

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 106 (2015)
Heft: 12

Artikel: Wege zu einer neuen Systemarchitektur
Autor: Musiolik, Jörg / Wurzinger, Michael
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856750>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wege zu einer neuen Systemarchitektur

Mögliche Transitionspfade in der Elektrizitätsversorgung in der Schweiz

In der Schweiz steht die Elektrizitätsversorgung vor einem fundamentalen Wandel. Der bisherige Regulierungsrahmen, die etablierten Geschäftsmodelle der EVUs sowie der vorherrschende zentrale Kraftwerkspark stehen auf dem Prüfstand. In dem vorliegenden Artikel werden erste Ergebnisse eines laufenden Forschungsprojektes präsentiert, in dem Barrieren und Treiber eines Wandels von einer zentralen zu einer dezentralen Elektrizitätsversorgung analysiert werden. Ausgangspunkt sind Analysewerkzeuge der Transitionsforschung.

Jörg Musiolik, Michael Wurzinger

Infrastruktursysteme, die wichtige gesellschaftliche Funktionen wie Transport, Abfallentsorgung oder die Elektrizitätsversorgung erfüllen, zeichnen sich durch funktionale Systemarchitekturen aus, in denen z.B. Energieproduktionstechnologien, Netzinfrastrukturen, Regulierungen und Geschäftsmodelle komplementär zusammenspielen. Der Wandel von einer etablierten zu einer neuen Systemarchitektur wird als Transition bezeichnet. Hierbei handelt es sich um langfristige Prozesse, in denen nicht nur alte Technologien durch neue ersetzt werden, sondern ein breiter soziotechnischer Wandel der etablierten Organisationsstrukturen, Regulierungen, Konsummuster sowie sozialer Werte und Diskurse ausgelöst wird. Durch die Analyse von historischen Fallbeispielen konnten typische Entwicklungsmuster von Transitionen identifiziert und mit der Multi-Level-Perspektive (MLP) ein allgemeines Prozessmodell abgeleitet werden (Bild 1). Ausgangspunkt des Modells ist die Unterscheidung der sogenannten Landschaftsebene, des soziotechnischen Regimes und der Nischenebene:

- Die Landschaftsebene (Makroebene) beinhaltet exogene Faktoren wie makroökonomische Schocks, Veränderung von kulturellen Werten und sozialen Trends, die starken Einfluss auf die beiden anderen Ebenen ausüben, ohne dass Regime- oder Nischenakteure diese Faktoren beeinflussen können.

- Systemarchitekturen (Mesoebene) werden in der Transitionsforschung als soziotechnisches Regime bezeichnet. Ein soziotechnisches Regime besteht aus einem Netz verbundener Akteure, Technologien und weiteren Artefakten, Gesetzen, aber auch Organisationsmodellen sowie informellen

sozialen Handlungsregelungen (Problemlösungsroutinen), die durch ihr effektives Zusammenspiel die Funktion des Systems gewährleisten.

- Nischen (Mikroebene) sind geschützte Räume (Inkubatoren), in denen sich radikale technologische Innovationen entwickeln können.

Der Wandel von einer etablierten Systemarchitektur zu einer neuen wird im Modell durch das Zusammenspiel von Prozessen auf den drei Ebenen erklärt:

- Entwicklungen auf der Landschaftsebene erhöhen den Druck auf das etablierte soziotechnische Regime.
- Nischen-Innovationen entwickeln eine Eigendynamik durch Lernprozesse, verbesserte Preis-/Performance-Relationen oder die Unterstützung einflussreicher sozialer Gruppen.
- Die Destabilisierung des soziotechnischen Regimes führt zu «Windows of Opportunities» für die Diffusion von

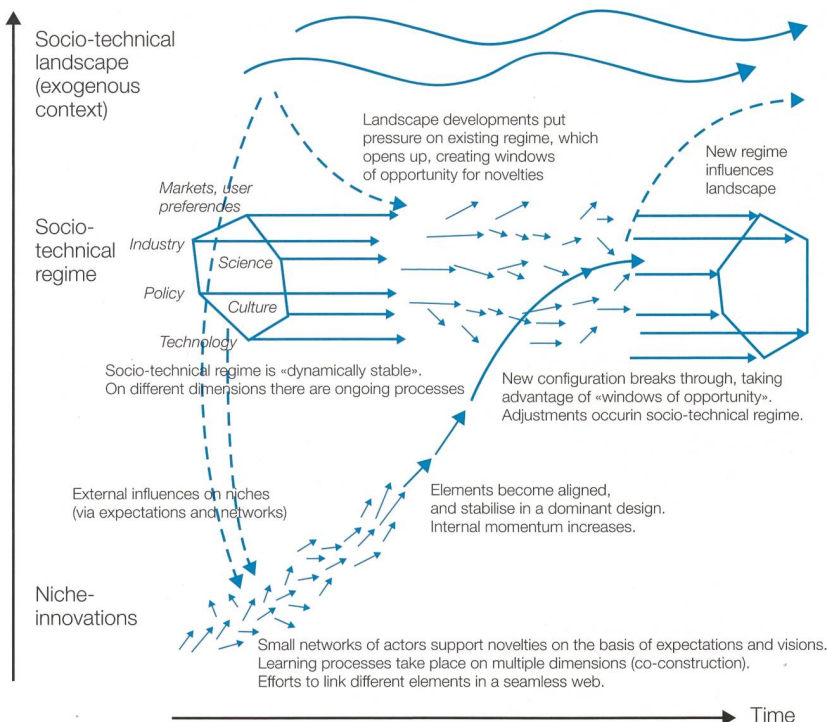


Bild 1 MLP-Modell zum Ablauf von Transitionen.

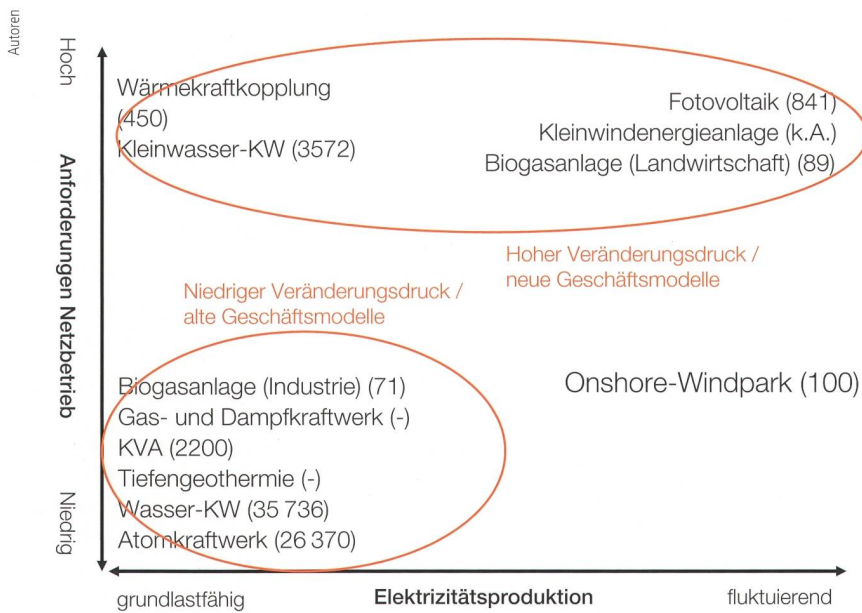


Bild 2 Energieproduktionstechnologien und Veränderungsdruck² auf die Systemarchitektur sowie deren Verbreitung (in GWh) in der Schweiz 2014. [4]

Nischen-Innovationen und die Ablösung des alten soziotechnischen Regimes, sodass eine neue Systemarchitektur entsteht.

Anwendung des MLP-Modells auf die Stromversorgung

In einigen Länderstudien wurde das MLP-Modell angewendet, um Entwicklungen in der Elektrizitätsversorgung zu untersuchen. [2] Hierbei stellte sich heraus, dass die Elektrizitätsversorgung über starke Eigenschaften eines soziotechnischen Regimes verfügt. Zentrale Produktionsanlagen bilden im Zusammenspiel mit einer auf diese zentralen Kraftwerke optimierten Netzinfrastruktur, entsprechenden Rollen und Geschäftsmodellen der EVUs, einem komplementären Regulierungsrahmen sowie Konsummustern eine effiziente Systemarchitektur, die die Funktion der Elektrizitätsversorgung erfüllt.¹ Dieses etablierte soziotechnische Regime ist durch den Klimawandel und den Fukushima-Schock auf der Landschaftsebene, aber auch vor allem durch die technologischen Fortschritte bei den erneuerbaren Energien auf der Nischenebene in vielen Ländern in einen tiefgreifenden Wandel geraten. Das MLP-Modell wurde daher genutzt, um das Zusammenspiel der Ebenen zu untersuchen und Typen von länderspezifischen Transitions Pfaden abzuleiten. [2]

Die Transitions pfade von Deutschland und Grossbritannien sind für eine Analyse der Schweiz besonders prä-

gnant: Beide lassen sich im Hinblick auf die zentralen Akteure (neu/alt) sowie der Veränderung der Systemarchitektur unterscheiden:

- Grossbritannien: Etablierte EVUs reagierten auf den Veränderungsdruck durch die Klimapolitik mit Investitionen in zentrale, erneuerbare Energien wie grosse Windfarmen oder Depo-niegas- und Biogasanlagen. Zudem entwickelten sie zentrale fossile Anlagen weiter, indem sie neue Atomkraftwerke bauen und die Kohlekraftwerke mit CCS und Biomassekonversion aufwerteten. Auf der Nischenebene konnten sich keine neuen Akteure entfalten. Die EVUs können auf diesem Pfad ihre zentrale Rolle erhalten, und die Systemarchitektur des etablierten Regimes bleibt weitgehend intakt.
- Deutschland: Der Veränderungsdruck auf der Landschaftsebene durch den Klimawandel und den Fukushima-Schock traf auf gut entwickelte Nischenstrukturen wie eine starke Umwelt- und Genossenschaftsbewegung,

die sich durch Förderprogramme und eine starke Eigendynamik weiterentwickelte. Zentrale fossile Produktionsanlagen wurden hier durch dezentrale Fotovoltaik, Biogasanlagen und Windfarmen ersetzt. Neue Akteure wie Landwirte, Genossenschaften, Industrieunternehmen oder kleine und mittlere EVUs investierten in diese dezentralen Technologien. Daher mussten die vier grossen EVUs starke Einschnitte hinnehmen, während die etablierte Systemarchitektur durch die Diffusion fluktuierender, dezentraler, erneuerbarer Energien, aber auch neuer Konsum- und Geschäftsmodelle wie Eigenverbrauch und Direktvermarktung vor grossen Veränderungen steht.

Wie diese beiden Beispiele verdeutlichen, sind neben dem zeitlichen Zusammenspiel der Prozesse auf den drei Ebenen die Investitionen in Energieproduktionstechnologien entscheidend. Technologien üben unterschiedlichen Veränderungsdruck auf die etablierte Systemarchitektur aus. Grundsätzlich kann zwischen Transformation und Substitution der etablierten Technologien unterschieden werden. Ferner muss bei der Substitution zwischen Technologien mit hohem und niedrigem Veränderungsdruck unterschieden werden (Bild 2):

- Transformation: Etablierte Energieproduktionstechnologien wie Kohlekraftwerke oder Atomkraftwerke werden optimiert, mit dem Ziel, die Effizienz zu steigern und weniger Emissionen auszustossen.
- Substitution: Etablierte Technologien werden durch Investitionen in neue Technologien verdrängt. Einige davon passen mit ihren Eigenschaften bezüglich Planung, Kosten, Betrieb und Grundlaststromproduktion zu den Routinen und Anforderungen des etablierten zentralen Regimes. Dies ist beispielsweise bei der Geothermie der Fall. Andere Technologien wie die Fotovoltaik erzeugen

	EBIT (Mio CHF)					Umsatz (Mio CHF)				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Alpiq	468	-292	-924	279	-673	14 104	13 961	12 710	9 370	8 058
Axpo	538	139	329	364	-871	6 269	6 354	7 346	7 025	6 672
BKW	474	138	410	316	346	2 788	2 632	2 859	2 733	2 844
Repower	159	130	81	-150	26	2 267	2 523	2 372	2 273	2 365
CKW	144	91	109	139	47	920	936	934	938	847

Tabelle 1 EBIT und Umsätze der grössten Energieversorgungsunternehmen (Angaben aus Geschäftsberichten).

Projektierte Leistung ab Januar 2013 in kW						
-	EVU	Landwirtschaftsbetrieb	Öffentliche Hand	Privatperson	Privatunternehmen	Sonstige
Biomasse	25 482	3 341	13 168	1 096	17 064	23 752
Geothermie	0	0	0	0	15 000	5 000
PV	47 379	158 679	60 676	366 014	529 988	224 211
Wasserkraft	65 032	48	17 834	2 368	47 211	5 298
Wind	112 660	6 915	2 000	10 379	260 412	50 905
Total	250 553	168 983	93 678	379 858	869 676	309 166

Tabelle 2 Auswertung KEV-Stammdatensatz nach Produzentenkategorie.³

hingegen durch ihre Eigenschaften wie der dezentralen und fluktuierenden Produktion einen hohen Veränderungsdruck auf das etablierte zentrale Regime.

Der Transitionsprozess «Grossbritannien» lässt sich als eine Kombination aus Transformation und technologischer Substitution beschreiben, während er in Deutschland neben der technologischen Substitution auch Aspekte der Desintegration der bestehenden Systeminfrastruktur beinhaltet und durch das Zusammenspiel von neuen Nischenakteuren, dezentralen Technologien und neuen Geschäftsmodellen der Kern einer neuen Systemarchitektur am Entstehen ist.

Situation auf der Landschafts- und Regimeebene

Auch in der Schweiz hat sich seit den Dreissigerjahren eine stabile Systemarchitektur in der Elektrizitätsversorgung herausgebildet. Sie besteht aus zentralen Kraftwerken – Atom- und Wasserkraftwerke machen 96% der Nettostromproduktion aus [4] –, einer auf diese Kraftwerke optimierten Netzinfrastruktur sowie komplementären Geschäftsmodellen der EVUs. In den letzten Jahren ist dieses Regime durch Entwicklungen auf der Landschaftsebene unter Druck geraten: durch die Klimapolitik, den technologischen Fortschritt bei erneuerbaren Energien, aber auch vor allem durch Fukushima und den beschlossenen Atomausstieg. Regimeakteure wie die grossen Energieerzeuger stehen daher heute vor grossen Herausforderungen, da aufgrund gestiegener Kosten für Regulierung und sinkender Marktpreise für Strom bzw. Abschreibungen des Kraftwerksparks etablierte Geschäftsmodelle nicht mehr tragen (Tabelle 1).

Um die aktuellen Herausforderungen und Lösungsansätze der Regimeakteure zu identifizieren, wurden sechs Prakti-

ker-Tagungen im Hinblick auf die dort diskutierten Herausforderungen, Probleme, und Lösungsansätze ausgewertet. [3] Anhand dieser Analyse ergibt sich folgende Situation auf der Regimeebene:

- Suchprozesse und das «Infragestellen» etablierter Instrumente, Routinen, Geschäftsmodelle: Etablierte Strategie- und Planungsinstrumente der EVUs sind nicht mehr wirksam. So sind Investitionen aufgrund grosser technologischer und regulatorischer Unsicherheiten schwierig zu planen. Das Geschäftsmodell der Veredlung des Stroms durch Pumpspeicherkraftwerke ist zurzeit nicht rentabel, weshalb Investitionen ausbleiben und Kompetenzen abgebaut werden. Der Netzausbau kann nicht nur auf den Grundsätzen der Versorgungssicherheit erfolgen: Fragen der Kosten und der Nachhaltigkeit werden wichtiger.
- Artikulation der Probleme der Dezentralisierung und Delegitimierung der erneuerbaren Energien: Dezentrale erneuerbare Energien erzeugten Kosten, die nicht verursachergerecht verteilt werden. Zudem sind die Technologien für die Integration der erneuerbaren Energien zu teuer: ICT und Smart-Grid-Lösungen wie Smart Meter rentieren nicht, komplementäre Speicherlösungen sind unausgereift und teuer.
- Chancen und Möglichkeiten aus der Dezentralisierung: Bei fluktuierenden, dezentralen Produktionsanlagen können neue Lösungen entwickelt werden. Beispiele dafür sind virtuelle Kraftwerke und Energy Hubs. Zudem kann bei den erneuerbaren Energien, die Grundlast liefern, die Effizienz gesteigert werden, beispielsweise durch das Repowering der Wasserkraft, die Umsetzung der Geothermie und die Optimierung der Biogasanlagen.

Situation auf der Nischenebene

In der Schweiz wurden 2014 3,9% der Netto-Elektrizitätsproduktion durch neue erneuerbare Energien produziert. [4] Als Nischenakteure könnten in der Schweiz kleinere und mittlere EVUs – bisherige Endverteiler ohne Produktion –, die Industrie, aber auch Genossenschaften und ICT-Unternehmen durch Investitionen in dezentrale erneuerbare Energien den Transformationsprozess beeinflussen. Eine Analyse des KEV-Stammdatensatzes zeigt hier, dass EVUs bisher nicht zu den Treibern der Dezentralisierung gehören und eher in grössere Anlagen in den Bereichen Wasserkraft und Wind investieren. Wichtige Investoren für Fotovoltaik und Wind sind private Haushalte und Industrie & Gewerbe (Tabelle 2).

Grosses Potenzial haben Genossenschaften in der Schweiz, insbesondere, da sich diese Akteure durch die dezentralen erneuerbaren Energien und ihre Funktion als Aggregatoren neue Geschäftsfelder erschliessen könnten. Einen ersten Einblick in die Gründungstätigkeit von Genossenschaften im Energiebereich bietet eine Auswertung des zentralen Firmenindex der Handelsregisterämter. [5] In diesem Verzeichnis waren im Januar 2015 139 Genossenschaften im Energiebereich tätig. Eine Vielzahl dieser neuen Nischenakteure (62%) wurde nach 2006 gegründet (Bild 3). Investiert haben Genossenschaften vor allem in Biogas (Landwirtschaft) und Fotovoltaik, auf einem niedrigen Niveau. Die starken Gründungsaktivitäten der letzten Jahre scheinen vor allem durch För-

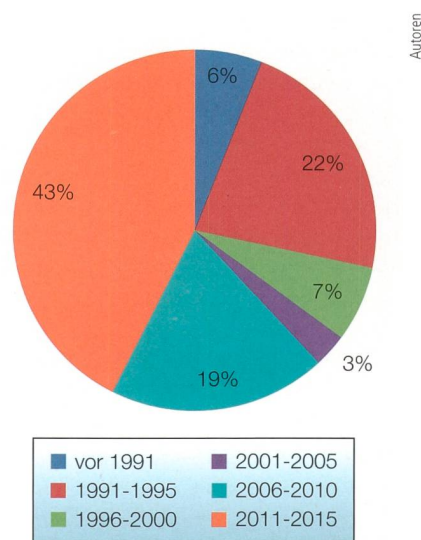


Bild 3 Gründungsaktivitäten von Genossenschaften im Energiebereich.

Pfad A: Zentrale (erneuerbare) Grosstechnologien / etablierte EVUs	Pfad B: Dezentrale (erneuerbare) Technologien / neue Akteure
Treiber	
Hohes Ausgangsniveau erneuerbare Energien	Technischer Fortschritt (Leistung Module / Speicher)
Hoher Anteil EVUs in öffentlicher Hand (Beteiligungen)	Vollständige Marktöffnung
Investitionen in Wind- und Solarparks im Ausland und Steigerung Importe	Föderalismus
Subventionierung Wasserkraft	Diffusion Eigenverbrauch, Zunahme der Netzentgelte
Einführung Kapazitätsmarkt	Entfaltung Markt für Regelenenergie
Barrieren	
Regulierungsvorgaben Grosstechnologie (Vorgaben Liquiditätsrückstellungen, Umweltauflagen)	Regulierung Eigenverbrauch (Prosumer)
Steigende Investitionsrisiken und -Kosten	Engpässe in der Netzinfrastruktur

Tabelle 3 Mögliche Barrieren und Treiber mit Einfluss auf die Transitionspfade.

derprogramme getrieben zu sein, wenn auch hier die Entwicklungsmöglichkeiten durch Subventionen im Vergleich zu Deutschland begrenzt sind.

Weitere Treiber für eine Dezentralisierung und den Markteintritt neuer Akteure könnten neue Verbrauchs- und Geschäftsmodelle im Bereich des Eigenverbrauchs oder der virtuellen Kraftwerke darstellen. Diese sind jedoch von einer Diffusion dezentraler erneuerbarer Energien abhängig. [6] Erste Umsetzungsbeispiele zeigen, dass Eigenverbrauchsgemeinschaften in starken Partnerschaften zwischen Wohnbaugenossenschaften und lokalen EVUs umgesetzt werden und sich auch die Produktion und Vermarktung von Regelenenergie meist nicht ohne Kooperationen mit etablierten EVUs realisieren lassen. [7]

Diskussion zweier möglicher Transitionspfade

Ob die Schweiz sich eher in Richtung Transitionspfad «zentrale (erneuerbare) Grosstechnologien / etablierte EVUs» (Pfad A Grossbritannien) oder «dezentrale erneuerbare Technologien / neue Akteure» (Pfad B Deutschland) entwickelt, wird im Folgenden anhand des Zusammenspiels der drei Ebenen, der Investitionen und des Ersatzes für die Atomenergie sowie der weiteren Entwicklung der Rahmenbedingungen und des Marktdesigns diskutiert.

Zusammenspiel der drei Ebenen

In der Schweiz existiert ein starker Veränderungsdruck auf der Landschaftsebene, der das etablierte Regime in der Elektrizitätsversorgung destabilisiert. Im Gegensatz zur Situation in Deutschland sind auf der Nischenebene neue Nischenakteure wie kleine EVUs, Genossenschaften oder ICT-Unternehmen trotz einer starken Gründungsphase weniger stark

organisiert bzw. durch Förderprogramme unterstützt. Tendenziell wird die weitere Entwicklung daher vor allem von den Investitionsentscheiden der Energieversorgungsunternehmen, Industrieunternehmen und der privaten Bürger abhängen und weniger getrieben sein von dem erfolgreichen Markteintritt neuer Akteure.

Investitionen und Ersatz für Atomenergie

Zentral ist die Frage, mit welchen Technologien die Atomenergie ab wann substituiert wird. Kann ein substanzialer Anteil durch Investitionen in zentrale Grosstechnologien (Geothermie, Repowering Wasserkraft, GuD) und/oder Stromimporte ersetzt werden, dann ist eher der Transitionspfad A zu erwarten, und die bisherige Systemarchitektur

bleibt aufgrund des geringen Veränderungsdrucks der eingesetzten Technologien weitgehend intakt. Oder es wird in kurzer Zeit ein grosser Anteil durch kleine dezentrale Technologien ersetzt (Fotovoltaik, kleine Biogasanlagen, Kleinwasserkraft, Wärmekraftkopplung). Dann entsteht ein hoher Veränderungsdruck auf die Systemarchitektur und es bieten sich neue Geschäftsmodelle für Nischenakteure (Pfad B). In diesem Fall würde sich die Situation der grossen EVUs verschlechtern. Der Transitions pfad kann vermehrt Eigenschaften einer «technologischen Substitution mit Aspekten der Desintegration» enthalten, wie das Beispiel Deutschland zeigt.

Weitere Entwicklung des Marktdesigns

Wie stark die verschiedenen Aspekte der beiden Transitionspfade zum Tragen kommen, hängt stark vom zukünftigen Marktdesign bzw. den Rahmenbedingungen ab. Treiber und Barrieren, welche die Pfade beeinflussen, sind in **Tabelle 3** dargestellt. Tendenziell begünstigen das hohe Ausgangsniveau der erneuerbaren Energien (**Bild 2**), aber auch die gemeindlichen und kantonalen Besitz- und Beteiligungsstrukturen an den Energieversorgungsunternehmen eine Weiterentwicklung in Richtung Pfad A: Eine Verstärkung dieses Pfades wird eintreten, wenn Regimeakteure Lösungen wie die Förderung von Kapazitätsmärkten und die Sub-

Résumé

Différentes voies pour reconcevoir le système

L’approvisionnement électrique en pleine mutation : conclusions tirées de la recherche sur l’innovation et la transition

En Suisse, l’approvisionnement en électricité s’apprête à subir une mutation fondamentale. Le cadre réglementaire en vigueur jusqu’à présent, les modèles commerciaux établis des EAE et le parc de production centrale prédominant doivent être revus. Le présent article expose les premiers résultats d’un projet de recherche en cours, qui analyse les barrières et les moteurs du passage d’un approvisionnement en électricité centralisé à un approvisionnement décentralisé.

Point de départ du projet de recherche présenté ici : plusieurs concepts de la recherche sur l’innovation et la transition. Cette dernière se divise en plusieurs niveaux : macro, méso et micro. Le niveau macro (ou niveau du paysage), comprend des facteurs qui influent depuis l’extérieur sur un système, tels que les tendances culturelles, économiques ou sociales. Le niveau méso est celui du « régime socio-technique », qui se compose d’un réseau d’acteurs, de technologies, de modèles et de règles liés entre eux – dans notre cas, l’approvisionnement en électricité. Le niveau micro, enfin, désigne des niches ou de espaces protégés dans lesquels les innovations technologiques peuvent se développer.

L’article analyse ensuite les voies de transition en Grande-Bretagne et en Allemagne, et les compare avec la situation actuelle en Suisse. Il en vient alors à la conclusion qu’en Suisse, les évolutions à venir dépendront surtout des décisions d’investissement des entreprises d’approvisionnement en énergie ainsi que des citoyens et des entreprises privées, et moins de l’entrée réussie de nouveaux acteurs de niche sur le marché. La question de savoir par quelles technologies l’énergie nucléaire sera remplacée, et à quelle date, est également décisive. Se

ventionierung der Wasserkraft durchsetzen. [3] Barrieren könnten aufgrund der Investitionsrisiken und Regulierungsvorgaben bestehen. Pfad B hängt vor allem vom technologischen Fortschritt der dezentralen Produktionstechnologien und deren Komplemente (dezentrale Speicherslösungen), dem Netzbau, aber vor allem auch vom Regulierungsrahmen ab. Tendenziell begünstigen hier die angestrebte Marktliberalisierung und die föderalen Strukturen mit unterschiedlichen Strategien, Förderprogrammen und Initiativen den Marktzutritt neuer Nischenakteure und deren Weiterentwicklung. Barrieren könnten auf der Ebene der Regulierung von Eigenverbrauch und Engpässen beim Netzbau entstehen.

Fazit

Die Elektrizitätsversorgung der Schweiz befindet sich in einem langjährigen Transitionsprozess hin zu einer neuen Systemarchitektur aus komplementären Energieproduktionstechnologien, Netzinfrastrukturen, Regulierungen und Geschäftsmodellen. Inwiefern sich diese neue Systemarchitektur von der etablierten fossilen unterscheidet, wird schon heute durch das Zusammenspiel verschiedener Investitionen und politischer Entscheide vorgespurt. Eine erste

Analyse des sich abzeichnenden Transitionsfadens deutet eine weiterhin starke Stellung der EVUs und zentraler Energieproduktionstechnologien in der Schweiz an. Nischenakteure sind weniger stark organisiert, um die Dezentralisierung voranzutreiben. Dennoch könnte eine zunehmende Attraktivität von Eigenverbrauchs- und Stromlieferkonzepten im Zuge der Marktliberalisierung zu einer Pfadänderung führen.

Referenzen

- [1] Geels, F., Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 2002.
- [2] Länderstudien PATHWAYS Projekt www.pathways-project.eu.
- [3] Problemradar www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/ine/nachhaltige-energiesysteme/future-energy-systems-fes/problemradar.
- [4] Kaufmann, U., Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien Ausgabe 2014 Vorabzug, BFE, 2015
- [5] www.zefix.admin.ch.
- [6] Kubli, M. und Ulli-Beer, S., Decentralisation dynamics in energy systems. A system dynamics simulation based analysis of network effects, *Energy research and social science*, 2015.
- [7] Konersmann, L. und Meier, G., Eigenverbrauch von Solarstrom im Mehrfamilienhaus, Schlussbericht BFE, 2015.

Autoren

Dr. **Jörg Musiolik** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE) der ZHAW.

ZHAW, INE, 8401 Winterthur
joerg.musiolik@zhaw.ch

Michael Wurzinger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE) der ZHAW.

michael.wurzinger@zhaw.ch

¹ Dieses soziotechnische Regime zeichnet sich durch starke Beharrungskräfte und Trägheit aus: Die Stromerzeugungsanlagen sind auf fossile Energieträger optimiert, Investitionen in Anlagen und Infrastruktur sind langfristig, Problemlösungsroutinen fokussieren auf Versorgungssicherheit, zentrale Akteure wie EVUs zeichnen sich durch Kompetenzen im Betrieb zentraler Anlagen und Netze aus (systemgebundenes Expertentum).

² Veränderungsdruck auf der Seite der etablierten Systemarchitektur entsteht, wenn zum einen weniger grundlastfähige Elektrizitätsproduktion vorhanden ist und zum anderen sich durch viele dezentrale Einspeisepunkte auch neue Anforderungen an den Netzbetrieb einstellen. Aus dieser Situation entstehen dann automatisch auch neue Geschäftsmodelle für neue Nischenakteure.

³ Der KEV-Stammdatensatz der Swissgrid AG beinhaltet realisierte und projektierte Investitionen (Warteliste). Nicht erfasst sind im Ausland tätige und nicht KEV-finanzierte Investitionen. Aufgrund fehlender Daten bei der Produzentenkategorie wurden alle nach 01.2013 generierten Datensätze in die Auswertung aufgenommen (29.863 Datensätze Stand 01.10.2015). Die Produzentenkategorie «Sonstiges» beinhaltet Projektierer, Immobilienmanagement-Unternehmen, Genossenschaften, Vereine, Stiftungen, Zweckverbände und andere Unternehmen im Besitz der öffentlichen Hand.

Diese Forschung wurde im Rahmen des Swiss Competence Center for Energy Research – Center for Research on Economy, Society and Transition (SCCER CREST) finanziert und durchgeführt.

Anzeige



Während sich unsere Jüngsten ausmalen, wie es morgen sein wird, bauen und unterhalten wir mit über 800 Mitarbeitenden Energie- und Telecommetze, von welchen auch die nächsten Generationen noch profitieren werden.

Arnold: Netzbau mit Leidenschaft & Zukunft

ARNOLD
ENERGIE & TELECOM
Ein Unternehmen der BKW