

# **IEA International Smart Grid Action Network (ISGAN) Annex 7 III: Smart Grid Transitions – On Institutional Change**

K. Kubeczko, M. Gasser, A. Wang

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**27/2024**

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren: Klaus Kubeczko, Maximilian Gasser, Anna Wang (AIT – Austrian Institute of Technology)

Wien, 2024

# IEA International Smart Grid Action Network (ISGAN) Annex 7 III: Smart Grid Transitions – On Institutional Change

Klaus Kubeczko, Maximilian Gasser, Anna Wang  
AIT – Austrian Institute of Technology

Wien, Oktober 2023

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM  
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Projekthalt</b> .....	<b>12</b>
	4.1. Inhalte und Ziele .....	12
	4.2. Partnerländer .....	14
	4.3. Methoden und Vorgehensweise.....	15
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>16</b>
	5.1. Denzentralisierte Energiesysteme – Neue Rationalitäten am Grid-Edge .....	16
	5.1.1. Papier #1 “Decentralised Energy Futures. Emerging rationales of energy system organisation” .....	16
	5.1.2. Papier #2 “Decentralised Energy Futures: Pathways and Lock-Ins towards emerging new logics of energy-system organization” .....	19
	5.2. Regulatorisches Experimentieren .....	20
	5.3. Transformative Readiness Level .....	25
	5.4. Übersicht der veröffentlichten und eingereichten Publikationen.....	27
<b>6</b>	<b>Vernetzung und Ergebnistransfer</b> .....	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen</b> .....	<b>40</b>

# 1 Kurzfassung

ISGAN Working Group 7 beschäftigt sich mit der Transition des Energiesystems und schwerpunktmäßig mit institutionellen und sozio-technischen Fragenstellungen. Ziel der Working Group ist es, internationale Erfahrungen und interdisziplinäre Forschungsaktivitäten zum Thema Smart Grid Transitions zu bündeln, aufzubereiten und für Policy Maker nutzbar zu machen.

Die Technology Roadmap Smart Grids der Internationalen Energieagentur (OECD/IEA 2011) stellte fest, dass die breite Einführung von Smart Grids eine weit über die technische Machbarkeit hinausgehende, tiefgreifende Transformation innerhalb des Energiesystems darstellt. Seit dem Pariser Klimagipfel 2015 (COP21) wird dies im Zusammenhang mit der Integration erneuerbarer Energieressourcen noch unterstrichen. Zukünftige Energiesysteme werden daher auch funktional (sozio-technisch) stärker integriert sein. ISGAN WG 7 unterscheidet daher vier Dimensionen der sozio-technischen Transition von etablierten elektrischen Energienetzen hin zu distribuierten Smart Grids: Technologien, Akteure/Nutzer:innen, Institutionelle Strukturen/Netzwerke und Governanceprozesse.

Das Projekt umfasste die Koordination der Working Group 7 (vormals Annex 7) als “standing working group” in der Funktion als Working Group Manager (vormals Operating Agent), die Dissemination der Ergebnisse auf nationaler Ebene sowie die Koordination und Durchführung von Aktivitäten / Tasks im Rahmen des Programme of Work (PoW). Die Tasks wurden in Zusammenarbeit mit dem Team an nationalen Expert:innen aus mehr als zehn Ländern als gemeinsame Aktivitäten durchgeführt und Outputs generiert. Diese Aktivitäten basierten auf den Methoden der sozial-, wirtschafts- und geisteswissenschaftlichen Forschung zu institutionellen Rahmenbedingungen der Transition, insbesondere zu Fragen der Governance und zur Entwicklung von Prozessen zur breiten Partizipation relevanter gesellschaftlicher Gruppen am Smart Grids Transitionsprozess.

Die Ergebnisse der Arbeiten aus den drei Tasks wurden in Policy Communications, mehreren Stakeholder-Workshops und Webinaren der Politik, der Energiewirtschaft und anderen Stakeholder-Gruppen (einschließlich Regulierungsbehörden) zur Verfügung gestellt. Die Vernetzung der Expert:innen und der wissenschaftliche Austausch erfolgten durch Beteiligung an wissenschaftlichen Konferenzen und Workshops. Unter Verwendung einer LinkedIn Diskussionsgruppe zu Smart Grid Transition (<https://www.linkedin.com/groups/7489503>) wurde ein Netzwerk von gegenwärtig mehr als 144 Expert:innen und Praktiker:innen aufgebaut und betrieben, das auch für österreichische Expert:innen, Praktiker:innen und Forscher:innen auf Anfrage offensteht.

In den 3 Tasks der WG 7 wurden in der Periode von 2020-2023 folgende Ergebnisse erzielt:

## Task 1 – Transition Processes and Pathways:

Es wurden mehrere Formate für die Beteiligung von neuen und etablierten Stakeholdern und Akteuren entwickelt und umgesetzt. Für die Arbeiten in Task 2 konnte eine Community of Practice für den internationalen Wissensaustausch von Policy Makern aus Ministerien und Stakeholdern wie Regulierungsbehörden und Förderagenturen aus mehr als zehn Ländern aufgebaut und erfolgreich etabliert werden. Weiters wurde ein ISGAN-Wiki Tool entwickelt, um die Kommunikation über Sektoren, Disziplinen, nationale Kontexte/Gesetze/Paradigmen hinweg zu verbessern und um ein gemeinsames Verständnis zu Smart Grid Narrativen zu erarbeiten. Die Veröffentlichung ist für 2024 geplant.

### Task 2 – Smart Reflexive Governance:

Die mehrjährige Beschäftigung mit dem Thema „Regulatorisches Experimentieren“ hatte auf nationaler Ebene einen bedeutenden Einfluss auf die Ausgestaltung des Energie.Frei.Raum Programms<sup>1</sup> des BMK zur Förderung von Sandboxes und die dafür erforderlichen gesetzlichen Grundlagen, die im EAG 2021 vom Parlament beschlossen wurden. Österreich ist mit Energie.Frei.Raum auch am internationalen Wissensaustausch in der ISGAN Sandbox Community of Practice vertreten. Diese und andere Aktivitäten haben zur Erkenntnis geführt, dass durch Experimentieren in Sandboxes regulatorisches Lernen ermöglicht wird. 2021 wurden dem Clean Energy Ministerial diesbezügliche Empfehlungen vorgelegt. Die Erkenntnisse aus den Arbeiten flossen 2023 auch in ein Dokument der Europäischen Kommission zu Regulatory Learning in der EU {SWD(2023) 277 final} ein.

Weiters lag ein Schwerpunkt auf den FTI-politischen Herausforderungen in der Gestaltung von missionsorientierter Förderprogrammen und -Instrumenten, die in Zusammenhang mit dem Kriterium der Technologiereife stehen. Diese stehen im Zusammenhang mit der Kritik am etablierten Technology Readiness Level (TRL) Ansatz und der Frage ob bzw. warum er transformative Innovation blockiert. In Europa sind politische Entscheidungsträger:innen, die für die Einrichtung von Forschungs- und Innovationsprogrammen für die Energiewende verantwortlich sind, mit der Beschränkung auf angebotsorientierte F&E Projekte konfrontiert, da die Festlegung der TRL-Logik als zentralem Kriterium die Förderung von missions- und nachfrageseitig-orientierten F&E Projekten kaum ermöglicht. Unterschiedliche alternative, bzw potentiell komplementäre Readiness Konzepte wurden identifiziert: Societal Readiness, Scaling Readiness, Socio-technical Innovation Maturity, (Combined) Market Readiness, Demand Readiness, Institutional Readiness, Organisational Readiness, Commercial Readiness, ... Im Rahmen der Entwicklung der Strategischen Forschungsagenda der Europäischen Clean Energy Transition Partnership, und der ersten Ausschreibungen wurden einige der Readiness Konzepte komplementär eingeführt.

### Task 3 – Smart Grid Transitions and Institutionalizations:

Die Arbeiten schafften ein erweitertes Verständnis der Rationalitäten zunehmend dezentralisierter Energiesysteme und der damit einhergehenden Rollen neuer und etablierter Akteure am Grid-Edge, d.h. in lokalen Stromnetzen. So wurde festgestellt, dass für zukünftige Dezentralisierungskonfigurationen Wertorientierung (individuell versus kollektiv) und Serviceorientierung (Selbstversorgung versus Systemdienlichkeit) der Haushalte und Unternehmen ausschlaggebend sein werden. Als zentrale Akteure am Grid-Edge sind sie nicht mehr ausschließlich Empfänger einer Energiedienstleistung; vielmehr können sie sowohl als PV-Stromerzeuger, durch Demand-Response und oder als Speicherakteure als Anbieter von Flexibilitätsdienstleistung gegenüber dem Netzbetreiber agieren und damit einen Beitrag zur Daseinsvorsorge leisten. Weiters wurden unterschiedliche Lock-Ins identifiziert und Fälle beschrieben, wie Entscheidungen Pfadabhängigkeiten verursachen, die die Geschwindigkeit und Richtung der Transition und die Ausrichtung des zukünftigen Energiesystems bestimmen.

---

<sup>1</sup> <https://www.ffg.at/Energie.Frei.Raum>

## 2 Abstract

ISGAN Working Group 7 (WG 7) deals with the transition of the energy system and focuses on institutional and socio-technical issues. The aim of the working group is to bundle international experiences and interdisciplinary research activities on the topic of smart grid transitions, prepare them and make them usable for policy makers.

The International Energy Agency's Technology Roadmap Smart Grids (OECD/IEA 2011) stated that the widespread introduction of smart grids represents a profound transformation within the energy system that goes well beyond technical feasibility. Since the 2015 Paris Climate Summit (COP21), this has been further emphasized in the context of the integration of renewable energy resources. Future energy systems will therefore also be more functionally (socio-technically) integrated. ISGAN WG 7 therefore distinguishes four dimensions of the socio-technical transition from established electrical energy networks to distributed smart grids: technologies, actors/users, institutional structures/networks and governance processes.

The project included the coordination of Working Group 7 (formerly Annex 7) as a “standing working group” in the function of Working Group Manager (formerly Operating Agent), the dissemination of the results at national level and the coordination and implementation of activities/tasks within the framework of the Program of Work (PoW). The tasks were carried out and outputs were generated in collaboration with the team of national experts from more than 10 countries. The activities were based on the methods of social science, economics and humanities research on institutional framework conditions of the transition, in particular on questions of governance and on the development of processes for the broad participation of relevant societal groups in the Smart Grids transition process.

The results of the work from the three tasks were made available to politicians, policy makers, the energy industry and other stakeholder groups (including regulatory bodies) in policy communications, several stakeholder workshops and webinars. The experts' networking and scientific exchange took place through participation in scientific conferences and workshops. Using a LinkedIn discussion group on Smart Grid Transition (<https://www.linkedin.com/groups/7489503>), a network of currently more than 144 experts and practitioners is active. It is also available to Austrian experts, practitioners and researchers upon request is open.

Results were achieved in the 3 tasks of WG 7 in the period from 2020-2023:

Task 1 – Transition Processes and Pathways:

Several formats for the participation of new and established stakeholders and actors were developed and implemented. For the work in Task 2, a community of practice for the international exchange of knowledge between policy makers from ministries and stakeholders such as regulatory authorities and funding agencies from more than 10 countries was successfully established. Furthermore, an ISGAN wiki tool was developed to improve communication across sectors, disciplines, national contexts/laws/paradigms and to develop a common understanding of smart grid narratives.

Task 2 – Smart Reflexive Governance:

The engagement with the topic of “regulatory experimentation” over several years has had a

significant influence at the national level on the design of the BMK's Energie.Frei.Raum program<sup>2</sup> (Energy.Free.Space) to promote sandboxes as well as on the legal basis required for this, which was decided by the Austrian parliament in the EAG 2021. Austria plays an active role in the international knowledge exchange in the ISGAN Sandbox Community of Practice with Energie.Frei.Raum. These and other activities have led to the shared understanding that experimentation in sandboxes enables regulatory learning. Recommendations in this regard were presented to the Clean Energy Ministerial in 2021. The findings from the task were also incorporated into a European Commission document on regulatory learning in the EU in 2023 {SWD(2023) 277 final}.

Another focus was on the RTI policy challenges in the design of mission-oriented funding programs and instruments that are related to the criterion of technology readiness. This is related to the criticism of the established Technology Readiness Level (TRL) approach and the question of whether or why it blocks transformative innovation? In Europe, policymakers responsible for establishing research and innovation programs for the energy transition are faced with the limitation of supply-side R&D projects, as the setting of the TRL logic as a central criterion promotes the promotion of mission- and demand-side-oriented R&D projects are hardly possible. Different alternative or potentially complementary readiness concepts were identified: Societal Readiness, Scaling Readiness, Socio-technical Innovation Maturity, (Combined) Market Readiness, Demand Readiness, Institutional Readiness, Organizational Readiness, Commercial Readiness, ... In reaction to the limitation of TRL some of the readiness concepts were introduced in a complementary manner as part of the development of the Strategic Research Agenda of the European Clean Energy Transition Partnership and the first calls for proposals.

#### Task 3 – Smart Grid Transitions and Institutionalizations:

The work created an expanded understanding of the rationalities of increasingly decentralized energy systems and the associated roles of new and established actors at the Grid-Edge, i.e. in local electricity networks. It was found that value orientation (individual versus collective) and service orientation (self-sufficiency versus system service) of households and companies will be crucial for future decentralization configurations. As central actors on the Grid-Edge, households and companies are no longer exclusively recipients of an energy service. Rather, they can act as providers of flexibility services to the network operator by producing PV power, as storage providers and/or by reacting with demand response, and thus contributing to public services. Furthermore, different Lock-Ins were identified, and cases showed how decisions cause path dependencies that determine the speed and direction of the transition and the transformed future energy system.

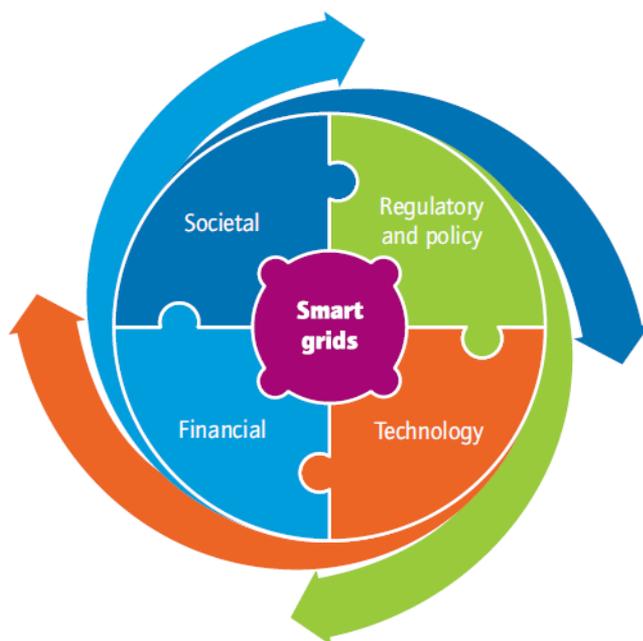
---

<sup>2</sup> <https://www.ffg.at/Energie.Frei.Raum>

### 3 Ausgangslage

Bereits die IEA Technology Roadmap Smart Grids (OECD/IEA 2011) stellte fest, dass die breite Einführung von Smart Grids eine weit über die technische Machbarkeit hinausgehende, tiefgreifende Transformation innerhalb des Energiesystems darstellt. Seit dem Pariser Klimagipfel 2015 (COP21) wird dies im Zusammenhang mit der Integration erneuerbarer Energieressourcen noch unterstrichen. Diese tiefgreifenden Veränderungen im Energiesystem ergeben sich aus dem Zusammenspiel von technologischer Entwicklung, institutionellem Wandel (z.B. Regulierung, Marktmechanismen, sozialen Normen), veränderten sozialen Praktiken (z.B. Nutzerverhalten, lokaler Erzeugung), kulturellen und gesellschaftlichen Werten (z.B. Lebensstilen, Sicherheitsbedürfnissen) und den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln (siehe Abbildung 1). Um die neuen Herausforderungen, wie Flexibilität, Resilienz, Operabilität und Digitalisierung, zu verstehen, braucht es ein breites Systemverständnis, das das Energiesystem auch als ein Bereitstellungssystem im Sinne der Daseinsvorsorge versteht.

Abbildung 1: Dimensionen der Umsetzung von Smart Grids



Quelle: IEA Smart Grid Roadmap 2011

Zukünftige Energiesysteme werden daher auch funktional (sozio-technisch) stärker integriert sein. ISGAN WG 7 unterscheidet vier Dimensionen der sozio-technischen Transition von etablierten elektrischen Energienetzen hin zu distribuierten Smart Grids: Technologien, Akteure/Nutzer:innen, Institutionelle Strukturen/Netzwerke und Governanceprozesse. Die ambitionierten energie- und klimapolitischen Ziele der letzten Jahre (z.B. bis zu 100% Umstellung auf erneuerbare Ressourcen) sind ohne tiefgreifende Transformation des Energiesystems nicht umsetzbar. Im Zentrum der Energiewende wird eine leistungsfähige und resiliente Strominfrastruktur stehen müssen, die den neuen Anforderungen wie beispielsweise substanzieller dezentraler Energieeinspeisung, Einbindung von Speicherlösungen sowie Austausch mit anderen Energienetzen und E-Mobilität gerecht wird. Da

die gegenwärtigen institutionellen Rahmenbedingungen, Akteursnetzwerke und sozialen Praktiken über ein ganzes Jahrhundert geprägt sind, verwundert es nicht, dass das institutionelle System noch nicht fit für das zukünftige Energiesystem ist. Um Stromnetze von einer zentralen Netzinfrastruktur in ein distribuiertes Stromnetz umzubauen, werden daher Transitionsprozesse in Gang gesetzt und orchestriert werden müssen, um den Übergang möglichst rasch und effektiv zu gestalten.

Zweifelsohne bedarf es eines breit angelegten langfristigen Prozesses, der die Interessen und Strategien aller beteiligten (alten und neuen) Akteure und Stakeholder entsprechend berücksichtigt, bis die Transformation des Energiesystems abgeschlossen sein wird. Für die politische und gesellschaftliche Gestaltung und die Orchestrierung eines solchen Prozesses sind gemeinsame Zielvorstellungen über wünschenswerte Transitionspfade eine wichtige Voraussetzung. Ebenso wichtig ist die Untermauerung der Entscheidungsgrundlagen durch evidenzbasierte strategische Intelligenz und Wissensbasis.

Im Forschungsfeld der Transition Studies beschäftigt man sich seit mehreren Jahren damit, sozio-technische Transitionsprozesse in unterschiedlichen Sektoren wie Energie, Verkehr, und Produktion zu verstehen und theoretische und empirische Grundlagen für Transition Management zu entwickeln. Die Forschung umfasst historische Analysen von Transitionsprozessen, forschungs-, technologie- und innovationspolitische Fragestellungen, sowie und einzelne Versuche der Systemmodellierung. Hierauf basiert auch das Verständnis des Begriffs Transition im Kontext von Smart Grids und Energiewende. Zum Stand der Forschung sei auf die Literatur zu sozio-technischer Transition in den Transition Studies verwiesen (Köhler et al. 2019; Geels and Schot 2007; Geels and Kemp 2007; Schot and Geels 2008).

Die breite Einführung von intelligenten Stromnetzen (Smart Grids) stellt eine langfristige Transformation des Energiesystems dar und erfordert einen komplexen gesellschaftlichen Gestaltungs- und Lernprozess (Bolton and Foxon 2011). Tiefgreifende Systeminnovationen brauchen ein Zusammenspiel von Technologien, Institutionen (z.B. Regulierung, soziale Normen), sozialen Praktiken (z.B. Nutzerverhalten, Lebensstile) und kulturellen Werten (einschließlich eines Verständnisses von Daseinsvorsorge) (OECD/IEA 2011). Um eine solche Transition zielgerichtet umsetzen zu können, bedarf es eines Aushandlungsprozesses, der die Interessen, Verpflichtungen und Strategien aller beteiligten Akteure entsprechend berücksichtigt. Für die politische und gesellschaftliche Gestaltung eines solchen Prozesses bedarf es gemeinsamer Zielvorstellungen über die wünschenswerte Entwicklung des Energiesektors sowie der Analyse und ständigen Anpassung der Entwicklungsschritte hin zu diesen Zielen (Transitionspfade) (Rohracher et al. 2011).

# 4 Projektinhalt

**ISGAN (International Smart Grids Action Network)** ist ein IEA Technology Collaboration Programme (TCP). Es ist ein multilaterales, zurzeit 26 Mitglieder zählendes Netzwerk zur Förderung und Entwicklung des Einsatzes von Smart Grids. Das 2010 ins Leben gerufene Netzwerk soll bereits bestehende bzw. noch entstehende internationale Bemühungen zur Förderung des Einsatzes von Smart-Grids ergänzen und koordinieren. Die inhaltlichen Kernbereiche von ISGAN sind die Entwicklung politischer Normen und Vorschriften, Entwicklung von Finanzierungs- und Geschäftsmodellen, Technologie und Systementwicklung, Entwicklung und Koordination von Schulungs- und Ausbildungsmaßnahmen, sowie Kommunikation der Vorteile von Smart Grids an Nutzer:innen- und Interessensgruppen.

Von österreichischer Seite wurde die Entwicklung der Working Group 7 (WG 7 vormals Annex 7) zum Thema „Smart Grids Transition – On Institutional Change“ initiiert und beim Meeting des ISGAN Executive Committee (ExCo) im März 2013 in Moskau formal ins Leben gerufen.

Die Working Group 7 beschäftigt sich im Zusammenhang **der Transition des Energiesystems mit institutionellen und sozio-technischen Fragenstellungen**. Working Group 7 hat zum Ziel, internationale Erfahrungen und interdisziplinäre Forschungsaktivitäten zu Smart Grids zu bündeln, aufzubereiten und für Policy Maker nutzbar zu machen. Dies umfasst **sozial-, wirtschafts- und geisteswissenschaftliche Forschung zu institutionellen Rahmenbedingungen der Transition**, insbesondere zu Governancefragen sowie zur breiten Partizipation relevanter gesellschaftlicher Gruppen am Smart Grids Transitionsprozess.

Die Informationen werden in Form unterschiedlicher Formate (z.B. Policy Briefs für Entscheidungsträger:innen im Bereich der Energiepolitik formuliert und durch Webinare, Workshops und andere geeignete Vernetzungsaktivitäten zur Dissemination der Ergebnisse (z.B. über die LinkedIn Discussion Group – Smart Grid Transition) national sowie international verbreitet.

Das Projekt umfasste die Koordination der Working Group 7 (WG 7) durch das AIT als “standing working group” in der Funktion als Working Group Manager (vormals Operating Agent), die Dissemination der Ergebnisse auf nationaler Ebene sowie die Durchführung und Leitung von Aktivitäten / Tasks im Rahmen des Programme of Work (PoW).

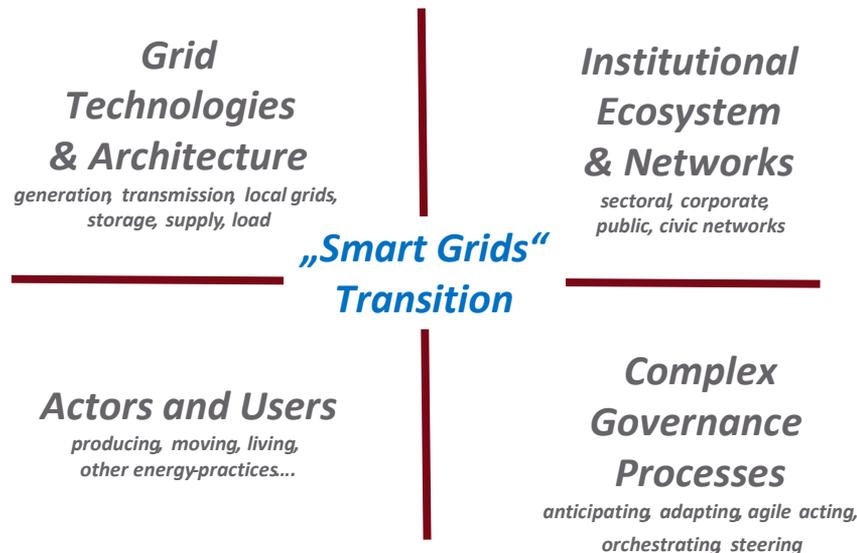
Der Ergebnisbericht umfasst den Zeitraum von Juli 2020 – Juni 2023.

## 4.1. Inhalte und Ziele

Working Group 7 hat sich zum Ziel gesetzt, **institutionelle und Governance-bezogene Aspekte und Barrieren** zu erforschen, um die Umsetzung von Smart Grids (vornehmlich auf der Ebene lokaler Netze) voranzutreiben. Der Fokus liegt hierbei auf dem institutionellen Wandel, der mit der Einführung von Smart Grids zusammenhängt. Der Annex konzentriert sich auf **Rahmenbedingungen** wie Regulierung und Richtlinien, aber auch **informelle Formen sozialer Organisation** die durch Kultur, Nutzungsgewohnheiten, sowie psychologische und soziale Aspekte der Energienutzung und der Investition in erneuerbare Energietechnologien gekennzeichnet sind. Auf diese Weise ist der Annex zu

bestehenden Annexen innerhalb von ISGAN komplementär zu sehen, soll aber in einen **inter- und transdisziplinären Dialog** mit diesen treten.

Abbildung 2: Sozio-technische Dimensionen der Smart Grid Transition



Working Group 7 beschäftigt sich inhaltlich mit der Frage, **inwieweit und unter welchen Rahmenbedingungen Smart Grids zu einer fundamentalen Systemtransition (Energiewende) beitragen** können. Diese Systemtransformation ist durch den Übergang zu einem dezentral organisierten, weitestmöglich auf erneuerbaren Energieträgern aufbauendes Elektrizitätssystem gekennzeichnet. Als theoretischer Rahmen werden zwei Forschungslinien aus der aktuellen Innovationsforschung und Politikwissenschaft herangezogen:

- Transition Studies und -Management, basierend auf einer Mehr-Ebenen-Sicht auf das Gesamtsystem (Nische-Regime-Landschaft), und
- Reflexive Governance, eine Forschungslinie, die sich im Wesentlichen mit Koordinationsmechanismen innerhalb und zwischen diesen Systemebenen beschäftigt.

Working Group 7 zielte auf den Aufbau und die Koordination eines Netzwerks an ExpertInnen aus Regierungsstellen, Regulierungsbehörden, Netzbetreibern und anderen Stakeholdern im Elektrizitätssystem ab, die über Systemanforderungen und Schwerpunktsetzungen beim Investment, Forschungs- und Innovationsagenden (mit-)entscheiden können und bei den gesetzlichen Rahmenbedingungen für einen Transitionsprozess. Dazu wurde auch längerfristig einschlägige sozialwissenschaftliche Forschung zusammentragen, Vorschläge für die Governance von Transitionsprozessen entwickelt, Ergebnisse aus dem Forschungsnetzwerk für die Politikebene aufbereitet und der ISGAN Community zur Verfügung gestellt.

Das Arbeitsprogramm der Working Group 7 umfasste folgende drei Punkte (Tasks):

- **Transition Processes and Pathways (Transitionsprozesse und -Pfade)**: Dieser Task zielte zum einen darauf ab, empirische Befunde zu Barrieren und Forschungsbedarf zusammenzutragen, von Transitionsprozessen in anderen Sektoren zu lernen und für die Energietransition nutzbar zu machen. Zum anderen sollten alternative Transitionspfade zu einem erneuerbaren Energieregime aufgezeigt und im Hinblick auf ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit bewertet werden.
- **Smart Reflexive Governance (Reflexiver Governance)** (Leitung Österreich): Ziele dieses Tasks waren die Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen, Informationen und Analyse von Maßnahmen zur Unterstützung der sozio-technischen Transitionen
- **Smart Grid Transitions and Institutionalizations (Smart Grid Transitionen und Institutionalisierung)**: Ziel dieses Tasks waren Analyse und Bereitstellung von wissenschaftlichen Ergebnissen zu Institutionen im Transitionsprozess, mit dem Fokus auf die Aspekte von Marktbildung, Akteuren und Integration von Konsumenten.

Das österreichische Teilprojekt umfasst die Koordination der WG7 (inklusive Netzwerkerweiterung und Disseminationstätigkeiten), vormals als Operating Agent und später als Working Group Manager, die Leitung der Task „Smart Reflexive Governance“ sowie Expert:innen-Inputs zu den anderen Tasks.

## 4.2. Partnerländer

ISGAN Working Group 7 wird von Österreich geleitet und besteht per Juni 2023 aus nationalen Expert:innen der folgenden neun Länder:

- Österreich (zugleich Working Group Manager / Operating Agent)
- Dänemark
- Deutschland
- Frankreich
- Italien
- Indien
- Niederlande
- Schweden
- Vereinigtes Königreich

Belgien war während der Projektlaufzeit involviert, hat aber nach 2021 keine Expert:innen nominiert.

### **4.3. Methoden und Vorgehensweise**

ISGAN Working Group 7 wendete eine Reihe von Methoden der sozial- und geisteswissenschaftlichen Forschung mit Fokus auf Transition von sozio-technischen Systemen an:

Zur Umsetzung der Koordinations-, Disseminations- und Vernetzungsmaßnahmen werden Methoden des Projektmanagements und Methoden der Kommunikation und Vernetzung der Organisationsentwicklung wie Workshops, Webinare, Kreativtechniken und Online-Meetings angewendet. Zum Informationsaustausch wurde im sozialen Netzwerk LinkedIn eine Diskussionsgruppe zu Smart Grid Transition für eine geschlossene Gruppe von Expert:innen eingerichtet. Derzeit hat diese Gruppe mehr als 1446 Mitglieder aus mehr als 15 Ländern. Damit ist auch die Dissemination der Ergebnisse an die Zielgruppen in Österreich sowie der Wissensaustausch zwischen Österreich und den anderen Ländern möglich. Die Vernetzung innerhalb der Scientific Community ist durch die Beteiligung der Expert:innen am Joint Programme „Economic, Environmental and Social Impacts of Energy Policies and Technologies“ (JP e3s) der European Energy Research Alliance EERA und anderen policy working group gewährleistet. Weiters organisierte die Working Group 7 thematisch fokussierte Sessions und wissenschaftliche Beiträge in einschlägigen wissenschaftlichen Konferenzen und auf Fachkonferenzen im Smart Grid Bereich.

Für die sozialwissenschaftliche Forschung mit spezifischem Fokus auf Transition von soziotechnischen Systemen kamen qualitative und quantitative Methoden der empirischen Forschung in den Sozial- und Geisteswissenschaften zur Anwendung, insbesondere Desk Research, standardisierte und offene Interviews und transdisziplinäre Prozesse und Formate wie Communities of Practice.

# 5 Ergebnisse

## 5.1. Dezentralisierte Energiesysteme – Neue Rationalitäten am Grid-Edge

Die Arbeiten in Task 1 zu „Transition Processes and Pathways“ fokussierten auf die Transformation dezentralisierter Energiesysteme und zielten auf die Publikation zweier wissenschaftlicher Journal-Artikel ab, die beide in der finalen Begutachtungsphase sind. Entwickelt wurde ein erweitertes Verständnis der Rationalitäten zunehmend dezentralisierter Energiesysteme und der damit einhergehenden Rollen neuer und etablierter Akteure am Grid-Edge, d.h. in lokalen Stromnetzen. So wurden festgestellt, dass für zukünftige Dezentralisierungskonfigurationen und – pfade Wertorientierung (individuell versus kollektiv) und Serviceorientierung (Selbstversorgung versus System Dienlichkeit) der Haushalte und Unternehmen ausschlaggebend sein werden. Wurden diese im zentralisierten Energiesystem nur als Abnehmer von Strom am Rand der Stromnetze betrachtet, sind sie nicht mehr ausschließlich Empfänger einer Energiedienstleistung und werden daher zunehmend zu zentralen Akteuren. Sie können sowohl als PV-Stromerzeuger, durch Demand-Response und oder als Speicherakteure als Anbieter von Flexibilitätsdienstleistung gegenüber dem Netzbetreiber agieren und damit einen Beitrag zur Daseinsvorsorge leisten. Für die Entwicklung von Transformationspfaden wurden weiters unterschiedliche Lock-Ins identifiziert und Fälle beschrieben, wie Entscheidungen Pfadabhängigkeiten verursachen, die die Geschwindigkeit und Richtung der Transition und die Ausrichtung des zukünftigen Energiesystems bestimmen.

### 5.1.1. Papier #1 “Decentralised Energy Futures. Emerging rationales of energy system organisation”<sup>3</sup>

Mitautor:innenschaft: Anna J. Wiczorek, Harald Rohrer, Dierk Bauknecht, Simon Bolwig, Pieter Valkering, Regine Belhomme, Klaus Kubeczko, Simone Maggiore. (Wiczorek et al. 2022)

Kurz zusammengefasst, behandelt das Paper folgende Herausforderungen und Inhalte:

Das derzeitige Energiesystem unterliegt grundlegenden Veränderungen, die durch die Klimakrise, die fortschreitende Digitalisierung und wachsende Forderungen nach einer aktiveren Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger getrieben werden. Die Auswirkungen dieser anhaltenden Trends auf das zukünftige Energiesystem sind jedoch alles andere als einfach. Während es eine zunehmende Verschiebung hin zu einer Dezentralisierung gibt, ist noch nicht klar, wie genau sich diese neue dezentrale Logik entfalten und verwirklichen wird. In dem Artikel werden die Gründe hinter aktuellen Trends hin zu einem stärker dezentralisierten Energiesystem diskutiert. Konzeptionell wird das Energiesystem als sozio-technisches Systems verstanden, das von Akteuren, Institutionen und Technologien, die in einer bestimmten gemeinsamen Logik operieren, konstituiert und reproduziert wird. Basierend auf den zwei Dimensionen Wertorientierung und Serviceorientierung definieren wir vier sich abzeichnende Idealtypen von Dezentralisierungskonfigurationen. Mögliche Transformationspfade und deren institutionelle, Akteurs-bezogene und technologische Voraussetzungen, um zu dominanten Formen der Dezentralisierung zu werden, werden analysiert. Es

---

<sup>3</sup> Der Text ist dem Manuskript entnommen und wurde für diesen Bericht auf Deutsch übersetzt und gekürzt.

wird der Schluss gezogen, dass, obwohl alle Formen der Dezentralisierung potenziell zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen können, nicht alle vier in diesem Artikel diskutierten dezentralisierten Zukünfte gleichermaßen transformativ sind.

Konzeptioneller Hintergrund:

Dezentralisierung ist, wie bereits erwähnt, ein weit verbreitetes, aufkommendes Phänomen, das sich auf die Entstehung neuer Organisationsstrukturen und Infrastrukturen bezieht, die von anderen Werten angetrieben werden und im Allgemeinen auf eine größere Autonomie gegenüber einer zentralisierten Einheit abzielen. Die damit verbundenen dezentralen Aktivitäten und Entscheidungsprozesse werden von einer zentralen, maßgeblichen Stelle oder Gruppe verteilt oder delegiert und kleineren Fraktionen innerhalb dieser übertragen. Im Falle des Elektrizitätssystems kann die dezentrale Konfiguration von Akteuren, Institutionen und Technologie als eine entstehende Nische angesehen werden, die eine alternative Organisation des derzeit überwiegend zentral organisierten Elektrizitätssystems bietet. Abhängig vom genauen Zusammenspiel dieser Dimensionen können sich jedoch unterschiedliche Dezentralisierungspfade ergeben. Um sie zu beschreiben, erachten wir die folgenden Aspekte als besonders relevant: (I) wie Akteure sich selbst und die dezentralen Einheiten organisieren, welche/wessen Werte gefördert werden und welche neuen Institutionen diesen Prozess leiten werden (Werteorientierung), und (II) wie die Akteure am Grid-Edge mit dem gesamten System interagieren (Nutzen der Interaktion).

Dezentralisierungskonfigurationen:

Darauf aufbauend lassen sich vier mögliche **stilisierte Dezentralisierungskonfigurationen** identifizieren (siehe Tabelle 1):

- Individuelle Systemoptimierung
- Individuelle Autonomie
- Gemeinschaftliche Systemoptimierung
- Gemeinschaftliche Autonomie

Tabelle 1: Dezentralisierungskonfigurationen

<b>Werteorientierung am Grid-Edge</b>  <b>Ausrichtung</b> von Einspeisung, Speicherung und Verbrauch	<b>Individuelle Werte</b>	<b>Kollektive Werte</b>
<b>Systemoptimierung</b> Netzdienlichkeit, Integration erneuerbarer Quellen	<b>Individuelle Systemoptimierung:</b> Netzdienliche Prosumer und Endverbraucher	<b>Gemeinschaftliche Systemoptimierung:</b> Netzdienliche Energiegemeinschaften
<b>Autonomie</b> Eigenversorgungs-orientierung, Netzverträglichkeit	<b>Individuelle Autonomie:</b> Eigenversorgungsorientierte Prosumer und Endverbraucher	<b>Gemeinschaftliche Autonomie:</b> Eigenversorgungsorientierte Energiegemeinschaften

Unter **Wertorientierung** ist die Art und Weise, wie sich Akteure am Grid-Edge organisieren, sei es kollektiv oder individuell zu verstehen. Diese Orientierung umfasst die vorherrschenden Werte der Akteure (Energienutzer, Lieferanten, Einzelhändler, Systembetreiber, Industrie, Regierungen usw.) und ihre Auswirkungen auf die Organisation des Energiesystems. **Individuelle Orientierung** impliziert einen starken Fokus auf individuelle Verbraucherbefähigung, individuelle Kontrolle, Vorteile und Autonomie. **Kollektive Werteorientierung** hingegen impliziert einen Fokus auf Miteigentum, Mitentscheidung und Energiegleichheit. Die Orientierung bezieht sich darauf, wie das entstehende Zusammenspiel von Akteuren, Institutionen und Technologien mit dem bestehenden Energiesystem interagiert.

Die zweite Dimension ist die **Ausrichtung von Einspeisung, Speicherung und Verbrauch**. Diese Dimension bezieht sich auf die Richtung der Bereitstellung von Energiedienstleistungen und den Nutzen der Interaktion im Sinne einer Systemoptimierung oder Autonomie. **Systemoptimierung** bedeutet, dass man sich auf das Funktionieren des gesamten Energiesystems (einschließlich des Netzes) konzentriert. Es ist auf die Bereitstellung von netzdienlichen Systemdienstleistungen wie Netzengpassmanagement oder Netzausgleich, und/oder die Integration lokal erzeugter erneuerbarer Energie und die Optimierung deren Nutzung im gesamten Energiesystem (z.B. Vermeidung von Rebound-Effekten) ausgerichtet. **Autonomie** hingegen impliziert die Konzentration auf Gemeinschaften und einzelne Haushalte. Im Mittelpunkt stehen deren Aktivitäten zur Erreichung der Selbstversorgung. Internes Energiemanagements dient u.a. der Gewährleistung der Netzverträglichkeit.

**Möglichkeitsraum:**

Die vier oben beschriebenen Konfigurationen der Dezentralisierung sind Idealtypen. In der Praxis können solche Arten der Dezentralisierung so gestaltet werden, dass sie sowohl einer Autonomie- als auch einer Systemoptimierungsrationale folgen, ebenso wie sie mit einem stärkeren Fokus auf individuelle oder gemeinschaftliche Werte organisiert werden können. Dies hängt von der konkreten institutionellen Ausgestaltung (Normen und Werte, Regulierungskontexte), der Art der

Akteursbeziehungen und den eingesetzten Technologien ab. Mit dem Konzept zur Gestaltung der Energiedezentralisierung entlang der Dimensionen der Werteorientierung und Ausrichtung auf Systemoptimierung oder Autonomie soll bewusst gemacht werden, welche unterschiedlichen Formen der Dezentralisierung derzeit im Zuge der Energiewende entstehen können. Es dient auch dazu, einen Möglichkeitsraum für Konfigurationen der Dezentralisierung sowie eine Vielzahl möglicher Pfade zu eröffnen, die ein Übergang zum dezentralen Energiesystem einschlagen kann. Die vier Energiesystemkonfigurationen schließen sich nicht gegenseitig aus. Wie wir derzeit beobachten, existieren unterschiedliche Initiativen und Umsetzungsformen nebeneinander und weisen unterschiedliche Kompatibilitätsgrade mit der immer noch vorherrschenden zentralen Organisation des Energiesystems auf.

### 5.1.2. Papier #2 “Decentralised Energy Futures: Pathways and Lock-Ins towards emerging new logics of energy-system organization”<sup>4</sup>

Aufbauend auf Papier #1 wurde ein weiteres Papier, koordiniert von Dierk Bauknecht, erarbeitet und bei der 13th International Sustainability Transitions Conference (IST), November 21 - 25, 2022, als wissenschaftlicher Beitrag eingereicht und präsentiert. Eine Publikation in einem wissenschaftlichen Journal ist in der Einreichungsphase; die Publikation ist für 2024 geplant.

Bauknecht, D., Bolwig, S., Kubeczko, K., Rohrer, H., Wieczorek, A., Belhomme, R., Kerkhof-Damen, N., & Maggiore, S. (2022). Decentralized energy futures: Pathways and lock-ins towards emerging new logics of energy-system organization. Paper presented at 13th International Sustainability Transitions Conference, Stellenbosch, South Africa. (Bauknecht et al. 2022)

Kurz zusammengefasst, behandelt es folgende Inhalte und Schlussfolgerungen: Energiesysteme sind an bestimmte Technologien, Infrastrukturen und institutionelle Strukturen gebunden (locked-in), welche sich durch hohe Umstellungskosten, regulatorische Beschränkungen oder Eigeninteressen der Beteiligten verdeutlichen. Diese Lock-ins erschweren die Implementierung von alternativen Lösungen und Änderungsprozessen hinzu einem nachhaltigen System. Das Papier untersucht potenzielle Lock-Ins auf dem Weg zu alternativen, neu entstehenden Konfigurationen dezentraler Energiesysteme, die die Bedingungen einer kohlenstoffneutralen Energiezukunft erfüllen. Die Analyse geht von den vier idealtypischen Dezentralisierungskonfigurationen aus, die in Papier #1 entwickelt wurden. In der Betrachtung identifizierter Lock-Ins, die auf dem Weg zu den vier dezentralen Zukünften entstehen können, wird ein vorausschauender Ansatz verfolgt, um die Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit der Transition dezentral organisierter Energiesysteme zu untersuchen.

In der Transition können erhebliche Unsicherheiten darüber bestehen, wie das neue System aussehen soll und wird und inwieweit ein neues System Nachhaltigkeitsanforderungen entspricht. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von Transitionen können **zwei Arten von Unsicherheiten** identifiziert werden: erstens Unsicherheiten im Zusammenhang mit der **Direktionalität** der Pfade und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit; und zweitens Unsicherheiten in der **Entfaltung des Transitionsprozesses** durch Lock-Ins. Eine kontinuierliche Neubewertung der Nachhaltigkeit dieser alternativen Zukünfte und der damit verbundenen Pfade ist daher ein wesentliches Element der Governance der Transition.

---

<sup>4</sup> Der Text ist im Wesentlichen dem Manuskript entnommen und wurde für diesen Bericht auf Deutsch übersetzt, gekürzt und ohne inhaltliche Veränderungen angepasst.

Die Umsetzung einer nachhaltigen Zukunft und das Navigieren zwischen potenziellen Wegen dorthin können durch Lock-Ins, die sich möglicherweise erst im Laufe der Transition entwickeln, behindert werden. Um diese zu untersuchen, wurden die vier Konfigurationen aus Papier #1 als Ausgangspunkt gewählt und eine Kategorisierung von Lock-Ins aus der Literatur (Klitkou et al. 2015) übernommen. Im Papier wurden mehrere potenzielle Lock-Ins identifiziert, die auf dem Weg zu einem dezentralen Energiesystems entstehen können. Die von uns identifizierten Lock-Ins beziehen sich hauptsächlich auf „materielle“ und „institutionelle“ Lock-Ins, die sich auch gegenseitig verstärken können. Ein Lock-In-Effekt kann entweder den Wechsel zwischen eingeschlagenen Pfaden erschweren oder den Transitions Pfad innerhalb eines Möglichkeitsraums beeinflussen. Wenn blockierende und verstärkende Lock-In-Effekte gleichzeitig auftreten, kann dies besonders problematisch sein. So kann sich herausstellen, dass eine zukünftige Konfiguration nicht so nachhaltig ist, wie erwartet und im Transitions Pfad Pfadabhängigkeiten entstehen, die den Wechsel zu einer anderen Konfiguration, die sich im Prozess als Nachhaltigere herausstellt, erschweren. Der Transitionsprozess kann auch blockiert werden, so dass es nicht mehr dazu kommt, dass die Konfiguration ihr Nachhaltigkeitspotenzial ausschöpfen kann. Lock-Ins können ebenfalls innerhalb eines Transitions Pfads unterschiedliche Auswirkungen darauf haben, ob und wie ein Pfad zu einer nachhaltigen Ausgestaltung im Rahmen des Möglichkeitsraum der vier Dezentralisierungskonfigurationen führt.

Das Zusammenwirken von Lock-Ins durch Regulierungen oder Anreizinstrumente wird beispielhaft an dem Fall der prioritären Nutzung des PV-Dachpotenzials skizziert. Diskutiert wird, wie die Ausnutzung des erforderlichen Potentials an Flächen zur Erzeugung mit Photovoltaik bezüglich Geschwindigkeit der Dekarbonisierung und dem Anteil erneuerbarer Energie am lokalen Energiemix dadurch erschwert werden kann und welchen Einfluss dies auf die Planung und Ausgestaltung von Energienetzen nach sich zieht.

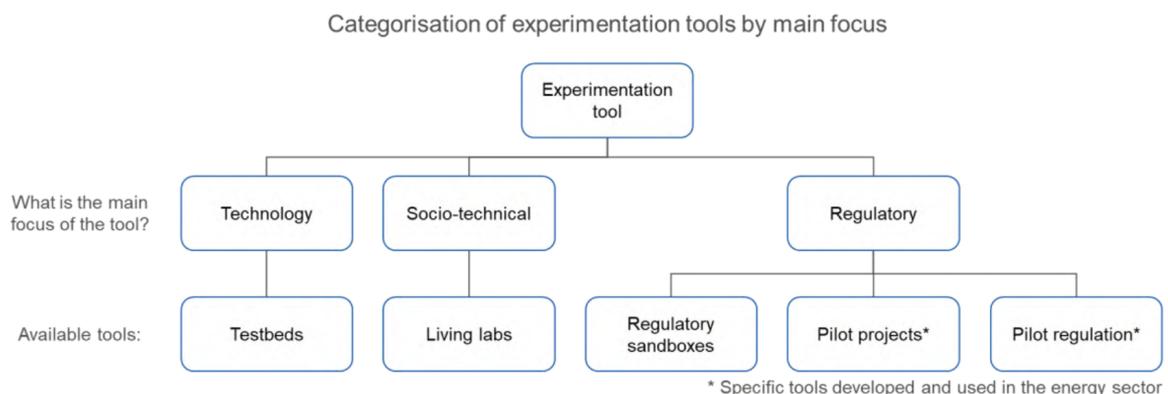
## 5.2. Regulatorisches Experimentieren

Die mehrjährige Beschäftigung mit dem Thema „Regulatorisches Experimentieren“ in der Task 2 „Smart Reflexive Governance“ hatte auf nationaler Ebene einen bedeutenden Einfluss auf die Ausgestaltung des Energie.Frei.Raum Programms des BMK zur Förderung von Sandboxes und die dafür erforderlichen gesetzlichen Grundlagen, die im Erneuerbaren Ausbaugesetz (EAG) 2021 vom Parlament beschlossen wurden. Österreich ist mit Energie.Frei.Raum auch am internationalen Wissensaustausch in der ISGAN Sandbox Community of Practice vertreten. Diese und andere Aktivitäten haben zur Erkenntnis geführt, dass durch Experimentieren in Sandboxes regulatorisches Lernen ermöglicht wird. 2021 wurden dem Clean Energy Ministerial diesbezügliche Empfehlungen vorgelegt. Die Erkenntnisse aus den Arbeiten flossen 2023 auch in ein Dokument der Europäischen Kommission zu Regulatory Learning in der EU {SWD(2023) 277 final} (European Commission 2023) ein.

In letzter Zeit ist es in Europa zu einer gewissen **Konsolidierung der Begriffe im Diskurs um Regulatorisches Experimentieren** gekommen. Obwohl ein enger Zusammenhang mit den Entwicklungen im Energiebereich besteht, die prägend waren, führte der Diskurs zu einer allgemeinen Begriffsklärung (European Commission 2023; Bauknecht et al. 2020; Kert, Verbova, and Schade 2022). So kann nun deutlicher zwischen Begriffe unterschieden werden, wie „regulatory space“, „living labs“, „regulatory experimenting“, „regulatory sandboxes“, „pilot regulation“. Experimentierräume (regulatory spaces), ermöglichen es Innovatoren und Regulierungsbehörden, den Zusammenhang zwischen Innovation und Regulierung mithilfe einer Kombination von Instrumenten oder

Experimentierwerkzeugen (experimentation tools) zu untersuchen. Unterschieden werden auch drei Arten von Experimentierwerkzeugen (Testbeds, Living Labs und Regulatorische Experiments). Abbildung 3 zeigt, welche Tools, die oft auch als Politikinstrumente eingesetzt werden, derzeit in Frage kommen. Explizit genannt werden hier, die im Energiebereich angewendeten regulatorischen Pilotprojekte und Pilotregulierungen. Die Abbildung zeigt auch den primären Fokus von Experimentierwerkzeugen in Hinblick auf technologische, sozio-technische oder regulatorische Innovationen. Das Standards setzende Arbeitspapier der Europäische Kommission (2023) betont damit Regulatorisches Lernen als den Fokus des Experimentierens in Sandboxes anzusehen, wogegen im Unterschied dazu Testbeds, als etablierte Formen des Experimentierens primär auf technologische Innovationen abzielen und Reallabore (Living Labs) auf sozio-technische bzw systemische Innovationen.

Abbildung 3: Experimentierwerkzeuge und ihr Fokus



Quelle: (European Commission 2023)

Wenn wir von „Regulierung“ und „Regulierungsexperimenten“ im Zusammenhang mit Smart Grids sprechen, ist damit die gesamte Bandbreite staatlicher Instrumente, Verfahren und Organisationsstrukturen zu verstehen, die einen Einfluss auf die Transition der Energiesysteme Einfluss haben. In der realen Welt verankerte Experimente ermöglichen politisches Lernen und Innovation mit Blick auf die sozialen und wirtschaftlichen Vorteile für Einzelpersonen, Unternehmen und alle Beteiligten in der Gesellschaft.

Im Großen und Ganzen können Regulierungsexperimente als Mittel definiert werden, um bewusst vom aktuellen Regelungsrahmen abzuweichen und neue oder geänderte Regeln in einem realen Umfeld auszuprobieren. Allgemeine Merkmale sind: die Schlüsselrolle öffentlicher Regulierungen, die Einbindung staatlicher Akteure und/oder Regierungsbehörden (nationale Ebene oder in einigen Ländern auch lokale Ebene) und die Entstehung von Lernprozessen.

In der Umsetzung gibt es Regulatory Sandboxes (und regulatorische Pilotprojekte), die abgesehen von regulatorischem Lernen, was für Ministerien und Regulatoren im Zentrum steht, einen Rahmen für Experimente mit neuen Technologien, Business Cases oder sozialen Innovationen bieten (z.B. im Zusammenhang mit Energiegemeinschaften). Es gibt aber auch Regulierungsexperimente, bei denen die Regulierung und regulatorische Innovationen, selbst der Hauptgegenstand des Experimentierens und Lernens sind. Dies gilt beispielsweise für Pilotregulierungen (pilot-regulations), die im Gegensatz zu Sandboxes ohne explizit gewährte Ausnahmen für Einzelfälle auskommen.

## **ISGAN Casebook: Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes 2.0<sup>5</sup>**

Aufbauend auf der ersten Initiative zu Experimental Sandboxes (ISGAN 2019) wurde das Folgeprojekt **Experimental Sandboxes 2.0** initiiert. Drei internationale Workshops und mehrere nationale Workshops konzentrierten sich auf Fragen zu relevanten Akteuren, der Orchestrierung von Akteuren, der Rolle von Transformationsstrategien, effektiven politischen Lernprozessen und rechtlichen Voraussetzungen für regulatorisches Experimentieren. Im Verlauf des Projekts wurde deutlich, dass eine umfassendere Sicht auf das Experimentieren dabei hilft, nationale Initiativen zu positionieren, ohne den Fokus darauf zu verlieren, wie man daraus möglichst viel lernen kann. Daher wurde das Konzept des Regulatory Experimenting übernommen, das eine breite Palette an Instrumenten und Tools zur Unterstützung von Innovationen und regulatorischem Lernen enthält.

Zu den Schwerpunktfragen des internationalen Dialogs gehörten: Wie können Sandbox-Programme in längerfristige Energiewendestrategien integriert werden?; die rechtlichen Voraussetzungen und Ausnahmegesetze zur Ermöglichung von Sandbox-Programmen; wie man zwischen verschiedenen Interessengruppen bei der Programmumsetzung koordiniert und wie man Bewertungsprozesse für das politische Lernen gestaltet.

Das Casebook, „Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes 2.0“ (ISGAN 2021) bietet Beschreibungen von regulatorischen Sandbox-Programmen und damit verbundenen Smart-Grid-Projekten aus acht europäischen Ländern (Österreich, Belgien, Dänemark, Frankreich, Italien, Norwegen, Schweden und dem Vereinigten Königreich, sowie aus Kanada und Israel. Die Fallstudien beinhalten zu jedem Land Informationen zu Programmzielen, dem Fokus der Experimente, den Innovationszielen, Implementierungszeitraum, Finanzierung, leitenden Ministerien, Fördereinrichtungen, Regulierungsbehörden und anderen Stakeholdern. Zu einzelnen Ländern wurden auch Details zu Programmdesign, Auswahlverfahren, rechtlichen Grundlagen und der Implementierung in konkreten Projekten zur Verfügung gestellt.

### **Policy Messages from the ISGAN Regulatory Sandbox 2.0 Project<sup>6</sup>**

Im ISGAN **Experimental Sandboxes 2.0 Projekt** wurden aufbauend auf den Fallstudien, vom Sandbox Projektteam und der transdisziplinären Teilnehmergruppe der Workshops, zentrale Botschaften formuliert. Das Ziel war es, die Erkenntnisse bezüglich Regulatory Experimenting in Form von Politikempfehlungen einer Vielzahl von Interessengruppen im Energiesektor zur Kenntnis zu bringen. Die Policy Messages wurden von Experte:innen und Praktiker:innen aus Ministerien, Regulierungsbehörden und Forschungseinrichtungen aus 15 Ländern auf drei Kontinenten im Rahmen eines einzigartigen Wissensaustauschprozesses gemeinsam erstellt, der internationale Wissensaustausch-Workshops mit Stakeholder-Dialog mit komplementären Workshops auf nationaler Ebene kombinierte.

---

<sup>5</sup> [https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2021/10/Regulatory-Sandbox-2.0\\_For-Publication.pdf](https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2021/10/Regulatory-Sandbox-2.0_For-Publication.pdf)

<sup>6</sup> <https://www.iea-isgan.org/policy-messages-from-the-isgan-regulatory-sandbox-2-0-project/>

Zentral für die Kommunikation der vier folgenden Botschaften war die Präsentation beim zwölften Clean Energy Ministerial (CEM12) Treffen der Energieminister der G20 Länder im Jahr 2021 in Chile.

**Botschaft Nr. 1: Es gibt kein einheitliches Modell zum Experimentieren.** Politische Entscheidungsträger:innen können zusammen mit Regulierungsbehörden je nach Bedarf verschiedene Arten von Experimenten durchführen.

- Es gibt kein Standardmodell zum Experimentieren, sondern einen Werkzeugkasten verschiedener Experimentierarten. Dies kann auf der Grundlage der bereits verfügbaren Best Practices weiter verfeinert werden.
- An einem Ende des Spektrums stehen Sandbox-Programme und Unterstützungsdienstleistungen, die Innovatoren dabei unterstützen, ihre Experimente durchzuführen, mit dem Ziel neue Produkte, Dienstleistungen, Methoden und Geschäftsmodelle auf den Markt zu bringen. Aus der Sicht der Policymaker verfolgen Sandbox-Programme unterschiedliche Ziele. Von manchen Ländern wird mehr Wert auf Innovation als auf regulatorische Aspekte gelegt. Politisches Lernen ist jedenfalls wichtig, steht aber nicht immer in Vordergrund. Politisches Lernen ist bisher weniger formal und die Ergebnisse der Experimente für die Innovierenden bezüglich deren unternehmerischen Zielen stehen im Vordergrund.
- Am anderen Ende des Spektrums stehen Experimente, die speziell darauf ausgerichtet sind, Lösungen für einen neue Regulierungsrahmen, der im Einklang mit der Systemtransformation steht, zu erforschen. Politische Strategien zur Transition des Energiesystems sind hier ein wesentlicher Treiber für das Lernen durch Experimente, wobei die Ergebnisse der Experimente mit Bezug auf die Strategie zu evaluieren sind.

**Botschaft Nr. 2:** Bei Regulierungsexperimenten geht es um Lernen und sie sind besonders wirkungsvoll, wenn sie nicht isoliert, sondern auf eine umfassendere Übergangstrategie ausgerichtet sind.

- Experimente zur Beschleunigung der Energiewende müssen, wenn sie einen wirksamen Beitrag zum Wandel leisten sollen, mit einer Transformationsstrategie und einer langfristigen Vision zur Erfüllung der Netto-Null-Verpflichtungen in Einklang gebracht werden. Eine Vision eines zukünftigen Energiesystems, eine strategische Mission sowie eine klare Agenda (Transformationspfade) und Kompetenzen sollten die Grundlage für die Gestaltung von Innovationsprogrammen bilden, die Regulierungsexperimente unterstützen.
- Um das Lernen aus dem Experiment zu maximieren, ist das experimentelle Design von entscheidender Bedeutung.
- Es sollte berücksichtigt werden, auf welche regulatorischen Hürden Marktteilnehmer stoßen. Allerdings sollte jede im Experiment erprobte Regulierungsoption auch mit einer Vision des Gesamtsystems verbunden sein. Das Regulierungsexperiment sollte so konzipiert und evaluiert werden, dass Erkenntnisse über die Wirksamkeit und Effizienz von Regulierungsoptionen gewonnen werden.
- Ohne eine klare Vision ist es schwierig, aus den Experimenten für zukünftige Regulierungen zu lernen.
- Da politisches Lernen das Hauptziel von Regulierungsexperimenten ist, sollten idealerweise alternative Regulierungsoptionen getestet werden. Mit diesem Ziel vor Augen sind die potenziellen Lerneffekte geringer, wenn Ausnahmen nur auf Antrag von Innovatoren gewährt

werden, da diese kaum ein Interesse an der Erprobung alternativer Regulierungsoptionen für das zukünftige Energiesystem haben.

- Alternative Regulierungsmöglichkeiten sollten geprüft werden, anstatt Ausnahmen nur auf Wunsch von Innovatoren einzuführen.
- Darüber hinaus ist es wichtig, die Auswirkungen des Experiments auf die Ziele und Vision eines zukünftigen Energiesystems zu berücksichtigen.

**Botschaft Nr. 3: Regulierungsexperimente sind umso wirkungsvoller, je mehr verschiedene Akteure beteiligt und orchestriert werden.**

- Die Einbeziehung und Orchestrierung von Stakeholdern muss explizit organisiert werden.
- Politische Entscheidungsträger:innen mit einem klaren Auftrag spielen immer eine Schlüsselrolle. Klar definierte Rollen für nationale Regierungen, subnationale Regierungen und Regulierungsbehörden sind erforderlich. Zu berücksichtigen ist, dass das Kompetenzspektrum nationaler Verwaltungen erheblich variiert (z.B. liegen Marktregulierungskompetenzen in größeren Ländern in der Zuständigkeit von Teilstaaten/Provinzen/Territorien).
- Verschiedene Interessengruppen sollten in die Experimente einbezogen werden, und Programmeigner und engagierte Regulierungsbehörden sollten ermutigt werden, den Dialog neben regulierte Unternehmen auch auf weitere Interessengruppen auszudehnen. Es wird empfohlen, neben Etablierten auch andere Akteure und Stakeholder einzubinden, z.B. Energiegemeinschaften, Städte und Akteure aus anderen Sektoren wie dem Mobilitätssektor.
- Experimentieren ist sinnvoll, wenn es mit institutionellem Lernen über mehrere Akteure hinweg verbunden ist. Ein breiteres Spektrum an Interessen und Akteuren im Zusammenhang mit akademischen und forschungsbasierten Bewertungsrahmen sind Schlüsselfaktoren dafür, ob aus regulatorischen Experimenten ein fruchtbares Lernen resultieren soll.

**Botschaft Nr. 4: Regulierungsexperimente für Smart Grids brauchen eine wirksame Rechtsgrundlage.**

- Im Vergleich zu Pilotprojekten in Testbeds mit Schwerpunkt auf technischen Lösungen stellen Regulierungsexperimente höhere Anforderungen an die rechtlichen Voraussetzungen.
- Zukunftsorientierte Geschäftsszenarien und Geschäftsmodelle mit Smart-Grid-Technologien können die bestehenden Regulierungsrahmen und die damit verbundene Gesetzgebung in Frage stellen, die ursprünglich mit Blick auf eine ganz andere Rolle für Kunden, Versorgungsunternehmen und den Privatsektor konzipiert wurden. Für den Energiesektor müssen Programme für regulatorische Experimente so konzipiert werden, dass der Kundenschutz und faire Wettbewerbsbedingungen gewahrt bleiben. Um unerwünschte Auswirkungen von Innovationen zu vermeiden, können dafür zuständige Regulierungsbehörden im Energiesektor beim Entwerfen von Regulierungsexperimenten eingebunden werden.
- Auf dieser Grundlage sollten Gesetzgeber den Regulierungsbehörden, sofern dies noch nicht der Fall ist, zusätzlich zu ihrer Kernaufgabe, i.e. regulatorische Rahmenbedingungen festzulegen, eine gewisse Flexibilität für Experimente einräumen.
- Ein neuer Regulierungsansatz könnte mehr Experimente ermöglichen und so dazu beitragen, die Energiewende zu beschleunigen. Ein solcher Ansatz würde auch neuen Raum für die Berücksichtigung von Inklusion, Leistbarkeit, Gerechtigkeit sowie Energie- und Klimazielen eröffnen.

- Regulierungsexperimente können sowohl von Regierungen als auch von Regulierungsbehörden initiiert werden. Regulierungsbehörden werden in der Implementierung jedenfalls für Experimente im Energiesektor von entscheidender Bedeutung sein.
- Regulierungsbehörden können aufgrund fehlender Rechtsgrundlage häufig keine regulatorischen Ausnahmen gewähren. Daher besteht in einigen Ländern die Notwendigkeit, zunächst die rechtlichen Grundlagen für Regulierungsbehörden bereitzustellen.
- Wenn Regulierungsbehörden bei der Beschleunigung der Energiewende im Einklang mit einer Transformationsstrategie und einer langfristigen Vision zur Erfüllung der Netto-Null-Verpflichtungen eine Rolle spielen sollen, müssen sie mit einem gesetzlichen Mandat ausgestattet werden. In den meisten, an der Workshop-Reihe beteiligten, Ländern fehlen den Regulierungsbehörden solche expliziten Befugnisse oder Fähigkeiten. Daher muss geprüft werden, ob eine Änderung der Rechtsgrundlage für Regulierungsbehörden erforderlich ist, damit Regulierungsprozesse einen produktiveren Beitrag zum Übergangsprozess für eine Netto-Null-Energie-Zukunft leisten können.
- Auch wenn kein rechtliches Hindernis für Regulierungsexperimente besteht, kann es in der Praxis andere Hindernisse geben, z.B. wenn Regulierungsbehörden nur über begrenzte Ressourcen verfügen, die Experimente zu betreuen. Regulierungsbehörden sollten von gesetzgebenden oder politischen Behörden verlangen können, für diese Aktivitäten mit angemessenen Mitteln ausgestattet zu werden.

### 5.3. Transformative Readiness Level

Die Arbeiten in Task 3 – Smart Grid Transitions and Institutionalizations stehen im Zusammenhang mit der Kritik am etablierten Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitischen Selektionskriterium des Technological-Readiness-Level (TRL)-Ansatz und der Frage ob bzw. warum er transformative Innovation blockiert.

Ausgangspunkt ist der Befund, dass in Europa Policy Maker, die für Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprogramme (FTI) für die Energiewende verantwortlich sind, mit der Beschränkung auf angebotsorientierte Projekte konfrontiert sind, da die Festlegung der TRL-Logik als zentralem Kriterium die Förderung von missions- und nachfrageseitig-orientierten F&E-Projekten kaum ermöglicht. So bestimmt der Technology Readiness Level (TRL) eines angewandten Forschungsprojekts, ob und wie hoch ein Projekt gefördert wird. D.h., das primäre Projektauswahl-Kriterium setzt voraus, dass im Zentrum eines geförderten Projektes eine technologische Komponente zu stehen hat. Auch wenn die OECD seit langem implizit anerkennt, dass marktreife Innovationen nicht unbedingt auf neuen Technologien basieren, wurde durch die Ausweitung der Definition auf Produkte, Dienstleistungen, Prozesse, Organisationen und Marketing der grundsätzliche Widerspruch nicht behoben, dass durch den TRL-Selektionsmechanismus besteht. Obwohl zunehmend Policy Maker mit Verantwortung für europäische F&I-Programme und Programme auf nationaler Ebene im Zusammenhang mit Energie, Mobilität und städtischer Transformation flankierende Forschungs- und Wissensaustauschmaßnahmen fordern, steht Technologie noch im Mittelpunkt.

Um Lösungen zu finden, wurden als nächster Schritt nach Alternativen gesucht. Identifiziert wurden potentiell komplementäre Readiness Konzepte, unabhängig von deren Anwendung im Bereich der Energie- und FTI-Politik: Societal Readiness, Scaling Readiness, Socio-technical Innovation Maturity, (Combined) Market Readiness, Demand Readiness, Institutional Readiness, Organisational Readiness, Commercial Readiness, etc. Es hat sich in den Recherchen gezeigt, dass bisher kaum Erfahrungen mit deren Anwendung im Kontext der Energiewende gemacht wurden. Nur einzelne F&E Initiativen, wie beispielsweise die Europäischen Clean Energy Transition Partnership (CETP) haben sich des Dilemmas angenommen und im Rahmen der Entwicklung der Strategischen Forschungsagenda (Clean Energy Transition Partnership 2020), und der ersten Ausschreibungen einige der oben genannten Readiness Konzepte komplementär eingeführt.

Um die Gestaltung transformativer Innovationspolitik, unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Herausforderungen und der damit einhergehenden Notwendigkeit, den Fokus von F&E Aktivitäten nicht ausschließlich auf Technologieentwicklung zu legen, sind auch grundlegende theoretische und konzeptionelle Überlegungen bezüglich der Transformation sozio-technischer Systeme erforderlich. Die Arbeiten in der Task 3 fokussierten daher auf ein Verständnis der Zusammenhänge der Transformation unterschiedlicher Systeme (Informations-Kommunikation, Energie, Industrielle Dekarbonisierung, ...), die zunehmend nicht mehr isoliert betrachtet werden können.

Die Arbeiten führten zu einem Beitrag zum Workshop 'Exploring multi-system phenomena in net-zero transitions', in Oslo, im Mai 2023, mit dem Titel 'Towards Transformative Readiness of Twin Transitions - Transitions of a PCSs' Complex Analysed Based on a Four-Layered Hybrid Heuristic'.

Der Beitrag untersucht zunächst die sich verändernde Rolle von Technologie in Innovation und Innovationspolitik bei den grundlegenden Transformationsprozessen in den Produktions- und Konsumtionssystemen von Energie. Dafür wurde das Themas Green and Digital Transition, als relevant identifiziert und dazu der Strategic Foresight Reports der Europäischen Kommission (JRC 2022; Muench et al. 2022) analysiert. Die darin genannten Beispiele sowohl in den Bereichen Energie, Mobilität, Gebäude, Ernährung und Industrie deuten darauf hin, dass die Rolle der Digitalisierung in der Green Transition weniger im Entwickeln digitaler Produktinnovationen für Endkund:innen besteht. Bedeutender scheint Informations- und Kommunikationstechnologie als Voraussetzung in der Transformation soziotechnischer Systeme eine Rolle zu spielen, indem es bestimmte organisatorische, institutionelle und soziale Innovationen erst ermöglicht. Angesichts der Bedeutung des Energiesystems für die öffentliche Versorgung (Chavez and Steinfort 2022; Soder and Berger 2021), der Dekarbonisierungsziele und des steigenden cyber-physischen Charakters soziotechnischer Systeme durch die Digitalisierung ist es entscheidend, eine Heuristik für die Transformation dieser Systeme zu entwickeln. Diese sollte den Schwerpunkt von primären technologischen Produktinnovationen auf eine gleichwertige Analyse technologischer und nicht-technologischer Aspekte verlagern, um somit Empfehlungen für eine transformative Innovationspolitik zur Sicherung öffentlicher Leistungen zu bieten.

## 5.4. Übersicht der veröffentlichten und eingereichten Publikationen

Folgende veröffentlichte und eingereichte Publikationen wurden unter Beteiligung nationaler Expert:innen in ISGAN Working Group 7 erarbeitet:

Andersen et al. (2023). "Architectural change in accelerating transitions: Actor preferences, system architectures, and flexibility technologies in the German energy transition." *Energy Research & Social Science* 97: 102945.

Bauknecht et al. (2020). "Is small beautiful? A framework for assessing decentralised electricity systems." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 118: 109543.

Bauknecht et al. (2023). "Lock-Ins in Sustainable Energy Transitions: A Forward-Looking Perspective."

Bauknecht und Kubeczko (2024). "Regulatory experiments and real-world labs: A fruitful combination for sustainability." *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society Special Issue*, 44-50.

Bauknecht et al. (2020). "Challenges for Electricity Network Governance in Whole System Change: Insights from Energy Transition in Norway." *Environmental Innovation and Societal Transitions* 37 (December): 318–31.

ISGAN. (2021). "Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes 2.0." Casebook. Smart Grid Case Studies. IEA-TCP International Smart Grid Action Network (ISGAN).

Kubeczko et al. (2021). "ISGAN Regulatory Sandbox 2.0 Project: Policy Messages to the Clean Energy Ministerial." ISGAN - International Smart Grid Action Network.

Kubeczko (2023). "Towards Transformative Readiness of Twin Transitions - Transitions of a PCSs' Complex Analysed Based on a Four-Layered Hybrid Heuristic." Workshop Presentation presented at the Workshop 'Exploring multi-system phenomena in net-zero transitions', Oslo, 11 May.

Ritter et al (2021). "Model-Based Evaluation of Decentralised Electricity Markets at Different Phases of the German Energy Transition."

Wieczorek et al. e (2024). "Citizen-led decentralised energy futures: Emerging rationales of energy system organisation." *Energy Research & Social Science* 113: 103557.

Summeren et al. (2021). "The Merits of Becoming Smart: How Flemish and Dutch Energy Communities Mobilise Digital Technology to Enhance Their Agency in the Energy Transition." *Energy Research & Social Science* 79.

Summeren et al. et al. (2022). "Together We're Smart! Flemish and Dutch Energy Communities' Replication Strategies in Smart Grid Experiments." *Energy Research & Social Science* 89: 102643.

Summeren et al. (2020). "Community Energy Meets Smart Grids: Reviewing Goals, Structure, and Roles in Virtual Power Plants in Ireland, Belgium, and the Netherlands." *Energy Research & Social Science* 63: 101415.

Veseli et al. (2021). "Practical necessity and legal options for introducing energy regulatory sandboxes in Austria." *Utilities Policy* 73: 101296.

Im Folgenden finden sich zu den jeweiligen Publikationen Quellenangaben, wo verfügbar Links, sowie ein Abstract.

Andersen, Allan Dahl, Jochen Markard, Dierk Bauknecht, and Magnus Korpås. 2023. "Architectural Change in Accelerating Transitions: Actor Preferences, System Architectures, and Flexibility Technologies in the German Energy Transition." *Energy Research & Social Science* 97: 102945. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.102945>.

Trotz zunehmender Forschungsaktivitäten zur Beschleunigung von Transitionen ist der Prozess der Beschleunigung noch nicht vollständig verstanden. Beispielsweise ist unklar, ob eine Beschleunigung tiefgreifende Veränderungen in der Architektur soziotechnischer Systeme und damit verbundene Störungen für etablierte Akteure erfordert. Das Papier beleuchtet dieses Problem, indem ein neues Rahmenkonzept zur Untersuchung architektonischer Veränderungen vorgestellt wird, das die Rolle der Akteure in den Vordergrund stellt. Auf der Grundlage einer Unterscheidung zwischen Kern- und Architekturtechnologien skizzieren wir vier Beschleunigungspfade, die unterschiedliche Tiefen der Systemveränderung und Akteursorientierung beinhalten. Unser Rahmenkonzept legt nahe, dass etablierte Akteure Beschleunigungspfade mit architektonischen Veränderungen vermeiden wollen, während ihre Herausforderer sie fördern werden. Der Schwerpunkt des Akteurskonflikts kann sich daher von „ob man den Transitionsprozess einleitet“ in frühen Übergangsphasen zu „wie man den Transitionsprozess gestaltet“ (z. B. architektonische Veränderungen) verlagern. Wir wenden das Rahmenkonzept an, um den Übergang im deutschen Elektrizitätssystem zu untersuchen, in dem Akteure unterschiedliche Meinungen darüber haben, wie dezentralisiert die Systemarchitektur sein sollte. Um die Natur der Akteurskonflikte im Zusammenhang mit Lösungen zur Integration erneuerbarer Energien zu verstehen, untersuchen wir die Präferenzen der Akteure für verschiedene Architekturtechnologien und Systemarchitekturen. Wir stellen fest, dass etablierte Akteure etablierte zentralisierte Architekturtechnologien bevorzugen, aber aufgrund der Schwierigkeiten bei deren Expansion widerwillig eine Rolle für aufkommende dezentrale Alternativen akzeptieren. Herausforderer unterstützen eher architektonische Technologien, die disruptiver sind. Unsere Analyse deutet darauf hin, dass Übergänge, die architektonische Veränderungen beinhalten, paradoxerweise sehr langsam verlaufen können, weil sie etablierte Akteure abschrecken können. Dies weist auf wichtige Kompromisse zwischen der Geschwindigkeit und der Tiefe von Veränderungen bei Transitionsprozessen hin.

Bauknecht, Dierk, Simon Funcke, and Moritz Vogel. 2020. "Is Small Beautiful? A Framework for Assessing Decentralised Electricity Systems." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 118 (February): 109543. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109543>.

Die deutsche Energiewende hat den Grad der Dezentralisierung in der Strominfrastruktur erhöht. Dieser Artikel schlägt einen Rahmen für die Bewertung dieser technologischen Entwicklung sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus sozialer Sicht vor. Es werden vier Infrastrukturdimensionen betrachtet: die Netzebene, der Standort der Infrastruktur, die Flexibilität und das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Versorgung. Zunächst wird der

Einfluss der Dezentralisierung auf diese Dimensionen im Hinblick auf die wirtschaftliche Effizienz bewertet. Die Analyse zeigt, dass eine dezentrale Strominfrastruktur je nach untersuchter technologischer Dimension das Potenzial hat, die Gesamtkosten des Systems zu erhöhen oder zu senken. Zweitens wird die soziale Perspektive durch drei Formen der Beteiligung operationalisiert: Verfahrensbeteiligung, repräsentative demokratische Beteiligung und finanzielle Beteiligung. Die Analyse hebt die Chancen hervor, die Beteiligung durch zunehmende technologische Dezentralisierung zu erhöhen, und weist auf die wichtige Rolle der projektinitiierenden Akteure auf lokaler Ebene hin, die entscheiden, ob Beteiligungsmöglichkeiten realisiert werden und in welcher Weise. Der Artikel liefert keine endgültige Antwort darauf, ob zentralisierte oder dezentralisierte Stromsysteme vorzuziehen sind. Er hebt die Vielzahl von Dimensionen hervor, die bei der Diskussion über zukünftige dezentrale Stromszenarien oder bei politischen Entscheidungen berücksichtigt werden müssen.

Bauknecht, Dierk, Simon Bolwig, Klaus Kubeczko, Harald Rohrer, and Anna J. Wieczorek. 2023. "Lock-Ins in Sustainable Energy Transitions: A Forward-Looking Perspective."

Energiesysteme befinden sich derzeit in einem grundlegenden Wandel. Verschiedene mögliche, meist dezentralisierte Energie-Zukünfte zeichnen sich ab, und es ist schwierig abzuschätzen, welche davon am nachhaltigsten sein werden und in welche wirtschaftlichen und politischen Ressourcen investiert werden sollten. Aktuelle Entscheidungen könnten zu einer Festlegung auf suboptimale Pfade führen. Einige dieser Festlegungen könnten möglicherweise aus einer breiten Nachhaltigkeitsperspektive nicht vorteilhaft sein. In diesem Papier wird systematisch untersucht, welche potenziellen Festlegungen auf den Wegen zu alternativen, aufkommenden Konfigurationen dezentraler, CO<sub>2</sub> neutraler Energiesysteme auftreten könnten. Unsere Analyse basiert auf vier aufkommenden idealtypischen Dezentralisierungskonfigurationen oder „Energie-Zukünften“ (individuelle Systemoptimierung, individuelle Autonomie, kollektive Systemoptimierung, kollektive Autonomie) und den institutionellen, akteur- und technologiebezogenen Voraussetzungen, die sie benötigen, um dominierende Formen der Energie-Systemorganisation zu werden. Wir entwickeln einen zukunftsgerichteten, ex-ante Ansatz, um verschiedene Festlegungen zu identifizieren, die entlang von Übergangspfaden entstehen könnten. Dies hat Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit dezentralisierter Energie-Zukünfte und darauf, wie diese Nachhaltigkeit bewertet werden sollte. Eine solche Analyse kann die Entwicklung nachhaltiger Energiepolitiken unterstützen, die verschiedene Optionen offenhalten, um eine vorzeitige Festlegung auf potenziell suboptimale sozio-technische Energiekonfigurationen zu vermeiden.

Bauknecht, Dierk, and Klaus Kubeczko. 2024. "Regulatory Experiments and Their Impacts on Sustainability Transformations." *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* Special Issue. 44–50. <https://doi.org/doi.org/10.14512/gaia.33.S1.7>

Was sind regulatorische Experimente und wie können sie zu nachhaltigen Transformationen beitragen? Wir wollen diese Fragen beantworten, indem wir regulatorische Experimente im Energiesektor betrachten und ihre potenziellen Wirkungspfade untersuchen. Verschiedene Arten von regulatorischen Experimenten können mit Reallaboren kombiniert werden, um

ihren Umfang und ihre Auswirkungen auf den regulatorischen Bereich zu erweitern. Regulatorische Experimente (RegExs) können als Bestandteil missionsorientierter Innovationspolitiken betrachtet werden. Wir diskutieren daher, wie sie sich auf Reallabore (Real-World Labs, RwLs) beziehen und wie sie zu einer nachhaltigen Transformation beitragen können. Wir unterscheiden zwischen zwei Arten von Experimenten: 1. regulatorische Sandboxes (regulatory sandboxes), die Innovatoren helfen, neue Produkte, Dienstleistungen und andere Innovationen auf den Markt zu bringen, und 2. Experimente mit regulatorischen Innovationen, die speziell darauf ausgelegt sind, neue regulatorische Rahmenbedingungen zu erkunden. Diese beiden Typen können mit RwLs verbunden werden, indem ein RwL in eine regulatorische Sandbox eingebettet wird, wodurch das RwL Lösungen ausprobieren kann, die ohne Ausnahmeregelungen im bestehenden regulatorischen Rahmen nicht möglich wären. Alternativ können die verschiedenen Experimente im RwL durch ein oder mehrere Experimente mit regulatorischen Innovationen ergänzt werden. RegExs, als eine Form experimenteller Politikgestaltung, sind eine wichtige Ergänzung zu RwL-Konzepten im Kontext von Nachhaltigkeitstransformationen. Sie tragen sowohl zu innovativen Nachhaltigkeitslösungen als auch zur regulatorischen Lern- und Testmöglichkeiten bei. Durch die Anwendung des Programmtheorie-Ansatzes und die Entwicklung einer Theory of Change für RegExs diskutieren wir deren potenziellen Einfluss auf nachhaltige Transformationen in Bezug auf Richtung und Beschleunigung des Wandels, basierend auf Beispielen aus dem Energiesektor.

Bauknecht, Dierk, Allan Dahl Andersen, and Karoline Tornes Dunne. 2020. "Challenges for Electricity Network Governance in Whole System Change: Insights from Energy Transition in Norway." *Environmental Innovation and Societal Transitions* 37 (December): 318–31. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.09.004>.

Sobald Transitionsprozesse über die Startphase hinausgehen, verbreiten sich Nischentechnologien breiter und erzeugen wichtige Kaskadeneffekte in einem bestimmten Sektor. Dies erfordert einen Schritt weg von Nischenansätzen hin zu einer "ganzheitlichen Perspektive" auf das System. Im Energiesektor rückt diese Perspektive die Stromnetze in eine zentralere Position. Dieses Papier untersucht, wie die Steuerung von Stromnetzen durch den Energiemix herausgefordert wird. Wir integrieren Erkenntnisse aus der Netzregulierung und der Transformationsforschung, um einen Rahmen für das Verständnis dieser Herausforderungen vorzuschlagen. Mit diesem Rahmen bewerten wir jüngste regulatorische Innovationen in Norwegen. Das Papier zeigt, wie das regulatorische Instrumentarium angepasst werden kann, um Innovation und Wandel zu bewältigen. Der norwegische Fall zeigt, dass die Regulierungsbehörde die Herausforderungen des Energiemixes aufgegriffen hat. Es zeigt aber auch die Schwierigkeiten, diese neuen Instrumente effektiv zu gestalten, einschließlich der Spannungen zwischen einer regulatorischen Kostenfokussierung auf der einen Seite und der transformativen Veränderung auf der anderen Seite.

ISGAN. 2019. "Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes." Casebook. Smart Grid Case Studies. IEA-TCP International Smart Grid Action Network (ISGAN). [https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/05/ISGAN\\_Casebook-on-Regulatory-Sandbox-A2-1.pdf](https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/05/ISGAN_Casebook-on-Regulatory-Sandbox-A2-1.pdf).

Aufbauend auf der ersten Initiative zu experimentellen Sandboxes (2019) hat ISGAN ein Folgeprojekt mit einer Reihe von interaktiven Wissenstransfer-Workshops und begleitenden Aktivitäten organisiert, um das Policy-Learning aus entsprechenden Programmen oder Initiativen zu maximieren. Bei der Initiative handelt es sich um eine neue Art von gemischter Intervention, die komplexe Governance-Fragen zwischen öffentlichen, halböffentlichen und privaten Akteuren aufwirft. Daher müssen Anstrengungen unternommen und Ressourcen bereitgestellt werden, um einen angemessenen Mix aus innovationsorientierten Gesetzes- oder Regulierungsmaßnahmen sowie projektbezogenen Unterstützungsmechanismen und Finanzierungsinstrumenten zu entwickeln. Neben der ersten Ausgabe des Regulatory Sandbox Casebook bietet diese neue zweite Ausgabe detailliertere Informationen zu geplanten oder umgesetzten Programmen für regulatorische Experimente und Sandboxes sowie Beispiele für regulatorische Experimente und Sandbox-Projekte im Energiesektor in Ländern wie Österreich, Belgien, Kanada, Dänemark, Frankreich, Israel, Italien, Norwegen, Schweden und Großbritannien.

Die Idee für den Schwerpunkt dieses ISGAN Casebooks auf experimentellen (regulatorischen) Sandbox-Initiativen entstand während der CEM9/Nordic Clean Energy Week als Ergebnis des Workshops Intelligent Market Design – Boosting Global Smart Grid Deployment<sup>2</sup> (23. Mai 2018). Um einen tieferen internationalen Dialog zu diesem Thema zu ermöglichen, hat ISGAN daher einen neuen Workstream ins Leben gerufen, um Erfahrungen und Erkenntnisse aus Sandbox-Projekten auf der ganzen Welt im Zusammenhang mit der Entwicklung von Smart-Grid-Lösungen auszutauschen. Ein Ausgangspunkt war die Einbindung von ISGAN in den European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) Action 4, die eine Bewertung aktueller Projekte in regulatorischen Innovationszonen und ähnlichen Initiativen beinhaltet. Obwohl wir in diesem frühen Stadium noch ein gemeinsames Verständnis darüber entwickeln, wie Sandboxes für alle ISGAN-Mitgliedsländer von Bedeutung sein können, teilen wir das Verständnis, dass experimentelle Räume benötigt werden, in denen Innovatoren neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle in einer realen Umgebung testen können, ohne dass einige der üblichen Regeln und Vorschriften gelten. Von solchen Sandbox-Versuchen wird erwartet, dass sie Evidenz liefern, die hilft zu verstehen, ob sich die Regulierung dauerhaft ändern sollte, da Ausnahmen in den meisten Fällen projektbezogen und zeitlich begrenzt sind. Die Abstimmung auf die Bedürfnisse von Industrie und politischen Entscheidungsträgern sowie Verbraucherinteressen geht über das etablierte Instrumentarium der Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik hinaus (z. B. Pilot- und Demonstrationsprojekte im Rahmen der geltenden Regulierung). Regulatorische Sandbox-Programme müssen daher mehrere Politik- und Gesetzgebungsbereiche gleichzeitig ansprechen und als orchestrierte komplementäre Maßnahmen konzipiert sein, die F&I-Instrumente (z. B. öffentliche Finanzierung von Replikationsprojekten) mit gesetzgeberischen Maßnahmen (z. B. Experimentierklauseln) kombinieren und innovationsorientierte Regierungsbehörden einbinden. Regulatorisches Experimentieren wie in „Regulatory Sandboxes“ würden eine Innovationsarena für Produkt-, Prozess- und Serviceinnovationen und Geschäftsmodelle bieten, die auf Eingriffen in regulatorische Rahmenbedingungen (z. B. Energiegesetze, Ausnahmen, Abweichungen, Tarife, Bauvorschriften, Bebauungsvorschriften usw.) basieren und/oder andere Rahmenbedingungen schaffen (z. B. Atmosphäre für aktive Partizipation). Dies erfordern die Einbeziehung von Gesetzgebern, öffentlicher Verwaltung und anderen Interessengruppen.

Bei der Initiative handelt es sich um eine neue Art von gemischter politischer Intervention handelt, die komplexe Governance-Fragen zwischen öffentlichen, halböffentlichen und privaten Akteuren aufwirft., Daher müssen Anstrengungen unternommen und Ressourcen bereitgestellt werden, um einen angemessenen Mix aus innovationsorientierten Gesetzes- oder Regulierungsmaßnahmen sowie projektbezogenen Unterstützungsmechanismen und Finanzierungsinstrumenten zu entwickeln.

Dieses Casebook bietet detaillierte Informationen zu geplanten oder durchgeführten Sandbox-Programmen für Australien, Österreich, Deutschland, Italien und die Niederlande. Außerdem wird ein Überblick über das bisher gut dokumentierte Programm im Vereinigten Königreich gegeben. Hawaii wird als Beispiel für eine weitere Form regulatorischer Experimente genannt.

Kubeczko, Klaus, Anna Wang, Dierk Bauknecht, José Pablo Chavez Avila, Mauricio Correa Ramírez, Aram An, Nicole Kerkhof-Damen, Helena Lindquist, and Magnus Olofsson. 2021. "ISGAN Regulatory Sandbox 2.0 Project: Policy Messages to the Clean Energy Ministerial." ISGAN - International Smart Grid Action Network. <https://www.iea-isgan.org/policy-messages-from-the-isgan-regulatory-sandbox-2-0-project/>.

Aufbauend auf den Erfolgen der ersten ISGAN-Initiative zu diesem Thema im Jahr 2019 hat das Projekt vier zentrale politische Botschaften für das Clean Energy Ministerial und die breitere internationale Energiegemeinschaft hervorgebracht. Das Projekt wurde ausgewählt, um diese Ergebnisse als offizielles On-Demand-Side-Event des 12. Clean Energy Ministerial Meetings, das in Chile stattfand, zu präsentieren. Die politischen Botschaften wurden durch einen einzigartigen Wissensaustauschprozess gemeinsam von Expert:innen und Praktiker:innen aus Ministerien, Regulierungsbehörden und Forschungseinrichtungen aus 15 Ländern auf 3 Kontinenten entwickelt. Dieser Wissensaustauschprozess kombinierte internationale Wissensaustausch-Workshops mit Stakeholder-Dialogen auf nationaler Ebene. Die Leitfragen, die den internationalen Dialog geleitet haben, umfassten: wie Sandbox-Programme in langfristige Energiestrategien integriert werden können; die rechtlichen Voraussetzungen und Ausnahmegesetze, um Sandbox-Programme zu ermöglichen; wie die Koordination zwischen verschiedenen Stakeholdern bei der Programmdurchführung erfolgen sollte; und wie Evaluationsprozesse für das Policy-Learning gestaltet werden können.

Kubeczko, Klaus. 2023. "Towards Transformative Readiness of Twin Transitions - Transitions of a PCSs' Complex Analysed Based on a Four-Layered Hybrid Heuristic." Workshop Presentation presented at the Workshop "Exploring multi-system phenomena in net-zero transitions," Oslo, May 11.

Die transformative Innovationspolitik (TIP) steht vor dem Dilemma, dass einige die Dominanz der Technologie als schnelle Lösung darstellen, während die Realität der Transformation aus der Sicht der Forschung zu Nachhaltigkeitstransitionen offensichtlich viel komplexer ist. Die Fixierung auf lineares Silodenken als politisches Paradigma und die Technologie-Reife als das Hauptkriterium für Programmdesign und die Auswahl förderfähiger Projekte sind Ausdruck dieser Tendenz. Infolgedessen wird der Bedeutung von transformativen Policy-mixes, die auf

einem breiteren Verständnis von Transformationsmaßnahmen beruhen, sowie den unterschiedlichen Kontextbedingungen, die vorangetrieben werden müssen, bevor man den nächsten Schritt in Richtung einer Gesellschaft auf Basis komplexer Net-Zero Produktions-Konsumptions-Systeme (PCSs) macht, zu wenig Beachtung geschenkt. Ein gemeinsamer Rahmen ist erforderlich, um einen angemessenen Policy-Mix für das Erreichen der Net-Zero Ziele zu entwickeln.

Ritter, David, Christoph Heinemann, Dierk Bauknecht, Christian Winger, and Franziska Flachsbarth. 2022. "Model-Based Evaluation of Decentralised Electricity Markets at Different Phases of the German Energy Transition." *Economics of Energy & Environmental Policy* 11 (2). <https://doi.org/10.5547/2160-5890.11.1.drit>.

Dieses Papier untersucht dezentrale Märkte im deutschen Elektrizitätssystem, definiert als Märkte in bestimmten Regionen, in denen der regionale Strombedarf hauptsächlich durch regionale Erzeugung gedeckt wird und der verbleibende Bedarf im zweiten Schritt auf Systemebene gedeckt wird. Die Forschungsfrage lautet: Welchen Einfluss haben die Größe dezentraler Märkte und die Art der autorisierten Teilnehmer auf unterschiedlichen Ebenen der Energiewende? Die Ergebnisse zeigen, dass die größten Effekte durch dezentrale Märkte aufgrund einer erhöhten Nutzung von Gaskraftwerken verursacht werden, da sie im zukünftigen Stromsystem die wichtigsten steuerbaren Erzeuger sind. Dies führt zu deutlich höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen und Stromerzeugungskosten, aber auch zu höheren lokalen Selbstversorgungsraten. Bei sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien unterscheiden sich die Ergebnisse kaum zwischen dem Referenzfall und den Modellen dezentraler Märkte. Die Größe dezentraler Märkte hat einen geringeren Einfluss als der eingeschränkte Zugang für bestimmte Brennstoffarten oder Erzeugungskapazitäten. Obwohl dezentrale Märkte die Belastung des Stromnetzes reduzieren können, verringert sich der Bedarf an Netzausbau nicht. Insgesamt kommen wir zu dem Schluss, dass dezentrale Märkte aus einer Systemperspektive negative Auswirkungen haben können, wenn sie nicht angemessen reguliert werden, insbesondere während der Transformationsphase des Elektrizitätssystems.

Wieczorek, Anna J., Harald Rohrer, Dierk Bauknecht, Klaus Kubeczko, Simon Bolwig, Pieter Valkering, Regine Belhomme, and Simone Maggiore. 2024. "Citizen-Led Decentralised Energy Futures: Emerging Rationales of Energy System Organisation." *Energy Research & Social Science* 113 (July): 103557. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103557>.

Die aktuellen Energiesysteme durchlaufen grundlegende Veränderungen, die durch die Klimakrise, die fortschreitende Digitalisierung und den wachsenden Ruf nach einer stärkeren Bürgerbeteiligung angetrieben werden. Die Auswirkungen dieser Entwicklungen auf das zukünftige Energiesystem sind jedoch alles andere als eindeutig. Obwohl ein zunehmender Trend zur Dezentralisierung erkennbar ist, ist noch nicht klar, wie genau diese neue dezentrale Konfiguration sich entwickeln und materialisieren wird. In diesem Artikel untersuchen wir die Gründe für die aktuellen Trends hin zu einem dezentraleren Elektrizitätssystem. Angesichts der Entwicklungen im Elektrizitätssystem konzentriert sich

unsere Studie auf aufkommende Bürgerinitiativen und deren Werte. Theoretisch mobilisieren wir zunächst das Konzept des sozio-technischen Systems, das von Akteuren, Institutionen und Technologie konstituiert und reproduziert wird und auf bestimmten gemeinsamen Prinzipien basiert. Wir verwenden diese Perspektive, um die vergangene und aktuelle Organisation des Energiesystems zu beschreiben. Zweitens definieren wir auf der Basis von zwei Dimensionen, der Wertorientierung und der Steuerungsrichtung, vier idealtypische Formen von sozio-technischen Dezentralisierungskonfigurationen. Wir untersuchen mögliche Transformationspfade und die institutionellen, akteursspezifischen und technologischen Voraussetzungen, die erforderlich sind, damit diese Formen der Dezentralisierung zu vorherrschenden Konfigurationen werden. Wir kommen zu dem Schluss, dass alle Formen der Dezentralisierung potenziell zur Erreichung der kohlenstoffarmen Ziele beitragen können, sich jedoch wahrscheinlich gleichzeitig in unterschiedlichen Bedürfnissen des Systems und der Bürger:innen entwickeln und koexistieren werden.

Summeren, Luc FM, Anna J Wieczorek, and Geert PJ Verbong. 2021. "The Merits of Becoming Smart: How Flemish and Dutch Energy Communities Mobilise Digital Technology to Enhance Their Agency in the Energy Transition." *Energy Research & Social Science* 79: 102160.

Die jüngsten Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und die fortlaufenden Digitalisierungsprozesse spielen eine Schlüsselrolle in der Energiewende. Es wird oft argumentiert, dass digitale Technologie das Potenzial hat, Bürger\*innen und Gemeinschaften zu stärken und damit nicht nur zu einem nachhaltigeren, sondern auch zu einem demokratischeren und gerechteren Energiesystem beizutragen. Es ist jedoch unklar, wie die zunehmende Anzahl von Vorreiter-Energie-Gemeinschaften, die in den Bereich der intelligenten Netze eintreten, von diesen neuartigen IKT-Lösungen profitieren und sinnvoll zur nachhaltigen Energiewende beitragen können. In diesem Papier wird untersucht, wie Energie-Gemeinschaften IKT nutzen können, um ihre Handlungsmöglichkeiten in der Energiewende zu erweitern. Als Teil eines ganzheitlichen Mehrfallstudien-Ansatzes wurden zwei Energie-Gemeinschaften über einen Zeitraum von drei Jahren eng begleitet. Daten wurden während Projekttreffen und durch halbstrukturierte Interviews gesammelt.

Dieses Papier zeigt, dass Energie-Gemeinschaften IKT nutzen können, um die Funktionsweise zu verändern, die Zusammenarbeit zu stärken, um kollektive Handlungsfähigkeit zu erhöhen, und ihre Bemühungen zur Schaffung, Störung oder Aufrechterhaltung von Institutionen zu unterstützen. Die untersuchten Energie-Gemeinschaften verfolgten eine "fit and transform"-Strategie, bei der sie IKT kurzfristig nutzen, um sich in das bestehende Energiesystem einzufügen, während sie langfristig auf Transformation abzielen. IKT bringt jedoch auch neue Herausforderungen in Form von Interoperabilitätsproblemen mit sich. Dieses Papier fordert mehr Aufmerksamkeit auf die Rolle der IKT, wenn man die Handlungsmöglichkeiten in der sich entwickelnden Nachhaltigkeitswende untersucht, insbesondere in Bereichen, in denen digitale Technologie eine wichtige Rolle bei der Transformation spielt.

Summeren, Luc FM van, Sylvia Breukers, and Anna J Wieczorek. 2022. "Together We're Smart! Flemish and Dutch Energy Communities' Replication Strategies in Smart Grid Experiments." *Energy Research & Social Science* 89: 102643.

Energie-Gemeinschaften engagieren sich zunehmend in Smart-Grid-Experimenten, um neue Wege zur gemeinsamen Erzeugung, zum Verbrauch, zur Speicherung, zum Management und zum Handel von Energie zu erkunden. Die Literatur zu Transformationen legt nahe, dass die Replikation solcher Experimente für sozio-technische Veränderungen unerlässlich ist. In der Praxis bleiben jedoch viele Experimente isolierte Ereignisse, die nicht zur nachhaltigen Energiewende beitragen. Darüber hinaus, obwohl die Literatur die Bedeutung von Replikation betont, wird nur wenig Augenmerk darauf gelegt, wie die Replikation in der Praxis stattfindet und welche Perspektiven die beteiligten Akteur:innen haben. In diesem Papier wird über Aktionsforschung berichtet, die zusammen mit niederländischen und flämischen Energie-Gemeinschaften durchgeführt wurde, um herauszufinden, was die Replikation von Community-basierten virtuellen Kraftwerks-Experimenten (cVPP) in der Praxis bedeutet und wie sie erreicht werden kann.

Im Einklang mit der Literatur betrachteten die Energie-Gemeinschaften die Replikation von cVPP als einen iterativen und multidimensionalen Prozess, der kollektive Bedeutungsfindung, die Suche nach notwendigen Ressourcen, den Kompetenzaufbau und die Implementierung der erforderlichen technologischen Bausteine umfasst. Angesichts der identifizierten Herausforderungen artikulierten die Energie-Gemeinschaften zwei Strategien, die beide auf die Zusammenarbeit mit ähnlichen Initiativen abzielen, um Ressourcen zu bündeln (einschließlich gemeinsamer digitaler Technologie). Dies wurde als eine sinnvolle Strategie betrachtet, um dem aktuellen Kontext zu begegnen, der durch (institutionelle) Unsicherheit und Unklarheit gekennzeichnet ist. Obwohl die Literatur zwischen Wachstum und Replikation von Experimenten unterscheidet, zeigen die identifizierten Strategien, dass diese Unterscheidung in der Praxis weniger klar ist. „Reine“ Replikation wurde nicht als der beste Weg angesehen. Vielmehr scheint es, dass die Kombination von Replikations- und Wachstumsprozessen Möglichkeiten für eine breitere Verbreitung des cVPP-Konzepts über die wenigen ressourcenreichen Vorreiter-Energie-Gemeinschaften hinaus bietet.

Summeren, Luc FM van, Anna J Wieczorek, Gunter JT Bombaerts, and Geert PJ Verbong. 2020. "Community Energy Meets Smart Grids: Reviewing Goals, Structure, and Roles in Virtual Power Plants in Ireland, Belgium and the Netherlands." *Energy Research & Social Science* 63: 101415.

Gemeinschaftsgetriebene Energieinitiativen gelten als wichtige Treiber der Energiewende. Bisher konzentrierten sich diese Initiativen hauptsächlich auf Energieerzeugung und -einsparung. Einige Initiativen haben jedoch begonnen Smart-Grid-Innovationen wie virtuelle Kraftwerke (VPP) zu nutzen, was ihnen ermöglicht, sich in den Bereichen Verteilung, Handel von Energie und im Energiemanagement zu engagieren. Durch den Einsatz eines multimethodischen Ansatzes, bestehend aus Literaturrecherchen zu Energiegemeinschaften und virtuellen Kraftwerken, Aktionsforschung, halbstrukturierten Interviews und der Kategorisierung durch Familienähnlichkeit, untersucht dieser Artikel die

gemeinschaftsbasierten virtuellen Kraftwerke (cVPP) als neuartiges Modell für die Energieversorgung.

Wir haben fünf Bausteine identifiziert, die zusammen ein cVPP bilden: die beteiligte Gemeinschaft; die gemeinschaftsorientierte Logik, unter der das Projekt operiert; das Portfolio verteilter Energiequellen; eine IKT-Kontrollarchitektur; sowie die Rollen, die Gemeinschaften kollektiv im Energiesystem durch cVPP übernehmen können. Drei Praxisbeispiele in Irland, Belgien und den Niederlanden verdeutlichen die Vielfalt der cVPPs, die aus unterschiedlichen Entscheidungen und Abwägungen verschiedener Gemeinschaften in unterschiedlichen institutionellen Kontexten resultiert. Die Anwendung der cVPP-Konzeptualisierung machte sichtbar, dass die drei cVPPs sich an das bestehende Energiesystem anpassen mussten, was es ihnen erschwerte, die gewünschten Rollen im Energiesystem zu übernehmen, im Rahmen ihrer Gemeinschaft zu operieren und ihre eigenen Bedürfnisse und Werte in den Mittelpunkt zu stellen.

Veseli, Argjenta, Simon Moser, Klaus Kubeczko, Verena Madner, Anna Wang, and Klaus Wolfsgruber. 2021. "Practical Necessity and Legal Options for Introducing Energy Regulatory Sandboxes in Austria." *Utilities Policy* 73: 101296. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101296>.

Innovative Lösungen für die Energiewende stoßen oft auf Hindernisse, da der rechtliche Rahmen jeweils auf das etablierte Energieregime ausgerichtet ist. Da schnelle Änderungen im rechtlichen Rahmen Unsicherheiten mit sich bringen können, kann das Testen von Lösungen im Ausnahmerahmen von regulatorischen Sandboxes ein konstruktives Instrument der Innovationspolitik sein. Bis Juni 2021 enthält das österreichische Energierecht weder eine ausdrückliche Genehmigung zur Erteilung solcher Ausnahmen noch maßgeschneiderte regulatorische Sandboxes. Dieses Papier untersucht erstmals den praktischen Bedarf an regulatorischen Sandboxes in Österreich und notwendige Änderungen für die energierechtliche Zulässigkeit von regulatorischem Experimentieren unter Berücksichtigung des europäischen Rechts. Weiters werden spezifische Experimentierfelder identifiziert.

## 6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Wie auf internationaler Ebene, findet sich auch die österreichische Zielgruppe des Projektes insbesondere im Bereich der öffentlichen Verwaltung (Ministerien und Fördereinrichtungen, insbesondere BMK, Klima- und Energiefonds, FFG, E-Control), Technologieplattformen und Interessenvertretungen sowie Unternehmen im Bereich der Energieversorgung und Verteilung. Zur Zielgruppe zählen ebenso Forschungseinrichtungen und inter- und transdisziplinär arbeitende Forscher:innen, insbesondere aus dem Bereich der Geistes-, Sozial und Wirtschaftswissenschaften (respektive SSH) im Forschungsbereich Nachhaltige Transition des Energiesystems.

Generell lässt sich in Bezug auf die IEA-Beteiligung der Schluss ziehen, dass der Kompetenzaufbau durch die internationale Kooperation und der Wissenstransfer zwischen den beteiligten Ländern maßgeblich ermöglicht wurde und insofern für die nationalen Zielgruppen von hohem Nutzen ist. Insbesondere ist der Vergleich zwischen unterschiedlichen Weltregionen hilfreich, um besser beurteilen zu können, welche Zielsetzungen und Herausforderungen bei der Smart Grid Transition bestehen und wie stark sich institutionelle Strukturen und Governance-Prozesse unterscheiden können, um daraus Schlüsse für die Gestaltung nationaler und europäischer Energiesysteme ableiten zu können. Dies wäre ohne die Kooperation im Rahmen der IEA-Beteiligung – wenn überhaupt – nur mithilfe eines viel größeren Aufwands möglich. Auch für die österreichische Beteiligung an der Mission Innovation ist dieses Wissen von Bedeutung. Da die behandelten Fragestellungen von globaler Relevanz sind, sind auf Europa beschränkte Forschungsaktivitäten im Rahmen von Horizon Europe und ERA-Net Smart Energy Systems bzw. Clean Energy Transition Partnership zwar komplementär aber nicht als Alternative zur IEA-Beteiligung anzusehen.

### **Task 1 – Transitionsprozesse und -Pfad (Transition Processes and Pathways):**

Als neuem Format für Lern- und Ko-Kreationsprozesse, wurde erfolgreich eine Community of Practice (CoP) zu Regulatory Experimenting entwickelt und etabliert. Die ISGAN Sandbox CoP ermöglicht selbstorganisiert, in regelmäßigen Treffen, den internationalen Austausch zu Sandbox-Programmen, nationalen Erfahrungen, sowie Learnings und „Good Practices“ zu fördern. Dadurch wurde ermöglicht, dass sich das im Rahmen der Inter-Annex Kollaboration „Regulatory Sandboxes 2.0“ aufgebaute Netzwerk von Policy Makern aus Ministerien und Stakeholdern (wie Regulierungsbehörden und Förderagenturen) aus mehr als zehn Ländern weiterhin regelmäßig austauschen kann. Die ISGAN Sandbox CoP hat sich seit 2021 zu einem zentralen internationalen Format zum vertrauensvollen Austausch der Akteur:innen und Stakeholder entwickelt. Sie wird von der WG7 sowohl organisatorisch bei der Vorbereitung der internationalen Workshops der CoP, als auch mit Fachexpertise begleitet. Auch Österreich ist in der ISGAN Sandbox Community of Practice (CoP) vertreten und kann damit auch vom internationalen Wissensaustausch und der Vernetzung von Policy Makern mit ähnlichen Aufgabenstellungen profitieren.

### **Task 2 – Reflexive Governance (Smart Reflexive Governance):**

Am Beispiel des Themenbereichs der Regulatory Sandboxes / Regulatorische Experimentierräume lässt sich der Ergebnistransfer besonders gut darstellen. Die mehrjährige Beschäftigung mit dem Thema

„Regulatorisches Experimentieren“ hatte auf nationaler Ebene einen bedeutenden Einfluss auf die instrumentelle Ausgestaltung des „Energie.Frei.Raum“ Programms des BMK, das zur Förderung von regulatorischem Experimentieren in Sandboxes dient. Die Möglichkeit des internationalen Vergleichs trug auch wesentlich dazu bei, die erforderlichen gesetzlichen Grundlagen, die im EAG 2021 vom Parlament beschlossen wurden, auszugestalten.

Die erweiterte Analyse im ISGAN Sandbox 2.0 Projekt mit Unterstützung der Community of Practice und andere Aktivitäten haben zur Erkenntnis geführt, dass durch Experimentieren in Sandboxes regulatorisches Lernen ermöglicht wird. 2021 wurden dem Clean Energy Ministerial diesbezügliche Empfehlungen vorgelegt. Die Erkenntnisse aus den Arbeiten flossen 2023 auch in ein Dokument der Europäischen Kommission zu Regulatory Learning in der EU {SWD(2023) 277 final} ein, das sowohl für den Bereich Energie als auch darüber hinaus, die Grundlage für regulatorisches Lernen durch Experimentieren in der europäischen Politik in Bezug auf den Green Deal bilden wird.

Die ISGAN Aktivitäten zu Regulatorischen Experimentierräumen dienten beispielsweise zur Themensetzung auf europäischer Ebene durch die Unterstützung bei der Formulierung der relevanten Implementationsaktivitäten im SET-Plan. Dies hatte in Österreich auch einen Einfluss auf die Umsetzung des Regierungsprogramms 2020-2024, in dem das Standort- und Industriepolitische Ziel der Umsetzung von Regulatory Sandboxes sowie der Experimentierklausel in der Technologieoffensive formuliert wurde. Konkret unterstützen die Aktivitäten von Working Group 7 auch die Vorbereitungen und die instrumentelle Ausgestaltung des österreichischen Programms Energie.Frei.Raum (BMK, abgewickelt durch FFG). Energie.Frei.Raum soll die Möglichkeiten schaffen, die systemische Implementierung neuer Marktmodelle zur Systemintegration von Technologien der Erneuerbaren Energie sowie von Speicher- und Energieeffizienztechnologien zu erproben.

Die Ergebnisse des Projekts „F.R.E.SCH“ der 1. Ausschreibung von Energie.Frei.Raum wurden im Juli 2020 bereits bei einem Webinar gezeigt, wo die gesetzliche Verankerung einer Experimentierklausel im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes im Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG) für den Strombereich und im Gaswirtschaftsgesetz (GWG) für den Gasbereich präsentiert wurde. Die Ausgestaltung stützt sich auf die Erkenntnisse des „F.R.E.SCH“ Projekts, das in dieser Form der Einbeziehung internationaler Erfahrungen nur durch ISGAN WG 7 Aktivitäten möglich war. Die Experimentierklausel soll die Regulierungsbehörde ermächtigen, bescheidmäßig Ausnahmen zu den Netzentgeltbestimmungen zu erteilen (sog. Ausnahmebescheid). Diese Ausnahmebescheide können Reduktionen, Befreiungen oder Abweichungen von regulären Entgelten umfassen<sup>7</sup>.

Weiter lässt sich der Ergebnistransfer an den Arbeiten zeigen, die im Zusammenhang mit der Kritik am etablierten TRL-Ansatz stehen und der Frage ob bzw. warum dadurch transformative Innovationen blockiert werden. In Europa sind politische Entscheidungsträger:innen, die für die Einrichtung von Forschungs- und Innovationsprogrammen für die Energiewende verantwortlich sind, mit der Beschränkung auf angebotsorientierte F&E Projekte konfrontiert, da die Festlegung der TRL-Logik als zentralem Kriterium die Förderung von missions- und nachfrageseitig-orientierten F&E Projekten kaum ermöglicht. Verschiedene alternative, bzw. potenziell komplementäre Readiness Konzepte wurden identifiziert: Societal Readiness, Scaling Readiness, Socio-technical Innovation Maturity, (Combined) Market Readiness, Demand Readiness, Institutional Readiness, Organisational Readiness, Commercial Readiness, etc.

---

<sup>7</sup> Siehe Präsentationen des Webinars „Energie.Frei.Raum und Regulatory Sandbox“:  
[https://www.ffg.at/sites/default/files/downloads/Webinar\\_Energie.Frei\\_.Raum\\_9.7\\_final1.1.pdf](https://www.ffg.at/sites/default/files/downloads/Webinar_Energie.Frei_.Raum_9.7_final1.1.pdf)

Erste Ansätze bildet die Europäischen Clean Energy Transition Partnership (CETP), die von Österreich koordiniert wird. Im Rahmen der Entwicklung der Strategischen Forschungsagenda der CETP, und der ersten Ausschreibungen wurden einige der Readiness Konzepte komplementär eingeführt.

### **Task 3 – Smart Grid Transitionen und Institutionalisierung (Smart Grid Transitions and Institutionalizations):**

Die Arbeiten schafften zwischen den teilnehmenden Ländern ein erweitertes Verständnis der Rationalitäten zunehmend dezentralisierter Energiesysteme und der damit einhergehenden Rollen neuer und etablierter Akteure am Grid-Edge, d.h. in lokalen Stromnetzen. So wurden festgestellt, dass für zukünftige Dezentralisierungskonfigurationen Wertorientierung (individuell versus kollektiv) und Serviceorientierung (Selbstversorgung versus Systemdienlichkeit) der Haushalte und Unternehmen ausschlaggebend sein werden. Als zentrale Akteure am Grid-Edge sind sie nicht mehr ausschließlich Empfänger einer Energiedienstleistung. Vielmehr können sie sowohl als PV-Stromerzeuger, durch Demand-Response und oder als Speicherakteure als Anbieter von Flexibilitätsdienstleistung gegenüber dem Netzbetreiber agieren und damit einen Beitrag zur Daseinsvorsorge leisten. Weiters wurden unterschiedliche Lock-Ins identifiziert und Fälle beschrieben, wie Entscheidungen Pfadabhängigkeiten verursachen, die die Geschwindigkeit und Richtung der Transition und die Ausrichtung des zukünftigen Energiesystems bestimmen. Diese Ergebnisse fließen in der nächsten Periode der gemeinsamen Arbeiten der ISGAN Working Groups in ein Leuchtturmprojekte zur adaptiven Planung und Implementierung von Stromnetzen unter Unsicherheit für die Clean Energy Transition unter Berücksichtigung der Rolle intelligenter lokaler Verteilungsnetze in Energiesystemen ein.

# 7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Die Erwartung, dass Smart Grids in einem integrierten klimaneutralen Energiesystem eine zentrale Rolle spielen werden, rückten in den letzten Jahren weltweit immer stärker in den Vordergrund.

Ausgangspunkt der Arbeit in Working Group 7 /Annex 7 war seit Beginn 2014 die Erkenntnis aus der IEA Technology Roadmap Smart Grids (OECD/IEA 2011), dass ein neues technologisches System (Smart Grid) nicht ausreichend in das „nicht-technologische“ Umfeld (Institutionen, Regulierungen, Akteursnetzwerke, Innovationsökosysteme, über etablierte Grenzen hinweg orchestrierte Visionen und Strategien ...) eingebettet ist, um eine Energiewende zu ermöglichen. Auch angesichts der multiplen Krisen der letzten Jahre legt man immer noch große Hoffnungen in die Bewältigung der Klimakrise durch Technologieentwicklung und schenkt den nicht-technologischen Dimensionen wenig Beachtung. Österreich beteiligt sich beispielsweise unter anderem an der Mission Innovation Initiative zu Smart Grids. Diese fokussiert auf Forschung zu intelligenten Netzen und Speichern, und „zielt darauf ab, die Entwicklung und Demonstration von Smart-Grid-Technologien zu beschleunigen“ (MI Smart Grids 2023).

Obwohl Lösungen für eine Beschleunigung des Wandels der Stromnetze weniger im Bereich der technologischen Lösungen zu finden sind, wird der Forschung zu den nicht technologischen Aspekten, abgesehen vom Energie.Frei.Raum Programm und anderen Ansätzen zu regulatorischem Experimentieren, vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit geschenkt, sowohl in Österreich als auch international. Mit diesem Befund lässt sich auch in der dritten Phase der Beteiligung an der Working Group von 2020-2023 immer noch begründen, warum der Transitionsprozess in Richtung eines neuen Energiesystems kaum Schwung aufgenommen hat.

Betrachtet man Energiesysteme, wie dies in Working Group 7 der Fall ist, als sozio-technische Systeme, ist damit nicht nur eine steigende Komplexität in der Entwicklung technologischer Elemente verbunden. Die Herausforderungen beziehen sich auch auf strukturelle Elemente im institutionellen Gefüge des Energiesystems und auf Koordinations- und Governance-prozesse für ein nachhaltiges Energiesystem (z.B. Allokationsmechanismen wie Märkte und Energiegemeinschaften, Gestaltung neuer rechtlicher Rahmenbedingungen, Ausgestaltung der Daseinsvorsorge, Rolle der Akteure am Grid-Edge in der Gestaltung lokaler Stromnetze und der Energielogistik).

Schwerpunktmäßig fokussierten die Aktivitäten zwischen 2020 und 2023 in:

- Task 1 zu Transitionsprozessen und -Pfadern auf die Verbesserungen transformativer Governanceprozesse und der Bedingungen für die Förderung und Implementierung von transformativen F&E Projekten.
- Task 2 zu Reflexiver Governance auf regulatorisches Experimentieren als neues Instrument regulatorischen Lernens und der Evaluierung an der Schnittstelle zwischen Innovationspolitik und der Energiepolitik.
- Task 3 zu Smart Grid Transitionen und Institutionalisierung auf Fragen des sozio-technischen Systemverständnisses und der Gestaltung der Transformation dezentraler Energiesysteme.

Diese Schwerpunkte werden auch in der nächsten Phase der Arbeiten in der Working Group 7 weitergeführt und an die aktuellen Herausforderungen und Fragestellungen angepasst.

#### **Empfehlungen für das Policy Making zu Reflexiver Governance:**

Aufgrund der Dringlichkeit der Energiewende muss die Transition beschleunigt werden. Ein möglicher rascher und aktuell auch politisch erwünschter Schritt, der in den letzten Jahren sowohl national als auch international besondere Aufmerksamkeit erhalten hat, ist die **Umsetzung des regulatorischen Experimentierens**. Damit wird ermöglicht, an zukunftsfähigen Lösungen in realen bzw. rechtlich abgesicherten Ausnahmezonen arbeiten zu können.

Angesichts der Beziehung zwischen Gesetzgebung, Politikgestaltung und Regulierung erfordert regulatorisches Experimentieren eine strategische Rolle seitens der politischen Entscheidungsträger:innen, damit es wirksam ist und die Experimente zu dauerhaften Veränderungen führen können. Der **Nutzen von Regulierungsexperimenten liegt im Regulatorischen Lernen** innerhalb des gesetzlichen Rahmens und Handlungsspielraums der Regulierungsbehörden, ohne den demokratischen Entscheidungsprozessen vorzugreifen. Die strategische Rolle beinhaltet auch die Aufgabe, neue und etablierte Akteure sowie Interessengruppen und Stakeholder zu orchestrieren. Dafür bietet regulatorisches Experimentieren einen Rahmen, um bei Bedarf die Ausrichtung der verschiedenen Stakeholder-Bemühungen auf Transformationspfade sicherzustellen. Regulierungsbehörden können dabei eine wichtige ergänzende bzw. unterstützende Rolle spielen.

Wie in der Diskussion innerhalb der ISGAN Sandbox Community of Practice deutlich wurde, müssen Regulierungsbehörden, die in einigen Fällen bereits damit begonnen haben Innovationen zu unterstützen, in vielen Fällen noch stärker befähigt werden, um eine aktivere Rolle im politischen Lernprozess und in der Entwicklung von Innovationen spielen zu können. Aus der ISGAN-Workshop-Reihe ging eine Vision hervor, die durch die Smart-Grid-Funktionen ermöglichte Modernisierung und Umstellung des Stromsektors durch regulatorisches Experimentieren zu beschleunigen (insbesondere im Hinblick auf die Dekarbonisierung von Wärme und Verkehr als Teil einer umfassenden Transformation im Energiesektor). Voraussetzung ist eine produktive Beziehung zwischen Regulierungsbehörden und politischen Entscheidungsträger:innen, um dies ermöglichen zu können.

Weiterführende Aktivitäten in Österreich sollten auch die Evaluation von Aktivitäten im Zusammenhang mit Regulatorischem Experimentieren, wie dem Energie.Frei.Raum Programm beinhalten.

#### **Empfehlungen für das Policy Making zu Smart Grid Transitionen und Institutionalisierung:**

Es sind weitere **Aktivitäten an der Schnittstelle zwischen Forschungs- Technologie- und Innovationspolitik (FTI-Politik) und Klima- und Energiepolitik** nötig. Hierfür bieten Ansätzen zu Transformativer Innovationspolitik und Missionsorientierung, basierend auf der Forschung zu nachhaltigen Transitionsprozessen (Sustainability Transitions) vielversprechende Anhaltspunkte (siehe z.B. Schot und Steinmüller 2018, Torrens und Schot 2017).

Wie in den Ergebnissen beschrieben, ist eine Weiterentwicklung des Policy Mixes zu empfehlen. Eine Fixierung der FTI-Politik auf ein lineares Verständnis von technologiezentrierten Innovationsprozessen, und die Selbstbeschränkung in der Umsetzung in Form der TRL-Heuristik scheint nicht mehr zeitgemäß. Um den Beitrag des Energiesystems zur Daseinsvorsorge, die Ziele der Dekarbonisierung des

Energiesystems und die Rolle der Digitalisierung in zunehmend cyber-physischen soziotechnischen Systemen zu berücksichtigen, ist es entscheidend, eine Heuristik für die Gestaltung der Transformation soziotechnischer Systeme zu entwickeln. Diese Heuristik sollte den primären Fokus auf technologische Produktinnovationen vermeiden, sowohl technologische als auch nicht-technologische Aspekte gleichberechtigt analysieren und Hinweise für die Gestaltung einer transformativen Innovationspolitik liefern, die die Bedürfnisse der Daseinsvorsorge unterstützt. Erste Ansätze im Rahmen der Europäischen Clean Energy Transition Partnership (CETP) und ähnliche Initiativen im Bereich außerhalb des Energiebereichs sollten evaluiert werden, um effektive Instrumente auf nationaler und europäischer Ebene breiter anwenden zu können.

### **Empfehlungen für das Policy Making zu Fragen des sozio-technischen Systemverständnisses und der Gestaltung der Transformation dezentraler Energiesysteme**

Für eine vorausschauende und agile Politik zur Gestaltung der Transformation dezentraler Energiesysteme sind neue Zukunftsbilder und Narrative zu Transitionspfaden nötig, die dazu beitragen, unterschiedliche Akteure und Stakeholder zu orchestrieren und gemeinsame Strategien zu erarbeiten und umsetzen zu können. Dies betrifft sowohl etablierte und neue Akteure und Stakeholder im Bereich der Energiesysteme als auch Policy-Maker.

Basierend auf den Analysen in Paper#1 und #2, sehen wir drei wichtige **Aufgaben für Policy-Maker in der Klima- und Energiepolitik und der transformativen Innovationspolitik.**

Erstens: ein kollektives Verständnis über mögliche zukünftige Konfigurationen des Energiesystems und die Rolle von Smart Grids darin muss entwickelt werden. Um strategisch agieren zu können, müssen Zukunftsszenarien und neuen Narrative entstehen, die über technische Machbarkeit und funktionale Modelle und Architekturen hinausgehen. Dafür sind auch (neuen) Begrifflichkeiten nötig, die aus den Perspektiven allen Beteiligten – von der lokalen Ebene bis zur globalen Ebene – verstanden werden können: in unterschiedlichen Politikfeldern, in der Forschung- und Entwicklung von Ingenieur:innen und den Sozial-, Geistes- und Kulturwissenschaften, von den wirtschaftlichen Akteuren in der Daseinsvorsorge (in der Regulierung, Netzbetrieb, Erzeugung, Lieferung), der innovierenden Industrie und den Nutzer:innen von Energiedienstleistungen. Die im Bericht dargestellten vier Konfigurationen eines dezentralen Energiesystems aus Sicht der Akteure am Grid-Edge sind ein Beitrag dazu.

Zweitens: das Verständnis für Lock-Ins zu verfeinern, um sie auf der Grundlage einer klaren Methodik ex ante in Transitionsprozessen identifizieren zu können. Lock-Ins könnten in einer vorausschauenden Nachhaltigkeitsbewertung potenzieller soziotechnischer Konfigurationen berücksichtigt werden, und auch in der Bewertung der Direktionalität und Geschwindigkeit des Transitionsprozesses.

Drittens: sobald potenzielle Lock-Ins identifiziert und bewertet wurden, besteht der nächste Schritt darin, geeignete Governance-Strategien zu entwickeln, mit dem Ziel, sowohl Lock-Ins in einer Konfiguration zu vermeiden, die den Wechsel zu einer anderen erschweren, als auch Lock-Ins, die den Weg in Richtung einer bestimmten Konfiguration dorthin untergraben. Dies umfasst sowohl generische Strategien als auch Strategien innerhalb eines spezifischen Governance-Regimes. Eine generische Strategie bestünde darin, mehrere Wege parallel zu entwickeln und Optionen offen zu halten, während man gleichzeitig eine Strategie hätte, um zu entscheiden, wann bestimmte Wege nicht mehr nützlich sind. Ein Beispiel für eine Strategie innerhalb eines bestimmten Governance-Regimes wäre die Entwicklung einer Energieregulierung, die den Eigenverbrauch ermöglicht und

gleichzeitig Anreize für den Bau einer möglichst großen PV-Anlage gibt.

Insgesamt argumentieren wir, dass bereits die systematische Frage nach einem möglichen Lock-In in Bezug auf potenzielle Pfade und Konfigurationen ein wichtiges Element für die Bewertung ihrer Nachhaltigkeit sein kann. Bei der Entwicklung von Transformationsstrategien und Governance-Mechanismen müssen sich Policy Maker mit den Abwägungen zwischen der Stabilisierung neuer Konfigurationen und der Anpassungsfähigkeit auseinandersetzen, falls Umwelteinflüsse Pfadänderungen erforderlich machen.

## Literaturverzeichnis

- Andersen, Allan Dahl, Jochen Markard, Dierk Bauknecht, and Magnus Korpås. 2023. "Architectural Change in Accelerating Transitions: Actor Preferences, System Architectures, and Flexibility Technologies in the German Energy Transition." *Energy Research & Social Science* 97: 102945. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.102945>.
- Bauknecht, Dierk, Allan Dahl Andersen, and Karoline Tornes Dunne. 2020. "Challenges for Electricity Network Governance in Whole System Change: Insights from Energy Transition in Norway." *Environmental Innovation and Societal Transitions* 37 (December): 318–31. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.09.004>.
- Bauknecht, Dierk, Thore Sören Bischoff, Kilian Bizer, Martin Führ, Peter Gailhofer, Dirk Arne Heyen, Till Proeger, and Kaja von der Leyen. 2020. "Exploring the Pathways: Regulatory Experiments for Sustainable Development – An Interdisciplinary Approach." *Journal of Governance and Regulation* 9 (3): 49–71. <https://doi.org/10.22495/jgrv9i3art4>.
- Bauknecht, Dierk, Simon Bolwig, Klaus Kubeczko, Harald Rohrer, Anna Wieczorek, Regine Belhomme, Nicole Kerkhof-Damen, and Simone Maggiore. 2022. "Decentralized Energy Futures: Pathways and Lock-Ins towards Emerging New Logics of Energy-System Organization." In .
- Bauknecht, Dierk, Simon Bolwig, Klaus Kubeczko, Harald Rohrer, and Anna J. Wieczorek. 2023. "Lock-Ins in Sustainable Energy Transitions: A Forward-Looking Perspective."
- Bauknecht, Dierk, Simon Funcke, and Moritz Vogel. 2020. "Is Small Beautiful? A Framework for Assessing Decentralised Electricity Systems." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 118 (February): 109543. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109543>.
- Bauknecht, Dierk, and Klaus Kubeczko. 2024. "Regulatory Experiments and Their Impacts on Sustainability Transformations." *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* Special Issue.
- Bolton, Ronan, and Timothy J. Foxon. 2011. "Governing Infrastructure Networks for a Low Carbon Economy: Co-Evolution of Technologies and Institutions in UK Electricity Distribution Networks." *Competition and Regulation in Network Industries* 12 (2): 2–26.
- Clean Energy Transition Partnership. 2020. "Strategic Research and Innovation Agenda." Endorsed by European Countries and the European Commission. [https://cetpartnership.eu/sites/default/files/documentation/CETP%20SRIA\\_v1.0\\_endorsed\\_compressed\\_0.pdf](https://cetpartnership.eu/sites/default/files/documentation/CETP%20SRIA_v1.0_endorsed_compressed_0.pdf).
- European Commission. 2023. "Regulatory Learning in the EU - Guidance on Regulatory Sandboxes, Testbeds, and Living Labs in the EU, with a Focus Section on Energy." European Commission: Commission Staff Working Document {SWD(2023) 277 final}. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-12199-2023-INIT/en/pdf>.
- Geels, Frank W., and René Kemp. 2007. "Dynamics in Socio-Technical Systems: Typology of Change Processes and Contrasting Case Studies." *Technology in Society* 29 (4): 441–55. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2007.08.009>.
- Geels, Frank W., and Johan Schot. 2007. "Typology of Sociotechnical Transition Pathways." *Research Policy* 36 (3): 399–417.

- ISGAN. 2019. “Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes.” Casebook. Smart Grid Case Studies. IEA-TCP International Smart Grid Action Network (ISGAN). [https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/05/ISGAN\\_Casebook-on-Regulatory-Sandbox-A2-1.pdf](https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/05/ISGAN_Casebook-on-Regulatory-Sandbox-A2-1.pdf).
- . 2021. “Innovative Regulatory Approaches with Focus on Experimental Sandboxes 2.0.” Casebook. Smart Grid Case Studies. IEA-TCP International Smart Grid Action Network (ISGAN). [https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2021/10/Regulatory-Sandbox-2.0\\_For-Publication.pdf](https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2021/10/Regulatory-Sandbox-2.0_For-Publication.pdf).
- JRC. 2022. “2022 Strategic Foresight Report. Twinning the Green and Digital Transitions in the New Geopolitical Context.” European Commission. [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/strategic\\_foresight\\_report\\_2022.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/strategic_foresight_report_2022.pdf).
- Kert, Kaia, Michaela Verbova, and Sven Schade. 2022. “Regulatory Learning in Experimentation Spaces.” Science for Policy Brief JRC130458. European Commission.
- Klitkou, Antje, Simon Bolwig, Teis Hansen, and Nina Wessberg. 2015. “The Role of Lock-in Mechanisms in Transition Processes: The Case of Energy for Road Transport.” *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16: 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.005>.
- Köhler, Jonathan, Frank W. Geels, Florian Kern, Jochen Markard, Elsie Onsongo, Anna Wieczorek, Floortje Alkemade, et al. 2019. “An Agenda for Sustainability Transitions Research: State of the Art and Future Directions.” *Environmental Innovation and Societal Transitions* 31: 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.004>.
- Kubeczko, Klaus. 2023. “Towards Transformative Readiness of Twin Transitions - Transitions of a PCSs’ Complex Analysed Based on a Four-Layered Hybrid Heuristic.” Workshop Presentation presented at the Workshop “Exploring multi-system phenomena in net-zero transitions,” Oslo, May 11.
- Kubeczko, Klaus, Anna Wang, Dierk Bauknecht, José Pablo Chavez Avila, Mauricio Correa Ramírez, Aram An, Nicole Kerkhof-Damen, Helena Lindquist, and Magnus Olofsson. 2021. “ISGAN Regulatory Sandbox 2.0 Project: Policy Messages to the Clean Energy Ministerial.” ISGAN - International Smart Grid Action Network. <https://www.iea-isgan.org/policy-messages-from-the-isgan-regulatory-sandbox-2-0-project/>.
- MI Smart Grids. 2023. “MI-IC1 Smart Grids – Mission Innovation Smart Grids.” MI Smart Grids. 2023. <https://www.mi-ic1smartgrids.net/>.
- Muench, S., E. Stroemer, K. Jensen, T. Asikainen, M. Salvi, and F. Scapolo. 2022. *Towards a Green & Digital Future: Key Requirements for Successful Twin Transitions in the European Union*. LU: Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/977331>.
- OECD/IEA. 2011. “Technology Roadmap - Smart Grids.” OECD Publishing. Paris. <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-smart-grids>.
- Ritter, David, Christoph Heinemann, Dierk Bauknecht, Christian Winger, and Franziska Flachsbarth. 2022. “Model-Based Evaluation of Decentralised Electricity Markets at Different Phases of the German Energy Transition.” *Economics of Energy & Environmental Policy* 11 (2). <https://doi.org/10.5547/2160-5890.11.1.drit>.
- Rohracher, Harald, Anna Scheuer, Philipp Späth, and Markus Knochfacher. 2011. “E-Trans 2050 - Nachhaltige Energie Der Zukunft: Soziotechnische Zukunftsbilder Und Transformationspfade Für Das Österreichische Energiesystem.” Graz-Wien: IFZ – Inter-Universitäres

Forschungszentrum für Technik; AIT Austrian Institute of Technology GmbH; Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Schot, Johan, and Frank W. Geels. 2008. "Strategic Niche Management and Sustainable Innovation Journeys: Theory, Findings, Research Agenda, and Policy." *Technology Analysis & Strategic Management* 20 (5): 537–54.

Summeren, Luc FM van, Sylvia Breukers, and Anna J Wieczorek. 2022. "Together We're Smart! Flemish and Dutch Energy Communities' Replication Strategies in Smart Grid Experiments." *Energy Research & Social Science* 89: 102643.

Summeren, Luc FM van, Anna J Wieczorek, Gunter JT Bombaerts, and Geert PJ Verbong. 2020. "Community Energy Meets Smart Grids: Reviewing Goals, Structure, and Roles in Virtual Power Plants in Ireland, Belgium and the Netherlands." *Energy Research & Social Science* 63: 101415.

Van Summeren, Luc FM, Anna J Wieczorek, and Geert PJ Verbong. 2021. "The Merits of Becoming Smart: How Flemish and Dutch Energy Communities Mobilise Digital Technology to Enhance Their Agency in the Energy Transition." *Energy Research & Social Science* 79: 102160.

Veseli, Argjenta, Simon Moser, Klaus Kubeczko, Verena Madner, Anna Wang, and Klaus Wolfsgruber. 2021. "Practical Necessity and Legal Options for Introducing Energy Regulatory Sandboxes in Austria." *Utilities Policy* 73: 101296. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101296>.

Wieczorek, Anna J., Harald Rohrer, Dierk Bauknecht, Klaus Kubeczko, Simon Bolwig, Pieter Valkering, Regine Belhomme, and Simone Maggiore. 2024. "Citizen-Led Decentralised Energy Futures: Emerging Rationales of Energy System Organisation." *Energy Research & Social Science* 113 (July): 103557. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103557>.

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Dimensionen der Umsetzung von Smart Grids.....	10
Abbildung 2: Sozio-technische Dimensionen der Smart Grid Transition .....	13
Abbildung 3: Experimentierwerkzeuge und ihr Fokus .....	21

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Dezentralisierungskonfigurationen .....	18
--	----

## Abkürzungsverzeichnis

Abk.	Abkürzung
Art.	Artikel
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CEM	Clean Energy Ministerial
CETP	Clean Energy Transition Partnership
CoP	Community of Practice
COP21	Pariser Klimagipfel 2015
d.h.	das heißt
EAG	Erneuerbaren Ausbaugesetz
EIWOG	Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz
ExCo	ISGAN Executive Committee
FE&I	Forschung, Entwicklung und Innovation
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
FFG	Forschungsförderungsgesellschaft
G20	Gruppe der Zwanzig
GWG	Gaswirtschaftsgesetz
IEA-ISGAN	International Smart Grid Action Network
IEA	Internationale Energieagentur
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PoW	Programme of Work
REX	regulatory experiments
RwL	Real-world labs
SWD	Staff Working Document
TIP	Transformative innovation policy
TRL	Technology Readiness Level
WG 7	ISGAN Working Group 7 (vormals Annex 7)

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

[servicebuero@bmk.gv.at](mailto:servicebuero@bmk.gv.at)

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)