen werden können. Es sollte daher ein Konzept zum Impact-Monitoring von Hub-Aktivitäten entwickelt werden.

3.3 Erprobung von Systeminnovationen in Transformationsregionen

3.3.1 Probleme der Erprobung von Systeminnovationen

Die Transformationsforschung weist seit über 20 Jahren auf die Bedeutung der Zusammenhänge innerhalb größerer soziotechnischer Systeme hin (Geels, 2002, 2014; Kemp, 1994; Kemp, Schot & Hoogma, 1998; WBGU, 2011). Soziotechnische Systeme umfassen dabei Produkte, Produktionsmethoden, Konsumformen und Institutionen. So umfasst das soziotechnische System der Automobilwirtschaft neben der Herstellung von Automobilen auch die Zulieferketten, den Straßenbau, die Mineralölindustrie und viele weitere Elemente. Auch die Siedlungsstruktur hat sich aufgrund der aus ihr folgenden langen im täglichen Leben notwendigen Wege zu einem stabilisierenden Bestandteil des soziotechnischen Systems der Automobilwirtschaft entwickelt. Änderungen von einzelnen Systemelementen sind aufgrund zahlreicher Pfadabhängigkeiten und vielfältiger Zusammenhänge und Abhängigkeiten im System schwierig.

Die Adoption einer Innovation findet auch nicht zeitgleich in allen Gruppen in der Gesellschaft statt (vergl. Kapitel 2.1). Rogers kategorisiert die Adoptergruppen wie folgt: „*The criterion for adopter categorization is innovativeness, the degree to which an individual or other unit of adoption is relatively earlier in adopting new ideas than other members of a social system*“ (Rogers, 2003, S. 281). Rogers unterscheidet fünf typische Verhaltensweisen von Akteuren bei der Übernahme einer Innovation, von den Innovatoren und den „frühen Übernehmern“ über die frühe und späte Mehrheit bis zu den Nachzüglern. Reflektiert man, dass eine Transformation ein umfassender sozioökonomischer, politischer und soziokultureller Veränderungsprozess sein soll, dann impliziert das, dass sich die gesamte Gesellschaft oder zumindest große Teile davon ändern müssen. Um die Wirkung einer Systeminnovation innerhalb einer Gesellschaft zu erproben, müssten quasi im Schnellverfahren (fast) alle Adoptergruppen (fast) gleichzeitig mit der Notwendigkeit der Veränderung konfrontiert werden. Sie wären in den Veränderungsprozess aktiv einzubinden und Erfahrungen mit ihrer jeweiligen Reaktion sowie möglichen politischen Gegenstrategien zu sammeln.

Ein weiterer Schwachpunkt üblicher Formen politischen Experimentierens wie Reallaboren (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018, S. 18), Living Labs (Geibler & Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, 2013) oder regulativen Experimentierräumen (Bauknecht et al., 2020) ist, dass die Experimente entweder, im Fall der Reallabore und der Living Labs, aufgrund ihres Hintergrundes in der Förderpolitik zeitlich begrenzt sind, oder eine zeitliche Begrenzung sogar die Anforderung der Definition ist, wie im Fall der politischen Experimentierräume. Besteht aber das Ziel einer experimentellen Veränderung in der Untersuchung der gesellschaftlichen Reaktion auf einen Veränderungsimpuls, dann muss diese Reaktion sehr unterschiedlich ausfallen, je nachdem ob die Akteure damit rechnen, dass die Veränderung zeitlich beschränkt ist oder nicht. Bei einer nicht absehbar zeitlich beschränkten Veränderung entfällt die Strategie des Aussitzens.

Anders als bei einzelnen innovativen Produkten, Dienstleistungen oder neuartigen technischen Komponenten, die vor der Markteinführung oder im Zuge der Marktskalierung in Feld- und Nutzertests mit ausgewählten Nutzergruppen und Stakeholdern erprobt, optimiert und auf ihren konkreten Mehrwert hin untersucht werden können, ist dies bei komplexeren soziotechnischen Systemen also offenbar nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Vor diesem Hintergrund ist zu fragen, welche Möglichkeiten es dennoch geben könnte, Transformationsprozesse zur Skalierung und Diffusion umweltentlastender Systeminnovationen mit hinreichender Richtungs- und Investitionssicherheit zu erproben.

3.3.2 Der Ansatz der Transformationsregion

Eine Transformationsregion unterscheidet sich in zeitlicher Sicht von Formen des politischen Experimentierens. Sie ist nicht ex-ante zeitlich beschränkt. Die Beschränkung besteht ausschließlich räumlich. Ist das Experiment ein Erfolg, dann werden die erreichten Veränderungen beibehalten bzw. weiterentwickelt und auf andere Regionen übertragen.

Das Konzept der Transformationsregion geht weiter davon aus, dass innovative Ansätze (Technologien, Produkte, Prozesse, Geschäftsmodelle usw.) bereits zur Verfügung stehen und auf erste Erfahrungen damit aus anderen Regionen zurückgegriffen werden kann. Mit Blick auf die verschiedenen Phasen der Innovation, bezieht sich das Konzept der Transformationsregion auf die Verbreitungsphase (Diffusion) neuer Lösungsansätze. Eine Transformationsregion bringt die innovativen Ansätze aus der Nische in die Breite des soziotechnischen Systems und verändert damit die etablierten Strukturen der Region. In der Transformationsforschung wird dabei von einer Veränderung des „Regimes“ gesprochen. Aufgrund unterschiedlicher historischer, politischer, wirtschaftlicher und soziokultureller Rahmenbedingungen laufen die Veränderungsprozesse in jeder Region etwas anders ab, sie folgen in einer Transformationsregion aber im Wesentlichen dem Muster eines „Substitutionspfades“ (Geels et al., 2016, S. 898). Dieser Typ der Transformation zeichnet sich dadurch aus, dass grundlegende technologische Neuerungen die bestehenden soziotechnischen Systeme (weitgehend) ersetzen und so zu einem gravierenden Strukturwandel in der Region führen. Radikale Innovationen und ihre Verbreitung sorgen also für die Substitution bislang etablierter Technologien und Wirtschaftsstrukturen. Dabei können auch im Akteurssystem Veränderungen zulasten der Akteure des bisher dominierenden Regimes auftreten.

Das Konzept der Transformationsregion geht davon aus, dass bereits ein grundlegender Konsens über die Notwendigkeit der Veränderung und die durch die Transformation anzustrebenden Ziele besteht (z.B. Ausstieg aus der Kohleförderung und -verstromung, Klimaneutralität usw.). Es besteht also bzgl. der Veränderungsnotwendigkeit und der grundlegenden Zielsetzung bereits eine grundlegende „Richtungssicherheit“ für die beteiligten Akteure, wobei mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht alle Akteure die eingeschlagene Richtung

schon verstehen, akzeptieren und aktiv unterstützen. Die Stärkung und Aufrechterhaltung dieser Richtungssicherheit, z.B. auch bezüglich der zu wählenden Technologieoptionen, bleibt insofern eine wesentliche Aufgabe des Veränderungsprozesses und der Governance.

Da eine grundlegende Richtungssicherheit schon besteht und innovative Ansätze bereits entwickelt und verfügbar sind, zumindest in Nischen, besteht die Hauptaufgabe einer Transformationsregion darin, die von Clausen und Fichter (2020b) identifizierten Strategien „Synchronisation von Diffusion und Exnovation“ und „Veränderung von Infrastrukturen“ zu realisieren. Gelingt die gleichzeitige Einführung und Verbreitung innovativer Lösungen in der Region (Diffusion) und die Beendigung und das „Ausschleusen“ bislang etablierter, allerdings als nicht nachhaltig erkannter Technologien und Wirtschaftsstrukturen (Exnovation), dann ist eine schnelle Transformation möglich. Dazu sind die notwendigen technologischen und sonstigen Infrastrukturen zu schaffen.

Eine Transformationsregion ist dadurch gekennzeichnet:

- ▶ dass sie auf die schnelle Erzielung von Ergebnissen unter Zeitdruck (z.B. im Kontext der Klimakrise) gerichtet ist,
- ▶ dass nicht nur einzelne Innovatoren und Early Adopter, sondern alle Adoptergruppen (fast) gleichzeitig am Prozess beteiligt und für diesen gewonnen werden,
- ▶ dass auf einen breiten Konsens über die Veränderungsnotwendigkeit und die langfristigen Ziele der Transformation sowie auf bereits verfügbare innovative Ansätze aufgebaut werden kann,
- ▶ dass es im Kern um die Verbreitung innovativer Lösungen geht (Diffusion), bei der grundlegende Neuerungen aus der Nische in die Breite des soziotechnischen Systems gebracht werden,
- ▶ dass die grundlegenden Innovationen die etablierten Technologien und Infrastrukturen komplett oder weitgehend ersetzen (Substitutionspfad nach Geels et al. (2016, S. 898ff)) und so zu einem Strukturwandel führen,
- ▶ dass der Substitutionspfad bewusst, gezielt und chancenorientiert regionalpolitisch gestaltet und die Wirksamkeit eines auf schnelle Diffusion gerichteten politischen Rahmens erprobt wird,
- ▶ dass die Veränderungen zwar geografisch aber nicht zeitlich beschränkt sind und auf einen dauerhaften Strukturwandel und nachhaltige Lösungen ausgerichtet sind.

Als Vorbilder für Transformationsregionen können eine Zahl kleiner Staaten gesehen werden, die jeweils mit bestimmtem Fokus sozioökonomische Systeme gezielt verändert haben, wie z.B. Dänemark die Energieversorgung (Chittum & Østergaard, 2014; Clausen & Beucker, 2019b), Norwegen die Antriebsart von PKW (Clausen, 2019a) oder der indische Bundesstaat Sikkim die Landwirtschaft (Clausen & Olteanu, 2019).

4 Die Beschaffung innovativer Produkte

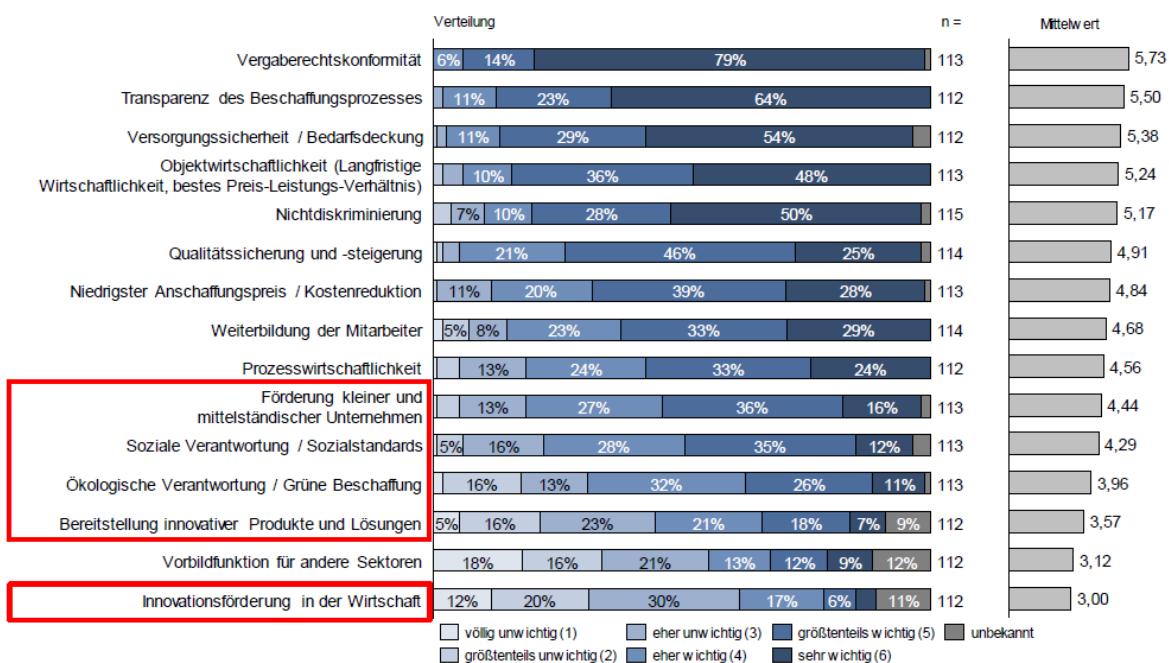
Die EU-Kommission betont die generelle Bedeutung von Umweltinnovationen für Fortschritte zu einem besseren Umweltschutz, der Erhöhung von Effizienz und der Ermöglichung schärferer Umweltvorschriften (European Commission: Directorate General Environment, 2009). Sie beklagt das zu niedrige Investment in Umweltinnovationen und verbindet das mit einem Henne-Ei-Problem: Während der Anbieter auf Käufer wartet, um finale Investments in Produkte und Produktion tätigen zu können, wartet der risikoaverse Käufer auf den endgültigen Nachweis der Serienreife. Als Instrument entwickelt die Studie der Europäischen Kommission verschiedene Varianten einer gezielten öffentlichen Beschaffung innovativer Lösungen als Form eines nachfrageseitigen Förderinstruments. Dabei kann nicht nur die öffentliche Hand direkt als Kunde auftreten, sie kann auch gezielt potentielle Privatkunden vernetzen und ggf. durch Risikoübernahme deren Akzeptanz innovativer Lösungen erhöhen.

4.1 Hemmnisse der Beschaffung innovativer Produkte

4.1.1 Die Problemlage

Die Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen durch Unternehmen wie auch durch die öffentliche Hand muss zahlreichen Anforderungen genügen und verschiedene Ziele erreichen. Das Ziel mit der höchsten Bedeutung ist dabei – eigentlich verwirrend – nicht, die bestgeeigneten Produkte und Dienstleistungen zur optimalen Erfüllung der öffentlichen Aufgaben zu bekommen, sondern vergaberechtskonform zu handeln und im Ablauf der Beschaffung keine Fehler zu machen (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: Strategische Ziele im Zielsystem öffentlicher Beschaffungsstellen



Quelle: Schaupp und Eßig (2018, S. 5), Basis sind 182 Rückläufer aus einer Befragung öffentlicher Beschaffungsstellen

Ziele, die mit möglichen innovationsfördernden Wirkungen zusammenhängen, rangieren nach Schaupp und Eßig (2018, S. 5) weit hinten in der Prioritätenliste. So hat denn auch nur weniger

als die Hälfte der Beschafferinnen und Beschaffer überhaupt Erfahrung mit der Beschaffung innovativer Produkte (Schaupp & Eßig, 2018, S. 7).

4.1.2 Hemmnisse der Beschaffung von Innovationen

Die Europäische Kommission gibt an, dass das Volumen der Beschaffung von innovativen Produkten zunimmt (European Commission, European Research Area, 2010, S. 82), allerdings ohne den Effekt quantifizieren zu können. Auch Schaupp und Eßig finden nur an wenigen Stellen leichte Verbesserungen im System der Beschaffung von Innovationen (Schaupp & Eßig, 2018, S. 10). In Deutschland wurde es nach einer Revision des Beschaffungsrechts 2009 möglich, Beschaffung mit vertraglich vereinbarter Innovation zu verbinden und Ausschreibungen z.B. mit Blick auf Effizienzziele zu formulieren (Czarnitzki, Hünermund & Moshgbar, 2018, S. 9). Ein wesentliches Ergebnis der Studie von Czarnitzki et al. ist, dass das neue Beschaffungsverfahren das Einkaufsvolumen von Produkten und Dienstleistungen steigert, die neu für die beschaffende Institution sind, aber keine Marktneuheiten darstellen (Czarnitzki et al., 2018, S. 23). Damit trägt das Verfahren wirksam zur Diffusion von Innovationen bei, indem es die Kunden- und Lieferantengruppe vergrößert, fördert allerdings nur in geringem Umfang das Entstehen neuer Lösungen.

Werden innovative Produkte zudem von Unternehmen angeboten, bei denen bisher nicht beschafft wurde, kommt die Prüfung der Kreditwürdigkeit des Lieferanten als Hürde hinzu. Nach der Aussage eines Interviewpartners (Liste der Interviewpartner im Anhang) wird dabei das Unternehmen aufgrund immer gleicher Prüfkriterien (Referenzen, Kreditwürdigkeit, Umsatz) oft scharf geprüft, aber der Zusatznutzen eines innovativen Produktes kaum berücksichtigt. Es sind also oft auch die Lieferanten, mit denen Risiken verbunden sind, denn viele Produktinnovationen entstehen in Start-ups und KMU (Fichter & Clausen, 2013). Die Beschaffung bei innovativen Start-ups als Lieferanten wird dabei systematisch dadurch behindert, dass diese nicht über die hohe Zahl von Referenzen und die Kreditwürdigkeit etablierter Unternehmen verfügen. Auch bei KMU als Anbietern kann der Fall auftreten, dass die Beauftragung von Produkten mit sehr hohem Wert unterbleibt, weil der Wert der Produkte gemessen an Umsatz oder Haftungsmasse der Unternehmung als zu hoch erscheint.

4.1.3 Spezielle Hemmnisse der Beschaffung von Umweltinnovationen

Iossa, Biagi und Valbonesi (2017, S. 8) begründen den Nutzen nachfrageseitiger Innovationspolitiken mit der Befürchtung, dass geeignete Innovationen ausbleiben könnten, weil der Innovator sich der Nachfrage nicht sicher sein kann. Selbst Unternehmen mit ausreichender Innovationskapazität haben möglicherweise nicht genügend Investitionsanreize, weil die potenzielle Nachfrage nach Innovationen unbekannt, unsicher und fragmentiert ist oder weil die Nutzer an bestehende Technologien gebunden zu sein scheinen. Eine Reihe von Lock-in Verstärkern (Nill, 2009, S. 138) stabilisiert etablierte Technologiepfade. Starke Pfadabhängigkeiten des dominanten Regimes (Kahlenborn, Clausen, Behrendt & Göll, 2019) können das Zustandekommen von Innovationen an der Wurzel verhindern. Eine strategische Beschaffung innovativer Produkte bietet aber die Chance, das Risiko auf Seiten des Innovators zu reduzieren und so Innovation zu beschleunigen bzw. überhaupt möglich zu machen (Iossa et al., 2017, S. 11).

Gleim et al. (2013, S. 46) bewerten den Zeit- und Arbeitsaufwand für die Suche und Bewertung von umweltentlastenden Innovationen, die bisher beschaffte Produkte oder Dienstleistungen ersetzen können, sowie die finanziellen und kognitiven Risiken, die mit dem Versagen von grünen Produkten verbunden sein können, als Diffusionshemmnisse. Weiter sind Unsicherheiten bezüglich der Qualität innovativer Produkte von Bedeutung (Gleim et al., 2013, S.

47). Iossa, Biagi und Valbonesi (2017, S. 32) stellen fest, dass die Beschaffung von Innovationen als Pilotkunde die Überwindung risikoaverser Beschaffungspraktiken erfordert.

Die Analyse quantitativer und qualitativer Erhebungsdaten von Walker und Brammer (2007) zeigt, dass es erhebliche Unterschiede zwischen den öffentlichen Stellen in Bezug auf die Art der umweltorientierten Beschaffungspraxis gibt. Lokale Behörden legen besonderen Wert auf den Kauf von Produkten von lokalen und kleinen Lieferanten. Bei der Beschaffung durch Bildungsinstitutionen ist dagegen eine Tendenz zur Priorisierung von Umweltaspekten in der Beschaffung festzustellen. Erwartete höhere Kosten wurden von Walker und Brammer insgesamt als die wichtigste Barriere für eine nachhaltige Beschaffung identifiziert (Walker & Brammer, 2007), bei Iossa et al. werden höhere Kosten zwar auch erwähnt, aber nicht so hervorgehoben (Iossa et al., 2017, S. 24). Die Befragung von Schaupp und Eßig gibt dagegen Hinweise darauf, dass höhere Kosten zumindest in einigen Fällen eher ein Mythos als Realität sind, denn sie findet wesentliche Kostenvorteile bei der Beschaffung von innovativen Produkten bei mindestens 35% der Beschaffungsvorgänge und kleinere Kostenvorteile bei weiteren 31% (Schaupp & Eßig, 2018, S. 7),

Der Hamburger „Leitfaden umweltverträgliche Beschaffung“ betont die innovationsfördernde Wirkung der umweltverträglichen Beschaffung (Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie, 2019). Erreicht werde die innovationsfördernde Wirkung aber nur, wenn den Empfehlungen für innovative Produkte, wie das Umweltbundesamt und andere sie geben, gefolgt wird. Da Empfehlungen aber erst gegeben werden können, wenn Produkte erfolgreich in den Markt eingeführt wurden, tritt die innovationsfördernde Wirkung erst vergleichsweise spät ein.

4.1.4 Das komplexe Feld der Förderung von Innovation durch Beschaffung

Der von der UNEP erstellte „Global review of sustainable public procurement“ betont an verschiedenen Stellen die Bedeutung der Förderung von Innovation durch öffentliche Beschaffung und weist darauf hin, dass in einer Umfrage bei 56 Regierungen weltweit 49% „Clean Technology and Eco-Innovation“ als Ziel der Beschaffungsstrategie nannten (UNEP, 2017, S. 16). Im gesamten Bericht findet sich aber kein einziges Beispiel eines überzeugenden Instruments, um dieses Ziel auch zu erreichen.

Den besten Überblick über Instrumente zur Förderung der Beschaffung innovativer Produkte geben der „Leitfaden Innovative öffentliche Beschaffung“ des Kompetenzzentrums für innovative Beschaffung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (2017) und der „Leitfaden für eine innovationsfördernde öffentliche Auftragsvergabe“ der Europäischen Kommission (2018).

Der BMWi Leitfaden fokussiert 7 Instrumente (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017, S. 11–21):

- ▶ MEAT-Ansatz (Most Economically Advantageous Tender) und Berechnung der Lebenszykluskosten,
- ▶ Funktionale Leistungsbeschreibung,
- ▶ Zulassung und Wertung von Nebenangeboten,
- ▶ Verhandlungsverfahren und Verhandlungsvergabe,
- ▶ Wettbewerblicher Dialog,
- ▶ Innovationspartnerschaft,

► Vorkommerzielle Auftragsvergabe/Pre-Commercial Procurement (PCP).

Der MEAT-Ansatz setzt auf die Berücksichtigung von Lebenszykluskosten eines Produktes und fördert dabei Innovationen immer dann, wenn sie in den gegebenen Rahmenbedingungen zumindest langfristig wirtschaftliche Vorteile haben. Da die von Schaupp und Eßig dokumentierten Kostenvorteile bei innovativen Produkten häufig eher die Form niedrigerer Lebenszykluskosten haben, können diese häufig nur in aufwendigeren Wirtschaftlichkeitsvergleichen festgestellt werden (Schaupp & Eßig, 2018, S. 7).

Die funktionale Leistungsbeschreibung öffnet das Vergabeverfahren genau wie die Zulassung von Nebenangeboten für Lösungen, die der ausschreibenden Stelle nicht ex-ante bekannt sind. Beide Verfahren schaffen die Grundlage dafür, dass innovative Lösungen, die der ausschreibenden Stelle noch unbekannt sind, im Vergabeverfahren berücksichtigt werden können.

Nicht jeder Vorschlag des Leitfadens fördert aber Innovation auf der Abnehmer- UND der Anbieterseite: „*Zwischen beschaffender Stelle und Anbieter sollte eine faire Risikoteilung vertraglich geregelt werden. Das kann durch angemessene Strafzahlungen erfolgen, die fällig werden, wenn die Lösung nicht die zugesicherten Leistungsmerkmale erreicht*“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017, S. 39). Eine solche Regelung wird es für innovative KMU u.U. schwer machen, sich auf die Bedingungen der Vergabe einzulassen.

Verhandlungsverfahren und Verhandlungsvergabe, wettbewerblicher Dialog wie auch die Innovationspartnerschaft und Pre-Commercial Procurement (PCP) sind Verfahren der vorkommerziellen Beschaffung die für Vergabestelle einen höheren Aufwand verursachen. Allerdings haben diese frühe Phasen der Beschaffung, also die Bedarfssfeststellung, die Bedarfsplanung, die Beschaffungsmarktforschung und die Produktbegründung, einen vergleichsweisen hohen Einfluss auf ein innovatives Endergebnis (Schaupp & Eßig, 2018, S. 8).

Edler und Georghiou (2007) betonen, dass durch strategisch geplante Beschaffung die Förderung von Innovation prinzipiell möglich ist. Dies gilt besonders für vorkommerzielle Beschaffung. Die Grundidee der öffentlichen vorkommerziellen Auftragsvergabe ist, dass sie auf innovative Produkte und Dienstleistungen zielt, für die weitere F&E-Maßnahmen erforderlich sind (Edler & Georghiou, 2007, S. 954). Die in Frage kommenden Produkte bzw. die erbrachten Leistungen sind also noch nicht serienreif. Das Risiko der vorkommerziellen Auftragsvergabe wird zwischen der beschaffenden Institution und dem potenziellen Lieferanten geteilt. In der Praxis wird eine Art F&E-Servicevertrag vergeben, der den Prozess von der Forschung und Entwicklung bis hin zum Prototyping, Feldversuche mit ersten Chargen und dann schließlich den Übergang zur Serienreife umfasst (Edler & Georghiou, 2007, S. 954). Auf Seiten der beschaffenden Institution erfordert dies eine intensive Interaktion mit dem potenziellen Lieferanten, was in sich wieder ein Hemmnis für die Verbreitung solcher Prozesse darstellen könnte. Ein Interviewpartner betont, dass Aktivitäten vorkommerzieller Beschaffung meist im Kontext sehr großer Beschaffungsprozesse vorkommen, die sich z.B. auf die Beschaffung neuer militärischer Gerätschaften, hochinnovativer Apparate für Krankenhäuser oder Spezialanlagen für große Forschungseinrichtungen beschränken. Aus Gründen des Wettbewerbsrechts sollten darüber hinaus mindestens zwei potentielle Lieferanten in das Bieterverfahren einbezogen werden, was den Prozess weiter verkompliziert und in den Fällen, in denen Schutzrechte für die Innovation bestehen, die Anwendung des Verfahrens oft unmöglich machen könnte. Insgesamt könnte das Instrument der von Edler und Georghiou (2007) beschriebenen vorkommerziellen Beschaffung Aufwand und Risiko auf der Seite der beschaffenden Institution tendenziell erhöhen. Ob dies Verfahren außerhalb sehr großer und strategisch handelnder Einheiten daher viel Anwendung finden könnte, darf bezweifelt werden.

Iossa, Biagi und Valbonesi (2017, S. 16) verknüpfen bei der Ausschreibung von Projekten der vorkommerziellen Beschaffung den F&E-Anteil mit einem Serienauftrag. Durch das Volumen des Serienauftrags wird dabei der F&E-Aufwand für das Unternehmen darstellbar.

Die Europäische Kommission unterscheidet die vorkommerzielle Beschaffung von der Beschaffung innovativer Produkte und beides zusammen von langfristigen Lieferpartnerschaften (long term vendor partnerships), in denen die Beauftragung von F&E-Leistungen mit der Verpflichtung zum Kauf der entstehenden Produkte zusammengefasst wird (European Commission - DG Connect, 2015). Sie verweist darauf, dass die Trennung in zwei Phasen (also erst F&E und dann Serienproduktion) aufgrund der Aufrechterhaltung von Wettbewerbsdruck bei den entstehenden Produkten zu höherer Qualität und ca. 20% günstigeren Preisen führt (European Commission - DG Connect, 2015, S. 21).

Viele Umweltinnovationen grundlegenden Charakters gehen auf Start-ups zurück (Fichter & Clausen, 2013). Die EU folgt diesem Gedanken indem sie Methoden vorschlägt, die den Zugang kleiner und mittlerer Unternehmen und so auch Start-ups zur öffentlichen Auftragsvergabe vereinfachen sollen (Europäische Kommission, 2018, S. 27). Neben einer Begrenzung des Verwaltungsaufwandes ist für die EU hier der Verzicht auf überhöhte Bankgarantien wichtig. Weiter sollte es ausreichen, wenn der Jahresumsatz des Bieters das Doppelte des Auftragswertes darstellt. Denn Start-ups und innovative KMU, die häufig noch nicht sehr lange bestehen, erzielen oft noch verhältnismäßig geringe Umsätze (Europäische Kommission, 2018, S. 28). Auch dadurch, dass ein Auftrag in Lose aufgeteilt wird, kann es innovativen Anbietern möglich werden, ein für sie attraktives Los anzubieten, aber eben nicht das gesamte Vorhaben anbieten zu müssen (Europäische Kommission, 2018, S. 29).

Zahlungsmodalitäten sind für KMU oft kritisch, da die Fähigkeit zur Vorfinanzierung begrenzt ist. So ist es nicht nur wichtig, Vorauszahlungen zu leisten, sondern auch Zahlungstermine nicht zu spät zu vereinbaren und auch einzuhalten. Die Europäische Kommission führt die Stadt Paris als Beispiel an (Europäische Kommission, 2018, S. 32, übersetzt durch den Verfasser).

„Die Stadt Paris stellte fest, dass die gewöhnlichen Zahlungsmodalitäten mit geringen Zwischenzahlungen und einer großen Schlusszahlung am Ende der Dauer eines Auftrags eine Hürde für die Beteiligung von KMU darstellen. Um Start-ups und innovativen KMU eine Beteiligung an öffentlichen Vergabeverfahren zu ermöglichen, erhöhte Paris 2017 den Umfang von Vorauszahlungen von 5 auf 20 %.“

Letztlich schlägt die Europäische Kommission noch die Mobilisierung von Innovationsmaklern vor, die Kontakte zu innovativen KMU herstellen und festigen können (Europäische Kommission, 2018, S. 32).

Alle diese Vorschläge der Europäischen Kommission (2018) haben das Potenzial, innovative Start-ups und KMU stärker in Innovationsprozesse einzubeziehen. Gleichzeitig erhöhen sie jedoch tendenziell den Aufwand und das finanzielle Risiko für die beteiligte Vergabestelle. Ihre Anwendung erscheint daher auf Grund des Aufwandes eher in großen Einheiten der öffentlichen Beschaffung wahrscheinlich. Risiken der Beschaffung innovativer Produkte verschwinden dagegen nicht durch zusätzlichen Aufwand oder besonders sorgfältige Arbeit. Im folgenden Kapitel werden daher einige Überlegungen zur Reduktion von mit Beschaffung innovativer Produkte verbundenen Risiken vorgestellt.

4.2 Market-Pull durch gezielte Beschaffung innovativer Produkte

Im Zentrum der hier vorgeschlagenen Instrumente zur Förderung der Beschaffung innovativer Produkte stehen Mechanismen des Risikomanagements wie Versicherungen und Bürgschaften,

wie sie im „Leitfaden für eine innovationsfördernde öffentliche Auftragsvergabe“ der Europäischen Kommission (2018, S. 26) vorgeschlagen werden. Neben der Möglichkeit der kommerziellen oder staatlichen Absicherung von Risiken (Abschnitte 4.2.1 und 4.2.2) werden im Folgenden auch die Möglichkeiten der Risikoreduktion durch höheres Eigenkapital (Abschnitt 4.2.3), durch finanzielle Förderung der ausgeschriebenen Produkte oder Dienstleistungen (Abschnitt 4.2.4) sowie durch den Zusammenschluss von Nachfragern in Beschaffungsgruppen (Abschnitt 4.2.5) dargestellt.

4.2.1 Möglichkeiten der Versicherung von Beschaffungsrisiken

Mit Blick auf die Möglichkeit einer Versicherung der aus Beschaffungsvorgängen erwachsenden Risiken, z.B. pünktliche Lieferung, Realisierung der vereinbarten technischen Leistungswerte oder Erreichung der erwarteten Lebensdauer, ist zunächst die Frage zu klären, welcher Natur das hier zu versichernde Risiko ist. Hierzu ist ein kleiner Exkurs zu unterschiedlichen Risikotypen erforderlich. Frank H. Knight (1921) unterscheidet in seinem Werk „Risk, Uncertainty and Profit“ drei Kategorien von Risiken:

Zunächst sind dies Risiken aus einer **a priori berechenbaren Wahrscheinlichkeit**. Als Beispiel führt Knight (1921, S. 224) hier den idealen Würfel auf, dessen sechs Zahlen jeweils mit einer Wahrscheinlichkeit von 1/6 gewürfelt werden.

Die zweite Kategorie umfasst **statistisch berechenbare Wahrscheinlichkeiten**, wie z.B. das Risiko für ein Haus, durch einen Brand zerstört zu werden (Knight, 1921, S. 225). Aufgrund der hohen Anzahl gleicher Fälle sowie in Kenntnis des historischen Verlaufs von Häufigkeiten von Bränden lässt sich durch Versicherungsmathematik nicht nur die Wahrscheinlichkeit eines Brandes errechnen, sondern auch eine faire Prämie bestimmen. Das Risiko eines Wertverlustes durch ein Feuer wird so zum einen auf die Gesamtzahl versicherter Gebäude umgelegt und zum zweiten wird der individuelle Beitrag durch jährliche Prämienzahlungen über die Zeit verteilt.

Weiter führt Knight **Schätzungen zur möglichen Entwicklungen von Einzelfällen** auf, die sich in keiner Weise klassifizieren lassen (Knight, 1921, S. 225). Hierzu zählt Knight (1921, S. 238) unternehmerische Unsicherheiten wie z.B. die realisierbare Produktionsmenge, die mögliche Produktqualität und die zu erwartende Nachfrage. Da sich weder die Vielzahl von Produkten noch die gelichermaßen unterschiedlichen Kontexte von deren Anwendung bei verschiedenen Kunden so klassifizieren lassen, dass eine statistische Analyse stattfinden kann, sieht Knight also einen fundamentalen Unterschied zwischen Risiken, die der statistischen Analyse zugänglich sind, und Unsicherheiten, bei denen dies nicht möglich ist.

Die Kalkulierbarkeit ist aber wesentliche Vorbedingung der Versicherbarkeit. „Eine zentrale Voraussetzung für die Versicherbarkeit eines Risikos ist, dass der Versicherer das zu versichernde Risiko ökonomisch bewerten kann, d. h. die Schadenverteilung muss für den Versicherer schätzbar sein“ (Deutsche Aktuarvereinigung e.V., 2017, S. 18). Da der Versicherer nur bei (weitgehender) Unabhängigkeit der Einzelrisiken „durch die Zusammenführung gleichartiger Einzelrisiken in einem Versicherungsbestand einen Ausgleich im Kollektiv realisieren“ kann (Deutsche Aktuarvereinigung e.V., 2017, S. 17), ist weiter erforderlich, dass es eine größere Zahl gleichartiger Einzelrisiken überhaupt gibt. Dies ist für den Fall der Absicherung von Risiken aus der Beschaffung innovativer Produkte eher nicht gegeben. Hinzu kommt, dass jede Innovation aufgrund ihrer Neuheit neue Risiken entstehen lässt. Aber „neue Risiken sind per definitionem natürlich nicht oder nur sehr eingeschränkt einschätzbar“ (Deutsche Aktuarvereinigung e.V., 2017, S. 9), was wiederum die Versicherbarkeit beeinträchtigt.

Im Kontext von Kauf und Verkauf von Produkten sind verschiedene Formen von Versicherung etabliert. Auf zwei dieser Versicherungen sei im Folgenden ein kurzer Blick geworfen:

„*Staatliche Exportkreditgarantien (Hermesdeckungen) bieten bei grenzüberschreitenden Geschäften eine Absicherung gegen wirtschaftlich oder politisch bedingte Zahlungsausfälle*“ (Felbermayr, Yalcin, Sandkamp & Lang, 2015, S. 7). Das Risiko von Exportgeschäften wird anhand von wirtschaftlichen und politischen Unsicherheiten in den verschiedenen Zielländern kategorisiert. Grundlage ist eine regelmäßige Risikoklassifikation der OECD (2019), die für einzelne Länder durch nationale Analysen ergänzt wird (Felbermayr et al., 2015, S. 13). Die versicherten Risiken umfassen neben den politischen Risiken auch die Insolvenz der Kunden. Der Anteil der Exporte, für die Hermesdeckungen in Anspruch genommen werden, schwankt über die Jahre im Bereich von 1,8 bis 3,4% (Felbermayr et al., 2015, S. 15). Das Unternehmen Euler Hermes tritt seit Jahrzehnten (seit 1949) als Mandatar für die Bundesrepublik auf, die Deckung der Risiken erfolgt direkt aus dem Bundeshaushalt. In den letzten 20 Jahren wurde dabei durchweg ein Überschuss erwirtschaftet, der kumuliert bei 5,7 Mrd. € lag (Euler Hermes Aktiengesellschaft, 2019, S. 2). Festzustellen ist, dass mit der Hermesdeckung keine Unsicherheiten aus Lieferung des Produktes (wie z.B. dessen korrekte Lieferung und Funktion) abgesichert werden, sondern das Risiko des Kreditausfalls. Die Versicherung bezieht sich daher auf einen statistisch zu beschreibenden Gegenstand, für den eine Versicherung möglich ist.

Verbreitet ist auch die Versicherung von Bauleistungen. Durch eine solche Versicherung können in der Bauzeit auftretende Schäden durch z.B. höhere Gewalt und Vandalismus versichert werden. Nicht versicherbar dagegen sind nicht fachgerecht durchgeführte Leistungen (Gebäudeversicherungen.com, 2019). Auch die Bauleistungsversicherung versichert klassische, statistisch kalkulierbare Risiken wie höhere Gewalt oder Vandalismus, nicht aber Einzelfallrisiken wie die korrekte Bauausführung. Das Projekt Elios 2 untersuchte Zugangserleichterungen zum Versicherungsschutz für kleine Bauunternehmen. Die hier angestrebte Ausdehnung der Versicherungsmöglichkeiten auf Fragen der Bauqualität erwies sich als aufwendig. Neben einer deutlich verbesserten Qualitätssicherung im Bauwesen schien auch eine systematische „Baupathologie“ erforderlich, die Zusammenhänge von Technologien, Fehlerquellen und Schäden dokumentiert (Roussel, Droogenbroek & Salagnac, 2016). Um Fortschritte bei Versicherungsfragen erzielen zu können, müssten die jeweiligen Technologien, wie von Elios am Beispiel der Baubranche gezeigt, also deutlich erkennbar ausgereift und auf dem Markt verfügbar sein. Damit schienen solche Fortschritte ausschließlich bei den nicht innovativen Technologien möglich (Roussel et al., 2016, S. 15).

Als Konsequenz dieser Überlegung lässt sich ableiten, dass die Absicherung von Risiken aus der Beschaffung innovativer Produkte im kommerziellen Markt von Versicherungen kaum machbar sein dürfte. Die Fragen, ob ein Produkt im Einzelfall funktioniert, die richtigen technischen Leistungswerte erzielt oder seine Lebensdauer den Erwartungen des Kunden entspricht, sind Fragen des Einzelfalls. Sie stellen angelehnt an die Definitionen von Knight (1921) keine Risiken, sondern Unsicherheiten dar und sind nicht versicherbar. Hinzu kommt die kaum zu klärende Frage, ob die Möglichkeit einer Versicherung der aus der Lieferung innovativer Produkte folgenden Unsicherheiten diese Risiken noch vergrößern würde, da sowohl der Hersteller wie auch der Abnehmer bereit wären, vor dem Hintergrund einer finanziellen Absicherung noch größere Risiken einzugehen.

4.2.2 Reduktion finanzieller Risiken durch ein Bürgschaftsprogramm

Die europäische Kommission (European Commission, European Research Area, 2010, S. 79) nennt die Finanzierungsfazilität mit Risikoteilung (RSFF) der Europäischen Kommission und der Europäische Investitionsbank (EIB) im Kontext der Risikominimierung aus Beschaffungsaktivitäten. Die RSFF war eine innovative Einrichtung, „die den Zugang von privaten

Unternehmen oder öffentlichen Einrichtungen, die Projekte in folgenden Bereichen durchführen, zu Finanzierungen verbessern soll:

- ▶ *Forschung, technologische Entwicklung, Demonstration*
- ▶ *Innovation.*

Die RSFF basiert auf dem Grundsatz der Teilung des Kreditrisikos zwischen der Europäischen Kommission und der EIB und eröffnet der Bank neue Möglichkeiten zur Bereitstellung von Darlehen oder Garantien mit einem niedrigen, unterhalb der Investment-Grade-Kategorie eingestuften Risikoprofil. Die Fazilität sieht ferner zahlreiche Möglichkeiten für neue und innovative Finanzierungslösungen der EIB für den privaten Sektor und für den Forschungssektor insgesamt vor“ (Europäische Investitionsbank, 2007 übersetzt durch den Verfasser). Die RSFF wurde später in die InnovFin (EU-Mittel für Innovationen) überführt, die ebenfalls durch die Europäische Investitionsbank passende Finanzierungsinstrumente für Forschung und Innovation bereitstellt (Europäische Investitionsbank, 2019). Nach Auskunft der EIB sind direkte Aktivitäten zur Risikoreduktion auf der Seite der beschaffenden Institution durch Finanzinstrumente bisher nicht angeboten worden, zukünftig im Kontext der steigenden Ambition der EIB im Klimaschutz aber vorstellbar. Zur Förderung innovativer Unternehmen hat die EIB allerdings in Start-ups investiert (vgl. Abschnitt 4.2.3).

Dennoch scheint es sinnvoll, den Gedanken einer öffentlichen Versicherungs- oder Bürgschaftsregelung einmal weiter zu verfolgen. Hier ist zunächst noch einmal auf die Einschätzung der Versicherbarkeit neuer Risiken durch die Deutsche Aktuarvereinigung (2017, S. 9) einzugehen:

„Neue Risiken sind per definitionem natürlich nicht oder nur sehr eingeschränkt einschätzbar, woraus aber nicht zwingend folgt, dass deshalb ein individualrechtlicher Mechanismus ausgeschlossen sein muss. Das Eröffnen neuer Handlungsfelder unter Eingehung entsprechender Risiken ist ja gerade einer der Treiber privaten wirtschaftlichen Handelns.“

Für die Zeichnung neuer Risiken ist aber unbedingt erforderlich, dass man durch geeignete Produktgestaltungen wie z. B. Deckungssummenbegrenzungen zumindest das Gesamtrisiko und somit den möglichen Gesamtverlust begrenzen kann, der durch ein ausreichend vorhandenes Eigenkapital abgesichert werden muss.“

Weiter wird die Möglichkeit angesprochen, „*bei einer sozialpolitisch nicht wünschenswerten Situation ggf. flankierende gesetzliche Maßnahmen*“ (Deutsche Aktuarvereinigung e.V., 2017, S. 14) einzuleiten, wobei verschiedene Beispiele für Mischformen bzw. Übergänge zu sozialpolitischen Kollektivierungsmechanismen existieren.

Diese Überlegungen weisen auf die Möglichkeit eines innovations- und umweltpolitisch wünschenswerten staatlichen Bürgschaftsfonds hin, bei dem bestimmte Risiken aus der Beschaffung innovativer Güter wie z.B. die Erfüllung der zugesagten Funktion, die Mindesthaltbarkeit und die Reparaturhäufigkeit abgesichert werden könnten. Zur Vermeidung von Antiselektionseffekten und zur Reduktion des Risikos wäre denkbar, das Beschaffungsrisiko gegen die Zahlung von z.B. 5% des Beschaffungswertes abzusichern.

Ähnlich wie bei den Hermesdeckungen würde über eine hohe Zahl von Bürgschaftsfällen im Laufe der Zeit ein größeres Kollektiv entstehen, welches der Analyse zugänglich würde. Je nach erzieltem Unter- oder Überschuss des Bürgschaftsprogramms würde es möglich, die Beiträge zu senken, zu erhöhen oder das Programm notfalls aus Kostengründen einzustellen.

Die Wirksamkeit eines solchen Fonds zeigen die Niederlande. Nachdem die niederländische Regierung ein Angebot der Absicherung des Fündigkeitsrisikos bei der Erschließung der tiefen Geothermie machte (Government of the Netherlands, 2020), wächst seit 2017 die Zahl der Bohrprojekte und die der zusätzlichen Quellen sprunghaft (Ministry of Economic Affairs and Climate Policy, 2019, S. 42). Die Regelung der Versicherung legt fest, dass, je nach Bohrtiefe, Projektwerte von 11 Mio. € bis 18 Mio. € versichert werden können. Die Prämie liegt bei 7% der Versicherungssumme und der Eigenanteil wurde auf 5% des Gesamtrisikos festgelegt (Rijksdienst voor Ondernemend, 2019).

Die Zahlung des Beitrags würde durch die jeweilige Vergabestelle erfolgen und müsste haushaltsrechtlich ermöglicht werden. Die Zahlung des Beitrags wäre immer dann aus der Perspektive der Vergabestelle logisch, wenn die in Frage stehende Innovation zu niedrigeren Lebenszykluskosten führt, die die Höhe von 5% des Anschaffungspreises übersteigen. Da nach der Befragung von Schaupp und Eßig wesentliche Kostenvorteile von innovativen Produkten bei mindestens 35% der Beschaffungsvorgänge, kleinere Kostenvorteile bei weiteren 31% dokumentiert wurden (Schaupp & Eßig, 2018, S. 7), sollte dies durchaus häufiger der Fall sein. Da durch die Einführung eines solchen Bürgschaftsmechanismus aber ein dynamischer Prozess angestoßen würde, ist die letztendliche Wirksamkeit schwer vorhersagbar. Hinzu kommt, dass ähnlich wie bei den komplexen Abläufen der vorkommerziellen Beschaffung auch die Option der Risikoabsicherung den Beschaffungsablauf aufwendiger macht. Ob die kleinteiligen Organisationseinheiten der deutschen öffentlichen Beschaffung (Beck & Schuster, 2013, S. 12) ein solch aufwendiges Verfahren nutzen würden, wurde von einem Interviewpartner stark bezweifelt.

4.2.3 Reduktion finanzieller Risiken durch höheres Eigenkapital

Es scheint plausibel, dass eine Verbesserung der Ausstattung innovativer und grüner KMU oder Start-ups mit Eigenkapital indirekt auch Auswirkungen auf das Risiko haben kann, welches Vergabestellen mit deren jeweiligen Produkten verbinden können. Die in Deutschland besonders für grüne Gründungen große Herausforderung der Kapitalbeschaffung (Bergset, 2018; Fichter & Olteanu, 2019) stellt damit auch eine Hürde für die Beschaffung von innovativen und besonders grünen Produkten durch öffentliche Vergabestellen wie auch private Kunden dar.

Ein von der Europäischen Investitionsbank eingesetztes Finanzierungsinstrument zur Förderung von Forschung und Innovation ist die Beteiligung mit Eigenkapital an innovativen Unternehmen durch die InnovFin-Fazilität. Als ein Beispiel für InnovFin wird von der EIB das Unternehmen Heliatek genannt, das HeliaFilm herstellt, eine organische Solarfolie. Diese lässt sich auf die Fassaden von Gewerbe- und Industriegebäuden aufbringen, die damit zu riesigen stromerzeugenden Elementen werden. Die Europäische Investitionsbank stellte für Heliatek Quasi-Eigenkapital von 20 Mil. € bereit (Europäische Investitionsbank, 2019). Auch zahlreiche andere private wie auch öffentliche Fonds investieren in innovative Start-ups, z.B. der High-Tech Gründerfonds, der seit 2005 mit einem Fondsvolumen von 895,5 Mio. € in bisher 560 Unternehmen investiert hat (High-Tech Gründerfonds Management GmbH, 2019).

- ▶ Eine mögliche Maßnahme für die Verbesserung der Situation beim Zugang zu Eigenkapital liegt z.B. in der Förderung der Fachkompetenz zu Cleantech und Nachhaltigkeit bei Investoren oder in der Einrichtung eines High Sustainability Gründerfonds, der grüne Start-ups mit radikalen und disruptiven Technologien und Geschäftskonzepten in der Entwicklungs- und Wachstumsphase unterstützt (Bergset & Fichter, 2021; Clausen & Fichter, 2019c, S. 37).

Auch ein höheres Eigenkapitals kann als Mittel zur Reduktion von Risiken für die Kunden hilfreich sein. Es kann z.B. eingesetzt werden, um ein innovatives Produkt nicht zu verkaufen, sondern zu vermieten. Die beschaffende Institution muss so nicht in ein u.U. nicht funktionierendes Produkt investieren und später mühevoll Gewährleistung verlangen, sondern zahlt parallel zur Nutzung Miete oder Leasingraten. Mit dieser Intention wird von seinem Unternehmen gegenwärtig eine Anleihe zur Beteiligung an dem Unternehmen Framo (www.framo-eway.com) angeboten, welches Lastwagen auf Elektroantrieb umbaut. Durch die Bereitstellung einer attraktiven Finanzierungslösung soll hier das Risiko für die Kunden reduziert und so das Unternehmenswachstum unterstützt werden (AHP Capital Management GmbH, 2019, S. 2). Ausgangspunkt ist, dass die deutlich höheren Investitionskosten für einen eTruck durch geringere Betriebskosten ausgeglichen werden. Den Kunden soll ein Mietmodell angeboten werden, mit dem Ziel, den eTruck zu wettbewerbsfähigen Gesamtkosten im Vergleich zum Diesel-Lkw zu betreiben. Dabei soll gegenüber dem Kunden die gefahrene Strecke per Kilometer abgerechnet werden, also das Pay-Per-Use Modell angewendet werden (Gotsch, 2016). Der Risiko reduzierende Aspekt wird wie folgt beschrieben (AHP Capital Management GmbH, 2019, S. 5f):

„Das Nutzungsmodell erhöht das Vertrauen der Kunden in die Technologie und reduziert die Unsicherheit bezüglich der Batterieleistung, da ein potenzieller Interessenskonflikt aufgelöst wird. Kunde und Unternehmen haben beide ein Interesse an einem verlässlich funktionierenden Fahrzeug. Zusätzlich werden Unsicherheiten über Strom- und Wartungskosten genauso wie finanzielle Risiken aufgrund des unbekannten Restwerts eines eTrucks am Ende der Nutzungsdauer, aufgelöst.“

Die Möglichkeit des Angebots eines innovativen Produktes in einem der Geschäftsmodelle des Nutzenverkaufs reduziert also u.U. das Risiko, stößt aber auf zusätzliche Hemmnisse im Beschaffungsablauf:

- ▶ Zum einen muss schon die Finanzierung der zu beschaffenden Leistung bei öffentlichen Einrichtungen so eingeplant sein, dass eine flexible Entscheidung für die optimale Lösung getroffen werden kann. Ist der Kauf eines teuren Produktes im Vermögenshaushalt eingestellt, dann muss nach Hinweisen aus den Interviews letztlich gekauft werden oder es ist wiederum sehr aufwendig, die Finanzierung zu ändern.
- ▶ Zweitens ist es notwendig, Angebote für einen Nutzenverkauf überhaupt zuzulassen. Hierzu muss ggf. die Bedarfsermittlung verändert und eine bisher nur sehr wenig verbreitete funktionale Leistungsbeschreibung erstellt werden. Nur dann wären Angebote zulässig, die einen Nutzenverkauf umfassen.
- ▶ Drittens sind Leasinggeschäfte für die öffentliche Hand nicht neu. In einem Interview wurde jedoch erwähnt, dass man in Zukunft grundsätzlich von Leasing Abstand nehmen würde, weil bei der Rückgabe von Leasingprodukten kleine Schäden am Produkt zu hohen Wertabschlägen geführt hätten, wodurch man bei Leasinggeschäften jetzt von einem Risiko ausgehe, das rückwirkend die Wirtschaftlichkeit in Frage stellen würde.

4.2.4 Risikoreduktion durch Förderprogramme

Eine Reduktion von Beschaffungsrisiken tritt auch durch die Förderung bestimmter innovativer Produkte ein, da sich mit dem durch den Käufer aufzubringenden Geldbetrag für die Investition auch das finanzielle Risiko gleichermaßen vermindert. Während dies Risiko durch eigenkapitalstarke Anbieter wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben dadurch reduziert

werden kann, dass das Produkt nicht zum Kauf, sondern zur Miete angeboten wird, senkt eine direkte Förderung den Preis und mit ihm auch das Risiko eines Wertverlustes.

Mit einer „Kleinserien-Richtlinie“ bietet das Bundesumweltministerium seit 2018 ein neues Förderprogramm im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative an (Umweltbundesamt, 2018). Die Förderung erfolgt durch Investitionszuschüsse von je nach Produktgruppe 20% bis 40% der jeweiligen zuwendungsfähigen Ausgaben (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2018). Ein Expertengremium hat dabei aber nur fünf sehr spezielle Produktgruppen für die Förderung ausgewählt (Umweltbundesamt, 2018).

Neu ist diese Form der Investitionszuschüsse nicht. Sie hat in Form der Markteinführungsprogramme eine lange Geschichte und wird mit großem Volumen gegenwärtig auch in Form der Förderung des Kaufs von Elektroautos praktiziert. Diese Förderungen können oft gleichermaßen von privaten Käufern wie auch beim Kauf durch die öffentliche Beschaffung in Anspruch genommen werden.

Nachteile dieser Form der Risikoreduktion bestehen in folgenden Sachverhalten:

- ▶ Für jedes einzelne Produkt muss ein Förderrahmen erarbeitet werden. Mit Blick auf beschränkte Kapazitäten zur Ausarbeitung solcher Förderrahmen dürfte eine solche Förderung daher meist auf wenige Schlüssel-Innovationen beschränkt bleiben. Für eine Innovationsförderung in der Breite ist das Konzept nicht geeignet.
- ▶ Aufgrund der Höhe der Zuschüsse ist das Verfahren für die öffentlichen Haushalte teuer. Dies gilt besonders dann, wenn die Förderung erfolgreich ist und häufig abgerufen wird. Soll die Förderung so lange aufrechterhalten werden, bis die kritische Masse erreicht ist und sich auch die „späte Mehrheit“ und die „Zögerer“ für das innovative Produkt entscheiden, dann sind hohe Summen erforderlich.

4.2.5 Risikoreduktion durch die Organisation von Beschaffungsgruppen

Zur Förderung der Beschaffung innovativer Produkte setzt die Europäische Kommission u.a. auf die Bildung von Beschaffungsgruppen, die so groß sein sollten, dass sie eine kritische Masse im Markt repräsentieren (European Commission - DG Connect, 2015, S. 23). Ziel ist dabei, den Marktanteil innovativer Produkte schnell auf 40% bis 50% zu steigern, so dass auch die „späte Mehrheit“ und die „Zögerer“ sich dann für das innovative Produkt entscheiden (Rogers, 2003, S. 281). Die Kommission schätzt beispielhaft im europäischen e-government Markt einen Innovationsanteil in der öffentlichen Beschaffung von nur 5%, während in China 40% bis 50% erreicht würden (European Commission - DG Connect, 2015, S. 24).

Eine Studie von Decision Etudes Conseil, Ecorys & TN (2011) untersucht die Potenziale der auf die Förderung von Innovation gerichteten „vorkommerziellen“ Beschaffung am Beispiel von Sicherheitstechnologien. Sie erwähnt dabei die Möglichkeit, solche Beschaffungsvorhaben nicht nur durch eine Einzelinstitution durchzuführen, sondern sie in Kooperation einer Gruppe potenzieller beschaffender Institutionen durchzuführen. Die zusätzliche Arbeit, die mit dem komplexen Vorgehen bei der „vorkommerziellen“ Beschaffung verbunden ist, kann so auf verschiedene Schultern verteilt oder gemeinsam organisiert werden. Dadurch dürfte die Hemmschwelle, eine solche Methode anzuwenden, niedriger werden.

Folgt man den Ratschlägen der Europäischen Kommission, dann ergibt sich in der vorkommerziellen Beschaffung ein aufwendiger Prozess, mit dem die Risiken aus der Beschaffung innovativer Produkte reduziert werden sollen. Mit besonderem Fokus auf Beschaffungsgruppen empfiehlt die Kommission daher, am Beginn des Prozesses gemeinsame Bedarfe verschiedener Nachfrager zu identifizieren und eine gemeinsame - funktionale -

Leistungsbeschreibung zu erarbeiten (European Commission, Enterprise and Industry, 2014, S. 26).

Auch der „Leitfaden Innovative öffentliche Beschaffung“ des Kompetenzzentrums für innovative Beschaffung (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017, S. 32) weist auf die Vorteile der Bündelung von Beschaffungsvorgängen bei der Risikoreduktion hin, allerdings ohne das Thema näher auszuführen: „*Durch Bedarfsbündelung können Beschaffungsrisiken mit anderen Beschaffungsstellen geteilt werden und Beschaffungskosten infolge von Skaleneffekten gespart werden. Dies erhöht gleichzeitig die Attraktivität für Zulieferer und kann zu einer größeren Anzahl von Anbietern führen.*“

Der Bildung von Beschaffungsgruppen stehen einzelne Erfahrungen entgegen.

- ▶ Zum einen ist die öffentliche Beschaffung in Deutschland sehr kleinteilig organisiert. Nach Aussage aus einem Interview halten zudem viele Bedarfsträger ihre Bedarfe für sehr speziell und damit kaum vergleichbar mit den Bedarfen anderer Beschaffer und befürchten zudem, dass Kooperation in der Beschaffung den Markt verzerrn könnte.
- ▶ Erfahrungen mit gemeinsamen Aktivitäten zur Beschaffung seien daher letztlich durchwachsen. Konsequente Ausschöpfung von Vorteilen werden häufig aufgrund einer Cherry-Picking Mentalität nicht realisiert.

Ein konkretes positives Beispiel sind die in Schweden seit Ende der 1980er Jahre gebildeten Technologiebeschaffungsgruppen und Netzwerke. Ihr Ziel besteht darin, mehrere Akteure der Gebäude-Energieeffizienz zusammenzubringen (z.B. Vermieter von Gewerbeträumen), mit dem Ziel, die Beschaffungskompetenz durch gemeinsames Handeln zu erhöhen und den frühen Markteintritt neuer Produkte zu fördern. Hauptziel eines Teilprojektes ist die Reduzierung des Energieverbrauchs für Heizung und Strom in Mehrfamilienhäusern (Haugbølle & Vogelius, 2016). Die Mieter in Schweden zahlen so genannte "Warmmieten", d.h. Wärme und Warmwasser sind im Mietpreis enthalten. Die Anreize für Energieeffizienz liegen daher vor allem beim Vermieter. Die teilnehmenden Vermieter können mit finanzieller Unterstützung der schwedischen Energiebehörde Demonstrationsprojekte in ihren Immobilien durchführen. So wurde ein spezifisches Projekt mit dem Namen "Rekorderlig renovering" durchgeführt, bei dem es darum geht, Methoden zur Tiefensanierung zu finden, die zu einer 50-prozentigen Reduzierung des Energieverbrauchs für Gebäude führen sollten, was aber nicht durchgängig erreicht wurde (Haugbølle & Vogelius, 2016, S. 25). Bis 2016 wurden mehr als zehn Demonstrationsprojekte mit vielversprechenden Ergebnissen durchgeführt. Für einzelne Produkte, die im Bereich der Beschaffungsgruppen entwickelt wurden, konnte der Energieverbrauch um 30-50 % reduziert werden. Etwa 20 % der kommerziellen Verkaufsfläche sowie 70 % des vermieteten Wohnraums in Schweden ist in Beschaffungsgruppen vertreten. (Gandenberger et al., unveröffentlicht)

Eine vermehrte Bildung von Beschaffungsgruppen hat das Potenzial, die in Deutschland oft recht kleinteilig organisierte öffentliche Beschaffung in die Lage zu versetzen, auch aufwendigere Projekte der vorkommerziellen Beschaffung anzugehen.

Die Europäische Kommission sieht daher die finanzielle Unterstützung einzelner öffentlicher Beschaffer oder einer Gruppe öffentlicher Beschaffer von Innovationen als Möglichkeit zur Förderung der Beschaffung von Innovationen. Sie empfiehlt Unterstützungsmaßnahmen zur Reduzierung der finanziellen Risiken bei der Beschaffung von innovativen Lösungen: Hier ist einerseits die finanzielle Unterstützung der Einrichtung von (ggf. auch grenzüberschreitenden) Beschaffungsgruppen zu nennen und andererseits eine direkte finanzielle Einzelfallförderung im

Falle des Kaufs von innovativen Produkten durch ein sogenanntes „Topping-up“. (European Commission, Enterprise and Industry, 2014, S. 14).

Mit Blick auf die Belastung einer Vielzahl von Beschaffungsverantwortlichen durch Tagesarbeit müssten die besonders aufwendigen Abläufe der vorkommerziellen Beschaffung dabei vermutlich von eigenen, neu ins Leben gerufenen Zentralstellen des Bundes oder der Länder erledigt werden. Die Förderung solcher Zentralstellen könnte auch als Projektförderung gestaltet werden.

5 Die Bedeutung der Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen

Die umweltpolitische Situation hat sich geändert. Nicht nur dadurch, dass seit Anfang 2019 die Proteste der Schülerinnen und Schüler Druck auf die Politik ausüben, auch die ersten, seit dem Sommer 2019 augenscheinlich überschrittenen Kippunkte im Klimasystem lassen ein weiteres Zögern der Umweltpolitik nicht zu (Oreskes & Jameson, 2019). Die umweltentlastenden Potenziale zahlreicher Produkt- und Serviceinnovationen könnten einen Beitrag zur Lösung der Probleme leisten. Aber eine hohe Zahl serienreifer und für die Anwendung im Massenmarkt verfügbarer ökologischer Innovationen wird nur in Marktischen genutzt (Clausen & Fichter, 2019a; Fichter & Clausen, 2021). Die Hemmnisse, die ihre Verbreitung bremsen, müssen dringend überwunden werden. Ein ganz zentrales Hemmnis im Kontext fast aller Innovationen rund um Energieversorgung und Energieeffizienz sind dabei die immer noch niedrigen Kosten für fossile Energieträger. Nicht zu vergessen ist, dass sowohl die Bundesregierung wie auch die Europäische Union das Ziel haben, im Jahr 2050 klimaneutral zu wirtschaften und bis dahin also die Nutzung fossiler Energieträger faktisch zu beenden. Es bleiben uns in dieser Ausgangssituation also höchstens 30 Jahre, um zentrale Innovationen im Massenmarkt durchzusetzen:

- ▶ Fast der gesamte Automobil- und Lastwagenbestand ist in diesem Zeitraum gegen klimafreundliche Fahrzeuge auszutauschen und große Teile der Verkehre sind einzusparen oder zu verlagern.
- ▶ Ungefähr drei Viertel des Wohnungsbestandes sind energetisch zu sanieren und mit Anlagen zur Energiegewinnung auszurüsten.
- ▶ Fast der gesamte Bestand an Heizungsanlagen, die Wohngebäude durch Erdgas und Heizöl heizen, ist durch alternative Heiztechniken zu ersetzen oder die Gebäude sind an Wärmenetze anzuschließen.

Parallel muss der Kohleausstieg umgesetzt werden und die Energiewende bei der Stromerzeugung weitergehen. Hans Joachim Schellnhuber (2019) formuliert es drastisch: „*Natürlich müssen wir in Panik geraten. Wir stehen an der Schwelle zur Vernichtung der Zivilisation. Der Kohleausstieg ist noch ein Spaziergang im Park gegenüber den anderen notwendigen Maßnahmen.*“

Wirksame Maßnahmen zur Beschleunigung der Diffusion der verfügbaren Innovationen sind daher zu ergreifen, damit Umweltinnovationen ihre umweltentlastende Wirkung entfalten können. Neben einer CO₂-Abgabe sowie der vom Bundesrechnungshof angemahnten nachhaltigen Ausrichtung der Strommarktregulierung (Bundesrechnungshof, 2021) wird es hierzu an vielen Stellen auch der Anwendung ordnungsrechtlicher Instrumente bedürfen. Darüber hinaus scheint es geboten, mögliche zusätzliche Instrumente einer wirksamen Diffusionsförderung zu nutzen.

5.1 Maßnahmenvorschläge für die Umweltinnovationspolitik mit Blick auf die Diffusion von Umweltinnovationen

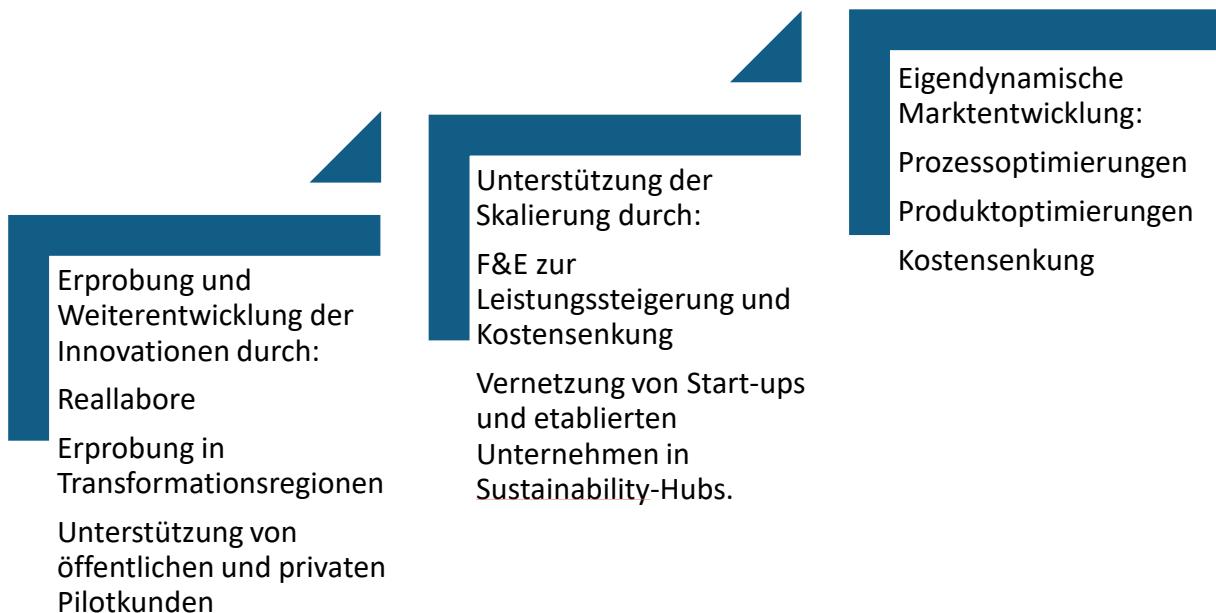
Für die Transformation gesellschaftlicher Systeme haben Grundlageninnovationen, auf deren Basis ein neuer Markt oder ein neues Marktsegment entsteht, eine besondere Bedeutung. Die

Entstehung der Grundlageninnovation kann ggf. durch F&E-Förderung oder die Förderung von Demonstrationsprojekten Unterstützung erfahren.

Am Beginn des Diffusionsprozesses einer solchen Innovation entsteht häufig eine Marktnische, in der die Innovation zu einem zunächst eher hohen Preis an eine begrenzte Zahl von Kunden abgesetzt wird, die die erforderliche Mehrpreisbereitschaft zeigen. Zur Unterstützung der Nischenbildung werden oft Instrumente der Marktvorbereitung wie z.B. Label, Kennzeichnungen oder Informationskampagnen eingesetzt. In einigen Märkten kommt es auch zu Markteinführungsprogrammen. Viele Nischenmärkte sind aber geprägt durch Produkte, die für die Realisierung eines Massenmarktes zu teuer oder nicht anwenderfreundlich genug sind (Clausen & Fichter, 2019a). Zusätzliche Hemmnisse entstehen durch Pfadabhängigkeiten, mit denen viele Akteure an die bisher dominante Lösung gebunden sind (Clausen & Fichter, 2017). Viele Umweltinnovationen bleiben daher quasi „in der Nische stecken“ (Kahlenborn et al., 2019).

Von den durch das Wuppertal Institut et al. (2018) nach Technological Readiness Level⁶ eingestuften 166 Technologien für die Energiewende befanden sich 44 in TRL 7 und 8 (fortgeschrittener Demonstrationsprozess) sowie 23 in TRL 9 (Markteinführung), insgesamt also 67 Technologien, die fast oder gar ganz marktreif sind. Die Frage, wie mit diesen Technologien kurz vor oder nach der Marktreife umgegangen wird, ist für die deutsche Energiewende wie auch für das Erreichen der Klimaziele von höchster Bedeutung.

Abbildung 8: Förderansätze von der Nische in den Massenmarkt



Quelle: Borderstep

Die Umweltinnovationspolitik muss anstreben, Produkte gezielt aus der Nische hinaus in den Massenmarkt zu überführen und ihre Maßnahmen so lange aufrechterhalten, bis eine eigendynamische Verbreitung im Massenmarkt einsetzt. Hierzu sind einige politische Instrumente von Bedeutung, mit denen sowohl in der Nischenphase wie auch in der Zeit des

⁶ Definition bei Enterprise Europe Network (2014).

Einstiegs in den Massenmarkt die Diffusion gezielt gefördert werden kann. Die im Folgenden beschriebenen Instrumente sind fast alle schon in Einzelfällen erprobt, ihr Potenzial zur Beschleunigung der Verbreitung von Umweltinnovationen im Markt ist aber noch nicht ausgeschöpft.

Instrumente wie die Stimulierung von Folgeinnovationen zur Erschließung von Kostensenkungspotenzialen sind geeignet, Hemmnisse zu überwinden und Pfadwechselkosten zu senken. Letztlich lässt sich so von der Nischenphase bis zur erfolgreichen und eigendynamischen Verbreitung im Massenmarkt ein iterativer Prozess aus Innovation und Diffusion entwickeln.

5.1.1 Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen in der Nischenphase

Umweltinnovationen werden oft in Marktnischen abgesetzt und verwendet, die aber meist nur langsam wachsen. Damit Umweltinnovationen in der Nischenphase weiter reifen und ihre Eignung zur Verbreitung im Massenmarkt besser wird, sollte die Umweltpolitik ökologische Marktnischen nicht sich selbst überlassen, sondern zentrale Innovationen in den Nischen gezielt fördern.

Ziel: Die Verbreitung von Umweltinnovationen jenseits der Nische soll konsequent vorbereitet werden.

- ▶ In Reallaboren können Innovationen in größeren Anwendungskontexten erprobt, auf diese abgestimmt und insgesamt weiterentwickelt und optimiert werden.

In Reallaboren lassen sich Umweltinnovationen testen und ihre Anschlussfähigkeit an technische, ökonomische und kulturelle Kontexte überprüfen. Reallabore bieten die Chance, Teilverinnovationen im Rahmen von Gesamtsystemen zu erproben und gezielt zu verbessern. Sie bieten für die Anbieter weiter die Chance, ähnliche wie Markteinführungsprogramme innovative Produkte oder Dienstleistungen in begrenzter Zahl abzusetzen und ggf. erste Schritte der Skalierung durchzuführen.

- ▶ In Transformationsregionen kann die zumindest regionale Machbarkeit der Transformation erprobt und die Wirkung von Exnovationsinstrumenten bewertet werden.

Mit Blick auf eine in vielen gesellschaftlichen Bereichen zu langsam voranschreitende Transformation sollte das neue politische Instrument der Transformationsregion erprobt werden. Die Transformationsregion kann quasi als „Sonderwirtschaftszone“ zur Erprobung von Exnovationsinstrumenten genutzt werden. Dabei sind neben Veränderungen von Gesetzen und Verordnungen ggf. auch Veränderungen von Infrastrukturen notwendig. In solchen Transformationsregionen kann der Nachweis geführt werden, dass eine Transformation erfolgreich zu bewältigen ist und ein stabiler Endzustand erreicht werden kann.

- ▶ Durch eine Ausrichtung der privaten wie auch öffentlichen Beschaffung darauf, als Erst- oder Pilotkunde innovative Produkte zu beschaffen, sollte die Verbreitung von Umweltinnovationen gefördert werden.

Mit der Beschaffung von innovativen Produkten sind oft Unsicherheiten in Bezug auf ihre optimale Funktion und Dauerhaftigkeit verbunden. Ähnlich wie bei der Exportkreditversicherung durch Hermesdeckungen sollte ein Konzept dafür erstellt werden, das zusätzliche Risiko für die einzelne beschaffende Institution abzusichern. Die Risikoübernahme sollte dabei für die beschaffende Institution gezielt das Risiko aus Kauf und Anwendung eines innovativen Produktes bzw. einer innovativen Dienstleistung reduzieren. Hierfür kommt in

Frage, die Beschaffung einer Leistung direkt versicherbar zu machen, so wie dies z.B. in den Niederlanden durch einen staatlichen Fonds zur Absicherung des Fündigkeitsrisikos geothermischer Bohrungen erfolgte (Government of the Netherlands, 2020). Aber auch die Verbesserung der Eigenkapitalausstattung der Anbieter der Innovation oder eine direkte Förderung des Kaufpreises des Produktes senken auf der Seite des Käufers das Risiko eines Verlustes.

Ein anderer Ansatz zur Reduktion der Risiken aus Beschaffungsvorgängen liegt in der vermehrten Bildung von Beschaffungsgruppen. Die Förderung der Aktivität von Beschaffungsgruppen hätte den Vorteil, die aufwendigen Abläufe der vorkommerziellen Beschaffung von Innovationen auf mehrere Akteure verteilen zu können. Hierzu gehören auch Risiken aus ersten Aufträgen, die ggf. gemeinschaftlich abgefедert werden könnten. Zudem bildet eine durch eine Beschaffungsgruppe ausgeschriebene große Stückzahl nicht nur einen hohen Anreiz für mögliche Lieferanten, sondern kann auch Auslöser eines Prozesses der produktionstechnischen Optimierung und Kostensenkung sein.

5.1.2 Förderung der Diffusion von Umweltinnovationen während des Einstiegs in den Massenmarkt

Für die Überwindung der Pfadabhängigkeiten und den wirksamen Einstieg in den Massenmarkt sind häufig Folgeinnovationen erforderlich, mit denen Leistungssteigerungen, Kostenreduktionen und Anpassungen an zusätzliche Marktsegmente erreicht werden müssen. Der wirksame und schnelle Einstieg in den Massenmarkt könnte durch die staatliche Stimulierung solcher Folgeinnovationen durch F&E Förderung unterstützt werden. Das staatliche Interesse an einer solchen eher marktnahen F&E-Förderung lässt sich durch die knappen Zeitziele der Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik begründen.

Ziel: Die Verbreitung von Umweltinnovationen in den Massenmarkt soll beschleunigt werden.

- ▶ Durch die gezielte Förderung von Projekten der produktionstechnischen Optimierung und Kostensenkung von umweltentlastenden Innovationen soll die Chance der jeweiligen Innovationen zur schnellen Verbreitung im Massenmarkt verbessert werden.

Für Innovationen, die durch KMU oder Start-ups entwickelt wurden und in den Markt eingeführt werden, besteht die Problematik der parallelen Entwicklung von Produkt und Produktionstechnologie. Durch diese doppelte Aufgabe werden kleine Unternehmen und Start-ups teilweise überfordert. Mit Blick auf nicht durchgängig positive Erfahrungen mit einfachen Beratungskonzepten ist hier der Beratungsansatz sorgfältig zu entwickeln und zu erproben. Erfahrungen der Effizienzagentur NRW lassen aber auf Erfolg hoffen.

Durch die gezielte Förderung des Zugangs zu effizienten Produktionstechnologien wie auch generell durch die Förderung von F&E-Projekten zur Leistungssteigerung, Kostenreduktion und Anpassung an zusätzliche Marktsegmente von umweltentlastenden Schlüsselinnovationen der ökologischen Transformation sollen deren Chancen zur schnellen Verbreitung im Massenmarkt gezielt verbessert werden.

- ▶ Durch die Förderung von 12 bis 15 „Sustainability Hubs“ sollen grünen Start-ups und KMU, die bedeutende Umweltinnovationen entwickeln oder vermarkten, gezielt unterstützt werden. Durch einen nationalen Meta-Hub sowie die Einbindung in bestehende Cluster und durch die Anbahnung von Kontakten zwischen Start-ups und etablierten Unternehmen soll die Kooperation gefördert und die Aussichten der Skalierung von Innovationen verbessert werden.

Die Kapitalstärke großer Unternehmen wie auch deren Erfahrung mit Massenproduktion kann die Aussichten für die Weiterentwicklung von Produkt und Produktionskonzept wie auch der Skalierung einer auf ein KMU oder ein Start-up zurückgehenden Umweltinnovation deutlich verbessern. Kontakte zwischen innovativen KMU oder Start-ups einerseits und etablierten Unternehmen andererseits lassen sich durch gemeinsame Aktivität in einem fachlich passenden Cluster wie auch durch geeignete Matchingformate anbahnen. Auch Unterstützungsangebote wie z.B. die produktionstechnische Beratung kann in die Arbeit der Hubs integriert werden.

6 Quellenverzeichnis

- Abernathy, W. J. & Utterback, J. M. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, 80(7), 41–47.
- AHP Capital Management GmbH. (2019). *Prospekt zur zweckgebundenen Anleihe Framo*. Frankfurt am Main.
- Arnold, A. (Hrsg.). (2015). *Innovation - Exnovation: über Prozesse des Abschaffens und Erneuerns in der Nachhaltigkeitstransformation* (Ökologie und Wirtschaftsforschung). Marburg: Metropolis.
- Bauknecht, D., Bischoff, T. S., Bizer, K., Führ, M., Gailhofer, P., Heyen, D. A. et al. (2020). Exploring the pathways: Regulatory experiments for sustainable development – An interdisciplinary approach. *Journal of Governance and Regulation*, 9(3), 49–71. <https://doi.org/10.22495/jgrv9i3art4>
- Beck, S. & Schuster, F. (2013). *Kommunale Beschaffung im Umbruch*. Berlin und Düsseldorf. Zugriff am 21.11.2019. Verfügbar unter:
https://publicgovernance.de/media/Studie_Kommunale_Beschaffung_im_Umbruch.pdf
- Behrendt, S. & Göll, E. (2018). *Roadmap Produkte länger nutzen*. Berlin. Zugriff am 5.7.2018. Verfügbar unter:
https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/roadmap_produkte_laenger_nutzen.pdf
- Beigang, A. & Clausen, J. (2017). *Elektromobilität in China. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.3.2017. Verfügbar unter:
https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitae_china_borderstep.pdf
- Bergset, L. (2018). Green start-up finance – where do particular challenges lie? *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 24(2), 451–575. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-11-2015-0260>
- Bergset, L. & Fichter, K. (2021). *High-Sustainability-Gründerfonds. Bedarf und Optionen nachhaltigkeitsorientierter staatlicher Start-up-Finanzierung*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Zugriff am 29.3.2021. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/high-sustainability-gruenderfonds>
- Binder, M., Blankenberg, A.-K. & Welsch, H. (2019). Peer Influences and Proenvironmental Behavior: Panel Evidence for the Role of Regional Prevalence and Diversity. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3353671>
- Bruns, E., Köppel, J., Ohlhorst, D. & Schön, S. (Hrsg.). (2008). *Die Innovationsbiographie der Windenergie: Absichten und Wirkungen von Steuerungsimpulsen* (Innovationsforschung). Berlin: LIT-Verl.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. (2018). *Richtlinie zur Förderung von innovativen marktreifen Klimaschutzprodukten im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kleinserien-Richtlinie)*. Berlin. Zugriff am 15.10.2018. Verfügbar unter:
<https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/BAnz%20AT%2008.03.2018%20B4.pdf>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). (2019). *Wie klimafreundlich sind Elektroautos?*. Berlin. Zugriff am 5.4.2019. Verfügbar unter:
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_klimabilanz_2017_bf.pdf
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2017). *Innovative öffentliche Beschaffung. Leitfaden*. Berlin. Zugriff am 2.11.2019. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/koinno-innovative-oeffentliche-beschaffung.pdf?__blob=publicationFile&v=16
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018). 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung Einleitung. Innovationen für die Energiewende. Zugriff am 20.9.2018. Verfügbar unter:

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-7-energieforschungsprogramm.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2021). Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung. *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*. Zugriff am 14.4.2021. Verfügbar unter:
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>

Bundesrechnungshof. (2021). *Bericht nach § 99 BHO zur Umsetzung der Energiewende im Hinblick auf die Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit bei Elektrizität*. Bonn. Zugriff am 7.4.2021. Verfügbar unter:
<https://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/sonderberichte/langfassungen-ab-2013/2021/umsetzung-der-energiewende-im-hinblick-auf-die-versorgungssicherheit-und-bezahlbarkeit-bei-elektrizitat-pdf>

Chittum, A. & Østergaard, P. A. (2014). How Danish communal heat planning empowers municipalities and benefits individual consumers. *Energy Policy*, 74, 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.001>

Clausen, J. (2017a). *Stromeinspeisungsgesetz und EEG. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin. Zugriff am 28.3.2017. Verfügbar unter:
https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_eeg_borderstep.pdf

Clausen, J. (2017b). *Elektromobilität in Kalifornien. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 23.3.2017. Verfügbar unter:
https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-fallstudie_emobilitaet_kalifornien_borderstep_0.pdf

Clausen, J. (2018). *Roadmap Elektromobilität Deutschland. Ziele, Chancen, Risiken, notwendige Maßnahmen und politische Initiativen*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 12.3.2018. Verfügbar unter:
<https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/borderstep31-1-18roadmap-emobilitaet.pdf>

Clausen, J. (2019a). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Elektromobilität Norwegen*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J. (2019b). *Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J. (2021). *Digitalisierung der Produktion. Elektroautos und serielles Sanieren - CliDiTrans Werkstattbericht*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J., Bergset, L. & Kanda, W. (2015). *Öko-Effizienz und Öko-Innovationen in der Wirtschaftsförderung des Landes Nordrhein-Westfalen. Shift-Arbeitspaket 4: Wirtschaftsförderung und Clusterinitiativen*. Berlin. Verfügbar unter: http://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2013/02/SHIFT-AP-4-Kurzbericht_NRW_gruene_Wirtschaftfoerderung-2015.pdf

Clausen, J. & Beucker, S. (2019a). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Wärmeversorgung Schweden*. Berlin.

Clausen, J. & Beucker, S. (2019b). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Wärmeversorgung Dänemark*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 20.6.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/06/W%C3%A4rmeversorgung-Daenemark-Go-19-6-2019.pdf>

Clausen, J. & Fichter, K. (2017). *Pfadabhängigkeiten. Querschnittsanalyse auf Basis von 15 Transformationsfeldern im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy*. Berlin: Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. Zugriff am 28.3.2017. Verfügbar unter:
https://evolution2green.de/sites/evolution2green.de/files/documents/2017-03-e2g-querschnittsanalyse_pfadabhaengigkeiten.pdf

Clausen, J. & Fichter, K. (2019a). The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 64–95.

<https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.003>

Clausen, J. & Fichter, K. (2019b). *Governance radikaler Umweltinnovationen: Theoretische Grundlagen und Forschungskonzeption*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 19.11.2019. Verfügbar unter:

<https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/07/AP1Theorie-und-Methoden-31-07-2019.pdf>

Clausen, J. & Fichter, K. (2019c). *Bedeutung und Förderung grüner Gründungen. Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der deutschen Umweltinnovationspolitik*. Dessau-Roßlau, Berlin: Umweltbundesamt (UBA) & Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bedeutung-foerderung-gruener-gruendungen>

Clausen, J. & Fichter, K. (2020a). *Governance radikaler Systemtransformationen. Wirkung politischer Strategien und Instrumente in der Transformation großer Versorgungssysteme*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J. & Fichter, K. (2020b). *Governance radikaler Systemtransformationen. Wirkung politischer Strategien und Instrumente in der Transformation großer Versorgungssysteme. Auswertung der Fallstudien aus Arbeitspaket 1*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J. & Olteanu, Y. (2019). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Sikkim Organic Mission*. Berlin: Borderstep Institut.

Clausen, J. & Warnecke, N. (2019). *Governance radikaler Umweltinnovationen. Fallbeispiel Erneuerbare Wärme Baden-Württemberg*. Berlin: Borderstep Institut. Zugriff am 19.11.2019. Verfügbar unter:

https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/09/Fallstudie-BaWC3%BC_20190912.pdf

Clausen, J., Warnecke, N. & Schramm, S. (2019). *Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Fahrradstadt Kopenhagen*. Berlin. Zugriff am 2.7.2019. Verfügbar unter: <https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/06/Fahrradstadt-Kopenhagen-Go20-06-2019-1.pdf>

Clusterplattform. (2021). Clusterliste Energietechnologien. *Clusterplattform*. Zugriff am 14.4.2021. Verfügbar unter: <https://www.clusterplattform.de/CLUSTER/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-formular.html>

Czarnitzki, D., Hünermund, P. & Moshgbar, N. (2018). *Public Procurement as Policy Instrument for Innovation*. Mannheim: ZEW. Zugriff am 16.10.2019. Verfügbar unter: <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp18001.pdf>

David, M. (2016, September 8). Exnovation - the missing „something“ in the current debates on sustainability transitions. Gehalten auf der IST2016, Wuppertal.

Decision Etudes Conseil, Ecorys & TN. (2011). *Study on pre-commercial procurement in the field of Security Within the Framework Contract of Security Studies*. Rotterdam. Zugriff am 27.9.2019. Verfügbar unter:

https://ec.europa.eu/home-affairs/sites/homeaffairs/files/e-library/documents/policies/security/pdf/pcp_sec_finalreport_en.pdf

Deutsche Aktuarvereinigung e.V. (2017). *Versicherbarkeit von Risiken in der Schadenversicherung*. Köln. Zugriff am 14.10.2019. Verfügbar unter: https://aktuar.de/unser-themen/fachgrundsaetze-oeffentlich/2017-09-18_DAV-Ergebnisbericht-Versicherbarkeit-von-Risiken.pdf

Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2019). 22 Wohnungsunternehmen lassen mehr als 10.000 Wohnungen klima- und sozialverträglich sanieren. Zugriff am 23.3.2020. Verfügbar unter:

<https://www.dena.de/newsroom/meldungen/2019/durchbruch-fuer-serielle-sanierung-von-wohngebäuden/?type=90>

Die Bundesregierung. (2000, Januar 1). *Entwurf eines Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des*

Mineralölsteuergesetze. Zugriff am 4.7.2018. Verfügbar unter:
<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/14/027/1402776.pdf>

Die Bundesregierung. (2004). *Konsolidierte Fassung der Begründung zu dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 21. Juli 2004 BGBl. 2004 I S. 1918.* Bonn.
Zugriff am 4.7.2018. Verfügbar unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Gesetze-Verordnungen/eeg_begrueindung_2004.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Edenhofer, O., Flachsland, C., Kalkuhl, M., Knopf, B. & Pahle, M. (2019). *Optionen für eine CO2-Preisreform.* Potsdam.

Edler, J. & Georghiou, L. (2007). Public procurement and innovation—Resurrecting the demand side. *Research Policy*, 36(7), 949–963. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.03.003>

EnergieSprong, TNO & RIGO. (2017). *Bewonerservaringen en meetresultaten uit nul op de meter woningen in Tilburg.* Den Haag. Zugriff am 17.4.2019. Verfügbar unter: <https://www.energelingq.nl/wp-content/uploads/2017/02/Tilburg-2.pdf>

Enterprise Europe Network Berlin Brandenburg. (2014). *Horizont 2020. Technology Readiness Level (TRL).* Brüssel. Zugriff am 30.8.2018. Verfügbar unter: http://download.eu-service-bb.de/download/000920/horizont_2020_-_technology_readiness_level.pdf

Euler Hermes Aktiengesellschaft. (2019). *Exportkreditgarantien. Jahresbericht 2018.* Hamburg. Zugriff am 14.10.2019. Verfügbar unter:
https://www.agaportal.de/_Resources/Persistent/5c1cfa75d5c5bb65a1ffccb7b1b5c9d979f20822/jb_2018.pdf

Europäische Investitionsbank. (2007). Finanzierungsfasilität mit Risikoteilung – Risk Sharing Finance Facility (RSFF). Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter: <https://www.eib.org/de/press/news/risk-sharing-finance-facility-rsff.htm>

Europäische Investitionsbank. (2019). InnovFin – EU-Mittel für Innovationen. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter: <https://www.eib.org/de/products/blending/innovfin/index>

Europäische Kommission. (2018). *Mitteilung der Kommission: Leitfaden für eine innovationsfördernde öffentliche Auftragsvergabe.* Brüssel. Zugriff am 2.11.2019. Verfügbar unter: <http://www.koinno-bmwi.de/informationen/publikationen/detail/leitfaden-fuer-eine-innovationsfoerdernde-oeffentliche-auftragsvergabe/>

European Commission - DG Connect. (2015). *Policy related Frequently Asked Questions on Pre-Commercial Procurement (PCP) and the link with Public Procurement of Innovative Solutions (PPI).* Brüssel. Zugriff am 30.9.2019. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/frequently-asked-questions-about-pcp-and-ppi>

European Commission: Directorate General Environment. (2009). *Bridging the Valley of Death: public support for commercialisation of eco-innovation.* Kongens-Lyngby. Zugriff am 3.9.2018. Verfügbar unter:
http://ec.europa.eu/environment/enveco/innovation_technology/pdf/bridging_valley_report.pdf

European Commission, Enterprise and Industry. (2014). *Public Procurement as a Driver of Innovation in SMEs and Public Services.* Brüssel. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter:
<https://www.ffg.at/sites/default/files/public-procurement-driver-of-innovation.pdf>

European Commission, European Research Area. (2010). *Risk management in the procurement of innovation. Concepts and empirical evidence in the European Union.* Brüssel. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter:
https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/risk_management.pdf

- Feist, J. W., Farhang, R., Erickson, J., Stergakos, E., Brodie, P. & Liepe, P. (1996). *Super Efficient Refrigerators: The Golden Carrot® from Concept to Reality*. Zugriff am 10.7.2018. Verfügbar unter: https://aceee.org/files/proceedings/1994/data/papers/SS94_Panel3_Paper08.pdf
- Felbermayr, G., Yalcin, E., Sandkamp, A. & Lang, P. (2015). *Beschäftigungseffekte der Exportkreditgarantien des Bundes und globale Wertschöpfungsketten*. München.
- Fernández, E. & Valle, S. (2019). Battle for dominant design: A decision-making model. *European Research on Management and Business Economics*, 25(2), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2019.01.002>
- Fichter, K. & Clausen, J. (2013). *Erfolg und Scheitern „grüner“ Innovationen*. Marburg: Metropolis.
- Fichter, K. & Clausen, J. (2021). Diffusion of environmental innovations: Sector differences and explanation range of factors. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 38, 34–51. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.10.005>
- Fichter, K., Hurrelmann, K. & Clausen, J. (2021). *Konzeptstudie „Sustainability Hubs“*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Fichter, K. & Olteanu, Y. (2019). *Green Startup Monitor 2018*. Berlin: Borderstep Institut und Bundesverband Deutsche Startups.
- Fraunhofer ISE. (2020). Energy Charts: Stromerzeugung in Deutschland. Zugriff am 26.11.2020. Verfügbar unter: https://www.energy-charts.de/energy_pie_de.htm?year=2018
- Fraunhofer IWES. (2017). *Technologiebericht 1.6 Windenergie mit Exkurs Meeresenergie innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende*. Kassel. Zugriff am 9.8.2018. Verfügbar unter: https://www.energieforschung.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/605CC4E68BBD32B8E0539A695E86BD59/live/document/1.6_Windenergie_mit_Exkurs_Meeresenergie.pdf
- Fromhold-Eisebith, M. (2014). Erfolgsgeschichte oder Modeerscheinung? Clusterpolitik im Spannungsfeld von Theorie und Praxis. In R.C. Beck, R.G. Heinze & J. Schmid (Hrsg.), *Zukunft der Wirtschaftsförderung* (S. 67–88). Baden-Baden: Nomos. https://doi.org/10.5771/9783845251639_67
- Gandenberger, C., Clausen, J., Beigang, A., Braungardt, S. & Fichter, K. (unveröffentlicht). *Umweltinnovationen 3: Internationale Best-Practice Beispiele der Förderung und Handlungsempfehlungen*. Unveröffentlicht. Dessau-Roßlau.
- Gebäudeversicherungen.com. (2019). Bauleistungsversicherung. Zugriff am 14.10.2019. Verfügbar unter: <https://www.gebaeudeversicherungen.com/bauleistungsversicherung/>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- Geels, F. W. (2014). Reconceptualising the co-evolution of firms-in-industries and their environments: Developing an inter-disciplinary Triple Embeddedness Framework. *Research Policy*, 43(2), 261–277. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.006>
- Geels, F. W., Kern, F., Fuchs, G., Hinderer, N., Kungl, G., Mylan, J. et al. (2016). The enactment of socio-technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions (1990–2014). *Research Policy*, 45(4), 896–913. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.015>
- Geels, F. W. & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- von Geibler, J., Echternacht, L., Stadler, K. & Liedtke, C. (2016). *Nachhaltigkeitsanforderungen und -bewertung in Living Labs: Konzeption eines Bewertungsmodells Arbeitspapier im Arbeitspaket 2 (AS 2.1) im INNOLAB*

Projekt: „*Living Labs in der Green Economy: Realweltliche Innovationsräume für Nutzerintegration und Nachhaltigkeit*“. Wuppertal. Zugriff am 27.2.2017. Verfügbar unter: http://innolab-livinglabs.de/fileadmin/user_upload/Benutzerdaten/Ap2/INNOLAB_AP21_WI_Nachhaltigkeitsbewertung_Juni2016.pdf

von Geibler, J. et al. (2013). *Living Labs für nachhaltige Entwicklung: Potenziale einer Forschungsinfrastruktur zur Nutzerintegration in der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen*. Nr. 47. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/handle/10419/77940>

Geibler, J. von & Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.). (2013). *Living Labs für nachhaltige Entwicklung: Potenziale einer Forschungsinfrastruktur zur Nutzerintegration in der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen* (Wuppertal spezial). Wuppertal: Wuppertal-Inst. für Klima, Umwelt, Energie.

Gleim, M. R., Smith, J. S., Andrews, D. & Cronin, J. J. (2013). Against the Green: A Multi-method Examination of the Barriers to Green Consumption. *Journal of Retailing*, 89(1), 44–61.
<https://doi.org/10.1016/j.jretai.2012.10.001>

Gotsch, M. (2016). *Materialband 11: Nutzenverkauf in der Industrie. Umweltinnovationen und ihre Diffusion als Treiber der Green Economy*. Berlin. Zugriff am 24.8.2017. Verfügbar unter: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2016/08/11_UBA-Materialband-Nutzenverkauf-PUB_final-2.pdf

Government of the Netherlands. (2020). Government stimulates geothermal heat. Zugriff am 14.1.2020. Verfügbar unter: <https://www.government.nl/topics/renewable-energy/government-stimulates-geothermal-heat>

Green Alliance. (2019). *Reinventing retrofit. How to scale up home energy efficiency in the UK*. London. Zugriff am 17.4.2019. Verfügbar unter: https://www.green-alliance.org.uk/reinventing_retrofit.php

Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie. (2019). *Leitfaden umweltverträgliche Beschaffung*. Hamburg. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter:
<https://www.hamburg.de/contentblob/12418146/2c01ee26be5da2bd4496ad98d263ce3e/data/d-umweltleitfaden-2019.pdf>

Haugbølle, K. & Vogelius, P. (2016). *Evaluating BeBo – the Swedish procurement group for housing*. Aalborg. Zugriff am 10.7.2018. Verfügbar unter: <https://sbi.dk/Assets/Evaluating-BeBo-the-Swedish-procurement-group-for-housing/SBi-2016-32n.pdf>

Hausknost, D. (2018, Juni 19). Demokratie- und Legitimationserfordernisse bei der Gestaltung von Transformationen. Berlin.

Herrmann, A. & Huber, F. (2008). *Produktmanagement: Grundlagen - Methoden - Beispiele* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Wiesbaden: Gabler.

Heyen, D.-A. (2016). *Exnovation: Herausforderungen und politische Gestaltungsansätze für den Ausstieg aus nicht-nachhaltigen Strukturen*. Nr. 3/2016. Freiburg.

High-Tech Gründerfonds Management GmbH. (2019). High-Tech Gründerfonds - facts and figures. Zugriff am 5.11.2019. Verfügbar unter: <https://high-tech-gruenderfonds.de/de/#facts-figures>

House of Commons: Science and Technology Committee. (2013). *Bridging the valley of death: improving the commercialisation of research*. London. Zugriff am 3.9.2018. Verfügbar unter:
<https://publications.parliament.uk/pa/cm201213/cmselect/cmsctech/348/348.pdf>

IG Metall Vorstand. (2016). *Neue Abgasnormen als Chance nutzen*. Frankfurt am Main.

Iossa, E., Biagi, F. & Valbonesi, P. (2017). *Pre-commercial Procurement, Procurement of Innovative Solutions and Innovation Partnerships in the EU: Rationale and Strategy*. Rom und Padua. Zugriff am 27.9.2019. Verfügbar

unter: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/pre-commercial-procurement-procurement-innovative-solutions-and-innovation-partnerships-eu-rationale>

Jacob, K., Wolff, F., Graaf, L. & Heyen, D.-A. (2017). *Transformative Umweltpolitik: Ansätze zur Förderung gesellschaftlichen Wandels. Impulspapier zur Konferenz am 15.05.2017, BMU Berlin*. Berlin. Zugriff am 4.7.2018. Verfügbar unter:

https://www.oeko.de/fileadmin/oeekodoc/Impulspapier_Transformative_Umweltpolitik.pdf

Kahlenborn, W., Clausen, J., Behrendt, S. & Göll, E. (Hrsg.). (2019). *Auf dem Weg zu einer Green Economy. Wie die sozialökologische Transformation gelingen kann*. Bielefeld: transcript.

Kemp, R. (1994). Technology and the transition to environmental sustainability. *Futures*, 26(10), 1023–1046. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(94\)90071-X](https://doi.org/10.1016/0016-3287(94)90071-X)

Kemp, R., Schot, J. & Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), 175–198. <https://doi.org/10.1080/09537329808524310>

Kiese, M. (2012). Regionale Clusterpolitik in Deutschland: Bestandsaufnahme und interregionaler Vergleich. Gehalten auf der Zukunft der Wirtschaftsförderung, Hannover. Zugriff am 14.5.2014. Verfügbar unter: http://www.zukunft-der-wirtschaftsförderung.de/2012/downloads/pdf/03_Zukunft_der_Wirtschaftsförderung_Rerferat_DrMatthiasKiese.pdf

Knight, F. H. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Boston und New York: Houghton Mifflin Company.

Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung. (2019). *Abschlussbericht Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“*. Berlin.

Kraftfahrtbundesamt. (2021). Pressemitteilung Nr. 02/2021 - Fahrzeugzulassungen im Dezember 2020 - Jahresbilanz. Zugriff am 19.4.2021. Verfügbar unter: https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugzulassungen/pm02_2021_n_12_20_pm_komplett.html?nn=3033666

Lange, B. M. (2018). *Transformation in der Automobilindustrie*. Hannover.

Lee, A. D. & Conger, R. L. (1996). *Super-Efficient Refrigerator Program (SERP) evaluation volume 2: Preliminary impact and market transformation assessment*. Nr. PNNL--11226, 565620. <https://doi.org/10.2172/565620>

Lustig, S. (1994). *Domestic Policy for domestic refrigerators. Advanced policy paper*. Princeton.

Mbithi, J. (2014). Off-Grid Solar Case Study and Opportunities in Kenya. Gehalten auf der Off Grid Power Forum, München. Verfügbar unter: http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/IV_2_MoEP_Kenya_Mbithi_Presentation_-_Intersolar_Munich.pdf

Mind the Bridge & Crunchbase. (2017). *StartUp M&As 2017 Report*. San Francisco. Zugriff am 11.9.2018. Verfügbar unter: <http://s3.amazonaws.com/cdn.orrick.com/files/Insights/StartupMAS-2017-Report.PDF>

Ministry of Economic Affairs and Climate Policy. (2019). *Natural Resources and Geothermal Energy in the Netherlands 2018. Annual review*. Den Haag. Zugriff am 12.3.2020. Verfügbar unter: <https://www.nlog.nl/en/annual-reports>

Nill, J. (2009). *Ökologische Innovationspolitik: eine evolutorisch-ökonomische Perspektive*. Marburg: Metropolis.

OECD. (2019). Country risk classification. Zugriff am 14.10.2019. Verfügbar unter: <https://www.oecd.org/trade/topics/export-credits/arrangement-and-sector-understandings/financing-terms-and-conditions/country-risk-classification/>

- Oelker, J. (2005). *Windgesichter. Aufbruch der Windenergie in Deutschland*. Dresden: Sonnenbuch. Verfügbar unter: <http://www.sonnenbuch.de/windgesichter/start.htm>
- Oreskes, N. & Jameson, D. (2019). *Scientists Have Been Underestimating the Pace of Climate Change*. Zugriff am 20.8.2019. Verfügbar unter: <https://blogs.scientificamerican.com/observations/scientists-have-been-underestimating-the-pace-of-climate-change/>
- Ragwitz, M., Walz, R., Hoffmann, V., Schmidt, T. & und 12 weitere. (2014). *Wirkung des EEG – was ist die empirische Evidenz? Expertenstatement Fraunhofer*. Karlsruhe.
- Reichardt, K. & Rogge, K. (2014). *How the policy mix and its consistency impact innovation: findings from company case studies on offshore wind in Germany*. Nr. No. S 7/2014.
- Richter, C. (2018, Dezember 11). EnergieSprong Deutschland. Sanierung mit E = 0.
- Rijksdienst voor Ondernemend. (2019). *Regeling nationale EZ subsidies - Risico's dekken voor Aardwarmte*. Roermond.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (Band 5). New York: Free Press.
- Rogge, K. S., Breitschopf, B., Mattes, K., Cantner, U., Graf, H., Herrmann, J. et al. (2015). *Grüner Wandel: Erneuerbare Energien, Policy Mix und Innovation – Ergebnisse des GRETCHEN-Projektes zum Einfluss des Policy Mixes auf technologischen und strukturellen Wandel bei erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien in Deutschland*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI. Zugriff am 17.3.2017. Verfügbar unter: http://www.projekt-gretchen.de/GRETCHEN_Endbericht.pdf
- Roussel, J., Droogenbroek, M. van & Salagnac, J.-L. (2016). *Elios 2 - Zugangserleichterungen zum Versicherungsschutz für selbständige Bauunternehmer und kleine Baufirmen zwecks Stimulierung von Innovationen und Förderung von Umwelttechnologien in der Europäischen Union*. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter: http://www.elios-ec.eu/sites/default/files/elios_2_abschlussbericht_zusammenfassung.pdf
- Schaupp, M. & Eßig, M. (2018). *Erfassung des aktuellen Standes der innovativen öffentlichen Beschaffung in Deutschland 2018 – Darstellung der wichtigsten Ergebnisse*. Neubiberg. Zugriff am 2.11.2019. Verfügbar unter: https://www.koinno-bmwi.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Publikation_Erfassung_des_aktuellen_Standes_der_innovativen_oeffentlichen_Beschaffung_in_Deutschland_2018.pdf
- Schellnhuber, H. J. (2019, Mai 11). Im Klimaspiegel: Das Neue Narrativ der Moderne. Vortrag auf dem Energie- und Klimakongress, München, 11. Mai 2019. Verfügbar unter. München. Zugriff am 6.8.2019. Verfügbar unter: https://www.martin-stuemppig.de/fileadmin/assets/Redaktion/PDFS/Downloads/2019/19-05_Energiekongress/02_Schellnhuber_kl.pdf
- Ulrich, B. (2018, Juni 14). Wie radikal ist realistisch? *Die Zeit*, S. 2–3.
- Umweltbundesamt. (2018). Neues Förderprogramm bringt Klima-Produkte in Serienproduktion. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/neues-foerderprogramm-bringt-klima-produkte-in>
- UNEP. (2017). *Global review of sustainable public procurement 2017*. Zugriff am 15.10.2019. Verfügbar unter: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20919/GlobalReview_Sust_Procurement.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Walker, H. & Brammer, S. (2007). *Sustainable procurement in the United Kingdom public sector*. Bath. Zugriff am 27.9.2019. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/241145206_Sustainable_procurement_in_the_United_Kingdom_public_sector

Walz, R., Gotsch, M., Gandenberger, C., Peters, A. & Günther, E. (2017, Februar 20). Nachhaltiges Wirtschaften – Stand der Transformation zu einer Green Economy. Ergebnisse einer Metastudie im Rahmen von NaWiKo. Gehalten auf der NaWiKo-Vernetzungskonferenz, Halle (Saale).

Walz, R., Ostertag, K., Eckartz, K., Gandenberger, C., Bodenheimer, M., Peuckert, J. et al. (2019). *Ökologische Innovationspolitik in Deutschland. Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen*. Nr. 1/2019. Dessau-Roßlau. Zugriff am 12.4.2021. Verfügbar unter:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-29_texte_01-2019_oekologische-innovationspolitik_v2.pdf

WBGU. (2011). *Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). Verfügbar unter:
<http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2011-transformation/>

Welsch, H. & Kühling, J. (2009). Determinants of pro-environmental consumption: The role of reference groups and routine behavior. *Ecological Economics*, 69(1), 166–176. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.009>

Welsch, H. & Kühling, J. (2010). Nutzenmaxima, Routinen und Referenzpersonen beim nachhaltigen Konsum. In I. Antoni-Komar & M. Lehmann-Waffenschmidt (Hrsg.), *WENKE2 - Wege zum nachhaltigen Konsum* (S. 31–64). Marburg: Metropolis.

Wirth, H. (2018). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Freiburg. Zugriff am 4.7.2018. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

Wuppertal Institut, Fraunhofer ISI & IZES. (2018). *Technologien für die Energiewende. Politikbericht*. Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken. Zugriff am 11.4.2019. Verfügbar unter:
<https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7080/file/WR14.pdf>

A Anhang

A.1 Telefonische Interviews

Telefonische Interviews wurden geführt mit Vertreterinnen und Vertretern:

- ▶ Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO)
- ▶ Europäische Investitionsbank
- ▶ HDI Deutschland AG
- ▶ SDG-Investments
- ▶ Landkreis Holzminden
- ▶ Umweltbundesamt