



Doctoral Thesis

How Policy Mixes Shape Technological Change and Organizational Learning in the Energy Sector. The Case of Distributed Energy Resources

Author(s):

Ossenbrink, Jan

Publication Date:

2017

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000161350> →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 24243

How Policy Mixes Shape Technological Change and
Organizational Learning in the Energy Sector

The Case of Distributed Energy Resources

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by
JAN OSSENBRINK
MSc. Wirt.-Ing., RWTH Aachen
born 09.06.1987
citizen of Germany

Accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Volker H. Hoffmann, examiner
Prof. Dr. Stefan J. Reichelstein, co-examiner

Zurich, 2017

Abstract

A fundamental technological transformation in the energy sector is widely seen as a prerequisite of effective climate change mitigation. In light of the urgency of global warming, public policy plays a central role in accelerating this “energy transition”, which requires overcoming numerous technological, economic, social and institutional challenges. However, due to the complexity of socio-technical change in the energy sector, successfully governing this transition necessitates a holistic approach rather than fixing individual issues with a patchwork of isolated policy instruments that may undermine each other. As a result, designing more effective “policy mixes”, i.e. several policy instruments embraced by an overarching policy strategy, gains increasing importance.

To support policy makers in developing these sophisticated governing tools, this dissertation aims at augmenting our understanding of *how policy mixes affect technological change and organizational learning in the energy sector*. To shed light on this question, the thesis adopts the perspective of three key stakeholders, namely policy makers, firms and end consumers, by combining and building on the insights from political science, innovation studies, and organizational theory.

This work draws on empirical data from the domain of distributed energy resources (DER), more precisely residential solar photovoltaic (PV) and energy storage systems. This case has been selected since DER carry the potential to trigger an unprecedented downstream shift of value in the energy sector, which has strong implications for sectoral change as well as for incumbents and new entrants developing new business models. The confluence of multiple technologies, applications and end consumer heterogeneity, renders policy making an intricate task. This is why a thorough assessment of the corresponding policy mix and its co-evolution with the DER domain may yield important insights for policy makers and analysts. Moreover, the changing business environment requires incumbent firms to redefine their strategies and adapt their core capabilities, which makes the changing DER domain a great case to observe and derive rich insights into alternative organizational learning approaches.

To explore and illustrate the interplay between policy makers, firms, and end consumers in the context of DER, this dissertation applies a mix of both qualitative and quantitative methods, including single and multiple case study research, as well as techno-economic and agent-based modelling. In line with this approach, the overarching research question is broken into four components, each addressing a distinct gap in the literature. The first paper scrutinizes the detailed mechanisms through which the design features of an individual policy instrument affect the impact of a larger policy mix geared towards supporting the economics of a particular DER. The second paper examines how policy-induced technological change shapes the business environment of incumbent firms, and thereby prompts them to pursue particular forms of organizational learning. The third paper elaborates on two conceptual approaches to derive and study the elements of real-world policy mixes. Finally, the fourth paper studies the co-evolution between policy mixes, technology diffusion, and sectoral change with a particular focus on the aspect of multiple policy goals.

This dissertation entails four distinct contributions to the extant literature. First, an analytical framework is presented that may facilitate future research on policy mixes by providing clear guidelines for how to delineate the elements of a policy mix independent of its context. Second, this thesis adds to the policy mix literature by providing suggestions for how to quantify the combined impact of multiple policy instruments both ex post and ex ante. Third, the work emphasizes the role of actors – most importantly policy makers and stakeholders driving technological change – in shaping policy mixes, thereby providing a more nuanced perspective on vertical and horizontal coordination challenges. Fourth, this dissertation addresses a long-lasting puzzle among scholars interested in organizational learning, namely which characteristics of the business environment explain which approaches firms use in order to become ambidextrous, i.e. to overcome tensions from simultaneously exploiting current capabilities and resources, while exploring new business opportunities. In particular, the thesis illustrates that the response of incumbent firms to policy-induced changes in their business environment is contingent upon the nature of the environmental change, which is captured in a comprehensive theoretical framework. The novel concept ‘hybrid ambidexterity’ reflects the observation that firms may combine previously described structural and contextual approaches when the environment holds numerous uncertain opportunities that are distant from the existing organizational capabilities and culture.

Based on these contributions, the thesis provides a number of valuable insights for practitioners. First, while the impact of a single policy may already be difficult to assess, the evaluation of a multi-goal, multi-instrument policy mix becomes even more challenging. Therefore, this thesis suggests policy makers and analysts to complement ‘traditional’ policymaking approaches with computation-based analyses such as the quantitative modelling tools developed in this dissertation. Second, in the absence of a clear vision for the role of DER in a changing energy system, an accelerated uptake of these technologies may lead to arbitrary lock-ins into certain socio-technical configurations that are sub-optimal in the longer term. Hence, policy makers should develop a prosumer strategy and align policy instruments accordingly, in order to leverage the full potential of DER for the energy system and society. Third, given the large number and high uncertainty associated with DER technologies, policy makers should promote policy initiatives that integrate the expertise of a wide range of stakeholders – whose interplay determines the pace and direction of technology development and diffusion – into the policy making process. Fourth, corporate managers could apply a key lesson from the case of incumbent utilities in Germany, namely to be careful not to apply premature interpretations of a changing business environment in terms of which opportunities to pursue or to ignore. In this regard, the framework developed in this thesis allows decision makers to make sense of their changing business environment and get an overview of the forms of organizational responses at their disposal. Fifth, the emerging DER domain confronts end consumers with a surge of novel technologies and services. Thus, they should carefully assess the different DER investment options, make use of available policy support and be aware of the different level of maturity. In particular, they should consider important aspects such as compatibility between components, and ease of upgrades, while taking the blurring boundaries between the energy, building, and transport sector into account.

Zusammenfassung

Ein tiefgreifender technologischer Wandel im Energiesektor gilt als eine der Voraussetzungen für einen effektiven Klimaschutz. Im Angesicht der Dringlichkeit der Erderwärmung spielen Politikmaßnahmen eine zentrale Rolle bei der Beschleunigung dieser „Energiewende“, was ein Überwinden zahlreicher technologischer, ökonomischer, sozialer und institutioneller Herausforderungen nötig macht. Die Komplexität eines solchen sozio-technischen Wandels im Energiesektor setzt allerdings voraus, dass die politischen Maßnahmen im Rahmen eines umfassenden Ansatzes untereinander koordiniert werden, um die Entstehung eines Flickwerks aus Partikularlösungen für einzelne Probleme zu vermeiden. Daher wird der Entwicklung von „Policy Mixes“ – mehrere Instrumente, die durch eine übergreifende Strategie umfasst sind – eine zunehmende Bedeutung beigemessen.

Um politische Entscheidungsträger bei der Ausarbeitung solcher anspruchsvollen Werkzeuge zu unterstützen, strebt diese Dissertation an, ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln wie Policy Mixes technologischen Wandel und organisationales Lernen im Energiesektor beeinflussen. Dazu werden in dieser Arbeit unterschiedliche Betrachtungswinkel miteinander kombiniert. Aufbauend auf bestehenden Erkenntnissen aus den Bereichen der Politikwissenschaft, der Innovationsstudien und Organisationstheorie, wird die Perspektive von politischen Akteuren, Firmen sowie Endkunden eingenommen.

Diese Arbeit basiert auf empirischen Daten aus dem Technologiebereich der „dezentralen Energieressourcen“ (DER), genauer gesagt um Energiesysteme im Wohnungssektor, die aus solaren Photovoltaik (PV) Anlagen und Energiespeichern bestehen. Diese Fallstudie wurde ausgewählt, da DER das Potenzial haben einen beispiellosen Wandel im Energiesektor auszulösen, der durch eine massive Verschiebung entlang der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette in Richtung des Endkunden sowie erhebliche Auswirkungen auf bestehende und neue Marktteilnehmer gekennzeichnet ist. Das Zusammenwirken verschiedener Technologien, Anwendungen und Heterogenität zwischen Endkunden macht die Ausgestaltung von Politikmaßnahmen für DER besonders schwierig. Deshalb verspricht eine detaillierte Analyse des entsprechenden Policy Mix sowie seiner Koevolution mit der DER Domäne wichtige Erkenntnisse für politische Entscheider und Analysten. Darüber trägt das sich ändernde Geschäftsumfeld dazu bei, dass etablierte Unternehmen ihre Strategie neu definieren und ihre Kernfähigkeiten anpassen. Diese Aspekte machen den DER Bereich zu einer wertvollen Fallstudie, um alternative Ansätze für organisationales Lernen zu beobachten und daraus neue Erkenntnisse für die Organisationstheorie abzuleiten.

Um das Zusammenspiel zwischen politischen Akteuren, Firmen und Endkunden in Bezug auf DER zu untersuchen, kombiniert diese Dissertation qualitative und quantitative Methoden, insbesondere Einzel- und vergleichende Fallstudien, sowie techno-ökonomische und agentenbasierte Modellierung. Dazu wird die übergreifende Forschungsfrage in vier Teilfragen zerlegt, wobei jede aus einer spezifischen Forschungslücke abgeleitet ist. Das erste Papier analysiert wie einzelne Gestaltungsmerkmale einer bestimmten Politikmaßnahme den Effekt eines übergreifenden Policy

Mixes beeinflussen. Die Mechanismen werden am Beispiel der Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit einer bestimmten DER Technologie eingehend untersucht. Das zweite Papier erforscht wie technologischer Wandel, insbesondere wenn durch Politikmaßnahmen eingeleitet, das Geschäftsumfeld von etablierten Unternehmen prägt. Dazu wird beleuchtet, welche Formen von organisationalem Lernen Unternehmen als Reaktion auf einen solchen Wandel wählen. Das dritte Papier untersucht zwei Ansätze zur Bestimmung der relevanten Elemente, aus denen ein gegebener Policy Mix aufgebaut ist. Das vierte Papier analysiert die Koevolution zwischen Policy Mixes, technologischer Diffusion und sektoralem Wandel, insbesondere bei gleichzeitigem Vorhandensein mehrerer politischer Zielsetzungen.

Diese Doktorarbeit beinhaltet vier spezifische Beiträge zur bestehenden Literatur. Erstens stellt die Arbeit einen analytischen Rahmen vor, der hilft künftige Forschungsbeiträge im Bereich Policy Mixes zu erleichtern. Dazu werden konkrete Handlungsempfehlungen gegeben, wie sich die Elemente eines zu analysierenden Policy Mixes abgrenzen lassen. Zweitens trägt diese Arbeit zur Policy Mix Literatur bei, indem sie Vorschläge macht, wie sich die Wirkung von multiplen Politikmaßnahmen sowohl im Nachhinein als auch vorab messen lässt. Drittens unterstreicht diese Dissertation die Rolle von Akteuren – allen voran politischen Entscheidungsträgern sowie Stakeholdern, die die technologischen Änderungen umsetzen – in der Entwicklung von Policy Mixes und ermöglicht dadurch einer differenzierteren Betrachtung der Herausforderung vertikaler und horizontaler Koordination von Politikmaßnahmen. Viertens adressiert diese Arbeit eine Fragestellung, die Wissenschaftler im Bereich der Organisationstheorie seit längerer Zeit beschäftigt, nämlich welche Merkmale im Unternehmensumfeld dazu führen, dass Organisationen einen bestimmten Ansatz wählen um ‚beidhändig‘ zu werden. Beidhändigkeit (Ambidextrie) im organisationalen Kontext bedeutet, dass ein Unternehmen es schafft, die zahlreichen internen Spannungen zu überwinden, die sich aus dem Gegensatz ergeben, bestehende Fähigkeiten und Ressourcen auszunutzen (Exploitation) und zeitgleich neue Geschäftsmöglichkeiten zu erkunden und zu entwickeln (Exploration). In diesem Zusammenhang stellt diese Doktorarbeit ein theoretisches Modell vor, das verdeutlicht, dass die Reaktion etablierter Unternehmen auf Veränderungen ihres Geschäftsumfeldes von zwei konkreten Umfeld Faktoren wesentlich geprägt wird. Das neuartige Konzept „hybride Ambidextrie“ hebt zudem hervor, dass Unternehmen die zuvor in der Literatur separat behandelten Ansätze der „strukturellen“ und „kontextuellen“ Ambidextrie kombinieren, sofern ihr Umfeld durch eine Vielzahl unsicherer Geschäftsmöglichkeiten geprägt ist, die zudem stark von ihren bisherigen Fähigkeiten und ihrer Kultur abweichen.

Auf der Basis dieser Beiträge, leitet die Arbeit einige Empfehlungen für Entscheidungsträger in Politik und Unternehmen, sowie für den Endkunden ab. Erstens, da bereits die Beurteilung der Auswirkung einzelner Politikmaßnahmen sehr aufwendig ist, gilt dies umso mehr für die Analyse von Policy Mixes, die aus einer Reihe von teils interagierenden Politikmaßnahmen bestehen und oft durch das zeitgleiche Verfolgen mehrerer Ziele geprägt sind. Daher legt diese Arbeit politischen Entscheidern, Analysten sowie Stabstellen der öffentlichen Verwaltung nahe ‚herkömmliche‘ politische Entscheidungsprozesse um Erkenntnisse aus systematischen, quantitativen Modellrechnungen zu ergänzen. Mögliche Ansätze

werden innerhalb dieser Dissertation ausführlich vorgestellt. Zweitens, ohne eine klare Vision für die Rolle von dezentralen Energieressourcen (DER) in einem sich wandelnden Energiesystem, könnte eine beschleunigte Nachfrage nach diesen Technologien zu einem schrittweisen, zufälligen Einrasten (lock-in) in bestimmte sozio-technische Systeme führen, die sich vor dem Hintergrund der Energiewende langfristig als sub-optimal herausstellen. Daher sollten politische Entscheider eine „Prosumenten Strategie“ entwickeln und ihre Politikmaßnahmen danach ausrichten, um das Gesamtpotenzial der DER Technologien für das Energiesystem und die Gesellschaft zu erschließen. Drittens, durch die große Anzahl und die Unsicherheit der Technologien im Bereich DER sollten Entscheidungsträger in der Politik Initiativen vorantreiben, die auf die Expertise und Mitbestimmung der Stakeholder setzen, die den technologischen Entwicklungen am nächsten sind und die deren Geschwindigkeit und Richtung entscheidend prägen bzw. davon beeinflusst werden. Viertens, Manager in Unternehmen können aus der Entwicklung der großen deutschen Energieversorger eine wichtige Erkenntnis ziehen, nämlich sorgfältig darauf zu achten, keine voreiligen Schlüsse aus einem sich ändernden Marktumfeld zu ziehen, insbesondere was die Entscheidung betrifft, neue Geschäftsmöglichkeiten auszuwählen bzw. zu ignorieren. Diesbezüglich unterstützt das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte theoretische Modell zur organisationalen Ambidextrie Entscheider im Unternehmen bei der Analyse ihres sich wandelnden Geschäftsumfeldes und bietet zugleich eine Übersicht über mögliche Maßnahmen, auf diese Änderungen zu reagieren. Fünftens, der wachsende DER Markt konfrontiert Endkonsumenten mit einer Vielzahl neuer Technologien und Dienstleistungen. Endverbraucher sollten die verschiedenen Optionen daher sorgfältig abwägen, sich über politische Förderung informieren und sich bewusst machen, dass die Technologien durch einen unterschiedlichen Reifegrad gekennzeichnet sind. Wichtige Aspekte sind zum Beispiel die Kompatibilität zwischen Komponenten unterschiedlicher Hersteller, die Durchführbarkeit von Erweiterungen. Zudem gewinnt die zunehmende Auflösung der Grenzen zwischen dem Energie-, Gebäude- und Transportsektor an Bedeutung.