



Fakultät II Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
Masterstudiengang Sustainability Economics and Management
Wintersemester 2013/2014

MASTERARBEIT

LIVING LABS – Ein Ansatz für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen?

Analyse des Living Lab Ansatzes auf der Grundlage des
Forschungsstandes zum Klimawandel, Transformation
großtechnischer Systeme und Resilienz

Vorgelegt von:

Ernst Schäfer

(Matr.-Nr.: 1572257)

Ziegelhofstraße 65

26121 Oldenburg

schaefer.ernst@gmx.net

Betreuender Gutachter: *apl. Prof. Dr. Ulrich Scheele*

Zweiter Gutachter: *Dr. Tobias Menz*

Oldenburg, den 02.04.2014

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht, inwiefern sich im Kontext des Klimawandels der Ansatz der Reallabore (Living Labs) für die Initiierung struktureller Veränderungen von Infrastruktursystemen hin zu resilienten Infrastrukturen eignet. Darüber hinaus wird eine erste Konzeptualisierung und Strukturierung des Ansatzes der Reallabore anhand ausgewählter internationaler Beispiele vorgenommen. Anhand einer Untersuchung des gegenwärtigen Forschungsstandes zu den Themenfeldern Klimawandel und Klimaanpassung, Transformation großtechnischer Systeme sowie zum Thema Resilienz werden Kriterien abgeleitet, die strukturelle Veränderungen von Infrastruktursystemen begünstigen bzw. hemmen. Auf der Basis einer ersten Strukturierung des Reallabor-Ansatzes wird abschließend überprüft, inwiefern Reallabore dazu geeignet sind, die begünstigenden Faktoren zu unterstützen bzw. die hemmenden Faktoren zu umgehen oder zu reduzieren.

Abstract

The present study examines to what extent the approach of Living Labs is suitable for structural changes of infrastructure systems towards climate resilient infrastructures. Furthermore a first conceptualization and structuring of the Living Labs approach is conducted using international examples for Living Labs. Based on an examination of the state of research on the topics climate change and climate adaptation, transformation of large technical systems and on resilience, criteria are derived which promote or rather inhibit structural changes of infrastructure systems. After the examination and a first structuring of the Living Lab approach the author, discusses how Living Labs are capable of supporting the promoting factors or rather to reduce the inhibiting factors.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Problematik.....	1
1.2 Inhalt und Aufbau der Arbeit.....	3
2 Klimawandel	6
2.1 Zum Begriff des Klimawandels	6
2.2 Veränderungen des Klimas	8
2.2.1 Eingetretene Klimaveränderungen	9
2.2.2 Projektion der Klimaveränderungen	9
2.2.3 Grenzen der Szenarien	10
2.3 Strategien im Umgang mit dem Klimawandel	12
2.3.1 Mitigation.....	13
2.3.2 Anpassung	13
2.4 Umgang mit Unsicherheiten im Kontext des Klimawandels	15
2.5 Resilienzorientierte vs. Prognoseorientierte Betrachtung	17
2.6 Klimawandel: Zusammenfassung und Ausblick.....	21
3 Infrastrukturen im Kontext der Veränderung.....	23
3.1 Zum Begriff der Infrastruktur.....	23
3.2 Charakteristika und Bedeutung von Infrastruktursystemen.....	25
3.3 Die Entwicklung von Infrastruktursystemen	29
3.3.1 Technologische Innovationsprozesse.....	29
3.3.2 Der Entwicklungsablauf nach Hughes	31
3.3.3 Die Mehrebenen Perspektive	37
3.4 Exogener Einfluss des Klimawandels auf Infrastruktursysteme	42
3.5 Stabilisierende und systemerhaltende Tendenzen von Infrastruktursystemen	46
3.5.1 Strukturelle Faktoren	47
3.5.2 Marktbedingte Faktoren	49
3.5.3 Soziale Faktoren	51
3.6 Möglichkeiten zur Überwindung der Pfadabhängigkeiten	53
3.6.1 Protektive Maßnahmen	54
3.6.2 Pflege der Nische	56

3.6.2.1	Konvergenz der Erwartungen.....	56
3.6.2.2	Aufbau von Netzwerken	57
3.6.2.3	Lernprozesse auf unterschiedlichen Ebenen.....	58
3.6.3	Unterstützung der Technologie beim Gang in die Mitte der Gesellschaft.....	59
3.6.3.1	„Fit and conform“	60
3.6.3.2	„Stretch and transform empowerment“	61
3.7	Infrastruktursysteme: Zusammenfassung und Ausblick	62
4	Resilienz als Leitbegriff für die Innovation von Infrastrukturen.....	64
4.1	„Mechanischer“ Resilienzbegriff	64
4.2	„Sozio-ökologischer“ Resilienzbegriff	66
4.3	Infrastruktur und Klimaresilienz	69
4.4	Bewertung von Resilienz vor dem Hintergrund des Klimawandels	71
4.5	Resilienz als Leitbegriff: Zusammenfassung und Ausblick.....	73
5	Innovation klimaresilienter Infrastrukturen – Ein Zwischenfazit	76
6	Innovation im Kontext des Living Lab Ansatzes	80
6.1	Abgrenzung des Living Lab Ansatzes	80
6.2	Definition und Merkmale des Living Lab Ansatzes	82
6.3	Forschungs- und Anwendungsbereiche von Living Labs.....	87
6.4	Living Lab Ansätze eine Übersicht	89
6.4.1	Living Labs in der Produktinnovation.....	90
6.4.2	Urban Transition Labs	92
6.4.2.1	Initialphase: Vorbereitung und Organisation.....	92
6.4.2.2	Problemstrukturierung und Aufstellen einer Vision	93
6.4.2.3	Aufstellen möglicher Entwicklungspfade sowie einer Agenda.....	95
6.4.2.4	Experimentieren und Implementieren.....	95
6.4.2.5	Monitoring und Evaluation	96
6.4.3	Der Eco-Acupuncture Ansatz	96
6.5	Living Labs: Zusammenfassung und Ausblick	99
7	Diskussion und weiterer Forschungsbedarf.....	102
	Quellenverzeichnis	111
	Anhang A: Poster: Resilient Infrastructure	134
	Anhang B: Fallstudienbeschreibung.....	135

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau der Arbeit	5
Abbildung 2:	Entscheidungsfindung von "Top-Down"- und "Bottom-Up"-Ansätzen .	19
Abbildung 3:	Veränderung der Bedeutung technischer, sozialer und institutioneller Faktoren mit zunehmender Unsicherheit.....	21
Abbildung 4:	Technologischer Innovationszyklus	31
Abbildung 5:	Der Innovationsprozess als heterogenes Bündel von Einflussfaktoren	37
Abbildung 6:	Das Mehrebenen-Modell der Transition.....	40
Abbildung 7:	Nischeninterne Mechanismen und ihre Interaktion	59
Abbildung 8:	Seismische Resilienz und der Einfluss von Maßnahmen.....	65
Abbildung 9:	Ausprägungen des Resilienzbegriffs	67
Abbildung 10:	Mögliche Strategien im Umgang mit dem Klimawandel - eine integrative Betrachtung.....	75
Abbildung 11:	Hexagon der Entscheidungsebenen und ihren Ausprägungen.....	79
Abbildung 12:	Konzeptioneller Rahmen von Test- und Experimentierplattformen (TEP).....	81
Abbildung 13:	Verteilung der nutzer-orientierten Innovationsansätze	82
Abbildung 14:	Aspekte und Ebenen des Living Labs	86
Abbildung 15:	Anzahl der Living Labs in Deutschland nach Innovationsschwerpunkt	88
Abbildung 16:	Kernphasen eines Living Lab Prozesses.....	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der natürlichen und anthropogenen Einflüsse auf das Klima	8
Tabelle 2:	Beispiele sozioökonomischer und -technischer Infrastrukturektoren	25
Tabelle 3:	Exemplarische Darstellung potentieller Auswirkungen durch den Klimawandel auf Infrastrukturektoren	43

Abkürzungsverzeichnis

BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BMI	Bundesministerium des Innern
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
CIP	Competitiveness and Innovation Programme
CIP-Report	Center for Infrastructure Protection-Report
EM-DAT	Emergency Events Database
ENoLL	European Network of Living Labs
EUK	Europäische Kommission
FP7	ICT Programme of the Seventh Framework Programme
ggü.	gegenüber
ICT	Information and Communication Technology
IG Metall	Industriegewerkschaft Metall
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IT	Informationstechnologie
MUSIC	Mitigation in Urban Areas: Solutions für Innovative Cities
NATO	North Atlantic Treaty Organization
REA	The Royal Academy of Engineering
TEP	Test- und Experimentplattformen
u. a.	und andere
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VDA	Verband der Automobilindustrie
VEIL	Victorian Eco-Innovation Lab
Ver.di	Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft
WMO	World Meteorological Organization

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Problematik

Seit Entstehung der Erde beeinflusst der Klimawandel in Folge kosmischer und terrestrischer Ereignisse das Geschehen auf unserem Planeten (vgl. Tarbuck und Lutgens 2009; Wefer und Schmieder 2010). Veröffentlichungen wie der *Stumme Frühling* der Biologin Carson, Studien wie *Die Grenzen des Wachstums* durch den *Club of Rome*, die Nuklearkatastrophen von 1986 und 2011 sowie die in unregelmäßigen Abständen publizierten Berichte des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) zu den Ursachen von Klimaänderungen und ihren möglichen Folgen für Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft, haben dazu geführt, dass sich die Gesellschaften nach und nach von dem Wunschdenken des unveränderlichen Status Quo ökologischer Systeme verabschieden. Ferner zeigen diese Veröffentlichungen, dass menschliche Aktivitäten nicht ohne Folgen für die natürlichen aber auch anthropogenen Systeme bleiben. Vor diesem Hintergrund werden Klimaschutzmaßnahmen – die Verringerung des menschlichen Einflusses auf Ökosysteme, mit dem Ziel der globalen Erwärmung entgegenzuwirken – verfolgt (vgl. Bulkeley 2013).

Andererseits wird auf Basis von Modellberechnungen nationaler und internationaler wissenschaftlicher und politischer Institutionen wie dem IPCC oder dem *Umweltbundesamt* (UBA) in Folge des globalen Klimawandels eine Zunahme an wetterbedingten Extremereignissen, wie bspw. heftige Stürme und Schneefälle, größere Überschwemmungen oder Hitzewellen vorhergesagt (vgl. UBA 2008), weshalb auch Klimaanpassungsmaßnahmen (Anpassung anthropogener Systeme an veränderte Bedingungen durch das Klima) zunehmend an Bedeutung gewinnen (vgl. Rösler 2013).

Dabei stehen Infrastrukturen ¹ vor besonderen Herausforderungen. Die hochtechnisierten Industrieländer sind auf die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit und Verfügbarkeit von Infrastrukturdienstleistungen, wie z. B. den Zugang zu Strom, eine einwandfreie Wasserversorgung, leistungsfähige Verkehrsnetze, medizinische und humanitäre Versorgung oder gar die permanente Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) angewiesen, damit diese ihren gesellschaftlichen

¹ Eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem Begriff der Infrastrukturen findet im Rahmen der vorliegenden Arbeit in Kapitel 3 statt.

Wohlstand und ihre wirtschaftlichen Prozesse aufrecht erhalten können (vgl. Libbe und Moss 2006: 19f.; Kluge und Scheele 2008: 143; Petermann et al. 2009: 29).

Die technologische und strukturelle Auslegung der gegenwärtigen Infrastruktursysteme hat jedoch einen erheblichen Anteil daran, dass bevorzugt auf energieintensive Technologien und Technologien auf Basis fossiler Energieträger zugegriffen wird. Schließlich wurden sie unter der Prämisse dieser Technologien errichtet (vgl. Kluge und Moss 2006: 20; Committee on Climate Change 2010: 9; Kluge und Libbe 2010: 13f.). Folglich kann das gegenwärtige Infrastruktursystem, das zudem auf Wachstum ausgerichtet ist, per se kaum Anreize für die Innovation oder gar Implementierung alternativer ökologisch freundlicher und gesellschaftlich relevanter Technologien bieten. Hinzu kommt, dass die wachsende Abhängigkeit von den Infrastrukturen und auch die stetig zunehmende Verflechtung der Infrastrukturektoren untereinander sowohl die Gesellschaften als auch die Infrastrukturen selbst anfällig gegenüber äußeren Störeinflüssen (z. B. der Zunahme extremer Witterungsereignisse) machen (vgl. O'Rourke 2007; BMI 2011a; REA 2011). Vor diesem Hintergrund werden die gegenwärtigen Infrastruktursysteme immer mehr in Frage gestellt, weshalb zahlreiche Autoren für die Notwendigkeit der Transformation bestehender Infrastruktursysteme plädieren (vgl. Kluge und Libbe 2006; 2010; Novotny et al. 2010; Scheele und Oberdörffer 2011; Ryan 2013 u. a.). In diesem Zusammenhang ist zunehmend die Rede von einer Transformation zu sogenannten resilienten² Infrastruktursystemen, welche sich durch eine hohe Widerstands-, Regenerations- und Anpassungsfähigkeit gegenüber äußeren Störeinflüssen und Veränderungen auszeichnen (vgl. Libbe 2013: 32f.).

Der Transformation der Infrastrukturen hin zu resilienten Systemen stehen jedoch zahlreiche Probleme und Barrieren im Wege:

1. Unsicherheiten bzgl. der bevorstehenden Veränderungen und der möglichen Auswirkungen durch den Klimawandel;
2. Dominierende technologische Pfade und Strukturen, soziokulturelle Rahmenbedingungen sowie Standards, Planungsgewohnheiten und Entwicklungen, aber auch die unzureichende Wahrnehmung des Klimawandels als Herausforderung, erschweren erforderliche Veränderungen bei der Planung und Interpretation von Infrastrukturen;
3. Die Resilienz von Systemen ist raum- und zeitabhängig und muss daher die jeweiligen Bedingungen vor Ort berücksichtigen.

² Eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem Resilienzbezug im Kontext des Klimawandels und der Infrastruktur findet in Kapitel 4 der vorliegenden Arbeit statt.

Die sich abzeichnenden und soeben beschriebenen Herausforderungen können nicht ausschließlich von den Kommunen getragen werden – weder planerisch noch finanziell – sondern erfordern vielmehr einen gesellschaftlichen Transformationsprozess zu einer nachhaltigen und resilienten Entwicklung, bei dem jeder Akteur seinen Beitrag leistet (vgl. Schaeffer 2005: 45f.). Ferner kann gesagt werden, dass die gegenwärtigen und traditionellen Paradigmen in der Planung nicht nur insuffizient sind, sondern teilweise auch Anreize bieten, die dieser Zielsetzung entgegenstehen (vgl. Ernstson et al. 2010: 532). Es stellt sich somit die Frage nach neuen Planungsansätzen und Innovationskonzepten, welche die Schwächen der früheren und gegenwärtigen Ansätze vermeiden und die beschriebenen Hindernisse umgehen. Einen vielversprechenden und zunehmend bedeutsamen Ansatz stellen sogenannte „Living Labs“ bzw. „Reallabore“³ dar.

1.2 Inhalt und Aufbau der Arbeit

Ausgehend von der soeben dargestellten Problematik soll in der vorliegenden Arbeit, die folgende Fragestellung diskutiert werden:

„Inwiefern eignet sich der Living Lab Ansatz für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen?“

Zur Beantwortung der Forschungsfrage sollen im Verlauf der Arbeit aus der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion über Klimawandel, Infrastrukturinnovation sowie Klimaresilienz, Anforderungskriterien an einen Innovationsprozess herausgearbeitet werden, der diese drei Gebiete verbindet. Mit Hilfe dieser Kriterien soll schließlich untersucht werden, inwiefern der Living Lab Ansatz diesen Anforderungen gerecht wird. Dazu befasst sich das Kapitel 2 mit den wesentlichen Aspekten des Klimawandels, indem zuerst der Begriff Klimawandel erläutert wird und die zentralen Veränderungen des Klimas dargestellt werden. Daran schließt sich eine Darstellung der möglichen Handlungsstrategien im Umgang mit Klimaveränderungen und den damit verbundenen Herausforderungen an. Im Fokus des zweiten Kapitels stehen daher die folgenden Leitfragen:

- Wodurch ist der Klimawandel gekennzeichnet?
- Welche Optionen und Herausforderungen ergeben sich im Umgang mit dem Klimawandel?

Kapitel 3 untersucht die wesentliche Charakteristik von Infrastrukturen und stellt ihre gesellschaftliche Relevanz dar. Ausgehend von der Theorie zu großtechnischen

³ Die Begriffe Reallabor und Living Lab werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

Systemen wird der geschichtliche Entwicklungspfad technischer Infrastruktursysteme beleuchtet und die wesentlichen treibenden und hemmenden Faktoren bei der Infrastrukturinnovation herausgearbeitet. Das dritte Kapitel soll sich an folgenden Leitfragen orientieren:

- Welche Merkmale und welchen gesellschaftlichen Wert weist das gegenwärtige Infrastruktursystem auf?
- Wie haben sich Infrastrukturen in der Vergangenheit entwickelt?
- Welche Faktoren können den Innovationsprozess fördern oder behindern?

Kapitel 4 diskutiert schließlich den Resilienzbegriff und seine wesentlichen Bestandteile und untersucht die Merkmale resilienter Systeme. Anschließend werden Möglichkeiten und Schwierigkeiten zur Bewertung von Resilienz behandelt. Im Zentrum des vierten Kapitels stehen die folgenden Leitfragen:

- Was bedeutet Resilienz?
- Welche Merkmale kennzeichnen resiliente Systeme?
- Inwiefern lässt sich Resilienz bewerten?

In Kapitel 5 werden schließlich die Erkenntnisse aus den Kapiteln 2 bis 4 zusammengeführt und Anforderungskriterien an die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen abgeleitet. In Kapitel 6 soll der Living Lab Ansatz in Bezug auf die Anforderungskriterien untersucht werden. Dazu wird zunächst der Living Lab Ansatz von verwandten Ansätzen abgegrenzt. Anschließend wird der Living Lab Ansatz definiert und seine Merkmale werden herausgearbeitet. Zudem wird dargestellt, in welchen Forschungs- und Anwendungsbereichen Living Labs zum gegenwärtigen Zeitpunkt eingesetzt werden. Ferner werden bereits vorhandene Konzepte, aus der Produktinnovation und der Stadtentwicklung dargestellt. Schließlich fasst das Kapitel 7 die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit zusammen und diskutiert den weiteren Forschungsbedarf. Abbildung 1 gibt den Aufbau der Arbeit wieder. Dabei können das Kapitel 2 als Innovationskontext, das Kapitel 3 als Innovationsgegenstand, das Kapitel 4 als Innovationsrahmen und das Kapitel 6 als Innovationsansatz betrachtet werden.

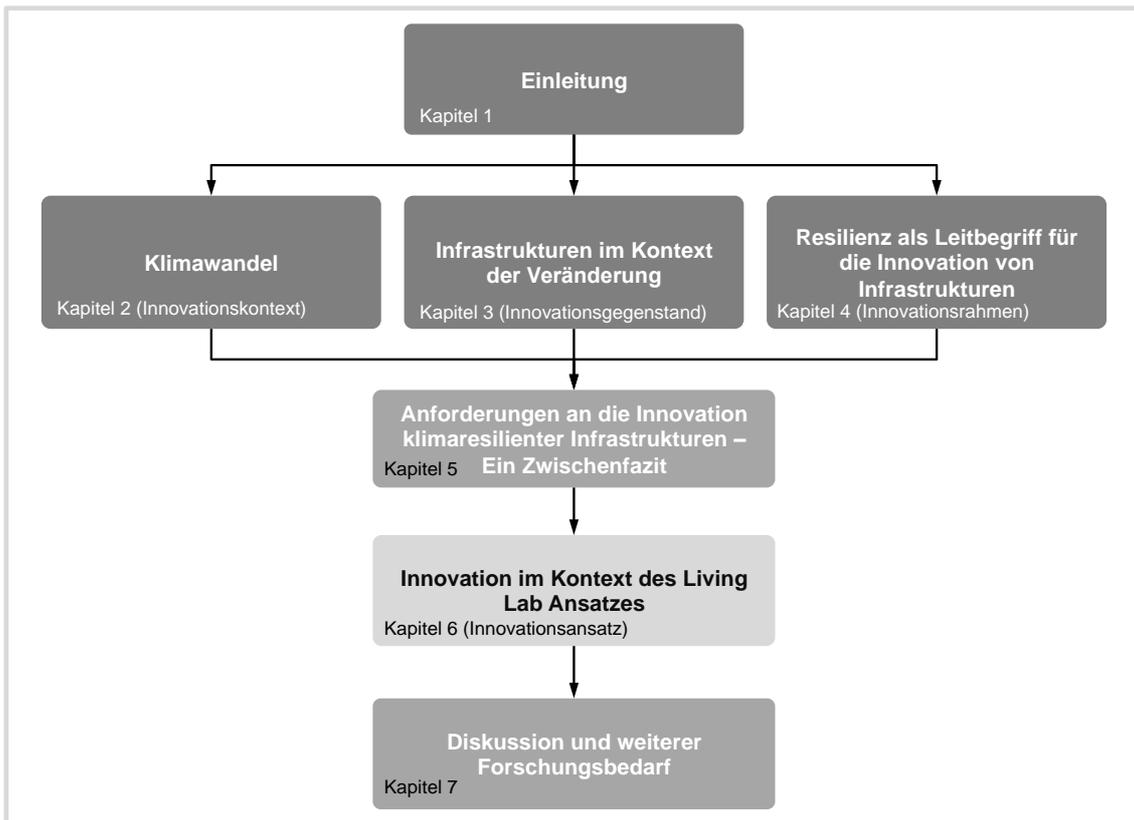


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit
(Quelle: eigene Darstellung)

2 Klimawandel

2.1 Zum Begriff des Klimawandels

Unter Klima versteht man den mittleren Zustand der Atmosphäre über einen relativ großen Zeitraum (die *World Meteorological Organization* empfiehlt einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren). Es ist das statistische Verhalten der meteorologischen Erscheinungen in der Atmosphäre (vgl. Claußen et al. 2010: 329; EEA 2012: 49). Dazu gehören alle Parameter, die diese meteorologischen Ereignisse in einer bestimmten Region oder an einem bestimmten Ort charakterisieren (vgl. Harmeling et al. 2008: 6). Schließlich gehört zum Klima auch die langfristige Statistik von Vorgängen die kurzzeitig auftreten (vgl. Schönwiese 2013: 49f.). Das Klima bietet einen Erklärungsansatz für Erscheinungen von Warm- und Eiszeiten über Jahrtausende, den leichten globalen mittleren Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert oder die offenbar milderen Winter der letzten Jahrzehnte. In Abgrenzung zum Klima beschreibt das Wetter den momentanen oder kurzfristigen und lokal begrenzten Zustand des Systems. Zum Wetter zählen also Erscheinungen wie der Niederschlag von heute und morgen, der Sonnenschein von übermorgen, der kalte Winter dieses oder der heiße Sommer nächstes Jahr (vgl. Claußen et al. 2010: 327; Schönwiese 2013: 47f.).

Das Klima zeichnet sich durch eine räumliche und vor allem eine zeitliche Variation aus. Während die räumliche Variation die geografisch bedingten Unterschiede beschreibt, versteht man unter zeitlicher Variation den Übergang von einem Klimazustand zu einem anderen – also den Klimawandel. In der Klimatologie werden vier Strukturarten von Variationen bzw. des Klimawandels unterschieden (vgl. Schönwiese 2013, 281ff.):

- **Trend:** positive (steigende) oder negative (fallende) Entwicklungen, die linear oder nicht linear verlaufen können;
- **Sprung:** Abrupte Veränderung des Klimas;
- **Wende:** Umkehrung eines Klimatrends;
- **Schwankung:** Hierbei treten mehrere relative Maxima und relative Minima auf. Ferner werden Schwankungen in periodische (kommen in der Realität nicht vor), zyklische und stochastische unterteilt.

Eine der wesentlichen Fragen in Bezug auf den Klimawandel ist die Frage nach den Ursachen für die Variation des Klimas. In der Vergangenheit wurden zahlreiche Hypothesen über die Ursachen für den Klimawandel aufgestellt, welche zunächst eine große Akzeptanz fanden und schließlich abgelehnt wurden, um erneut von der Wissenschaft aufgegriffen zu werden. Das spiegelt die Komplexität des Klimasystems unserer Erde wider (vgl. Tarbuck und Lutgens 2009: 691). Allgemein werden die Ursachen für den Klimawandel entsprechend der Steuerungsmechanismen systematisiert. Dabei unterscheidet man zwischen extraterrestrischen und terrestrischen Ursachen (vgl. Schönwiese 2013: 329ff.), sowie internen Wechselwirkungen und externen Einflüssen. Die internen Wechselwirkungen beschreiben die Interaktion innerhalb der Komponenten des Systems Erde, die zu den beobachteten Veränderungen der Atmosphäre und des Klimas führen. Sie sind in der Regel terrestrischer Natur.

Die externen Einflüsse dagegen beschreiben die einseitigen Wirkungen auf das Klimasystem, die sowohl terrestrischer als auch extraterrestrischen Ursprungs sein können. So haben Vulkanausbrüche oder der Kontinentaldrift einen Einfluss auf das Klimasystem, aber nach aktuellem Wissenstand nicht umgekehrt. Gleiches gilt für die Sonneneinstrahlung, die den Energiehaushalt der Atmosphäre beeinflusst, aber offenbar nicht von Veränderungen in der Atmosphäre beeinflusst wird (vgl. Schönwiese 2013: 39f.). Schließlich werden anthropogene Ursachen innerhalb der terrestrischen Ursachen auch noch gesondert betrachtet, da menschliches Handeln zunehmend das Klimageschehen beeinflusst (vgl. EEA 2012: 50; Schönwiese 2013: 336ff.). Tabelle 1 fasst die anthropogenen und natürlichen, sowie die terrestrischen und extraterrestrischen Ursachen für den Klimawandel zusammen.⁴

⁴ Für eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Thema Klima sei an dieser Stelle auf Hupfer und Kuttler (2006) sowie Schönwiese (2013) verwiesen.

Tabelle 1: Übersicht der natürlichen und anthropogenen Einflüsse auf das Klima
 (Quelle: in Anlehnung an Schönwiese 2013)

Extraterrestrisch	Terrestrisch	
Natürliche Ursachen		
Solarkonstante, ultralangfristiger Trend	Kontinentaldrift	
Solarkonstante, Variationen durch Sonnenaktivität, Pulsationen usw.	Orogenese	
Rotation der Milchstraße und kosmischer Materie	Vulkanismus	
Meteore und Meteoriten	Waldbrände	
Mond (Gezeitenkräfte)	Zusammensetzung der Atmosphäre, einschließlich Bewölkung	
Gezeitenkräfte allgemein (Wirkung auf Sonne und Erde)	Salzgehalt des Ozeans	
	Zirkulation des Ozeans	
	Eis- und Schneebedeckung	
	Vegetation	
	Autovariationen im Klimasystem	
	Anthropogene Ursachen	
	Veränderungen der Erdoberfläche (Umwandlung von Natur- und Kulturlandschaften)	
	Eingriffe in den Wärme- und Energiehaushalt auf der Erdoberfläche (Abgase von Industrieanlagen, Abwärme durch Heizung von Gebäuden usw.)	
	Veränderungen der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre (durch Nutzung fossiler Energieträger, Waldrodungen, Verkehr usw.)	
	Eingriffe in den Wasserhaushalt (Wassernutzung für gewerbliche, industrielle und persönliche Zwecke)	

2.2 Veränderungen des Klimas

Wie bei im vorherigen Abschnitt dargestellt, ist der Klimawandel sowohl durch kurzfristige als auch durch langfristige Komponenten in Bezug auf die Veränderungen in der Atmosphäre gekennzeichnet. Kurzfristige Komponenten sind wetterbedingte Ereignisse, die aus der Entwicklung des Klimas in der Vergangenheit resultieren und bereits heute in Form von Niederschlägen, Stürmen, Trockenperioden, Hitzewellen usw. auftreten – man spricht hier von bereits eingetretenen Klimaveränderungen.

Die langfristigen Komponenten dagegen sind Klimaprojektionen in die Zukunft, die aufgrund des Status Quo und zu erwartender Entwicklungen (sogenannte Szenarien), vor allem anthropogener Aktivitäten, mit Hilfe von Modellsimulationen berechnet

werden. In den folgenden Abschnitten sollen die bereits eingetretenen als auch die in Zukunft zu erwartenden Veränderungen kurz skizziert werden.

2.2.1 Eingetretene Klimaveränderungen

Seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen hat sich die globale Durchschnittstemperatur erhöht. Von diesem Temperaturanstieg sind vor allem Landmassen und die nördliche Hemisphäre betroffen (vgl. Schönwiese und Janoschitz 2008: 5f.; IPCC 2013: 3; WMO 2013: 6f.). Ferner geht aus den Daten der Klimaforscher hervor, dass die Niederschläge⁵ in den nördlichen Regionen zugenommen haben, während diese in den südlichen, eher trockenen Regionen noch weiter zurückgegangen sind (vgl. IPCC 2013: 7). Auch das Auftreten von Extremereignissen⁶ wie z. B. Hitzewellen und die Häufigkeit starker Niederschläge soll zumindest seit den 1970er Jahren signifikant zugenommen haben (vgl. IPCC 2007a: 2). Schließlich verzeichnen die Klimaforscher auch einen Meeresspiegelanstieg im Zeitraum zwischen 1961 und 2005, der auf die thermische Ausdehnung der Ozeane, abschmelzende Gletscher, Eiskappen und polare Eisschilde zurückzuführen ist (vgl. IPCC 2013: 9).

2.2.2 Projektion der Klimaveränderungen

Neben den bereits eingetretenen Klimaveränderungen wird auch der Frage nachgegangen, wie sich das Klima in Zukunft entwickeln wird. Unter der Simulation globaler Kreisläufe und regionaler Klimamodelle werden durch das IPCC und anderen Organisationen verschiedene Treibhausgas- und Aerosolszenarien durchgeführt, anhand derer mögliche Veränderungen des Klimas abgeleitet werden (vgl. Hupfer und Kuttler 2006: 275ff.; EEA 2012: 51). Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts erwarten die Klimaforscher einen globalen Temperaturanstieg zwischen 1,8 °C bis 4,0 °C (vgl. IPCC 2013: 18). Abgesehen vom dem globalen

⁵ Beispielsweise in Deutschland haben die Niederschläge in den Wintermonaten um 17 % ggü. 1906 zugenommen. In den Sommermonaten dagegen ist die Niederschlagsmenge um 7 % zurückgegangen. Wird der Zeitraum 1957 bis 2007 betrachtet sind die Niederschläge in den Sommermonaten sogar um 14 % zurückgegangen. Die Häufigkeit der Starkniederschläge hat dennoch in den Sommermonaten vor allem in Süddeutschland zugenommen (vgl. Schönwiese et al. 2007, 1; Bundesregierung 2008, 10).

⁶ Auf Bundesebene (Deutschland) hat die internationale Datenbank für Naturkatastrophen (EM-DAT) für den Zeitraum 1991-2013 (Stand 11.09.2013) 65 Naturkatastrophen registriert. Verglichen mit 93 Naturkatastrophen im Zeitraum 1900-2013 (Stand 11.09.2013), erscheint dies relativ viel (vgl. EM-DAT 2013). Die Homepage des *Klimanavigators* weist jedoch darauf hin, dass dieser Unterschied vor allem auf die bessere Dokumentation und Meldung der Ereignisse zurückzuführen ist (vgl. Klimanavigator 2011), weshalb diese Angaben mit Vorsicht zu genießen sind. Etwa 50 % der Ereignisse lassen sich nach EM-DAT auf (Winter-)Stürme zurückführen und 25 % auf Hochwasserereignisse. Die restlichen 25 % verteilen sich auf Kältewellen, extreme Schneebedingungen, Lawinen, Erdbeben, Epidemien und Hitzewellen (vgl. EM-DAT 2013). Im selben Zeitraum (Stand: 11.09.2013) beläuft sich der ökonomische Schaden durch die in EM-DAT erfassten Naturereignisse auf 36.302 Mill. US\$ in Deutschland. (Winter-)Stürme verursachen dabei mit ca. 57 % den größten ökonomischen Schaden. Hochwasserereignisse haben dagegen einen Anteil von 38 % an den Kosten für die Schäden. Die verbliebenen 5 % verteilen sich auf die weiteren Naturereigniskategorien (EM-DAT 2013).

Temperaturanstieg werden auch in den anderen Klimabereichen Veränderungen erwartet. Während sich die Landoberflächen und die nördlichen Breiten am stärksten erwärmen werden, erwärmen sich die südlichen Ozeane und Teile des Nordatlantiks weniger stark.⁷ Das IPCC erwartet einen weiteren Rückgang der Schneebedeckung sowie der Meereisausdehnung und das weitere Abtauen zahlreicher Permafrostregionen. Dazu kommt eine steigende Anzahl von Hitzeextremen, Hitzewellen und starken Niederschlägen sowie tropischen Wirbelstürmen. Die Zunahme von Niederschlagsmengen ist vor allem in den höheren Breiten zu erwarten, während es in den subtropischen Regionen zu einer Abnahme der absoluten Niederschläge kommen dürfte.⁸

Neben diesen klimatischen globalen und regionalen Trends können auch abrupte Veränderungen des Klimas (sogenannte Sprünge) auftreten, die in kurzen Zeiträumen erhebliche Folgen nach sich ziehen können (vgl. Abschnitt 2.1). Die Wahrscheinlichkeit, dass solche Ereignisse in den nächsten Jahrzehnten auftreten, ist laut Umweltbundesamt nach aktuellem Stand der Forschung relativ gering. Allerdings sind zuverlässige Aussagen bezüglich sprunghafter Veränderungen des Klimas aufgrund der nichtlinearen Prozesse und der Unkenntnis über kritische Systemgrenzen nahezu unmöglich (vgl. UBA 2013). Als Beispiele solcher Sprünge können der Zusammenbruch der thermohalinen Zirkulation (z. B. des Golfstroms), der Zerfall des West-Antarktischen Eisschildes, das Auftauen der Permafrostböden und die damit verbundene Freisetzung großer Methanmengen etc. herangezogen werden (vgl. UBA 2013).

2.2.3 Grenzen der Szenarien

Wie jede Wissenschaft ist auch die globale Klimaforschung grundsätzlich durch Unsicherheiten gekennzeichnet, welche sich im Umgang mit dem komplexen Klimasystem der Erde und der damit verbundenen breiten Spanne an komplexen Prozessen offenbaren. Entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Erkenntnis entstehen Unsicherheiten, die sich zwar einerseits aufheben aber vor allem auch aufaddieren können. Angefangen bei der Messung über das Aufstellen von Modellen

⁷ Einer Auswertung unterschiedlicher regionaler Klimamodelle durch Deutschländer und Dalelane (2012: 42ff.) zufolge, sollen in der Bundesrepublik Deutschland Anomalien der Tageshöchsttemperatur in den Sommermonaten, um das Fünf- bis maximal Zwanzigfache bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zunehmen. Das bedeutet, dass nicht nur mit mildereren Temperaturen allgemein zu rechnen ist, sondern auch mit einer zunehmenden Häufigkeit von Höchsttemperaturen, die in der Vergangenheit in einem Rhythmus von 25. Jahren auftraten.

⁸ Auf Ebene der Bundesrepublik Deutschland sollen die Niederschlagsmengen in den Wintermonaten um 25 % bis 50 % zunehmen. Dabei ist vor allem in den norddeutschen Küstenregionen mit der stärksten Erhöhung von Niederschlagsmengen zu rechnen. In den Sommermonaten ist dagegen im Durchschnitt mit keinem Anstieg der Niederschlagsmengen zu rechnen. Starkniederschläge sollen jedoch zunehmen (vgl. Deutschländer und Dalelane 2012: 53ff.).

und Hypothesen bis hin zu Analyse und Interpretation der Ergebnisse können Fehler und damit verbundene Unsicherheiten entstehen (vgl. Bundesregierung 2008: 14; Kreienkamp et al. 2012: 2; IPCC 2013: 16).

Im Bereich des Klimawandels werden vier Arten von Unsicherheiten unterschieden. Dazu gehören Unsicherheiten bezüglich der Modelle, Unsicherheiten bezüglich der Szenarien, Unsicherheiten bezüglich der internen Variabilität und Ausgangsbedingungen und schließlich Unsicherheiten bezüglich der Rahmen- und Randbedingungen, die sich bei der Simulation auf Basis historischer Daten ergeben (vgl. Yip et al. 2011: 4634; IPCC 2013: 16).

Unsicherheiten bezüglich der Klimamodelle treten bereits beim Aufbau der Modelle hinsichtlich ihrer Struktur, der Ausgangszustände, und statistischer sowie stochastischer Parameter auf (vgl. van der Linden 2009: 11ff.). Hinzu kommen das unvollständige Verständnis der physikalischen und biogeochemischen Prozesse des Klimasystems, sowie die Unkenntnis darüber, wie das jeweilige Modell auf externe Einwirkungen reagiert (vgl. IPCC 2013: 16). So ist bspw. die zukünftige globale Entwicklung der Emissionen nicht bekannt. Darüber hinaus ergeben sich Grenzen bei der Implementierung des vorhandenen Wissens in der Modellierung klimatischer Systeme (vgl. Yip et al. 2011: 4634). Unsicherheiten bezüglich der Szenarien resultieren aus der Unkenntnis über die zukünftige Entwicklung der Emissionen und Konzentrationen der Treibhausgase oder Aerosole (vgl. Bundesregierung 2008: 14; IPCC 2013: 16). Diese hängt einerseits von der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung, wie z. B. der des globalen Bevölkerungswachstums und Veränderungen in der Landnutzung, der zukünftigen Entwicklung der globalen und regionalen Wirtschaft und der Nutzung emissionsarmer Technologien, sowie schließlich auch von der Entwicklung der Energiepreise ab. Andererseits wird diese Entwicklung aber auch von der Entwicklung der unterschiedlichen natürlichen Bestandteile des Klimasystems und von der bis dato noch nicht vollständig verstandenen tatsächlichen Wirkung der klimarelevanten Atmosphärogase beeinflusst. Auch die Auswirkungen und deren räumliche und zeitliche Verteilung können nicht mit Sicherheit bestimmt werden (vgl. Bundesregierung 2008: 14; Schuchardt et al. 2010: 6ff.). Die interne Variabilität des Klimasystems stellt einen weiteren erheblichen Unsicherheitsfaktor bei der Abbildung des zukünftigen Klimas dar. Diese interne Variabilität wird über die natürlichen Kräfte des Klimasystems angetrieben und kann auf alle zeitlichen und räumlichen Skalen übertragen werden – sie findet also zu jeder Zeit und an jedem Ort statt (vgl. IPCC 2013: 16). Ferner ist nach Yip et al. (2011: 4634), diese Variabilität aleatorisch, weshalb sich die Unsicherheiten bezüglich der internen Variabilität durch wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn nicht reduzieren lassen.

Die soeben beschriebenen Unsicherheiten werden größer je weiter in die Zukunft die Szenarien und Modellberechnungen reichen und je ausdifferenzierter die räumliche Betrachtung wird. Um dennoch einigermaßen fundierte Aussagen über zukünftige Entwicklungen des Klimas treffen zu können, werden regionale Klimamodelle zu sogenannten „Ensembles“ gebündelt. Durch diese Zusammenführung kann ein Korridor bezüglich der zukünftigen Entwicklung aufgestellt werden, der die Spannweite der unterschiedlichen globalen bzw. regionalen Szenarien abbildet (vgl. Bundesregierung 2008: 14f.; BMVBS und BBR 2007: 13; Hagemann und Jacob 2009: 34ff.). Dennoch sollte man nach Becker et al. (2008: 17) nicht vergessen, dass diese Szenarien hypothetischer Natur sind, weshalb hier nicht von Prognosen oder Vorhersagen, wie im Falle des Wetters die Rede sein sollte.

Für die Planung – egal welcher Art – impliziert das einerseits die Erfordernis zur Berücksichtigung von Unsicherheiten bezüglich des Planungsziels und gleichzeitig die Notwendigkeit zur Schaffung einer Flexibilität, welche die Anpassung an zusätzlichen Erkenntnisgewinn und an mögliche Veränderungen und Korrekturen von Entwicklungspfaden erlaubt. Bisher haben sich sowohl die rechtlichen Planungsinstrumente als auch die entsprechenden Managementansätze eher auf Daten und Entwicklungspfade aus der Vergangenheit verlassen, anstatt mögliche Entwicklungen in der Zukunft einzubeziehen (vgl. BMVBS und BBSR 2007: 13; Bundesregierung 2008: 14). Letztere hat aber für die Planung im Kontext von Klimaveränderungen eine hohe Bedeutung (vgl. Bundesregierung 2008: 14).

2.3 Strategien im Umgang mit dem Klimawandel

Wie in den vorherigen Abschnitten dargestellt, läuft der Klimawandel auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen ab; es gibt also kurzfristige und langfristige Veränderungen unterschiedlichen Ausmaßes an verschiedenen Orten. Dazu kommen Unsicherheiten bezüglich der dynamischen Prozesse und der Wechselwirkungen in welchen die einzelnen Bestandteile des Klimasystems stehen. Schließlich sind sowohl die Wirkungen der Treibhausgase und Aerosole als auch das Ausmaß des anthropogenen Einflusses auf die Dynamik des Klimas nicht hinreichend geklärt (vgl. dazu Abschnitt 2.1 und 2.2). Vor diesem Hintergrund werden grundsätzlich zwei Strategien im Umgang mit dem Klimawandel verfolgt. Einerseits soll der anthropogene Einfluss auf das Klima verringert bzw. verändert werden und andererseits soll sich der Mensch an den Teil des Klimawandels anpassen, der nicht mehr zu verhindern ist bzw. auch ohne anthropogenen Einfluss stattfindet (vgl. EUK 2007: 4f.; Hüttl et al. 2010: 36; Bulkeley 2013).

2.3.1 Mitigation

Mitigationsstrategien sollen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen und zur Entfernung von in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgasen beitragen. Auf diese Weise soll der anthropogene Einfluss möglichst kompensiert werden (vgl. UNFCCC 2013; Bulkeley 2013: 108f.). Vor allem das global propagierte *Zwei-Grad-Ziel*⁹ dient als Grundlage für die Implementierung solcher Maßnahmen (vgl. Hüttl et al. 2010: 36). Maßnahmen zur Vermeidung der Treibhausgasemissionen werden in der Regel an absoluten oder relativen Emissionszielen festgelegt (vgl. UNFCCC 2013). Absolut sind Zielsetzungen die eine Reduktion der Emissionen gegenüber einem bestimmten Richtjahr aus der Vergangenheit (z. B. 1990) festsetzen. Relative Zielsetzungen zur Reduktion von Emissionen orientieren sich dagegen an zukünftigen, im Vorfeld berechneten Emissionsniveaus (z. B. die Reduktion der erwarteten Emissionen um 20 % im Jahre 2020) (vgl. Bulkeley 2013: 108).

Die Beseitigung von Treibhausgasen aus der Atmosphäre erfolgt in der Regel durch sogenannte Senken und Reservoirs (vgl. UNFCCC 2013). Maßnahmen zur Vergrößerung bzw. zur Aufrechterhaltung von Senken umfassen die Aufforstung von Wäldern, die Wiederaufforstung von ehemaligen Waldflächen, sowie die bewusste Vermeidung von Abholzung. Die Einlagerung von CO₂ in Reservoirs geschieht, nach dem heutigen Stand der Technik, über das Einfangen der CO₂-Emissionen am Ort ihrer Entstehung. Diese werden dann transportiert und schließlich in geologische Senken (z. B. unterirdische Gesteinsschichten) eingelagert (vgl. Bulkeley 2013: 109).

2.3.2 Anpassung

Über Jahrzehnte dominierte in der Klimapolitik die Vorstellung, dass allein mit Mitigationsmaßnahmen – also der effizienten Vermeidung von Treibhausgasemissionen – dem Klimawandel begegnet werden kann, weshalb der Fokus überwiegend auf dem Umweltschutz lag (vgl. BBSR 2012: 5). Doch auch wenn es mit Hilfe von Mitigationsmaßnahmen gelingen würde, den anthropogenen Einfluss auf das Klimasystem vollständig zu dezimieren oder das propagierte *Zwei-Grad-Ziel* zu erreichen, würde das nicht zu einer Klimakonstanz führen. Die natürliche Klimavariation würde weiterhin bestehen; diese lässt sich zum gegenwärtigen

⁹ Mit dem *Zwei-Grad-Ziel* soll eine Begrenzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur um nicht mehr als 2 °C gegenüber der vorindustriellen Ära – also ca. Mitte des 18. Jahrhunderts – erreicht werden. Das *Zwei-Grad-Ziel* wurde zunächst von der deutschen Bundesregierung, dann von der Europäischen Union und zuletzt im Jahr 2010 durch 194 Mitgliedsstaaten des UNFCCC anerkannt. Das Ziel ist jedoch höchst umstritten. Einerseits ist das *Zwei-Grad-Ziel* für zahlreiche Inselstaaten und indigene Völkergruppen nicht ambitioniert genug, andererseits bestehen Zweifel, ob das *Zwei-Grad-Ziel* überhaupt erreicht werden kann. In Anbetracht der Tatsache des stetig steigenden globalen Energiebedarfs und des schleppenden Fortschritts bei den Verpflichtungen zur Reduktion von Treibhausgasen ist das *Zwei-Grad-Ziel* sowohl in der Politik als auch bei Wissenschaftlern umstritten (vgl. Geden 2012; von Storch und Werner 2013).

Zeitpunkt und mit dem vorhandenen Kenntnisstand nicht verhindern (vgl. Hüttl et al. 2010: 36). Hinzu kommt, dass klimatische Veränderungen, wie in Abschnitt 2.2.1 dargestellt bereits jetzt schon zu spüren sind (vgl. hierzu auch BBSR 2012: 5). Es ist daher unerlässlich auch die langfristige Anpassungsfähigkeit des Menschen und seiner Systeme zu gewährleisten (EUK 2007: 4). Das IPCC versteht unter Anpassung Maßnahmen zur Umstellung der natürlichen und humanen Systeme als Antwort auf bereits eingetretene und erwartete klimatische Veränderungen und Auswirkungen, um den Schaden möglichst gering zu halten oder vorteilhafte Möglichkeiten auszuschöpfen (vgl. IPCC 2007c). Hierbei werden unterschiedliche Arten von Anpassung unterschieden (vgl. IPCC 2007c):

- *Antizipatorische Anpassung:* In diesem Fall gilt das Vorsorgeprinzip. Es werden also Maßnahmen unternommen, noch bevor klimatische Veränderungen auftreten.
- *Autonome Anpassung:* Hier steht nicht die Anpassung an den Klimawandel im Vordergrund. Auslöser solcher Anpassungsprozesse sind vor allem Veränderungen in natürlichen Systemen sowie markt- und wohlfahrtsgetriebene Veränderungen der humanen Systeme. Sie werden auch Spontanveränderungen genannt.
- *Geplante Anpassung:* Geplante Anpassung ist vor allem das Ergebnis politischer Entscheidungsprozesse als Reaktion auf bereits eingetretene Veränderungen bzw. erwartete Veränderungen. Das Ziel ist dabei stets der Erhalt, die Rückkehr oder das Erreichen eines wünschenswerten Zustandes von Systemen. Hierunter fallen vor allem nationale Anpassungsstrategien.

Gegenüber den Mitigationsstrategien – also der relativen und absoluten Vermeidung von Treibhausgasen – stehen Anpassungsstrategien an den Klimawandel vor der besonderen Herausforderung, quantifizierbare und kontrollierbare Zielsetzungen zu entwickeln (vgl. Bundesregierung 2008: 58). Das resultiert einerseits aus den in Abschnitt 2.2.3 beschriebenen Unsicherheiten bezüglich der Klimafolgen und des Klimawandels und seiner räumlichen Verteilung generell und andererseits aus der hohen „[...] Komplexität, die sich unter anderem aus der unterschiedlichen Betroffenheit, der Vielzahl der Akteure, den unterschiedlichen Entscheidungsebenen und den sektor- und bereichsübergreifenden Zusammenhängen und Wechselwirkungen ergibt.“ (Bundesregierung 2008: 58). Insbesondere bei der Umsetzung von Anpassungsstrategien scheinen der nationalen und internationalen politischen Ebene enge Grenzen gesetzt. Der Nutzen und die Kosten einer Anpassung an den Klimawandel entstehen vor allem auf regionaler, also räumlich sehr begrenzter Ebene. Die Maßnahmen müssen deshalb naturräumliche, infrastrukturelle und

sozioökonomische Bedingungen der jeweiligen Region beachten (vgl. Stock et al. 2009: 97; BBSR 2012: 6). Aufgrund der soeben beschriebenen Umstände sollte die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen überwiegend regionalspezifisch unter der Berücksichtigung der dort vorherrschenden Bedingungen und potentieller Veränderungen erfolgen (vgl. Hüttl et al. 2010: 36).

Maßnahmen im Bereich der Anpassung betreffen bauliche Vorgaben von Infrastrukturen und Gebäuden, den Artenschutz, die Gesundheitsvorsorge, die Entwicklung einer angepassten Land- und Forstwirtschaft – aber auch Anpassungen in Verhaltens- und Konsummustern, der Standards und in der effizienten Nutzung von Ressourcen (vgl. EUK 2007: 4; Bundesregierung 2011; BBSR 2012: 5). Darüber hinaus bedeutet die Anpassung an den Klimawandel vor allem Entscheiden und Handeln unter Unsicherheiten.

Mitigations- und Anpassungsstrategien werden oft unabhängig und getrennt voneinander betrachtet. Das liegt vor allem an der Annahme, dass die Kosten und der Nutzen von Klimaschutz und Klimaanpassung auf unterschiedlichen Ebenen anfallen (vgl. BBSR 2012: 6; Scheele und Oberdörffer 2011: 17ff.). Einer Literaturrecherche von Scheele und Oberdörffer (2011: 18f.) zufolge, ist das Verhältnis zwischen Mitigation und Anpassung jedoch weitaus komplexer. Einerseits können sich Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen gegenseitig ergänzen und sowohl in Bezug auf die Klimaanpassung als auch auf den Klimaschutz positiv sein. Andererseits können aber bestimmte Klimaschutzmaßnahmen die Anpassungsfähigkeit einer Region im negativen Sinne beeinträchtigen. Gleiches gilt auch umgekehrt (vgl. auch Moser 2012: 167ff.). Vor diesem Hintergrund und aufgrund der Tatsache, dass zukünftige Entwicklungen nicht genau bestimmt werden können, sollten sich Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen möglichst ergänzen bzw. kombiniert¹⁰ werden (vgl. Scheele und Oberdörffer 2011: 19; Moser 2012: 172f.).

2.4 Umgang mit Unsicherheiten im Kontext des Klimawandels

Unsicherheiten lassen sich nach Walker et al. (2003) in vier Kategorien einteilen. Dazu gehören die statistische Unsicherheit, die Szenarien-Unsicherheit, erkanntes Nichtwissen und schließlich vollständiges Nichtwissen. Unter statistischer Unsicherheit verstehen Walker et al. (2003: 11) Unsicherheiten, welche mit Hilfe der Statistik hinreichend erklärt werden können. Die Orientierung an der statistischen Unsicherheit

¹⁰ In diesem Zusammenhang spricht man auch von sogenannten *No-Regret* Maßnahmen. Dabei handelt es sich um Maßnahmen der Klimaanpassung, deren Nutzen sich nicht nur bei Eintreten der Klimaveränderungen einstellt. Mit Hilfe solcher Maßnahmen soll der Mehrwert einer Investition unabhängig der Klimaveränderungen sichergestellt werden (vgl. Scheele und Oberdörffer 2011, 19).

impliziert, dass die möglichen Zusammenhänge innerhalb eines bestimmtem Modells bzw. Systems verstanden sind und dass die Daten mit welchen das Modell simuliert wird die betrachteten Umstände hinreichend wiedergeben. Ist dies nicht der Fall so können die vorherrschenden Unsicherheiten mit Hilfe statistischer Methoden nicht hinreichend beschrieben bzw. erklärt werden. Sind Unsicherheiten durch die Statistik – also durch Wahrscheinlichkeiten – nicht ausreichend zu erklären, kommen in der Regel Szenarien zum Einsatz. Im Gegensatz zur Statistik kann mit Hilfe von Szenarien lediglich eine Spanne von möglichen Ergebnissen abgebildet werden. Dies hängt damit zusammen, dass in diesem Fall die Mechanismen, welche zu den einzelnen Ergebnissen führen nicht ausreichend verstanden sind. Es ist auch nicht möglich die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Ergebnisse vorherzusagen (vgl. Walker et al. 2003: 12). Erkanntes Nichtwissen ist wesentlich für die Erforschung von Mechanismen und Zusammenhängen. Unsicherheiten, die sich daraus ergeben, entstehen aus dem Wissen über das Vorhandensein bestimmter Zusammenhänge oder Mechanismen, ohne diese mit dem gegenwärtigen Forschungsstand und wissenschaftlichen Methoden erklären oder abbilden zu können. Entsprechend ist die wissenschaftliche Basis für die Entwicklung solcher Szenarien gering und die Orientierung an ihnen wissenschaftlich umstritten (vgl. Walker et al. 2003: 13). Beispiele hierfür sind die Simulation des Meeresspiegelanstieges oder mögliche Annahmen über das Versiegen der thermohalinen Zirkulation (vgl. hierzu Dessai und van der Sluijs 2007: 12). Das erkannte Nichtwissen kann zudem in reduzierbares Nichtwissen (kann durch stetige Forschung ergänzt werden) und nicht reduzierbares Nichtwissen (weitere Forschung und Entwicklung führt nicht zwangsläufig zur Reduktion des Nichtwissens) differenziert werden (vgl. Walker et al. 2003: 13). Schließlich existiert nach Walker et al. (2003: 13) auch noch das vollständige Nichtwissen. In diesem Fall ist weder die Existenz von Mechanismen noch von möglichen Zusammenhängen bekannt. Das heißt, im letzteren Fall ist man sich der potentiellen Unsicherheiten nicht bewusst.

Aufgrund der Komplexität des Klimasystems und der noch nicht vollständig erforschten und möglicherweise auch nicht erkannten Mechanismen und Zusammenhänge dieses Systems, müssen beim Umgang mit dem Klimawandel zwangsläufig alle soeben beschriebenen Arten von Unsicherheiten auf unterschiedlichen Ebenen auftreten (vgl. Dessai und van der Sluijs 2007; Knierim und Bundschuh 2011; Birkmann et al. 2012: 179).

An dieser Stelle stellt sich nun die Frage, ob der Klimaanpassung durch die vorherrschenden Unsicherheiten Grenzen gesetzt sind und ob Maßnahmen zu Klimaanpassung nur im Rahmen des vorhersagbaren Klimawandels sinnvoll erscheinen?

2.5 Resilienzorientierte vs. Prognoseorientierte Betrachtung

Nach Dessai und anderen Autoren existieren zwei Denkschulen im Umgang mit den Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels (vgl. hierzu Dessai et al. 2004; 2007; 2009). Diese beiden Denkschulen unterscheiden sich im Umgang mit den vorhandenen Unsicherheiten und dementsprechend hinsichtlich der für die Entscheidung erforderlichen Informationsverfügbarkeit (vgl. Dessai und Hulme 2004: 24f.). Die prognoseorientierte Denkschule versucht, die Unsicherheiten zu reduzieren und argumentiert, dass Entscheidungen zu Anpassungsmaßnahmen zunehmend sorgfältige und präzise Vorhersagen zur zukünftigen Entwicklung des Klimawandels erfordern (vgl. Dessai et al. 2009: 66ff.). Das Ziel der prognoseorientierten Denkschule ist somit die Reduktion, Charakterisierung, und der Umgang von und mit Unsicherheiten, was schlussendlich in einer steigenden Zahl komplexer und ausgeklügelter Modellierungswerkzeuge und -techniken resultiert (vgl. Dessai und van der Sluijs 2007: 24). Prognoseorientierte Ansätze¹¹ im Umgang mit Unsicherheiten sollen Entscheidungsträger mit Hilfe von Eintrittswahrscheinlichkeiten bezüglich der unterschiedlichen Veränderungen und Auswirkungen bei der Auswahl bestimmter Pfade unterstützen. Bei der Bewertung einzelner Eintrittswahrscheinlichkeiten wird das System von der globalen bis zur lokalen Ebene heruntergebrochen, weshalb hier von einer *top-down* Herangehensweise gesprochen wird (vgl. Dessai und Hulme 2004: 6; Dessai und van der Sluijs 2007: 24f.).

Dessai et al. (2009: 67) sehen allerdings die Anwendung prognoseorientierter Ansätze bei der Entscheidungsfindung skeptisch. Sie kritisieren, dass einfach zu viele Unsicherheiten und Unkenntnisse auf unterschiedlichen Betrachtungs- und Analyseebenen entstehen. Dazu zählen bspw. die in Abschnitt 2.2 erwähnten Unkenntnisse bezüglich der einzelnen Bestandteile des Klimasystems und ihrer Interaktion sowie die Unsicherheiten bei der Modellierung des Klimas (vgl. auch Dessai et al. 2009: 67f.). Auch die Nichtberücksichtigung zahlreicher anderer Prozesse, wie z. B. Globalisierung, ökonomische Entwicklungen, regulatorische Maßnahmen oder kulturelle Präferenzen sind für Dessai et al. (2009: 69) Gründe, die Effektivität und Effizienz von Anpassungsmaßnahmen, die allein auf Basis von prognostizierten Eintrittswahrscheinlichkeiten initiiert werden, in Frage zu stellen. Durch die zunehmende Entwicklung regionalspezifischer Klimaszenarien und deren Verbreitung sehen die Autoren außerdem eine Verwechslungsgefahr zwischen dem Detailgrad (räumliche und zeitliche Auflösung der Klimamodelle) und der Validität des Modells (inwiefern ist das Klimamodell realistisch?). Die räumliche oder die zeitliche Auflösung

¹¹ Für eine Auflistung und Beschreibung der prognoseorientierten Ansätze vgl. Dessai und van der Sluijs 2007, 33ff.

der Klimamodelle sagen jedoch nichts darüber aus, ob die getroffenen Annahmen realistisch sind, sondern bestätigen oder widerlegen lediglich die klimatischen und nicht klimatischen Daten und Informationen, welche einem solchen Modell zu Grunde gelegt werden (vgl. Stock et al. 2009: 106; Dessai et al. 2009: 69f.).

Pielke et al. (2000: 380ff.) haben fünf Kriterien ausgemacht, die erfüllt sein müssen, sofern Entscheidungen auf Prognosen beruhen sollen:

1. Die Entscheidungsträger müssen die Sorgfalt (Fähigkeit) der Vorhersagen einordnen können;
2. Entscheidungsträger müssen Erfahrungen im Verständnis und im Umgang mit den Vorhersagen haben, damit sie diese in den Kontext ihrer Umwelt stellen können;
3. Die prognostizierten Ereignisse liegen nur soweit in der Zukunft, dass Rückkopplungen im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden können;
4. Es existieren keine Alternativen zu Prognosen;
5. Anhand der Prognosen ist es möglich zwischen verschiedenen Pfaden zu wählen und die Ergebnisse der unterschiedlichen Pfade sind bekannt.

Dessai et al. (2009: 72) sehen durch die langfristigen Projektionen, basierend auf den Klimamodellen, keines dieser Kriterien erfüllt. So ist über die Sorgfalt bzw. die Validität der Vorhersagen nichts bekannt. Die Aussagen aus den globalen Klimamodellen gelten als zuverlässiger und valider, als die der regionalen Modelle und die Entscheidungsträger haben wenig Erfahrung im Umgang mit langfristigen Klimaprojektionen. Die Projektionen sind zudem langfristiger Natur (Dekaden und Jahrhunderte) und es existieren alternative Entscheidungsgrundlagen zu den Projektionen. Darüber hinaus lässt sich die Diskriminierung alternativer Pfade nicht durch die Projektionen begründen.

Die zweite Denkschule ist dagegen resilienzorientiert¹². In diesem Fall wird akzeptiert, dass gewisse Unsicherheiten, die mit dem Klimawandel verbunden sind, nicht reduzierbar sind (vgl. Dessai und van der Sluijs 2007: 24). Die Klimamodelle werden dann nicht dazu genutzt, um präzise Vorhersagen zu treffen, sondern vielmehr zur Antizipation möglicher Vulnerabilitäten und Schwächen bereits eingeschlagener Pfade und verfügbarer Anpassungsstrategien. Die Präzision der Klimavorhersagen ist bei einer solchen Herangehensweise nur noch zweitrangig (vgl. Stock et al. 2009: 101ff.; Dessai et al. 2009: 73ff.). Vor diesem Hintergrund erfolgt die Bewertung der Anpassungsmaßnahmen nicht „von oben“, sondern regional spezifisch, weshalb hier

¹² Eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Begriff Resilienz findet in Kapitel 4 dieser Arbeit statt. Für eine Auflistung und Beschreibung der resilienzorientierten Ansätze vgl. Dessai und van der Sluijs 2007, 37ff.

von *bottom-up* Ansätzen die Rede ist. Die Bewertungsindikatoren für die Vulnerabilität basieren dabei auf den jeweils regional vorhandenen Technologien, ökonomischen Ressourcen, Infrastrukturen, institutionellen und soziokulturellen Rahmenbedingungen, usw. (vgl. Dessai und Hulme 2004: 6; Dessai und van der Sluijs 2007: 24f.). Dies erscheint auch sinnvoll, zumal nicht nur der Klimawandel und seine Auswirkungen (wie in Abschnitt 2.1 dargestellt), sondern auch die Wahrnehmung der Vulnerabilität und der Anpassungsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel ebenfalls räumlich, zeitlich aber auch sozial differenziert ausfällt (vgl. Stock et al. 2009: 100f.; Christmann et al. 2011). Neben der unterschiedlichen Attitüde in Bezug auf Unsicherheiten unterscheiden sich die beiden Ansätze nach Dessai und Hulme (2004: 6f.) auch hinsichtlich der Epistemologien, der Zeit- und Planungshorizonte sowie dem Planungs- und Entwicklungsstatus einer Region (vgl. auch Dessai und van der Sluijs 2007: 25). Abbildung 2 stellt die beiden Herangehensweisen gegenüber.

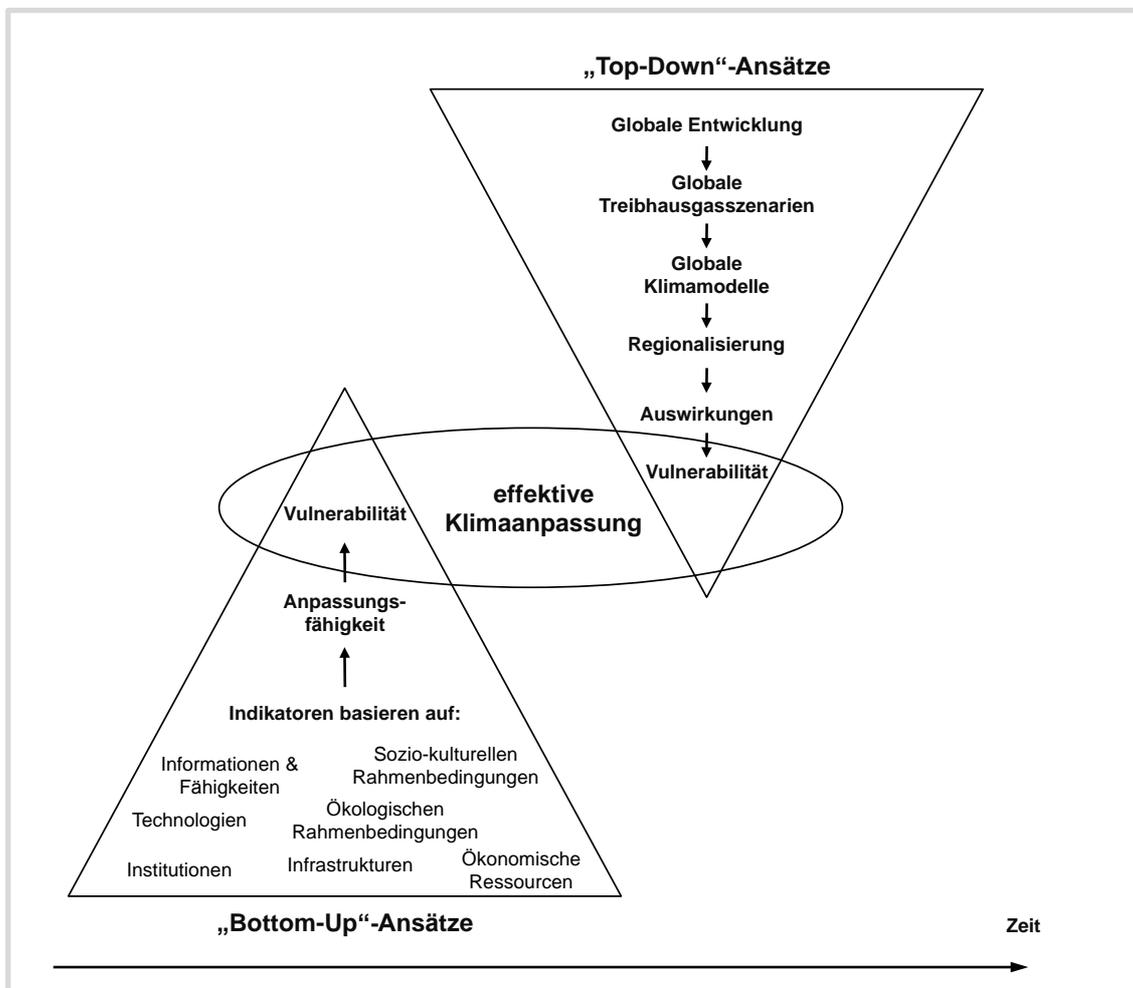


Abbildung 2: Entscheidungsfindung von "Top-Down"- und "Bottom-Up"-Ansätzen
(Quelle: in Anlehnung an Dessai und van der Sluijs 2007: 25)

Aus Abbildung 2 hebt zudem hervor, dass die unterschiedlichen Herangehensweisen im Umgang mit den Unsicherheiten nicht konfliktär, sondern komplementär zu

betrachten sind (vgl. Dessai und Hulme 2004: 5f.). Vulnerabilitätsbewertungen gegenüber dem Klimawandel auf Grundlage resilienzorientierter Ansätze bewerten die Vulnerabilität anhand sozialer und ökonomischer Faktoren und betrachten daher Haushalte, Gemeinden oder gar ganze Regionen und Länder. Prognoseorientierte Ansätze dagegen bewerten in erster Linie die Vulnerabilität anhand physikalischer und ökologischer Einheiten gegenüber dem Klimawandel, wobei soziale Entwicklungen keine große Bedeutung bei der Bewertung haben (Dessai und Hulme 2004: 6). Würde man bspw. nur die prognoseorientierten Ansätze als Entscheidungsgrundlage für oder gegen Anpassungsmaßnahmen heranziehen, müssten die vorhandenen Unsicherheiten bezüglich des Klimasystems zwangsläufig in einem Nichthandeln resultieren, weshalb sich beide Ansätze im Umgang mit Unsicherheiten ergänzen sollten (vgl. Dessai et al. 2009: 67).

In ihrer Studie zur soziotechnischen Bewertung kommunaler Klimaanpassungsinitiativen sehen Arcari et al. (2012: 48) ebenfalls die Notwendigkeit der gegenseitigen Ergänzung zwischen sozialen, technischen sowie institutionellen Faktoren im Umgang mit Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels. Die Autoren kommen zu dem vorläufigen Schluss, dass sich die Bedeutung der einzelnen Faktoren mit dem Grad der Unsicherheiten verändert. Dabei sind technologische Faktoren vor allem dann relevant, wenn die Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels relativ gering sind; d. h. sie sind vor allem für kurzfristige Veränderungen des Klimawandels relevant. Mittel- bis langfristig haben die institutionellen Rahmenbedingungen eine hohe Bedeutung und langfristig sind es vor allem die sozialen Rahmenbedingungen, die eine Anpassung bzw. den Umgang mit den hohen Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels ermöglichen (vgl. Arcari et al 2012, 48). Das bedeutet jedoch nicht, dass die unterschiedlichen Faktoren kurz-, mittel- oder langfristig vernachlässigbar sind; aufgrund der Dynamik des Klimasystems muss eine Abwägung darüber stattfinden, wie die unterschiedlichen Faktoren in Bezug auf welche Zeithorizonte ausgestaltet werden (vgl. Arcari et al. 2012, 49). Abbildung 3 verdeutlicht diesen Zusammenhang auf einer abstrakten Ebene.

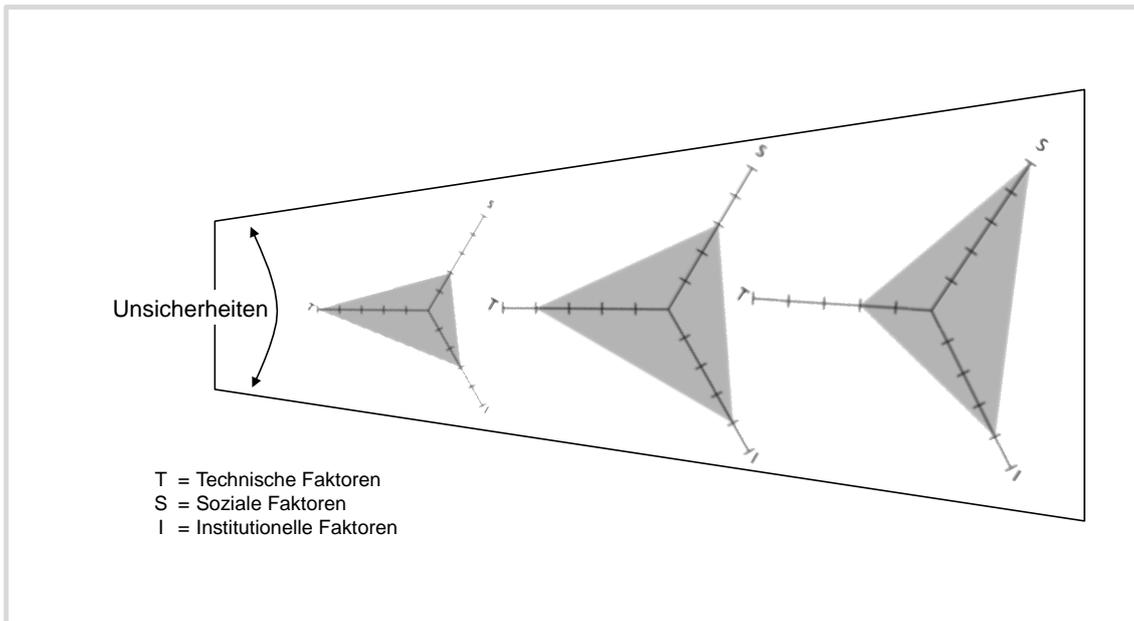


Abbildung 3: Veränderung der Bedeutung technischer, sozialer und institutioneller Faktoren mit zunehmender Unsicherheit
(Quelle: Arcari et al. 2012: 49)

2.6 Klimawandel: Zusammenfassung und Ausblick

Wie sich gezeigt hat, ist der Klimawandel die Folge unterschiedlicher terrestrischer und extraterrestrischer Ursachen. Menschliche Aktivitäten, wie z. B. die Verbrennung fossiler Brennstoffe oder Veränderungen von Landschaften (sowohl direkte Veränderungen, als auch indirekte Veränderungen, als Folge sonstiger anthropogener Aktivitäten), die insbesondere seit der Industrialisierung an Bedeutung gewinnen, sind dabei den terrestrischen Ursachen zuzuordnen. Die Reduktion der anthropogenen Aktivitäten, welche zu Klimaveränderungen beitragen, kann somit zwar den Klimawandel möglicherweise begrenzen, jedoch nicht vollständig aufhalten – zumindest nicht nach dem gegenwärtigen Forschungsstand. Vor diesem Hintergrund erscheint eine integrative Betrachtung von Klimaschutz und Klimaanpassung erforderlich.

Klimatische Veränderungen sind zudem durch kurz- und langfristige Komponenten gekennzeichnet, weshalb Innovationen bezüglich des Klimawandels sowohl die gegenwärtige als auch die zukünftige Situation einbeziehen müssen. Klimaszenarien sind jedoch mit Unsicherheiten verbunden, die auf unterschiedlichen Ebenen auftreten können. Folglich sollten vor allem Anpassungsmaßnahmen einen Mehrwert unabhängig der möglichen klimatischen Veränderungen bieten.

Globale und nationale *top-down* Ansätze sollten sich mit lokalen und regionalen *bottom-up* Ansätzen ergänzen. Vor dem Hintergrund der Unsicherheiten und der regionalen Unterschiede in Bezug auf den Klimawandel sind *top-down* Ansätzen

Grenzen gesetzt. Die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen durch globale und nationale Entscheidungsorgane verliert ihre Legitimität. Auf globaler und nationaler Ebene müssen die Entscheidungsorgane jedoch die entsprechenden Rahmenbedingungen schaffen, damit ein Handlungsbedarf auf regionaler oder gar lokaler Ebene ersichtlich erscheint und andererseits die Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden können. Dazu gehören die Einschätzung der globalen Klimaentwicklung und die Schaffung von Anreizen oder gar Anpassung von Gesetzen und Normen. Die Antizipation der Vulnerabilität und der Schwächen und Stärken bereits eingeschlagener Pfade sowie der verfügbaren Anpassungsstrategien sollte dabei auf regionaler und lokaler Ebene stattfinden. Diese sollten vor dem Hintergrund des jeweils bestehenden Technologiestands, der ökonomischen Systeme, der verfügbaren ökonomischen Ressourcen, Infrastrukturen, institutionellen und soziokulturellen Rahmenbedingungen bewertet werden. Die unterschiedlichen Aspekte müssen sich im Umgang mit dem Klimawandel gegenseitig ergänzen. Während kurzfristig die technologischen Aspekte möglicherweise eine höhere Bedeutung haben, so sollten langfristig – vor dem Hintergrund der vorherrschenden Unsicherheiten – die Rahmenbedingungen so gesetzt sein, dass eine Anpassung aufgrund der soziokulturellen und institutionellen Rahmenbedingungen jeder Zeit möglich ist.

3 Infrastrukturen im Kontext der Veränderung

3.1 Zum Begriff der Infrastruktur

Nach Stohler (1977: 16) stammt der Begriff der Infrastruktur aus dem militärischen Bereich und wurde dort speziell von der NATO im Zusammenhang des Unterbaus einer Organisation verwendet. Oft assoziiert man mit Infrastrukturen großflächige technische Artefakte, die für die öffentliche Versorgung zuständig sind (vgl. Frischmann 2012: 3). Infrastrukturen sind jedoch mehr als großflächige technische Artefakte. In modernen Gesellschaften gelten Infrastrukturen als Lebensadern, die erst das angenehme und behütete Wohnen, die arbeitsteilige Organisation und die kreativen und produktiven Elemente, insbesondere der modernen Städte und Ballungsräume, ermöglichen (Vgl. Jakubowski 2006: 237; BMI 2011a: 2; Frischmann 2012: 6f.).

Eine umfassende und viel zitierte Definition von Infrastrukturen stammt aus der Ökonomie und wurde von Jochimsen (1966) aufgestellt. Infrastrukturen sind demnach „[...] die Gesamtheit der materiellen, institutionellen und personellen Einrichtungen und Gegebenheiten, die der arbeitsteiligen Wirtschaft zur Verfügung stehen [...]“ (Jochimsen 1966: 145). Wie Libbe et al. (2010: 48) bemerken, impliziert diese Definition nicht nur die unmittelbaren technischen und nicht technischen Bestandteile von Infrastrukturen, sondern auch das Gefüge in das sie eingebettet sind. Dazu zählen sowohl wirtschaftliche Akteure, wie z. B. Einzelpersonen, private und öffentliche Einrichtungen, als auch äußere Rahmenbedingungen.

Infrastrukturen werden daher oft als sozioökonomische und soziotechnische Systeme angesehen, die in Wechselwirkung mit anderen institutionellen, ökonomischen und technischen Systemen stehen und je nach Betrachtungshintergrund als System oder Subsystem gelten. Wegen der Wechselwirkung mit anderen Bestandteilen des Systems als Ganzes sind Infrastrukturen sowohl ein gesellschaftliches Konstrukt als auch Konstrukteur der Gesellschaft. Einerseits werden sie durch Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker, politische und ökonomische sowie private Akteure geformt, gleichzeitig beeinflussen sie jedoch auch deren Entscheidungen und stellen die Grundlage für die Deckung ihres alltäglichen Bedarfs bereit (vgl. Hughes 1987: 45ff.). Grundsätzlich ist es schwierig bei der Betrachtung von Infrastrukturen Grenzen zwischen den einzelnen Bestandteilen und Teilsystemen zu setzen (vgl. Libbe et al. 2010: 48f.).

Aufgrund seiner gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung hat sich auf staatlicher und politischer Ebene der Begriff der kritischen Infrastruktur etabliert (vgl. Rinaldi et al. 2001; Bouchon 2006; Hyslop 2007; Lenz 2009; BMI 2011a). Damit soll die hohe Relevanz bestimmter Infrastruktursektoren aufgrund der zunehmenden gesellschaftlichen Abhängigkeit von der ständigen Verfügbarkeit – und gleichzeitig die Verwundbarkeit – dieser Infrastruktursektoren suggeriert werden. Aber auch hier spiegeln sich räumliche und kulturelle Disparitäten, aufgrund nationaler und regionaler Unterschiede bezüglich dessen, welche Infrastruktursektoren als kritisch anzusehen sind (vgl. Lenz 2009: 17f.). Das Bundesministerium des Innern der Bundesrepublik Deutschland definiert kritische Infrastrukturen als *„Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden.“* (BMI 2011a: 3). Die Kritikalität der Infrastruktur wird dabei an den sozialen, ökonomischen und symbolischen Konsequenzen, die sich im Falle einer Störung oder eines Ausfalls ergeben würden gemessen (vgl. BMI 2011a: 5). Gerade wegen ihrer hohen Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen haben Infrastrukturen oft den Charakter eines öffentlichen¹³ oder meritorischen¹⁴ Gutes und werden teilweise, wie z. B. im Falle der schulischen Bildung, unter staatlichen Zwang, Planung, Regulierung, Normierung und Bereitstellung gestellt (vgl. Libbe et al. 2010: 48).

Trotz der schwierigen Abgrenzung von Infrastrukturen werden diese grundsätzlich in Sektoren aufgeteilt und jeweils nach ihrer technischen oder sozialen Bedeutung den soziotechnischen und sozioökonomischen Infrastrukturen zugeordnet (vgl. Scheele 2001: 178; Frey 2005: 469; Zapf 2005: 1025; Libbe et al. 2010: 49; BMI 2011b: 5). In Tabelle 2 sind einige Beispiele für sozioökonomische und soziotechnische Infrastruktursektoren exemplarisch aufgeführt.

¹³ Öffentliche Güter zeichnen sich einerseits durch eine Nicht-Rivalität im Konsum aus, d. h. mehr als eine Person kann die gleiche Einheit des Gutes zur gleichen Zeit verzehren (z. B. Fernsehprogramme). Andererseits besteht für die Anbieter keine Möglichkeit Personen am Konsum solcher Güter zu hindern (Nicht-Ausschließbarkeit) (vgl. Krugman und Wells 2010: 20ff.).

¹⁴ Unter meritorischen Gütern werden für die Allgemeinheit verdienstvolle Güter zusammengefasst. Im Gegensatz zu öffentlichen Gütern kann der Anbieter den Konsum dieser Güter verhindern und es besteht auch Rivalität im Konsum. Die Nachfrage oder das Angebot bleibt bei diesen Gütern allerdings hinter den Gesellschaftlichen Erwartungen zurück. Da der Staat aber ein Interesse daran hat, dass diese Güter im Sinne des Gemeinwohls konsumiert wird, stellt er diese zur Verfügung oder schreibt den Konsum sogar vor. Dazu zählen bspw. die Bildung (Schulpflicht), Gesundheit (Vorsorge) und die Sicherheit (Polizei) (vgl. Wildmann 2010: 44ff.).

**Tabelle 2: Beispiele sozioökonomischer und -technischer Infrastrukturektoren
(Quelle: eigene Darstellung)**

Sozio-technische Infrastrukturektoren	Sozioökonomische Infrastrukturektoren
Energieversorgung (Elektrizitätsversorgung sowie Gas- und Fernwärmeversorgung)	Gesundheitswesen (Krankenhäuser, Sozialstationen, Beratungsstellen)
Informations- und Kommunikationstechnologie (Telefon, Radio, Fernsehen und Internet)	Ernährungsversorgung
(Trink-)Wasserversorgung und Abwasserentsorgung (Kanalisationssystem und Kläranlagen)	Bildungswesen (sämtliche Schulformen, Vorschulklassen und Volkshochschulen)
Transport und Verkehr (Straßen, Gleise, Flug- und Seehäfen, Wege, Plätze, Stellplätze, Nah- und Fernverkehrssysteme)	Sozialeinrichtungen für das altersgerechte Leben und benachteiligte Bevölkerungsgruppen (Kinderkrippen und -gärten, Altenwohnheime und Pflegeheime, Einrichtungen für Obdachlose)
Erschließungsgrünanlagen (Parks, Spielplätze, Schutz- und Trenngrün sowie Verkehrsbegleitgrün)	Kultureinrichtungen (Bibliotheken, Museen, Theater, Veranstaltungsräume, Bürgerhäuser)
	Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung und Sicherheit (Behörden und Ämter, Polizeiwachen, Parlament, Regierung, Justizeinrichtungen)
	Erholungs-, Sport-, und Freizeiteinrichtungen

Neben ihrer gesellschaftlichen Bedeutung lassen sich Infrastrukturektoren und -einrichtungen auch nach deren räumlichem Bezug unterscheiden. In diesem Fall wird zwischen netzgebundenen (Stromleitungen, Gleise, Straßen, Wasserleitungen, Kommunikationsleitungen usw.) und -ungebundenen (Übertragung von Radio- und Funkwellen) sowie Punktinfrastruktur (bauliche Anlagen wie Schulen, Krankenhäuser, Umspannwerke, Schwimmbäder usw.), die nur an bestimmten räumlichen Punkten verfügbar sind unterschieden (vgl. Libbe et al. 2010: 50). Im Folgenden liegt der Fokus auf soziotechnischen Infrastrukturektoren.

3.2 Charakteristika und Bedeutung von Infrastruktursystemen

Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, haben Infrastrukturen eine hohe Relevanz für das Funktionieren einer Gesellschaft – sowohl auf sozialer, ökonomischer als auch technologischer Ebene. Darüber hinaus sind Infrastrukturen trotz gravierender Unterschiede in ihrer Beschaffenheit durch zahlreiche spezifische Merkmale gekennzeichnet, die vor allem für die technischen, teilweise aber auch für die sozialen Infrastruktursysteme gelten und die Festlegung der Strukturen und Regeln in Bezug auf Infrastruktursysteme in der Vergangenheit im erheblichen Maße beeinflusst haben (vgl. Scheele 2002: 179f.; Libbe et al. 2010: 50f.).

Infrastruktursysteme sind sowohl durch brancheninterne als auch branchenübergreifende Wechselwirkungen gekennzeichnet. Man spricht in diesem Fall von sogenannten internen und externen Interdependenzen. Unter internen Interdependenzen werden Abhängigkeiten innerhalb eines Infrastruktursystems selbst verstanden; diese können bspw. technischer und/oder organisatorischer Natur sein (vgl. BMI 2011b: 10). Branchenübergreifende bzw. externe Interdependenzen umfassen (vgl. O'Rourke 2007: 23; BMI 2011b: 10):

- Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturektoren;
- Wechselwirkungen mit branchenfremden ökonomischen Sektoren: Veränderungen in anderen Wirtschaftsbereichen beeinflussen Investitionsentscheidungen in Infrastrukturen;
- Wechselwirkungen mit regulatorisch/rechtlichen Veränderungen: Regulatorische und rechtliche Veränderungen von Rahmenbedingungen können die Nachfrage, das Nutzerverhalten oder auch die technologische Entwicklung in Bezug auf Infrastrukturen beeinflussen;
- Wechselwirkungen mit kulturell/gesellschaftlichen Veränderungen: Gesellschaftlicher Wertewandel kann die Nachfrage nach Infrastrukturdienstleistungen und sonstige Aspekte beeinflussen.

Je nach Grad der gegenseitigen oder einseitigen Abhängigkeit können solche Faktoren hemmend oder fördernd für die Anpassungs-, Reaktions- und Wandlungsfähigkeit von Infrastruktursystemen sein (vgl. Rinaldi et al. 2001: 12; Lux et al. 2006: 429). Rinaldi et al. (2001: 14ff.) unterscheiden dabei die folgenden Arten von Interdependenzen:

- *Physikalischer Ursprung*: Die Funktion einer Infrastruktur ist vom physikalischen Output einer anderen Abhängig;
- *Virtueller Ursprung*: Die korrekte Funktion einer Infrastruktur ist von der Informationsübermittlung einer anderen abhängig;
- *Geografischer Ursprung*: Durch die räumliche Nähe von Infrastrukturen können zugleich zahlreiche Infrastrukturen von Störereignissen betroffen sein;
- *Logischer Ursprung*: Abhängigkeiten, die von Veränderungen in Märkten resultieren und sonst nicht virtueller und physikalischer Natur sind.

Interdependenzen sind aber auch ein Zeichen der gesellschaftlichen Institutionalisierung von Infrastruktursystemen. Mit zunehmender gesellschaftlichen Durchdringung, in Rahmen derer der Zugang zu Infrastrukturdienstleistungen nahezu allen Mitgliedern einer Gesellschaft ermöglicht wird, werden Infrastrukturen in das soziale Gefüge einer Gesellschaft integriert. Das wiederum beeinflusst die soziale Struktur einer Gesellschaft, sodass neue und spezialisierte Berufsgruppen, Normen

und Gesetze, eine eigene Wissensbasis, Verbände sowie Interessengruppen oder Organisationsformen entstehen (vgl. Mayntz 1988: 236ff.; Lux et al. 2006: 424f.; Graham und Marvin 2008: 43). Aufgrund der Interdependenzen und der Institutionalisierung von Infrastruktursystemen, können eingeschlagene Entwicklungspfade nur selten und/oder unter hohem Kostenaufwand und hohen gesellschaftlichen Veränderungen verlassen werden (vgl. Weingart 1989: 178).¹⁵

Die hohe Relevanz und die Kritikalität für das wirtschaftliche und soziale Leben und deren Entwicklung in der Vergangenheit führen dazu, dass Infrastruktursektoren – insbesondere in den europäischen Ländern – stark durch den Staat reglementiert und kontrolliert werden bzw. die Versorgung mit Infrastrukturdienstleistungen teilweise durch den Staat und deren Kommunen erbracht wird. Das hat zur Folge, dass in manchen Infrastrukturbereichen stark reglementierte Monopole auf Basis staatlicher Konzessionsverträge herrschen (vgl. Monstadt und Naumann 2004: 13). Andererseits ist ein Großteil der Infrastruktursektoren privatwirtschaftlich organisiert, sodass die Besitzverhältnisse über den privaten und öffentlichen Sektor verteilt sind oder teilweise auch Mischformen zwischen privatem und öffentlichem Sektor darstellen (vgl. Libbe und Trapp: 2005). Gleichzeitig kann es aber auch sein, dass voneinander abhängige Infrastruktursektoren konkurrierenden Unternehmen gehören, wodurch zahlreiche Interessenskonflikte, unterschiedliche Betrachtungsweisen und Berührungsbarrieren entstehen (vgl. Creese et al. 2011: 7). Die Auseinandersetzung darüber, ob Infrastrukturdienstleistungen privatwirtschaftlich oder durch Kommunen bzw. den Staat organisiert werden sollen und müssen, findet insbesondere im europäischen Raum seit Jahrzehnten statt. Je nach finanzieller Lage der Kommunen, der vorherrschenden marktpolitischen Überzeugung der regierenden Akteure, den Vorgaben auf übergeordneter Ebene sowie dem politischen Druck der lokalen Bevölkerung und wirtschaftlichen Teilnehmer, tendiert die Organisation von Infrastruktursystemen mal zur privatwirtschaftlichen und mal zur öffentlichen Versorgung (vgl. Libbe et al. 2010: 70ff.).

Aus ökonomischer Perspektive haben Infrastrukturen eine hohe Relevanz, weil sie die Transaktionskosten durch von ihnen bereitgestellte Dienstleistungen senken. Sie erbringen somit eine Art Vorleistung, die sonst zu Lasten der einzelnen Wirtschaftsakteure fallen würde. Damit generieren Infrastrukturen einen Mehrwert für nachgelagerte Prozesse (vgl. Frischmann 2012: 63f.). Gleichzeitig sind sie jedoch auch durch hohe Investitions- und Fixkosten gekennzeichnet. Dies hat einerseits zur Folge, dass Infrastrukturanlagen so ausgelegt werden, dass sie eine größtmögliche

¹⁵ Eine Auseinandersetzung mit möglichen Ursachen für Pfadabhängigkeiten findet in Abschnitt 3.5 in dieser Arbeit statt.

Outputmenge und Versorgungsreichweite haben. Andererseits ergeben sich dadurch hohe versunkene Kosten¹⁶, die als Markteintrittsbarrieren für den Wettbewerb fungieren. Es entstehen somit in bestimmten Bereichen natürliche Monopole, in denen ein einzelnes Unternehmen oder ein Anbieter die Dienstleistung kostengünstiger erbringen kann, als dies unter wettbewerblichen Bedingungen der Fall wäre. Da die hohen Fixkosten und die besonderen marktwirtschaftlichen Bedingungen nicht für die gesamte Wertschöpfung von Infrastruktursystemen und auch nicht für alle Infrastrukturektoren zutreffen, werden die einzelnen Bereiche entlang der Wertschöpfungskette und entlang der Sektoren sehr differenziert reglementiert und organisiert (vgl. Scheele 2002: 180f.; Libbe und Trapp 2005; Libbe et al. 2010: 51f.).

Infrastrukturen sind in der Regel öffentlich zugänglich und zeichnen sich außerdem durch eine nicht vorhandene oder geringe Rivalität im Konsum aus. Sie können damit als reine bzw. unreine öffentliche Güter (Allmendegut) betrachtet werden, obwohl der Zugang nicht grundsätzlich frei ist (z. B. für Post, Telefon, Strom, Wasser) oder die Nutzung gewissen Regeln unterliegt (z. B. Verkehrsregeln) (vgl. Frischmann 2012: 4f.). Die Nutzung von Infrastrukturdienstleistungen ist durch eine steigende Anzahl an Verbrauchern für den Einzelnen nicht eingeschränkt oder nur bedingt eingeschränkt (z. B. überfüllte Straßen, langsamere Internetverbindung usw.). Die Infrastruktur kann also im weitesten Sinne nicht „verbraucht“¹⁷ und zeitlich parallel von konkurrierenden und unterschiedlichen Nutzern zu unterschiedlichen Zwecken genutzt werden (vgl. Frischmann, 2012: 61ff.). Dennoch können Infrastrukturen auch Hindernisse für bestimmte Bevölkerungsgruppen darstellen. So kann z. B. eine Treppe ein nur schwer überwindbares Hindernis für Rollstuhlfahrer darstellen (Graham und Marvin 2008: 42).

Schließlich haben Infrastrukturen einen generischen Charakter und sind damit nicht zweckgebunden. Infrastrukturen können für die Erzeugung unterschiedlicher Outputs zur Befriedigung der Nachfrage genutzt werden. Zum Beispiel dienen die Wasser-, Straßen- und Schienennetze nicht nur dem Personentransport, sondern auch dem Transport der unterschiedlichsten Güter, Ressourcen usw. Gleiches gilt sowohl für das Elektrizitätsnetz als auch für das Internet und zahlreiche weitere Infrastrukturektoren (vgl. Frischmann 2012: 64f.). Gerade weil Infrastrukturen keinen direkten Mehrwert erzeugen – der Stromfluss durch eine Kabelleitung oder die „sinnlose“ Fahrt auf einer Straße generiert keinen gesellschaftlichen Mehrwert per se – werden sie durch die

¹⁶ Unter versunkenen Kosten (*sunk costs*) versteht man den Anteil an Investitionen, die bereits getätigt wurden und bei einem Marktaustritt nicht zurückgeholt werden können (z. B. Stromnetze, Eisenbahnnetze usw.). Diese Investitionen haben auf anderen Märkten entweder einen geringen oder keinen Wert, weshalb sie bei zukünftigen Entscheidungen nicht berücksichtigt werden (vgl. Krugman und Wells 2010 219).

¹⁷ Natürlich unterliegen auch Infrastrukturen einem gewissen Verschleiß und damit Verbrauch, weshalb diese in regelmäßigen Abständen gewartet oder erneuert werden müssen. Dieser Verbrauch wird z. B. in der Bundesrepublik Deutschland jedoch nicht dem einzelnen Nutzer zugeordnet.

Gesellschaft oft unterbewertet oder nicht wirklich wahrgenommen (vgl. Jakubowski 2006: 237; Frischmann 2012: 65f.).

3.3 Die Entwicklung von Infrastruktursystemen

Obwohl bei der Debatte um Infrastrukturen stets die Entwicklungen seit dem 18. Jahrhundert in Europa und Nordamerika im Fokus stehen, existieren technische Infrastrukturen zumindest im Bereich der Hygiene bereits seit Jahrtausenden vor christlicher Zeitrechnung auch in asiatischen und arabischen Kulturkreisen (vgl. Libbe 2013: 29f.). Trotz der langen kulturellen Tradition und gesellschaftlichen Verankerung von Infrastruktursystemen findet eine systematische und vergleichende Untersuchung der Entwicklungsprozesse von Infrastruktursystemen erst seit Beginn der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts statt (vgl. Mayntz 1988: 239). Maßgeblich für diese Entwicklung waren die analytischen Arbeiten von Thomas Hughes (1983; 1987), der mit Hilfe einer vergleichenden Untersuchung die Entwicklung der Elektrizitätsnetze in Deutschland, den USA und England analysiert und nachgestellt hat. Dabei stand nicht nur die historische Entwicklung in unterschiedlichen Ländern im Fokus, sondern auch die treibenden Kräfte, die vorherrschenden Rahmenbedingungen sowie die Bedeutung unterschiedlicher Akteure und technischer Komponenten. In den nachfolgenden Abschnitten soll der Entwicklungsprozess von Infrastrukturektoren und seine wesentlichen Aspekte nachgezeichnet werden. Dazu werden ein technologie-orientiertes Innovationsmodell, die Erkenntnisse von Hughes und darauf aufbauende Arbeiten sowie das Mehrebenen Modell näher betrachtet.

3.3.1 Technologische Innovationsprozesse

Technische Infrastrukturen sind in erster Linie Kompositionen verschiedener (sozialer, technischer sowie institutioneller) Komponenten. Weil in dieser Arbeit der Fokus der Innovation technischer Infrastrukturen gilt, liegt es nahe, dem Ablauf der Infrastrukturinnovation zunächst auf technologischer Ebene zu begegnen. In der Literatur existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle zur Beschreibung und Darstellung eines solchen Ablaufs – sowohl hinsichtlich der Prozessschritte als auch hinsichtlich deren Bezeichnung (vgl. Verworn und Herstatt 2000).

An dieser Stelle soll das sechs-phasige Modell nach Grupp eingeführt werden, das sich durch den folgenden Ablauf kennzeichnet (vgl. Grupp 2004: 18):

- Grundlagenforschung und Entwicklung;
- Technologie-spezifische Forschung, Entwicklung und Demonstration;
- Erste Pilotdemonstrationen der Technologie am Markt. Potentiellen Investoren, Käufern und Anwendern, soll in dieser Phase demonstriert werden, dass die Technologie eine reale Anwendung und einen potentiellen Markt hat, also realisierbar und leistungsfähig ist;
- Konnte eine Technologie potentielle Investoren überzeugen und darlegen, dass ein Markt vorhanden ist, so beginnt die Kommerzialisierung. Diese erfolgt entweder über bereits etablierte Unternehmen, die sich neu positionieren wollen oder über die Gründung neuer Unternehmen, die sich um die neue Technologie herum entwickeln;
- Kann sich die Technologie erfolgreich an einem Markt etablieren (in der Regel handelt es sich hierbei zunächst um Nischen- oder geschützte Märkte), tritt eine Wachstumsphase in Kraft;
- Durch zunehmende gesellschaftliche Akzeptanz kann die Technologie stetig von Größenvorteilen profitieren.

Während der Prozess durch eine kontinuierliche Verbesserung der Technologie und Kostenreduktion bei der Produktion und Nutzung verbunden ist, wechseln die Treiber der Innovation mit zunehmender Kommerzialisierung (vgl. Grupp 2004: 18f.). Die ersten Phasen sind vor allem durch einen Technologieschub bzw. Technologiedruck (*technology push*) gekennzeichnet. Das heißt, dass aufgrund der hohen technologischen Risiken und nicht vorhandenen Märkten, die Technologieentwicklung in diesem Stadium überwiegend durch öffentliche Mittel finanziert wird (vgl. Grupp 2004, 19f.; Jenkins und Mansur 2011: 5). Mit zunehmender Technologiereife und Marktentwicklung entsteht eine Nachfrage aus dem Markt heraus (*demand pull*); die technologischen Risiken sind dabei in der Regel überwunden – es herrschen lediglich Marktrisiken vor und Verkaufserlöse können generiert werden, weshalb die Finanzierung zunehmend durch den privaten Sektor erfolgt (vgl. Grupp 2004: 19f.; Jenkins und Mansur 2011: 5).

Nach Jenkins und Mansur (2011: 5) muss die Technologie im Laufe des Innovationsprozesses zwei wesentliche Hürden überwinden. Das sogenannte technologische Tal des Todes (*technology valley of death*) sowie das kommerzielle Tal des Todes (*commercialization valley of death*). Das technologische Tal des Todes entsteht an dem Punkt, an dem die Technologie die reine Laborentwicklung verlässt

und zusätzliches Kapital erfordert, um in Pilotprojekten in der realen Umwelt seine Praxis- und Marktauglichkeit vor potentiellen Anwendern und Investoren unter Beweis zustellen (vgl. Jenkins und Mansur 2011: 7ff.). Am Übergang zwischen den ersten Pilot- sowie Demonstrationsprojekten und der Kommerzialisierung im realen Umfeld kann sich das kommerzielle Tal des Todes ergeben. In diesem Stadium der Entwicklung wird noch einmal erhebliches Kapital zum Aufbau der kommerziellen Strukturen benötigt. Es werden Produktionskapazitäten und -stätten benötigt, es müssen Anlagen in einer wirtschaftlichen Größe (z. B. Kraftwerke, Kläranlagen usw.) errichtet werden, die Technologie muss eventuell in vorhandene Infrastrukturen eingepasst oder eingebettet werden, eventuell müssen neuen Infrastrukturen errichtet werden und schließlich muss die Markteinführung öffentlichkeitswirksam erfolgen. Insbesondere im Bereich der Infrastrukturen, wie z. B. dem Energiesektor, ist eine Markteinführung sehr kapitalintensiv, wohingegen sich die Realisierungs- und Amortisationszeiträume über Jahre und Jahrzehnte erstrecken können (vgl. Jenkins und Mansur 2011: 13ff.). Abbildung 4 fasst das soeben Beschriebene zusammen.

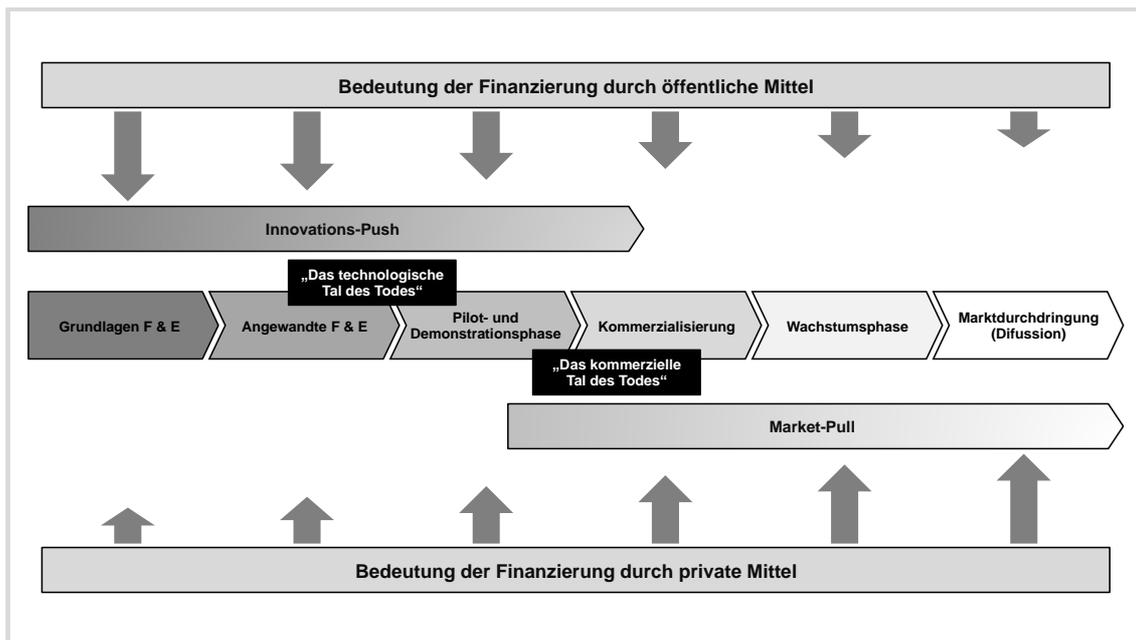


Abbildung 4: Technologischer Innovationszyklus
(Quelle: in Anlehnung an Grupp 2004: 24)

3.3.2 Der Entwicklungsablauf nach Hughes

Das oben dargestellte Modell setzt vor allem den Schwerpunkt auf die technologische Entwicklung und die damit verbundenen finanziellen und marktbedingte Implikationen. Erfolgreiche Innovationen sind jedoch nicht nur das Ergebnis verfügbarer monetärer Ressourcen, sondern ergeben sich durch das Zusammenspiel verschiedener Faktoren auf unterschiedlichen Handlungs- und Entscheidungsebenen, die sich im zeitlichen Verlauf eines Innovationsprozesses dynamisch verändern (vgl. Grupp 2004: 19;

Jenkins und Mansur 2011: 5). Am Beispiel der Entstehung und Entwicklung der Elektrizitätsnetze in Deutschland, den Vereinigten Staaten von Amerika und England analysierte Hughes diese Dynamiken. Insgesamt konnte er sieben Phasen identifizieren, zu denen die Erfindung, Entwicklung, Innovation, Transfer, Wachstum, Wettbewerb und schließlich Konsolidation gehörten (vgl. Hughes 1987: 9). Wegen seines eingeschränkten Bezugs auf die Entwicklung der Elektrizitätsnetze wurde dieses Modell von Mayntz (1988: 24ff.) und später von Kaijser (2001: 7ff.) auch auf andere Infrastruktursektoren angewandt sowie generalisiert und schließlich auf drei wesentliche Phasen reduziert:

Die Initialphase bzw. Pionierphase

Die Initialphase geht von der Invention von Schlüsseltechnologien über deren Entwicklung bis hin zu deren Innovation. Der Ausgangspunkt für die Entstehung neuer Infrastruktursysteme sind radikale Innovationen, die mittel- bis langfristig vorhandene Infrastruktursysteme obsolet machen. Eine radikale Innovation ist dabei jedoch nicht nur die Entstehung einer bisher nicht vorhandenen Technologie, sondern impliziert auch Verbesserungen oder den Transfer bereits vorhandener Technologien, die es in der Vergangenheit nicht zur Innovation gebracht haben (vgl. Hughes 1987: 11f.; Mayntz 1988: 241; Ohlhorst 2009: 251). Weil institutionalisierte Organisationen¹⁸ oft kein Interesse an radikalen Erfindungen haben und Anreize zu Investitionen in den Innovationsprozess fehlen, wird diese Phase durch unabhängige Wissenschaftler, Erfinder, Ingenieure, Geldgeber oder Akteure geprägt, die außerhalb institutionalisierter Organisationen agieren, wodurch eine gewisse Entscheidungs- und Denkfreiheit in Bezug auf die von ihnen initiierten Projekte besteht (vgl. Hughes 1987: 10ff.; Bruns et al. 2009, 368f.; Ohlhorst 2009: 251).

Die Initialphase zeichnet sich zudem dadurch aus, dass es im Grunde keinen bewussten Bedarf nach diesen Technologien gibt. Das hängt nach Mayntz (1988: 241) einerseits damit zusammen, dass die evidenten Bedürfnisse im Grunde durch vorhandene Infrastruktursysteme bereits abgedeckt und gleichzeitig die Grenzen der Leistungsfähigkeit dieser Systeme überschätzt werden. Andererseits kann das Entwicklungspotenzial aufgrund anfänglicher Kinderkrankheiten und technologischer Defizite nicht abgeschätzt werden, sodass diese Technologien eher als Ergänzungen zu den bereits etablierten Infrastruktursystemen oder als Luxusgüter angesehen werden, weshalb sie zu Beginn in aller Regel auch eher ein Nischendasein fristen

¹⁸ Unter Institutionalisierung einer Technologie versteht man in diesem Zusammenhang den Prozess der gesellschaftlichen Durchdringung durch eine bestimmte Technologie, sodass diese ein Teil der gesellschaftlichen Kultur wird. Institutionalisierte Organisationen sind demzufolge, private und öffentliche Organisationen, die in der Gesellschaft fest verankert sind. Dazu zählen jedoch nicht staatliche Organe wie z. B. Ministerien sowie Bildungs- und Forschungseinrichtungen (vgl. Meyer und Rowan 2009: 28ff.).

(vgl. Mayntz 1988: 242). In der Initialphase wird oft der Versuch unternommen, etablierte Systeme zu kopieren oder bereits vorhandene Infrastrukturen zu nutzen, sodass Erfindungen und neue Technologien sukzessive in das vorhandene komplexe soziale, politische und ökonomische Gefüge eingepasst werden (vgl. Hughes 1987: 18; Mayntz 1988: 241f.; Geels 2002: 1271). Van der Vleuten und Raven (2006: 3747) sehen daher in Stabilität und im Wandel zwei Seiten einer Medaille, die sich einerseits ergänzen und andererseits im potentiellen Wettbewerb zueinander stehen.

Die Unsicherheit in Bezug auf die Nachfrage, technologische Entwicklung oder sozialbedingte Hemmnisse und auch der hohe anfängliche Investitionsbedarf in Infrastruktursysteme haben zur Folge, dass Investoren, Institutionen sowie die potenziellen Nutzer zunächst einmal zurückhaltend agieren (vgl. Hiesl et al. 2002: 130). Zur Überwindung solcher Unsicherheiten und des zurückhaltenden Verhaltens wurde in der Vergangenheit die Innovation technischer Systeme durch institutionelle Innovationen unterstützt, um die Nutzung des Infrastruktursystems für zahlreiche Nutzergruppen erforderlich und erschwinglich zu machen und die Investitionsrisiken zu reduzieren (vgl. Kaijser 2001: 7ff.). Ferner wurde festgestellt, dass nicht die Infrastruktur selbst, sondern deren Dienstleistungen vermarktet werden müssen, also Transport, Mobilität, Kommunikation usw. (vgl. Kaijser 2001: 9). Auch die räumliche Verbreitung der Technologien ist in dieser Phase begrenzt und beschränkt sich in aller Regel auf Räume, die vorteilhafte Nachfragebedingungen bieten (vgl. Monstadt und Naumann 2004: 14).

Die Wachstumsphase

Mayntz (1988: 245) sieht die Initialphase als beendet, sobald es zu einer aktiven Systementwicklung kommt. Hierbei treten die in der Initialphase dominierenden naturwissenschaftlichen und ingenieurs-technischen Akteure zunehmend in den Hintergrund, während ökonomische und politische Führungspersönlichkeiten als treibende Kräfte an Bedeutung gewinnen (vgl. Hughes 1987: 23; Mayntz 1988: 245). Die Bedeutung der naturwissenschaftlichen und ingenieurs-technischen Akteure nimmt jedoch im Verlauf der Wachstumsphase wieder zu, und zwar dann, wenn sich neue, auf eine bestimmte Technologie spezialisierte Berufsgruppen herausbilden und es darum geht, die Position dieser Technologie zu verteidigen und deren Wachstum weiterzutreiben (vgl. Mayntz 1988: 245).

Aus staatlicher Perspektive werden neue Infrastruktursysteme dann interessant, wenn staatlichen Akteure unmittelbaren Nutzen für sich und den Staat ziehen können. Das staatliche Interesse kann bspw. administrativer oder militärischer Natur sein, wie im Falle der Kommunikationstechnologien aber auch durch Wachstumsziele oder eine

Politik der Bevölkerungsversorgung bestimmt sein (vgl. Mayntz 1988: 245; van der Vleuten und Raven 2006: 3741ff.). Der Staat und seine Akteure müssen jedoch auch – aufgrund der Kapitalintensität von Infrastrukturen – über die erforderlichen Finanzmittel sowie Kompetenzen verfügen, wenn sie Infrastruktursysteme außerhalb der freien Marktwirtschaft aufbauen wollen (vgl. Mayntz 1988: 245f.).

Aber auch aus privatwirtschaftlicher Sicht ist ein verfügbarerer Markt zahlungsbereiter und potenzieller Nutzer in vielerlei Hinsicht nicht ausreichend. Für den Aufbau von Infrastruktursystemen müssen zunächst finanzielle Mittel in konzentrierter Form seitens deren Entwickler und späteren Betreiber verfügbar sein (vgl. Mayntz 1988: 246). Aus diesen Gründen haben sich sowohl auf staatlicher (regulatorische Maßnahmen und Innovationen) als auch privater Seite (z. B. Holdinggesellschaften) und zwischen beiden Seiten neue Kooperations- und Unternehmensformen entwickelt, die eine konzentrierte Kapitalverfügbarkeit und die Wahrung der jeweiligen Interessen ermöglichen. Dies ist in der Vergangenheit unter zahlreichen Interessenkonflikten geschehen, weshalb Kooperationen zwischen privaten und staatlichen Akteuren oftmals notwendige Kompromisslösungen, und nicht immer gewollte Zusammenarbeit darstellten (vgl. Mayntz 1988: 246ff.). Die Kapitalverfügbarkeit und Machtposition der einzelnen Akteure beeinflusst so nicht nur den Zeitpunkt und die treibende Kraft des Aufbaus von Infrastruktursystemen, sondern auch deren spätere Struktur. So haben sich bspw. in den USA aufgrund dessen, dass sich das Kapital überwiegend im privaten Besitz befindet und der Staat gegenüber privaten kapitalstarken Akteuren zurückhaltend ist, eher dezentrale Infrastruktursysteme mit unterschiedlichen Normen und Standards entwickelt. Das hatte aber auch zur Folge, dass zahlreiche Konflikte zwischen privaten und staatlichen Akteuren ausgefochten wurden, ehe man sich auf ein nationales Infrastrukturnetz einigen konnte, wie das z. B. bei der Eisenbahn der Fall war. In Europa hingegen greift der Staat aufgrund seiner Machtposition auch beim privaten und dezentralen Aufbau von Infrastruktursystemen regulatorisch ein, sodass in Deutschland und Frankreich bspw. bei der Eisenbahn von Anfang an national geltende Standards vorgegeben wurden (vgl. Mayntz 1988: 246f.).

Aus ökonomischer Perspektive sind es vor allem die *Economies of Scale*, *Economies of Scope* und *Economies of Reach*, die zu sinkenden Betreiberkosten und fallenden Nutzungspreisen und somit zur weiteren Beförderung des Wachstums von Infrastrukturen beitragen (vgl. Kaijser 2001: 10f.). Hughes betont jedoch, dass im Verlauf der Entwicklung aufkommende Probleme ebenso für das Wachstum technischer Infrastruktursysteme förderlich sein können. In diesen Zusammenhang spricht er von sogenannten *reverse salients*, also technischen und organisatorischen Komponenten (dazu können auch Normen und Standards oder auch gesetzliche

Regelungen zählen), die der tatsächlichen Technologieentwicklung hinterher hinken und zunächst für das Wachstum und die weitere Entwicklung eines Infrastruktursystems hinderlich erscheinen. Gerade das Vorhandensein und die relativ einfache Identifikation dieser *reverse salients* führt aber zur Herausbildung spezialisierter Berufsgruppen und zu zunehmend konservativen Inventionen (vgl. Hughes 1987: 33ff.; Kaijser 2001: 11). Aber auch negative Externalitäten¹⁹ und Kapazitätsengpässe können für das Wachstum und die Manifestierung von Infrastrukturen förderlich sein. Während dadurch einerseits Stimmen gegen eine Technologie laut werden, versuchen andererseits ihre Verfechter und auf sie spezialisierte Berufsgruppen die entstandenen Probleme durch technische Weiterentwicklung und organisatorische Veränderungen zu lösen (vgl. Mayntz 1988: 251). Sowohl im Falle der *reverse salients* als auch bei negativen Externalitäten werden somit Ressourcen (vor allem monetäre) gebunden, die anderswo eingesetzt werden könnten. Unternehmen und vor allem private Akteure, die bereits viel Kraft und viele Ressourcen investiert haben, werden natürlich ein besonderes Interesse an einem Fortbestehen und weiteren Expansion „ihres“ Infrastruktursystems haben (vgl. Kaijser 2001: 10f.).

Ferner muss die Etablierung von Infrastruktursystemen auch anfänglichen Widerständen und Ängsten seitens der potenziellen Nutzer begegnen. Diese haben aufgrund der zunächst hohen Kosten, des nicht vorhandenen Wissens im Umgang mit der neuen Technologie und ihren Gewohnheiten und Routinen die Neigung, auf alten Infrastruktursystemen und -dienstleistungen zu beharren (vgl. Kaijser 2001: 12). Die Bedeutung der potenziellen Nutzer darf jedoch in Bezug auf die langfristige Akzeptanz und die Finanzierung von Infrastruktursystemen nicht vernachlässigt werden. In der Wachstumsphase ist es vor allem auch die Nachfrage seitens der Nutzer, die für eine Expansion der Infrastruktursysteme förderlich ist (vgl. Mayntz 1988: 248f.). Es sind also weder das technologische Potenzial noch die technologischen Grenzen, die eine Systementwicklung bestimmen, sondern *„[v]ielmehr hängt es von den Zielen und Werten der aktiv an der Systementwicklung beteiligten, meist kooperativen Akteure und dem politischen, rechtlichen und ökonomischen Kontext, in dem sie operieren, ab, ob und in welcher technischen und sozialstrukturellen Form das jeweilige technische Potential realisiert wird.“* (Mayntz 1988: 252f.).

In der Wachstumsphase findet zudem eine stetige Vernetzung der einzelnen Komponenten und Kompetenzen sowie ein Austausch zwischen den Infrastruktursystemen statt, der technische Standards und Normen erfordert und somit

¹⁹ Unter negativen Externalitäten versteht man volkswirtschaftliche Kosten, welche auf die Gesellschaft oder Dritte durch die Verursacher übertragen werden (dazu zählen bspw. ökologische Belastungen oder Lärmbelastungen) (vgl. Krugman und Wells 2010: 600ff.).

auch zur Herausbildung von spezialisierten Verbänden und Interessensgruppen und schließlich zu Pfadabhängigkeiten von einem Infrastruktursystem beiträgt (vgl. Hughes 1987: 37; Libbe et al. 2010: 56).

Stagnationsphase

Die Stagnationsphase ist durch eine Universalisierung und Konsolidierung der Infrastruktursysteme gekennzeichnet. Durch staatliche Eingriffe und eine zunehmende Schaffung regionaler und nationaler Versorgungsmonopole, werden auch bis dato strukturschwache Regionen erschlossen, deren Förderung aus privatwirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll erscheint. Dadurch entwickelt sich eine „[...] öffentliche Verantwortlichkeit für eine sichere und preisgünstige Versorgung der gesamten Bevölkerung mit Infrastrukturdiensten [...]“ (Monstadt und Naumann 2004: 16). Ferner überschneidet sich die Stagnationsphase des dominierenden Infrastruktursystems in aller Regel mit der Initialphase einer neuen oder alternativen Technologie (vgl. Mayntz 1987: 254).

Aus ökonomischer Sicht werden die Grenzen der *Economies of Scale* und *Economies of Scope* erreicht, so dass sich Kapazitätsgrenzen und damit zunehmend auch Sättigungserscheinungen einstellen. Die Knappheit von verfügbaren Flächen kann zudem dazu führen, dass sich in Bezug auf *Economies of Reach* sogenannte *Diseconomies* einstellen, weil die Überlastung von bspw. Straßennetzen zu längeren Fahrtzeiten führt (vgl. Kaijser 2001: 14). Veränderungen der technologischen Entwicklungspfade werden aufgrund steigender Pfadabhängigkeiten – dominierende Infrastruktursysteme entwickeln nach Hughes ein sogenanntes *Momentum* – die sich aus den bereits genannten Gründen einstellen, immer schwieriger und lassen sich nur noch langfristig realisieren. Dennoch haben es neue Technologien und alternative Entwicklungspfade schwer, sich gegenüber bestehenden Systemen durchzusetzen, da die Ressourcen für die Problembewältigung zunächst in bestehende Infrastruktursysteme und inkrementelle Forschung investiert werden (vgl. Hughes 1987: 37ff.). Darüber hinaus hat die etablierte Position des dominierenden Infrastruktursystems zur Folge, dass es allein wegen seiner hohen räumlichen Verbreitung und der hohen Akzeptanz in der Gesellschaft, der alternativen bzw. neuen Technologie nur in Nischenräumen den Platz zur Entfaltung ermöglicht. Das bedeutet, das neue Infrastruktursystem agiert zunächst ergänzend und weniger als Substitut (vgl. Mayntz 1987: 254; Ohlhorst 2009: 252ff.).

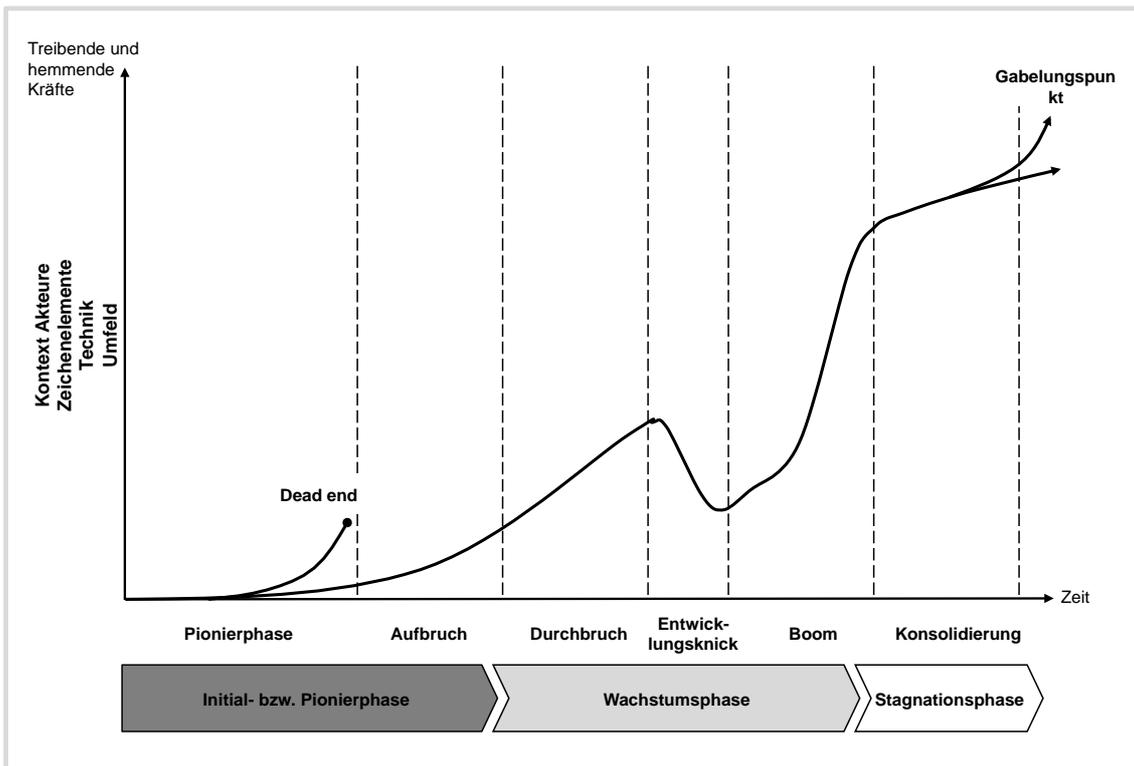


Abbildung 5: Der Innovationsprozess als heterogenes Bündel von Einflussfaktoren
(Quelle: in Anlehnung an Ohlhorst 2009: 250)

Abbildung 5 gibt den soeben beschriebenen Entwicklungsprozess wieder. Dabei sind auf der y-Achse die treibenden und hemmenden Kräfte abgetragen, die sich durch die unterschiedlichen Akteure, den Kontext, Regeln und Normen sowie technische und ökologischen Aspekte ergeben. Die x-Achse entspricht dem zeitlichen Verlauf mit seinen Phasen. Dabei sind über den drei Kernphasen ihre wesentlichen Charakteristika dargestellt. Nach Ohlhorst (2009: 249) sind die einzelnen Phasen somit als „[...] Bündel heterogener Einflussfaktoren [...]“ zu verstehen.

3.3.3 Die Mehrebenen Perspektive

Die soeben beschriebenen horizontal verlaufenden Phasen konzentrieren sich in erster Linie auf die Beschreibung des Prozesses, durch welchen technologische Systeme zustande kommen. Sie erklären jedoch nicht, wie bestimmte Lösungen und Pfade aufgrund der Interaktionen zwischen Akteuren ermöglicht werden (vgl. Vernay 2013: 34). Ausgehend von der Annahme, dass jegliche Entwicklung von Infrastruktursystemen früher oder später im *Momentum* resultiert und damit verbundene Pfadabhängigkeiten im Grunde sozial und technologisch konstruiert sind – MacKenzie (1992: 32) sieht sogar technologische Pfadabhängigkeiten als sich selbst erfüllende Prophezeiungen, der wesentlichen Akteure – versuchen Wissenschaftler wie Geels der Frage nachzugehen, wie Transition und Transformation im Bereich der Infrastruktursysteme überhaupt zustande kommt und wie die jetzt dominierenden

Infrastruktursysteme in der Lage waren, das *Momentum* ihrerseits zu überwinden (vgl. Geels 2007; Schneidewind und Scheck 2012: 50).

Das Mehrebenen Modell im Bereich der soziotechnologischen Transition unterscheidet drei relevante Systemebenen. Dazu zählen die Nischen-Ebene, in welcher radikale Innovationen entstehen, die Regime-Ebene, die sich aus kognitiven und normativen Denkmustern dominanter Akteure und Netzwerke des Systems ergibt, und schließlich die Umgebungs-Ebene, die sich auf exogene Entwicklungen bezieht (vgl. Geels 2007: 126; Geels und Schot 2010; S. 18ff.; Schneidewind und Scheck 2012: 48). Das Mehrebenen Modell untersucht die Interaktion von sozialen Gruppen und Akteuren im Rahmen der Entwicklung soziotechnischer Systeme. Über die ex post Analyse historischer Transitions- und Transformationsprozesse dieser Systeme wird die Gültigkeit dieses Modells überprüft (vgl. Geels 2007: 131). Darunter fällt die Analyse von Fallstudien, wie z. B. die Entwicklung von Segel- zu Dampfschiffen (vgl. Geels 2002), nachhaltiger Mobilität (vgl. Nykvist und Whitmarsh 2008), die Entwicklung von Autobahnen (vgl. Geels 2007) oder die Transition zu CO₂-armen Technologien (Geels 2012).

Das Fundament dieses Modells bilden drei sich in Wechselwirkung zueinander befindliche Dimensionen technischer Systeme: a) tangible Technologien, wie Infrastrukturanlagen, Geräte und sonstige technische Artefakte; b) einzelne Akteure und soziale Gruppen, die Technologien entwickeln, nutzen, regulieren und aufrechterhalten; c) Werte und Normen, welche die Vorstellungen und Handlungen der einzelnen Akteure und sozialen Gruppen determinieren oder zumindest lenken (vgl. Geels 2004: 903).

Auf der mittleren Ebene befindet sich das bestehende soziotechnische Regime, mit welchem Neuerungen und Innovationen konkurrieren müssen. Das soziotechnische Regime ist für die Stabilität und damit die geringe bzw. inkrementelle Innovationsfähigkeit der vorhandenen soziotechnischen Systeme verantwortlich (vgl. Geels 2012: 473). Diese Stabilität ergibt sich vor allem aus den Wechselwirkungen zwischen den drei Dimensionen der Infrastruktursysteme (vgl. Geels 2005: 449):

- *Kognitive, normative, regulatorische und formelle Routinen:* Aufgrund kognitiver Routinen sind z. B. Ingenieure und Entwickler nicht in der Lage bestimmte Denkmuster zu verlassen; normative Wertevorstellungen sorgen dafür, dass bestimmte Themen nicht angemessen sind; regulatorische und formelle Regeln wie z. B. technologische Standards oder Bedingungen für Subventionen aber auch rechtlich bindende Verträge sorgen dafür, dass bestimmte Technologien

bevorzugt werden. Schließlich kommt noch die Interdependenz der vorherrschenden Regeln untereinander als stabilisierender Faktor hinzu, sodass einzelne Regeln nicht verändert werden können, ohne, dass andere davon betroffen sind (vgl. Geels 2004: 910).

- *Dominierende Akteure und Organisationen:* Dominierende Akteure und Organisationen bilden interdependente Netzwerke und gegenseitige Abhängigkeiten, die genauso zu einer Stabilität der vorherrschenden Regimes beitragen (z. B. Produzenten, Lieferanten, industrielle und öffentliche Forschungseinrichtungen, technische und industrielle Verbände, allgemeine Bildungseinrichtungen, finanzielle Unterstützer usw.). Außerdem kommt hinzu, dass dominierende Akteure durch ihre Marktmacht und politischen Lobbyismus Innovationen lenken und/oder gering halten können. Dies geschieht z. B. durch Industrie- und Branchenverbände, Stiftungen usw. (vgl. Geels 2004: 911).
- *Dominierende sozio-technische Systeme:* Die bereits dargestellten Interdependenzen zwischen den soziotechnischen Systemen, deren Teilsystemen und Komponenten, die sich z. B. in Kompatibilitätsstandards widerspiegeln, sind ebenso ein Hindernis für die Innovationsfähigkeit und das Auftreten neuer Technologien. Ferner sind dominierende Systeme in die Gesellschaft eingebettet, sodass Menschen ihren Lebensstil und ihre wirtschaftlichen Handlungen danach ausrichten. Damit werden diese Systeme Bestandteil des ökonomischen Systems (vgl. Geels 2004: 911).

Es ist allerdings nicht so, dass die stabilisierenden Mechanismen die Innovation komplett ausbremsen; sie findet weiterhin statt, jedoch in den meisten Fällen inkrementell, vorhersehbar und innerhalb bestimmter Technologiepfade, sodass eine dynamische Stabilität vorherrscht (vgl. Geels 2002: 1260).

Radikale Innovationen bzw. Neuerungen entstehen dagegen in Nischen, die mehr oder weniger geschützte Bereiche darstellen. Auch in Nischenbereichen gibt es Wechselwirkungen zwischen Technologie, Akteuren und Regeln. In Nischen sind die Technologien aber instabil, die Akteursnetzwerke klein und unsicher und die Regeln meistens noch unverbindlich und unscharf (vgl. Geels 2007: 128f.). Solche Nischen sind z. B. Forschungs- und Entwicklungslabore, durch Fördermittel finanzierte Demonstrationsprojekte oder kleine Marktnischen, mit einer sehr spezifischen Kundennachfrage oder dem Wunsch Innovationen zu unterstützen (z. B. das Militär). Aufgrund stabilisierender Mechanismen (Barrieren) des bestehenden Regimes, ist es für Nischeninnovationen jedoch nicht leicht in das bestehende Regime vorzudringen oder gar dieses zu ersetzen (vgl. Geels 2012: 472). Diese geschützten Bereiche erscheinen für Nischeninnovationen auch schon deshalb erforderlich, weil diese

einerseits eine Verbesserung darstellen können, andererseits aber durch ein inferiores Preis-Leistungs-Verhältnis – aufgrund hoher Investitionskosten und nicht vorhandener *Economies of Scale* und *Economies of Reach* – gegenüber dem Angebot im Regime nicht konkurrenzfähig wären (vgl. Geels 2007: 128).

Nischen haben dann bessere Erfolgsaussichten, wenn diese als Experimente oder Demonstrationsprojekte unter realen Bedingungen umgesetzt und damit konkreter werden, und sich durch Lernprozesse zu stabilen Konfigurationen entwickeln bzw. durch größere soziale Netzwerke an Legitimation und Akzeptanz gewinnen (vgl. Geels 2012: 472).

Die Makro-Ebene stellt in diesem Modell die sozio-technologische Umgebung dar. Sie ist somit der breite Kontext, in welchem sowohl die Nischen als auch das dominierende Regime eingebettet und durch welchen sie beeinflusst werden. Zur soziotechnischen Umgebung gehören Faktoren wie räumliche Strukturen, politische Ideologien, gesellschaftliche Werte, die mediale Landschaft, globale Trends, ökologische Krisen, globale Regulationen und Institutionen usw. (vgl. Geels 2002: 1260; Foxon 2007: 146; Geels 2012,:3; Schneidewind und Scheck 2012: 49).

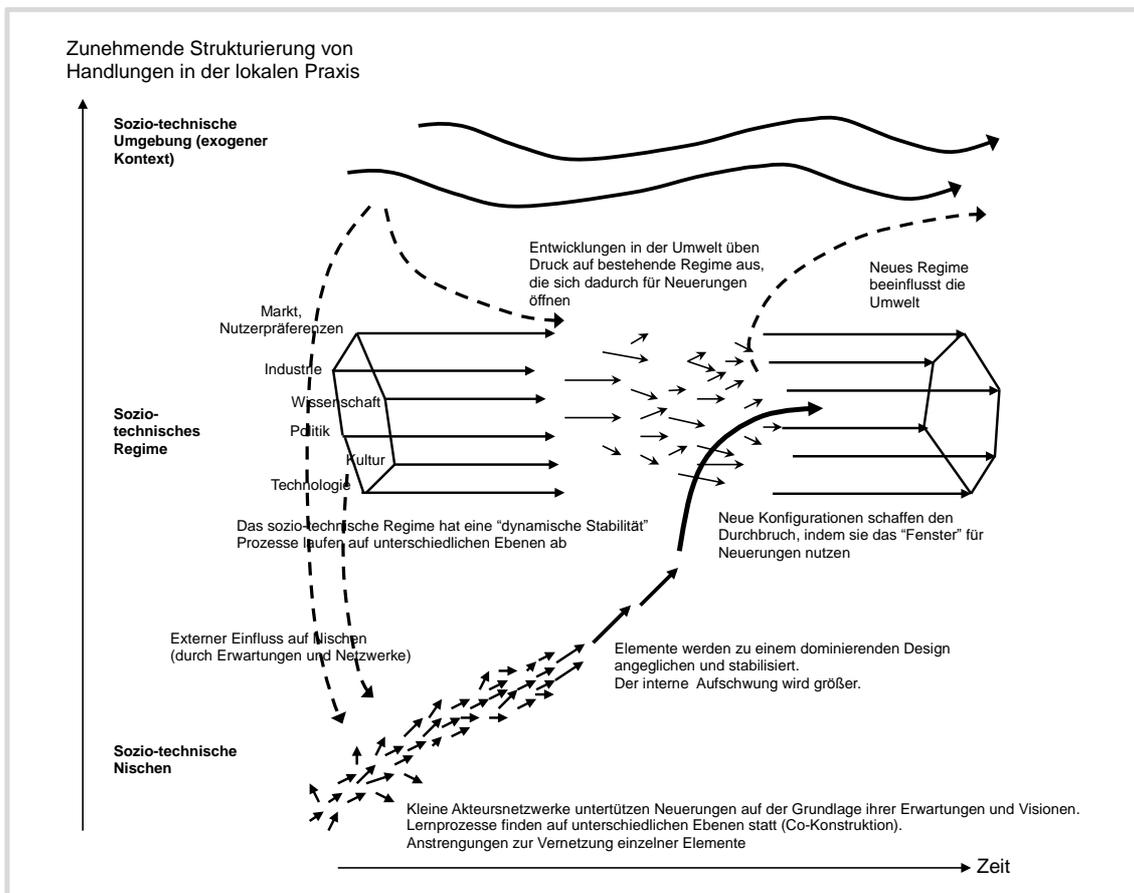


Abbildung 6: Das Mehrebenen-Modell der Transition
(Quelle: in Anlehnung an Geels 2012: 4)

Abbildung 6 veranschaulicht die Wechselwirkungen zwischen diesen Ebenen und stellt diese in den Kontext der Infrastrukturentwicklung. Dabei laufen im Wesentlichen folgende soziotechnischen und sozioökonomischen Prozesse ab (vgl. Geels 2007: 129ff.; Schneidewind und Scheck 2012: 50): Auf der untersten Nischenebene entstehen radikale Innovationen, die vor allem durch Unsicherheiten und impulsartige Entwicklungen gekennzeichnet sind. Die Visionen von Akteuren und sozialen Gruppen in Nischenbereichen werden durch dynamische Entwicklungen im dominierenden Regime und auf der Makroebene beeinflusst. Vorreiter Akteure sehen in Nischeninnovationen die Möglichkeit zur Lösung bestehender Probleme im dominierenden Regime und der soziotechnischen Umgebung. Solange das dominierende Regime jedoch durch Stabilität gekennzeichnet ist, werden radikale Nischeninnovationen, aufgrund stabilisierender Mechanismen des dominierenden Regimes, wenig Chancen auf Erfolg haben. Allein die Existenz einer Nischeninnovation, die möglicherweise eine Verbesserung darstellt, reicht also offenbar für ihren Erfolg nicht aus. Vielmehr muss ein gewisser Druck auf das dominierende Regime vorherrschen, der sich z. B. durch Veränderungen der Werte einer Gesellschaft, neue politische Konstellationen, geopolitische Konflikte oder Veränderungen der ökologischen Rahmenbedingungen ergibt. Erst dieser Druck und die damit verbundenen Probleme innerhalb des bestehenden Regimes eröffnen Nischeninnovationen ein gewisses Zeitfenster (*windows of opportunity*), um in die gesellschaftliche Mitte vorzustoßen. Gelingt einer Nischeninnovation der Durchbruch in die gesellschaftliche Mitte, tritt diese in den unmittelbaren Wettbewerb mit den dominierenden Technologien und kann – sofern sie ihre technologische Überlegenheit demonstriert – das dominierende Regime nach und nach substituieren.

Dabei kann die Transition nach Geels und Schot (2007) auf unterschiedliche Art und Weise stattfinden. So können Nischeninnovationen bestehende Regime ersetzen (technologische Substitution); Nischeninnovationen können aber auch an bestehende Regime angepasst werden; Akteure des bestehenden Regimes können Veränderungen herbeirufen, die bestehende Probleme lösen und den externen Druck herausnehmen (Transformation); gravierende Veränderungen in der Umgebung können zum Zusammenbruch bestehender Regime führen, dem sich Nischenexperimente anschließen und es zu einem Wiederaufbau des Systems kommt – in Form einer Transition oder Transformation.

Die Autoren betonen jedoch auch, dass jeder Transformations- und Transitionsprozessprozess einzigartig ist und keinen einfachen und linearen Kausalitäten unterliegt. So können die Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Ebenen dazu beitragen, dass Nischeninnovationen auch

Rückschläge erleiden, weil die Innovation nicht ausreichend Unterstützung bekommt oder sich das Fenster für das Vordringen der Nischeninnovation aufgrund neuer Bedingungen wieder schließt (vgl. Geels 2012: 3f.; Ohlhorst 2009: 248).

3.4 Exogener Einfluss des Klimawandels auf Infrastruktursysteme

Die Betrachtung unterschiedlicher Innovations- und Entwicklungskonzepte in der Technologie- und Infrastrukturentwicklung verdeutlicht, dass Innovationsprozesse großformatiger Technologien äußerst komplex sind und durch eine permanente Interaktion innerhalb und zwischen verschiedenen Ebenen gekennzeichnet sind. Ganz zentral erscheinen hierbei – wie am Mehrebenen Modell dargestellt – exogene Faktoren, die einen gewissen äußeren Druck auf die technischen Infrastruktursysteme erzeugen und somit die Notwendigkeit zu Systemwechseln oder Systeminnovationen begründen (vgl. Abschnitt 3.3). In diesem Abschnitt soll daher dargestellt werden, inwiefern die zu erwarteten Klimaveränderungen Auswirkungen auf die gegenwärtigen Infrastruktursysteme haben.

Stark industrialisierte und technologieorientierte Gesellschaften – wie die der sogenannten Industrieländer – sind auf die uneingeschränkte Verfügbarkeit von Infrastrukturdienstleistungen im erheblichen Maße angewiesen (vgl. BMI 2011: 7). Ein klimatisch bedingter teilweiser oder gar vollständiger Ausfall bestimmter Infrastruktursektoren kann dabei erhebliche Folgen für das öffentliche und wirtschaftliche Zusammenleben haben (vgl. O'Rourke 2007: 24f.; Chang 2009: 37f.; BMI 2011a: 7). Das hängt vor allem damit zusammen, dass ein Ausfall oder eine Störung von einzelnen Infrastruktursektoren, aufgrund des interdependenten Gefüges unserer Gesellschaft in der Regel mit Kaskaden-Effekten verbunden ist. So kann z. B. ein Stromausfall die Mobilität (Störung der Signalanlagen bei der Bahn oder auf den Straßen), das wirtschaftliche Treiben (Beeinträchtigung der industriellen und wirtschaftlichen Prozesse), die Kommunikation (in begrenztem Maße) und andere direkt oder indirekt von Elektrizität abhängige Bereiche – und damit im Grunde weite Teile des gesellschaftlichen Lebens – beeinträchtigen (vgl. O'Rourke 2007: 23ff.; REA 2011: 24ff.). Dabei ist nicht nur die technologische Vernetzung von Bedeutung sondern auch die räumliche Verteilung der Infrastrukturen. Die Abhängigkeit von einem expliziten Produktionsfaktor führt dazu, dass sich wesentliche Infrastrukturen auf eine geografisch kleine Fläche verteilen. Im Falle eines extremen Witterungsereignisses führt dies dazu, dass dann gleichzeitig mehrere Infrastruktursektoren betroffen sind, was erhebliche Folgen für ein Land oder eine Region haben kann (vgl. Scheele und

Oberdörffer 2011: 10). Vor diesem Hintergrund und aufgrund der in Abschnitt 3.2 bereits beschriebenen spezifischen Eigenschaften der Infrastrukturen erfahren diese allgemein sowohl in den einzelnen Sektoren als auch übergreifend eine hohe Aufmerksamkeit. Diese Interdependenzen werden sowohl in zahlreichen Studien zum Klimawandel als auch in den Klimaanpassungsstrategien auf nationaler Ebene aufgegriffen (vgl. Scheele und Oberdörffer 2011: 4).

Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die einzelnen Infrastrukturektoren betreffen sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite. Dabei kann einerseits zwischen Auswirkungen durch langfristige und eher inkrementelle Veränderungen (z. B. Temperaturanstieg, Veränderung der Niederschlagsmengen und Meeresspiegelanstieg) und andererseits Auswirkungen durch die Zunahme extremer Witterungsereignisse (z. B. Hitzewellen, Sturmfluten oder Überschwemmungen) unterschieden werden (vgl. Abschnitt 2.2; Scheele und Oberdörffer 2011: 5ff.). Die potentiellen Auswirkungen sind über die ganzen Infrastrukturektoren hinweg sehr vielfältig, weshalb an dieser Stelle für eine ausführliche Darstellung auf die Literatur verwiesen sei. In der nachfolgenden Tabelle sollen dennoch einige Auswirkungen exemplarisch aufgeführt werden (vgl. dazu Bundesregierung 2008; Zimmermann und Faris 2010; EEA 2012; Scheele und Oberdörffer 2011; HM Government 2012).

Tabelle 3: Exemplarische Darstellung potentieller Auswirkungen durch den Klimawandel auf Infrastrukturektoren
(Quelle: eigene Darstellung)

Temperaturanstieg	Zunahme von Niederschlägen	Extreme Witterungsereignisse
Veränderung des Heizenergie- und Kühlenergiebedarfs	Häufigere Überschwemmung von Gebäuden und Bauwerken	Veränderte Belastung von Baustoffen
Veränderung der Leistung und Nutzung flusswassergekühlter Kraftwerke	Häufigere Überflutungen von Mischkanalisationen	Beschädigung von Leitungsnetzen und damit Gefährdung der Versorgung
Verkeimung von Rohrleitungen durch zu geringen Wasserdurchfluss oder zu hohe Leitungstemperaturen	Beeinflussung von Wasserkraftanlagen	Störungen von Produktionsprozessen
Zusätzliche Klimatisierung von Fahrzeugen und Gebäuden	Beeinträchtigung des Verkehrs durch schlechte Sichtverhältnisse und nasse Fahrbahnen	Zunahme von Instandsetzungskosten
Erfordernis neuer Wartungs- und Instandhaltungstechnologien	Zunehmende Gefahr von Überschwemmungen in Gebieten mit geringen Höhendifferenzen zwischen Schienen und Wasserflächen	

Physische Auswirkungen auf die Infrastrukturen sind stets auch mit ökonomischen Folgen verbunden. Darüber hinaus verursachen jegliche Mitigations- und Anpassungsmaßnahmen nicht unerhebliche Kosten. Unter Vermeidungs- und Anpassungskosten im Kontext des Klimawandels versteht man all jene Kosten²⁰, die zusätzlich zu den so oder so erforderlichen und bereits geplanten Kosten für Instandsetzung und Sanierung oder Neubauten anfallen. Man unterscheidet auch hier zwischen *top-down* (von der Volkswirtschaft als Ganzes ausgehend) (vgl. Hughes et al. 2010) und *bottom-up* Ansätzen (von einzelnen Infrastruktursektoren oder Anpassungsmaßnahmen ausgehend) (vgl. Tröltzsch et al. 2012).

Die Schätzung der anfallenden Kosten basiert auf den globalen und regionalen Klimaszenarien und ist daher mit ähnlichen Unsicherheiten konfrontiert, wie die Klimaszenarien selbst (siehe dazu Abschnitt 2.2.3). Aufgrund unterschiedlicher Schätzmethoden und zu Grunde gelegter Annahmen, verschiedener Klimaszenarien sowie Abgrenzungen zwischen den einzelnen Sektoren, und räumlich unterschiedlicher Auswirkungen durch den Klimawandel sind die Schätzungen nur bedingt vergleichbar und aussagefähig (vgl. Hughes et al. 2010: 142; Scheele und Oberdörffer 2010: 7). Dennoch ist auch hier die primäre Aufgabe der Schätzungen nicht die exakte Berechnung der Kosten, sondern die Einschätzung der Zusammenhänge und der finanziellen Dimensionen, um schlussendlich politische Schlüsse ziehen zu können (vgl. Venjakok und Mersmann 2013). Zusammenfassend kommen alle hier betrachteten Studien zur Bewertung der Kosten des Klimawandels zu dem Schluss, dass es in jedem Fall ökonomisch sinnvoller ist, sowohl Klimaschutz- als auch Klimaanpassungsmaßnahmen vorausschauend umzusetzen, als reaktiv zu handeln²¹ (vgl. Hughes 2010; Tröltzsch et al. 2012). Die volkswirtschaftlichen Effekte werden zudem durch die Kostenabschätzungen bereits eingetretener Extremereignisse verdeutlicht.

Der Klimawandel und die mögliche Zunahme extremer Witterungsereignisse stellt jedoch „nur“ eine – wenn auch eine ganz zentrale – Herausforderung für die

²⁰ Zur Bestimmung der Kosten werden in der Regel drei Szenarien gegenübergestellt: a) Infrastrukturkosten ohne Klimawandel; b) Infrastrukturkosten im Rahmen unterschiedlicher Klimaszenarien, jedoch ohne Anpassungsmaßnahmen; c) Infrastrukturkosten im Rahmen unterschiedlicher Klimaszenarien unter Berücksichtigung von Klimaanpassungsmaßnahmen (vgl. Hughes et al. 2010: 143). Während die Differenz zwischen den ersten und den letzten beiden Szenarien die Kosten des Klimawandels darstellt, spiegeln sich in der Differenz zwischen den beiden letzten Szenarien die Kosten der Klimaanpassung wider (vgl. Scheele und Oberdörffer 2010: 7).

²¹ Nach Hochrechnungen des Rückversicherers Munich RE hat das Hochwasser im Südosten und im Osten Deutschlands sowie in den angrenzenden Staaten ökonomische Schäden in Höhe von 12 Mrd. € (16 Mrd. US\$) verursacht (Munich RE 2013). Nach Schätzungen des Bundesministeriums des Innern belaufen sich die Schäden in Deutschland auf 6,7 Mrd. €. Im Bereich der öffentlichen Infrastruktur wurden Schäden in Höhe von 2,3 Mrd. € festgestellt (Stand: September 2013). 1,32 Mrd. € plant der Bund allein für die Wiederherstellung der Infrastrukturen des Transportwesens zur Verfügung zu stellen (BMI 2013 9f.). Das Elbe-Hochwasser aus dem Jahr 2002 hat dagegen einen Gesamtschaden von 16,5 Mrd. US\$ verursacht (Munich RE 2013).

dominierenden Infrastruktursysteme und für die zugrunde gelegten Strukturen und Technologien dar.²² Nach Foxon et al. (2013: 147) stellen solche Herausforderungen Abzweigungspunkte (*branching points*) im technologischen Pfad dar, an denen die dominierende Logik – oder die Art und Weise, mit welcher diese Logik verfolgt wird – in Frage gestellt werden. Dabei verhandeln unterschiedliche Akteure über die Entscheidung, welcher Pfad weiter verfolgt wird (vgl. Foxon et al. 2013: 148). Im Mittelpunkt der Verhandlungen steht die Frage, ob der dominierende Pfad in der Lage ist, dem Druck zu begegnen, was dann zu einer Verfestigung des bereits gewählten Pfades führt, oder zur Entscheidung, dass neue Pfade eingeschlagen werden müssen (vgl. Foxon et al. 2013: 152).

Die beschriebenen Zusammenhänge machen deutlich, dass rein sektorale Innovationen in Bezug auf den Klimawandel nicht ausreichen werden, um die Auswirkungen klimatischer Veränderungen und extremer Witterungsereignisse möglichst gering zu halten. Im Umgang mit dem Klimawandel wird daher zunehmend eine sektorübergreifende und ganzheitliche Sicht auf die Infrastruktursysteme gefordert (vgl. REA 2011: 25ff., Scheele und Oberdörffer 2011: 10). So gesehen haben klimatische Veränderungen nicht nur Implikationen für die Gestaltung technischer Komponenten, sondern auch für viele andere Bereiche (vgl. Acclimatise 2009: 2ff.; Scheele und Oberdörffer 2011: 10):

- Die Unternehmen müssen ihre Geschäftsstrategien möglicherweise überdenken bzw. neu bewerten und klima- und witterungsbedingte Aspekte berücksichtigen;
- Vor dem Hintergrund direkter Auswirkungen durch inkrementelle, klimatische Veränderungen und extreme Witterungsereignisse müssen Anlagen, technische, betriebliche und organisatorische Standards neu bewertet und ebenfalls eventuell überdacht werden;
- Klimatische Veränderungen können sich auch indirekt über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg (z. B. über Vorleistungsmärkte, Logistikketten oder Absatzmärkte) auf Geschäftsmodelle auswirken;
- Auswirkungen auf bestehende Kapitalanlagen sind genauso zu erwarten, wie auf den Investitionsbedarf, die Lebens- und Sanierungszyklen von Anlagen und Komponenten;
- Auch das soziale Gefüge (Stakeholderbeziehungen) wird sich mit dem Klimawandel verändern. Dabei werden die wesentlichen Akteure ihre Positionen, Ansprüche und Forderungen Neubewerten und ausrichten. Auch

²² Für eine ausführliche Darstellung der zentralen Herausforderungen sei an dieser Stelle auf Kluge und Libbe (2006) und Libbe et al. (2010) verwiesen.

politische Rahmenbedingungen und Anreizstrukturen werden eine Anpassung erfordern.

3.5 Stabilisierende und systemerhaltende Tendenzen von Infrastruktursystemen

Wie das vorherige Kapitel gezeigt hat, stehen gegenwärtige Infrastruktursysteme vor richtungsweisenden Herausforderungen. Der Klimawandel und die Zunahme extremer Witterungsereignisse erfordert Innovationen im Bereich Klimaschutz und -anpassung, um den damit verbundenen ökologischen, sozialen, technologischen ökonomischen Herausforderungen zu begegnen. Die verschiedenen Untersuchungen im Bereich des Innovations- und Entwicklungsverlaufs von Infrastrukturen zeigen jedoch auch, dass insbesondere Infrastruktursysteme, mit zunehmender gesellschaftlicher Etablierung und Durchdringung nur wenig Anreize für Veränderungs- und Transformationsprozesse bieten (vgl. Abschnitt 3.3).

Die geringe Innovations- oder Transformationsfähigkeit des Infrastruktursystems ergibt sich jedoch nicht aus dem Mangel an alternativen Technologien oder wissenschaftlichem Erkenntnisstand sondern vielmehr durch die sozialen, strukturellen, organisatorischen, technologischen und institutionellen Rahmenbedingungen und Akteure, die erst die Diffusion alternativer Technologien ermöglichen oder verhindern (vgl. Unruh 2002: 318; Kluge und Scheele 2008: 165). Die Überlegenheit einer Technologie ist nicht allein ausschlaggebend für dessen Erfolg; stabilisierende Mechanismen können dafür sorgen, dass technologisch und ökologisch überlegene sowie möglicherweise kostengünstigere Technologien nicht zur Anwendung kommen (vgl. Arthur: 1987: 126f.; Unruh 2000: 820; Foxon 2013: 123). Als Gründe hierfür werden unterschiedliche Formen des Marktversagens, die aus der Unvollkommenheit der Märkte resultieren und sogenannte „lock-in“ Effekte herangeführt, die in technologischen, institutionellen und soziokulturellen Pfadabhängigkeiten resultieren. Schließlich sind Infrastruktursysteme das Ergebnis gesellschaftlicher Entscheidungs- und Verhandlungsprozesse (vgl. Foxon 2013: 147). In den folgenden Abschnitten sollen wesentliche Gründe für technologische Pfadabhängigkeiten auf Basis der vorhandenen Literatur beschrieben werden, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Dabei wird zwischen strukturellen, sozialen und marktbedingten Faktoren unterschieden.

3.5.1 Strukturelle Faktoren

Die Systemstruktur der Energie- und Transportsysteme wurde unter der Prämisse der Fossilenergieträger entwickelt. Dies führt dazu, dass alternative Technologien, die vorhandene Infrastruktursysteme nicht nutzen können, auf erhebliche Markteintrittsbarrieren stoßen (vgl. Committee on Climate Change 2010: 9). So ist bspw. der Aufbau eines Versorgungsnetzes für Wasserstoff- und Elektrofahrzeuge mit hohen Investitionskosten, langen Amortisationszeiten und Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Technologien und auf den Märkten verbunden (vgl. Bento 2010: 7196). Auch die zentralistische Versorgungsstruktur zahlreicher Infrastrukturbereiche, wie im Wasser- und Energiesektor kann ein erhebliches Hindernis darstellen bzw. diskriminierend bei der Etablierung alternativer Technologien wirken. Die Anbindung kleinräumiger, dezentraler und unabhängiger Systeme etwa wird durch die vorhandenen Strukturen in vielen europäischen Ländern ausgeschlossen (vgl. Knothe 2008: 309ff.; Maassen 2012: 447). Die Debatten im Zuge der Energiewende in Deutschland über die Umstrukturierung von Energiemärkten, Schaffung neuer Sicherheits- und Technologiestandards, die Notwendigkeit neuer Gesetzesentwürfe usw. verdeutlichen diese Problematik. Maassen (2012: 451) spricht in diesem Zusammenhang von systembedingter Diskriminierung und inkompatiblen Anknüpfungspunkten zwischen den unterschiedlichen Technologietypen. Die Existenz einer räumlich verbreiteten Infrastruktur kann also per se ein Hindernis für die Innovation alternativer Technologien darstellen (vgl. Unruh 2000: 826f.). Schließlich trägt der Bau von bspw. Straßennetzen zu einer Diffusion bei der Nutzung von Kraftfahrzeugen und gleichzeitig zu einer vermehrten Inanspruchnahme der Straßennetze durch Autofahrer bei. Das wiederum führt zu einer soziokulturellen Institutionalisierung des Autos (vgl. Unruh 2000: 827; Duranton und Turner 2011).

Ferner haben die einzelnen technischen Bestandteile der Infrastruktursysteme verschieden lange Lebenszyklen (während der Abwasserkanal eine Lebensdauer von 50 Jahren hat, überdauern Waschmaschinen nicht länger als 10 bis 15 Jahre). Die Konsequenz sind nicht abgestimmte Reinvestitionszyklen und unterschiedliche technologischen Entwicklungsstände auf den unterschiedlichen Infrastrukturebenen innerhalb und zwischen den einzelnen Sektoren (vgl. Hiesl et al. 2003: 136; Kluge und Schramm 2010: 35).

Wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, sind Infrastrukturektoren durch interne und externe Interdependenzen gekennzeichnet. Dies hat einerseits zur Folge, dass die Versorgung durch die einzelnen Sektoren nur dann sichergestellt ist, solange die unterschiedlichen Infrastrukturektoren als Gesamtsystem funktionieren. Das wiederum bedeutet nichts

anderes, als dass neue Technologien und Standards innerhalb einer Branche stets mit den vorhandenen Technologien und Standards der anderen Sektoren auch weiterhin kompatibel sein müssen (vgl. Hiessl et al 2003: 136; Smith und Raven 2012: 1026). Solche Interdependenzen bestehen aber nicht nur auf Infrastrukturebene, sondern entlang der gesamten Wertschöpfungskette einer Volkswirtschaft. Unruh (2000: 822) spricht von sogenannten netzwerkbedingten Externalitäten, die sich in positiven Pfadabhängigkeiten niederschlagen und sich im Wesentlichen in drei Kategorien einteilen lassen: den intra- und interindustriellen Netzwerkeffekten; den Effekten, die sich aus der Verfügbarkeit privater finanzieller Ressourcen für die Entwicklung und Diffusion von Innovationen ergeben; und schließlich Effekte, die sich durch die Ausbildung privater Verbände und Bildungseinrichtungen ergeben. Die beiden letzteren Effekte werden zu einem späteren Zeitpunkt beschrieben. Die Intra- und interindustrielle Netzwerkeffekte entstehen, indem sich ganze Gewerbe- und Industriezweige (es werden unter anderem verschiedene Rohstoffe benötigt, Teile- und Komponentenproduzenten entwickeln sich, Maschinen- und Anlagen werden erforderlich usw.) um eine bestimmte Technologie entwickeln (vgl. Unruh 2000: 822). Die Ausbildung solcher Industrie- und Gewerbenetzwerke erfordert jedoch eine starke Koordination, was sich in industriellen Standards und Normen manifestiert. Solche Standards können sich sowohl privatwirtschaftlich (z. B. DIN- oder ISO-Standards) als auch staatlich (vor allem Standards im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien) herausbilden. Sind solche Standards einmal etabliert, leisten sie einen erheblichen Beitrag zu Pfadabhängigkeiten ganzer Technologiezweige. Veränderungen sind dann in der Regel nur durch industrieübergreifende Umstrukturierungen und Neubewertung oder Elimination vorhandener Standards möglich (vgl. Unruh 2000: 822f.).

Die einzelnen Infrastruktursektoren sind zudem durch ein heterogenes Akteursgefüge gekennzeichnet, wobei die einzelnen Akteure zum größten Teil als voneinander unabhängige Wirtschaftsteilnehmer agieren. Die Versorgungsnetze und die damit verbundenen Systemkomponenten auf lokaler und regionaler Ebene sind in der Regel nicht wettbewerblich organisiert (vgl. Scheele 2002: 180f.), zeichnen sich durch ausgedehnte räumliche Verbreitung und die Beteiligung einiger weniger Akteure aus (vgl. Hiessl et al. 2003: 136). Demgegenüber ist die Versorgung der Anwender mit den Dienstleistungen auf Basis unterschiedlicher technologischer Lösungen größtenteils wettbewerblich organisiert und zeichnet sich durch eine deutlich höhere Zahl von Akteuren aus. Die unterschiedlichen Akteure haben eigene Zielvorgaben, differierende Interessen, verfügen über unterschiedliche Informationsstände und

Wissensgrundlagen sowie über ungleich verteilte Einflussmöglichkeiten auf das vorherrschende System (vgl. Hiesl et al. 2003: 137; Maassen 2012: 451f.).

Folglich setzt eine solche Systemstruktur und -architektur vor allem Anreize zur Nutzung der eingeschlagenen Technologiepfade, denn zum Aufbau neuartiger und alternativer Systeme und damit eher zur inkrementellen Entwicklung (vgl. Committee on Climate Change 2010: 9).

3.5.2 Marktbedingte Faktoren

Einer der häufigsten Gründe für Marktversagen, die zur Stabilisierung der gegenwärtigen technologischen Pfade beitragen, sind die sogenannten externen Effekte, die sich durch die unvollständige Internalisierung der externen Kosten ergeben. Es ist allgemein anerkannt, dass die Preise für Energie aus fossilen Brennstoffen nicht die gesamten volkswirtschaftlichen Kosten entlang der Wertschöpfungskette abdecken. So sind bspw. die Kosten für Umweltschäden und mögliche negativen Auswirkungen für Mensch und Umwelt, die aus der Verbrennung der fossilen Brennstoffe resultieren, in den Marktpreisen nicht enthalten (vgl. Smith und Raven 2012: 1026; UBA 2012: 21).

Für Arthur (1989: 116ff.) ergeben sich Pfadabhängigkeiten durch die steigende Rendite der Akzeptanz, die sich aufgrund von Größenvorteilen einstellt. Mit der zunehmenden Verbreitung und Nachfrage von Technologien ergeben sich Skaleneffekte, die zur Reduktion von Produktionskosten und der Kosten für die Nutzung von Technologien bei den Anwendern führen.

Die anhaltende Nutzung einer Technologie führt zudem zu Lerneffekten – sowohl in der Produktion als auch in der Nutzung. Lerneffekte haben zur Folge, dass nicht nur die Kosten reduziert, sondern die Leistungsfähigkeit und die Anwendungsmöglichkeiten und -gewohnheiten erweitert und verbessert werden. Schließlich resultiert die zunehmende Verbreitung und Akzeptanz und damit der Erfolg einer Technologie in positiven Erwartungen, welche die Anwender dazu bewegen, sich der Nutzung einer Technologie zu beugen (Foxon 2013: 123).

Investitionen in Innovationen sind durch Unsicherheiten gekennzeichnet, deren Risiken – aber auch Vorteile – sich nur schwer einschätzen lassen. Insbesondere die klassischen Infrastrukturbereiche, wie der Energiesektor oder die Wasserversorgung und -entsorgung, sind durch lange Investitions- und Realisierungszeiträume und infolgedessen auch von unvollkommenen Informationsbedingungen betroffen (vgl. Committee on Climate Change 2010: 9). Das resultiert in einem in der Regel risikoaversen Verhalten und somit in einer Zurückhaltung bei den Investitionen (vgl.

Unruh 2000: 823; Grupp 2004: 21; Jenkins und Mansur 2011: 7). Außerdem weisen großformatige und räumlich verteilte Infrastrukturkomponenten (wie z. B. Stromnetze, Straßennetze, Schienennetze, Tankstellenetze usw.) sehr hohe versunkene Kosten auf, die bei Markteintritt zwar aufgebracht, jedoch beim vorzeitigen Verlassen des Marktes noch nicht einmal zum Teil herausgeholt werden können (vgl. Hiessl et al. 2013: 137). Zahlreiche alternative Technologien erfordern jedoch zu Beginn beträchtliche Investitionssummen, die nicht peu à peu in kleinen, sondern in großen Einheiten anfallen (vgl. Jenkins et al. 2011: 5f.).

Ferner ergeben sich Wettbewerbsasymmetrien durch implizite und explizite Subventionen unterschiedlicher Technologien, die bestimmte Infrastrukturektoren dominieren. Laut einer jährlichen Studie der Internationalen Energieagentur wurden die fossilen Energieträger – und damit implizit zahlreiche Technologien, die fossile Energieträger nutzen – mit 409 Mrd. USD \$ global subventioniert. Die Subventionen für erneuerbare Energien dagegen beliefen sich auf 66 Mrd. USD \$ (vgl. IEA 2011: 508ff.). Dies hat zur Folge, dass durch Subventionen monetäre Ressourcen langfristig gebunden werden, die andernfalls für die Entwicklung effizienterer Technologien verwendet werden könnten (vgl. IEA 2010: 569ff.). Die Kürzung oder gar Streichung von Subventionen oder nicht mehr benötigter staatlicher Institutionen erweist sich in der Realität im Nachhinein als schwierig, da sich mit der Dauer der Subventionierung ein Geflecht von Institutionen und von der Subvention abhängiger Wirtschaftszweige entwickelt (vgl. Unruh 2000: 823f.).

Ferner haben zahlreiche Akteure von Infrastrukturektoren – auch hier vor allem der Energiesektor und die Wasserversorgung und -entsorgung aber auch teilweise der Telekommunikationssektor – keine Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung über materielle oder evidente Qualitätsmerkmale, sondern nur über die Kosten und Preise (vgl. Committee on Climate Change 2009: 9; Jenkins und Mansur 2009: 9). Die Verbraucher schätzen zwar die Verfügbarkeit von z. B. Strom, für die Mehrheit ist jedoch die Tatsache, ob der Strom aus einem Kohlekraftwerk oder aus einer Erneuerbare-Energien-Anlage kommt, schlussendlich nicht ausreichend zur Rechtfertigung eines höheren Strompreises. Für die Unternehmen besteht also die Gefahr keine Rendite aus der Investition in die Innovation generieren zu können (vgl. Grupp 2004: 21; Committee on Climate Change 2010: 9).

Durch Ausbildung oligopolistischer Angebotsstrukturen im Laufe der Wachstumsphase verlagert sich der Fokus von technologischen Innovationen auf Prozessinnovationen und auf die Herausbildung spezialisierten Wissens über Marktnachfrage und komplementäre Wirtschaftsgüter. Die Unternehmen und seine Angehörigen spezialisieren sich auf wesentliche Kernkompetenzen, um sich einen Marktvorteil zu

verschaffen (vgl. Unruh 2002: 821). Die Forschungs- und Innovationsaktivitäten aber auch Investitionsvorhaben konzentrieren sich dadurch zunehmend auf vorhandene Kompetenzen und auf Projekte, die der Effizienzsteigerung der vorhandenen Technologien und Produkte dienen, was zum Ausschluss alternativer Technologien und Lösungen führt (vgl. Unruh 2000: 821f.). Die stetige Reinvestition in vorhandene Kompetenzen und Märkte bindet zunehmend Ressourcen – sowohl monetäre, als auch materielle Ressourcen sowie Mitarbeiterkompetenzen – und kann zu technologischen Pfadabhängigkeiten auf unternehmerischer Ebene führen. Dies kann sogar soweit gehen, dass nicht nur größere Veränderungen der technologischen Landschaft, sondern bereits geringe Veränderungen die Kernkompetenzen dominierender Unternehmen obsolet machen können (vgl. Bower und Christensen 1995; Unruh 2000: 822). Für Unruh (2000: 822) ist dies unter anderem auch der Grund dafür, warum dominierende Unternehmen radikalen Innovationen gegenüber zurückhaltend sind.

3.5.3 Soziale Faktoren

Neben den marktbedingten und strukturellen Faktoren, können auch soziale Entwicklungen als stabilisierende Mechanismen des dominierenden Technologieparadigmas fungieren. Es bilden sich soziale Institutionen um die vorhandenen Technologiesysteme herum, die außerhalb der Märkte agieren (vgl. Unruh 2000: 823). Zu solchen sozialen Einrichtungen gehören Berufsgenossenschaften, Techniker Vereine oder Liebhaberverbände (dazu gehören z. B. Automobilclubs oder Bildungseinrichtungen), die als Interessenskoalitionen fungieren und Einfluss auf soziale Normen und Gewohnheiten nehmen, aber auch über Lobbyismus politische Interessen verfolgen (vgl. Unruh 2000: 823). So entwickeln sich auch technologiespezifische Studiengänge und Ausbildungsberufe, die zwar zu spezialisierte Experten ausbilden, welche jedoch nur in eingeschränktem Maße in der Lage sind ihre Routinen zu verlassen. Es entwickeln sich also curriculum-artige Pfade, die über lange Zeiträume nicht mehr verlassen werden können (vgl. Unruh 2000: 823). Durch die Spezialisierung entwickeln sich die Akteure zu Verfechtern ihres Wissens und des von ihnen eingeschlagenen Pfades. Wie eine Untersuchung von Maassen (2012: 452) auf kommunaler Ebene in den Großstädten Paris, London und Barcelona verdeutlicht, entstehen zwischen den „Denkschulen“ interessens- und ideologiegetriebene Fronten, die sich in Grabenkämpfen manifestieren, was eher hinderlich auf Veränderungsprozesse wirkt. Ein weiteres Resultat dieser zunehmenden Spezialisierung ist die Entfremdung einzelner Professionalisierungsbereiche, die eine

fachübergreifende Zusammenarbeit und Lösungsentwicklung erschweren (vgl. Maassen 2012: 452).

Neben den Interessensgemeinschaften auf Grundlage loser Netzwerkkonstellationen entstehen Interessensverbände auch auf organisatorischer Ebene. Es entwickeln sich z. B. Gewerkschaften (z. B. IG-Metall, Ver.di usw.) oder Industrieverbände (z. B. der *Verband der Automobilindustrie* (VDA), der *Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft* (BDEW), der *Bundesverband der Deutschen Industrie* usw.), welche die Interessen ihrer Mitglieder vertreten. Auch solche Verbände beeinflussen über die Erstellung von Studien, die Ausarbeitung von Richtlinien, die Organisation von Kongressen oder durch Lobbyismus, die soziale aber auch die politische Landschaft (vgl. Unruh 2000: 823).

Auch mediale und journalistische Aktivitäten haben erheblichen Einfluss bei der Etablierung bestimmter technologischer Pfade. Berichte über bestimmte technologische Entwicklungen oder die Ausbildung von themenspezifischen Zeitschriften formen die gesellschaftlichen Erwartungen gegenüber Technologien und deren Beschaffenheit (vgl. Unruh 2000: 824). Schließlich sind dominierende Technologien und damit verbundene Infrastruktursysteme ein integraler Bestandteil von Gesellschaften. Sie haben Einfluss auf unsere Arbeit, Freizeit, Wohnorte, Bildung, Kommunikation usw. Vorherrschende Technologien sind somit ein Bestandteil unserer täglichen Gewohnheiten und der sozialen Normen. Die soziokulturellen Erwartungen und Präferenzen des Individuums stehen somit im Zusammenhang mit den technologischen Entwicklungspfaden. Das heißt, dass individuelle Präferenzen und Erwartungen von den eingeschlagenen technologischen Pfaden abhängig werden (vgl. Unruh 2000: 824).

Insbesondere in den klassischen Infrastruktursektoren existiert seitens der Gesellschaft ein geringer Innovationsdruck gegenüber den Akteuren der einzelnen Infrastruktursektoren. Nach Knothe (2008: 310f.) hängt das vor allem mit der öffentlichen Wahrnehmung der Infrastrukturbereiche zusammen. In der öffentlichen Wahrnehmung können vor allem nur großräumige Infrastrukturen die fundamentalen Bedürfnisse nach z. B. Wasser oder Strom decken und die existentielle Sicherheit gewährleisten. Außerdem werden die Organisations- und Marktstrukturen als intransparent wahrgenommen, sodass individuelle Anstrengungen wenig erfolgversprechend erscheinen. Und schließlich haben die Partizipations- und Beteiligungsmöglichkeiten aus Sicht der Bürger stets den Beigeschmack, dass ihnen nicht auf Augenhöhe begegnet wird, sondern entweder von oben herab oder mit der Unterstellung, dass es sich ja nicht um Spezialisten handeln kann, die über ausreichend Wissens- und Handlungskompetenz verfügen (vgl. Knothe 2008: 311ff.).

3.6 Möglichkeiten zur Überwindung der Pfadabhängigkeiten

Die dritte entscheidende Ebene, die für die Implementierung von Innovationen von Bedeutung ist, ist die Nischenebene. Wie in den vorhergehenden Abschnitten dargestellt, existieren im dominierenden Regime gesellschaftliche Werte und Normen, technologische Standards, gesetzliche Rahmenbedingungen, strukturelle Faktoren und marktübliche Zwänge aber auch ein interdependentes Gefüge innerhalb und zwischen den einzelnen sozialen, ökonomischen und technologischen Sphären (vgl. auch Foxon et al. 2013). Die vorherrschenden Rahmenbedingungen stellen für alternative Technologiepfade erhebliche Barrieren dar, die den technologischen Wandel erschweren oder gar mit ihm in Konflikt (Verhaltensänderungen, Inkompatibilität mit vorherrschenden technologischen Standards und Gesetzen, risikoaverses Verhalten gegenüber Unsicherheiten usw.) stehen können (vgl. Jenkins et al. 2011: 3). Die meisten Autoren im Bereich der Innovation groß-technischer Systeme (*large technological systems*), sehen daher die Notwendigkeit von Nischen für die Innovation groß-technischer Systeme. Nischen stellen Inkubations-Räume dar, in denen neue Technologien (inkrementelle und radikale), unabhängig von marktüblichen Zwängen, gesellschaftlichen Normen und Werten sowie technologischen Standards usw., ausprobiert werden können. Dazu bieten sie Raum, um ihre Markttauglichkeit und Anwendbarkeit potentiellen Nutzern und Investoren demonstrieren zu können und mögliche Konflikte und damit verbundene erforderliche Anpassungen der alternativen Technologie oder des dominierenden Regimes aufzudecken (vgl. Geels 2002: 1260f.). Vereinfacht gesagt sind Nischen bzw. Inkubationsräume dazu da, alternativen Technologien in die Mitte der Gesellschaft zu verhelfen, sofern diese notwendig und gesellschaftlich vertretbar sind. Nischen bzw. Inkubationsräume sind jedoch nicht als vollständig isolierte Räume zu verstehen. Vielmehr entstehen Nischen durch Veränderungen im dominierenden Regime und in der exogenen Landschaft und stehen zu diesen Ebenen in komplexen Wechselbeziehungen (vgl. Geels 2002: 1261; Smith und Raven 2012: 1027).

Vor allem bei der Durchsetzung bestimmter Technologiepfade im Bereich der Infrastrukturen zeigt sich, dass sich Technologien in erster Linie durch Verhandlungen zwischen den unterschiedlichen Akteuren determinieren (vgl. Manytz 1988: 252f.; Ohlhorst 2009). Der in der Regel durchaus langwierige Verhandlungsprozess ist durch gezielte Steuerung gekennzeichnet. Mit Steuerung sind dabei soziale Interaktionen gemeint, die in den Einflussbereich von Institutionen, Unternehmen und politischen Entscheidungsträgern vordringen, um die Anstrengungen der Akteure des dominierenden Regimes in eine bestimmte Richtung zu lenken, damit entweder die Kontrolle über das dominierende Regime beibehalten wird, oder um eine

Transformation herbeizuführen. Die Steuerung eines solchen Prozesses erfordert die Koordination von Ressourcen, Schaffung von Märkten und die Konvergenz von Ansichten, Visionen und Einrichtungen (vgl. Arapostathis et al. 2013: 26). Transformationsprozesse sind daher dynamische soziale Prozesse, die durch Machtbeziehungen zu Institutionen und einzelnen Akteuren des dominierende Regimes gekennzeichnet sind (vgl. Arapostathis et al. 2013: 26). Das Ziel des Verhandlungsprozesses ist analog zu den bereits beschriebenen stabilisierten Mechanismen des dominierenden Regimes, die Schaffung stabilisierender Mechanismen für alternative Technologien und technologische Pfade. Die Mechanismen sollen vor allem die Unsicherheiten bezüglich Technologien, Märkten und institutionellen Rahmenbedingungen verringern (vgl. Nygaard 2008: 74; Ohlhorst 2009: 235ff.). Die Autoren betonen jedoch immer wieder, dass jeder Innovationsprozess im Grunde seine eigenen spezifischen Merkmale und Dynamiken ausweist und die jeweils treibenden als auch hemmenden Kräfte von Prozess zu Prozess unterschiedlich ausfallen und dementsprechend jedes Mal neu bewertet werden sollen (vgl. Ohlhorst 2009: 263f.; Corvellec et al. 2013: 37f.). Dennoch konnten sie aufgrund der Analyse der Innovationsprozesse aus der Vergangenheit und der neusten Entwicklungen wie bspw. der Energiewende, verallgemeinernde Steuerungsmechanismen feststellen, die den Innovationsprozess befördern bzw. stabilisieren (vgl. Ohlhorst 2009: 235ff.; Nygaard 2008: 75ff.).

Insbesondere die Forschung im Bereich des strategischen Nischenmanagements hat untersucht, warum bestimmte technologische Pfade erfolgreich und andere weniger erfolgreich waren und konnte bestimmte Faktoren ausmachen, die eine Nischentechnologie stabilisieren bzw. ihr zum Durchbruch helfen können (vgl. van der Laak et al. 2007: 3214). Nach Lopolito et al. (2013: 1226) können Nischen dann als erfolgreich betrachtet werden, wenn Unternehmen die Innovationen einführen schneller wachsen oder wenn andere Unternehmen die Innovationen zu imitieren beginnen. Smith und Raven (2012) konnten drei wesentliche Mechanismen identifizieren, die zur effektiven Stabilisierung von Nischentechnologien beitragen. Dazu zählen protektive Maßnahmen, Maßnahmen zur Pflege von Nischen sowie die Befähigung der Nische sich in die Mitte der Gesellschaft zu entwickeln.

3.6.1 Protektive Maßnahmen

Unter protektiven Maßnahmen werden Prozesse zusammengefasst, die den Selektionsdruck des dominierenden Regimes (siehe Abschnitt 3.5) in Schach halten. Dabei kann zwischen passiven und aktiven Nischenräumen unterschieden werden (vgl. Smith und Raven 2012: 1027). Passive Nischenräume bilden sich weniger aus

der Festlegung auf eine bestimmte Technologie als aus strategischen Gründen, die sich aus den bereits vorherrschenden Rahmenbedingungen (z. B. geografischer oder institutioneller Natur) ergeben (vgl. Smith und Raven 2012: 1027). Solche passiven Nischen können geografische Räume sein, wie bspw. Regionen, in denen der Anschluss an zentrale Strukturen (z. B. an das zentrale Energie- und Wassernetz) zu kostspielig oder wenig sinnvoll erscheint (vgl. Smith und Raven 2012: 1027). Beispiele hierfür sind die Nutzung der Solarzellen vor allem für die Raumfahrt in den 1960er Jahren (vgl. Wesselak und Voswinckel 2012: 4ff.), oder die Nutzung der Windenergie durch Landwirte (vgl. Ohlhorst 2010: 119ff.). Passive Nischenprotektion kann auch auf der institutionellen Ebene stattfinden, sofern diese nicht auf bestimmte Technologien ausgerichtet ist. So haben bspw. Wissenschaftler in den 1970er Jahren öffentliche Gelder für Materialforschung dazu genutzt, um an Solarzellen zu forschen. Oder es bilden sich Bewegungen heraus (z. B. die Umweltbewegung), die Werte abseits der Mitte der Gesellschaft vertreten und damit entsprechend andere Lebensstile aufweisen und möglicherweise in die Mitte der Gesellschaft tragen (vgl. Smith und Raven 2012: 1027). So herrscht in passiven protektiven Räumen schon eine beabsichtigte Mobilisierung durch Verfechter bestimmter Innovationen vor. Diese nutzen jedoch nur die durch den Nischenraum vorhandenen protektiven Maßnahmen, weshalb es sich um passive Nischenräume handelt (vgl. Smith und Raven 2012: 1027; Boon et al. 2014: 793).

Nischenräume können aber auch im Rahmen eines strategischen Nischenmanagements aktiv konstruiert bzw. gestaltet werden (vgl. Smith und Raven 2012: 1027; Boon et al. 2014: 793). Die aktive Protektion von Nischen ist vor allem durch die Verfolgung von Technologiestrategien auf politischer Ebene gekennzeichnet. Zu den aktiven Instrumenten gehören die Anreizregulierung sowohl auf der Angebots- (z. B. Emissionshandel) als auch auf der Nachfrageseite (z. B. durch Informationskampagnen und Subventionierung von Technologiekäufen) (vgl. Smith und Raven 2012: 1027). Eine aktive Protektion von Nischentechnologien kann aber auch durch die nicht politische Seite erfolgen. So können privatwirtschaftliche Organisationen Inkubationsräume schaffen oder die zivile Bevölkerung sich in Initiativen zusammenschließen um über Gemeinschaftsprojekte bestimmte Technologien zu forcieren (vgl. Smith und Raven 2012: 1027). Die aktive Protektion von Nischen ist also ein Ergebnis bewusster und strategischer Entscheidungen seitens der Verfechter einer bestimmten Technologie (vgl. Boon et al. 2014: 793).

3.6.2 Pflege der Nische

Der zweite wesentliche Aspekt zur Stabilisierung innovativer Technologien umfasst deren Pflege. Während protektive Maßnahmen den Rahmen für die Existenz der Nische bilden, umfasst die Nischenpflege Prozesse zur Unterstützung der Technologieentwicklung innerhalb der Nische (vgl. Schot und Geels 2008: 541; Smith und Raven 2012: 1027; Boon et al. 2014: 3). Analytische Arbeiten im Bereich des Nischenmanagements konnten dabei Prozesse aufdecken, welche die Entwicklung von Innovationen positiv beeinflussen können: Die Herausbildung von Konvergenz bezüglich der Erwartungen an eine Technologie und deren Kopplung an gesellschaftliche Anliegen, Unterstützung von Lernprozessen zu den Bedürfnissen, Problemen, Potentialen sowie Technik und schließlich den Aufbau von Akteursnetzwerken (vgl. Kemp et al. 1998: 189ff.; Shot und Geels 2008: 541ff.; Ilten 2009: 20; Morone und Lopolito 2010: 2721ff.; Lopolito et al. 2013: 1227).

3.6.2.1 Konvergenz der Erwartungen

Eine der wesentlichen Barrieren bei der Einführung alternativer Technologie besteht darin, dass der Nutzen und die möglichen Vorteile einer solchen Technologie durch die potentiellen frühen Anwender nicht wirklich erkannt und verstanden werden, da diese mit ihren persönlichen Erwartungen herangehen. Dies resultiert darin, dass Erwartungen bezüglich der Ziele und Prioritäten divergieren (vgl. Kemp et al. 1998; van der Laak et al. 2007: 3216f.; Morone und Lopolito 2010: 2721). Die fehlende Konvergenz bezüglich der Erwartungen und Visionen resultiert nach Morone und Lopolito (2010: 2721) in einer gehemmten bzw. fehlenden Handlungsbereitschaft der Akteure. Zur Überwindung dieser Differenzen müssen die Akteure auf eine robuste gemeinsame Vision bauen, welche die Bereitschaft zum Handeln aktiviert und damit den Akteuren die Legitimation zur Investition von Zeit und Ressourcen erteilt (vgl. Raven 2005: 39; van der Laak et al. 2007: 3217). Ein erfolgreicher Konvergenzprozess zeichnet sich nach van der Laak et al. (2007: 3217) dadurch aus, dass eine zunehmende Anzahl von Akteuren die Erwartung zur Lösung gesellschaftlicher Probleme in eine Technologie hegen und diese Erwartungen durch die Akteure greifbar sowie durch die Technologie erfüllbar sind. Denn wenn die Erwartungen der unterschiedlichen Akteure nicht erfüllt werden, werden diese von der Technologie abrücken oder ihre Erwartungshaltung und die Problemempfindung neu bewerten. Die Nische wird dabei entweder gar nicht erst zu Stande kommen, sich in eine neue Richtung entwickeln, oder es entsteht eine neue Nische, die eine Abzweigung der bisherigen darstellt (vgl. Ilten 2009: 20).

3.6.2.2 Aufbau von Netzwerken

Der Aufbau von Netzwerken ist der zentrale Prozess bei der Pflege und in der weiteren Entwicklung der Nischen bzw. alternativen Technologien. Jegliche Nischentechnologie ist bereits das Resultat sozialer Prozesse zwischen unterschiedlichen Akteuren, wie bspw. den Produzenten, Anwendern, Regulierungsbehörden und sonstigen gesellschaftlichen Gruppen (vgl. Raven 2005: 40f.). Während diese sozialen Netzwerke zunächst eine eher begrenzte Reichweite haben, scheint für die erfolgreiche Durchdringung der Technologie in die Mitte der Gesellschaft eine stetige Ausweitung des Netzwerkes unabdingbar (vgl. Schot und Geels 2008: 540; Morone und Lopolito 2010: 2721). Der Aufbau eines stabilen sozialen Netzwerkes ist zur Bündelung und Mobilisierung notwendiger Ressourcen (materiellen, monetären, sozialen und institutionellen) erforderlich, damit eine Technologie überhaupt die Chance bekommt als Nische zu überleben geschweige denn in die Mitte der Gesellschaft zu rücken (vgl. van der Laak et al. 2007: 3217; Lopolito et al. 2013: 1227). Während mit der Konvergenz der Erwartungen und einer gemeinsamen Vision der Wille zum Handeln entsteht, ergibt sich die Handlungsmacht bzw. die Möglichkeit zum Handeln erst durch ein starkes soziales Netzwerk (vgl. Morone und Lopolito 2010: 2721). Ein entscheidender Faktor bei der Ausbildung des Netzwerkes ist dessen Konstellation. Hierbei geht es vor allem um die Abwägung, wie viel des dominierenden Regimes in diesem Netzwerk vertreten sein soll und inwiefern Akteure mit losen Verbindungen zum dominierenden Regime der Innovation zum Durchbruch in die Mitte der Gesellschaft verhelfen können. Grundsätzlich sind Akteure mit geringen Verbindungen zum dominierendem Regime von zentraler Bedeutung – schließlich haben diese ein größeres Interesse daran, Veränderungen aufgrund ihrer geringeren Verbundenheit herbeizuführen (vgl. Raven 2005: 40). Andererseits verfügen die Akteure des dominierenden Regimes in der Regel über die notwendigen Ressourcen, um die erforderlichen Investitionen und technologischen Entwicklungen zu realisieren und um so der Technologie in die Mitte der Gesellschaft zu verhelfen. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Innovation durch diese Akteure in ihrem eigenen Interesse ausgebremst wird oder nur schleppend durch inkrementelle Entwicklung vorangeht, weil die Innovation in die vorhandenen Strukturen eingebettet wird. Schließlich besteht auch die Frage, welche Akteure zu welchem Zeitpunkt überhaupt in den Innovationsprozess einbezogen werden sollen. (vgl. Raven 2005: 40; van der Laak et al. 2007: 3217)

3.6.2.3 Lernprozesse auf unterschiedlichen Ebenen

Der dritte wesentliche Bestandteil innerhalb der Nische sind Lernprozesse auf den unterschiedlichen Ebenen (vgl. van der Laak et al. 2007: 3217; Schot und Geels 2008: 540). Lernprozesse ergänzen den Willen zum Handeln und die Handlungsmacht um das Wissen zum Handeln (vgl. Morone und Lopolito 2010: 2721). Nach Hoogma et al. (2002) gehören dazu:

- *Verstehen der Technologie:* Hierzu gehören das Lernen und Verstehen der technologischen Designspezifikationen, und der erforderlichen komplementären Technologien und Infrastrukturen;
- *Verstehen des Anwenderkontexts:* Darunter fallen das Wissen über die Anwendercharakteristiken, die Bedeutung der neuen Technologie im Anwenderkontext sowie über die Barrieren die, sich für den Nutzer ergeben;
- *Verstehen der sozialen und ökologischen Auswirkungen:* Hierzu gehören das Lernen der kulturellen und sozialen Sicherheitsaspekte, und der energetischen und ökologischen Auswirkungen;
- *Verstehen der industriellen Entwicklung:* Aufbau eines Verständnisses darüber, welche Produktions- und Instandhaltungsinfrastrukturen erforderlich sind;
- *Verstehen des politischen und regulatorischen Rahmens:* Dazu gehören Lernprozesse, die sich mit den institutionellen Strukturen und der Gesetzgebung, der Bedeutung politischer Akteure bei der Markteinführung, und den vorhandenen Anreizen seitens öffentlicher Akteure, die eine Markteinführung unterstützen können, auseinandersetzen.

Lernprozesse beinhalten allerdings nicht nur das Verständnis auf unterschiedlichen Ebenen, sondern auch die permanente Reflexion des Entwicklungsprozesses. Bei der Reflexion geht es vor allem um das Hinterfragen der Annahmen und die Bereitschaft zu Kurskorrekturen oder gar Kursänderungen, sofern die Annahmen nicht stimmen oder nicht erfüllt werden (vgl. van der Laak 2007: 3217). Bei den Lernprozessen kann also zwischen dem Lernen erster Ordnung – Aufbau von Faktenwissen – sowie dem Lernen zweiter Ordnung – Aufbau von Wissen über vorhandene Werte und Normen und der Bereitschaft, diese zu hinterfragen und zu verändern – unterschieden werden (vgl. Raven 2005: 42; Lopolito et al. 2013, 1227; Boon et al. 2014: 795). Die soeben beschriebenen Prozesse der Konvergenz von Erwartungen, Netzwerkbildung und Lernen auf unterschiedlichen Ebenen stehen dabei im ständigen Austausch zueinander und beeinflussen sich gegenseitig.

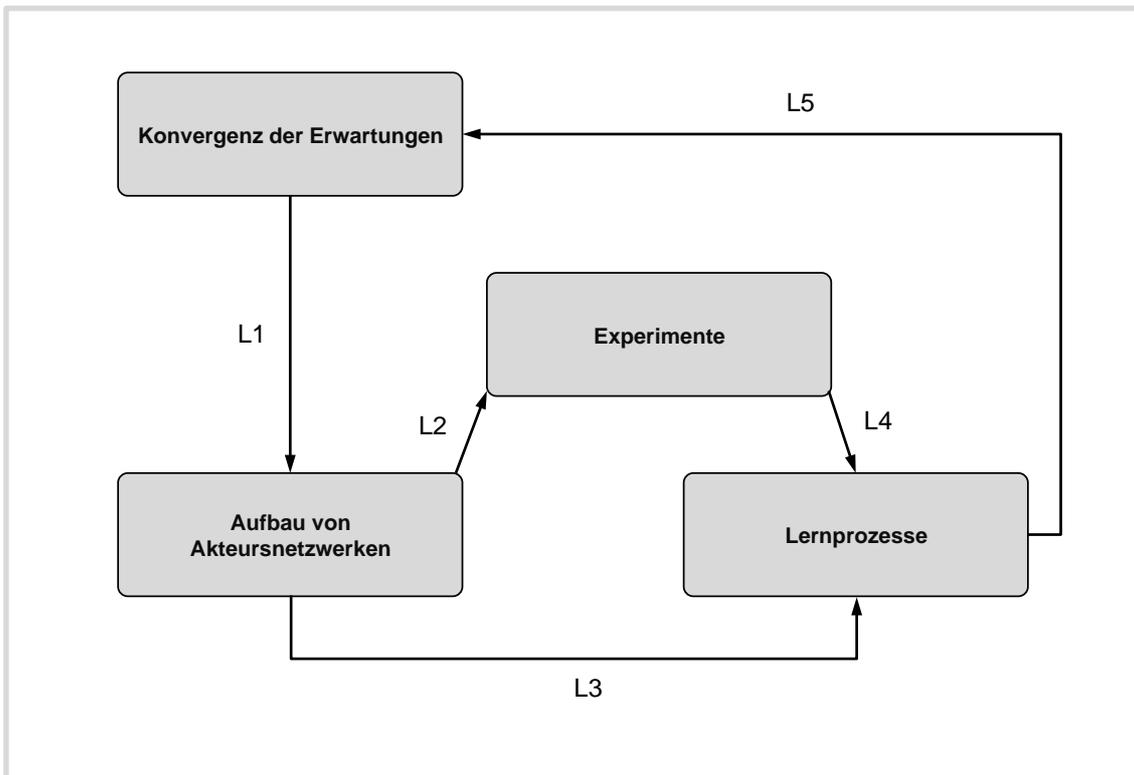


Abbildung 7: Nischeninterne Mechanismen und ihre Interaktion
(Quelle: in Anlehnung an Lopolito et al. 2013: 1227)

Abbildung 7 gibt die Zusammenhänge zwischen den nischeninternen Mechanismen wieder: Ausgehend von den Werten und Erwartungen der Akteure bilden sich Netzwerkkonstellationen mit einem bestimmtem Innovations- und Entwicklungspotenzial heraus (L1). Die Konstellation des Netzwerkes ist schließlich ausschlaggebend für z. B. die Ausrichtung der Experimente oder die Innovationsrichtung (wird bspw. mehr Wert auf ökonomische oder ökologische Aspekte gelegt) (L2). Die Durchführung von bzw. der fortlaufende Innovationsprozess generiert Ergebnisse und Wissen, welches in die Lernprozesse einfließt (L4). Lernprozesse werden aber auch durch die Konstellation und Charakteristik des Akteurnetzwerkes selbst beeinflusst (z. B. durch Interaktion zwischen den Akteuren) (L3). Schließlich fließt das Wissen aus den Lernprozessen in die Erwartungen der Akteure wieder ein. Dabei werden die Erwartungen entweder bestätigt oder eben enttäuscht (L5) (vgl. Raven 2005: 42f.; Lopolito et al. 2013: 1227).

3.6.3 Unterstützung der Technologie beim Gang in die Mitte der Gesellschaft

Protektive Maßnahmen und die Nischenpflege stellen vor allem den Schutz der Nische und die Prozesse innerhalb einer Nische in den Vordergrund. Smith und Raven (2013: 1025f.) stellen jedoch fest, dass in der Literatur so gut wie kein Wissen darüber vorliegt, aufgrund welcher Faktoren Nischen den geschützten Raum verlassen und wie

die Nischen mit ihrer Umwelt interagieren. Sie erweitern daher das Nischenmanagement um Maßnahmen, die alternative Technologien dazu Befähigen sollen, in die Mitte der Gesellschaft zu rücken. Dabei unterscheiden die Autoren zwischen zwei grundsätzlichen Strategien, die verfolgt werden können (vgl. Smith und Raven 2012; Smith et al. 2013: 117f.):

3.6.3.1 „Fit and conform“

Eine Technologie, die auf den ersten Blick das Verlassen eines eingeschlagenen Technologiepfades voraussetzt, wird bei der „fit and conform“ Strategie zu einer inkrementellen Veränderung des dominierenden Technologieregimes (vgl. Smith und Raven 2012: 1030). Damit diese Technologie in die Mitte der Gesellschaft rücken kann, muss die Gesellschaft davon überzeugt werden, dass diese Technologie unter den vorherrschenden Rahmenbedingungen konkurrenzfähig ist und sich ohne größere Veränderungen der Institutionen, Infrastrukturen sowie der Kenntnis- und Wissensbasis auf existierenden Märkten behaupten kann (vgl. Smith und Raven 2012: 1033). Für den erfolgreichen Durchbruch auf Basis dieser Technologie müssen vor allem bestehende industrielle Körperschaften, zuständige Ministerien, Investoren des dominierenden Regimes, Standardisierungsorganisationen usw. adressiert werden (vgl. Smith und Raven 2012: 1033). Protektive Maßnahmen werden in diesem Fall vor allem als zeitlich begrenzt und die Fördermechanismen als eine Notwendigkeit zur Erreichung der Wettbewerbsfähigkeit dargestellt (vgl. Smith und Raven 2012: 1033). Die Autoren sehen dabei zumindest zwei kritische Punkte, die sich bei der Verfolgung der „fit and conform“ Strategie ergeben. Einerseits kann die zunehmende Anpassung einer Technologie an bestehende Strukturen und Normen dazu führen, dass die Veränderungen am Ende zu keiner Verbesserung z. B. in Bezug auf die Nachhaltigkeit darstellen. Im Gegenteil Smith und Raven (2012: 1033) sehen sogar die Gefahr, dass die Kostenreduktion und das ökonomische Wachstum unter bestehenden Strukturen und Normen zu Rebound-Effekten²³ führt. Andererseits besteht die Gefahr, dass sich die Technologie aufgrund einer zu langsamen Entwicklung von dem geschütztem Umfeld der Nische nicht emanzipieren kann oder das partiale Interessen verfolgt werden (vgl. Smith und Raven 2012: 1030). Um solche Fehlentwicklungen zu vermeiden sehen Smith und Raven (2012: 1030) die Notwendigkeit auch bei „fit and conform“ Strategien die Entwicklung von:

²³ Unter dem Rebound-Effekt wird ein gesteigerter Ressourcenverbrauch in Folge von Maßnahmen z. B. zur Effizienzsteigerung verstanden. Das hat in der Regel zur Folge, dass Ressourceneinsparungen unter dem theoretisch berechneten Werten bleiben oder sogar vollständig kompensiert und im schlimmsten Fall sogar überkompensiert werden. So können bspw. Effizienzmaßnahmen dazu führen, dass Einkommensgewinne entstehen und dadurch mehr konsumiert wird (vgl. hierzu Sorell 2007; Santarius 2012).

1. *institutioneller Reformen*, die eine Transformation des vorherrschenden Regimes in die gewünschte Richtung ermöglichen;
2. *politischer Kapazität (Aufmerksamkeit)* um zu verhindern, dass der geschützte Bereich von partialen Interessen unterwandert wird und um sicherzustellen, dass der geschützte Bereich trotz der Anpassung an vorhandene Strukturen und Normen noch ausreichend Innovationsfähigkeit besitzt, um Verbesserungen, etwas in Bezug auf Nachhaltigkeit zu ermöglichen.

3.6.3.2 „Stretch and transform empowerment“

Im Gegensatz zur „fit and conform“ Strategie versucht die „stretch and transform“ Strategie die institutionellen Reformen, die für eine Nische erforderlich sind, in die Mitte der Gesellschaft zu übertragen, um so das dominierende Regime zu restrukturieren (vgl. Smith und Raven 2012: 1030). Das Ziel dieser Strategie besteht dann nicht nur darin, einen bestimmten Teil der Gesellschaft von einer Innovation zu überzeugen und davon, dass sich diese innerhalb bestehender Strukturen behaupten kann, sondern vor allem auch darin, dass die vorherrschenden „Spielregeln“ geändert werden müssen. Dementsprechend muss bei dieser Strategie auch ein weitaus größerer Teil der Gesellschaft umgestimmt werden (vgl. Smith und Raven 2012: 1033). Die Adressaten dieser Strategie sind zivile Organisationen, politische Parteien, Meinungsführer in den Medien und in der Bildung, Gewerkschaften, institutionelle Anleger, oder Sektoren, die von einer Öffnung und Restrukturierung des dominierenden Regimes profitieren (vgl. Smith und Raven 2012: 1033). Die Verfechter einer solchen Strategie müssen dabei den unterschiedlichen Akteuren glaubhaft darstellen, dass ihre Lösungen eine realistische Alternative darstellen, um den Defiziten, Konflikten und Spannungen des dominierenden Regimes zu begegnen, mit dem Ziel eine starke Koalition gegen die vorherrschenden Praktiken aufzubauen (vgl. Smith und Raven 2012: 1030). In diesem Fall wird die Notwendigkeit protektiver Maßnahmen mit der erforderlichen Verfestigung wünschenswerter Nachhaltigkeitskriterien und die Notwendigkeit der Fördermechanismen mit der direkten Entwicklung nachhaltiger Technologien begründet (vgl. Smith und Raven 2012: 1033).

In der Praxis findet die Verfolgung beider Strategien parallel statt. Die Verfechter der ersten Strategie argumentieren vor allem mit Größenvorteilen und mit dem Erreichen einer schnellen Preisparität gegenüber den dominierenden Technologien für den Aufbau von Großanlagen (z. B. Aufbau von Windparks oder Solarparks). Die Verfechter der zweiten Strategie argumentieren hingegen für den Aufbau kleiner Anlagen und dezentraler Strukturen als Basis für eine demokratische Versorgung (vgl. Smith und Raven 2012: 1033f.).

3.7 Infrastruktursysteme: Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass Infrastruktur ein Sammelbegriff für technische Systeme, soziale Einrichtungen und wirtschaftlich sowie gesellschaftlich relevante Sektoren ist, die etablierte elementar Funktionen für das soziale und wirtschaftliche Zusammenleben bereitstellen. Vor diesem Hintergrund sind Infrastrukturen kritische Bestandteile des gesellschaftlichen und vor allem des wirtschaftlichen Gefüges, weshalb ihrer dauerhaften und störungsfreien Verfügbarkeit ein großer Wert beigemessen wird. Infrastruktursektoren weisen einige besondere Eigenschaften auf:

- Lange Lebenszyklen von 30-100 Jahren. Damit sind heute veränderte oder neu gebaute Infrastrukturen in jedem Fall von zukünftigen Entwicklungen des Klimas betroffen;
- Interdependenzen interner und externer Natur (Veränderungen eines Teilaspekts, tangieren stets andere Teilaspekte; Veränderungen innerhalb eines Sektors tangieren stets andere Sektoren; Veränderungen tangieren grundsätzliche soziokulturelle Gewohnheiten). Die hat zur Folge, dass einerseits Anpassungen an den Klimawandel zwangsläufig auch andere gesellschaftliche Bereiche tangieren und eventuell Anpassungen erfordern. Andererseits können extreme Wetterereignisse dafür sorgen, dass der Ausfall eines Infrastrukturbereichs, zum Ausfall oder zur Beeinträchtigung anderer Bereiche führt;
- Technologien, Akteursstrukturen, Besitzverhältnisse, Reglementierungen sind sehr heterogen und können teilweise konfliktär sein. Die Machtverhältnisse für die Implementierung möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen sind damit sehr heterogen verteilt;
- Infrastruktursektoren sind durch hohe Investitions- und Fixkosten gekennzeichnet;
- Infrastrukturen haben Eigenschaften reiner bzw. unreiner öffentlicher Güter;
- Infrastrukturen haben einen generischen Charakter und sind somit nicht zweckgebunden.

Die Untersuchung der Entwicklungs- und Innovationsprozesse hat gezeigt, dass diese weder linear noch kontinuierlich ablaufen. Vielmehr sind diese in ihrem wenig kontinuierlichem Verlauf durch unterschiedliche Zusammensetzungen aus Akteuren, Technik und sozialen, regulatorischen, ökonomischen sowie ökologischen Entwicklungen beeinflusst, die sowohl für eine bestimmte Technologie fördernd aber auch hemmend wirken können. Das „Mehrebenen-Modell“ macht zudem deutlich, dass

der „Erfolg“ der Innovation sowohl von der sozio-technologischen Umgebung, den Entwicklungen innerhalb des dominierenden soziotechnischen Regimes aber auch von den Entwicklungen im Nischenbereich abhängt. Der Klimawandel und andere Entwicklungen (wie z. B. der demografische oder technologische Wandel) stellen bis dato wenig berücksichtigte Herausforderungen für das gegenwärtige (dominierende) Infrastrukturregime dar, wodurch das eher starre, zentralisierte dominierende Regime zunehmend in Frage gestellt wird. Dadurch ergeben sich Zeitfenster für alternative Technologiepfade. Auf der anderen Seite wirken sich bestimmte soziokulturelle, ökonomische und strukturelle Faktoren des dominierenden Infrastrukturregimes hemmend auf die Innovationsfähigkeit einer Gesellschaft. Alternative Technologiepfade existieren zunächst grundsätzlich in Nischenbereichen, die sich entweder aufgrund gegebener Strukturen einstellen oder durch unterschiedliche private, öffentliche oder zivile Akteure aufgebaut werden. Diese Nischenbereiche müssen durch die Ausbildung von Konvergenz bezüglich der Akteurserwartungen, Aufbau und Pflege von Akteursnetzwerken und durch stetige Lernprozesse stabilisiert werden. Durch „fit and conform“ und „stretch and transform empowerment“ Strategien geht es schließlich darum den Technologien den Weg in die Mitte der Gesellschaft zu ermöglichen. Dabei müssen in Abhängigkeit der Strategie unterschiedliche Akteursgruppen angesprochen bzw. aktiviert werden. Durch permanente Wechselwirkungen dieser drei Ebenen aber auch durch wechselnde Bedingungen innerhalb dieser – exogenes Umfeld, soziotechnisches Regime und soziotechnische Nische – ist der Durchbruch eines bestimmten Technologiepfades vor allem das Ergebnis von Verhandlungsprozessen zwischen unterschiedlichen Akteuren. Dabei ist nicht nur die Technologie ausschlaggebend, sondern vielmehr institutionelle, soziokulturelle, ökonomische, ökologische und sonstige Aspekte.

Zusammenfassend ist der Innovationsprozess im Bereich der Infrastrukturen also eine „Co-Kreation“ zwischen Technologie, Regulierung, gesetzlichen Rahmenbedingungen und Normen, ökonomischer, soziokultureller und ökologischer Aspekte (vgl. auch Schneidewind und Scheck 2012: 47).

4 Resilienz als Leitbegriff für die Innovation von Infrastrukturen

4.1 „Mechanischer“ Resilienz begriff

Seit seiner Entstehung hat der Begriff Resilienz Einzug in zahlreiche Disziplinen gehalten. Seine Wurzeln liegen vor allem in der Ökosystemforschung. Im Rahmen der Forschung zur Interaktion zwischen dem Individuum in seiner Umwelt, findet der Resilienz begriff auch zunehmend Beachtung in den Sozialwissenschaften. Durch die zunehmende Wahrnehmung des Klimawandels und seiner möglichen Auswirkungen gewann der Begriff im Bereich der Infrastrukturen und sozioökonomischer Systeme ebenso an Bedeutung (vgl. Taşan-Kok et al. 2013: 40ff.). Nach Holling und Gunderson (2002: 27) haben sich zwei wesentliche Stränge des Resilienzkonzeptes entwickelt. Hierzu zählen die Begriffe der sogenannten mechanischen Resilienz („Engineering Resilience“) und der sogenannten sozio-ökologischen Resilienz („Ecosystem Resilience“). Im Folgenden sollen die beiden Resilienzstränge näher betrachtet werden.

Unter mechanischer Resilienz versteht man die Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen, sowie äußeren Einflüssen und die Geschwindigkeit, mit der das System zu seinem Ausgangszustand zurückkehrt (vgl. O’Rourke 2007: 25). Dieser Begriff legt in erster Linie den Fokus auf die Aufrechterhaltung der Systemstrukturen und beschränkt sich auf die Existenz eines stabilen Gleichgewichtszustands (vgl. Berkes und Folke 1998: 12; Holling und Gunderson 2002: 27; Holing 2009: 53). Verwendet wird dieses Verständnis von Resilienz überwiegend in der Psychologie und der Katastrophenforschung sowie im Bereich der resilienten Infrastrukturen. Dabei steht die Frage im Fokus, warum bestimmte Menschen, Infrastruktursysteme, Städte usw. besser mit Störungen umgehen bzw. diese überstehen als andere (vgl. Pendall et al. 2010,72).

Am einfachsten darzustellen ist dieser Begriff am Modell der sogenannten seismischen Resilienz, das von Bruneau et al. (2003: 737) entwickelt wurde. Wie in Abbildung 8 dargestellt, wird dabei die Resilienz eines Systems über die erbrachte Systemleistung (Q) und Zeit (t) dargestellt (vgl. O’Rourke 2007: 25f.). Unter normalen Bedingungen ist das System in der Lage, $Q = 100\%$ der Leistung zu erbringen (0% bedeutet den Totalausfall des Systems). Kommt es nun zum Zeitpunkt t_0 zu einem Störereignis,

bspw. einem Erdbeben, einem Hochwasser oder einem Stromausfall, so kann es passieren, dass das System nur noch einen Teil der Leistung erbringen kann, sodass das System z. B. nur noch zu 50 % leistungsfähig ist ($Q = 50\%$). Der Einbruch der Leistung im Verhältnis zur Stärke eines Störereignisses gibt dabei die Robustheit bzw. Widerstandsfähigkeit des Systems wieder (r). Schließlich ist die Zeitspanne zwischen t_0 und t_1 (t_1 = Zeitpunkt an dem das System wieder 100 % der Leistung erbringt) die Schnelligkeit mit der das System zu seinem Normalzustand zurückkehrt (vgl. Bruneau et al. 2003: 737; Bruneau und Reinhorn 2007: 41f.;; McDaniels et al. 2008: 4f.).

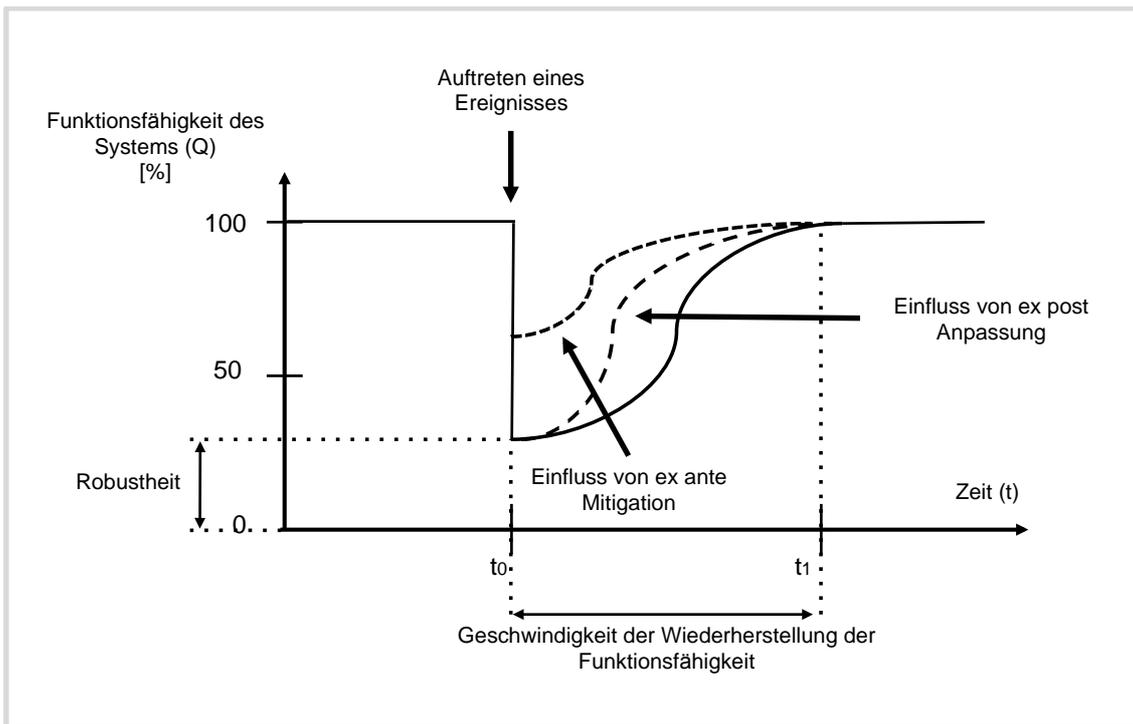


Abbildung 8: Seismische Resilienz und der Einfluss von Maßnahmen
(Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an McDaniels et al. 2008, 312)

Die Vertreter dieses Modells heben jedoch hervor, dass die Resilienz – vor allem die Schnelligkeit, mit der das System zum Normalzustand zurückkehrt – nicht nur von technischen Aspekten abhängt, sondern vielmehr ein Zusammenspiel zwischen Technik, Organisation und Ressourcenverfügbarkeit darstellt (vgl. Bruneau et al. 2003: 738; O'Rourke 2007: 26f.; McDaniels et al. 2008: 5ff.). Daher wurde dieses Modell von Bruneau und Reinhorn (2007: 42ff.) um eine vierte Dimension (Ressourcenverfügbarkeit) sowie von McDaniels et al. (2008: 4f.) um Referenzgrößen erweitert.

Dennoch wird diesem Verständnis von Resilienz, insbesondere aus der sozio-ökologischen Forschung, wo der Resilienzbezug seinen Ursprung hat, eine Reduktion der Komplexität vorgeworfen, da diesem Begriff nur ein Gleichgewichtszustand zu Grunde liegt. Holling und Gunderson (2002: 29f.)

bemängeln dabei, dass Systeme simplifiziert werden, damit Experimente und mathematische Gleichungen beherrschbar bleiben, global ein stabiler Zustand angenommen wird und andere Zustände durch bestimmte Gegenmaßnahmen vermieden. Dazu wird kritisiert, dass kurzfristige und lokale Variablen als repräsentativ gelten, während langfristige und extensive Variablen vernachlässigt werden können. Entsprechend müssen nach Holling (2009: 51) die folgenden Bedingungen erfüllt werden, damit der „mechanische“ Resilienz begriff zu Anwendung kommen kann:

- Es existiert grundsätzlich nur ein Gleichgewichtszustand;
- Das Objekt kann diesen Gleichgewichtszustand aufrecht erhalten oder zu ihm trotz Beeinträchtigung zurückkehren;
- Die Art der möglichen Beeinträchtigungen ist bekannt.

Entsprechend ist wie weiter oben dargestellt Resilienz die Widerstandsfähigkeit gegenüber Beeinträchtigungen und die Fähigkeit zum Ausgangszustand zurückzukehren.

4.2 „Sozio-ökologischer“ Resilienz begriff

Auf der anderen Seite existiert der sozio-ökologische Resilienz begriff, der in jüngster Zeit eine zunehmende Akzeptanz erfährt. Nach Walker und Salt (2006) berücksichtigt dieses Resilienzverständnis eine elementare Gegebenheit: *„At the heart of resilience thinking is a very simple notion – things change – and to ignore or resist this change is to increase our vulnerability and forego emerging opportunities.“* (Walker und Salt 2006: 9f.). In diesem Fall geht man also von der Annahme aus, dass es keinen dauerhaft anhaltenden Gleichgewichtszustand gibt und dass das System jederzeit in einen neuen Zustand mit neuer Systemstruktur übergehen kann, weshalb hier der Fokus auf die Aufrechterhaltung von Systemfunktionen gelegt wird (vgl. Holling und Gunderson 2002: 27). Das Vorhandensein unterschiedlicher Gleichgewichtszustände wird in der sozio-ökologischen Systemforschung mit Hilfe der Metapher eines Balls innerhalb eines Beckens, das Attraktionsbecken genannt wird, verdeutlicht, wie in Abbildung 9 dargestellt.

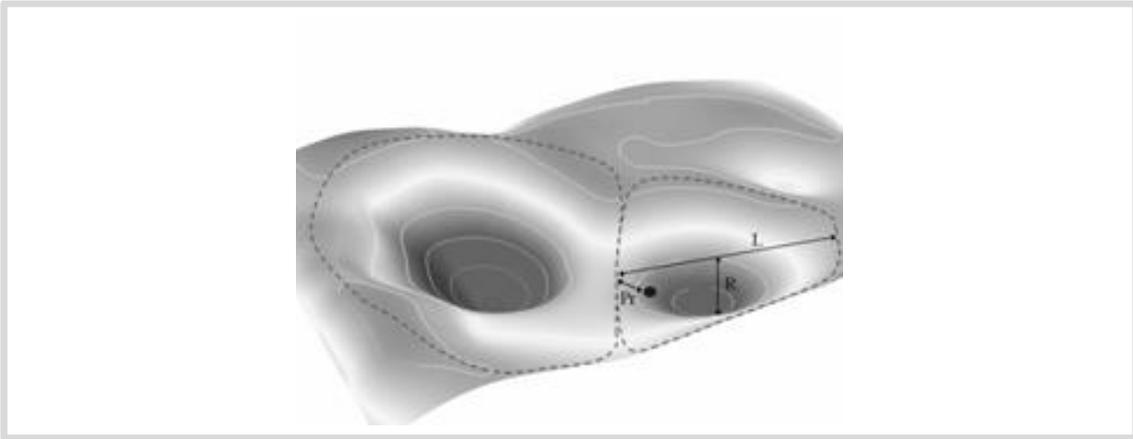


Abbildung 9: Ausprägungen des Resilienzbegriffs
(Quelle: Walker et al. 2004)

Die Position des Balls ist der gegenwärtige Zustand des Systems. Die gestrichelten Linien sind dabei Strukturgrenzen, innerhalb derer sich die Systemstrukturen – trotz unterschiedlicher Systemzustände – nicht gravierend verändern. Neben dem gegenwärtigen Systemzustand und den Strukturgrenzen werden in Abbildung 9 drei wesentliche Aspekte der Resilienz dargestellt:

- „*Latitude*“ (L): Beschreibt den Abstand zwischen Systemgrenzen (die gestrichelte Linie stellt die Systemgrenzen dar) und damit die Tragekapazität eines Systems, bevor sich die Struktur verändert;
- „*Resistance*“ (R): Einfachheit oder Schwierigkeit, ein System zu verändern – also der erforderliche Aufwand bzw. die erforderliche Kraft um das System gegen die Systemgrenzen zu drücken;
- „*Precariousness*“ (Pr): Der gegenwärtige Abstand des Systemzustandes gegenüber den Systemgrenzen (vgl. Walker et al. 2004).

Diese drei Aspekte können dabei als die erforderliche Innovations- bzw. Planungsrichtung des Systems betrachtet werden, damit das System innerhalb eines Attraktionsbeckens bleibt bzw. dieses verlässt. Neben diesen beiden Aspekten berücksichtigt der Resilienzbezug der sozio-ökologischen Systemtheorie auch den Kontext, innerhalb dessen sich ein bestimmtes System bewegt. Dabei sind die Begriffe der „*Panarchy*“ und des „*Adaptive Cycle*“ von zentraler Bedeutung:

- „*Panarchy*“: Berücksichtigung der Interdependenzen von Systemen auf unterschiedlichen Ebenen;
- „*Adaptive Cycle*“: Berücksichtigung des Entwicklungspfades und des Entwicklungsstandes der Systeme. Dabei haben die verfügbaren Ressourcen und die internen Verbindungen der Akteure und Variablen eines Systems eine große Bedeutung (vgl. Walker et al. 2004).

Die beiden letzteren Aspekte implizieren, dass die Resilienz eines Systems nicht isoliert betrachtet werden kann. Vielmehr ist diese ebenso von über- und untergeordneten Systemen und deren jeweiligem Entwicklungspfad und -stand abhängig, weshalb die Resilienz stets im Kontext zu betrachten ist (vgl. Walker et al. 2006). Demnach ist Resilienz kein gleichbleibender Systemzustand, der einmalig erreicht werden kann, sondern viel mehr eine Eigenschaft des Systems, die im jeweiligen Kontext sehr unterschiedlich ausfallen kann (vgl. Walker et al. 2004). Zudem setzt diese Eigenschaft die Fähigkeit zur Anpassung an Veränderungen und zur Transformation voraus, sofern das gegenwärtige System unter neuen Bedingungen nicht tragbar ist (vgl. Walker et al. 2006).

Dem Begriff der „Ecological Resilience“ liegt also, wie von Gleich et al. (2010: 19) bemerken, eine „dynamische Stabilität“ zu Grunde. Resilienz hat daher weniger mit der Aufrechterhaltung eines bestimmten Systemzustandes – und damit einer Begrenzung der Handlungsoptionen – zu tun, sondern viel mehr mit der Fähigkeit zur Schaffung neuer Räume für Experimente und Innovationen und damit für Veränderungen. Folglich hat ein resilientes System, die Fähigkeit mit dem Wandel mitzugehen ohne dabei seine Funktionsfähigkeit zu verlieren (vgl. Holling und Gunderson 2002: 32; Walker und Salt 2006: 141ff.). Es geht also nicht um den Erhalt von Strukturen, sondern um den Erhalt von Systemfunktionen, oder in Worten von von Gleich et al. (2010) um „[...] den Erhalt von Systemdienstleistungen.“ (von Gleich et al. 2010: 25). In welcher Form und mit Hilfe welcher Strukturen die Systemdienstleistungen erbracht werden, spielt dabei keine Rolle.

Resilienz ist also kein fester Zustand oder eine analytische Größe, sondern eher ein stetiger Prozess, der einen Leitrahmen für Handlungen nach gewissen Prinzipien vorgibt, damit Systemdienstleistungen sichergestellt werden. Die Resilienz und die daraus resultierenden Handlungen müssen dabei stets das relationale Gefüge (ökologisches, ökonomisches, soziales, technologisches usw.) berücksichtigen und kann nicht ohne Raum- und Zeitbezug betrachtet werden (vgl. Carpenter et al. 2001: 767; Christmann et al. 2011: 25ff.). Ferner kann Resilienz im Gegensatz zu Nachhaltigkeit sowohl eine positive als auch negative Konnotation aufweisen (vgl. Carpenter et al. 2001: 766; Kaufmann 2012: 67f.). Resilienz im negativen Sinne ist bspw. das Beharrungsvermögen des dominierenden Technologieregimes, das aufgrund der in Abschnitt 3.5 beschriebenen Aspekte nur schwer transformierbar ist bzw. innovationshemmend wirkt (vgl. dazu auch Kaufmann 2012: 68f.). Negativ wären auch Systeme oder Zustände, die der Gesellschaft schaden zuführen, wie z. B. anpassungsfähige Viren, anhaltendes unsauberes Trinkwasser oder unsaubere Luft, die

dennoch resilient und nur schwer zu beseitigen sind oder an die sich andere Systeme anpassen müssten um ihr Weiterbestehen sicherzustellen.

4.3 Infrastruktur und Klimaresilienz

Legt man die beiden Begriffe übereinander, kann Resilienz im Grunde in zwei zeitabhängige Komponenten gegliedert werden. Einerseits in die ereignisbezogene Resilienz, welcher der mechanische Resilienz begriff zu Grunde liegt. Die ereignisbezogene Resilienz stellt die Systemdienstleistung und deren Strukturen nicht in Frage, sie ist vielmehr die Reaktion auf zeitlich begrenzte „Spontanereignisse“, wie z. B. extreme Witterungsereignisse. Daher steht hier die Widerstandsfähigkeit und die Fähigkeit, sich rasch von Störereignissen zu erholen im Mittelpunkt (vgl. McDaniels et al. 2008: 311f.). Der „sozio-ökologische“ Resilienz begriff ist dagegen die langfristige Komponente von Resilienz. Hier stehen nicht zeitlich begrenzte Ereignisse im Fokus, sondern vielmehr langfristige Veränderungen der sozialen und ökologischen Systeme (z. B. Klimawandel, Veränderungen der gesellschaftlichen Wertevorstellungen usw.). Daher ist Resilienz in diesem Sinne mit der Anpassungs-²⁴ und Transformationsfähigkeit²⁵ verbunden (vgl. Walker et al. 2004). Hierbei geht es also um eine kritische Reflexion des Infrastruktursystems und seiner Strukturen vor dem Hintergrund mittel- bis langfristiger Veränderungen nach dem Vorsorgeprinzip (vgl. von Gleich et al. 2010: 23ff.). Das Infrastruktursystem und seine Strukturen werden also vor dem Hintergrund zukünftiger klimatischer und sonstiger Trends und Entwicklungen bewertet. Dazu müssen die klimatischen Veränderungen und die möglichen Auswirkungen auf die Infrastrukturen antizipiert werden (Mainguy et al. 2013: 11). Dabei stellen sich für Entscheidungsträger die folgenden Fragen in Bezug auf die Anpassungs- und Transformationsfähigkeit (vgl. hierzu auch Kaufmann, 2012 67ff.):

²⁴ Walker et al. (2004) bezeichnen Anpassung als Fähigkeit im Umgang mit Resilienz. Das bedeutet, die Fähigkeit die Struktur des Systems verändern zu können, die Trajektorie soweit wie möglich zu beherrschen, sodass Systemfunktionen erhalten bleiben oder sich an Veränderungen über- und untergeordneter Abläufe und Prozesse anpassen zu können.

²⁵ Unter Transformation verstehen Walker et al. (2004) die Fähigkeit ein neues System zu kreieren, wenn ökologische, ökonomische oder soziale Bedingungen das gegenwärtige System unhaltbar machen. Nach Walker et al. (2006) kann die Ordnung eines Systems unerwünscht sein und dennoch eine hohe Resilienz aufweisen; dann ist die Anpassung jedoch keine Option. In diesem Fall können externe Ereignisse oder eine interne Reformation die Wandlung des Systems einleiten. Der Grund für einen solchen Transformationsprozess, können bspw. politische Entscheidungen oder Handlungen sein, die zu Krisen geführt haben (bspw. ökologische Krise) oder Werteveränderungen in der Gesellschaft. Transformation impliziert damit einen kulturellen und strukturellen Wandel sowie den Wandel von der angewandten Praxis (vgl. Frantzeskaki und de Haan 2009)

- Ist die Struktur des betrachteten Infrastruktursystems in Anbetracht der mittel- und langfristigen klimatischen Veränderungen (häufigere Extremereignisse, Temperaturanstieg usw.) sowie der gesellschaftlichen und ökologischen Entwicklungen aus ökonomischer, technologischer, sozialer und ökologischer Sicht überhaupt tragbar?
- Wenn ja, dann stellt sich die Frage, inwiefern Infrastruktursysteme den neuen Bedingungen angepasst werden müssen (z. B. Erhöhung der Widerstands- und Reaktionsfähigkeit, weil häufigere und stärkere Extremereignisse zu erwarten sind etc.)? – Hierbei steht die Anpassungsfähigkeit des Systems im Fokus.
- Wenn nein, dann stellt sich die Frage wie ein neues Infrastruktursystem ausgestaltet sein müsste, damit es unter den neuen Gegebenheiten sozial, ökonomisch, ökologisch und technologisch tragbar ist. Hierbei spielt die Transformationsfähigkeit des Infrastruktursystems die entscheidende Rolle.

In der Literatur werden eine Reihe von Merkmalen mit resilienten Systemen in Verbindung gebracht, die zur Anpassungs- und Transformationsfähigkeit der Systeme beitragen sollen:

- *Diversität*: Resiliente Systeme zeichnen sich durch eine Funktionalitäts- und Reaktionsvielfalt aus. Diversität ist mit Flexibilität und Schaffung unterschiedlicher Handlungsoptionen verbunden. Eine Einschränkung von Handlungsoptionen durch z. B. die Konzentration auf eine bestimmte Technologie oder nur zentral organisierte Systeme, verhindert die Fähigkeit zur Anpassung an Veränderungen oder zur Transformation (vgl. Godschalk 2003: 139; Fiksel 2003: 5333; Walker und Salt 2006: 145; Pisano 2012: 30).
- *Redundanz*: Unter Redundanz eines Systems versteht man die Absicherung von Systemfunktionen durch eine Mehrfachauslegung von z. B. Teilsystemen oder Systemkomponenten, sodass diese im Falle einer Störung oder eines Ausfalls kurzfristig substituiert werden können (vgl. Godschalk 2003: 139; Bruneau et al. 2003; Cabinet Office 2011: 16; Beckmann 2013: 10).
- *Ressourceneffizienz*: Dieses Merkmal bezieht sich auf einen schonenden Umgang mit Ressourcen. Darunter fällt eine positives Input/Output-Verhältnis von Energie, Wiedergewinnung und kaskadenförmige Nutzungsstufen von Ressourcen sowie grundsätzlich ein maßvoller Gebrauch von Ressourcen – sowohl ökologischer, sozialer sowie ökonomischer Natur (vgl. Godschalk 2003: 139; Fiksel 2003: 5333; Beckmann 2013: 10).
- *Modularität*: Modularität beschreibt die Möglichkeit für den unabhängigen Ein- und Ausbau von Teilsystemen oder Komponenten, sofern dies durch technologische Entwicklungen oder Veränderungen in den

Rahmenbedingungen erforderlich wird, ohne gleich das gesamte System verändern oder stilllegen zu müssen (vgl. Walker und Salt 2006: 146; Pisano 2012: 30; Libbe 2013: 32). Auf diese Weise können z. B. technologische Pfadabhängigkeiten und Lock-in Effekte verringert werden (vgl. Libbe 2013: 32).

- *Kollaborativ*: Resiliente Systeme zeichnen sich durch Möglichkeiten und Anreize zur Beteiligung möglichst vieler und vor allem aller relevanter Akteursgruppen bei der Planung, der Umsetzung und dem Betrieb von Systemen aus. Dabei sollen Vertrauen und gut funktionierende soziale Netzwerke geschaffen werden (vgl. Godschalk 2003: 139; Walker und Salt 2006: 146). Gleichzeitig sollen damit die Reflexions-, Lern- und Innovationsfähigkeit gegenüber Veränderungen und neuen Rahmenbedingungen durch eine transdisziplinäre und fachübergreifende Zusammenarbeit gefördert und verstärkt werden, damit ein gemeinsames Verständnis für erforderliche Maßnahmen entsteht (vgl. Libbe 2013: 32).

Die Liste der Merkmale, die resilienten Systemen zugeschrieben werden, ließe sich noch weiter ausführen, weshalb hier die am häufigsten in der wissenschaftlichen Diskussion vorkommenden Merkmale genannt wurden.

4.4 Bewertung von Resilienz vor dem Hintergrund des Klimawandels

Die Entwicklung von Maßnahmen und Strategien für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen setzt jedoch voraus, dass das jeweils erreichte Niveau von Resilienz mess- aber auch quantifizierbar ist. Erst dann kann überhaupt bewertet werden, welche Veränderungen erforderlich sind und ob diese dann auch tatsächlich zu einer höheren Robustheit, Reaktions-, Anpassungs- oder Transformationsfähigkeit führen (vgl. McDaniels et al. 2008: 312). Eine der zentralen Herausforderungen für die Bewertung der Resilienz ist dabei die Identifikation adäquater Indikatoren (Mainguy et al. 2013: 24f.).

Für die adäquate Bewertung der Resilienz eines Infrastruktursystems, ist es jedoch nicht ausreichend, nur die Infrastruktur selbst zu betrachten. Vielmehr müssen zusammenhängende sozioökonomische, ökologische, klimatische und technologische Faktoren in die Bewertung einbezogen werden (vgl. Verner und Petit 2013: 2). So hängt nach Boone (2014: 797ff.) die Resilienz eines Infrastruktursektors von der

Resilienz der Gemeinde, der Organisation, der sachlichen, technischen und physischen Faktoren sowie von der Resilienz der Individuen ab:

- *Resilienz der Gemeinde:* bezieht sich auf die verfügbaren menschlichen, ökonomischen, ökologischen und sonstigen Ressourcen auf kommunaler Ebene;
- *Organisatorische Resilienz:* bezieht sich auf die Verfügbarkeit der Dienstleistungen, die eine Infrastruktur zur Verfügung stellt;
- *Resilienz der Individuen:* betrifft die Vorkenntnisse und die Lernbereitschaft der unterschiedlichen Akteure über die möglichen Auswirkungen, Stärken, Schwächen und Anpassungsmöglichkeiten in Bezug auf das betrachtete Infrastruktursystem;
- *Physische und technische Resilienz:* betrifft die Struktur des Infrastruktursystems, wie z. B. konkrete Schutzmechanismen, Möglichkeiten zur Problemerkennung (bspw. Sensoren, elektronische Systemkontrolle usw.), Komponenten zur Reduktion von Schwachstellen usw.;
- *Funktionale Resilienz:* bezieht sich auf Handlungen der Akteure bezüglich des Aufbaus und der Aufrechterhaltung des gewünschten Resilienzlevels und zur Wiederkehr zum normalen Betriebsniveau nach einer Störung.

Die unterschiedlichen Komponenten der Resilienz erfordern dabei die Festlegung jeweils eigener Indikatoren und dementsprechend tiefgreifende Kenntnisse über die jeweiligen Bereiche und deren Zusammenhänge, damit sie später zu einem Indikator zusammengeführt werden können (vgl. McDaniels 2008: 312). Die Zusammenführung der Indikatoren setzt aber auch eine Einigung über die Gewichtung und die Bedeutung der unterschiedlichen Indikatoren voraus, weshalb bei der Festlegung von Resilienzindikatoren die Einbindung der relevanten Akteure erforderlich wird. Neben dem sektorübergreifenden Charakter von Resilienz haben Mainguy et al. (2013 25) in einer Literaturrecherche noch weitere Schwierigkeiten, die sich bei der Identifikation adäquater Indikatoren ergeben identifiziert:

- Festlegung darüber, welcher Resilienzbezug zu Grunde gelegt wird;
- Bestimmung dessen, welche Leistungen die Infrastrukturen erbringen müssen und was eine akzeptable Leistung bedeutet;
- Die Notwendigkeit von Vereinbarungen zwischen Akteuren über das akzeptierte Risikoniveau;
- Festlegung des Zeithorizonts des betrachteten Klimawandels;
- Festlegungen darüber, ob nur extreme Wetterereignisse betrachtet werden oder auch der langfristige Klimawandel;

- Unsicherheiten verbunden mit Klimawandelprojektionen und fehlenden Grundlagen;
- Bisher existiert nur eine begrenzte Erfahrung mit Resilienzindikatoren;
- Begrenzte Möglichkeiten, die Indikatoren zu testen und aus den Erfahrungen zu lernen.

In Anbetracht der soeben geschilderten Schwierigkeiten bei der Festlegung entsprechender Resilienzindikatoren, fällt deren Auswahl und die Vorgehensweise bei der Bewertung von Resilienz auch in der einschlägigen Literatur unterschiedlich aus (vgl. McDaniels et al. 2008; Creese et al. 2011; Muller 2012; Ouyang et al. 2012; Maliszewski und Perrings 2012; Petit et al. 2014 u. a.). Aufgrund der zu Grunde liegenden Definitionen, der betrachteten Infrastrukturektoren, verschiedener Parameter usw., scheinen keine einheitlichen und für alle Fälle gültigen Indikatoren und Vorgehensweisen möglich zu sein (vgl. Mainray et al. 2013, 27ff.).

Vor dem Hintergrund der Komplexität der betroffenen Systeme und ihrer Zusammenhänge und der Grenzen kognitiver Leistungsfähigkeit auf individueller Ebene argumentieren Beratan (2007) und Kaufmann (2012: 89ff.) für die Notwendigkeit eines kollaborativen Entscheidungsprozesses auf regionaler Ebene zur Antizipation der möglichen Resilienzpfade. Wie so ein kollaborativer Prozess aufgebaut sein sollte, darauf haben weder Beratan (2007) noch Kaufmann (2012) eine Antwort (vgl. Beratan 2007; Kaufmann 2012: 93). Kaufmann (2012) stellt lediglich fest, dass zahlreiche Resilienzmerkmale mit Eigenschaften kollaborativer Prozesse deckungsgleich sind (vgl. Kaufmann 2012: 90).

4.5 Resilienz als Leitbegriff: Zusammenfassung und Ausblick

Die Betrachtung der unterschiedlichen Resilienzbegriffe verdeutlicht, dass Resilienz sowohl durch eine ereignisbezogene (mechanischer Resilienzbegriff) als auch durch eine prozessbezogene (sozio-ökologischer Resilienzbegriff) Komponente gekennzeichnet ist. Das korrespondiert mit der Notwendigkeit zur Anpassung einerseits an extreme Witterungsereignisse und andererseits an die stetigen, langfristigen Veränderungen des Klimas.²⁶

Ferner hat sich gezeigt, dass Resilienz ein kontextgebundener Begriff ist. D. h. dass die Resilienz eines Infrastruktursystems nur im Kontext, indem es eingebettet ist bewertet werden kann. Dazu gehören die soziokulturellen, ökonomischen,

²⁶ Dieser Zusammenhang scheint nicht sonderlich verwunderlich zu sein, da der Resilienzbegriff ja aus der ökologischen Systemforschung kommt (vgl. Abschnitt 4.1 und 4.2).

ökologischen, institutionellen usw. Rahmenbedingungen, aber auch die Entwicklungen, die in der Vergangenheit durchgemacht wurden. Diese müssen vor allem regional bewertet werden. Dieser Aspekt korreliert einerseits mit den Erkenntnissen aus Kapitel 2, wo es darum ging, nationale *top-down* Ansätze mit regionalen *bottom-up* Strategien abzustimmen. Auch dem Resilienzbezug liegt aufgrund seiner kontextgebundenen Konstruktion die Notwendigkeit zur regionalen und lokalen Antizipation von Stärken und Schwächen in Bezug auf die Resilienz. Andererseits deckt sich dieser Aspekt auch mit den Anforderungen an einen Innovationsprozess der sich aus den Betrachtungen in Kapitel 3 ergibt. So existieren auch im Bereich der Infrastrukturen marktbezogene, soziokulturelle, institutionelle, und ökologische Rahmenbedingungen auf unterschiedlichen Ebenen, die bei der Planung und Innovation von Infrastruktursystemen einbezogen werden sollten – dazu zählen bspw. Gesetze und Normen, kulturelle Verhaltensweisen, marktbedingte und technologische Barrieren usw.

Resilienz kann zudem eine positive oder negative Konnotation aufweisen. Hier gilt es darüber zu entscheiden, welche Entwicklungspfade eingeschlagen werden müssen, damit die in Abschnitt 3.5 beschriebenen Innovations- und Veränderungshemmnisse in Zukunft möglichst gering gehalten werden. Zudem kommt hinzu, dass aufgrund der vorhandenen Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels keine allgemein gültigen Lösungen im Umgang mit dem Klimawandel existieren können.

Die Festlegung von Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz einer Infrastruktur ist eine Abwägung zwischen Anpassung (Maßnahmen welche die grundsätzliche Struktur des dominierenden Infrastruktursystems nicht in Frage stellen) und Transformation (Maßnahmen, bei denen die Struktur des dominierenden Infrastruktursystems überdacht) – wobei beide Pfade mit Innovationen verbunden sein können²⁷. In Anknüpfung an Abschnitt 2.3 impliziert somit eine Orientierung am Resilienzbezug eine dritte denkbare Strategie im Umgang mit dem Klimawandel. Neben Klimaschutz und -anpassung gibt es somit auch die Möglichkeit der Transformation oder in diesem Fall der Transition, um dem Klimawandel zu begegnen, wie in Abbildung 10 dargestellt. Dabei sollte eine integrative Betrachtung angestrebt werden. Innovation zur Klimaanpassung sollten daher stets auch den Klimaschutz – also die aktive Vermeidung ökologischer Auswirkungen – beinhalten. Innovationen, die eine

²⁷ Aufgrund der Erkenntnisse aus Kapitel 3, kann an dieser Stelle angenommen werden, dass Akteure des dominierenden Technologieregimes eher zu Maßnahmen der Anpassung neigen werden.

Transformation bzw. Transition anstreben, sollten dagegen sowohl Klimaanpassung als auch Klimaschutz anstreben.²⁸

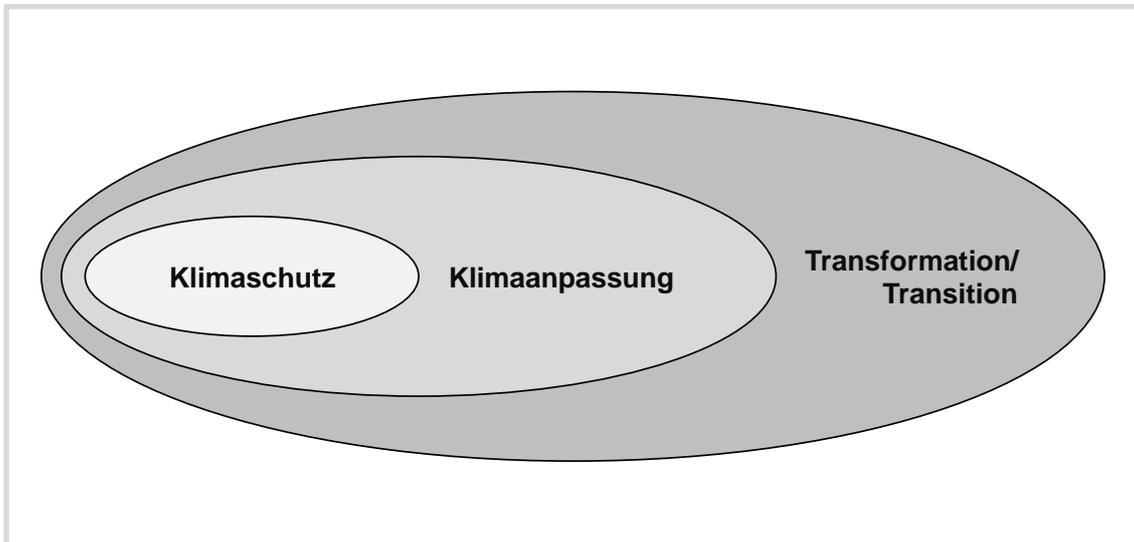


Abbildung 10: Mögliche Strategien im Umgang mit dem Klimawandel - eine integrative Betrachtung (Quelle: eigene Darstellung)

Damit eine Entscheidung überhaupt getroffen werden kann, welche Maßnahmen nun angebracht sind, ist eine Bewertung des Status Quo von Resilienz mit Hilfe von Resilienzindikatoren erforderlich. Diese Bewertung muss vor allem regionalspezifisch stattfinden. Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge, die mit der Resilienz eines Infrastruktursystems verknüpft sind, existieren jedoch keine einheitlichen Indikatoren oder Lösungen.²⁹

Die Festlegung von Resilienzindikatoren und deren Zusammenführung und die Antizipation der möglichen Vor- und Nachteile verschiedener Technologiepfade erfordert Kenntnisse über regionale und nationale sektor- und disziplinenübergreifende Zusammenhänge, weshalb mit Resilienz kollaborative Prozesse in Verbindung gebracht werden.

²⁸ Eine Transformation bzw. Transition muss nicht zwangsläufig mit Klimaanpassung und Klimaschutz verbunden sein. Genauso, wie Klimaanpassung nicht zwangsläufig den Klimaschutz beinhalten muss (vgl. dazu auch Abschnitt 2.3).

²⁹ Was wohl in der Natur des Resilienzbegriffes liegt.

5 Innovation klimaresilienter Infrastrukturen – Ein Zwischenfazit

In den Kapiteln zwei bis vier wurde der Stand zur Diskussion über den Klimawandel, Veränderungsprozesse im Bereich von Infrastruktursektoren sowie Resilienz diskutiert. Dabei kann festgehalten werden, dass die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen ein komplexer Prozess ist, der sich durch die gekoppelten soziokulturellen, ökonomischen, technologischen und ökologischen Entwicklungen ergibt (vgl. Voß 2008: 239f.). Außerdem weisen sowohl das Problem des Klimawandels, als auch das Problem der Entscheidung über die erforderlichen technologischen Pfade im Umgang mit dem Klimawandel bzw. auch mit anderen gesellschaftlichen Problemen sowie schließlich das Problem der Bewertung von Resilienz bzw. der Umstand, dass sich die Wahrnehmung von Resilienz raum-, zeit-, und kontextabhängig verändert, Merkmale sogenannter „böartiger Probleme“ („wicked Problems“ bzw. „ill-defined Problems“)³⁰ auf (vgl. Scholz und Tietje 2002; Lazarus 2009; Scholz 2011; Christman et al. 2011; Levin et al. 2012). Für die Steuerung der Prozesse zur Bewältigung solcher Probleme sind nach Ansicht zahlreicher Autoren den klassischen Planungsansätzen, die auf einer klaren Zieldefinition, Analyse von Ursache und Wirkungsbeziehungen, Prognose und Kontrolle beruhen, enge Grenzen gesetzt (vgl. Scholz und Tietje 2002; Voß 2008;

³⁰ Nach Rittel und Weber (1973: 161ff.) zeichnen sich „böartige Probleme“ durch die folgenden 10 Merkmale aus: 1. Es existiert keine definitive Problemebeschreibung: Die erforderlichen Informationen zur Lösung des Problems hängen von der Lösung selbst ab. Im Umkehrschluss heißt das, dass zur detaillierten Beschreibung des Problems alle möglichen Lösungsansätze durchdacht werden müssten. 2. „Böartige Probleme“ haben keinen Endpunkt, an welchem sie endgültig gelöst werden. Die stetige Veränderung des Klimas wird auch in Zukunft neue Anpassungspfade erfordern. Auch der Umstand, dass Resilienz raum-, zeit-, und kontextabhängig ist, erfordert kontinuierliche Anpassungs- und Veränderungsprozesse der anthropogenen Systeme. 3. Lösungen für „böartige Probleme“ können nicht als richtig oder falsch bezeichnet werden, sondern eher als gut oder schlecht. Demnach ist die Wahrnehmung über die Problemlösung von der Betrachtungsperspektive des jeweiligen Akteurs abhängig. 4. Lösungen für „böartige Probleme“ führen nicht unmittelbar zur Lösung des Problems und können nicht endgültig im Vorfeld getestet werden. 5. Lösungen „böartiger Probleme“ sind sogenannte „one-shot“ Operationen, deren Implementierung grundsätzlich Konsequenzen nach sich ziehen. 6. Weder die Anzahl der potentiellen Lösungen eines „böartigen Problems“ kann bestimmt werden, noch dass die bekannten Lösungen auch tatsächlich Lösungen darstellen. 7. Jedes „böartige“ Problem ist einzigartig, weshalb es dafür keine allgemein gültigen Lösungsprinzipien gibt. 8. Jedes „böartige Problem“ kann als Symptom eines anderen „böartigen Problems“ betrachtet werden. 9. Die Ursachen für ein „böartiges Problem“ können auf unterschiedliche Art und Weise beschrieben werden. Daher hängt auch der Lösungsansatz von der Ursachenbeschreibung ab. 10. In Bezug auf das „böartige Problem“ hat der Planer bzw. Entscheider, kein Recht darauf falsch zu liegen, weil mit der Lösung immer eine gesellschaftliche Verbesserung angestrebt wird. In Bezug auf den Klimawandel sehen Levin et al. (2012: 126ff.) zudem die folgenden zusätzlichen Merkmale gegeben: 1. Die Zeit zur Lösung des Problems wird immer knapper. 2. Die Lösung des Problems wird durch die gleichen Akteure angestrebt, die das Problem verursachen. 3. Die Entscheidungsmacht bzw. Entscheidungsressourcen ist bzw. sind über zahlreiche gesellschaftliche Bereiche verstreut (Politik, Wirtschaft, Zivilbevölkerung usw.). 4. Kurzfristige Lösungen werden den langfristigen Lösungen vorgezogen. In diesem Zusammenhang sprechen die Autoren daher von „super böartigen Problemen“.

Lazarus 2009; Scholz 2011; Christman et al. 2011; Levin et al. 2012; Schneidewind und Scheck 2012). Dabei sehen Voß (2008: 244ff.) sowie Schneidewind und Scheck (2012: 51) die folgenden Aspekte als zentrale Herausforderungen:

- *Ambivalente Ziele:* Aufgrund unterschiedlicher Zielvorstellungen der Akteure ergeben sich Konfliktpotenziale bei der Auswahl von Bewertungskriterien sowie der Art und Weise, wie die gesetzte Ziele erreicht werden sollen. Damit eine breite Legitimationsbasis geschaffen werden kann, sollten die verschiedenen Zielvorstellungen transparent und debattierbar sein oder sich in den Entscheidungen wiederfinden, indem bspw. Entscheidungen revidierbar oder veränderbar sind oder unterschiedliche Technologiepfade im Rahmen von Experimenten gleichzeitig verfolgt werden;
- *Unsicheres Wissen:* Die Bewertung zukünftiger Entwicklung (z. B. des Klimas) und der möglichen Entwicklungspfade ist stets mit Unsicherheiten behaftet. Vor diesem Hintergrund sollten Entscheidungen auf der Grundlage integrierten Wissens getroffen werden, das sich durch Wissen aus unterschiedlichen Praxisbereichen und wissenschaftlichen Disziplinen ergänzt;
- *Verteilte Macht:* Schließlich ist die Durchsetzung von Veränderungen im Infrastruktursektor von Entscheidungsträgern abhängig, die sich über die gesamten gesellschaftlichen Strukturen verteilen (z. B. Raumplaner, Unternehmen, kommunale und nationale Politiker, Anwender usw.). Die Initiative von Veränderungen im Infrastrukturbereich verlangt daher die Einbindung der unterschiedlichen machtbasieren Ressourcen. Das allerdings birgt immer die Gefahr in sich, dass Veränderungsprozesse an Partialinteressen scheitern.

In Anbetracht der Erkenntnisse aus den Kapiteln zwei bis vier und der damit verbundenen sieben beschriebenen Herausforderungen, die mit sogenannten „böartigen Problemen“ einhergehen, können zunächst die folgenden grundlegenden Anforderungen an einen Innovationsprozess abgeleitet werden:

- Klimaresiliente Infrastrukturen erfordert Innovationen im regionalen Kontext, welche die jeweiligen ökonomischen, soziokulturellen, institutionellen und ökologischen Rahmenbedingungen einbeziehen und gleichzeitig mit nationalen und möglicherweise globalen Innovationsinteressen im Einklang stehen (klimaresiliente Innovationen auf regionaler Ebene, die nationale und globale Auswirkungen berücksichtigen);
- Die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen erfordert die Einbindung verschiedener Akteursgruppen aus der Zivilgesellschaft, Wissenschaft, Politik

und Wirtschaft sowohl auf regionaler als auch überregionaler Ebene, damit die Entscheidungen und die durchzuführenden Maßnahmen in Anbetracht der vorherrschenden Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels, der Bewertung von Resilienz und der potentiellen Lösungen eine breite Legitimität und Akzeptanz haben. Zudem erfordern klimaresiliente Infrastrukturen möglicherweise Innovationen nicht nur im technologischen Umfeld, sondern – hier vor allem auch langfristig betrachtet – im institutionellen und soziokulturellen Umfeld, die mögliche Kursänderungen in Anbetracht sich auch zukünftig verändernder Rahmenbedingungen erlauben.

- Es werden Räume und Ressourcen für alternative Pfade benötigt. Die Untersuchungen aus Kapitel 3 haben gezeigt, dass Raum und Ressourcen nicht nur für technologische Veränderungen – im Sinne von technischen Demonstrationen – erforderlich sind, sondern auch für die Entwicklung veränderter Normen und Regeln, soziokultureller Gewohnheiten und anderer gesellschaftlich relevanter Bereiche.

In Ergänzung dazu, können noch weitere Anforderungen an die Steuerung von Innovationsprozessen für klimaresiliente Infrastrukturen herangezogen werden, die im Transition Management formuliert sind³¹ (vgl. Rotmans und Loorbach 2010: 144ff.; Schneidewind und Scheck: 2012: 52f.):

- *Fokus auf Frontrunner*: Einbezug von innovativen, visionären Akteuren, welche nicht an die Strukturen des Regimes gebunden sind;
- *Gesteuerte Variation und Selektion*: Zur Überprüfung der Effektivität alternativer Entwicklungspfade sollen innovative Lösungen im Rahmen von Experimenten ausprobiert werden;
- *Wandel in inkrementellen Schritten*, um langfristige Anpassungen und Pfadkorrekturen vornehmen zu können;
- *Entwicklung langfristiger Visionen* und Ziele sowie die Möglichkeit zur Antizipations- und Adaptionleistungen;
- *Lernprozesse*: Der Innovationsprozess muss die Möglichkeit zum Austausch von Wissen und Erfahrungen ermöglichen und so zum Umgang mit unsicherem Wissen und zur Überbrückung unterschiedlicher Zielvorstellungen beitragen.

Im Rahmen dieses Innovationsprozesses müssen dabei Entscheidungen und Abwägungen auf unterschiedlichen Ebenen ermöglicht bzw. getroffen werden, die schlussendlich die Innovationsrichtung bzw. den jeweiligen Technologiepfad prägen.

³¹ Die Einbindung unterschiedlicher Akteure und die Schaffung von Raum und Ressourcen für Nischen sind auch feste und zentrale Bestandteile des „Transition Management“. Diese haben jedoch keinen regionalen oder kommunalen Bezug (vgl. Truffer und Coenen 2012).

Dazu gehören in etwa die Abwägung darüber, ob soziale, politische oder ökonomische Anliegen Vorrang haben; Abwägungen darüber, welche Akteure in den Prozess eingebunden werden (Politik, Ökonomie, Zivilgesellschaft); Abwägungen darüber, in welchem Verhältnis regionale, nationale oder gar globale Interessen zueinander stehen sollen; Abwägungen darüber, ob institutionelle, soziokulturelle oder technologische Innovationen erforderlich sind; Abwägungen darüber, mit welcher Priorisierung langfristige, mittelfristige oder kurzfristige Probleme angegangen werden; Abwägungen darüber, ob Anpassung, Transformation/Transition oder möglicherweise auch keine Veränderungen notwendig sind. Abbildung 11 fasst die unterschiedlichen Entscheidungsebenen mit ihren Ausprägungen zusammen.

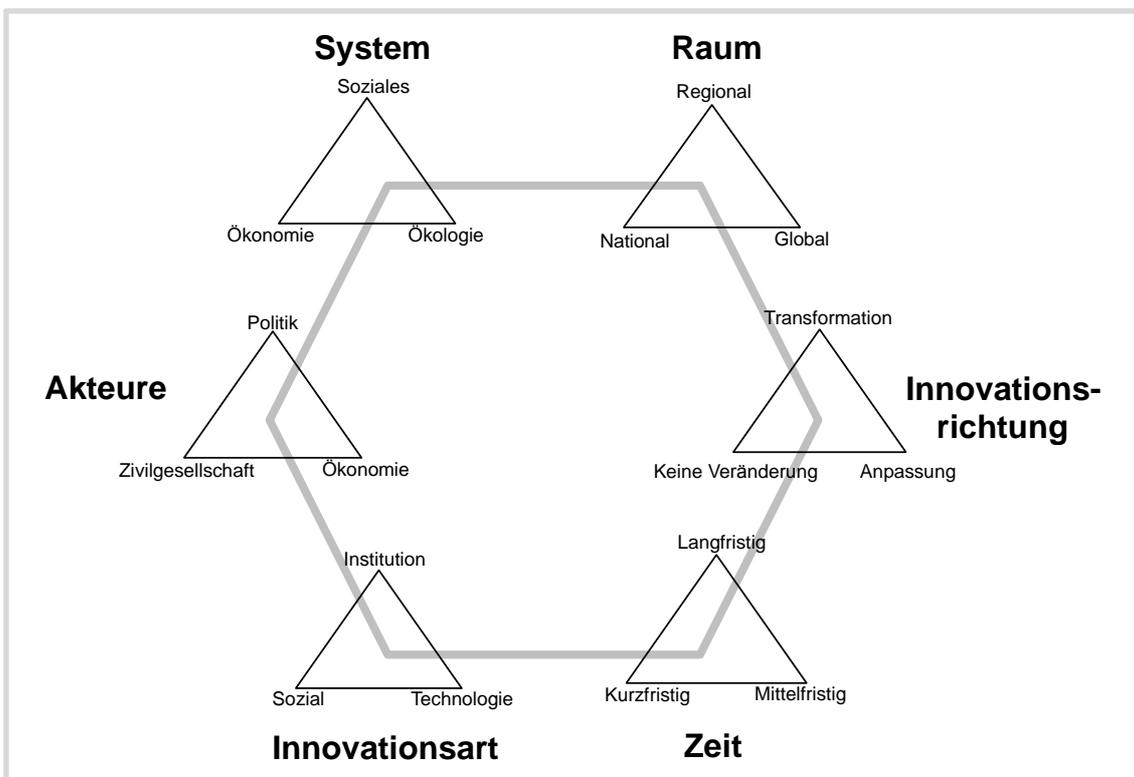


Abbildung 11: Hexagon der Entscheidungsebenen und ihren Ausprägungen.
(Quelle: eigene Darstellung)

Nachdem nun die Anforderungen und Leitprinzipien an einen Prozess für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen aus der Literatur abgeleitet wurden, soll nun im nächsten Kapitel überprüft werden, inwiefern der Living Lab Ansatz diesen Kriterien genügt.

6 Innovation im Kontext des Living Lab Ansatzes

6.1 Abgrenzung des Living Lab Ansatzes

Der Living Lab Ansatz wird der Open Innovation Bewegung zugeordnet, welche einen Paradigmenwechsel weg von der klassischen, geschlossenen Innovation, die überwiegend innerhalb der Organisationsgrenzen stattfindet, darstellt. Bei der offenen Innovation hingegen, wird der Innovationsprozess für die Außenwelt zugänglich gemacht, sodass ein Austausch mit der Umgebung stattfinden kann und somit zusätzliche bzw. größere Innovationspotenziale genutzt werden können (vgl. Chesbrough 2006: 1ff.). Dennoch weisen Living Labs Unterschiede zum klassischen Open-Innovation Ansatz auf. Bergvall-Kåreborn (2009: 2) stellen fest, dass bei Living Labs die Beziehungen zwischen Unternehmen und Kunden im Mittelpunkt stehen und der Fokus auf der Einbindung des Kunden in den Innovationsprozess liegt. Dabei wird das Produkt bzw. die Dienstleistung an sich betrachtet und der externe Beitrag sich über den gesamten Innovationsprozess erstreckt. Bei klassischer Open-Innovation dagegen stehen die Beziehungen zwischen Organisationen im Mittelpunkt, im Zentrum der Innovation stehen Geschäftsmodelle und der externe Beitrag beschränkt sich auf die Abschöpfung bzw. den Austausch von Ideen und Technologien. Auch Almirall (2008: 24ff.) sieht einen wesentlichen Unterschied zu Open-Innovation Ansätzen, die sich seiner Meinung nach im wesentlichen auf relativ frühe Phasen der Innovation beziehen und daher in erster Linie auf Ideenaustausch ausgelegt sind, während Living Labs einen ganzheitlichen Ansatz darstellen; ein Konglomerat an wertsteigernden Maßnahmen entlang des gesamten Innovationsprozesses, weshalb Living Labs eine Art Innovationsplattformen darstellen.

Einer der bisher wenigen Versuche Living Labs von anderen Innovationsplattformen abzugrenzen geht auf Ballon et al. (2007) zurück. Ballon et al. (2007: 141f.) betrachtet Living Labs als spezielle Form von Test- und Experimentplattformen (TEPs); sie differenzieren zwischen sechs Typen von TEPs, die sie anhand der technologischen Reife (niedrig bis hoch), dem Fokus der Plattform (Testen der Innovation oder des Innovationsdesign) sowie der Offenheit des Innovationsprozesses (interne Forschung und Entwicklung, Open-Innovation Plattformen oder Pilotprojekte) unterscheiden.

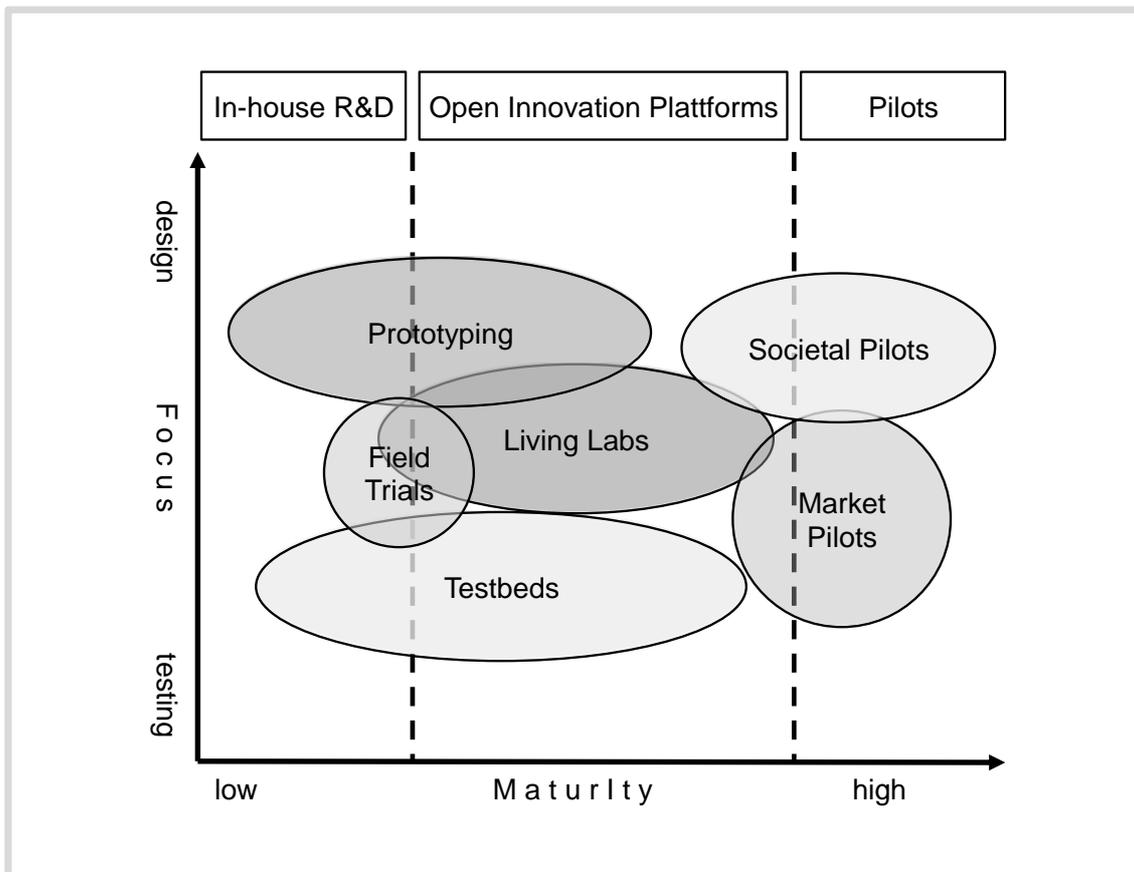


Abbildung 12: Konzeptioneller Rahmen von Test- und Experimentierplattformen (TEP)
 (Quelle: Ballon et al. 2007: 142)

Wie in Abbildung 12 dargestellt, verkörpern Living Labs dabei ein Bindeglied zwischen anfänglicher hausinterner Forschung und Entwicklung sowie der ersten Markteinführung von Pilotprojekten. Darüber hinaus grenzen sich Living Labs durch den Reifegrad der Technologie, den Innovationsfokus und den Grad der Offenheit von den anderen Plattformen ab (vgl. Ballon et al. 2007: 142).

Eine weitere Abgrenzung des Living Lab-Ansatzes stammt von Almirall et al. (2012: 16f.). Sie vergleichen Living Labs mit anderen nutzer-orientierten Methoden und positionieren Living Labs innerhalb dieser Landschaft. Dabei orientieren sie sich an den beiden wesentlichen Merkmalen von Living Labs – Grad der Nutzereinbindung und Grad der Einbettung des Innovationsvorgangs in den realen Kontext – und gruppieren diese in vier verschiedene Kategorien, wie in Abbildung 14 dargestellt.

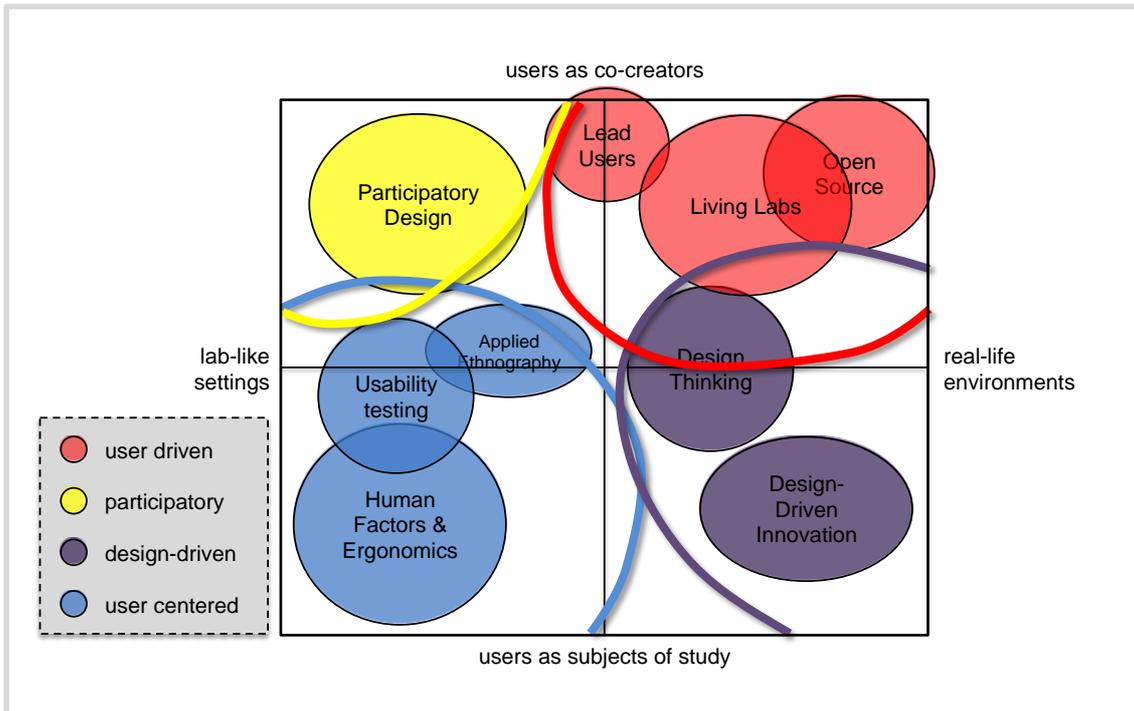


Abbildung 13: Verteilung der nutzer-orientierten Innovationsansätze
(Quelle: Almirall et al. 2012, 16)

Dabei unterscheiden die Autoren zwischen nutzer-zentrierten (Nutzer als passives Subjekt), design-getriebenen (Designer als Anführer), partizipatorischen (Nutzer als gleichrangiger Partner) und nutzer-getriebenen (Nutzer als Treiber) Ansätzen. Living Labs verorten sie bei den nutzer-getriebenen Ansätzen sowie Open Source und Lead Users Ansätze, mit denen sich der Living Lab Ansatz hinsichtlich des Partizipationsgrades und des realen Kontextes überschneidet. Demnach haben Living Labs einen hohen Grad an Nutzerpartizipation, sodass die Nutzer hier als Mitinnovatoren gelten können. Ferner sind Living Labs von ihrem Grad der Nutzerpartizipation mit den partizipativen Ansätzen der skandinavischen Participatory Design Ansätze gleichzusetzen, weisen jedoch einen erheblich größeren Bezug zum realen Kontext auf (vgl. Almirall et al. 2012: 17f.).

6.2 Definition und Merkmale des Living Lab Ansatzes

Eine allgemein gültige Definition für den Living Lab Ansatz gibt es in der einschlägigen Literatur nicht. Zahlreiche Autoren haben bereits versucht – wie nachfolgend dargestellt – den Ansatz der Living Labs anhand vorhergehender Definition und Beschreibungen zu definieren und zu präzisieren. Im Nachfolgenden soll keine weitere Definition herausgearbeitet, sondern anhand der existierenden Definitionen die wesentlichen Merkmale, durch die sich der Living Lab Ansatz kennzeichnet, dargestellt werden.

Eriksson et al. (2005) definieren Living Labs als eine „[...] *user-centric research methodology for sensing, prototyping, validating and refining complex solutions in multiple and evolving real life contexts.*“ (Eriksson et al. 2005: 4). Wobei die Autoren als “user” nicht nur den Endverbraucher oder Konsumenten verstehen, sondern auch die am Innovationsprozess beteiligten Unternehmen und Organisationen, welche in kollaborativen, multi-kontextualen und empirischen Umwelten verankert in der realen Welt Innovationen erschaffen und diese validieren. Dabei steht jedoch das Individuum (der Mensch) im Zentrum des Innovationsprozesses und zwar nicht nur in seiner Rolle als Konsument oder Endverbraucher, sondern vielmehr in all seinem Facettenreichtum, welches ihm im Verlauf seines täglichen Lebens zukommt (vgl. Eriksson et al. 2005: 5. Neben Eriksson et al. (2005) sehen auch Lepik et al. (2010) Living Labs als eine Forschungs- und Entwicklungsmethode, die sich durch spezielle Eigenschaften (Charakteristik) von anderen Methoden abhebt.

Auch bei Lepik et al. (2010: 1089ff.) liegt der Definitionsschwerpunkt in der kollaborativen Erschaffung, Erprobung und Evaluation neuer Technologien im Kontext des privaten und täglichen Lebens des Anwenders – also im Kontext des wirklichen/realen Lebens. Als Ziel von Living Labs sehen die Autoren die Verbindung bzw. die Überbrückung der Lücke zwischen sozialen und technischen Innovationen. Dabei gehen unterschiedliche Akteure, wie bspw. Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, Universitäten, Institute und Individuen, public-private-civic Partnerschaften ein, um gemeinsam und in realen Umgebungen Innovationen zu erschaffen, Prototypen zu erproben und um neue Produkte, Dienstleistungen oder gar soziale Infrastrukturen zu validieren. Die realen Umwelten sind dabei Städte, Stadtteile, ländliche Räume oder können gar Industriegebiete.

Während die eben genannten Autoren Living Labs überwiegend als Forschungs- und Entwicklungsmethode betrachten, sehen die Europäische Kommission (2009); Pallot (2009); Bergvall-Kåreborn et al. (2009); Reimer et al. (2012a); Schaffers und Turkama (2012) sowie Liedtke et al. (2012a) Living Labs als Open Innovation Ecosystems, innovation milieu oder generell als System, also als Ökosysteme bzw. Umwelten, in denen der Ansatz der offenen Innovation zur Anwendung kommt: „*A Living Lab is a user-driven open innovation ecosystem based on business – citizen – government partnership which enable users to take an active part in the research, development and innovation process [...]*“ (Europäische Kommission 2009: 7). Dabei soll der Anwender möglichst in den frühen Phasen des Innovationsprozesses integriert und eingebunden werden, um die Verhaltensmuster des Anwenders besser verstehen zu können. Ferner sollen alle Stakeholder über private-public-citizen Partnerschaften vernetzt werden, um die Innovationslücke zwischen Technologieentwicklung und Technologieanwendung

besser schließen und verstehen zu können. Und schließlich soll eine frühzeitige Einschätzung sozioökonomischer Implikationen durch neue Technologien ermöglicht werden, indem diese unter realen Bedingungen und in realen Kontexten validiert werden um schlussendlich nachhaltige Wertschöpfung zu generieren (vgl. Europäische Kommission 2009: 8f.; Bergvall-Kåreborn et al. 2009: 3; Reimer et al. 2012: 7a; Liedtke et al. 2012a: 109). Ferner betrachten Schaffers und Turkuma (2012: 26) die Akzeptanz und die Integration neuer Technologien und Dienstleistungen, die sich noch in einem Entwicklungsstadium befinden, als wesentlichen Teil der Living Lab Forschung.

Liedtke et al. (2012a) greifen bei ihrer Definition von Living Labs auch die Potentiale auf, die sich in Bezug auf nachhaltige Entwicklung ergeben:

„A LIVING LAB is a combined [...] system, analyzing existing product-service systems (PSS) as well as technical and socio-economic influences focused on the social needs of people, aiming at the development of integration technical and social innovations – new product mixes, services and societal infrastructures – and simultaneously promoting the conditions of sustainable development (highest resource efficiency, highest user orientation, etc.) and respect the limited numbers of natural services that can be used without destroying the ecological system.“ (Liedtke et al. 2012a: 109).

Eine weitere Perspektive auf „Living Labs“ ist die einer Dienstleistungsorganisation. Feurstein et al. (2008), Lepik et al. (2010) sowie Soetanto und van Geenhuizen (2011) sehen neben den bereits genannten Eigenschaften, Living Labs als Organisationen, die Koordinations- und Dienstleistungsaufgaben übernehmen, um den Stakeholdern und Konsumenten die aktive Teilnahme am Innovations- und Entwicklungsprozess zu ermöglichen. (vgl. Feurstein et al. 2008: 4f.; Lepik et al. 2010: 1091; Soetanto und van Geenhuizen 2011: 312). Dabei stellen Living Labs Methoden und Werkzeuge über den gesamten Innovationsprozess zur Verfügung, die eine gemeinsame Schöpfung von Innovationen, die Integration der Konsumenten und Stakeholder sowie eine Datenaufbereitung ermöglichen, die für alle Teilnehmer Zwischenergebnisse und das generierte Wissen verständlich machen (Feurstein et al. 2008: 4f.; Evans und Karvonen 2011: 129). Dabei spielen insbesondere die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) sowie Web 2.0 Anwendungen eine wesentliche Rolle, um den notwendigen Informationsaustausch und die Kollaboration zwischen den einzelnen Stakeholdern und die Aufnahme der gewonnenen Daten zu ermöglichen (vgl. Feurstein et al. 2008: 2; Evans und Karvonen 2011: 128f.; Soetanto und van Geenhuizen 2011: 311). Auch bei Liedtke et al. (2012b) stellt ein Living Lab Hilfsmittel zur Verfügung, die eine Beobachtung von alltäglichen Praktiken im Zusammenhang mit technischen Artefakten ermöglichen: *„The LivingLab infrastructure provides means to observe practices involving technical artefacts in the practice of everyday use.“* (Liedtke et al. 2012b: 7).

Eine ähnliche Sichtweise verfolgen von Geibler et al. (2013) in ihrer Potenzialstudie, die sie im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung erstellt haben. Demnach stellen Living Labs in erster Linie ein Innovationssystem mit vielfältigen Methoden der Nutzerintegration bereit, die eine Beobachtung, Anwendungserprobung oder sogar eine gemeinschaftliche Erschaffung ermöglichen. Die reale Umgebung wird dabei so vorbereitet bzw. gestaltet, dass die Beobachtung realen Verhaltens ermöglicht wird (vgl. von Geibler et al. 2013: 11). Ferner heben von Geibler et al. 2013 die Einbindung der Nutzer sowohl in die Problemdefinition als auch in die Entwicklung, Erprobung, Umsetzung sowie Vorbereitung und die realitätsnahe, die jeweiligen kulturellen und sozialen Kontextbedingungen berücksichtigende Forschung und Entwicklung hervor. Das Ziel ist dabei die Orientierung an Nutzerbedürfnissen und Nachhaltigkeitskriterien entlang des ganzen Entwicklungsprozesses, um Fehlentwicklungen und Akzeptanzprobleme und die damit verbundenen Risiken verringern zu können (vgl. von Geibler et al. 2013: 11f).

Die Expertengruppe „Wissenschaft und Nachhaltigkeit“ des Landes Baden-Württemberg versteht unter *Reallaboren* „[...] reale gesellschaftliche Kontexte (z. B. Städte, Stadtteile, Regionen, Branchen) und Fragestellungen (z. B. Effizienz- oder Suffizienzstrategien) [...], in denen eine wissenschaftsgeleitete Unterstützung des Transformationsprozesses im Sinne der Transdisziplinarität stattfinden kann [...]“ (MWK BaWü 2013: 31). Die Expertengruppe führt weiter aus, dass Reallabore einen institutionalisierten Rahmen sowohl für die Forschung als auch Lehre in Bezug auf Nachhaltigkeit bietet und zudem Möglichkeiten schafft zur Vernetzung von universitären wie außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit der Wirtschaft und Zivilgesellschaft (vgl. MWK BaWü 2013: 31).

Die Betrachtung der Definitionen und Ausführungen zu Living Labs verdeutlicht, dass Living Labs offenbar organisatorische Einheiten (Plattformen) für Entwicklungs-, Innovations-, oder Veränderungsprozesse darstellen. Die Aufgabe der Living Labs besteht darin wertsteigernde Maßnahmen bereit zustellen, Ressourcen für Innovationen und Veränderungen zu bündeln und die dazugehörigen Aktivitäten zu organisieren. Ferner sind Living Labs für die Entwicklung und Koordination von Partnerschaften, für das Planungs- und Projektmanagement sowie die dafür erforderliche technische Infrastruktur verantwortlich. Sie unterstützen dabei die organisatorischen, finanziellen und partnerschaftlichen Vereinbarungen zwischen den Stakeholdern. Schließlich sollen sie bei der Schließung der Lücke zwischen unterschiedlichen Umwelten und Disziplinen helfen (vgl. Schaffers et al. 2010).

Dem gesamten Innovations- bzw. Veränderungsprozess liegen dabei drei wesentliche Merkmale zugrunde, durch die sich „Living Labs“ offenbar von anderen Ansätzen unterscheiden. Dazu gehören:

- die starke Integration des Nutzers (Zivilgesellschaft) in den Innovations- und Veränderungsprozess, sodass dieser eine aktive Rolle innerhalb des gesamten Prozesses einnimmt;
- die starke Inklusion möglichst vieler relevanter Stakeholder in den Innovations- und Veränderungsprozess, damit Barrieren zwischen einzelnen Disziplinen und Ebenen überwunden werden und ein aktiver Wissensaustausch stattfindet (Transdisziplinarität);
- und schließlich die Berücksichtigung eines realen Kontextes, indem sozio-ökologische Zusammenhänge aus unterschiedlichen Perspektiven studiert werden, um diese besser zu verstehen (vgl. Almirall et al. 2012; Reimer et al. 2012b; ENoLL 2013; Mulvenna und Martin 2013).

Diese drei Merkmale können somit als die normativen Grundlagen des Living Lab Ansatzes betrachtet werden, die sich sowohl auf Managementebene als auch auf der operativen Ebene eines „Living Labs“ wiederfinden, wie in Abbildung 14 dargestellt.

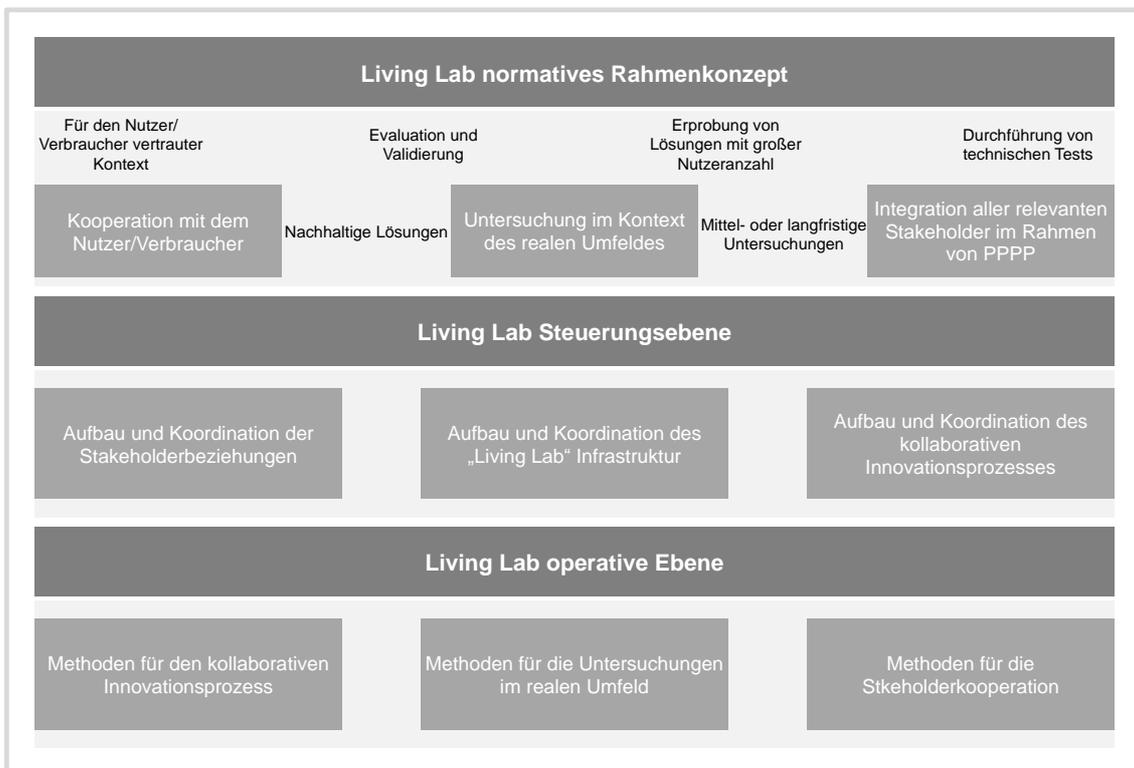


Abbildung 14: Aspekte und Ebenen des Living Labs
(Quelle: eigene Darstellung)

6.3 Forschungs- und Anwendungsbereiche von Living Labs

Die Schöpfung des Begriffs Living Lab geht auf den Architekturprofessor William J. Mitchell, der an der „School of Architecture and City Planning“ tätig ist zurück. Mitchell wollte in Erfahrung bringen, wie man Bewohner von Städten aktiv in die Stadtentwicklung einbinden kann (vgl. Eriksson et al. 2005; Mulvenna und Martin 2013).

Dabei war es wohl naheliegend, das Wohn- und Nutzverhalten der Stadtbewohner in ihrer alltäglichen Umgebung – nämlich im Wohnbereich – zu beobachten und zu analysieren, um anschließend bedarfsgerechte Lösungen entwickeln zu können; gleichzeitig würde durch die Integration von intelligenten Technologien eine große Bewohnerzahl zur Stadtentwicklung beitragen. Die ersten Living Labs entstanden daher in der Forschung zu Smart Homes bzw. Future Homes“, wo Probanden bei der Anwendung von Zukunftstechnologien in präparierten Häusern gelebt haben und über Tage und Wochen beobachtet wurden. Diese Häuser wurden jedoch den Probanden zeitlich begrenzt zur Verfügung gestellt, wobei diese die Möglichkeit hatten, ihre persönlichen Wertgegenstände mitzubringen, damit sie sich so fühlten wie zu Hause (vgl. Eriksson et al. 2005: 4; Markopoulos und Rauterberg 2000: 53).

Obwohl der Fokus von Living Labs schon von Anfang an auf Nutzer und Konsumenten sowie auf möglichst reale Untersuchungsbedingungen gelegt wurde, entwickelte sich dieser Ansatz über die Jahre stetig weiter. Von der anfänglich reinen Nutzerorientierung – weshalb Living Labs oft als nutzer-orientierte Innovationsplattformen gesehen werden – entwickelte sich der Ansatz dahin, dass mittlerweile alle relevanten Stakeholder in den Innovationsprozess involviert werden sollen, ohne dabei den Fokus auf Nutzer und Konsumenten zu verlieren, die weiterhin als die wesentlichste Ressource für Innovationen angesehen werden (vgl. Higgins und Klein 2011: 31f.; Eriksson et al. 2005: 5; Schuurman et al. 2012: 2048). Auch ist man von konstruierten, möglichst realen Laborbedingungen abgekehrt und dazu übergegangen, die Konsumenten und Nutzer in ihrem täglichen Alltag und im wirklichen Leben - also aus der in vivo Perspektive – zu untersuchen. (vgl. Lepik et al. 2010: 1091; Evans und Karvonen 2011: 126ff.).

In den letzten fünf bis acht Jahren erfuhren Living Labs einen enormen Zuspruch, insbesondere in Ländern der Europäischen Union. Begünstigt durch die vielversprechenden Eigenschaften, aber nicht unwesentlich auch durch die Förderung der Europäischen Kommission im Rahmen der Programme „Competitiveness and Innovation Programme“ (CIP) sowie des „ICT Programme of the Seventh Framework

Programme“ (FP7) (vgl. EUK 2010), entstanden zahlreiche Living Labs und das „European Network of Living Labs“ (ENoLL), welches gegenwärtig 320 Living Labs (Stand: Januar 2013) führt (vgl. Soetanto und van Geenhuizen 2011: 311f.; ENoLL 2012).

In einer Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung konnten insgesamt 60 Living Labs in den Bereichen des Ambient Assisted Living, Smart Home und weitere Gebäudeaktivitäten, Infrastruktur, Medizin, Informations- und Kommunikationstechnik, Ernährung und Landwirtschaft, Arbeitsbereich sowie regional Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland identifiziert werden (vgl. von Geibler et al. 2013: 39ff.). Abbildung 15 gibt die Anzahl der Living Labs im jeweiligen Bereich wieder.

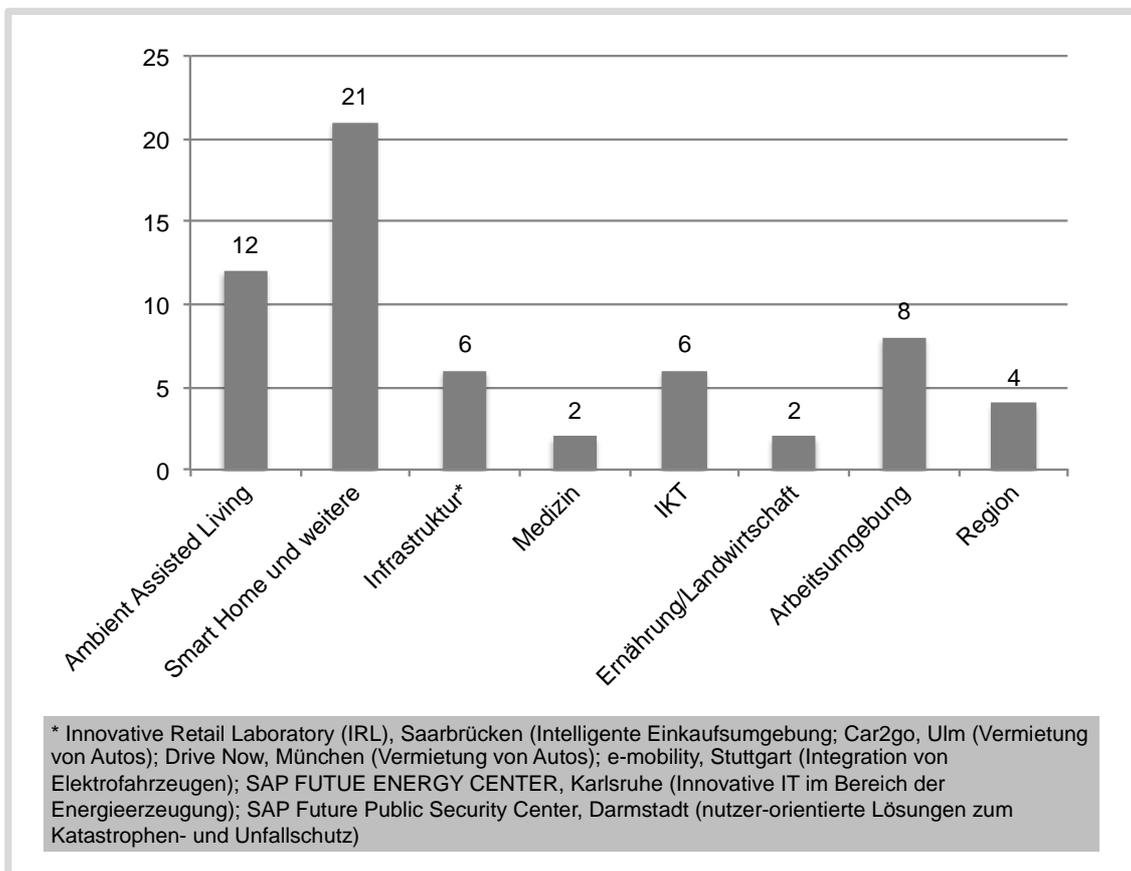


Abbildung 15: Anzahl der Living Labs in Deutschland nach Innovationsschwerpunkt (Quelle: eigene Darstellung)

Auffällig ist, dass die meisten Living Labs im Bereich der „Smart Homes“ und weiterer Gebäudeaktivitäten angesiedelt sind. Der Fokus liegt dabei auf Haus- und Wohnsystemen, die durch eine vollständige Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in allen Lebenslagen gekennzeichnet sind. Grundsätzlich haben mehr als zwei Drittel der in Deutschland angesiedelten Living Labs mittelbaren oder unmittelbaren Bezug zu Informations- und Kommunikationstechnologien. Dem

Bereich der Infrastrukturen wurden insgesamt sechs Living Labs zugeordnet, wobei diese sich auf Integration von Elektromobilität, Carsharing, intelligentes Einkaufen, nachhaltige Energieerzeugung und nutzer-orientierte Lösungen zum Katastrophen- und Notfallschutz verteilen. Weitere vier Living Labs werden dem Bereich „Region“ zugeteilt. Diese beschränken sich jedoch auf mobile Technologien und Kommunikationslösungen, nachhaltige Straßenbeleuchtung sowie Förderung der Vernetzung zu Wissensaustausch im urbanen Umfeld. Neben dem Fokus auf Informations- und Kommunikationstechnologien konzentrieren sich zudem die Living Labs auf ein spezifisches Technologie- bzw. Anwendungsfeld (vgl. von Geibler et al. 2013: 39ff.).

Ferner gibt die Expertengruppe „Wissenschaft und Nachhaltigkeit“ des Landes Baden-Württemberg eine Empfehlung zum Aufbau von Reallaboren, sogenannten „BaWü-Labs“ ab (vgl. MWK BaWü 2013: 37ff.). Damit möchte das Land Baden-Württemberg einerseits gesellschaftliche Veränderungsprozesse, hin zu einer nachhaltigen Entwicklung unterstützen sowie institutionalisieren und andererseits sich als Vorreiter in diesem Bereich positionieren (vgl. MWK BaWü 2013: 31ff.). Zudem gibt diese Expertengruppe Empfehlungen zu möglichen Einsatzbereichen von Reallaboren ab. Dazu zählen z. B. Konversionsflächen, demografischer Wandel und Versorgung, Zukunft nachhaltiger Mobilität, Energieautarkie im ländlichen Raum, nachhaltiges Wirtschaften in mittelständischen Unternehmen oder auch Verbraucherverhalten und -motivation in ausgewählten Bedürfnisfeldern (vgl. MWK BaWü 2013:38f.).

Konkrete Beispiele von Living Labs für die Transformation von Infrastrukturen scheinen zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch nicht vorhanden zu sein.³²

6.4 Living Lab Ansätze eine Übersicht

Wie sich gezeigt hat, werden Living Labs in verschiedenen Forschungs- als auch Innovationsbereichen eingesetzt, weshalb entsprechend auch unterschiedliche Living Lab Ansätze existieren. Im Rahmen einer Recherche für die vorliegende Arbeit, konnten unterschiedliche Living Labs Konzepte identifiziert werden. Neben Konzepten, die vor allem aus der Produktinnovation kommen, konnten mit dem Urban Transition Lab und dem Victorian Eco-Innovation Lab, zwei Ansätze mit einem expliziten Bezug zur strukturellen Transformation von urbaner Räume identifiziert werden. In den folgenden Abschnitten sollen die Konzepte kurz skizziert werden. Dabei werden

³² An dieser Stelle sei angemerkt, dass es durchaus Projekte gibt, die einen Living Lab Charakter aufweisen, jedoch nicht explizit als solche initiiert wurden und entsprechend keinen institutionalisierten Begleitprozess aufweisen. Dazu gehören beispielsweise das „Pionierprojekt Vauban“ in Freiburg im Breisgau oder das „Bioenergiedorf Jühnde“ in Niedersachsen (vgl. MWK BaWü 2013: 31f.).

zunächst in generalisierter Form, Ansätze aus der Produktinnovation zusammengefasst. Daran schließt sich eine Betrachtung zweier konkreter Ansätze. Das ist einerseits der Urban Transition Labs Ansatz und andererseits der Eco-Acupuncture Ansatz.

6.4.1 Living Labs in der Produktinnovation

In der Literatur existieren nahezu keine generischen Prozessmodelle, die ein Living Lab von der Anbahnung über den Innovationsprozess bis hin zur Überführung der Innovation in den Markt oder der Emanzipation von einem Living Lab beschreiben (vgl. Schaffers et al. 2010: 29ff.; Katzy 2012: 20ff.). Die meisten Untersuchungen beschränken sich auf die Beschreibung des Prozesses innerhalb eines bereits existierenden Living Labs bzw. innerhalb des Innovationsprozesses (vgl. Pierson und Lievens 2005; Bergvall-Kåreborn et al. 2009: 3ff.; Liedtke et al. 2012b: 11ff.; Evans und Karonen 2012: 21f; Almirall et al. 2012: 14ff.). Auch wenn nahezu keine generischen Modelle zu Living Labs vorliegen, so lässt sich der Living Lab Ansatz grundsätzlich in drei Kernphasen einteilen (vgl. Katzy 2012: 20ff.).

Die erste Phase ist die der Anbahnung eines Living Lab Vorhabens. Hierbei sollen potentielle Forschungsrichtungen, eine gemeinsame Vision und das Forschungsdesign festgelegt, alle relevanten Stakeholder und Partner aufgedeckt, das Living Lab möglichst in die regionale und kommunale Politik eingebettet, eine erste IKT-Infrastruktur aufgebaut sowie eine Politik für die „Public-Private-People“ Partnerschaften festgelegt werden (vgl. Schaeffers 2010: 30f.; Katzy 2012: 20; CentraLab 2012: 11ff.; Nevens et al. 2013: 116ff.). Die erste Phase endet mit einer Vereinbarung über das Forschungsprojekt (vgl. Schaffers et al. 2010: 31; Katzy 2012: 20).

Mit der zweiten Phase beginnt der eigentliche co-kreative Prozess, in dem die Entwicklung und Innovation im Kern stattfindet und der Living Lab Ansatz zur Geltung kommt. In dieser Phase lassen sich auch die bereits oben erwähnten Prozessmodelle verorten. Das Living Lab hat in dieser Phase die Aufgabe, den Innovations- und Entwicklungsprozess sowie die parallel ablaufenden Prozesse mit kollaborativen Methoden zu koordinieren und zu unterstützen, sowie die Stakeholder in den Prozess zu integrieren (vgl. Katzy 2012: 21f.). Der Ablauf in dieser Phase unterscheidet sich in Abhängigkeit des Kontextes und Anwendungsfalls des Living Labs hinsichtlich der Anzahl der Prozessschritte sowie der Methoden, die hier zu Anwendung kommen, weshalb zu dieser Phase eine Vielzahl an unterschiedlichen Modellen vorhanden ist (Pierson und Lievens 2005; Bergvall-Kåreborn et al. 2009: 3ff.; Liedtke et al. 2012b:

11ff.; Evans und Karvonen 2012: 21f.; Almirall et al. 2012: 14ff.; Nevens et al. 2013: 118ff.)

Grundsätzlich lassen sich diese Modelle in drei Prozessschritte einteilen. Dazu gehören die Kontextualisierung, wo der relevante Anwenderkreis für den Innovationsprozess identifiziert und der soziotechnische Kontext analysiert wird – also die Durchführung einer Systemanalyse. In der Konkretisierung werden die Daten ausgewertet und erste Prototypen und Konzepte mit dem Anwender in einem kollaborativen Prozess entworfen. In der Implementierung werden schließlich die Prototypen im täglichen Umfeld der Anwender erprobt und die Ergebnisse in Feedbackrunden ausgewertet (Pierson und Lievens 2005; Bergvall-Kåreborn et al. 2009: 3ff.; Liedtke et al. 2012b: 11ff.; Evans und Karvonen 2012: 21f.; Almirall et al. 2012: 14ff.; Nevens et al. 2013: 118ff.). Diese Phase endet mit dem Erreichen der Marktreife der Innovation im Bereich der Produktentwicklung (vgl. Katzy 2012: 21f.).

Die dritte Kernphase des Living Labs ist daher die der Emanzipation des Vorhabens oder der Innovation von dem Living Lab. In diesem Zusammenhang kann auch von der Überführung in den Markt gesprochen werden. Dabei ist nicht der zeitliche Aspekt entscheidend, sondern viel mehr das Erreichen von festgelegten Zielen und wünschenswerten Ergebnissen (vgl. Katzy 2012: 22). Abbildung 16 spiegelt den soeben vorgestellten Prozess grafisch wider.

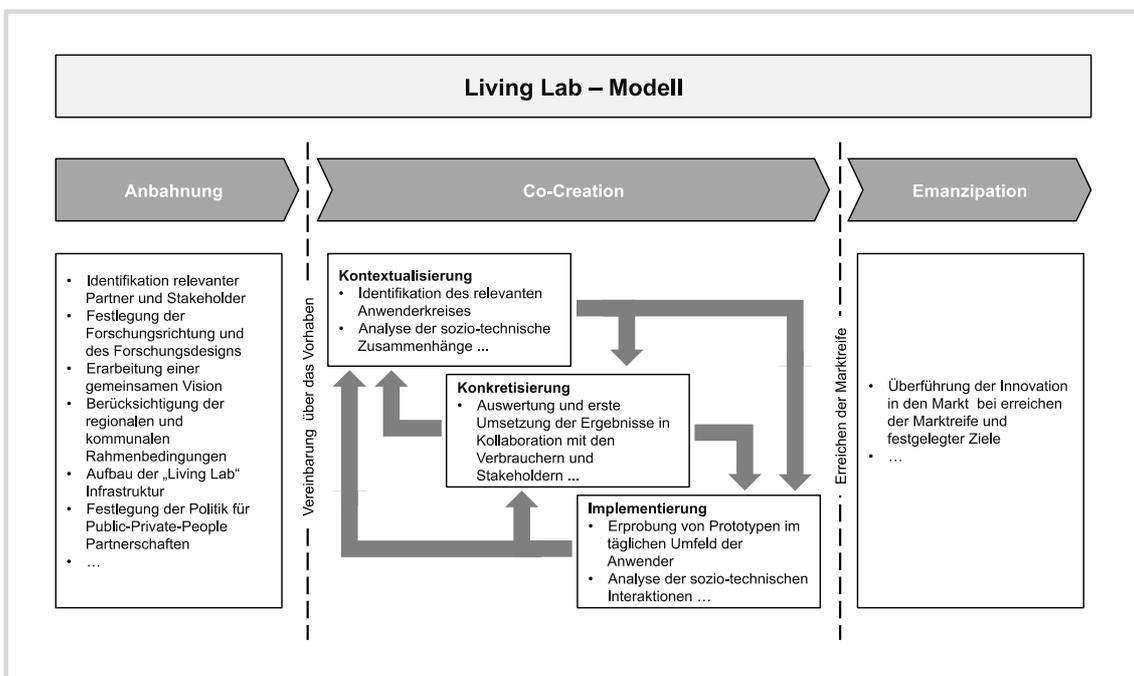


Abbildung 16: Kernphasen eines Living Lab Prozesses (Quelle: eigene Darstellung)

6.4.2 Urban Transition Labs

Das Konzept der *Urban Transition Labs* versucht die Eigenschaften des Living Lab Ansatzes mit den Erkenntnissen und Erfahrungen aus dem Bereich des Transition-Managements zu verbinden (vgl. Nevens et al. 2013: 115). Die Autoren betrachten dabei *Urban Transition Labs* als Orte, an denen globale Probleme in den jeweils spezifischen Kontext einer Stadt übersetzt werden sowie an denen zahlreiche Veränderungsprozesse aus unterschiedlichen Bereichen miteinander interagieren und somit Auswirkungen auf zahlreiche Bereiche, wie z. B. Energie, Mobilität, bebaute Umgebung, Lebensmittelversorgung usw. haben. *Urban Transition Labs* zeichnen sich durch eine hybride, flexible und transdisziplinäre Struktur aus, welche Raum und Zeit für Lernprozesse, Reflexion und die Entwicklung alternativer Lösungswege ermöglicht. Dabei sollen innovative Akteure des dominierenden Regimes sowie Vorreiter aus Nischenbereichen zusammengeführt werden (vgl. Nevens et al. 2013: 115).

Entwickelt wurde das Konzept zunächst im Rahmen des Projektes *Mitigation in Urban Areas: Solutions für Innovative Cities (MUSIC)*³³, welches eine Kooperation zwischen den Städten Aberdeen (Schottland), Montreuil (Frankreich), Gent (Belgien), Ludwigsburg (Baden-Württemberg) und Rotterdam (Niederlande) sowie zwischen dem Forschungseinrichtungen *DRIFT (Dutch Research Institute For Transittion)* in den Niederlanden und *Forschungszentrum Henri Tudor* darstellt. Im Fokus des Projektes stehen die europäischen Energie- und Klimaschutzziele. Mit Hilfe dieses Projekts sollen die CO₂-Emissionen in den Partnerstädten um 50 % verringert werden (vgl. MUSIC 2011a). Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Phasen und die wesentlichen Elemente, der Urban Transition Labs beschrieben werden.

6.4.2.1 Initialphase: Vorbereitung und Organisation

In der Initialphase bildet sich das sogenannte Transition-Team, welches für den kontinuierlichen Antrieb des gesamten Prozesses verantwortlich ist. Die Zusammensetzung der Akteure innerhalb dieser Mannschaft sollte die strategische und inhaltliche Ausrichtung des *Urban Transition Labs* widerspiegeln. In der Regel werden das Mitarbeiter und Angehörige der Organisationen sein, die das *Urban Transition Lab* initiieren. So sind das im Fall von MUSIC Mitarbeiter der Stadtverwaltung, Experten aus dem jeweiligen Untersuchungsbereichen (z. B. Energieexperten und Technologieexperten), Experten aus dem Bereich des Transition Management sowie Prozessbegleiter. Das Transition Team hat dabei die Aufgabe des Mittlers zwischen den unterschiedlichen Akteuren (vgl. Nevens et al. 2013: 116f.). Die

³³ Für eine ausführliche Beschreibung des Projekts siehe Anhang B.

wesentlichen Aufgaben des Transition Teams lassen sich wie folgt zusammenfassen (vgl. Nevens et al. 2013: 117f.):

- Aufbau und die Leitung des Prozessdesigns, welches über die üblichen command and control Steuerungsansätze hinausgeht. Das Ziel sollte dabei sein, dass mögliche Maßnahmen und Strategien diskutiert und gemeinsam entwickelt werden können, ohne dass dabei die Akteure des dominierenden Regimes nach kurzer Zeit die Kontrolle mit ihren Lösungsansätzen übernehmen. Damit soll sichergestellt werden, dass möglichst alle Sichtweisen und Wertevorstellungen bei der Formulierung von Lösungsansätzen berücksichtigt werden;
- Proaktives Aufdecken potentieller Konflikte und Spannungen sowie Wege zur Erläuterung und Moderation der grundlegenden Motive und Interessen der unterschiedlichen Akteure;
- Aufbau und Organisation der unterschiedlichen Sitzungen und deren Inhalte innerhalb der Transition Arena, Ausarbeitung und Reflexion der Ergebnisse;
- Identifikation der relevanten Akteure, welche in die Co-Kreation im Rahmen des Urban Transition Labs involviert werden sollen. Dabei sollte auch ihre gegenseitigen Wechselbeziehungen verstanden werden;
- Mit der Akteursanalyse sollte gleichzeitig eine Systemanalyse verbunden werden. Die Systemanalyse ermöglicht den Akteuren über den eigenen Tellerrand hinauszuschauen. Die Systemanalyse deckt die dominierenden Strukturen, soziokulturelle Rahmenbedingungen sowie die gängigen Praktiken des dominierenden Regimes auf, identifiziert mögliche und aufstrebende Alternativen und den wesentlichen Druck, der sich aus dem exogenen Umfeld ergibt. Dabei stehen sowohl institutionelle als auch physische Systeme im Fokus.

In der Initialphase müssen nach Nevens et al. (2013: 118) vor allem Barrieren überwunden werden, die sich aus den klassischen Planungsansätzen ergeben.

6.4.2.2 Problemstrukturierung und Aufstellen einer Vision

Aufbauend auf der Systemanalyse, wählt das Transition Team eine erste Gruppe von Akteuren aus, die zu einem ersten Treffen in der Transition Arena eingeladen werden. Diese sogenannte Transition Arena, ist ein wesentliches Element des gesamten *Urban Transition Lab* Prozesses. In dieser Arena wird der notwendige Raum für Innovationen durch Vorreiter geschaffen. Um ein verstärktes Lernen innerhalb von Gruppen zu ermöglichen und um die Gruppeneffektivität durch kleine Gruppen zu steigern, besteht diese Arena aus einem Personenkreis von 15-20 Akteuren. Gleichzeitig stellt diese

Arena eine Interessenskoalition dar, welche ein vorhandenes Problem angehen möchte und in der Lage ist, dieses Problem in eine zukünftige Vision umzuwandeln sowie eine Agenda im Umgang mit dem Problem zu erarbeiten (vgl. MUSIC 2013b: 8f.).

Die Mitglieder dieser Arena zeichnen sich dabei durch unterschiedliches Hintergrundwissen aus – sie verfolgen keine Partikularinteressen ihrer Organisation, sondern treten als selbständige Persönlichkeiten auf (es herrscht die Mentalität der Namensschilder ohne Organisation); sie haben ein Verständnis für komplexe Zusammenhänge und können diese reflektieren; sie sind in der Lage Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen zu verstehen und aufzunehmen; sie besitzen eine gewisse Autorität innerhalb ihrer Netzwerke; sie müssen Visionen innerhalb ihrer Netzwerke kommunizieren und erklären können; und schließlich müssen sie offen sein gegenüber innovativen Mitteln und Pfaden bei der Lösung komplexer Probleme (vgl. MUSIC 2013b: 9). Dabei kann es sich sowohl um Akteure aus den Nischenbereichen als auch um Akteure des dominierenden Regimes handeln, welche jedoch den Freiraum haben, unabhängig vom Regime zu agieren (vgl. Nevens et al. 2013: 118). Im Rahmen dieser Arena können die Akteure im gegenseitigen Vertrauensverhältnis und unabhängig vom Regime an einer gemeinsamen Vision und an gemeinsamen Zielen arbeiten. Essentiell ist hierbei, dass eine gemeinsame Vision nicht innerhalb eines Treffens erzwungen werden soll, sondern in einem Prozess, der möglicherweise auch etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt, erarbeitet wird (vgl. Nevens et al. 2013: 118). Dabei sehen Nevens et al. (2013: 118) die folgenden Aspekte als wesentlich an:

- Schaffung einer gemeinsamen Sichtweise und Strukturierung der Probleme bzw. Herausforderungen bezüglich der Stadt oder Kommune. Dabei dient die Systemanalyse als Grundlage;
- Aufstellen von Prioritäten (auch bezüglich Werten und Normen) sowie Leitprinzipien, welche als Basis für die zukünftigen Systeme und ihre Teilsysteme dienen;
- Etablierung klarer und anschaulicher Bilder der wünschenswerten Zukunft.

Die Aufgabe der Akteure aus der Arena beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Erarbeitung einer Vision, sondern vor allem auch auf die Verbreitung dieser Vision im persönlichen Netzwerk und später auch durch andere Akteure. Hier ist es daher nicht unwesentlich, dass die Vision nicht nur auf ambitionierten Zielen beruht, sondern auch verständlich macht, dass ein fundamentaler Wandel notwendig ist, Potentiale, die sich

ergeben thematisiert und schließlich die Notwendigkeit realer Experimente im Rahmen eines inklusiven Prozesses als Lösungsansatz anpreist (vgl. Nevens et al. 2013: 118).

6.4.2.3 Aufstellen möglicher Entwicklungspfade sowie einer Agenda

Ausgehend von einem gemeinsamen Problemverständnis und der gemeinsamen Vision werden im Rahmen eines Backcasting-Prozesses die möglichen Entwicklungspfade aufgedeckt. Dabei sollte die Transition Arena den üblichen Personenkreis verlassen und sich auch zusätzlichen Experten und Akteuren aus der Zivilgesellschaft, der Industrie, der Politik usw. öffnen. Auf diese Weise können die wesentlichen Strategien und ihre Potentiale erarbeitet und abgeschätzt werden (vgl. Nevens et al. 2013: 118f.). Dabei sollten nach Nevens et al. (2013: 119) die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Definition der wesentlichen Schritte, die zur Realisierung der Vision erforderlich sind. Dabei sollen die Entwicklungspfade sowohl aus technologischer, soziokultureller, als auch struktureller Perspektive gestaltet werden;
- Bewertung der lang- und kurzfristigen Machbarkeit der möglichen Pfade;
- Bestimmung der pfadspezifischen Treiber und Meilensteine, welche die unterschiedlichen Pfade unterstützen;
- Identifikation der erforderlichen Kooperationen und der bereits involvierten oder auch nicht involvierten Akteure und Anknüpfungspunkte auf kommunaler, regionaler, nationaler und globaler Ebene, die kritisch sind für den Erfolg oder die Realisierung des Veränderungsprozesses;
- Klare Erläuterung der Maßnahmen.

Im Laufe dieser Phase entsteht somit eine zunehmend konkrete Agenda für den möglichen Innovationspfad. In dieser Agenda spiegeln sich die Interessen, Motive und Strategien der unterschiedlichen Akteure wider. Es bilden sich Arbeitsgruppen bestehend aus unterschiedlichen Akteuren heraus, die sich – ausgehend von den eigenen Interessen und der eigenen Expertise - auf bestimmte Teilaspekte der Agenda fokussieren. Dabei nimmt die Bedeutung des Transition Teams innerhalb der unterschiedlichen Arbeitsgruppen ab (vgl. Nevens et al. 2013: 119).

6.4.2.4 Experimentieren und Implementieren

In dieser Phase werden die ausgearbeiteten Entwicklungspfade im Rahmen von Experimenten und im Kontext des wirklichen Lebens realisiert. Hierbei wird erprobt, inwiefern die eingeschlagenen Entwicklungspfade mit der Vision und den Zielvorstellungen der Akteure übereinstimmen. Das *Urban Transition Lab* öffnet sich in dieser Phase noch weiter außenstehenden Akteuren, sodass neue Kollaborationen

entstehen können und die Experimente neu bewertet und möglicherweise überdacht werden. Eine der wesentlichen Herausforderungen ist dabei die Vernetzung mit anderen Initiativen, die nicht unbedingt im Kontext des *Urban Transition Labs* entstanden sind und dennoch zur Agenda passen (vgl. Nevens et al. 2013: 119). Wichtig ist dabei nach Nevens et al. (2013: 119) auch, dass die zunehmende Einbindung neuer Akteure und das Aufkommen neuer Fragen dazu führt, dass die Experimente selbst stetig instrumentalisiert werden und zu Veränderungen des dominierenden Regimes beitragen, indem zum Beispiel eine neue Raumentwicklungspolitik implementiert wird, neue ökonomische Instrumente oder soziokulturelle Gewohnheiten entstehen und studiert werden (vgl. Nevens et al. 2013: 119).

6.4.2.5 Monitoring und Evaluation

Wie in Abschnitt 3.6 dargestellt sind Lernprozesse ein zentraler Bestandteil von Veränderungsprozessen. So haben Lernprozesse auch bei *Urban Transition Labs* eine zentrale Bedeutung. Lernprozesse sind daher in diesem Zusammenhang nicht als selbständige Phase zu verstehen, sondern als begleitender Prozess, der sich über alle Phasen hinweg zieht. Dabei sollten sowohl die Treffen, mögliche Entwicklungspfade, Experimente, Visionen und die Arenas kontinuierlich evaluiert und beobachtet werden, damit notwendige Veränderungen und wünschenswerte Kurskorrekturen jederzeit möglich sind und die Komplexität solcher Veränderungsprozesse aufgedeckt wird. Dabei müssen Lernprozesse auf unterschiedlichen Ebenen stattfinden (vgl. Nevens et al. 2013: 119f.).

6.4.3 Der Eco-Acupuncture Ansatz

Der *Eco-Acupuncture* Ansatz wurde im Rahmen des *Victorian Eco-Innovation Labs* (VEIL)³⁴ entwickelt. Im Rahmen des ersten Projektes wurden Visionen für ein Melbourne im Jahr 2032 entwickelt, konzeptualisiert und anschließend einer breiten Öffentlichkeit kommuniziert. Diese Konzepte stießen von allen Seiten auf positive Resonanz und wurden besonders von den Gemeinden positiv aufgenommen. Viele dieser Gemeinden stellten daraufhin bei ihren Räten Anträge zur Umsetzung einiger der entwickelten Konzepte. Die Räte unterstützten diese Anträge nicht oder ignorierten sie einfach, weil viele der Projekte die Bindungen und Verpflichtungen der Räte direkt bedrohten. (vgl. Ryan 2013: 196). Daraufhin wurde ein dreijähriges Forschungsprojekt initiiert, das herausfinden sollte, wie man solche Barrieren umgehen kann, ohne dabei

³⁴ An dieser Stelle sei angemerkt, dass das Victorian Eco-Innovation Lab (VEIL) in der Universität der Stadt Melbourne, in Australien beheimatet ist. Diese Region zeichnet sich durch eine stark ausgeprägt Landschaft an Designschulen und Hochschulen, was sich im VEIL widerspiegelt. Für eine ausführliche Beschreibung des Victorian Eco-Innovation Lab siehe Anhang B.

bestehende Verbindungen und Verpflichtungen des dominierenden Regimes zwangsläufig aufbrechen oder antasten zu müssen, wodurch der *VEIL Eco-Acupuncture* Ansatz entstand (vgl. Ryan 2013: 196).

Auch beim *Eco-Acupuncture* Ansatz bildet eine Arena – in diesem Fall wird sie als Hub bezeichnet – die zentrale organisatorische Einheit. Im Laufe des VEIL-Prozesses übernimmt dieser Hub unterschiedliche Funktionen und koordiniert den Informationsaustausch zwischen den unterschiedlichen Akteuren. Der VEIL-Prozess besteht aus insgesamt fünf Phasen (vgl. Ryan 2013: 191ff.):

- In der ersten Phase formiert sich im Hub ein Expertenpanel bestehend aus VEIL-Angehörigen, Experten und dem lokalen Gemeinderat und analysiert intensiv auf wissenschaftlicher und praktischer Basis die standortbezogenen langfristigen Herausforderungen;
- In der zweiten Phase werden mit lokalen Gemeindevertretern und lokalen Organisationen erstrebenswerte und positive Visionen für einen Zeithorizont von 25 Jahren im Rahmen von Ideenworkshops erstellt. Die Workshops finden dabei an öffentlichen und zentralen Einrichtungen der jeweiligen Gemeinde statt (z. B. in Bibliotheken oder Schulen). Diese Visionen werden durch den Hub in Form von Publikationen an öffentliche Einrichtungen, in Form von Berichten an private Akteure und schließlich als Arbeitsaufträge an die unterschiedlichen universitären Designschulen zur Verfügung gestellt;
- Die dritte Phase umfasst die Ausarbeitung der Visionen durch die universitären Planungsstudios. Dabei entwickeln Studenten und Mitarbeiter Lösungs- und Umsetzungsansätze und sowie entsprechende Konzepte und testen diese in Zusammenarbeit mit externen Organisationen, die durch das Hub identifiziert wurden;
- Diese Konzepte werden anschließend auf vielfältige Weise durch die unterschiedlichen Akteure und Institutionen begutachtet und evaluiert, sodass eine Vorauswahl der Konzepte stattfinden kann. Anschließend werden die verbliebenen Konzepte in Zusammenarbeit zwischen den jeweiligen Studenten, den Hub-Angehörigen sowie professionellen Planern konkretisiert, sodass diese Konzepte über Ausstellungen, Zeitschriften, Zeitungen und Fachzeitschriften kommuniziert werden können;
- In der fünften Phase werden schließlich die Veröffentlichungen durchgeführt und die erarbeiteten Konzepte vor Ort ausgestellt. Diese Ausstellungen sind öffentlich zugänglich, sodass jeder Anwohner bzw. Bürger die Chance hat sich die Konzepte anzuschauen und entsprechendes Feedback zu geben und

Veränderungen vorzuschlagen. Diese Vorschläge werden aufgenommen und bei der Konkretisierung und Verbesserung der Konzepte berücksichtigt.

Nachdem die Rückmeldung der Gemeinde und Verbesserungsvorschläge berücksichtigt und in die Konzepte eingearbeitet wurden, wird im Falle von *Eco-Acupuncture* die Gemeinde erneut analysiert und zwar diesmal auf mögliche Interventionspunkte, die kleine Innovationsprojekte in Nischenbereichen ermöglichen. Es handelt sich hierbei um Flächen und Einrichtungen die einen kleinen oder keinen sozialen, ökonomischen oder kulturellen Wert haben, wie z. B. herrenlose Häuser, Parks, offene Gelände, Brachflächen, überschüssige Infrastrukturräume usw. (vgl. Ryan 2013: 196). Diese „wertlosen“ Räume sollen mit Hilfe des *Eco-Acupuncture* Ansatzes und der entwickelten nachhaltigen Konzepte aufgewertet werden und gleichzeitig eine Demonstration der Funktionsfähigkeit und Überlegenheit von nachhaltigen und erstrebenswerten Lösungen darstellen (vgl. Ryan 2013: 197).

Mit Hilfe des *Eco-Acupuncture* Ansatzes sollen vor allem Alternativen bei der Gestaltung lebenswichtiger Versorgungssysteme aufgezeigt werden. Der *Eco-Acupuncture* Ansatz orientiert sich dabei an vier wesentlichen Prinzipien (vgl. Ryan 2013: 197; VEIL 2013g):

- *Begegnung*: Manchmal müssen Dinge einfach gesehen und erfahren werden, damit sie als mögliche Option erkannt und wahrgenommen werden;
- *Vervielfältigung*: Selbst kleine Planungsinterventionen können interessant und vervielfältigt werden;
- *Amplifizierung*: Versteckte bzw. verschleierte Innovationen können durch das Design attraktiv werden;
- *Erneuerung*: Altes kann erneuert und neu belebt werden;
- *Vereinfachung*: Die Vereinfachung komplexer Systeme kann Vorstellungsvermögen und Innovation auslösen (Reduktion von Abhängigkeiten gegenüber großen Systemen);
- *Schaffung von Transparenz*: Die Versorgung mit lebensnotwendigen Ressourcen, wie z. B. Strom, Wasser, Lebensmittel, läuft in der Regel im Hintergrund, sodass die Produktionswege und der Verbrauch grundsätzlich nicht wahrgenommen werden. Das vor Augen Führen von Produktions- und Verbrauchsprozessen kann das Bewusstsein und Verhalten ändern.

6.5 Living Labs: Zusammenfassung und Ausblick

Die Betrachtung des Hintergrundes und der Ausgangssituation hat verdeutlicht, dass der Living Lab Ansatz in der jüngeren Vergangenheit an Bedeutung gewinnt. Bisher konzentrieren sich solche Reallabore jedoch auf die Entwicklung intelligenter Informations- und Kommunikationstechnologien im Bereich des Wohnens. In Abgrenzung zu anderen Innovationsansätzen setzen Reallabore in den Phasen der angewandten Forschung ein und begleiten den Innovationsprozess bis zu der Phase der Marktdurchdringung bzw. bis sich ein gesellschaftlich akzeptierter Technologie- oder sonstiger Entwicklungspfad durchsetzen kann. Die Aufgaben, die einem Living Lab zu kommen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Identifikation und Aufzeigen gesellschaftlich relevanter Probleme (z. B. Klimawandel, demografischer Wandel);
- Untersuchung und Demonstration, inwiefern diese gesellschaftlichen Probleme für den jeweiligen regionalen und kommunalen Kontext relevant sind;
- Aufdecken möglicher Entwicklungspfade sowie notwendiger Synergien zwischen technologischen, institutionellen, soziokulturellen und ökonomischen Innovationen sowie zwischen unterschiedlichen Ebenen (z. B. regional, national und global)
- Auswahl vielversprechender und für die Gesellschaft sinnvoller Entwicklungspfade, die möglichst veränderbar sind;
- Bündelung von Ressourcen für Innovationen und Veränderungsprozesse und Organisation der dazugehörigen Aktivitäten;
- Entwicklung und Koordination von Partnerschaften zwischen Wissenschaft, Politik, öffentlichen Einrichtungen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft;
- Unterstützung der partnerschaftlichen Vereinbarungen zwischen den unterschiedlichen Akteuren und Disziplinen;
- Schließung von Lücken zwischen unterschiedlichen Disziplinen und Handlungsbereichen.

Der gesamte Prozess beruht dabei auf einer starken Integration der Zivilgesellschaft in den Innovations- und Veränderungsprozess, sodass diese eine aktive Rolle innerhalb des gesamten Prozesses einnimmt; auf einer starke Inklusion möglichst vieler relevanter Stakeholder in den Innovations- und Veränderungsprozess, damit Barrieren zwischen einzelnen Disziplinen und Ebenen überwunden werden und ein aktiver Wissensaustausch stattfindet (Transdisziplinarität); und schließlich auf der Berücksichtigung eines realen Kontextes, indem sozio-ökologische Zusammenhänge aus unterschiedlichen Perspektiven studiert werden, um besser verstanden zu werden.

An dieser Stelle wird deutlich, dass der Living Lab Ansatz bzw. die Implementierung von Reallaboren durchaus geeignet ist, die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen zu unterstützen. Der Living Labs Ansatz behandelt gezielt zentrale Aspekte der Probleme, welche in den Kapiteln zwei bis fünf beschrieben wurden.

- Mit der gezielten Thematisierung mittel- bis langfristiger gesellschaftlicher Herausforderungen und Probleme können *top-down* Ansätze mit *bottom-up* Ansätzen kombiniert werden, indem gesellschaftliche Herausforderungen, wie z. B. der Klimawandel im realen Kontext – also im kommunalen und regionalen Kontext, unter der Berücksichtigung ökologischer, soziokultureller, ökonomischer und sonstiger Aspekte – bewertet werden. In diesem Zusammenhang können auch regionalspezifische Indikatoren für die Bewertung von Resilienz aufgestellt werden;
- Der Living Lab Ansatz versucht die strukturellen, marktbedingte und soziokulturellen Barrieren, die sich aus dem dominierenden Regime ergeben, zu umgehen, indem er Nischenräume für die Innovation alternativer Pfade bereitstellt und Akteure sowohl aus dem dominierenden Regime als auch aus Nischenbereichen zusammenbringt. Dabei haben Vorreiter auf beiden Seiten eine zentrale Bedeutung;
- Mit der Integration verschiedener Akteure aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und öffentlichen Einrichtungen kann mit Hilfe von Reallaboren den zentralen Herausforderungen, wie sie in Kapitel 5 dargestellt wurden (ambivalente Ziele, unsicheres Wissen, verteilte Macht) begegnet werden. Ferner können bestehende Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels und potentieller Maßnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven bewertet und somit eine hohe Legitimität und Akzeptanz erzielen werden. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit die ausgewählten Pfade zu erproben und diese möglicherweise noch im Laufe der Entwicklung zu korrigieren oder einzustellen;
- Die Durchführung von Experimenten im realen Kontext birgt zudem das Potential zur Aufdeckung notwendiger Synergien zwischen unterschiedlichen Ebenen und Bereichen. Die aktive Einbindung der Zivilbevölkerung in die Nutzung alternativer Technologien in den frühen Phasen des Innovationsprozesses könnte aufzeigen, welche kulturellen Barrieren sich bei der Anwendung ergeben. Die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Disziplinen und Fachbereichen könnte aufdecken, welche ökologischen Gefahren sich möglicherweise ergeben, welche Konflikte und Probleme mit anderen Infrastrukturbereichen entstehen, und inwiefern möglicherweise Korrekturen von gesetzlichen Regelungen oder Standards erforderlich sind;

- Die Zusammenführung unterschiedlicher Akteure ermöglicht zudem neue Finanzierungsmöglichkeiten für Infrastrukturprojekte. Politik, Wissenschaft und Wirtschaft könnten sich mit einem, aus der jeweiligen Sicht, angemessenen Budget an den Living Labs und damit verbundenen Projekten beteiligen.

Ob diese positiven Eigenschaften des Living Lab Ansatzes auch tatsächlich umgesetzt werden können hängt dann im Endeffekt von der jeweiligen Konzeption und der Kompetenz der Schlüsselakteure, die den Innovationsprozess im Rahmen eines Living Labs koordinieren ab. Eine abschließende Bewertung des Living Lab Ansatzes findet im folgenden Kapitel statt.

7 Diskussion und weiterer Forschungsbedarf

Die vorliegende Arbeit ging der Frage nach, inwiefern der Living Lab Ansatz geeignet ist, die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen zu unterstützen bzw. voranzutreiben. Ausgehend von dem gegenwärtigen Forschungsstand in den Themengebieten Klimawandel, Innovation groß-technischer Systeme und Resilienz wurden qualitative Anforderungen an den Innovationsprozess abgeleitet. Aus der Betrachtung des Forschungsstandes zum Umgang mit dem Klimawandel geht vor allem hervor, dass Innovationen, die den Klimawandel betreffen, sowohl mit den jeweiligen klimatischen Umständen in der Gegenwart als auch in der Zukunft umgehen müssen. Während die projizierten Klimaveränderungen vor allem globale Aspekte berücksichtigen, können die Betroffenheit und die möglicherweise erforderlichen Maßnahmen, regionalspezifisch sehr heterogen ausfallen. Hinzu kommt, dass mit der zunehmenden räumlichen Ausdifferenzierung der Klimamodelle die Unsicherheiten bezüglich der Projektion der klimatischen Bedingungen zunehmen. Vor diesem Hintergrund sollten Entscheidungen über mögliche Maßnahmen zur Klimaanpassung zwar globale und nationale *top-down* Ansätze berücksichtigen, vor allem aber auf der Antizipation der Betroffenheit und der Stärken und Schwächen bereits eingeschlagener Pfade sowie der verfügbaren Anpassungsstrategien im regionalen Kontext beruhen. Die Bewertung sollte dabei vor dem Hintergrund des jeweiligen bestehenden Technologiestandes, der vorherrschenden ökonomischen Situation, der verfügbaren Infrastrukturen sowie institutionellen und soziokulturellen Rahmenbedingungen stattfinden. Die mit dem Klimawandel verbundenen Innovationen sollten dabei – in Anbetracht der vorherrschenden Unsicherheiten bzgl. des Klimawandels – so ausgestaltet werden, dass sie zumindest mittel- und langfristig erforderliche Kurskorrekturen ermöglichen. Dafür ist vor allem eine adäquate Ausgestaltung der soziokulturellen und institutionellen Rahmenbedingungen erforderlich, die dann auch Veränderungen der technologischen Entwicklungspfade ermöglichen.

Während mit der Betrachtung des Forschungsstandes zum Umgang mit dem Klimawandel vor allem der Innovationskontext beschrieben wurde, galt das Kapitel „Infrastrukturen im Kontext der Veränderung“ dem Innovationsgegenstand – also den Infrastrukturen. Aufgrund ihrer scheinbar positiven Bedeutung für das soziale und wirtschaftliche Zusammenleben, wird der dauerhaften und störungsfreien Verfügbarkeit von Infrastrukturdienstleistungen, die zudem für alle zugänglich sind, ein hoher Stellenwert beigemessen. Auch innovative und alternative Technologiepfade – sofern

sie sich durchsetzen wollen – müssen diese Grundanforderungen erfüllen. Zudem sind Entscheidungen über mögliche alternative Technologiepfade in vielerlei Hinsicht komplex. Einerseits ist diese Komplexität in den spezifischen Eigenschaften vor allem technologischer Infrastruktursektoren begründet. Infrastrukturen zeichnen sich durch lange Amortisationszeiten der Investitionen aus und haben zudem sehr lange Lebenszyklen, die von mehreren Dekaden bis hin zu Jahrhunderten reichen. Das bedeutet, dass sowohl Investitionsentscheidungen – diese jedoch erheblich weniger – als auch Festlegungen über die strukturelle und technologische Architektur von Infrastrukturen, sowohl zeitpunktbezogenen Witterungsereignissen (wie z. B. Überschwemmungen) als auch mittel- bis langfristigen Veränderungen des Klimas ausgesetzt sind. Ferner sind Infrastrukturen durch starke interne und externe Interdependenzen gekennzeichnet. Für die Innovation von Infrastrukturen bedeutet dies, dass Veränderungen zwangsläufig auch andere gesellschaftliche Bereiche tangieren, in denen möglicherweise auch Veränderungen bzw. Anpassungen notwendig werden. Extreme Witterungsereignisse können dagegen dafür sorgen, dass der Ausfall eines Infrastrukturbereichs zum Ausfall oder zur Beeinträchtigung anderer Bereiche führt. Schließlich können Technologien, Akteursstrukturen, Besitzverhältnisse und Reglementierungen sowie Normierungen sehr heterogen ausfallen, was in einer heterogenen Verteilung der Machtstrukturen resultiert.

Andererseits hat die Betrachtung der unterschiedlichen Entwicklungs- und Innovationsprozesse sowie des Mehrebenen-Modells verdeutlicht, dass erfolgreiche Innovationen im Infrastrukturbereich, nicht allein auf den jeweiligen Technologien und ökonomischen Faktoren beruhen, sondern vielmehr das Ergebnis von Anschauungen und Weltvorstellungen der Akteure, des jeweils dominierenden Regimes sind und auf gesellschaftlichen Verhandlungsprozessen auf politischer, wirtschaftlicher, wissenschaftlicher, medialer aber auch ziviler Ebene beruhen. Aus dem Mehrebenen-Modell geht außerdem hervor, dass der Erfolg einer Innovation zusätzlich noch von der soziotechnologischen Umgebung, den Entwicklungen innerhalb des dominierenden soziotechnischen Regimes und von den Entwicklungen im Nischenbereich abhängt. Veränderungen des Klimas – aber auch gesellschaftlicher, ökologischer, ökonomischer Bereiche – stellen Einflüsse auf die soziotechnische Umgebung dar, welche möglicherweise das dominierende Infrastrukturregime in Frage stellen. Dadurch ergeben sich Zeitfenster für alternative Technologiepfade. Bestimmte soziokulturelle, ökonomische und strukturelle Faktoren innerhalb des dominierenden Regimes und auch die Tatsache, dass die Akteure des Regimes ebenfalls auf Veränderungen reagieren, wirken sich jedoch hemmend auf die Innovationsfähigkeit einer Gesellschaft aus. Aufgrund dieser Faktoren müssen alternative

Technologiepfade zunächst auf Nischenbereiche ausweichen, die sich einerseits durch eine aktive Initiierung und Unterstützung von Vorreitern aus Politik, Wirtschaft oder Zivilgesellschaft und andererseits aufgrund gegebener Strukturen, welche für das dominierende Regime nicht attraktiv erscheinen, ergeben. Schließlich liegt es an den Akteuren die Rahmenbedingungen auszunutzen und mit Hilfe von *fit and conform* oder *stretch and transform empowerment* Strategien die alternativen Technologiepfade zu etablieren. Innovationen im Bereich von Infrastrukturen erfordern also einen co-kreativen Prozess zwischen Technologie, Regulierung, gesetzlichen Rahmenbedingungen und Normen sowie die Interaktion von ökonomischen, soziokulturellen und ökologischen Systemen.

Bei der Betrachtung der Innovationsrichtung hat sich gezeigt, dass die Orientierung am Begriff der Resilienz, im Sinne klimaresilienter Infrastrukturen, den Anforderungen des Innovationskontextes Klimawandel und dem komplexen Innovationsgegenstand Infrastruktur durchaus gerecht wird. Die Berücksichtigung des mechanischen und sozioökologischen Resilienzbegriffs korrespondiert einerseits mit der Notwendigkeit zur Anpassung an extreme Witterungsereignisse und an die stetigen sowie langfristigen Veränderungen des Klimas und andererseits mit dem Erfordernis gleichzeitig Klimaschutzmaßnahmen zu implementieren, weil die unterschiedlichen Systeme (ökologische und anthropogene) in ständiger Wechselwirkung zueinander stehen. Darüber hinaus erweitert eine Orientierung am Resilienz begriff die potentiellen Strategien im Umgang mit dem Klimawandel um einen drittem Aspekt, indem hier explizit zwischen Anpassung und Transformation bzw. Transition unterschieden wird. Dadurch bekommt die Frage nach alternativen Technologiepfaden und nach der möglicherweise notwendigen Transformation bestehender Strukturen eine wesentlich größere Bedeutung, indem sich zwangsläufig die folgende Fragestellungen ergeben:

- Ist die Struktur des betrachteten Infrastruktursystems in Anbetracht der mittel- und langfristigen klimatischen Veränderungen (häufigere Extremereignisse, Temperaturanstieg usw.) sowie der gesellschaftlichen und ökologischen Entwicklungen aus ökonomischer, technologischer, sozialer und ökologischer Sicht in seiner jetzigen Ausgestaltung weiterhin tragbar?
- Wenn ja, dann stellt sich die Frage, inwiefern Infrastruktursysteme den neuen Bedingungen angepasst werden müssen (z. B. Erhöhung der Widerstands- und Reaktionsfähigkeit, weil häufigere und stärkere Extremereignisse zu erwarten sind etc.)? – Hierbei steht die Anpassungsfähigkeit des Systems im Fokus.
- Wenn nein, dann stellt sich die Frage, wie ein nachhaltigeres Infrastruktursystem ausgestaltet sein müsste, damit es unter den neuen Gegebenheiten sozial, ökonomisch, ökologisch und technologisch tragbar ist.

Hierbei spielt die Transformationsfähigkeit des Infrastruktursystems – aber auch die Veränderungsbereitschaft der an ihm beteiligten Akteure – die entscheidende Rolle.

Die kontextuale Bindung einer Resilienzbewertung erfordert auch hier eine integrative Betrachtung globaler und nationaler *top-down* und *bottom-up* Ansätze. Die Resilienz eines Infrastruktursystems gegenüber dem Klimawandel kann nur im Zusammenhang mit den soziokulturellen, ökonomischen, ökologischen und institutionellen Rahmenbedingungen bewertet werden, in denen es eingebettet ist. Damit Resilienz überhaupt bewertet werden kann, ist die Festlegung von Resilienzindikatoren und deren Zusammenführung erforderlich. Dies setzt jedoch sektor- und disziplinenübergreifende Kenntnisse über regionale und nationale Zusammenhänge voraus.

Zusammenfassend kann an dieser Stelle gesagt werden, dass die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen das Ergebnis soziokultureller, ökonomischer, technologischer und ökologischer Entwicklungen ist. Erschwerend kommt hinzu, dass sowohl das Klimawandel- als auch das Resilienzproblem zwei im Grunde genommen nicht endgültig lösbare Probleme darstellen, für die theoretisch zahlreiche Lösungsansätze existieren (vgl. Kapitel 5). Die Tatsache, dass sich das Klima auch ohne anthropogenen Einfluss verändert – in welchem Maße auch immer – führt zwangsläufig dazu, dass die Resilienz von Infrastrukturen, in seinem ganzen Facettenreichtum, immerfort Neubewertet werden muss. Es stellt sich also die Frage nach sinnvollen Zeiträumen für die Bewertung von Resilienz und danach, ob Klimaprojektionen, die Zeiträume von einhundert und mehr Jahren abdecken, dafür überhaupt erforderlich sind – in Anbetracht der vorherrschenden Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels und möglicherweise eines in Zukunft dynamischeren Klimas³⁵. Damit verbunden sollte entsprechend hinterfragt werden, ob die Ausgestaltung der Infrastruktursysteme, die teilweise für ebenso lange Zeiträume ausgelegt werden, unter dem Gesichtspunkt der Klimaresilienz überhaupt tragbar ist. Dagegen spricht nicht die Notwendigkeit flexibler Infrastruktursysteme besteht, welche es erlauben, auf die Dynamiken des Klimawandels und damit auf die Veränderungen in der Resilienz zu reagieren. Ein solcher kontinuierlicher Innovationsprozess wird zwangsläufig mit ambivalenten, teilweise konfliktären, Zielen der unterschiedlichen Akteure, mit unsicherem Wissen bzgl. der zukünftigen Entwicklung hinsichtlich des Klimas, aber auch der potentiellen Entwicklungspfade der Infrastruktursysteme und

³⁵ Das Holozän (der jüngste Zeitabschnitt der Erdgeschichte, der eine Zeitepoche von 11.000 Jahren bis in das 20. Jahrhundert umfasst) gilt als eine vergleichsweise sehr stabile Phase in der Geschichte der Erde (vgl. Wanner et al. 2008).

schließlich mit der Notwendigkeit für Veränderungen in unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen und damit mit verteilter Macht verbunden sein.

Insgesamt konnten drei wesentliche Anforderungskriterien aus den Betrachtungen aus den Kapiteln 1-4 ausgearbeitet werden:

- Klimaresiliente Infrastrukturen erfordert Innovationen im regionalen Kontext, welche die jeweiligen ökonomischen, soziokulturellen, institutionellen und ökologischen Rahmenbedingungen einbeziehen;
- Die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen erfordert die Einbindung verschiedener Akteursgruppen aus der Zivilgesellschaft, Wissenschaft, Politik und Wirtschaft, damit eine fundierte Antizipation von Unsicherheiten und Vor- und Nachteilen potentieller Entwicklungspfade stattfinden kann. Schließlich soll damit auch eine möglichst breite Akzeptanz und Legitimität der Maßnahmen erreicht werden;
- Räume und Ressourcen für alternative Pfade müssen geschaffen werden – nicht nur für technologische Veränderungen im Sinne von technischen Demonstrationen sondern auch für die Entwicklung neuer Markformen und -strukturen, Normen und Regeln, soziokultureller Gewohnheiten und anderer unmittelbar und mittelbar verbundener gesellschaftlicher Bereiche mit den Infrastruktursystemen³⁶.

Wie in Kapitel 6 dargestellt hat der Living Lab Ansatz in seinem normativen Gehalt durchaus das Potenzial, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Living Labs haben die Aufgabe zur Identifikation gesellschaftlich relevanter Probleme, wie z. B. dem Klimawandel; sie sollen untersuchen und aufzeigen, inwiefern diese gesellschaftlichen Probleme für den jeweiligen regionalen und kommunalen Kontext relevant sind; Living Labs sollen Entwicklungs- und Innovationspfade, sowie notwendige Synergien zwischen technologischen, institutionellen, soziokulturellen und ökonomischen Innovationen sowie zwischen unterschiedlichen Ebenen aufdecken; sie sollen dabei helfen vielversprechende und für die Gesellschaft relevante Pfade auszuwählen; erforderliche Ressourcen bündeln; Partnerschaften zwischen Wissenschaft, Politik, öffentlichen Einrichtungen, Wirtschaft und Zivilgesellschaft aufbauen und koordinieren; und schließlich Lücken zwischen unterschiedlichen Disziplinen schließen.

Dem gesamten Prozess liegen dabei die folgenden Aspekte den Säulen eines Living Lab zugrunde:

- Integration der Zivilgesellschaft in den Innovations- und Veränderungsprozess, sodass diese eine aktive Rolle innerhalb des gesamten Prozesses einnimmt;

³⁶ Für weitere Anforderungskriterien sei auf Kapitel 5 in dieser Arbeit verwiesen.

- Transdisziplinarität, indem relevante Akteure sowohl aus der Wissenschaft als auch aus der Praxis eingebunden werden;
- Berücksichtigung des realen Kontextes, was nichts anderes bedeutet, als die Innovation im regionalen und kommunalen Kontext und somit die Schaffung des erforderlichen Raumes und der notwendigen Zeit für Innovationen.

Die Schaffung von Räumen bezieht sich dabei einerseits auf die Möglichkeit zum Wissens- und Ideenaustausch sowohl in virtuellen (z. B. im Rahmen von virtuellen *co-working Spaces*) als auch in physischen Räumen (*reale co-working Spaces*). Andererseits sind damit Interventionspunkte gemeint, die es ermöglichen, alternative Strukturen, neue Marktformen, veränderte Normen und Regeln, neue soziokulturelle Gewohnheiten usw. auszuprobieren. Zu solchen Interventionspunkten zählen z. B.:

- Absehbare erforderliche Investitionen in die Erneuerung bestehender Infrastruktursysteme;
- Absehbare erforderliche Investitionen in etablierte urbane und ländliche Räume
- Konversionsflächen (ausrangierte Militärf Flächen, Industriegebiete und -anlagen, Wohngebiete usw.);
- Städte;
- Regionen;
- Notwendiger Bau neuer Infrastrukturanlagen;
- Neue Siedlungen und Stadtteile;
- usw.

Eine explizite Untersuchung des *Urban Transition Lab* und des *Eco-Acupuncture* Ansatzes hat aufgezeigt, wie ein solches Living Lab strukturiert und organisiert sein könnte (vgl. Abschnitt 6.4). Trotz vieler Gemeinsamkeiten – vor allem im Ablauf und in der Organisation – können auch einige Unterschiede zwischen den Ansätzen ausgemacht werden.³⁷ Der *Urban Transition Lab* Ansatz versucht Erkenntnisse aus dem Transition Management mit dem Living Lab Ansatz zu verbinden. Entsprechend ist dieser Ansatz in seiner Vorgehensweise deutlich strukturierter und zielorientierter. Gleichzeitig integriert der *Urban Transition Lab* Ansatz wesentlich stärker und expliziter die *top-down* und *bottom-up* Vorgehensweise, indem er von Anfang an eine wesentlich heterogenere Akteursgruppe über alle Entscheidungsebenen hinweg einzubeziehen versucht.

³⁷ An dieser Stelle sei angemerkt, dass ein Vergleich der beiden Ansätze nur begrenzt möglich ist. Während der *Urban Transition Lab* im europäischen Raum entwickelt wurde, ist der *Eco-Acupuncture* Ansatz in Australien entstanden. Entsprechend könnten die hier beschriebenen Unterschiede die regionalen und nationalen Unterschiede in den Rahmenbedingungen widerspiegeln.

Dem *Eco-Acupuncture* Ansatz dagegen liegt kein expliziter Managementansatz zugrunde. Vielmehr ist der Fokus des Ansatzes auf die Stadtplanung und Stadtentwicklung und zunächst weniger auf die konkrete Umsetzung gerichtet. Entsprechend weniger strukturiert, aber auch konkretisiert wirkt dieser Ansatz in seiner Beschreibung. Zudem ist dieser Ansatz eher *top-down* orientiert. Nahezu während des gesamten Ablaufs werden in erster Linie, Stadtplaner und –entwickler, Mitglieder des Gemeinderats und unterschiedliche Experten eingebunden. Ein interessanter Aspekt des *Eco-Acupuncture* Ansatzes besteht außerdem darin, dass sich dieser vor allem auf Interventionspunkte konzentriert, die zum Ausgangszeitpunkt eine geringe ökonomische oder soziale Bedeutung haben, damit die Vorhaben mit möglichst geringem Widerstand umgesetzt werden können.

Beiden Ansätzen gemein ist die transdisziplinäre Ausrichtung. Sowohl der *Eco-Acupuncture* Ansatz als auch der *Urban Transition Lab* Ansatz versuchen universitäre Forschung und kommunale bzw. regionale Akteure aus der Praxis zu verbinden – seien es nun professionelle Planer, öffentliche Personen der Gemeinde oder auch wirtschaftliche Akteure. Aber auch hier bestehen Unterschiede zwischen den Ansätzen bzw. zwischen den Philosophien. Während das *Victorian Eco-Innovation Lab* die Kooperation mit überregionalen oder auch mittleren bis großen wirtschaftlichen Akteuren zu vermeiden versucht, ist der *Urban Transition Lab* Ansatz grundsätzlich für alle Akteure offen, sofern diese sich an die Prinzipien halten. Das *Victorian Eco-Innovation Lab* versucht auf diese Weise von vornherein zu vermeiden, dass potentielle Lösungen aufgrund wirtschaftlicher Interessen keine Erwähnung finden oder ausgeschlossen werden. Dies könnte einerseits bei der Identifikation unkonventioneller Lösungen helfen, andererseits aber auch dazu führen, dass pragmatische oder bereits vorhandene Lösungen keine Berücksichtigung finden.

Außerdem konzentrieren sich beide Ansätze in erster Linie auf die Veränderung urbaner Räume. Die Konzentration auf urbane Räume greift jedoch für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen zu kurz. Zahlreiche Infrastrukturanlagen – vor allem Erzeugungsanlagen – befinden sich außerhalb des städtischen Kernbereichs. Hier erscheint auch die Einbindung der umliegenden Regionen nicht nur sinnvoll, sondern auch erforderlich, um eine allzu isolierte Betrachtung und den Ausschluss der ländlichen Regionen zu vermeiden. Es sollte also sichergestellt werden, dass scheinbare positive Veränderungen in urbanen Räumen, sich nicht negativ auf die suburbanen und ländlichen Regionen niederschlagen. Generell findet die in Kapitel 3 beschriebene Notwendigkeit zur Berücksichtigung interdependenter Strukturen – wodurch Infrastruktursysteme im besonderen Maße gekennzeichnet sind – keine explizite Erwähnung in beiden Ansätzen. Welcher der beiden Ansätze schlussendlich

zu optimaleren Lösungen im jeweiligen Kontext führt, kann an dieser Stelle nicht abschließend bewertet werden. Dazu müssten die hier vorliegende qualitative Analyse um quantitative Forschungsaspekte ergänzt werden, um einerseits die hier aufgestellten Annahmen zu validieren und andererseits zu bewerten, inwiefern der eine oder andere Ansatz tatsächlich positive Veränderungen erfolgreich durchsetzen kann. Sicherlich haben auch der jeweilige soziokulturelle Kontext und die jeweiligen regionalen Machtverhältnissen einen großen Einfluss darauf, welche Akteure wie stark in den jeweiligen Prozess eingebunden werden und zur Lösungsfindung beitragen. Denkbar wären auch Kombinationen der beiden Ansätze. Der sehr strukturierte Rahmen des *Urban Transition Labs* könnte vor allem bei der erstmaligen Implementierung von Living Labs von Vorteil sein, während der *Eco-Acupuncture* Ansatz vor allem dann zum Einsatz kommen könnte, wenn noch weitere bzw. zusätzliche Interventionspunkte einbezogen werden sollen.

So ergibt sich auch weiterer Forschungsbedarf in Bezug auf die Frage, welche Akteure, aus welchen gesellschaftlichen Bereichen, zu welchem Zeitpunkt in den Innovationsprozess integriert werden sollten, damit Innovationsprozesse überhaupt in Gang kommen, die Umsetzung legitimiert ist und gleichzeitig auf Akzeptanz stößt. Vor diesem Hintergrund könnte auch untersucht werden, welche Akteursgruppen überhaupt Living Labs initiieren sollten, und welche Akteurskonstellationen dafür geeignet sind, Living Labs auch langfristig zu implementieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Frage danach, wie breit der Innovationskontext eines Living Labs sein kann, damit überhaupt ein Konsens bzgl. potentieller Lösungswege erreicht werden kann. So könnte es beispielsweise sinnvoll sein mehrere Living Labs in einer Region zu haben, die sich mit unterschiedlichen gesellschaftlichen Anliegen, wie z. B. mit dem Klimawandel, dem demografischen Wandel usw. befassen. Diese müssten dann aber miteinander vernetzt werden, um einen Wissensaustausch und Lernprozesse sicherzustellen. Es besteht also auch Forschungsbedarf darüber, auf welche Art und Weise Living Labs regional und überregional vernetzt sein sollten. In diesem Zusammenhang müsste eben auch untersucht werden, wie Living Labs dazu genutzt werden können, um die internen und externen Interdependenzen von Infrastrukturen bereits während des Innovationsprozesses zu berücksichtigen. Da bisher nur wenige Living Lab Konzepte existieren, besteht möglicherweise Bedarf nach weiteren, vielleicht auch regionalspezifischen Living Lab Konzept. Interessant wäre auch eine Untersuchung, inwiefern sich Aspekte von Living Labs in andere Innovations- und Transformationskonzepte integrieren lassen und umgekehrt. So wäre ein Vergleich mit dem Ansatz der regionalen Energiekonzepte interessant und inwiefern Living Labs gegenüber den regionalen Energiekonzepten einen Mehrwert bieten oder auch nicht.

Zunehmend zeigt sich, dass die „unsichtbare Hand“ – also das eigennützige Streben individueller Wirtschaftakteure nach Maximierung des persönlichen Nutzens – vor dem Hintergrund komplexer Zusammenhänge nicht zwangsläufig zu gesellschaftlich optimalen Lösungen führt, zumal sie sich den von ihr geschaffenen Marktzwängen zu unterwerfen scheint (vgl. Abschnitt 3.5). Es stellt sich daher die Frage, ob nicht doch eher viele „sichtbare Hände“ – also die Institutionalisierung des Innovationsprozesses nach den Grundsätzen der transdisziplinären Forschung – in Anbetracht der komplexen Zusammenhänge, zu gesellschaftlich besseren Lösungen führen. An dieser Stelle wird daher für die Demokratisierung – als bewusste Abgrenzung zur Liberalisierung – des Innovationsprozesses plädiert. Living Labs können in dieser Hinsicht einen Beitrag leisten, obwohl sowohl bezüglich der konzeptionellen Grundausrichtung als auch in Hinblick auf die praktische Ausgestaltung weiterer Forschungsbedarf besteht. Schließlich muss sich auf lange Sicht gesehen auch noch zeigen, ob solche Ansätze auch tatsächlich zu gesellschaftliche besseren Lösungen führen.

Quellenverzeichnis

A

Acclimatise (2009): Understanding the investment implications of adapting to climate change. – UK energy generation. Oxford, [online] http://acclimatise.uk.com/login/uploaded/resources/Energy_Climate_Change_Adaptation_Investments_Report_Oct09.pdf [26.03.2014].

Almirall, E.; Lee, M. & Wareham, J. (2012): Mapping Living Labs in the Landscape of Innovation Methodologies. *Technology Innovation Management Review* 09(2012), S. 12-18.

Arapostathis, S.; Carlsson-Hyslop, A.; Person, P.; Thornton, J.; Gradillas, M., Laczay, S. & Wallis, S. (2013): Governing transitions: Cases and insights from two periods in the history of the UK gas industry. *Energy Policy* 52(2013), S. 25-44.

Arcari, P.; Biggs, C.; Maller, C.; Strengers, Y.; Home, R. & Ryan, C. (2012): Resilient urban systems: a socio-technical study of community scale climate change adaptation initiatives – Final Report, [online] <http://www.vcccar.org.au/sites/default/files/vcccar/rusfr/index.html> [24.02.2014].

Arthur, W. B. (1989): Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. *The Economic Journal* 99(394), S. 116-131.

B

Ballon, P.; Pierson, J. & Delaere, S. (2007): Fostering Innovation in Networked Communications: Test and Experimentation Platforms for Broadband Systems, in: (Hrsg.): *Designing for Networked Communications: Strategies and Development*. Hershey (UK): Idea Group, S. 137-166.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2012): Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Wie schwer wiegen räumliche Überlagerungen?, [online] <http://d-nb.info/1021184888/34> [23.04.2014].

Becker, P.; Deutschländer, T.; Koßmann, M.; Namyslo, J. & Knierim, A. (2008): Klimaszenarien und Klimafolgen. *Informationen zur Raumentwicklung* Heft 6/7.2008, S. 341-351.

- Beckmann, K. J. (2013): Resilienz – Eine neue Anforderung im Zusammenhang mit nachhaltiger Infrastruktur?, in: Beckmann, K. J. (Hrsg.): Jetzt auch noch resilient? – Anforderungen an die Krisenfestigkeit der Städte. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 7-13.
- Bento, N. (2010): Is carbon lock-in blocking investments in the hydrogen economy? A survey of actors' strategies. *Energy Policy* 38(2010), S. 7189-7199.
- Beratan, K. K. (2007): A Cognition-based View of Decision Processes in Complex Social-Ecological Systems. *Ecology and Society* 12(1), S. 27, [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art27/> [15.03.2014].
- Bergvall-Kåreborn, B.; Ihlström-Eriksson, C.; Ståhlbröst, A. & Svensson, J. (2009): A Milieu for Innovation: Defining Living Labs, [online] https://www.researchgate.net/publication/228676111_A_Milieu_for_Innovation-Defining_Living_Labs?ev=srch_pub [24.03.2014].
- Berkes, F. & Folke, C. 1998: Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Birkmann, J.; Ebert, S.; Franck, E.; Janssen, G.; Lützen, K.; Schanze, J.; Stock, M.; Vollmer, M. & Walkenhorst, O. (2012): Forschungsperspektiven und Handlungsempfehlungen für die Raum- und Umweltentwicklung, in: Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung: Grundlagen, Strategien, Instrumente, S. 179-185, [online] http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/e-paper_der_arl_nr13.pdf [25.04.2013].
- BMI – Bundesministerium des Innern (2011a): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie), [online] http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Nat-Strategie-Kritis_PDF.html [24.02.2014].
- BMI – Bundesministerium des Innern (2011b): Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement: Leitfaden für Unternehmen und Behörden, [online] http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2008/Leitfaden_Schutz_kritischer_Infrastrukturen.html [24.02.2014].
- BMI – Bundesministerium des Innern (2013): Bericht zur Flutkatastrophe 2013: Katastrophenhilfe, Entschädigung, Wiederaufbau, [online] http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2013/kabinetbericht-fluthilfe.pdf?__blob=publicationFile [24.03.2014].

- BMVBS & BBR – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung & Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2007): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. Dokumentation der Fachtagung am 30. Oktober 2007 im Umweltforum Berlin, [online] http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2007/DL_KlimatagungDokumentation.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [24.03.2014].
- Boon, W.; Moors, E. & Meijer, A. (2014): Exploring dynamics and strategies of niche protection. *Research Policy* 43(4), S. 792-803.
- Bouchon, S. (2006): The Vulnerability of interdependent Critical Infrastructures Systems: Epistemological and Conceptual State-of-the-Art, [online] <http://bookshop.europa.eu/en/the-vulnerability-of-interdependent-critical-infrastructures-systems-pbLBNA22205/> [24.02.2014].
- Bower, J. L. & Christensen, C. M. (1995): Disruptive Technologies: Catching the Wave. *Harvard Business Review* (Jan.-Feb.), S. 2-12.
- Bruneau, M.; Chang, S. E.; Eguchi, R. T.; Lee, G. C.; O'Rourke, T. D.; Reinhorn, A. M.; Shinozuka, M.; Tierney, K.; Wallace, W. A. & von Winterfeldt, D. (2003): A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra* 19(4), S. 733-752.
- Bruneau, M. & Reinhorn, A. (2007): Exploring the Concept of Seismic Resilience for Acute Care Facilities. *Earthquake Spectra* 23(1), S. 41-62.
- Bruns, E.; Ohlhorst, D.; Wenzel, B. & Köppel, J. (2009): Renewable Energies in Germany's Electricity Market – A Biography of the Innovation Process. Heidelberg: Springer.
- Bulkeley, H. (2013): *Cities and Climate Change*. Abingdon (UK): Routledge.
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, [online] http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf [05.02.2014].
- Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. [online] http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf [24.03.2014].

C

- CabinetOffice (2011): Keeping the Country Running: Natural Hazards and Infrastructure. A Guide to improving the resilience of critical infrastructure and essential services, [online] https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61342/natural-hazards-infrastructure.pdf [24.03.2014].
- Carpenter, S.; Walker, B.; Anderies, J. M. & Abel, N. (2001): From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?. *Ecosystems* 4(8), S. 765-781.
- CetraLab (2012): Pilot Methodology, [online] <http://www.centralivinglab.eu/index.php/de/documents/finish/128-outputs-and-deliverables/428-a-4-1-2-centralab-pilot-methodology-rev1-2> [14.02.2013].
- Chang, S. (2009): Infrastructure Resilience to Disasters. *The Bridge* 39(4), S. 36-41.
- Chesbrough, H. (2006): Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation, in: Chesbrough, H.; Vanhaerbeke, W. & West, J. (Hrsg.): *Open Innovation – Researching a New Paradigm*. Oxford, NY (USA): Oxford University Press, S. 1-14.
- Christmann, G.; Ibert, O.; Kilper, H. & Moss, T. (2011): Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive – Begriffliche Klärungen und theoretischer Rahmen. [online] http://www.irs-net.de/download/wp_vulnerabilitaet.pdf [25.04.2014].
- Claußen, M.; Sapporo, R. G. & Cubasch, U. (2010): Was ist eigentlich Klima?, in: Wefer, G. & Schmieder, F. (Hrsg.): *Expedition Erde – Wissenswertes und Spannendes aus den Geowissenschaften*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Bremen: MARUM Bibliothek.
- Committee on Climate Change (2010): Building a low-carbon economy – the UK's innovation challenge, [online] http://archive.theccc.org.uk/aws/CCC_Low-Carbon_web_August%202010.pdf [10.01.2014].
- Creese, S.; Goldsmith, M. H. & Adetoye, A. O. (2011): A Logical High-Level Framework for Critical Infrastructure Resilience and Risk Assessment, in: Zou, C. C.; Xiang, Y & Livraga, G. (Hrsg.): *2011 Third International Workshop on Cyberspace Safety and Security – CSS 2011*, S. 7-14.

D

- Dessai, S. & Hulme, M. (2004): Does climate adaptation policy need probabilities?. *Climate Policy* 4(2), S. 107-128.
- Dessai, S.; Hulme, M. R.; Kempert, R. & Pielke Jr., R. A. (2009): Climate Prediction: A Limit to Adaptation?, in: Adger, W. N.; Lorenzoni, I. & O'Brien, K. (Hrsg.): *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge (USA): Cambridge University Press, S. 64-78.
- Dessai, S. & van der Sluijs, J. (2007): Uncertainty and Climate Change Adaptation – a Scoping Study, [online] <http://www.nusap.net/download.php?op=getit&lid=45> [05.12.2013].
- Deuschländer, T. & Dalelane, C. (2012): Auswertung regionaler Klimaprojektionen für Deutschland hinsichtlich der Änderung des Extremverhaltens von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit. Abrufbar im Internet, [online] http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressekonferenzen/2012/PK__30__10__12/Studie__20121030,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Studie_20121030.pdf [24.03.2014].

E

- EEA – European Environment Agency (2012): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 – An indicator-based report. EEA Report 12(2012).
- EM-DAT – Emergency Events Database (2013): EM-DAT The International Disaster Database: Disaster List, [online] <http://www.emdat.be/disaster-list> [11.09.2013].
- ENoLL – European Network of Living Labs (2012): The European Network of Living Labs - the first step towards a new Innovation System, [online] <http://www.enoll.org/> [21.01.2012].
- ENoLL – European Network of Living Labs (2013): ENoLL 7th Wave Invitation, [online] <http://www.openlivinglabs.eu/sites/enoll.org/files/ENoLL%207thWave%20Invitation.pdf> [12.01.2013].
- Eriksson, M., Niitamo, V.-P. & Kulkki, S. (2005): State-of-the-art in utilizing Living Labs approach to user-centric ICT innovation - a European approach. Link: http://www.vinnova.se/upload/dokument/verksamhet/tita/stateofheart_livinglabs_eriksson2005.pdf [16.01.2013].
- Ernstson, H.; Leeuw, S. E.; Redman, C. L.; Meffert, D. J.; Davis, George; Alfsen, C. & Elmqvist, T. (2010): Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems. *Ambio* 39(8), S. 531-545.

EUK – Europäische Kommission (2007): Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU. Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. [online] http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/FIS/DownloadsRechtundVorschriften/EuropaeischeUnion/Grünbuch%20Anpassung%20an%20den%20Klimawandel%20in%20Europa.pdf;jsessionid=0D55534415F4E610C0FC149659AD4163.1_cid345?__blob=publicationFile [24.03.2014].

EUK – Europäische Kommission (2009): Living Labs for user-driven open innovation - An overview of the Living Labs Methodology, Activities and Achievements, [online] <http://bookshop.europa.eu/en/living-labs-for-user-driven-open-innovation-pbKK3008803/> [24.03.2014].

EUK – Europäische Kommission (2010): Advancing and applying Living Lab methodologies: An update on Living Labs for user-driven open innovation in the ICT domain, [online] <http://bookshop.europa.eu/en/advancing-and-applying-living-lab-methodologies-pbKK3110300/> [24.03.2014].

Evans, J. & Karvonen, A. (2011): Living Laboratories for Sustainability: Exploring the Politics and Epistemology of Urban Transition, in: Bulkeley, H., Broto, V. C., Hodson, M. & Marvin, S. (Hrsg.): Cities and Low Carbon Transition. New York, NY (USA): Routledge, S. 126-141.

Evans, J. P. & Karvonen, A. (2012): Give me a laboratory and I will lower your carbon footprint - Urban Laboratories and the Pursuit of Low Carbon Futures, [online] <http://livinglaboratory.files.wordpress.com/2012/09/urban-laboratories-and-the-pursuit-of-low-carbon-futures.pdf> [12.12.2012].

F

Feurstein, K.; Hesmer, A.; Hribernik, K. A.; Thoben, K.-D. & Schumacher, J. (2008): Living Labs: A New Development Strategy, in: Schumacher, J. & Niitamo, V.-P. (Hrsg.): European Living Labs: A new approach for human centric regional innovation. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag, S. 1-14.

Fiksel, J. (2003): Designing Resilient, Sustainable Systems. Environmental Science & Technology 37(23), S. 5330-5339.

Foxon, J. T. (2007): Technological lock-in and the role of innovation, in: Atkinson, G.; Dietz, S. & Neumayer, E. (Hrsg.): Handbook of Sustainable Development. Cheltenham (UK): Edward Elgar Publishing, S. 140-152.

- Foxon, J. T. (2013): Transition pathways for a UK low carbon electricity future. *Energy Policy* 52(2013), S. 10-24.
- Foxon, J. T.; Pearson, P. J. G.; Arapostathis, S.; Carlsson-Hyslop, A. & Thornton, J. (2013): Branching points for transition pathways: assessing responses of actors to challenges on pathways to low carbon future. *Energy Policy* 52(2013), S. 146-158.
- Frantzeskaki, N. & de Haan, H. (2009): Transitions: Two steps from theory to policy. *Futures* 41(2009), S. 593-606.
- Frey, R. L. (2005): Infrastruktur, in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): *Handwörterbuch der Raumordnung*. Hannover: VSB Verlagsservice, S. 469-475.
- Frischmann, B. (2012): *Infrastructure – The social value of shared resources*. Oxford (USA): Oxford University Press.

G

- Geden, O. (2012): Die Modifikation des 2-Grad-Ziels: Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen. SWP-Studien 2012/S 12, [online] http://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/studien/2012_S12_gdn.pdf [24.03.2014].
- Geels, F. W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. *Research Policy* 31(2002), S. 1257-1274.
- Geels, F. W. (2004): From sectoral systems of innovation to socio-technical systems Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* 33(2004), S. 897-920.
- Geels, F. W. (2005): The Dynamics of Transition in Socio-technical Systems: A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles (1860-1930). *Technology Analysis & Strategic Management* 17(4), S. 445-476.
- Geels, F. W. (2007): Transformations of Large Technical Systems: A Multilevel Analysis of the Dutch Highway System (1950-2000). *Science, Technology & Human Values* 32(2), S. 123-149.
- Geels, F. W. (2012): A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. *Transport Geography* 24(2012), S. 471-482.

- Geels, F. W. & Schot, J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36(2007), S. 399-417.
- Geels, F. W. & Schot, J. (2010): The dynamics of transitions: a socio-technical perspective, in: Grin, J.; Rotmans, J.; Schot, J.; Geels, F. W. & Loorbach, D. (Hrsg.): *Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. New York, NY (USA): S. 9-87.
- Godschalk, D. (2003): Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazard Review* 4(3), S. 136-143.
- Graham, S. & Marvin, S. (2008): Splintering Urbanism. Infrastrukturnetzwerke, technologische Mobilität und die Bedingung des Städtischen, in: Moss, T., Naumann, M. & Wissen, M. (Hrsg.): *Infrastrukturnetzwerke und Raumentwicklung – Zwischen Universalisierung und Differenzierung*. München: oekom Verlag, S. 37-62.
- Grupp, M. (2004): Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options, [online] http://seg.fsu.edu/Library/Technology%20Innovation%20and%20Climate%20Policy_%20An%20Overview%20of%20Issues%20and%20Options.pdf [24.02.2014].

H

- Hagemann, S. & Jacob, D. (2009): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland, in: Fansa, M. & Ritzau, C. (Hrsg.): *Klimawandel – globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts*. Darmstadt: Primus Verlag, S. 33-44.
- Harmeling, S. (2008): *Globaler Klimawandel*. Braunschweig: Westermann.
- Hiesl, H.; Toussaint, D.; Becker, M.; Dyrbusch, A.; Geisler, S.; Herbst, H. & Prager, J. U. (2003): *Alternativen der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung AKWA 2100*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Higgins, A. & Klein, S. (2011): Introduction to the Living Lab Approach, in: Tan, Y.-H., Björn-Andersen, N., Klein, S. & Rukanova, B. (Hrsg.): *Accelerating Global Supply Chains with IT-Innovation*. Heidelberg: Springer, S. 31-36.
- HM Government – Her Majesty's Government (2012): UK Climate Change Risk Assessment: Government Report, [online] https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69487/pb13698-climate-risk-assessment.pdf [24.03.2014].
- Holling, C. S. (2009): Engineering resilience versus ecological resilience, in: Gunderson, L. H.; Allen, C. R. & Holling, C. S. (Hrsg.): *Foundations of Ecological Resilience*. Washington, DC (USA): Island Press, S. 51-66.

- Holling, C. S. & Gunderson L. H. (2002): Resilience and Adaptive Cycles, in: Gunderson, L. H & Holing, C. S. (Hrsg.): Panarchy – Understanding Transformation in Human and Natural Systems. Washington, DC (USA): Island Press, S. 63-102.
- Hoogma, R.; Kemp, R.; Schot, J. & Truffer, B. (2002): Experimenting for Sustainable Transport: The Approach of Strategic Niche Management. London (UK): Spon Press.
- Hughes, G; Chinowsky, P. & Strzepek, K. (2010): The costs of adaptation to climate change for water infrastructure in OECD countries. *Utility Policy* 18(2010), S. 142-153.
- Hughes, T. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore, MD (USA): Johns Hopkins University Press.
- Hughes, T. (1987): The Evolution of Technical Systems, in: Bijker, W.; Hughes, T. & Pinch, T. (Hrsg.): *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (USA): MIT Press, S. 51-82.
- Hupfer, P. & Kuttler, W. (Hrsg.) (2006): *Witterung und Klima: Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie*. 12., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Teubner Verlag.
- Hüttl, R. F. J.; Schwab, M. J. & Schneider B. U. (2010): Klimawandel und Erdsystemmanagement. *Aus Politik und Zeitgeschichte* 32-33/2010, S. 35-40.
- Hyslop, M. (2007): *Critical Information Infrastructures – Resilience and Protection*. New York, NY (USA): Springer.

I

- IEA – International Energy Agency (2010): *World Energy Outlook 2010*, [online] <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf> [10.01.2014].
- IEA – International Energy Agency (2011): *World Energy Outlook 2011*, [online] http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf [10.01.2013].
- Ilten, C. (2009): *Strategisches und Soziales Nischenmanagement – Zur Analyse gesellschaftspolitisch motivierter Innovation*. Wiesbaden: VS Verlag.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a): *Klimaänderung 2007: Synthesebericht – Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger*, [online] http://www.de-ipcc.de/_media/AR4_SynRep_SPM.pdf [15.07.2013].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b): Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [online] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm [06.01.2014].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [online] http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm [06.01.2013].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers, [online] http://www.climate2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf [06.01.2014].

J

Jakubowski, P. (2006): Stadt ohne Infrastruktur heißt Stadt ohne Zukunft – Zur Agenda kommunaler Infrastrukturpolitik. Informationen zur Raumentwicklung Heft 5.2006, S. 237-248.

Jenkins, J. & Mansur, S. (2011): Bridging the clean energy valleys of death – Helping American entrepreneurs meet the nation’s energy innovation imperative. The Breakthrough Institute, [online] <http://bit.ly/BridgeVOD> [09.01.2014].

Jenkins, J.; Mansur, S.; Tweedie, A. & Scharfenberger, P. (2011): A National Clean Energy Testbeds Program – Using Public Lands to Accelerate Advanced Energy Innovation and Commercialization. The Breakthrough Institute, [online] <http://thebreakthrough.org/blog/Testbeds.pdf> [27.04.2014].

Jochimsen, R. (1966): Theorie der Infrastruktur – Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung. Tübingen: J. C. B. Mohr.

K

Kaijser, A. (2001): Redirecting infrasystems towards sustainability. What can we learn from history?, [online] http://www.infra.kth.se/courses/1H5129/SA_11_Kaijser.pdf [21.06.2013].

Katzy, B. R. (2012): Designing Viable Business Models for Living Labs. Technology Innovation Management Review 09(2012): 19-24.

- Kaufmann, S. (2012): Complex Systems, Anticipation, and Collaborative Planning for Resilience, in: Goldstein, E. V. (Hrsg.): Collaborative Resilience – Moving Through Crisis to Opportunity. Cambridge (USA): The MIT Press, S. 62-98.
- 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), S. 175-196.
- Klimanavigator (2011): Die letzten 20 Jahre: Schadensstatistik 1991-2010. Dossier Extreme Ereignisse des Klimanavigators, [online] <http://www.klimanavigator.de/dossier/dossiers/012009/index.php> [26.03.2014].
- Kluge, T. & Libbe, T. (2010): Transformation und Transformationsmanagement. Zur Notwendigkeit einer langfristigen Umgestaltung der kommunalen Wasserinfrastruktur – eine Einführung, in: Kluge, T. & Libbe, J. (Hrsg.): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft – Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 13-16.
- Kluge, T. & Moss, T. (Hrsg.) (2006): Transformation netzgebundener Infrastruktur – Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- Kluge, T. & Scheele, U. (2008): Von dezentralen zu zentralen Systemen und wieder zurück? Räumliche Dimensionen des Transformationsprozesses in der Wasserwirtschaft, in: Moss, T.; Naumann, M. & Wissen, M. (Hrsg.): Infrastrukturnetze und Raumentwicklung – Zwischen Universalisierung und Differenzierung. München: oekom, S. 143-172.
- Kluge, T. & Schramm, E. (2010): Geschichtlicher Exkurs zur Genese der bestehenden Systeme, in: Kluge, T. & Libbe, J. (Hrsg.): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft – Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 33-36.
- Knierim, A. & Bundschuh, A. (2011): Umgang mit Unsicherheit im Kontext der Klimawandelanpassung. Vortrag am INKA BB-Klimaworkshop am 15.03.2011. [online] http://liferaytest.ahu.de/web/guest/wiki?p_p_id=36&p_p_lifecycle=1&p_p_state=exclusive&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_36_struts_action=%2Fwiki%2Fget_page_attachment&p_r_p_185834411_nodId=11157&p_r_p_185834411_title=INKA+BB+-

+Umgang+mit+Unsicherheit&p_r_p_185834411_title=INKA+BB+-
+Umgang+mit+Unsicherheit&_36_fileName=Knierim_Bundschuh_Unsicherheit.pdf
[25.04.2014].

Knothe, B. (2008): Zwischen Eigensinn und Gemeinwohl. Die Rolle privater Verbraucherinnen und Verbraucher in der Gestaltung wasserwirtschaftlicher Dienstleistungen, in: Moss, T.; Naumann, M. & Wissen, M. (Hrsg.): Infrastrukturnetze und Raumentwicklung – Zwischen Universalisierung und Differenzierung. München: oekom, S. 305-323.

Kreienkamp, F.; Huebener, H. & Spekat, A. (2012): Good practice for the usage of climate model simulation results – a discussion paper. Environmental Systems Research 1(1:9), S. 1-13.

Krugman, P. & Wells, R. (2010): Volkswirtschaftlehre. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.

L

Lazarus, R. J. (2009): Super Wicked Problems and Climate Change: Restraining the Present to Liberate the Future. Cornell Law Review 94(2009), S. 1153-1234.

Lenz, S. (2009): Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen, [online] http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenForschung/FiB_Band4.pdf?__blob=publicationFile [24.02.2014].

Lepik, K. L., Krigul, M. & Terk, E. (2010): Introducing living lab's method as knowledge transfer from one socio-institutional context to another: Evidence from Helsinki-Tallinn cross-border region. Journal of Universal Computer Science 16(8), S. 1089-1101.

Levin, K.; Cashore, B.; Bernstein, S. & Auld, G. (2012): Overcoming the tragedy of super wicked problems: constraining our future selves to ameliorate global climate change. Policy Sciences 45(2012), S. 123-152.

Libbe, J. (2013): Angepasste energie- und siedlungswasserwirtschaftliche Infrastrukturen zur Verbesserung der Resilienz, in: Beckmann, K. J. (Hrsg.): Jetzt auch noch resilient? – Anforderungen an die Krisenfestigkeit der Städte. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 29-36.

Libbe, J., Köhler, H. & Beckmann, K. (2010): Infrastruktur und Stadtentwicklung: Technische und soziale Infrastrukturen – Herausforderungen und Handlungsoptionen für Infrastruktur- und Stadtplanung. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.

- Libbe, J. & Moss, T. (2006): Netzgebundene Infrastruktursysteme im Wandel: das Beispiel der Wasserversorgung, in: Kluge, T. & Libbe, J. (Hrsg.): Transformation netzgebundener Infrastruktur – Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 19-33.
- Libbe, J. & Trapp, H. J. (2005): Gemeinwohl Sicherung als Herausforderung - kommunale Steuerungspotenziale in differenzierten Formen der Aufgabenwahrnehmung, [online] <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=MAY3VFPO> [24.02.2014].
- Liedtke, C.; Baedeker, C.; von Geibler, J. & Hasselkuß, M. (2012b): User-integrated Innovation: Sustainable LivingLabs Research and development of sustainable products and services through user-driven innovation. Paper presented at the 2012 PERL International Conference “Beyond Consumption – Pathways to Responsible Living”.
- Liedtke, C.; Welfens, M. J.; Rohn, H. & Nordmann, J. (2012a): LIVING LAB: User-driven innovation for sustainability. International Journal of Sustainability in Higher Education 13(2), S. 106-118.
- Lopolito, A.; Morone, P. & Taylor, R. (2013): Emerging innovation niches: An agent based model. Research Policy 42(2013), S. 1225-1238.
- Lux, A.; Janowicz, C. & Hummel, D. (2006): Versorgungssysteme, in: Becker, E. & Jahn, T. (Hrsg.): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt: Campus Verlag, S. 423-433.

M

- Maassen, A. (2012): Heterogeneity of Lock-In and the Role of Strategic Technological Interventions in Urban Infrastructural Transformations. European Planning Studies 20(3), S. 441-460.
- MacKenzie, D. (1992): Economic and sociological explanations of technical change, in: Coombs, R.; Saviotti, P. & Walsh, V. (Hrsg.): Technological change and company strategies: Economic and sociological perspectives. London (UK): Academic Press, S. 25-48.
- Mainguy, G.; Houssin, L. & Valentis, G. (2013): Resilient infrastructure indicators: A review, [online] http://www.academia.edu/4053945/Resilient_infrastructure_indicators_A_review [24.03.2014].

- Maliszewski, P. J. & Perrings, C. (2012): Factors in the resilience of electrical power distribution infrastructures. *Applied Geography* 32(2), S. 668-679.
- Markopoulos, M. & Rauterberg, G. W. M. (2000): Living Lab: A white paper. IPO Annual Progress Report 35, [online] http://www.researchgate.net/publication/2406991_LivingLab_A_white_paper/file/32bfe50f039abb394e.pdf [24.03.2014].
- Mayntz, R. (1988): Zur Entwicklung technischer Infrastruktursysteme, in: Mayntz, R.; Rosewitz, B.; Schimank, U. & Stichweh, R. (Hrsg.): Differenzierung und Verselbständigung – Zur Entwicklung gesellschaftlicher Teilsysteme. Frankfurt: Campus Verlag, S. 233-259.
- McDaniels, T.; Chang, S.; Cole, D.; Mikawoz, J. & Longstaff, H. (2008): Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. *Global Environmental Change* 18(2008), S. 310-318.
- Meyer, W. J. & Rowan, B. (2009): Institutionalisierte Organisationen. Formale Struktur als Mythos und Zeremonie, in: Koch, S. & Schemmann, M. (Hrsg.): Neo-Institutionalismus in der Erziehungswissenschaft – Grundlegende Texte und empirische Studien. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 28-56.
- Monstadt, J. & Naumann, M. (2004): Neue Räume technischer Infrastruktursysteme. Forschungsstand und -perspektiven zu räumlichen Aspekten des Wandels der Strom- und Wasserversorgung in Deutschland (netWORKS-Papers, Nr. 10). Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- Morone, P. & Lopolito, A. (2010): Socio-technical transition pathways and social networks: a toolkit for empirical innovation studies. *Economics Bulletin* 30(4), S: 2720-2731.
- Moser, C. S. (2012): Adaptation, mitigation, and their disharmonious discontents: an essay. *Climate Change* (2012) 111, S. 165-175.
- Mulvena, M. & Martin, S. (2013): Living Labs: Frameworks and Engagement, in: Howlett, R. J., Gabrys, B., Musial-Gabrys, K. & Roach, J. (Hrsg.): Innovation through Knowledge Transfer 2012. Heidelberg: Springer Verlag, S. 135-143.
- Munich RE – Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft AG (2013): Überschwemmungen dominieren Naturkatastrophenstatistik im 1. Halbjahr 2013. Pressemitteilung vom 09. Juli 2013, [online] <http://www.munichre.com/de/media-relations/publications/press-releases/2013/2013-07-09-press-release/index.html> [26.03.2014].

MUSIC (2011a): Mitigation in Urban Areas: Solutions for Innovative Cities. Broschüre, [online] http://www.themusicproject.eu/_doc/Englishversionv06_1732346366.pdf [04.10.2013].

MUSIC (2013b): Partner: DRIFT, [online] <http://www.themusicproject.eu/partners/drift> [04.10.2013].

MWK BaWü – Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (2013): Wissenschaft für Nachhaltigkeit – Herausforderung und Chance für das baden-württembergische Wissenschaftssystem, [online] http://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/pdf/hochschulen/Wissenschaft_für_Nachhaltigkeit/RZ_MWK_Broschuere_Nachhaltigkeit_Web.pdf [23.03.2014].

N

Nevens, F.; Frantzeskaki, N.; Gorissen, L. & Loorbach, D. (2013): Urban transition Labs: co-creating transformative action for sustainable cities. *Journal of Cleaner Production* 50(2013), S. 111-122.

Novotny, V.; Ahern, J. & Brown, P. (2010): *Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting, and Building the Next Urban Environment*. Hoboken, NJ (USA): John Wiley & Sons.

Nykvist, B. & Whitmarsh, L. (2008): A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: niche development in the UK and Sweden. *Technological Forecasting and Social Change* 75 (9), S. 1373-1387.

O

Ohlhorst, D. (2009): *Windenergie in Deutschland: Konstellationen, Dynamiken und Regulierungspotenziale im Innovationsprozess*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

O'Rourke, D. T. (2007): Critical Infrastructure, Interdependencies, and Resilience. *The Bridge* 37(1), S. 22-29.

Ouyang, M., Dueñas-Osorio, L. & Min, X. (2012): A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. *Structural Safety* 36–37(2012), S. 23-31.

P

- Pallot, M. (2009): Engaging Users into Research and Innovation: The Living Lab Approach as a User Centered Innovation Ecosystem, [online] http://www.cwe-projects.eu/pub/bscw.cgi/1760838?id=715404_1760838 [23.07.2013].
- Pendall, R.; Foster, K. A. & Cowell, M. (2010): Resilience and regions: building understanding of the metaphor. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 3(1), S. 71-84.
- Petermann, T.; Bradke, H.; Lüllmann, A.; Poetzsch, M. & Riehm, U. (2010): Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften - am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung, [online] <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab141.pdf> [24.03.2014].
- Petit, F.; Wallace, K. & Phillips, J. (2014): An Approach to Critical Infrastructure Resilience. *The CIP Report* 12(7), S. 17-20.
- Pielke Jr., R. A.; Sarewitz, D. & Byerly, R. (2000): Decision and the Future of Nature: Understanding and Using Predictions, in: Sarewitz, D.; Pielke Jr., R. A. & Byerly Jr., R. (Hrsg.): *Prediction: Science, Decision Making, and the Future of Nature*. Washington, DC (USA): Island Press, S. 361-387.
- Pierson, J. O. & Lievens, B. (2005): Configuring Living Labs For A 'Thick' Understanding Of Innovation. *Ethnographic Praxis in Industry Conference Proceedings* 2005(1), S. 114-127.
- Pisano, U. (2012): Resilience and Sustainable Development: Theory of resilience, system thinking and adaptive governance, [online] http://www.sd-network.eu/quarterly%20reports/report%20files/pdf/2012-September-Resilience_and_Sustainable_Development.pdf [24.03.2014].

R

- Raven, R. (2005): Strategic Niche Management for Biomass – A comparative study on experimental introduction of bioenergy technologies in the Netherlands and Denmark. Dissertation, Technische Universität Eindhoven, [online] <http://alexandria.tue.nl/extra2/200511821.pdf> [25.03.2014].
- REA – The Royal Academy of Engineering (2011): Infrastructure, Engineering and Climate Change Adaptation – ensuring services in an uncertain future, [online] http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Engineering_the_future_2011.pdf [27.03.2014].

- Reimer, M. H.; McCormick, K.; Nilsson, E. & Arsenault, N. (2012a): Advancing Sustainable Urban Transformation through Living Labs: Looking to the Öresund Region, [online] http://dspace.mah.se/dspace/bitstream/handle/2043/14738/-Hellstrom_McCormick_Nilsson_Arsenault.pdf [23.04.2014].
- Reimer, M. H.; Nilsson, E. M.; McCormick, K. & Larsen, M. T. (2012b): UT CoMeT Report #1: Mapping Collaborative Methods and Tools for Promoting Urban Transitions in the Öresund Region, [online] http://www.urban-transition.org/sites/all/files/page_files/utcomet_report1_2012_isbn.pdf [24.03.2014].
- Rinaldi, S. M.; Peerenboom, J. P. & Kelly, T. K. (2001): Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine* 21(6), S. 11-25.
- Rittel, H. & Webber, M. (1973): Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences* 4(1973), S. 155-169.
- Rösler, C. (2013): Dem Klimawandel durch kommunale Anpassung begegnen!, in: Beckmann, K. J. (Hrsg.): *Jetzt auch noch resilient? – Anforderungen an die Krisenfestigkeit der Städte*. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 23-28.
- Rotmans, J. & Loorbach, D. (2010): Towards a Better Understanding of Transitions and Their Governance: A Systemic and Reflexive Approach, in: Grin, J.; Rotmans, J. & Schot, J. (Hrsg.): *Transitions to Sustainable Development – New directions in the Study of Long Term Transformative Change*. New York, NY (USA): Routledge, S. 105-220.
- Ryan, C. (2013): Eco-Acupuncture: designing and facilitating pathways for urban transformation, for a resilient low-carbon future. *Journal of Cleaner Production*. 50(0), S. 189-199.

S

- Santarius, T. (2012): Der Rebound-Effekt – Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. *Impulse zur WachstumsWende* Nr. 5 (März 2012).
- Schaeffer, R. (2005): Produktive Nachhaltigkeit: Infrastrukturinnovation als politische Strategie, in: Loske, R. & Schaeffer, R. (Hrsg.): *Die Zukunft der Infrastrukturen: Intelligente Netzwerke für eine nachhaltige Entwicklung*. Marburg: Metropolis-Verlag, S. 45-69.
- Schaffers, H. & Turkama, P. (2012): Living Labs for Cross-Border Systemic Innovation. *Technology Innovation Management Review* 09(2012), S. 25-30.

- Scheele, U. (2002): Entwicklung netzgebundener Infrastruktursektoren. Von vertikal strukturierten Monopolen zu Virtual Utilities?, in: Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.): Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 175-205.
- Scheele, U. & Oberdörffer, J. (2011): Transformation der Energiewirtschaft: Zur Raumrelevanz von Klimaschutz und Klimaanpassung. nordwest2050, 12. Werkstattbericht, [online] http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=279&unid=d858cfda2815dc684cfcbbadeb6a609c [24.03.2014].
- Schneidewind, U. & Scheck, H. (2012): Zur Transformation des Energiesektors – ein Blick aus der Perspektive der Transition-Forschung, in: Servatius, H.-G.; Schneidewind, U. & Rohlfing, D. (Hrsg.): Smart Energy: Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem. Heidelberg: Springer, S. 45-61.
- Scholz, R. W. (2011): Environmental Literacy in Science and Society – From Knowledge to Decision. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Scholz, R. W. & Tietje, O. (2002): Embedded Case Study Methods – Integrating Quantitative and Qualitative Knowledge. Thousand Oaks, CA (USA): Sage Publications.
- Schönwiese, C.-D. (2013): Klimatologie. 4., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Schönwiese, C.-D. & Janoschitz, R. (2008): Klima-Trendatlas Europa 1901-2000. Berichte des Instituts für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frankfurt/Main. [online] http://www2.uni-frankfurt.de/45447136/Inst_Ber_7.pdf [27.03.2014].
- Schot, J. & Geels, F. W. (2008): Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis & Strategic Management* 20(5), S. 537-554.
- Schuchardt, B.; Wittig, S. & Spiekermann, J. (2010): Klimaszenarien für ‚nordwest2050‘ Teil1: Grundlagen. [online] http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=file&aid=8&id=183&unid=feae6e0d23d3002d3b065dc8f309f28e [24.03.2014].
- Schuurman, D., Lievens, B., De Marez, L. & Ballon, P. (2012): Towards Optimal User Involvement in Innovation Processes: A panel-centered Living Lab-approach, in: Kocaoglu, D. F.; Anderson, T. R. & Daim, T. U. (Hrsg.): 2012 Proceedings of PICMET'12: Technology Management for Emerging Technologies. Vancouver, BC (USA): IEEE, S. 2046-2054.

- Smith, A.; Kern, F.; Raven, R. & Verhees, B. (2013): Spaces for sustainable innovation: Solar photovoltaic electricity in the UK. *Technological Forecasting & Social Change* 81(2014), S. 115-130.
- Smith, A. & Raven, R. (2012): What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy* 41(2012), S. 1025-1036.
- Soetanto, D. P. & van Geenhuizen, M. (2011): Social networks, university spin-off growth and promises of 'living labs'. *Regional Science Policy & Practice* 3(3), S. 305-321.
- Sorrell, S. (2007): The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, [online] <http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf> [24.03.2014].
- Stock, M.; Kropp, J. P. & Walkenhorst, O. (2009): Risiken, Vulnerabilität und Anpassungserfordernisse für klimaverletzliche Regionen. *Raumforschung und Raumordnung* 67(2), S. 97-113.
- Stohler, J. (1977): Zur rationalen Planung der Infrastruktur, in: Simonis, U. E. (Hrsg.): *Infrastruktur – Theorie und Politik*. Köln: Verlag Kiepenheuer & Witsch, S. 16-37.

T

- Tarback, E. J. & Lutgens, F. K. (2009): *Allgemeine Geologie*. 9., aktualisierte Auflage. München: Pearson Studium.
- Taşan-Kok, T.; Stead, D. & Lu, P. (2013): Conceptual Overview of Resilience: History and Context, in: Eraydin, A. & Taşan-Kok, T. (Hrsg.): *Resilience Thinking in Urban Planning*. Dordrecht (NL): Springer Netherlands, S. 39-51.
- Tröltzsch, J.; Görlach, B.; Lückge, H.; Peter, M. & Sartorius, C. (2012): Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel: Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland, [online] http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/3709_41_121_bf.pdf [27.03.2014].
- Truffer, B. & Coenen, L. (2012): Environmental Innovation and Sustainability Transitions in Regional Studies. *Regional Studies* 46(1), S. 1-21.

U

UBA – Umweltbundesamt (2008): Anpassung ist notwendig: Deutschland im Klimawandel, [online] http://www.ufz.de/export/data/1/26723_Deutschland_im__Klimawandel.pdf [24.03.2014].

UBA – Umweltbundesamt (2012): Nachhaltige Stromversorgung der Zukunft: Kosten und Nutzen einer Transformation hin zu 100 % erneuerbaren Energien, [online] <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4350.pdf> [26.04.2014].

UBA – Umweltbundesamt (2013): Zu erwartende Klimaänderungen bis 2100, [online] <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/zu-erwartende-klimaaenderungen-bis-2100> [26.04.2014].

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2013): FOCUS: Mitigation, [online] <https://unfccc.int/focus/mitigation/items/7169.php#intro> [26.03.2014].

Unruh, G. C. (2000): Understanding carbon lock-in. Energy Policy 28(2000), S. 817-830.

Unruh, G. C. (2002): Escaping carbon lock-in. Energy Policy 30(2002), S. 317-325.

V

van der Laak, M.; Raven, R. & Verbong, J. (2007): Strategic niche management for biofuels: Analysing past experiments for developing new biofuel policies. Energy Policy 35(2007), S. 3213-3225.

van der Linden, P.; Mitchell, F. B. & Gilbert, P. (2009): Climate change and its impacts at seasonal, decadal and centennial timescales – Summary of research and results from the ENSEMBLES project, [online] http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf [06.01.2014].

van der Vleuten, R. & Raven, R. (2006): Lock-in and change: Distributed generation in Denmark in a long-term perspective. Energy Policy 34(2006), S. 3739-3748.

VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013g): VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: What is Eco-Acupuncture. [online] <http://www.ecoinnovationlab.com/eco-acupuncture/109-eco-acupuncture-2010/365-what-is-eco-acupuncture> [15.08.2013].

Venjakob, M. & Mersmann, F. (2013): Kosten des Klimawandels. Dossier Klimawandel der Bundeszentrale für politische Bildung, [online]

- <http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/klimawandel/38487/kosten-des-klimawandels> [26.03.2014].
- Verner, D. & Petit, F. (2013): Resilience Assessment Tools for Critical Infrastructure Systems. The CIP Report 12(6), S. 2-5.
- Vernay, A.-L. (2013): Circular Urban Systems – Moving Towards System Integration. Dissertation, Technische Universität Delft, [online] <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:c7e37777-eb7a-4e5f-b0e3-ec93f68a655d/> [25.04.2014].
- Verworn, B. & Herstatt, C. (2000): Modelle des Innovationsprozesses. Working Papers/Technologie- und Innovationsmanagement , Technische Universität Hamburg, No. 6, [online] <http://hdl.handle.net/10419/55484> [29.03.2014].
- von Geibler, J.; Erdmann, L.; Liedtke, C.; Rohn, H.; Stabe, M.; Berner, S.; Jordan, N. D.; Leismann, K. & Schnalzer, K. (2013): Living Labs für nachhaltige Entwicklung: Potenziale einer Forschungsinfrastruktur zur Nutzerintegration in der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen, [online] <http://epub.wupperinst.org/files/4950/WS47.pdf> [25.04.2014].
- von Gleich, A.; Gößling-Reisemann, S.; Stührmann, S.; Woizeschke, P. & Lutz-Kunisch, B. (2010): Resilienz als Leitkonzept – Vulnerabilität als analytische Kategorie, in: Fichter, K.; von Gleich, A.; Pfriem, R. & Siebenhüner, B. (Hrsg.): Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien, S. 13-49, [online] http://www.nordwest2050.de/index_nw2050.php?obj=page&id=136&unid=9e955206d7545506d8a2985a1c8cb107 [10.01.2013].
- von Storch & Werner, K. (2013): Die Klimafalle: die gefährliche Nähe von Politik und Klimaforschung. München: Hanser Verlag.
- Voß, J. P. (2008): Nebenwirkungen und Nachhaltigkeit: Reflexive Gestaltungsansätze zum Umgang mit sozio-ökonomischen Ko-Evolutionsprozessen, in: Lange, H. (Hrsg.): Nachhaltigkeit als radikaler Wandel – Die Quadratur des Kreises?. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 237-260.

W

- Walker, B. H.; Gunderson, L. H.; Kinzig, A. P.; Folke, C.; Carpenter, S. R. & Schultz, L. (2006): A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1), S. 13, [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/> [27.03.2004].
- Walker, B.; Holing, C. S.; Carpenter, S. R. & Kinzig, A. (2004): Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society* 9(2), S. 5, [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/> [27.03.2014].
- Walker, B. & Salt, D. 2006: *Resilience Thinking – Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Washington, D. C. (USA): Island Press.
- Walker, W. E.; Harremoës, P.; Rotmans, J.; van der Sluijs, J. P.; van Asselt, M. B. A.; Janssen, P. & Kreyer von Krauss, M. P. (2003): Defining Uncertainty – A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. *Integrated Assessment* 4(1), S. 5-17.
- Wefer, G. & Schmieder, F. (Hrsg.): *Expedition Erde – Wissenswertes und Spannendes aus den Geowissenschaften*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Bremen: Marum.
- Weingart, P. (1989): Großtechnische Systeme – ein Pradigma der der Verknüpfung von Technikentwicklung und sozialem Wandel?, in: Weingart, P. (Hrsg.): *Technik als sozialer Prozeß*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, S. 174-196.
- Wesselak, V. & Voswinckel, S. (2012): *Photovoltaik – Wie aus Sonne Strom wird*. Berlin: Springer Vieweg.
- Wildmann, L. (2010): *Einführung in die Volkswirtschaftslehre, Mikroökonomie und Wettbewerbspolitik: Module der Volkswirtschaftslehre Band 1*. 2. Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- WMO – World Meteorological Organization (2013): WMO statement on the status of the global climate in 2012, [online] http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/WMO_1108.pdf [15.07.2013].

Y

Yip, S.; Ferro, C.; Stephenson, D. & Hawkins, E. (2011): A Simple, Coherent Framework for Partitioning Uncertainty in Climate Predictions. *Journal of Climate* 24, S. 4634-4643.

Z

Zapf, K. (2005): Soziale Infrastruktur, in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): *Handwörterbuch der Raumordnung*. Hannover: VSB Verlagsservice, S. 1025-1031.

Zimmerman, R. & Faris, C. (2010): Infrastructure Impacts and adaptation challenges. *Journal of the New York Academy of Sciences* 1196(1), S. 63-86.

Anhang A: Poster: Resilient Infrastructure

Resilient Infrastructure

„Urban Living Labs“ as an integrative innovation approach



Theoretical Foundations

The resilience of a system is a function of:

- system boundaries (**L**)
- the strength of the system (**R**)
- the availability for maneuver (**Pr**)
- the interdependencies (**P**) to the up- and downstream as well as the neighboring (sub-) systems
- and the perspective development path and development status (**Adaptive Cycle**)

Findings

- Traditional adaptation strategies focus on technical issues
- Infrastructures are integral part of socio-economical systems and have to be examined within the context of economical, ecological and social uncertainties
- Extension of the scope required → Resilience of systems
- Resilience not an equilibrium state, rather a guiding principle
- Implementation requires integrative long-term approaches with collaborative alignment

„Urban Living Lab“ Framework

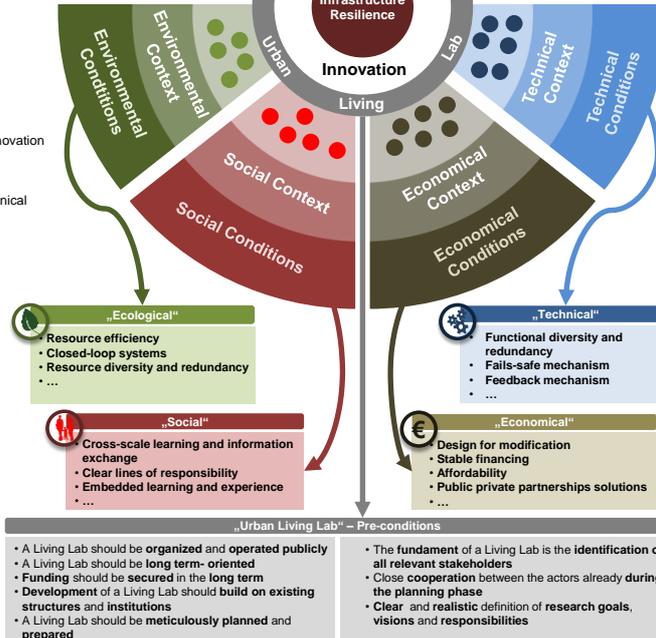
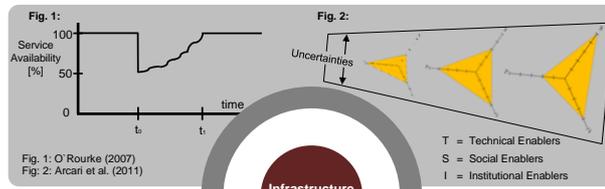
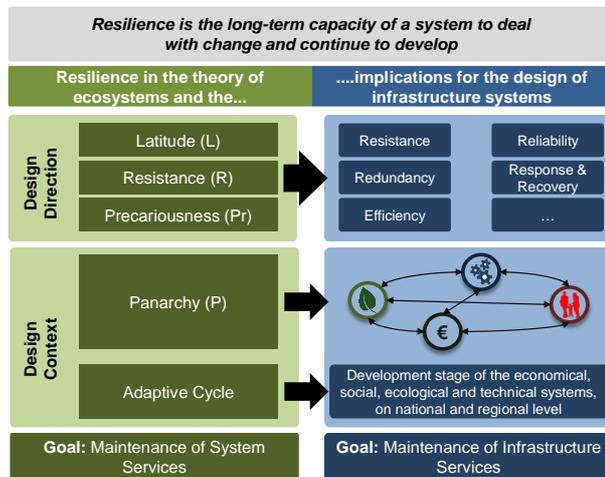
Living Labs

- Collection of value adding activities
- Bring together innovation resources and organize innovation activities
- Support partnership development and maintenance, planning and project management, maintain the technical infrastructure
- Support of organizational, financial and collaborative arrangements among stakeholders
- Bridge the gap between different environments

Ernst Schäfer
schaefer.ernst@gmx.net

apl. Prof. Dr. Ulrich Scheele
scheele@arsu.de
+49 (0) 441 97 17 496
www.arsu.de

Oldenburg, Germany 2013



Anhang B: Fallstudienbeschreibung

Die bisher konzeptionelle und strategische Darstellung des Living Lab Ansatzes soll im Folgenden durch eine Beschreibung von Fallbeispielen ergänzt werden. Die Fallbeispiele werden hinsichtlich kritischer Faktoren für die langfristige Ausrichtung sowie der drei wesentlichen Merkmale des Living Lab Ansatzes untersucht.

Zunächst erfolgt eine Darstellung der Motive und Überlegungen, die im Vorfeld der Gründung des Living Labs standen (Gründungshintergrund). Daran schließt sich eine Darstellung des strukturellen und organisatorischen Gerüsts an, das dem Living Lab zugrunde liegt (Struktur und Organisation). Mit der Darstellung der Ausrichtung und Ziele soll aufgezeigt werden, welche Veränderungen und Innovationen mit dem Living Lab angestrebt werden. Ferner wird dargestellt, welche Finanzierungsmodelle den jeweiligen Living Labs zugrunde liegen und schließlich wird der Innovationsprozess sowie die Berücksichtigung der Stakeholder innerhalb dieses Prozesses untersucht (Integration der Stakeholder).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt konnten insgesamt vier Projekte identifiziert werden, die den Living Lab Ansatz anwenden. Dazu gehören *Mistra Urban Futures* in Göteborg (Schweden), *Victorian Eco-Innovation Lab* in Melbourne (Australien), *Urban Transition Øresund* (Schweden/Dänemark) sowie *Mitigation in Urban Areas* (Europa).

An dieser Stelle sei zudem erwähnt, dass die Fallbeispiele keineswegs als sogenannte „Best Practices“ zu verstehen sind, sondern lediglich als Beschreibungen von Beispielen, die sich den „Living Lab“ Ansatz zu Eigen gemacht haben und hinsichtlich der oben beschriebenen Kriterien untersucht werden. Die räumliche Verteilung dieser Fallbeispiele ist so groß, dass die institutionellen, kulturellen, sozialen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen und Stadien zwischen den einzelnen Regionen und Städten erhebliche Unterschiede aufweisen. Diese räumlich-bedingten Differenzen spiegeln sich in der Art und Weise der Umsetzung, in den Maßnahmen sowie den Strukturen wider.

Fallbeispiel 1: Mistra Urban Futures

Obwohl *Mistra Urban Futures* in Göteborg (Schweden) gegründet und von dort aus initiiert wurde, war es von Anfang an ein internationales Zentrum für eine nachhaltige Stadtentwicklung mit der Ambition die Grenzen der traditionellen Planungs- und Entscheidungsmethoden zu überwinden. Mit diesem Zentrum soll in erster Linie eine

Brücke zwischen Forschung und praktischer Anwendung geschlagen werden, indem es eine Basis für einen gemeinsamen Wissensaufbau und gemeinsame Lösungsfindung bereitstellt. Mit Hilfe des Zentrums sollen thematische Schwerpunkte oder Problemstellungen identifiziert und entsprechende Projekte durch das Zusammenführen von unterschiedlichen Stakeholdern sowohl aus der Praxis als auch aus der Forschung initiiert werden. Schließlich werden die Projektergebnisse und –erfahrungen wichtigen Entscheidungsträgern zur Verfügung gestellt, damit über diese die Diffusion stattfinden kann (vgl. Mistra Urban Futures 2012: 12).

Gründungshintergrund

Wegen der zunehmenden Urbanisierung und der damit verbundenen Probleme sehen die Gründer des *Mistra Urban Futures* die Stadt als den wesentlichen Innovationsraum für die Entwicklung von Lösungen für das Nachhaltigkeitsproblem. Gleichzeitig muss diese Entwicklung nach ihrer Auffassung im regionalen Kontext stehen, wissenschaftlich fundiert und durch praktische Effektivität sowie von sozialer Relevanz gekennzeichnet sein, weshalb sich die innovativen Lösungen an den folgenden Prinzipien orientieren sollen:

- Unterstützung des gemeinsamen Lernens zwischen Städten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien, geografischen und kulturellen Kontexten
- Einbindung von Stakeholdern aus den Bereichen der Wissenschaft, des öffentlichen und privaten Sektors, von NGOs und Einwohnern der Gemeinden
- Innovativer und transdisziplinärer Wissensaufbau unter Berücksichtigung von Relevanz und Exzellenz (vgl. Polk et al. 2009: 1).

Mit den beiden Universitäten der Stadt (Chalmers University of Technology und die Universität der Stadt Göteborg), dem IVL (Svenska Miljöinstitutet), der direkten Einbindung öffentlicher Vertreter und somit der mit ihnen verbundenen öffentlichen Einrichtungen, der engen Kooperation mit dem UN-Habitat Programm sowie mit Mistra (schwedische Stiftung für strategische Umweltforschung) konnten von Anfang an wichtige und angesehene Einrichtungen gewonnen werden, sodass grundsätzlich eine langfristige und möglichst projektunabhängige Existenz des Zentrums mit hoher Akzeptanz gesichert werden konnte (vgl. Polk et al. 2009: 2f.). Ferner wurde das Zentrum nicht von heute auf morgen gegründet, sondern unterlag einer Planungs- und Vorbereitungszeit von mehr als zwei Jahren, bis schließlich erste Pilotprojekte durchgeführt werden konnten (vgl. Polk et al. 2009: 4).

Struktur und Organisation

Das *Mistra Urban Futures* wird über fünf sogenannte lokale Interaktionsplattformen organisiert, die sich in Göteborg (Schweden), Kappstadt (Südafrika), Manchester (England), Kisumu (Kenia) und Shanghai (China) befinden. Diese fünf Plattformen setzen sich aus lokalen Konsortialmitgliedern und lokalen Akteuren zusammen, die wie bereits beschrieben in der Regel aus lokalen Universitäten, öffentlichen und privaten Einrichtungen und Gemeindevertretern bestehen. Der globale Wissensaustausch zwischen den Plattformen findet über die sogenannte UF (Urban Futures) Arena statt, die in erster Linie eine internetbasierte Austauschplattform darstellt. Gleichzeitig können die lokalen Plattformen ihre Berichte und Ergebnisse auf der offiziellen Homepage von *Mistra Urban Futures* veröffentlichen (vgl. *Mistra Urban Futures* 2013a).

Den lokalen Plattformen übergeordnet ist die globale Leitung des Zentrums, die sich aus dem Board of Directors und einem Konsortium, das sich aus in Göteborg angesiedelten öffentlichen Institutionen und Forschungseinrichtungen zusammensetzt. Betreiber des Zentrums ist dabei die Chalmers University of Technology, welche gleichzeitig ein Mitglied des Konsortiums ist (vgl. *Mistra Urban Futures* 2013a). Das Board of Directors setzt sich dabei aus unterschiedlichen Persönlichkeiten aus den Bereichen der Architektur, Forschung, der öffentlichen Stadt- und Raumplanung sowie aus privaten Vertretern (vgl. *Mistra Urban Futures* 2013b) zusammen. Das Konsortium bilden die Stadt Göteborg, die beiden bereits erwähnten Universitäten der Stadt Göteborg, das IVL, die Vereinigung der lokalen Autoritäten der Region Göteborg, der Verwaltungsrat des Landkreises Västra Götaland sowie die Region Västra Götaland (vgl. *Mistra Urban Futures* 2013c).

Trotz einer sehr zentralisierten Führung können die einzelnen Plattformen auf lokaler Ebene unabhängig agieren, solange sie nach den Prinzipien und Wertevorstellungen des Zentrums handeln (vgl. Polk et al. 2009: 88).

Ausrichtung und Ziele

Bereits im Vorfeld der Gründung des Zentrums haben die Initiatoren und auch später die Konsortialpartner wesentliche Herausforderungen einer nachhaltigen Stadtentwicklung ausgemacht und vier zusammenhängende Themen ausgearbeitet, welche die Schwerpunkte des Zentrums darstellen:

- **Socio-economy and Culture:** Aufdecken der Pluralität fundamentaler Bedürfnisse, Eigenschaften und Mechanismen, die das soziale Leben formen;
- **Urban Metabolism and Land Use:** Verknüpfung diverser räumlicher Maßstäbe und Funktionen;
- **Understanding Urban Complexity:** Unterstützung von Kompetenzen beim Erfassen und Management komplexer System und deren Interdependenzen;
- **Urban Governance:** Sicherstellung, dass das gewonnene Wissen und die gewonnen Kompetenzen auch tatsächlich in konkrete politische Maßnahmen umgesetzt werden, damit alle Bürger profitieren (vgl. Polk et al. 2009: 9).

Aufbauend auf den Schwerpunkten und einer weiterführenden akribischen transdisziplinären und partnerschaftlichen Recherche wurden Kriterien entwickelt, anhand derer die kritischen Anliegen urbaner Transformation herausgearbeitet wurden und schließlich die wesentlichen Ziele des Zentrums abgeleitet wurden, die wie folgt lauten:

- **Urban Livability and Health:** Dazu gehören Inklusion und Ermächtigung, Verbesserung der sozialen und natürlichen Bedingungen für die Sicherheit, das Wohlbefinden und die Gesundheit, wohlerhaltene Gebäude und attraktive und sichere öffentliche Plätze sowie eine Umgebung, die soziales Unternehmertum und soziale Innovationen ermöglicht;
- **Urban Environment and Climate Change:** In diesen Bereich fallen die Verbesserung der Kompetenz im Bereich der Risikominderung und Öko-Sicherheit, der effektive Energieverbrauch und urbane Energiesysteme sowie die Reduktion der Nutzung und der Aussetzung von gefährlichen Chemikalien und medizinischen Produkten;
- **Urban Structure and Growth:** Dabei stehen ökonomisches Wachstum, das mit der Umwelt im Einklang steht, nachhaltige Produktion und nachhaltiger Konsum, Interaktion zwischen urbanen und ländlichen Regionen sowie funktionale urbane Regionen, verbesserte urbane Mobilität und verbesserter Zugang zu unterschiedlichen sozialen, kulturellen, natürlichen und ökonomischen Ressourcen sowie Raumplanung und technische Unterstützungssysteme (Infrastrukturen) im Fokus (vgl. Polk et al. 2009: 14ff.).

Finanzierung

Das *Mistra Urban Futures* hat bei seiner Gründung einen Budgetplan bis zum Jahr 2021 aufgestellt. Dabei werden verschiedene Strategien und Möglichkeiten zur Finanzierung des Zentrums berücksichtigt. Das Zentrum setzt zudem auf eine außerordentliche Transparenz und gute Verwaltung der Finanzmittel, um für zusätzliche und zukünftige Finanzmittelbeschaffung attraktiv zu sein. Grundsätzlich erfolgt die Beschaffung der Finanzmittel auf Basis von vier Modellen, die sich gegenseitig ergänzen, die ersten beiden stellen dabei die tragenden Säulen des Zentrums:

- **Public Private Partnership (PPP):** In diesem Fall erfolgt die Finanzierung durch private Unternehmen bzw. Akteure und der Unterstützung durch die Mitglieder des Konsortiums und damit durch öffentliche Gelder – alle Konsortialmitglieder sind öffentliche Einrichtungen;
- **Öffentliche Gelder:** Die Finanzierung in diesem Bereich findet in erster Linie über die Bewerbung auf öffentliche Ausschreibungen statt. Dabei werden Gelder aus schwedischen, europäischen aber auch internationalen Töpfen angestrebt;
- **Finanzierung über Beratung:** Durch zunehmende Expertise des Zentrums in ihren Kompetenzbereichen geht man davon aus, dass in Zukunft auch externe Akteure ein Interesse an den Kompetenzen des Zentrums zeigen werden;
- **Finanzierung über Teilnahmegebühren:** Das Zentrum veranstaltet Kurse, Seminare, Workshops und Konferenzen, für welche Teilnahmegebühren anfallen sollen. Auf diese Weise erhofft sich das Zentrum eine teilweise Deckung der anfallenden Kosten (vgl. Polk et al. 2009: 85).

Der gemeinsame Innovationsprozess

Die Integration von und die Kollaboration mit unterschiedlichen Akteuren des städtischen Raumes und die damit verbundene gemeinsame Wissensgenerierung stellt eine der wesentlichen Säulen des Zentrums dar und wird als wesentlich für den Umgang mit Herausforderungen des städtischen Raumes angesehen. Das Zentrum möchte mit einem kollaborativen und transdisziplinären Ansatz, die lineare Denkweise klassischer Planungsansätze überwinden. Dafür wurden unterschiedliche Treffpunkte und Aktivitäten für eine gemeinsame Wissensproduktion etabliert, an welchen Akteure aus wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen bzw. aus der Praxis zusammen kommen können, um so die lineare Abhängigkeit von Wissenschaft und Praxis zu durchbrechen (vgl. Polk et al. 2012: 4).

Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis folgt bei *Mistra Urban Futures* keinem bestimmten Prozess, sondern wird viel mehr durch bestimmte Maßnahmen und Richtlinien herbeigeführt. So liegt die Projektführung eines jeden Projektes sowohl bei Wissenschaftlern als auch bei den Praktikern; jedes Projekt besteht stets aus Kernmitgliedern mit unterschiedlichem Hintergrundwissen, die das Konsortium stellt; alle Teilnehmer gehen eine vertragliche Bindung ihrer Tätigkeit innerhalb des Projektes ein; die Projekte müssen lange Laufzeiten haben; jedes Projekt muss eine politische/praktische Empfehlung sowie Material für eine wissenschaftliche Veröffentlichung erarbeiten, über Erfahrungen aus der Zusammenarbeit berichten sowie schließlich eine Evaluation der Zusammenarbeit durchführen (vgl. Polk et al. 2012: 5f.). Die Evaluation der Zusammenarbeit findet dabei hinsichtlich Inklusion, Kollaboration, Integration und gemeinsamer Reflektion statt. Außerdem wurde ein Leitfaden für die gemeinsame Wissensproduktion entworfen (vgl. Polk et al. 2012: 6).

Mistra Urban Futures – Projektbeispiele

Eines der wesentlichen Merkmale von Living Labs ist die Innovation und Lösungsfindung im Kontext des realen Umfeldes. Im Folgenden sollen daher vereinzelte Projekte, die im Rahmen von *Mistra Urban Futures* stattfinden bzw. stattgefunden haben beschrieben werden. Dabei soll untersucht werden, inwiefern diese Projekte einen Bezug zum realen Kontext haben bzw. im realen Umfeld stattfinden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Stand: 29.09.2013) werden 25 Projekte von *Mistra Urban Futures* durchgeführt oder sind bereits abgeschlossen. Die einzelnen Projekte decken ein breites Themenspektrum mit Bezug zur Entwicklung städtischer Räume ab. Die Projekte umfassen Themen von der Entwicklung neuer Konzepte zur Nutzung der Transportinfrastrukturen über die Anpassung an den Klimawandel und den demografischen Wandel bis hin zur Entwicklung neuer Methoden der transdisziplinären Zusammenarbeit. Die durchschnittliche Projektlaufzeit beträgt zwei Jahre, wobei die kürzeste Projektlaufzeit sechs Monate und die längste vier Jahre beträgt (vgl. *Mistra Urban Futures* 2013d).

Das Projekt SENDSMART

Im Projekt SENDSMART arbeiten insgesamt 17 Partner aus dem universitären, dem privatwirtschaftlichen sowie dem öffentlichen Bereich zusammen, um nachhaltige Lösungen für den steigenden Bedarf nach Frachttransport in der Stadt Göteborg zu entwickeln. Im Fokus dieses Projekts stehen der Gütertransport, die Lieferung von Baumaterialien, sowie Müll- und Recyclingtransport, weil diese Sektoren für das größte Transportaufkommen im Stadtgebiet von Göteborg verantwortlich sind (vgl. *Mistra Urban Futures* 2013e).

Unter der Schirmherrschaft von CLOSER³⁸ sollen Ansätze zur Reduktion des Klimaeinflusses und des Geräuschpegels durch den Transportsektor entwickelt werden, und so zur Verbesserung der gesundheitlichen Lage der Stadtbewohner beitragen. Dabei sollen sowohl technische als auch „weiche“ Lösungen entwickelt werden, die gleichzeitig wirtschaftlich realisierbar sind. Ein weiteres Anliegen des Projektes ist die Abstimmung und die Integration der Lösungen mit und in die aktuelle und zukünftige Stadtplanung sowie die Entwicklung von Infrastrukturen. In allen drei Bereichen sollen Demonstrationsprojekte und Tests im realen Umfeld der Stadt Göteborg implementiert werden, um die Wirtschaftlichkeit und die Verbesserungen der neuen Lösungen zu demonstrieren. Über eine Laufzeit von zwei Jahren stehen dem Projekt rund 18 Mio. schwedische Kronen (SEK) zur Verfügung. Das Projekt wird jeweils zur Hälfte von VINNOVA³⁹ und durch die Projektpartner – also durch weitere öffentliche aber auch private Gelder – finanziert (vgl. Lindholmen Science Park 2013b).

Das Projekt Go:smart

Das Go:smart Projekt steht im engen Zusammenhang und Austausch mit dem bereits beschriebenen SENDSMART Projekt. In diesem Projekt stehen allerdings die Einwohner und somit der Personentransport der Stadt Göteborg im Mittelpunkt des Innovationsprozesses (vgl. Mistra Urban Futures 2013f). Mit diesem Projekt soll ein innovatives Verkehrsvermittlungssystem entwickelt werden, welches den Stadtbewohnern Zugang zu unterschiedlichen Mobilitätsformen nach ihren Bedürfnissen ermöglicht. Den Bewohnern sollen damit Anreize geschaffen werden, sich von dem Besitz eines privaten Personenkraftwagens zu lösen und dafür Mobilitätsdienstleistungen zu nutzen. Gleichzeitig soll die Attraktivität, Sicherheit und die Umwelt der Stadt verbessert (vgl. Lindholmen Science Park 2013c) werden. Auch das Go:smart Projekt stellt eine Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Privatwirtschaft und öffentlichen Akteuren dar; insgesamt ist das Projekt ein Konsortium aus 14 Partnern. Mit einer Laufzeit von zwei Jahren hat das Projekt ein Budget von 20 Mio. SEK zur Verfügung. Auch in diesem Projekt wird jeweils die Hälfte des Budgets durch VINNOVA und durch die einzelnen Projektpartner aufgebracht (vgl. Mistra Urban Futures 2013f). Insgesamt beinhaltet Go:smart auch zahlreiche Teilprojekte, die sich auf die Entwicklung folgender Lösungen konzentrieren: Überbrückung der Lücke zwischen öffentlichen und privaten Transport, Entwicklung von Konzepten zur Belohnung der Nutzung nachhaltiger Transportlösungen, Integration der

³⁸ CLOSER ist ein schwedisches Konsortium öffentlicher und privater Akteure, das die Transporteffizienz steigern will. Es stellt einen Raum für Innovations- und Demonstrationsprojekte zur Verfügung und soll wissenschaftliche, wirtschaftliche und öffentliche Akteure zusammenführen (vgl. Lindholmen Science Park 2013a).

³⁹ VINNOVA ist die schwedische Dienststelle für Innovationssysteme (Amt für Innovation) (vgl. VINNOVA 2013).

Elektromobilität und Hybridtechnologien in den öffentlichen Verkehr und die Stadtentwicklung sowie die Entwicklung von Konzepten zur Visualisierung der Ergebnisse und Einbindung der Nutzer in den Entwicklungsprozess. In diesem Projekt wird zudem ein expliziter Bezug zum Living Lab Ansatz vorgenommen, so dass hier von einer aktiven Rolle der Nutzer und der Implementierung des Projekts in das reale Umfeld gesprochen wird (vgl. Lindholmen Science Park 2013c).

A City Structure Adapted to Climate Change

Dieses Projekt ist eines der Pilotprojekte, welche während der Entstehungsphase von *Mistra Urban Futures* durchgeführt wurden. Am Beispiel des Freihafengebiets der Stadt Göteborg wurden die sozialen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen dreier Anpassungsstrategien an den Klimawandel dargestellt. Das Projekt war eine Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlichen und öffentlichen Einrichtungen der Stadt Göteborg sowie auf nationaler Ebene. Dabei wurde ein transdisziplinärer Ansatz verfolgt, welcher die Zusammenarbeit zwischen Praktikern und Wissenschaftlern unterschiedlicher Disziplinen ermöglichte (vgl. Mistra Urban Futures 2013g).

VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab

Von Beginn an verfolgte *VEIL* einen design-orientierten Ansatz, da Design als Mechanismus zur technischen und sozialen Transformation sowie Innovation verstanden wird.

Gründungshintergrund

Die Gründung von *VEIL* geht vor allem auf die Arbeiten und die Initiative von Chris Ryan zurück. Auch er sieht die Stadt als Ursache und gleichzeitig als Lösung des Nachhaltigkeitsproblems an (vgl. Ryan et al. 2013: 193f.). Sein Kredo ist dabei, dass man Unsicherheiten in Bezug auf die Zukunft nur durch eine Gestaltung der Zukunft begegnen kann (vgl. Ryan 2013: 191). Die Idee und die Beschreibung der Notwendigkeit für die Entwicklung eines für alle zugänglichen Innovationslabor geht im Grunde auf zwei Veröffentlichung aus dem Jahr 2002 zurück (vgl. Ryan 2002a; Ryan 2002b). Dabei sieht er sämtliche Effizienzmaßnahmen durch zunehmenden Konsum oder sonstige Rebound-Effekte verpuffen und daher die Notwendigkeit zur Berücksichtigung von Konsummustern bei der Innovation von Produkten (vgl. Ryan 2002a). Davon ausgehend und die isolierte, realitätsfremde sowie lineare Innovation kritisierend, lässt sich Ryan (2002b) von der Informationsbranche inspirieren und beschreibt den Ansatz der Media Lab, welche am Massachusetts Institute of Technology entwickelt wurde und als Grundlage für *VEIL* dient (vgl. Ryan 2002b). Gegründet wurde *VEIL* schließlich 2006 von der Regierung des Bundesstaates Victoria

mit Mitteln des australischen Nachhaltigkeitsfonds als Teil des Aktionsplans für Nachhaltigkeit (vgl. VEIL 2013a).

Struktur und Organisation

Obwohl *VEIL* von der Regierung des Bundesstaates gegründet wurde und ursprünglich am australischen Zentrum für Wissenschaftsinnovation und Gesellschaft angesiedelt war, ist es mittlerweile an der Universität der Stadt Melbourne als Forschungsprogramm innerhalb der Fakultät für Architektur, Bau und Planung etabliert (vgl. VEIL 2013b). *VEIL* ist daher auch eher wie ein Forschungsprogramm an einem Lehrstuhl organisiert, das sich aus einem Programmdirektor, stellvertretenden Direktor, einem Verantwortlichen für Regulierungsfragen sowie Forschungsmanager, einem Forschungsleiter für dezentrale Systeme und Klimaanpassung, einem Projekt- und Kommunikationsverantwortlichen, einem Homepageadministrator, sowie einem Projektunterstützer zusammensetzt. Diese Positionen bilden den Kern der Organisation von *VEIL*. Ferner bilden ein leitender Wissenschaftler sowie ein Forschungs- und Projektassistent den festen Bestandteil von *VEIL*. Schließlich gehören eine Reihe von wissenschaftlichen Mitarbeitern der Universität der Stadt Melbourne aus den Bereichen Planung, Nachhaltigkeit und Design sowie ein externer Mitarbeiter für Kommunikation aus dem Medienbereich zur Forschungsgruppe (vgl. VEIL 2013c).

Die zentrale organisatorische Einheit von *VEIL* bildet eine Expertenkommission, die in einem sogenannten Hub organisiert ist. Diese Kommission setzt sich dabei aus Forschern der unterschiedlichen Forschungseinrichtungen, Vertretern aus Industrie, Regierung, dem Umweltbereich sowie Gemeindemitgliedern zusammen. Das Hub koordiniert den kompletten Projektverlauf und ist für die Organisation der unterschiedlichen Akteure und die Kommunikation zwischen diesen Akteuren zuständig (vgl. VEIL 2013d).

Ausrichtung und Ziele

Trotz der Ansiedlung an der Universität der Stadt Melbourne setzt das *Victorian Eco-Innovation Lab* stark auf eine Zusammenarbeit mit anderen Forschungs- und Bildungseinrichtungen des Bundesstaates Victoria. So kooperieren zahlreiche andere Universitäten mit ihren Planungs-, Design- sowie Architekturfakultäten sowie Design- und Architekturschulen innerhalb von *VEIL* (vgl. VEIL 2013a).

VEIL soll in erster Linie technische, soziale sowie organisatorische Innovationen aufdecken und vorantreiben, die Bestandteil eines nachhaltigen Systems werden sollen. Das Ziel ist dabei die Veränderung vorhandener Strukturen und die Öffnung der

Ökonomie des Bundesstaates Victoria für ökologische Innovationen (vgl. VEIL 2013e). Die Zielerreichung soll vor allem durch zunehmende Verbindung und Interaktion zwischen Universität und den verschiedenen Akteuren einer Gemeinde (Regierungen, Unternehmen und Öffentlichkeit allgemein) ermöglicht werden. Mit Hilfe von *VEIL* sollen zukünftige Konzepte und Prototypen für nachhaltige Güter und Dienstleistungen, den Neubau von Infrastrukturen und Wohnsiedlungen sowie neue Konsummuster erprobt werden (vgl. Ryan 2013: 191). Das Rahmenkonzept von *VEIL* umfasst insgesamt acht Punkte, die auf Basis von Forschungsarbeiten und aus praktischen Erfahrungen abgeleitet wurden und gleichzeitig kritische Aspekte einer sozio-technischen Transformation darstellen:

- **Transformation sozio-technischer Systeme:** Produkte, Ressourcen, Transport, Information, vorhandene Infrastrukturen;
- **Fokus auf städtische Räume als wesentlichen Standort der Transformation:** Dabei steht die Interaktion zwischen sozialen, kulturellen, physikalischen und technischen Systemen im Mittelpunkt;
- **Resilienz - Mitigation und Adaption unter steigender Unsicherheit:** Die Gestaltung der Infrastruktursysteme muss Unsicherheiten und Resilienz berücksichtigen;
- **Dezentrale Bereitstellungssysteme:** Steigerung von verschiedenen Infrastrukturformen bzw. Bereitstellungssystemen; Erhöhung von Produktionsstandorten auf lokaler Ebene, die an die lokale Ressourcenverfügbarkeit angepasst sind (materielle und soziale); Schaffung eines lokalen, regionalen und nationalen „Sharing“-Netzwerkes;
- **Horizont von 25 Jahren – Zur Überwindung des Widerstandes bestehender Vereinbarungen:** Mit einem Zeithorizont von 25 Jahren sollen Interessenskonflikte zwischen persönlicher Einstellung und der Einstellung auf Grund von Verpflichtungen überwunden werden. Außerdem unterliegen klimawandelbezogene Handlungen sowie strukturelle Veränderungen langfristigen Prozessen;
- **Lösungsorientiert – Fokus auf eine optimistische und erstrebenswerte Zukunft:** Projektion von wünschens- und erstrebenswerten Zukunftsbilder; Schaffung einer - bezogen auf die Zukunft - optimistischen Bewegung;
- **Visionen – nicht „nur“ Worte und Daten:** *VEIL* nutzt die Kraft der bildhaften Darstellungsform und der damit verbundenen flüchtigen und emotionalen Eindrücke, um die Transformation bestehender Systeme auszudrücken; gleichzeitig wird aber auch eine aktive Beteiligung des Beobachters gefordert, die eine kontextgebundene Ko-Kreation ermöglicht;

- **Plausible Trajektorie und Startpunkte – aufdecken aktueller Innovationen:**
Die Zukunftsvisionen sollen einen neuen Blick auf das Vorhandene ermöglichen und plausible Startpunkte für die Transformation aufzeigen, da sie sonst nicht sichtbar wären, weil sie sich außerhalb des Mainstreams abspielen (vgl. Ryan 2013: 193).

Finanzierung

Über die Finanzierung des *Victorian Eco-Innovation Lab* sind keine expliziten Informationen vorhanden. Aufgrund des Gründungshintergrundes und der Struktur von *VEIL*, aber auch anhand sporadischer Informationen auf der Homepage kann geschlossen werden, dass *VEIL* ausschließlich über öffentliche Gelder finanziert wird. So wird auf der Startseite des offiziellen Internetauftritts von *VEIL* darauf hingewiesen, dass das Labor durch die Universität der Stadt Melbourne und den Bundesstaat Victoria unterstützt wird (vgl. *VEIL* 2013f). Durch die Zugehörigkeit von *VEIL* zur Fakultät für Architektur, Bau und Planung kann geschlossen werden, dass *VEIL* über die Forschungsgelder der Universität monetäre Unterstützung erhält. Die Finanzierung durch den Bundesstaat Victoria wird wohl durch den Nachhaltigkeitsfonds sichergestellt. Eine rein öffentliche Finanzierung wird wohl teilweise auf die Vermeidung von wirtschaftlich-getriebenen Interessen zurück zu führen sein. Ein Hinweis darauf befindet sich bei (Ryan 2013), wo er betont, dass Innovationen bei *VEIL* nicht durch Profit getrieben werden (vgl. Ryan 2013: 195).

Der gemeinsame Innovationsprozess

Wie bereits dargestellt bildet das Hub die zentrale organisatorische Einheit von *VEIL*. Im Laufe des *VEIL* Prozesses übernimmt das Hub unterschiedliche Funktionen und koordiniert den Informationsaustausch zwischen den unterschiedlichen Akteuren. Der *VEIL* Prozess besteht aus insgesamt fünf Phasen.

- In der ersten Phase formiert sich im Hub ein Expertenpanel bestehend aus *VEIL* Angehörigen, Experten und dem lokalen Gemeinderat und analysiert intensiv auf wissenschaftlicher und praktischer Basis die standortbezogenen, langfristigen Herausforderungen;
- In der zweiten Phase werden mit lokalen Gemeindevertretern und lokalen Organisationen erstrebenswerte und positive Visionen für einen Zeithorizont von 25 Jahren im Rahmen von Ideenworkshops erstellt. Die Workshops findet dabei an öffentlichen und zentralen Einrichtungen der jeweiligen Gemeinde statt (z. B. in Bibliotheken oder Schulen). Diese Visionen werden durch das Hub in Form von Publikationen an öffentliche Einrichtungen, als Berichte an private

Akteure und schließlich als Arbeitsaufträge an die unterschiedlichen universitären Designschulen zur Verfügung gestellt;

- Die dritte Phase umfasst die Ausarbeitung der Visionen durch die universitären Designstudios. Dabei entwickeln Studenten und Mitarbeiter Konzepte und testen diese in Zusammenarbeit mit externen Organisationen, die durch das Hub identifiziert wurden;
- Diese Konzepte werden anschließend auf vielfältige Weise durch die unterschiedlichen ??? begutachtet und evaluiert, sodass eine Vorauswahl der Konzepte stattfinden kann. Anschließend werden die verbliebenen Konzepte in Zusammenarbeit zwischen den jeweiligen Studenten, Hub Angehörigen sowie professionellen Designern konkretisiert, sodass diese Konzepte über Ausstellungen, Zeitschriften, Zeitungen und Fachzeitschriften kommuniziert werden können;
- In der fünften Phase werden schließlich die Veröffentlichungen durchgeführt und die erarbeiteten Konzepte vor Ort ausgestellt. Diese Ausstellungen sind öffentlich zugänglich, sodass jeder Anwohner bzw. Bürger die Chance hat sich die Konzepte anzuschauen und entsprechendes Feedback zu geben und Veränderungen vorzuschlagen. Diese Vorschläge werden aufgenommen und bei der Konkretisierung und Verbesserung der Konzepte berücksichtigt (vgl. Ryan 2013: 191ff.; VEIL 2013d).

Eine Neuausrichtung des hier beschriebenen Prozesses stellt das sogenannte Eco-Acupuncture Konzept dar, dass im Rahmen von *VEIL* entwickelt wurde (vgl. Ryan 2013).

Eco-Acupuncture

Aufgrund von negativen Erfahrungen mit dem ersten Projekt von *VEIL* wurde der Eco-Acupuncture Ansatz entwickelt. Im Rahmen dieses ersten Projektes wurden Visionen für ein Melbourne im Jahr 2032 entwickelt, konzeptualisiert und anschließend einer breiten Öffentlichkeit kommuniziert. Diese Konzepte stießen von allen Seiten auf positive Resonanz und wurden besonders von den Gemeinden positiv aufgenommen. Viele dieser Gemeinden stellten daraufhin bei ihren Räten Anträge zur Umsetzung einiger der entwickelten Konzepte. Die Räte unterstützten diese Anträge nicht oder ignorierten sie einfach, weil viele der Projekte die Bindungen und Verpflichtungen der Räte direkt bedrohten (vgl. Ryan 2013: 196). Daraufhin wurde ein dreijähriges Forschungsprojekt initiiert, das Herausfinden sollte, wie man solche Barrieren umgehen kann, ohne dabei bestehende Verbindungen und Verpflichtungen zwangsläufig aufbrechen oder antasten zu müssen, weshalb der *VEIL* Eco-Acupuncture Ansatz entstand (vgl. Ryan 2013: 196).

Der Eco-Acupuncture Ansatz baut im Grunde auf dem bereits beschriebenen *VEIL* Prozess auf. Nachdem die Rückmeldung der Gemeinde und Verbesserungsvorschläge berücksichtigt und in die Konzepte eingearbeitet wurden, wird im Falle von Eco-Acupuncture die Gemeinde erneut analysiert und zwar diesmal auf mögliche Interventionspunkte, die kleine Innovationsprojekte in Nischenbereichen ermöglichen. Es handelt sich hierbei um Flächen und Einrichtungen die einen kleinen oder keinen sozialen, ökonomischen oder kulturellen Wert haben, wie z. B. herrenlose Häuser, Parks, offene Gelände, Brachflächen, überschüssige Infrastrukturräume usw. (vgl. Ryan 2013: 196). Diese „wertlosen“ Räume sollen mit Hilfe des Eco-Acupuncture Ansatzes und der entwickelten nachhaltigen Konzepte aufgewertet werden und gleichzeitig eine Demonstration der Funktionsfähigkeit und Überlegenheit von nachhaltigen und erstrebenswerten Lösungen darstellen (vgl. Ryan 2013: 197).

Mit Hilfe des Eco-Acupuncture Ansatzes sollen vor allem Alternativen bei der Gestaltung lebenswichtiger Versorgungssysteme aufgezeigt werden. Der Eco-Acupuncture Ansatz orientiert sich dabei an vier wesentlichen Prinzipien:

- **Begegnung:** Manchmal müssen Dinge einfach gesehen und erfahren werden, um Ideen und Meinungen zu verändern;
- **Aufdeckung:** Das vor Augen führen von Produktions- und Konsumprozessen kann das Bewusstsein und Verhalten ändern;
- **Vereinfachung:** Die Vereinfachung komplexer Systeme kann Vorstellungsvermögen und Innovation auslösen (Reduktion von Abhängigkeiten gegenüber großen Systemen);
- **Erweiterung:** Versteckte bzw. verschleierte Innovationen können durch das Design attraktiv werden;
- **Vervielfältigung:** Selbst kleine Design-Interventionen können interessant sein und vervielfältigt werden;
- **Verjüngen:** Altes kann erneuert und neu belebt werden (vgl. Ryan 2013: 197; VEIL 2013g).

Victorian Eco-Innovation Lab – Projektbeispiele

Aufgrund zahlreicher Überschneidungen und Folgeprojekte gestaltet sich die Abgrenzung einzelner Projekte im Falle von *Victorian Eco-Innovation Lab* als schwierig. Zudem ist die Struktur des Internetauftritts teilweise unübersichtlich, sodass die Auflistung einzelner Projekte und Teilprojekte teilweise in unterschiedlichen Kategorien mit unterschiedlicher Beschreibung (Detaillierungsgrad der Beschreibung) auftaucht. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Stand: Oktober 2013) verfolgt *VEIL* insgesamt sechs Forschungsprojekte in den Bereichen Szenarios, Pfade und Visionen

für eine resiliente, CO₂-arme Stadt, resiliente und gesunde lokale Lebensmittelversorgung, design-orientierte institutionelle Transformation sowie Eco-Acupuncture. Die durchschnittliche Projektlaufzeit beträgt zweieinhalb Jahre, wobei die kürzeste Projektlaufzeit eineinhalb und die längste vier Jahre dauert. Das Projekt Eco-Acupuncture stellt dabei eine Ausnahme dar, da es keiner Projektlaufzeit unterliegt und bereits seit dem Jahr 2009 kontinuierlich verfolgt und jährlich mit ca. 75.000 australischen Dollar ausgestattet wird. Das Budget der anderen Projekte beträgt zusammen 2,6 Mio. australische Dollar (vgl. VEIL 2013k). Im Folgenden sollen die Projekte Transforming Institutional Responses to Climate Extremes und Broadmeadows 2032 näher beschrieben werden. Das Projekt „Broadmeadows 2032“ stellt dabei das bis dato umfangreichste Eco-Acupuncture Projekt dar.

Transforming Institutional Responses to Climate Extremes

Das Projekt Transforming Institutional Responses to Climate Extremes ist ein Forschungsprojekt unter der Schirmherrschaft von VEIL, das sich mit Anpassung an extreme Wetterereignisse im Kontext des Klimawandels beschäftigt. Das Projekt zielt einerseits auf die Entwicklung von Methoden zur Integration des lokalen bzw. regionalen Wissens sowie deren Prioritäten in den präventiven Katastrophenschutz ab. Andererseits soll das Projekt zur Anerkennung und Berücksichtigung des nicht linearen und häufigeren Auftretens der klimabedingten Gefahren im Katastrophenschutz und bei der Anpassung an den Klimawandel beitragen. Insgesamt soll das Projekt zur Steigerung der lokalen Resilienz beitragen und bei der Überwindung institutioneller Barrieren helfen (vgl. VEIL 2013h). Finanziert wird dieses Forschungsprojekt mit einer Summe von 250.000 australischen Dollar über das Australian Government's Natural Disaster Resilience Grant Scheme⁴⁰. Dabei arbeiten Wissenschaftler und Designer von VEIL und weiteren regionalen Universitäten sowie öffentliche Einrichtungen über einen Zeitraum von eineinhalb Jahren eng zusammen (vgl. VEIL 2013k).

Die Struktur des Projekts orientiert sich am Design-led action research Ansatz und beinhaltet den folgenden Ablauf:

- Identifikation zweier Gemeinden, die als reale Fallbeispiele dienen sollen und erheblich von klimatischen Gefahren betroffen sind;
- Entwicklung kontext-spezifischer Szenarien für das Jahr 2037, welche die möglichen Klimaveränderungen auf das tägliche Leben und die Lebensbedingungen in den jeweiligen Gemeinden projizieren;

⁴⁰ Ein Subventionsprogramm des australischen Justizministeriums, das im Rahmen der nationalen Partnerschaftsvereinbarung zur Resilienz ggü. Naturkatastrophen durch den australischen Premierminister und den Premier unterzeichnet wurde (vgl. Justizministerium Australien 2013: 1).

- Durchführung eines zweitägigen Design-Workshops mit Mitgliedern der jeweiligen Gemeinde, um Ideen Umgang und Aufbau von Resilienz zu entwickeln;
- Umsetzung dieser Ideen in Strategien und Visualisierungen⁴¹, mit der Möglichkeit zur Rückmeldung durch die jeweilige Gemeinde;
- Durchführung eines halbtägigen Workshops mit wesentlichen Organisationen der jeweiligen Gemeinde, um mögliche Pfade zur Umsetzung der Strategien zu sondieren und um eventuelle Barrieren aufzudecken;
- Aufbauend auf den Ergebnissen der Workshops, einer Literaturrecherche und Interviews sollen Mechanismen identifiziert werden, die einen Wandel auf lokaler, staatlicher und Regierungsebene ermöglichen (vgl. VEIL 2013h).

Das Projekt wurde im Juli 2013 abgeschlossen; zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Stand: September 2013) liegen jedoch keine Veröffentlichungen zu den Projektergebnissen vor.

Broadmeadows 2032

Mit dem Projekt Broadmeadows 2032 soll der Frage nachgegangen werden, wie man in Anbetracht des Klimawandels und steigender Ölpreise Städte und die umliegenden Regionen zu resilienten, kohlenstoffarmen und gleichzeitig lebenswerten Nachbarschaften und Stadtteilen transformieren kann, die den Anwohnern ausreichend Arbeitsplätze und Versorgungssicherheit in den Bereichen Lebensmittel, Wasser, Energie und Transport bieten. Es geht also um nicht weniger als die Ambition Anpassungs- und Transformationsprozesse in besiedelten Stadträumen und bei Infrastrukturen ??? sowie um die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Wege zur Bereitstellung notwendiger Ressourcen (vgl. Ryan et al. 2010: 4).

Bei Broadmeadows 2032 handelt es sich um ein Projekt bei dem der bereits vorgestellte Eco-Acupuncture Ansatz weiterentwickelt wurde und zur Anwendung kam. Nach zahlreichen Diskussionen mit Vertretern der unterschiedlichen Gemeinderäte im Stadtgebiet von Melbourne wurde die Stadt Hume als Standort für das ambitionierte Projekt ausgewählt. Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren Faktoren, die typische Herausforderungen für Außenbezirke in australischen Ballungsräumen darstellen:

- eine Gemeinde mit reichhaltigen kulturellen Diversität;
- Zersiedelung der Landschaft;
- Bevölkerungswachstum;
- Pauschalisierte staatliche Planungsinitiativen.

⁴¹ Vgl. dazu VEIL 2013i sowie VEIL 2013j.

Außerdem ist Hume ein Stadtteil, der sich durch geringes Einkommen, Abhängigkeit vom Auto, einfachen Wohnungsbestand und dem Rückgang der lokalen Fertigungsindustrie auszeichnet, weshalb die Anpassungsfähigkeit dieser Gemeinde begrenzt ist (vgl. Ryan et al. 2010: 11). Andererseits hat die Stadt Hume bereits erste Anstrengungen im Bereich der nachhaltigen Entwicklung unternommen, sodass die Gemeinderäte dem Vorhaben von *VEIL* positiv und enthusiastisch gegenüber standen. In einer Reihe von Workshops mit Vertretern des Stadtrats, lokalen Experten, Gemeinderepräsentanten, Designern, Studenten und Mitarbeitern von *VEIL* wurde eine gründliche Bestandsaufnahme des gegenwärtigen Zustandes der Stadt durchgeführt. Hierzu gehörte auch eine Übersicht über die bevorstehenden und zukünftigen Pläne der unterschiedlichen Akteure (vgl. Ryan et al. 2010: 4). In einem weiteren Workshop, wurden Visionen für den Bezirk Broadmeadows für das Jahr 2032 erstellt. Im Zentrum dieses Treffens standen Ernährungssysteme, eine wassersensible Gemeinde, neue Industriemodelle, kreative Nachbarschaftsstrategien mit neuen Arbeits-, Mobilitäts-, Bildungs- und Spielformen (vgl. *VEIL* 2013l).

In einer mehrtägigen Veranstaltung wurden diese Visionen in Ideen und Konzepte durch Designer, Universitätsangehörige und Vertreter der lokalen Gemeinde umgesetzt und visualisiert (vgl. *VEIL*2013m). Eine Besonderheit dieses Workshops war die Auseinandersetzung der Designer und Experten mit der Kultur und den Bewohnern von Broadmeadows. Diese hatten die Gelegenheit den Experten ihr Stadtteil zu zeigen, über ihre Anliegen und Vorstellungen zu sprechen und persönliche Geschichten zu erzählen, sodass die Experten mit zahlreichen Eindrücken von Broadmeadows an ihre Arbeit gehen konnten (vgl. Ryan et al. 2010: 14f.). Außerdem konnten im Vorfeld dieses Workshops vier potenzielle Interventionspunkte im Bezirk Broadmeadows ausfindig gemacht werden (vgl. *VEIL* 2013n). Dazu zählten das Dallas Shopping Centre und Olsen Place, der Eastmeadows Bezirk (inklusive einer ehemaligen Produktionsstätte der Firma Ericsson sowie der Grundschule), den Stadtteilpark Seabrook Reserve sowie der sogenannten Central Activity District. Somit wurden diese Konzepte nicht nur von den Eindrücken vor Ort beeinflusst, sondern konnten auch noch an realen Flächen und Objekten entworfen und im Rahmen einer ersten Ausstellung vorgestellt werden (vgl. Ryan et al. 2010: 12f.).

Im Rahmen des Hubs wurden diese Design-Entwürfe durch Experten und Studenten aus zahlreichen Disziplinen, wie z. B. Architektur, Landschaftsarchitektur, Industriedesign, Kommunikations- und Dienstleistungsdesign konkretisiert und verbessert. Dazu wurden insgesamt acht mehr oder weniger voneinander unabhängige Design-Hubs ins Leben gerufen, die sich entsprechend ihrer Spezialisierung mit unterschiedlichen Herausforderungen befassten:

- Architekturstudio an der Universität von Melbourne: Hierbei sollten angehende Architekten über den Tellerrand der architektonischen Ästhetik blicken und sich mit dem durcheinander der Realität – also den Menschen, der vorstädtischen Ökologie, verteilten Netzwerken usw. beschäftigen (vgl. Ryan et al. 2010: 26f.);
- Studio für Landschaftsarchitektur an der Universität von Melbourne: Die Landschaftsarchitekten befassten sich mit der nachhaltigen Urbanisierung (vgl. Ryan et al. 2010: 28f.);
- Architektur und Industriedesign Studio an der RMIT Universität: In diesem Studio fand eine transdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Architekturstudenten und Studenten des Industriedesigns statt. Im Zentrum der Arbeit standen wirtschaftlich erschwingliche Gebäude und Infrastrukturen (vgl. Ryan et al. 2010: 30f.);
- Architekturstudio an der Universität von Melbourne: Im Rahmen dieses Studios sollten weitere Visionen für ein soziales und ökologisches Broadmeadows entworfen, visualisiert und einem Publikum vorgestellt werden (vgl. Ryan et al. 2010: 32f.);
- Studio zum Industriedesign an der Swinburne Universität: Hier sollten Konzepte entworfen werden, die das Gemeindeleben und die Interaktion zwischen Einwohnern in Randgebieten der Stadt fördern und unterstützen (vgl. Ryan et al. 2010: 34f.);
- System- und Dienstleistungsstudio an der Swinburne Universität: Studenten dieses Studios untersuchten potentielle Systeme und Dienstleistungen, deren Notwendigkeit sich aus der Beobachtung des täglichen Lebens ergibt (vgl. Ryan et al. 2010: 36f.);
- Studio zu visuellen Kommunikation an der RMIT Universität: Dieses Studio sollte Konzepte entwickeln, die einen kulturellen Wandel, Engagement, Bildung und Kommunikation fördern (vgl. Ryan et al. 2010: 38f.);
- Studio zum Industriedesign an der RMIT Universität: Dieses Studio fungierte als eine Art „Ideenfabrik“ für Nachhaltigkeit. Dabei sollten Strategien zur Resilienz gegenüber dem Klimawandel und steigenden Ölpreisen entwickelt werden (vgl. Ryan et al. 2010: 40).
- Studio zum Industriedesign an der RMIT Universität: Schließlich gab es noch ein Studio, das sich mit dem Entwurf von Konzepten zu durch menschliche Arbeit getriebener Mobilität entwickelte. Dabei ging man der Frage nach, wie sich die Menschheit fortbewegen würde, wenn plötzlich kein Erdöl zur Verfügung stehen würde (vgl. Ryan et al. 2010: 41).

Die Arbeit innerhalb der Studios wurde stets durch eine enge Zusammenarbeit mit den Einwohnern und den öffentlichen Vertretern der Stadt begleitet (vgl. Ryan et al. 2010: 26ff.). Den Abschluss jeder Konzeptphase bildete eine Ausstellung über die Konzepte und Lösungen, womit ein möglichst breites Publikum erreicht werden sollte. Am Ende der ersten Konzeptphase konnten Studenten und Vertreter der lokalen Stadträte die Ergebnisse anschauen und evaluieren (vgl. VEIL 2013o). Die zweite Konzeptphase wurde mit einer Ausstellung im ehemaligen Fabrikgebäude der Firma Ericsson abgeschlossen. Direkt im Zentrum von Broadmeadows konnten sich die Anwohner ein Bild von der Arbeit machen, ihre Eindrücke schildern sowie Verbesserungsvorschläge unterbreiten (vgl. VEIL 2013p). Den Höhepunkt der Ausstellungsserie bildete schließlich eine zweiwöchige Ausstellung im Foyer des Gebäudes des Ministeriums für Umwelt und Klimawandel des Bundesstaates Victoria. Mit dieser Ausstellung konnte auf bundesstaatlicher Ebene die höchste politische Ebene erreicht werden (vgl. VEIL 2013q). Im weiteren Verlauf sollen diese Entwürfe durch die Stadt Hume weiterverfolgt werden und in die strategische Planung der Stadt einfließen (vgl. VEIL 2013r).

Urban Transition Øresund

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Laboren ist das *Urban Transition Øresund* Projekt ein zeitlich begrenztes Labor, das im Rahmen von INTERREG IV A⁴² durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert wird. Das Projekt läuft von September 2011 bis August 2014 und ist mit einem Gesamtbudget von 2,6 Mio. Euro ausgestattet, wovon die Europäische Union 1,3 Mio. Euro bereitstellt (vgl. INTERREG-OKS 2013).

Urban Transition Øresund ist somit ein grenzübergreifendes Projekt, das die Zusammenarbeit zwischen Schweden und Dänemark innerhalb der Øresund Region fördert mit dem Ziel einen Beitrag zur nachhaltigen Transformation der Øresund Region zu leisten. Dementsprechend setzt sich das Projekt aus den folgenden Projektpartnern zusammen, die aus dem Hochschulbereich und dem öffentlichen Bereich stammen:

- **Hochschulen:** Universität von Lund (Schweden), Universität von Malmö (Schweden), Universität von Roskilde (Dänemark), Universität von Aalborg (Dänemark) sowie die Schwedische Universität für Landwirtschaft;

⁴² INTERREG IV ist ein Förderprogramm der Europäischen Union, das die Zusammenarbeit zwischen Städten, Regionen und Mitgliedsstaaten der Europäischen Union fördern. Die Ausrichtung A – daher INTERREG IV A – steht für grenzübergreifende Zusammenarbeit. Sie dient der Weiterentwicklung der wirtschaftlichen und sozialen Zusammenarbeit in benachbarten Grenzregionen auf der Grundlage gemeinsamer Strategien und Entwicklungsprogramme (vgl. INTERREG.de 2013).

- **Öffentlicher Bereich:** Lokale Regierungsvertreter der Stadt Kopenhagen (Dänemark), Malmö (Schweden), Lund (Schweden), Ballerup (Dänemark) und Roskilde (Dänemark).

Außerdem hat die Umweltakademie der Øresund Region eine zentrale Bedeutung bei der Einbindung der relevanten regionalen Persönlichkeiten und Akteuren aus dem Bereich der Clean-Tech Unternehmen (vgl. Reimer et al. 2012a).

Das Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung grenzübergreifender Methoden und Werkzeuge zur Förderung einer nachhaltigen städtischen Entwicklung innerhalb der drei Bereiche: nachhaltige Planungsprozesse, nachhaltiger Bau und nachhaltige Finanzierung. Außerdem wird *Urban Transition Øresund* von einem Querschnittsprojekt begleitet, das explizit Methoden und Werkzeuge für eine gemeinschaftliche Zusammenarbeit im Bereich nachhaltiger städtischer Transformationsprozesse sowie die damit verbundenen Erfahrungen aufzeichnen soll (vgl. Reimer et al. 2012a)⁴³ Diese Methoden sollen vor allem der Verbesserung der Nachhaltigkeit von bereits vorhandenen sowie bei der Entwicklung bzw. Planung neuer nachhaltiger Wohn- und Bürogebäuden in der Øresund Region helfen. Der Ansatz der dabei verfolgt wird beinhaltet die Analyse von Fallbeispielen, vor allem von Pilotenprojekten. Das daraus extrahierte Wissen soll anschließend in anderen Projekten zur Anwendung kommen. Das gesamte Projekt soll dabei auf das Wissen der Universitätslandschaft und auf die praktischen Erfahrungen aus dem Clean-Tech Bereich, der Entwicklungsbranche und der Bauindustrie zurückgreifen und damit auch eine Brücke zwischen Wissenschaft und Praxis schlagen (vgl. Reimer et al. 2012a).

Die Veröffentlichung und Kommunikation der wesentlichen Projektergebnisse findet über Workshops, Seminare, Konferenzen, Treffen, Berichte und die Projekthomepage statt und soll dabei durch die Etablierung eines entsprechenden Kurses an der Universität von Aalborg unterstützt werden. Ferner werden die Ergebnisse innerhalb der Gemeinden und an den privaten Sektor kommuniziert (vgl. INTERREG-OKS 2013).

MUSIC – Mitigation in Urban Areas: Solutions for Innovative Cities

Auch *MUSIC – Mitigation in Urban Areas: Solutions for Innovative Cities* ist ein zeitlich begrenztes Projekt. Dieses wird allerdings im Rahmen von INTERREG IVB NWE⁴⁴

⁴³ Hier liegt bereits ein erster Bericht vor. Vgl. dazu Reimer et al. 2012b.

⁴⁴ INTERREG IVB NWE ist ein Programm der Europäischen Union zur Förderung der ökonomischen, ökologischen, sozialen und territorialen Umwelt im Nordwesten Europas – daher NWE. Dabei steht auch hier die transnationale Zusammenarbeit im Fokus der Förderung. Das Programm unterstützt grenzüberschreitende Anliegen mit übertragbaren Arbeitsmodelle und soll dabei helfen den

gefördert. Nach offiziellen Angaben läuft das Projekt seit April 2009 und soll im Juni 2014 auslaufen. Insgesamt stehen *MUSIC* rund 5,6 Mio. Euro zur Verfügung, wovon 2,8 Mio. Euro auf den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung entfallen. Gemäß der INTERREG Anforderungen ist auch *MUSIC* ein Projekt, das europäische Städte miteinander verbinden und die europäische Innovationspolitik vereinheitlichen soll (vgl. NWEUROPE 2013b). *MUSIC* ist ein Kooperationsprojekt zwischen den Städten Aberdeen (Schottland), Montreuil (Frankreich), Gent (Belgien), Ludwigsburg (Baden-Württemberg) und Rotterdam (Niederlande).

Gründungshintergrund

Das *MUSIC* Projekt wurde vor dem Hintergrund der gegenwärtigen (Stand: Oktober 2013) europäischen Energie- und Klimaschutzpolitik gegründet (vgl. *MUSIC* 2011a). Dabei verfolgt die Europäische Union die sogenannten „20-20-20-Ziele“; die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 20 %, Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien auf 20 % am Gesamtenergieverbrauch und Steigerung der Energieeffizienz um 20 %. Der Zeithorizont zur Erreichung dieser Ziele ist bis zum Jahr 2020 (vgl. BMWi 2013).

Auch in diesem Fall wird die Stadt als Problem und gleichzeitig als Teil der Lösung bei der Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele angesehen. Ferner ist man in allen fünf Städten der Überzeugung, dass diese Ziele einen Wandel erfordern, der in erster Linie durch innovative Pfade in institutioneller und sozialer Hinsicht erreicht werden kann. Dazu muss auch die Kooperation zwischen dem öffentlichen und privaten Sektors, der Wirtschaft, den Forschungs- und Bildungseinrichtungen und den Bürgern vor Ort gefördert werden (vgl. *MUSIC* 2011a).

Struktur und Organisation

Die Arbeit der einzelnen Städte geschieht unabhängig voneinander, jedoch gilt die Stadt Rotterdam als Hauptkoordinator des Projekts (vgl. TUDOR 2011). In Form eines Dialoges und Wissensaustausches sollen die Städte herausarbeiten, wie die Energiewende in der jeweiligen Stadt umgesetzt werden kann. Unterstützung bei der Erarbeitung der Projekte erhalten diese Städte durch die Forschungsinstitute DRIFT (Dutch Research Institute For Transition) in den Niederlanden sowie dem öffentlichen Forschungszentrum Henri Tudor in Luxemburg (vgl. *MUSIC* 2011a). Während das DRIFT die Städte vor allem in Fragen des Transition Management und Transition Strategien berät, liegt der Unterstützungsschwerpunkt des Henri Tudor Zentrums im Bereich der Umweltwissenschaften und -technologien; hier vor allem bei der

Innovationsprozess durch Wissensaustausch und durch die Verteilung der Innovationskosten beschleunigen (vgl. NWEUROPE 2013a).

Umweltmodellierung und Risikobeurteilung mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS) (vgl. MUSIC 2013b; MUSIC 2013c).

Die Organisation des Projekts wird in allen Städten durch drei Arbeitsgruppen mit Experten aus den jeweiligen Maßnahmen- und Zielbereichen durchgeführt. Diese Arbeitsgruppen werden Transition Teams bezeichnet und organisieren die sogenannten Transition Arenen in den jeweiligen Städten, die den Kern des Projektes bilden. An diesen Arenen können Personen, die nicht Mitglieder dieser Arbeitsgruppen sind teilnehmen und so ihre Anliegen, Ideen und Vorschläge einbringen (siehe „Der gemeinsame Innovationsprozess“ in diesem Abschnitt). Alle fünf Städte wenden den von DRIFT entwickelten Urban Transition Management Ansatz an, auf deren Grundlage Visionen für die Energiewende und ein Aktionsplan erarbeitet werden sollen (vgl. MUSIC 2011a). Ferner treffen sich seit November 2010 die Arbeitsgruppen alle 6 Monate um sich über den Verlauf der Projekte, neue praktische sowie wissenschaftliche Erkenntnisse auszutauschen. Die Ergebnisse und die Bekanntmachung dieser Treffen werden über den Internetauftritt von *MUSIC* publiziert (vgl. MUSIC 2013d).

Ausrichtung und Ziele

Neben dem internationalen Wissens- und Innovationsaustausch werden mit *MUSIC* drei Innovationsschwerpunkte verfolgt. Den ersten Schwerpunkt stellt das Transition Management dar; hierbei sollen Innovationen bzgl. der Art und Weise in der örtlichen Zusammenarbeit der Akteure bei der CO₂-Reduktion geschaffen werden. Die Geografischen Informationssysteme (GIS) stellen den zweiten Hauptinnovationsschwerpunkt von *MUSIC*. In diesem Fall sollen Innovationen bei der Verwendung von GIS-Daten bei der CO₂-Vermeidung geschaffen entwickelt werden. Und schließlich stehen im Rahmen von Pilotprojekten Innovationen zur Senkung CO₂-Emissionen in öffentlichen Gebäuden im Zentrum (vgl. MUSIC 2011a). Das Anliegen von *MUSIC* ist einen Beitrag zu den ehrgeizigen umweltpolitischen Zielen der Europäischen Union zu leisten (vgl. MUSIC 2013a).

Finanzierung

Siehe Einleitung zu diesen Fallbeispiel.

Der gemeinsame Innovationsprozess

Im Rahmen von *MUSIC* erfolgt eine starke Orientierung an den Prinzipien des Urban Transition Management (UTM), welche aus dem Transition Management abgeleitet wurden. Hierzu wurde speziell für *MUSIC* durch das niederländische

Forschungsinstitut DRIFT eine Anleitung im Umgang mit dem Urban Transition Management erstellt (vgl. MUSIC 2011b; Nevens et al. 2013: 116). Das Zentrum des UTM bildet eine sogenannte Transition Arena, die Raum für Innovationen durch Vorreiter schafft. Um ein verstärktes Lernen innerhalb von Gruppen zu ermöglichen und zur Steigerung der Gruppeneffektivität durch kleine Gruppen, sollte diese Arena nicht größer sein als 10-15 Personen. Gleichzeitig stellt diese Arena eine Interessenskoalition dar, welche ein vorhandenes Problem angehen möchte und in der Lage ist dieses Problem in eine zukünftige Vision umzuwandeln sowie eine Agenda im Umgang mit dem Problem zu erarbeiten (vgl. MUSIC 2013b: 8f.).

Die Mitglieder dieser Arena zeichnen sich dabei durch unterschiedliches Hintergrundwissen aus, sie verfolgen keine Partikularinteressen einer Organisation, sondern treten als selbständige Persönlichkeiten auf (Mentalität der Namensschilder ohne Organisation), sie haben ein Verständnis für komplexe Zusammenhänge und können diese reflektieren, sie sind in der Lage Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen zu verstehen und aufzunehmen, sie können mit einer gewissen Autorität innerhalb der Netzwerke umgehen, sie müssen Visionen innerhalb ihrer Netzwerke kommunizieren und erklären können und schließlich müssen sie offen sein ggü. innovativen Mitteln und Pfaden bei der Lösung komplexer Probleme und keine vorgefertigten Probleme verfolgen (vgl. MUSIC 2013b: 9).

Der Prozess des UTM ist dabei ein zyklischer Prozess, der aus 5 Phasen besteht und auf unterschiedlichen Ebenen abläuft. Abbildung Anhang B gibt die Phasen des Prozesses wieder und fast gleichzeitig die wesentlichen Aktivitäten, Ergebnisse, die relevanten Stakeholder sowie mögliche Methoden innerhalb der einzelnen Phasen zusammen. Der Urban Transition Management Prozess orientiert sich in diesem Fall explizit am Ansatz der Living Labs (vgl. Nevens et al. 2013: 115f.).

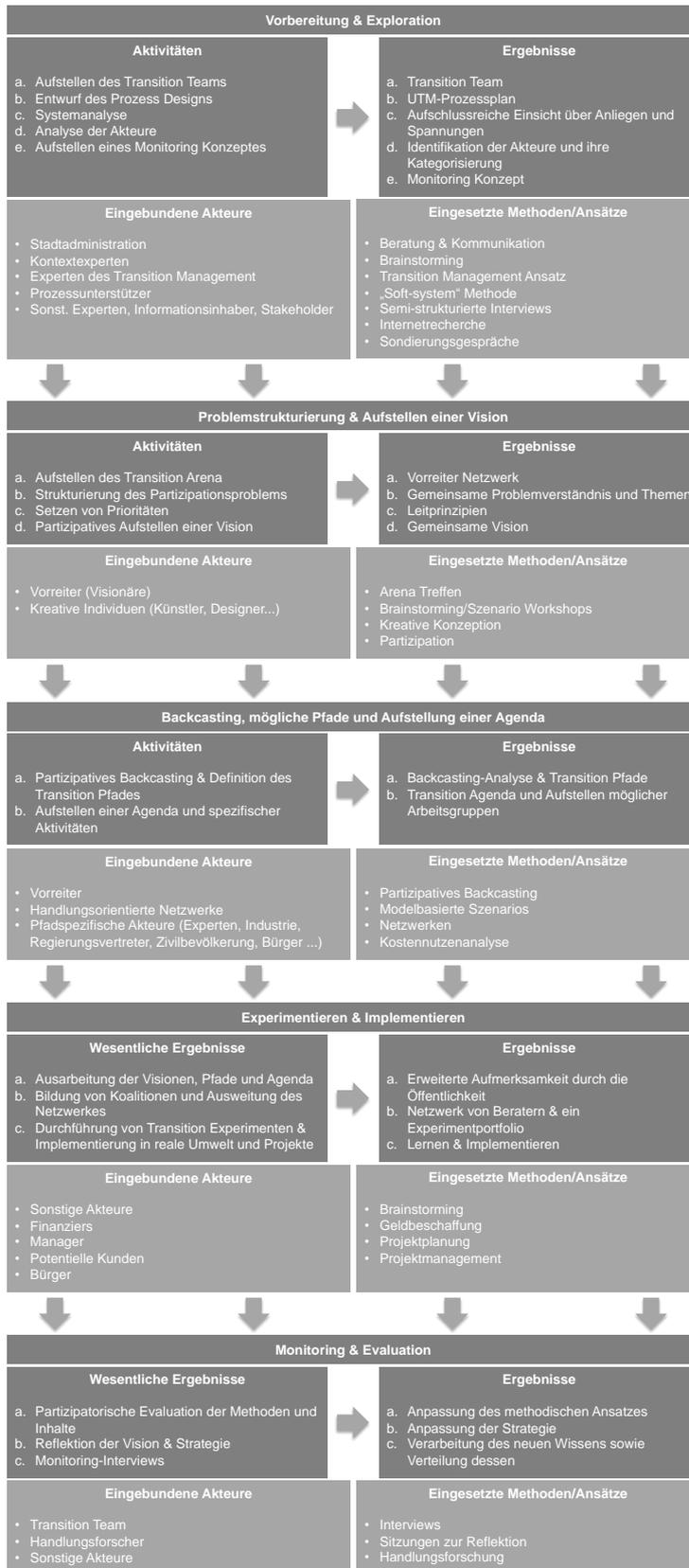


Abbildung Anhang B: Struktureller Ablauf eines "Urban Transition Management" Prozesses (Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an MUSIC 2011b, 10; Nevens 2013, 116)

MUSIC-Projektbeispiele

Im Rahmen von *MUSIC* werden insgesamt fünf Pilotprojekte durchgeführt. Jede Stadt implementiert dabei jeweils eines dieser Projekte. Im Rahmen dieser Projekte stehen einerseits neue Formen der Beteiligung und die Einbindung einer möglichst großen Bandbreite an unterschiedlichen Akteuren wie Bürger, Studenten, Lehrer und Privatorganisationen. Andererseits sollen Maßnahmen umgesetzt werden, die zur Reduktion der CO₂-Emissionen beitragen. Stadtübergreifend wird außerdem die Entwicklung eines GIS-Tools durchgeführt, das Städte bei der Umsetzung ihrer energie- und klimapolitischen Pläne unterstützen soll. Auch die Anwendung des von DRIFT entwickelten Urban Transition Management erfolgt in allen Städten. In den beiden letzteren Fällen dienen diese fünf Städte als reale Anwender des GIS-Tools und des Urban Transition Management Ansatzes und ermöglichen so die Entwicklung unter der Berücksichtigung realer Einsatzbedingungen. Das GIS-Tool steht bereits als Open-Source-System auch anderen Städten zur Verfügung (vgl. MUSIC 2011a). Nachfolgend sollen die Projekte in Ludwigsburg, Aberdeen und Montreuil skizziert werden.

Die Stadt Ludwigsburg (Baden Württemberg)

Im Stadtteil Grünbühl-Sonnenberg der Stadt Ludwigsburg konnte ein Kinder- und Familienzentrum neugebaut und eröffnet werden, das den aktuellen energetischen Standards entspricht. Dieses Zentrum bildet mit dem angrenzenden Bürger- und Jugendhaus das Mehrgenerationenhaus ⁴⁵ Grünbühl-Sonnenberg (vgl. Stadt Ludwigsburg 2011). Abgesehen von der generationenübergreifenden Begegnung, sollen sich die Bürger über Maßnahmen zur Energieeinsparung informieren können und einen Einblick in die in diesem Gebäude eingesetzten Technologien und Maßnahmen erhalten. Ferner wurden die Einwohner des Stadtteils in Treffen und bei der Umsetzung der Maßnahmen eingebunden (vgl. MUSIC 2013e). Der Stadtteil Grünbühl-Sonnenberg zählt dabei zu den sozial und wirtschaftlich benachteiligten Stadtteilen von Ludwigsburg (vgl. MUSIC 2011a).

Im Rahmen des Transition Management Prozesses konnte die Stadt Ludwigsburg durch die Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Vorreitern im Rahmen von neun „Arenen“-Treffen in den Jahren 2011 und 2012 eine Vision und zahlreiche Ideen zur Erreichung dieser Visionen erarbeiten. Gegenwärtig (Stadt Oktober 2013) wird über die Realisierung dieser Ideen und deren Umsetzung in Maßnahmen nachgedacht. Auch das durch das luxemburgische Forschungszentrum entwickelte Open-Source GIS-Tool

⁴⁵ Mehrgenerationenhäuser sind Einrichtungen, die zentrale Begegnungsorte darstellen. Sie sollen Raum für generationenübergreifende Aktivitäten schaffen und das nachbarschaftliche Miteinander fördern (vgl. BMFSFJ 2013).

wird von der Stadt genutzt und stetig mit zusätzlichen Informationen gespeist (vgl. MUSIC 2013e).

Die Stadt Aberdeen (Schottland)

In der Stadt Aberdeen werden am alten Schulgebäude einer Grundschule Energieeffizienzmaßnahmen durchgeführt und das Thema der Energieeffizienz mit Schülern, Lehrern sowie den Eltern erläutert und bearbeitet (vgl. MUSIC 2011a). Im Rahmen des bisherigen Projektverlaufs konnte mit Hilfe von *MUSIC* eine Photovoltaik-Anlage auf das Dach der Grundschule installiert werden (vgl. MUSIC 2013e). Die Anlage wurde am 18. Juni im Rahmen einer lokalen Veranstaltung in Betrieb genommen und erfuhr von der lokalen Presse eine gewisse Aufmerksamkeit. Schließlich ist diese Grundschule das erste Gebäude der Stadt Aberdeen, das Strom aus Sonnenenergie erzeugen und nutzen wird. Durch langfristige Budgeteinsparungen erhofft sich die Grundschule, dass die eingesparten monetären Mittel dem Schulbudget zu gute kommen (vgl. stv-news 2013). Nach der Installation der Solaranlage sollen nun Bildungsmaßnahmen z. B. in Form eines altersgerechten Online-Spiels zu Energie, Energieeffizienz und erneuerbaren Energien folgen (vgl. MUSIC 2013e). Ferner sollen die Schüler in den Monitoring-Prozess der Anlage aktiv eingebunden werden (vgl. Stadt Aberdeen 2013a).

Im Rahmen des Urban Transition Management konnte die Stadt in Kooperation mit unterschiedlichen Akteuren eine Vision und Leitprinzipien für das Jahr 2050 entwickeln (vgl. Stadt Aberdeen 2012). Anschließend wurden in mehreren Workshops mögliche lang-, mittel- und kurzfristige Pfade zur Umsetzung dieser Visionen ausgearbeitet. Dabei stehen physikalische und virtuelle Vernetzung, CO₂-arme Mobilitäts- und Transportsysteme, Gleichberechtigung beim Zugang zu erneuerbaren Energien, aktives Bürger- und Gemeindeleben sowie die persönliche und berufliche Weiterbildung auf Basis unterschiedlicher Lernmöglichkeiten im Fokus (vgl. Stadt Aberdeen 2013b). Mit insgesamt 30 Akteuren der Stadt Aberdeen konnten darauf aufbauend kurzfristige Maßnahmen entwickelt werden. Zur Umsetzung dieser Maßnahmen haben sich sechs Arbeitsgruppen gebildet (vgl. Stadt Aberdeen 2013a).

Im Rahmen der Implementierung des GIS-Tools hat auch die Stadt Aberdeen eine Verwendung für dieses gefunden. Beispielsweise werden Karten zu Brennstoffverfügbarkeit in Aberdeen erstellt und ein 3D-Modell der Loirston Grundschule, sodass sich die Schüler über ihre Umgebung und Umwelt informieren können (vgl. Stadt Aberdeen 2013a).

Die Stadt Montreuil (Frankreich)

Das Pilotprojekt in Montreuil umfasst den Bau einer neuen Schule mit einer positiven Energiebilanz – die Gebäude der Schule sollen mehr Energie produzieren als sie verbrauchen. Neben der technischen Herausforderung sollen vor allem Bewohner des betroffenen Viertels, die Lehrer und auch die Schüler dieser Schule in den Bau einbezogen werden (vgl. MUSiC 2011a). Die Kosten für den Bau der Schule belaufen sich auf ca. 15 Mio. Euro, wovon ein Teil durch *MUSIC* finanziert wird (vgl. MUSIC 2013f). Der Bau dieser Schule ist bereits im vollen Gange. Eine Besonderheit bei der Planung dieser Schule war die enge Zusammenarbeit zwischen Landschaftsplanern und Architekten, die einerseits mit einer sehr begrenzten räumlichen Verfügbarkeit umgehen mussten – die Schule wurde inmitten einer Gartenanlage gebaut – und andererseits hohe Ökologische hinsichtlich Wasser, Energie und Baumaterialien erfüllen mussten (vgl. MUSIC 2013g: 8).

Bei der Anwendung des Transition Management Prozesses konnten auch in Montreuil Fortschritte erzielt werden. So konnte in Zusammenarbeit mit den Vorreitern eine Vision und im Backcasting-Prozess 300 Maßnahmen zur Erreichung dieser Vision identifiziert werden (vgl. MUSIC 2012: 5). In den darauffolgenden Workshops wurden diese Maßnahmen zu sieben „Lösungskarten“ gruppiert. Diese Karten enthalten jeweils einen prägnanten Spruch, eine erfundene Kurzgeschichte für die Zukunftslösung, das Problem und die Lösung, sowie einige Gründe, um daran zu glauben (vgl. MUSIC 2013e). Mit der Umsetzung einiger dieser Maßnahmen konnte bereits begonnen werden (vgl. MUSIC 2013g: 7).

Das GIS-Tool wird von Montreuil in den Bereichen der Brennstoffverfügbarkeit, der Einbindung von Bürgern und Hauskooperationen bei der Planung von Photovoltaikanlagen und der Sanierung eingesetzt (vgl. MUSIC 2013g: 14). Außerdem arbeitet die Stadt Montreuil mit unterschiedlichen Organisationen zusammen, die sie bei der Implementierung des GIS-Tools unterstützen (vgl. MUSIC 2012: 5).

Auch in den Städten Rotterdam und Gent konnten ähnliche Erfolge und Fortschritte bei der Umsetzung der Pilotprojekte und bei der Anwendung des Transition Management Prozesses sowie des GIS Tools erzielt werden.

Die Bedeutung des DRIFT und Henri Tudor Forschungsinstitutes

Wie bereits dargestellt werden die Städte bei ihren Vorhaben durch die Institute DRIFT (Niederlande) und Henri Tudor (Luxemburg) begleitet. Die Aufgabe des letzteren Institutes bestand in der Unterstützung und Betreuung der Städte bei der Implementierung und Anwendung des GIS-Tools. Dazu wurde durch das Henri Tudor

Institut das GIS-Tool iGUESS⁴⁶ entwickelt, das zunächst den kooperierenden Städten und mittlerweile jedoch über das Internet allen öffentlich als Open-Source Software zur Verfügung steht. Das Entwicklerteam war vor allem mit der Verbesserung der Anwendung und mit dem Erstellen von Algorithmen für die einzelnen Kataster beschäftigt. Mittlerweile arbeiten auch Entwickler und Studenten anderer Universitäten am GIS-Tool (vgl. MUSIC 2013e).

Das DRIFT Institut unterstützt die Städte vor allem bei Fragen der methodischen Umsetzung des von DRIFT entwickelten Transition Management Prozesses. Ferner ist das Institut für die wissenschaftliche Dokumentation und Publikation des Fortschritts sowie die Diffusion der Projektergebnisse. So hat DRIFT das Projekt im Laufe der Zeit auf unterschiedlichen Konferenzen über den Globus verteilt vorgestellt. Mit Hilfe von *MUSIC* konnte DRIFT ihren Transition Management Ansatz in die Tat umsetzen und im realen Umfeld ausprobieren und damit weiterentwickeln (vgl. MUSIC 2013e).

⁴⁶ Auf „iGUESS“ kann unter folgender Internetadresse zugegriffen werden: <http://iguess.tudor.lu>.

Quellen Anhang B

- BMFSFJ (2013): Mehrgenerationenhäuser – Was ist ein Mehrgenerationenhaus?. URL: <http://www.mehrgenerationenhaeuser.de/was-ist-ein-mehrgenerationenhaus-> [06.10.2013].
- BMWi (2013): Energiepolitik – Europäische Energiepolitik. URL: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiepolitik/europaeische-energiepolitik.html> [05.10.2013].
- Lindholmen Science Park (2013a): CLOSER – Swedish Mobilization in Logistics & Transport. URL: <http://www.lindholmen.se/en/node/18848> [30.09.2013].
- Lindholmen Science Park (2013b): Sendsmart – Project for sustainable urban freight transport. URL: <http://www.lindholmen.se/en/activities/closer/sendsmart> [30.09.2013].
- Lindholmen Science Park (2013c): Go:Smart – Traveller centered development of an innovative service for sustainable transportation people. URL: <http://www.lindholmen.se/sv/node/27140> [30.09.2013].
- Mistra Urban Futures (2013a). Mistra Urban Futures – Organisation. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/sv/about-us/organisationstartside> [18.08.2013].
- Mistra Urban Futures (2013b). Mistra Urban Futures – Board of Directors. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/en/about-us/board-directors> [18.08.2013].
- Mistra Urban Futures (2013c). Mistra Urban Futures – Consortium. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/en/about-us/consortium> [18.08.2013].
- Mistra Urban Futures (2013d): Gothenburg – Thriving Business. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/en/node/4> [30.09.2013].
- Mistra Urban Futures (2013e): Mistra Urban Futures – SENDSMART. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/en/project/sendsmart> [30.09.2013].
- Mistra Urban Futures (2013f): Mistra Urban Futures – GO:SMART. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/en/project/gosmart> [30.09.2013].
- Mistra Urban Futures (2013g): A City Structure Adapted to Climate Change. URL: <http://www.mistraurbanfutures.org/en/project/city-structure-adapted-climate-change-pilot-project-2010-2011> [30.09.2013].
- MUSIC (2011a): Mitigation in Urban Areas: Solutions for Innovative Cities. Broschüre. URL: http://www.themusicproject.eu/_doc/Englishversionv06_1732346366.pdf [04.10.2013].

- MUSIC (2011b): Urban Transition Management Manual – ‚Navigator‘ of the MUSIC project. URL: http://www.themusicproject.eu/_doc/Second-Version-Urban-Transition-Managment-Manual_243221928.pdf [04.10.2013].
- MUSIC (2012): Visual Memory Aid Meeting Ghent – MUSIC Partner Meeting. URL: http://www.themusicproject.eu/_doc/Visual-Memory-Aid-MUSIC-meeting-Ghent-small_1474639843.pdf [07.10.2013].
- MUSIC (2013a): The MUSIC Project. URL: <http://www.themusicproject.eu> [04.10.2013].
- MUSIC (2013b): Partner: DRIFT. URL: <http://www.themusicproject.eu/partners/drift> [04.10.2013].
- MUSIC (2013c): Partner: CRP Henri Tudor. URL: <http://www.themusicproject.eu/partners/crphenritudor> [04.10.2013].
- MUSIC (2013d): Events – Past event: 5th MUSIC partner meetinf in Ghent + Mid Term Conference. URL: <http://www.themusicproject.eu/events/p15vm26za2ym/past-event-5th-music-partner-meeting-in-ghent-mid-term-conference> [04.10.2013].
- MUSIC (2013e): MUSIC NEWSLETTER – April 2013. URL: http://www.themusicproject.eu/_doc/MUSIC-Newsletter-april-2013_1705498668.pdf [06.10.2013].
- MUSIC (2013f): Partner: Montreuil. URL: <http://www.themusicproject.eu/partners/montreuil> [07.10.2013].
- MUSIC (2013g): Visual Memory Aid Meeting Montreuil – MUSIC Partner Meeting: ‚Celebrating Results!‘. URL: http://www.themusicproject.eu/_doc/Visual-Memory-Aid-Montreuil-af_21967350.pdf [07.10.2013].
- Nevens, F.; Frantzeskaki, N.; Gorissen, L. & Loorbach, D. (2013): Urban Transition Labs: co-creating transformative action for sustainable cities. *Journal of Cleaner Production* 50(0): 111-122.
- Nevens, F.; De Weerd, Y.; Vrancken, K. & Vercaemst, P. (2012): Transition in research, research in transition. When technology meets sustainability. VITO (Flemish Institute for Technological Research), Mol, Belgium: VITO ‘Vision on Transition’ series, n°1. URL: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=RedirectURL&_method=externObjLink&_locator=url&_issn=22106707&_origin=article&_zone=art_page&_plusSign=%2B&_targetURL=http%253A%252F%252Fwww.vito.be%252FNR%252Frdonlyres%252F026CBF52-CEA7-4BEE-9C6B-E538C624C209%252F0%252FTransitie_final.pdf [13.08.2013].

- NWEUROPE (2013a): The programme – Mission. URL: http://www.nweurope.eu/index.php?act=page&page_on=about&id=42 [04.10.2013].
- NWEUROPE (2013b): INTERREG IVB NWE Project Search – Mitigation in Urban areas: Solutions for Innovative Cities. URL: http://www.nweurope.eu/index.php?act=project_detail&id=5351 [04.10.2013].
-
- Polk, M.; Malbert, B. & Kain, J.-H. (2009). Mistra Urban Futures: The Göteborg Center of Excellence For Sustainable Urban Futures.
- Polk, M.; Kain, J.-H. & Holmberg, J. (2012). Mistra Urban Futures - A living Laboratory for Urban Transformation.
- Ryan, C. (2013). Eco-Acupuncture: designing and facilitating pathways for urban transformation, for a resilient low-carbon future. *Journal of Cleaner Production*. 50(0): 189-199.
- Ryan, C. (2012a). EcoLab, Part I – A Jump toward Sustainability. *Journal of Industrial Ecology* 5(3): 9-12.
- Ryan, C. (2012b). EcoLab, Part II – Learning from the Information Technology Revolution. *Journal of Industrial Ecology* 5(4): 6-9.
- Stadt Aberdeen (2013a): MUSIC e-Bulletin – Juli 2013. URL: <http://www.aberdeencity.gov.uk/nmsruntime/saveasdialog.asp?IID=52938&SID=22343> [06.10.2013].
- Stadt Aberdeen (2013b): MUSIC e-Bulletin – April 2013. URL: <http://www.aberdeencity.gov.uk/nmsruntime/saveasdialog.asp?IID=49966&SID=22343> [06.10.2013].
- Stadt Ludwigsburg (2011): Richtfest für das Kinder- und Familienzentrum Grünbühl-Sonnenberg. Pressemitteilung, 28.10.2011. URL: https://www.ludwigsburg.de/Lde/start/stadt_buerger/Richtfest+fuer+das+Kinder_+und+Familienzentrum+Gruenbuehl_Sonnenberg.html [06.10.2013].
- stv-news (2013): School first in Aberdeen to install solar panels to save money. Pressemitteilung, 18.07.2013. URL: <http://news.stv.tv/north/229832-school-first-in-aberdeen-to-install-solar-panels-to-save-money/> [06.10.2013].
- TUDOR – Public Research Centre Henri Tudor (2011): Music gegen CO2. Pressemitteilung, 19.10.2011. URL: http://www.themusicproject.eu/_doc/1650948408_CRP_revue_19-10-11.pdf [04.10.2013].

- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013a). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: History & Partners. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/about-veil/30-history-and-partners> [15.08.2013].
- VEIL (2013b). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: Prof. Chris Ryan. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/about-veil/453-prof-chris-ryan> [15.08.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013c). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: VEIL Staff. <http://www.ecoinnovationlab.com/about-veil/31-staffing-and-management> [15.08.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013d). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: Process – Future Vision. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/about-veil/4-process> [15.08.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013e). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: Purpose. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/about-veil/2-presentation> [09.07.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013f). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com> [15.08.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013g). VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab: What is Eco-Acupuncture. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/eco-acupuncture/109-eco-acupuncture-2010/365-what-is-eco-acupuncture> [15.08.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013h): Transforming Institutional Responses to Climate Extremes. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/research/current-research/448-design-led-institutional-transformation-for-resilience-to-climate-extremes> [01.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013i): Visions of Resilience – Creswick 2037. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/visions-of-resilience/512-creswick-2037> [01.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013j): Visions of Resilience – Anglesea 2037. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/visions-of-resilience/511-anglesea-2037> [01.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013k): Current Research – How does VEIL „reveal the present“?. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/research/current-research> [01.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013l): Design Workshops – Broadmeadows 2032: Workshop. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/design-workshops/261-broadmeadows-workshop> [01.10.2013].

- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013m): Design Workshops – Broadmeadows 2032: Design Event. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/design-workshops/303-broadmeadows-design-event> [01.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013n): Project Introduction – Broadmeadows in 2010. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/revisioning-broadmeadows/103-broadmeadows-intro/346-images-of-broadmeadows> [01.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013o): Exhibitions – Broadmeadows Exhibition: March 2010. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/exhibitions/350-exhibition-march-2010> [03.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013p): Exhibitions – Vision Broadmeadow 2032: Exhibition. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/exhibitions/354-exhibition-vision-broadmeadows-2032> [03.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013q): Exhibitions – Eco-Acupuncture 2010 at Sustainability Victoria. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/exhibitions/366-eco-acupuncture-2010-sustainability-victoria> URL [03.10.2013].
- VEIL – Victorian Eco-Innovation Lab (2013r): Broadmeadows 2032. URL: <http://www.ecoinnovationlab.com/revisioning-broadmeadows> [03.10.2013].
- INTERREG-OKS (2013). Project List Öresund – Urban Transition Øresund. URL: <http://www.interreg-oks.eu/en/Menu/Projects/Project+List+Öresund/Urban+Transition+Øresund> [20.08.2013].
- INTERREG.de (2013). INTERREGProgramm. URL: http://www.interreg.de/cIn_032/nn_458084/INTERREG/DE/Programm/programm__node.html?__nnn=true [20.08.2013].
- VINNOVA (2013): VINNOVA – Sweden's Innovation Agency. URL: <http://www.vinnova.se/en/> [30.09.2013].

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Datum: _____

Unterschrift: _____