

Energieinnovationen zwischen Gesellschaft und Technik: Die HGF-Allianz Energy-Trans

Jens Schippl¹, Armin Grunwald²

Kurzfassung: Mit breiter gesellschaftlicher Unterstützung hat die Bundesregierung im Juni 2010 die Energiewende beschleunigt, die bereits im September 2010 angelegt war. Technisch geht es dabei zunächst um das Ersetzen bestimmter Energietechnologien, vornehmlich Kernkraft und ältere Kohlekraftwerke, durch andere, in erster Linie erneuerbare Energien und moderne, flexible Anlagen wie Gaskraftwerke. Gleichzeitig soll der Energieverbrauch reduziert werden. Doch dieser Wandel wird mit erheblichen Umstellungen für die Gesellschaft verbunden sein. Der Erfolg der Energiewende hängt somit nicht nur von technischen sondern besonders auch von nicht-technischen Faktoren ab, wie dieser Beitrag verdeutlichen will. Der Beitrag stellt dazu die neue Helmholtz Allianz ENERGY-TRANS vor, eine interdisziplinäre Forschungsinitiative, welche die Nachfrageseite des Energiesystems in den Mittelpunkt des Interesses rückt und die gesellschaftlichen Voraussetzungen und Implikationen der Energiewende erforschen will

Keywords: Energiewende, Nachfrageseite, sozio-technische Systeme, interdisziplinäre Forschung

1 Die Energiewende braucht die Gesellschaft

In vielen Ländern wird derzeit versucht, den Anteil der erneuerbaren Energien (EE) an der Energieversorgung zu erhöhen, die Treiber hierfür sind vielschichtig. Im Vordergrund stehen Bemühungen den Ausstoß an klimaschädlichem CO₂ zu reduzieren und damit dem Treibhauseffekt entgegen zu wirken. Es ist weitgehend anerkannt, dass der Klimawandel bereits in Gang ist. Auch wenn die genauen Kausalzusammenhänge kaum beweisbar sind gehen viele Experten davon aus, dass die Auswirkungen auch in Deutschland zu spüren sind. Die Dringlichkeit ist also groß, gerade wenn man bedenkt, dass heute ausgestoßenes CO₂, mindestens teilweise, bis 2050 und darüber hinaus klimawirksam bleibt. 2050 ist der Zeithorizont der Energiewende und vieler anderer Szenarien. Für die Bekämpfung des Klimawandels ist demnach nicht nur entscheidend, welche Ziele für 2050 festgelegt werden, sondern wie schnell eine Annäherung an diese Ziele stattfinden kann. Neben dem Klimaschutz ist die Energiesicherheit ein wichtiges Thema. Es geht darum, einseitige Abhängigkeiten von fossilen Ressourcen zu verringern.

1 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Tel. 0049-721-60823994, jens.schippl@kit.edu, www.itas.kit.edu

2 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Tel. 0049-721-60822501, armin.grunwald@kit.edu; itas.kit.edu

Ein für Deutschland charakteristischer Treiber ist der schon länger beschlossene und als Reaktion auf die Ereignisse in Fukushima beschleunigte Ausstieg aus der Kernenergie. Den Verzicht auf die Kernenergie sollen im Wesentlichen eine Erhöhung des Anteiles EE sowie des Anteils an Erdgas kompensieren. Zudem soll über eine weitere Steigerung der Energieeffizienz der Energiebedarf reduziert werden. Ein weiterer Treiber sind industriepolitische Strategien. Über den Ausbau der EE sollen entsprechende Technologien in Deutschland voran gebracht und internationale Wettbewerbsvorteile erzielt werden. Das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) sieht hier auf seiner Homepage „technologische und ökonomische Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Wirtschaftsstandort und Exportnation.“ (www.bmwi.de) Diese Gründe werden von weiten Teilen der Bevölkerung mitgetragen, besonders die Ablehnung der Kernkraft stieg im Nachgang zu Fukushima in Umfragen noch an. Nach einer im Herbst 2011 vorgestellten Umfrage des Meinungsforschungsunternehmens TNS Emnid sind 91 Prozent der Deutschen für den Atomausstieg, zwei Prozent mehr als im April 2011. Viele scheinen dafür bewusst höhere Energiekosten in Kauf zu nehmen, denn 78 Prozent der Befragten erwarten höhere Energiekosten als Folge der Energiewende.³ Allerdings betonen die Bürgerinnen und Bürger im Rahmen des „Bürgerdialog zu Zukunftstechnologien“ des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dass die Energiepreise wirtschaftliche und sozial verträglich bleiben müssten. Im angeschlossenen Online-Dialog zeigte sich, dass gerade die Kostenfrage aber auch kontrovers diskutiert wird. Transparenz hinsichtlich der Preisgestaltung wurde generell als wichtiger Punkt angesehen (BMBF 2011).

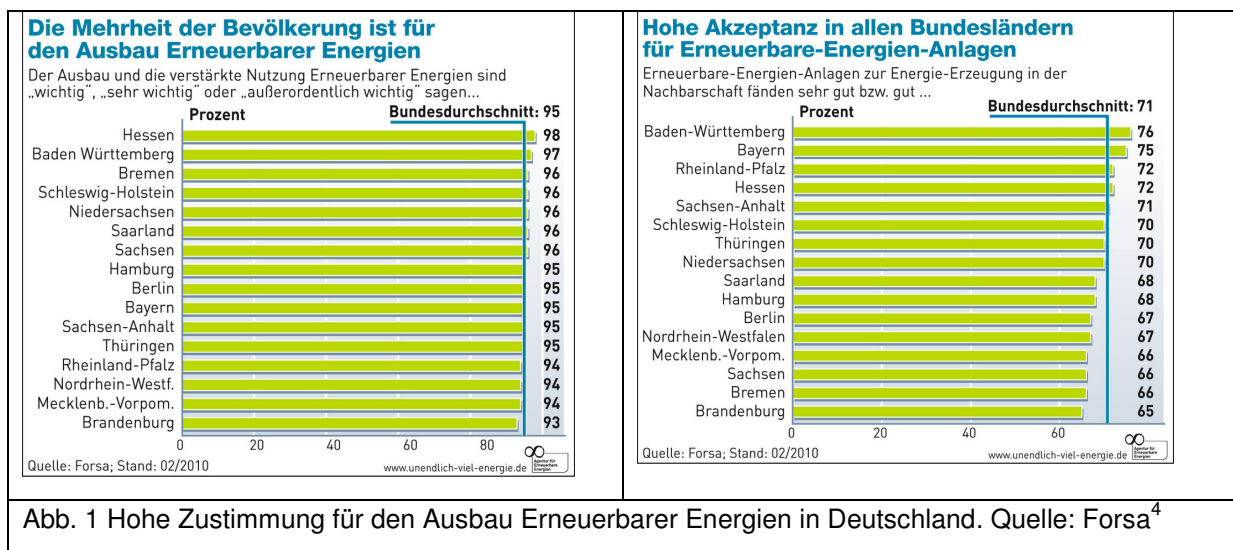


Abb. 1 Hohe Zustimmung für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland. Quelle: Forsa⁴

Dennoch: Obwohl das Thema Energieversorgung in Deutschland in den letzten Jahrzehnten durch viele intensive und öffentlich ausgetragene Konflikte gekennzeichnet war, lässt sich insgesamt eine hohe Zustimmung der Bevölkerung zur Energiewende konstatieren. Dafür

³ <http://www.klimaretter.info/protest/nachricht/10383-zustimmung-zur-energiewende-steigt>

⁴ Graphik aus <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/detailansicht/article/4/forsa-umfrage-grosse-zustimmung-in-allen-bundeslaendern-zu-erneuerbaren.html>

sprechen auch die in Abb1. dargestellten Ergebnisse einer Forsa Umfrage, welche die hohe Zustimmung zum Ausbau der EE verdeutlichen. Die Umfrage zeigt aber auch, dass die Zustimmung im Hinblick auf konkrete Vorhaben vor Ort geringer ausfallen kann.

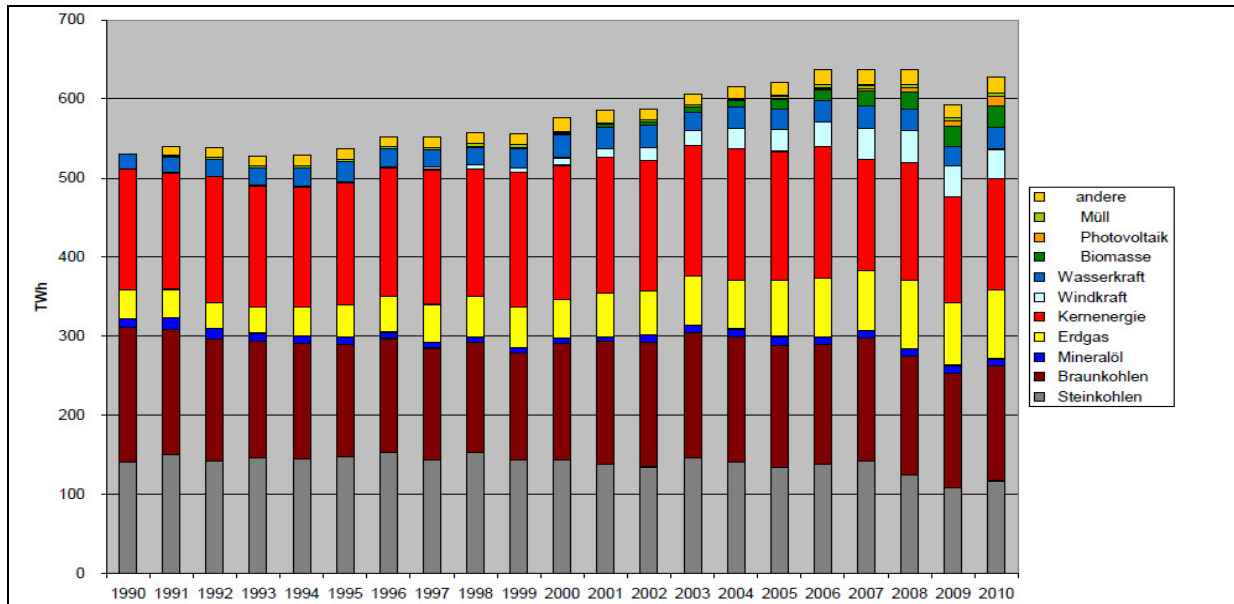


Abb. 2: Bruttostromerzeugung in Deutschland. Graphik aus BMWi Energiestatistiken⁵. Quellen: AGEb, AGEE-Stat

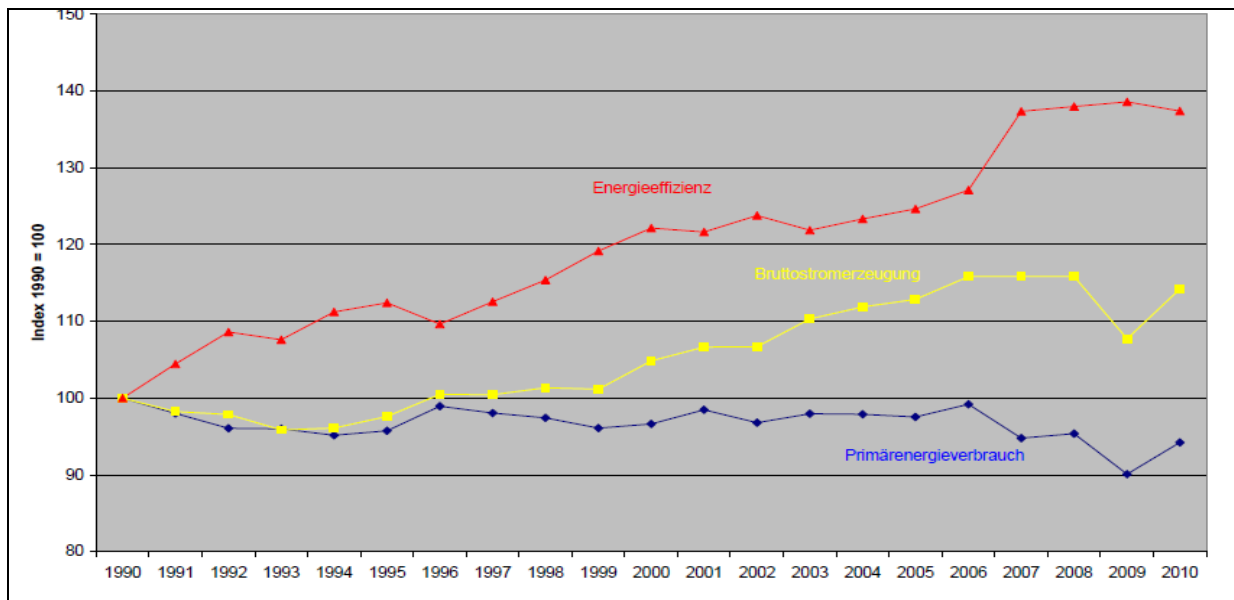


Abb. 3 Entwicklung von Primärenergieverbrauch, Stromerzeugung und Energieeffizienz. Graphik aus BMWi Energiestatistiken⁶. Quellen: AGEb, StBa

⁵ <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/energietraeger.html>

⁶ <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-energiegewinnung-energieverbrauch,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

Die Energiewende basiert neben dem Energiekonzept aus dem Jahr 2010⁷ auf Entwicklungen, die weiter zurück reichen. Abb. 2 und Abb 3. zeigen, dass mit der Förderung der EE und der Steigerung der Energieeffizienz Trends aufgegriffen werden, die schon über mehrere Jahre hinweg erkennbar sind. Die Energieeffizienz ist in den letzten beiden Jahrzehnten ebenfalls gestiegen. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung ist auf 20 Prozent angestiegen, von 4,7 Prozent im Jahr 1998. Wesentlicher Treiber für diese Entwicklung ist die Einführung bzw. die Novellierung des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG). Die Ziele der Energiewende bedeuten also in dieser Hinsicht keine Trendwende. Doch auch vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen erscheinen die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung ambitioniert. So soll der Anteil EE bis 2050 auf 80% steigen. Zwischenziel sind 35% für 2020, 50% bis 2030 und 65% bis 2040.

2 Schnittstellen zwischen Technik und Gesellschaft

Die Energiewende wird also von der Gesellschaft grundsätzlich unterstützt, viele Bürger scheinen bereit, den bereits eingeschlagen Weg fortzuführen. Bei genauer Betrachtung geht die Energiewende aber mit einem erheblichen Änderungsdruck einher. Das Energiesystem muss massiv umgestaltet werden. Diese Änderungen müssen sich zudem in relativ kurzer Zeit vollziehen, denn bereits 2022 soll das letzte AKW vom Netz gehen. Auch wenn es unterschiedliche Vorstellungen über die zukünftige Ausgestaltung des Energiesystems gibt, sind sich doch die meisten Experten darin einig, dass sich das zukünftige Energiesystem in vielen Punkten von dem uns heute vertrauten unterscheiden wird (vgl. z.B. Möst et al. 2009). In vielen dieser Vorstellungen wird deutlich, dass sich dabei nicht nur die Technologien verändern, sondern dass es auch für die Nutzer und Bürger zu einschneidenden Änderungen kommen kann. Den Nutzern und Bürgern kommt damit eine besondere Rolle bei der Ausgestaltung des zukünftigen Energiesystems zu.

Bisher läuft die Energieversorgung für die Bürger eher im Hintergrund ab, die Schnittstellen zwischen Technik und Gesellschaft sind durch etablierte Alltagsroutinen und Einstellungen geprägt. Der Strom kommt eben aus der Steckdose, wann immer er gebraucht wird, Tankstellen sind überall verfügbar und das Tanken ist eine etablierte Routine, an die sich Kinder bereits vom Rücksitz aus beobachtend gewöhnen. Bei genauer Betrachtung der Vorstellungen über die Zukunft der Energieversorgung fällt aber auf, dass sich bei einem Umbau der energierelevanten Infrastrukturen auch diese Schnittstellen über kurz oder lang ändern müssen. Beispiele für sich verändernde Schnittstellen sind:

- Vorstellungen die mit den Stichworten „Smart Grid“, Smart Home, oder „Internet der Energie“ verbunden sind, zielen in der Regel auf die Schaffung und Realisierung von Lastverschiebungen, d.h. auf eine Flexibilisierung der Lastgänge ab. Oft zitiertes Beispiel ist die Waschmaschine, deren Nutzung bei hohem Angebot, also wenn beispielsweise eben der Wind weht, durch finanzielle Anreize belohnt wird;

⁷ http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf

- Neue Geschäftsmodelle sollen es Energieversorgern ermöglichen, auf kleinere, dezentrale Erzeugungsanlagen zuzugreifen, die aber bei privaten Nutzern stehen;
- Der erforderliche Netzausbau oder die Installation neuer Windanlagen weckt bei den direkt betroffenen Bürgern oft auch Ängste und Widerstände, die einem zügigen Umbau entgegen wirken können;
- Im Mobilitätsbereich sind erhebliche Veränderungen für die Nutzer in der Diskussion, z.B. wenn nicht mehr, wie eben gewohnt, Benzin sondern Strom „getankt“ wird und die Batterie dann auch noch als „Puffer“ in das Gesamtsystem integriert wäre;
- Auch für industrielle oder gewerbliche Nutzer können Veränderungen auftreten in Form neuer Geschäftsmodelle, Regelungen oder dezentraler Anlagen

So wird deutlich: die Schnittstellen zwischen Technik und Gesellschaft, die Berührungspunkte zwischen Bürgern bzw. Nutzern auf der einen Seite, und den Technologien bzw. Infrastrukturen auf der anderen Seite, werden sich verändern müssen. Diese Veränderungen werden spürbar und sichtbar. Viele Energieinnovationen wirken sich auf die Verhaltensmuster und Alltagsroutinen der Menschen aus - und sie müssen von den Menschen akzeptiert werden um effektiv zu sein. Nicht-technische Faktoren sind also von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Umgestaltung des Energiesystems (Rohracher 2008)

Um diese Bedeutung nicht technischer Elemente und Einflussfaktoren auf das Energiesystem deutlich zu machen, hat sich der Begriff „sozio-technisches System“ zur Beschreibung komplexer Infrastruktursysteme durchgesetzt. Die Energiewende muss demnach als Transformation eines sozi-technischen Systems betrachtet werden, deren Analyse und Steuerung einer integrierten Perspektive bedarf (vgl. z.B. Elzen et al 2004). Die bisherige wie zukünftige Entwicklung des Systems wird von den Wechselwirkungen zwischen technischen und nicht-technischen Faktoren, zwischen Innovationen und gesellschaftlichen Entwicklungen geprägt. Dieser Prozess wird in der Literatur vielfach mit dem Begriff „Co-Evolution“ umschrieben (Rip, Kemp 1998). Dieser Begriff bleibt zwar etwas unspezifisch, indem er offen lässt, was genau sich da zusammen entwickelt (vgl. Dolata 2011); er betont aber die Bedeutung nicht-technischer Faktoren für das Design technischer Entwicklungen.

3 Eine interdisziplinäre Perspektive ist erforderlich

In vielen Studien finden sich relativ genaue Vorstellungen darüber, wie ein zukünftiges Technik-Infrastruktur-System in Deutschland und auch in anderen Ländern aussehen müsste, das die ambitionierten Ziele für einen sehr hohen Anteil erneuerbarer Energieträger erreichbar macht und gleichzeitig die Kriterien Zuverlässigkeit und Kostengünstigkeit der Energieversorgung erfüllt. Netze müssen ausgebaut werden, neue Windanlagen müssen entstehen. Innovationen, die zum einen den Energieverbrauch reduzieren und zum anderen die effiziente Erschließung erneuerbarer Energien ermöglichen, sind erforderlich. Dazu gehören auch Speichertechnologien sowie technische und organisatorische Innovationen, wie neue Geschäftsmodelle, welche die Flexibilität des Gesamtsystems erhöhen und einen besseren Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage ermöglichen.

Weitaus weniger klar ist dagegen, welche Veränderungen der Umbau der Energieinfrastrukturen für Alltagsroutinen und Einstellungen der Verbraucher bzw. Bürger bedeuten kann bzw. voraussetzt und - vor allem - wie diese darauf reagieren. Ein erfolgreiches Design der benötigten Innovationen für den Umbau des Energiesystems und eine entsprechende Gestaltung der Schnittstellen zu Nutzern und Bürgern setzt aber auch solches Wissen voraus. Zudem sind Verfahren nötig, mit denen sich Proteste und Widerstände frühzeitig reduzieren lassen. Während die Energieforschung bisher vielfach auf die Entwicklung neuer Technologien fokussiert ist, sind mögliche Veränderungen auf der Nachfrageseite nicht im Mittelpunkt des Interesses. Auch prospektive Ansätze wie Szenarien oder Delphis, oft unter dem Begriff Foresight zusammengefasst, nehmen vielfach vornehmlich Technologien und Infrastrukturen in den Blick (vgl. Möst et al. 2009). Damit sich Innovationen durchsetzen und wirken können, müssen sie aber auch von der Gesellschaft akzeptiert und von den Nutzern angenommen werden. Hierzu bedarf es also mehr als rein technischer Ansätze, Wissensbestände unterschiedlicher Disziplinen müssen zusammen gebracht werden, interdisziplinäre Forschung ist erforderlich.

Um hier im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung steuernd einzugreifen bedarf es nicht nur eines ausgeprägten Verständnisses der technischen Möglichkeiten. Auch das Wechselspiel zwischen technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen muss in seinen Dynamiken und Änderungsmöglichkeiten besser verstanden werden. Die im folgenden Kapitel skizzierte Helmholtz-Allianz Energy-Trans will dazu beitragen, diese Lücke zu schließen.

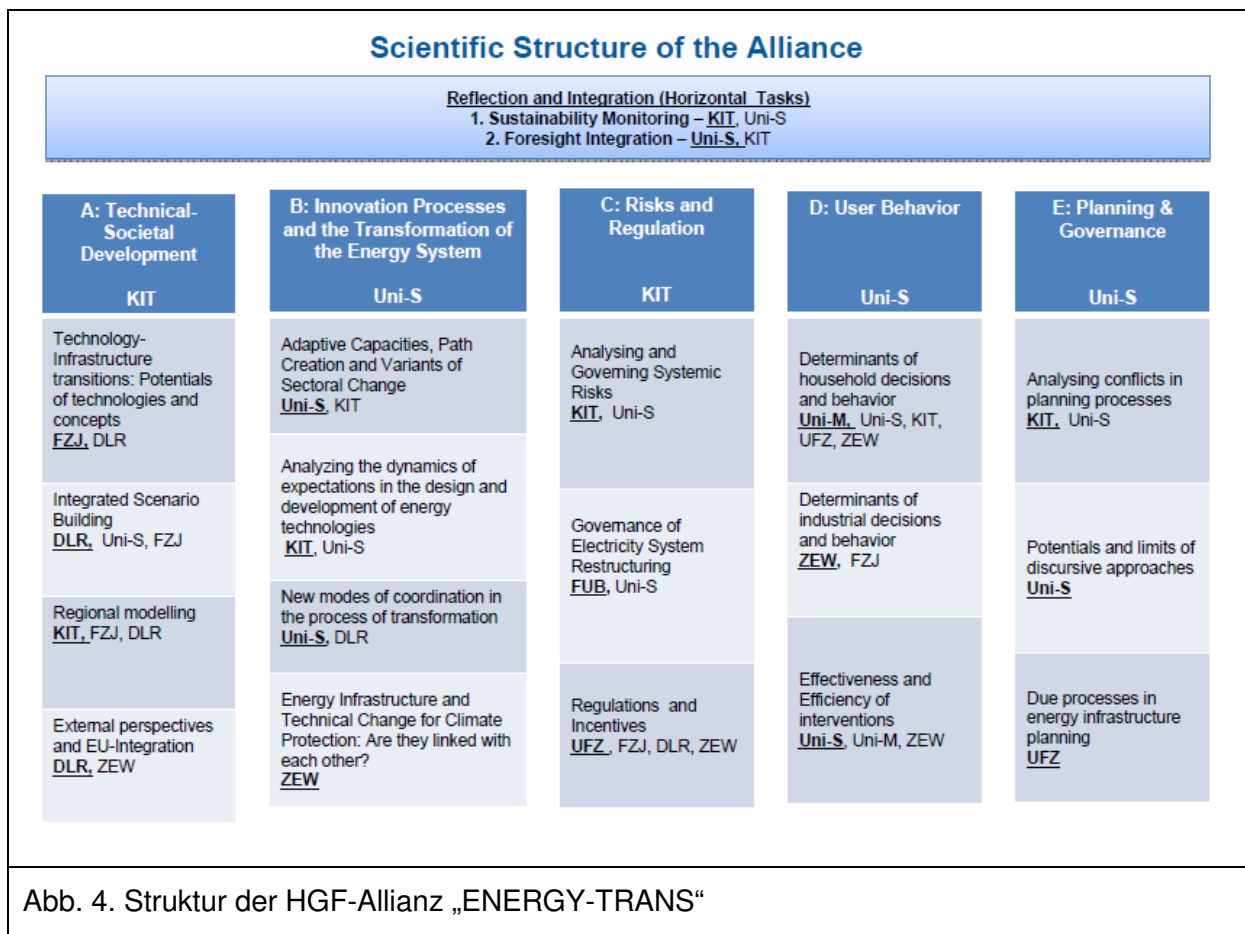
4 Die HGF Allianz ENERGY-TRANS

Im Sommer 2012 wurde in Deutschland die Helmholtz Allianz ENERGY-TRANS eingerichtet, die aus acht renommierten Forschungseinrichtungen besteht, über fünf Jahre läuft und auf die Erforschung der oben skizzierten Schnittstellen abzielt.⁸ Sie wurde aus dem Helmholtz-Programm „Technologie, Innovation und Gesellschaft“ heraus entwickelt, dessen Inhalt die Erforschung derartiger Schnittstellen in einer ganzen Reihe von Technologie- und gesellschaftlichen Handlungsfeldern ist, und das Technikfolgenabschätzung, Systemanalyse, Innovations- und Risikoforschung sowie Nachhaltigkeitsforschung beinhaltet.

Der ausführliche Titel der Allianz lautet “Zukünftige Infrastrukturen der Energieversorgung. Auf dem Weg zur Nachhaltigkeit und Sozialverträglichkeit“ und macht damit die neue Perspektive der Allianz deutlich: Das Energiesystem in Deutschland (in seinem europäischen und internationalen Kontext) wird nicht primär von der Angebotsseite, der Bereitstellung technischer Artefakte (Maschinen, Kraftwerke, Leitungen, Steuerungselemente etc.) her betrachtet, sondern vor allem von der gesellschaftlichen Bedarfs- und Nutzerseite her. Ausgehend von den erwarteten Funktionen und Leistungsparametern der zukünftigen Infrastruktur der Energieversorgung wird die Einbettung der zukünftig zum Einsatz kommenden technischen Mittel in den organisatorischen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Kontext beleuchtet. Das Interesse richtet sich auf die oben skizzierten

⁸ Siehe: http://www.helmholtz.de/en/joint_initiative_for_innovation_and_research/initiating_and_networking/helmholtz_alliances/energy_trans

Schnittstellen und damit auf die Wechselwirkungen zwischen Entwicklungen auf der technischen und auf der gesellschaftlichen Seite des Energiesystems.



Die Helmholtz-Allianz ENERGY-TRANS zielt dabei nicht nur auf wissenschaftliche Erkenntnis, sondern auch auf handlungsorientiertes Wissen. Daher bezieht sie Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft aktiv in ihre Arbeit ein. Schließlich geht es auch darum, der breiten Öffentlichkeit die komplexen Zusammenhänge im Energiebereich verständlich zu machen. Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wirkt in der Allianz federführend. Als weitere Helmholtz-Zentren sind das Forschungszentrum Jülich, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) beteiligt. Dazu kommen die Universität Stuttgart als Ko-Koordinator, die Otto von Guericke Universität Magdeburg, die FU Berlin sowie das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim (ZEW). ENERGY-TRANS startete im September 2011 und ist auf insgesamt fünf Jahre angelegt. Das Projektvolumen liegt bei 16,5 Millionen Euro. Die Helmholtz-Gemeinschaft fördert die Allianz bis 2016 mit insgesamt 8,25 Millionen Euro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds. Im Folgenden werden die wesentlichen Forschungsfragen kurz skizziert. In ihrer Grundstruktur gliedert sich die Allianz in 5 Säulen und 17 Projekte. Einen Überblick gibt Abbildung 4. Im Folgenden werden Forschungsschwerpunkte aus den 5 Säulen vorgestellt.

4.1 Säule A: Technisch - gesellschaftliche Entwicklungen.

Die Säule A hat als einzige einen relativ starken Technikbezug. Um die oben genannten Schnittstellen untersuchen zu können ist es wichtig zu wissen, welche Optionen für die technische Ausgestaltung dieser Schnittstellen in Zukunft zu erwarten sind. Neue technische Entwicklungen werden im Hinblick auf ihre technischen Potentiale, auf ihre Interaktionen mit anderen Systemkomponenten, sowie im Hinblick auf ihre ökologischen und ökonomischen Auswirkungen untersucht. Schlüsseltechnologien sollen identifiziert und in den Vordergrund gerückt werden. Beispiele wären Technologien zur Energiespeicherung, zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden oder auch die Elektromobilität. Ziel ist es, das Spektrum an möglichen und plausiblen zukünftigen Ausprägungen des Energiesystems einzuengen. Ein wichtiger Baustein ist dabei die Analyse von Energieszenarien für Deutschland. Dies wird sowohl im Hinblick auf die technischen Ausprägungen als auch im Hinblick auf gesellschaftliche Perspektiven und Rahmenbedingungen unternommen.

Ein eigenes Projekt zielt auf die regionale Modellierung von Energiesystemen in konkreten Beispielregionen ab. Die Auswahl der Regionen erfolgt entlang bestimmter Kriterien, die noch in der Entwicklung sind. Es ist Ziel, in diesen Regionen Energiebereitstellung, -übertragung und -verbrauch zusammen mit den relevanten Akteurskonstellationen, Rahmenbedingungen, Einflussfaktoren und Trends möglichst genau abzubilden. In einem weiteren Schritt sollen mögliche zukünftige Anforderungen an und Ausgestaltungen von den regionalen Systemen dargestellt werden, in enger Anlehnung an die oben skizzierten Szenarien. Schwerpunkt liegt dabei auf den Bereich Elektrizität und Verkehr, da hier die größten Änderungsdynamiken zu erwarten sind. Aber auch der Wärmebereich ist als wichtiger Bestandteil des Gesamtsystems zu berücksichtigen.

Das deutsche Energiesystem ist keineswegs isoliert, sondern eng mit dem europäischen System verflochten. Das wird auch in Zukunft so bleiben und sich wahrscheinlich weiter verstärken. Vor allem technisch und regulativ, aber auch unter anderen Gesichtspunkten, muss die Energiewende im Europäischen Kontext betrachtet werden. Diese Tatsache wird in einem eigenen Projekt Rechnung getragen. Gleichzeitig muss aber betont werden, dass für die Allianz als Forschungsvorhaben eine Fokussierung auf Deutschland durchaus Sinn macht, schon alleine um die verfügbaren Ressourcen effektiv bündeln zu können. Weitergehende Fragestellungen, welche die europäische Einbettung betreffen, müssen in anderen Projektvorhaben mit entsprechenden Zielstellungen aufgegriffen werden.

4.2 Säule B: Innovationsprozesse und die Transformation des Energiesystems

Ohne organisatorische und technologische Innovationen kann die Energiewende kaum gelingen. Neue Ideen müssen nicht nur entwickelt werden, sie müssen sich auch durchsetzen, um wirksam zu werden. Das ist nicht immer der Fall. Generell scheitert ein Grossteil der Innovationen und nur ein kleiner Teil setzt sich tatsächlich durch. Beispiele wie der 3-Liter Lupo in den neunziger Jahren zeigen, dass auch aus energetischer Perspektive sinnvolle Ansätze durchaus scheitern können. Das Vermieter-Mieter Dilemma verhindert oft die energetische Sanierung von Gebäuden, auch wenn diese mittel-langfristig für beide Seiten wirtschaftlich interessant sein könnte. Um neue Ideen besser unterstützen zu können ist es erforderlich zu verstehen, wie Innovationen in die Gesellschaft diffundieren.

Den Erwartungen und Motivationen von relevanten Akteuren in Innovationsnetzwerken kommt dabei eine wichtige Bedeutung zu. Gerade diese Akteurskonstellationen werden sich im Zuge der Energiewende ändern. Im bisherigen, eher zentral organisierten Energiesystem dominieren relativ wenige Akteure den Anlagenbau, die Energiebereitstellung und die Übertragung. Diese Situation ändert sich bereits seit mehreren Jahren, signifikante Beispiele sind die Trennung zwischen Netzbetreibern und Energieversorgern, der Wandel von Nutzern zu Produzenten im Zuge der Verbreitung der Solarenergie oder auch Tendenzen der Re-Regionalisierung bei der Energiebereitstellung. Laut einer Untersuchung von Trendresearch⁹ kontrollierten Privatleute Ende 2010 knapp 40 Prozent der installierten Leistung aller Photovoltaik-, Wind- und Biogasanlagen in Deutschland, die zusammen auf eine Leistung von 53 Gigawatt kamen. Die großen vier deutschen Energieversorger besitzen nach dieser Studie nur gut sechs Prozent der gesamten in Deutschland installierten Leistung für erneuerbare Energien. Diese sich wandelnden Akteurkonstellationen und ihr Einfluss auf die Energiewende sind Gegenstand der Forschungen in dieser Säule. Dem Wechselspiel zwischen strukturellen Änderungen, strategischen Handlungen und Erwartungen der Akteure kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Die Strategien und Erwartungen etablierter sowie neuer Akteure müssen analysiert und verstanden werden.

Es hat sich gezeigt, dass solche Erwartungen und Visionen von Akteuren sich auf die Entwicklung von Innovationen und damit auch auf die Ausgestaltung von sozio-technischen Systemen wie dem Energiesystem auswirken. Man spricht auch davon, dass Innovationen eingebettet sind in ein „cultural matrix of expectations“ (van den Belt/Rip 1987; van Lente 1993). So kann das heutige Energiesystem als die Materialisierung von Erwartungen und Visionen der Vergangenheit betrachtet werden, analog wird das zukünftige Energiesystem durch die Erwartungen und Visionen von heute geprägt (vgl. Brown/Michael 2003; Borup et al. 2006). In der Tat werden Energieinfrastrukturen in der Regel über mehrere Jahrzehnte hinweg eingesetzt, sodass sich heute neu implementierte Technologien noch in 2030, 40 oder gar 50 bemerkbar machen können. Ein Projekt der Allianz befasst sich explizit mit der Dynamik und der Bedeutung von Erwartungsmustern von Technikentwicklern in Innovationsprozessen. Wenn sich diese Erwartungen auf die grundsätzliche Gestaltung („Dominant Design) des Energiesystems“ mit seinen Schnittstellen zu den Nutzern auswirken und sich eben dieses System ändern soll, muss davon ausgegangen werden, dass sich - zunächst - auch diese Erwartungen ändern. Besser zu verstehen, welchen Dynamiken diese Erwartungen unterliegen und wie sie sich tatsächlich auf die konkrete Ausgestaltung des Energiesystems mit seinen Schnittstellen auswirken, ist wesentliches Ziel dieses Projekts. Für die Empirie wird dabei auf Methoden der qualitativen Sozialforschung zurückgegriffen, wie Experteninterviews und Fokusgruppen, die sich bereits in anderen Kontexten bewährt haben (Bräutigam/Gerybadze 2011).

4.3 Säule C: Risiken und Regulierung

Begreift man das Energiesystem als komplexes sozio-technisches System, so wird deutlich, dass mit den unter Säule A angesprochenen neuen Technologien, aber auch mit den unter Säule B angesprochenen neuen Organisationsformen und Akteurskonstellationen auch

⁹ <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/strommarkt-die-energiewende-ist-privatsache/6012246.html>

zahlreiche Wechselwirkungen und Effekte einhergehen können, die nicht beabsichtigt und auch nicht erwünscht sind. Darunter sind auch systemische Risiken, die die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems oder seiner Teilsysteme betreffen können. Anschauliches Beispiel ist die extreme Abhängigkeit eines Smart Grid von Informations- und Kommunikationstechnologie, die das Energiesystem anfälliger machen für Hacker, die entweder versuchen könnten das System lahm zu legen oder auf sensible Daten zuzugreifen. Diese Risiken müssen in der Technikentwicklung berücksichtigt werden, aber auch hier gilt es die nicht-technischen Rahmenbedingungen anzupassen, dazu gehört auch die Entwicklung entsprechender Regulierungsansätze sowie die angemessene Zuordnung von Kompetenzen und Verantwortlichkeiten (vgl. Renn 2008). Die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen sich wandelnden Governance-Strukturen und systemischen Risiken bildet somit einen weiteren Schwerpunkt der Arbeiten in der Allianz. Gerade die stärkere Einbindung von kleineren, dezentralen Produzenten und von Nutzern, erfordert neue Regelungen und Anreizstrukturen, aber auch neue Wege der Datenübertragung, -interpretation und -vorhaltung, die jeweils die Komplexität des Gesamtsystems erhöhen.

Der Zusammenhang zwischen Risiken und Regulierungen kann weitere Bereiche oder Schnittstellen des Energiesystems betreffen. Als ein Beispiel für die Reduzierung von Risiken kann das Schaffen von Anreizsystemen zum Einsatz von Speichertechnologien sein, welche der Stabilität des Gesamtsystems dienen. Hier lässt sich eine Brücke zu ökonomischen Überlegungen, beispielsweise zu Fragen der Kosteneffizienz entsprechender Innovationen, schlagen. Weiter muss das Zusammenspiel zwischen den verschiedenen administrativen Ebenen in Deutschland im Hinblick auf die aktuelle und auf die zukünftige Ausgestaltung des Energiesystems berücksichtigt werden. So können sowohl auf regionaler Ebene, wie auch auf Ebene der Länder, auf nationaler und auf europäischer Ebene relevante Regulierungen oder Anreize eingesetzt bzw. wirksam werden. Zudem soll auch ein Blick auf Erfahrungen mit der „Governance“ von erneuerbaren Energien und Infrastrukturen in anderen Europäischen Ländern helfen.

4.4 Säule D: Nutzerverhalten

Private Haushalte zusammen mit der Industrie sind für ca. 50% der Energieverbrauchs in Deutschland verantwortlich (BMW i 2011). Dieser Nutzergruppen werden von der Energiewende betroffen sein. Wie oben ausgeführt, spielen besonders die privaten Haushalte in vielen Konzepten zur Energiewende eine wichtige Rolle, da bei ihnen Lastverschiebungspotenziale realisiert werden sollen, welche die Stabilität des Gesamtsystems stützen und den Bedarf an neuen Übertragungsnetzen verringern könnten (Pathmaperuma, Schippl 2012). Grundsätzlich gilt dies auch für industrielle Nutzer, es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich besonders bei privaten Nutzern solche Entwicklungen drastisch bemerkbar machen, da die Energieversorgung auf diese Weise beginnt in die Alltagsroutinen der Privathaushalten einzugreifen. Das gilt für die angebots- bzw. preisgesteuerte Nutzung von Haushaltgeräten, kann aber auch dezentrale Anlagen zur Kraft-Wärme-Koppelung betreffen, die in privaten Haushalten untergebracht sind, aber von einem Energieversorger zentral kontrolliert werden (Bsp. Lichtblick). Beide Geschäftsmodelle sind stark von der Akzeptanz der Verbraucher abhängig, die sicherlich nicht nur von wirtschaftlichem Kalkül abhängt, sondern auch von der generellen Bereitschaft Souveränität und Autonomie abzugeben. Nach einer Untersuchungen von Krömker und Dehmel (2010)

geben immerhin 65% der Befragten an häufig Strom zu sparen, eine grundsätzliche Motivation scheint also vorhanden zu sein. Im industriellen Bereich ist es kann davon ausgegangen werden, dass energiebezogene Entscheidungen vornehmlich von Kosten-Nutzen Überlegungen beeinflusst sind.

Der Bestand an empirisch stabilem Wissen zu diesem Kontext ist bisher eher lückenhaft und entspricht nicht der großen Bedeutung dieser Schnittstellen für die zukünftige Ausgestaltung des Energiesystems. Forschungsaktivitäten sollen auch die Wirkungen von intelligenten Zählern empirisch erfassen (vgl. Darby 2006). Es geht darum heraus zu finden, welche Faktoren energiebezogene Entscheidungen in privaten Haushalten und im industriellen Sektor beeinflussen. Darüber sollen Rückschlüsse gezogen werden, wie sich der Energieverbrauch in diesen Sektoren im Hinblick auf das Gesamtsystem optimieren lässt. In diesem Kontext wird auch die Effizienz und Effektivität von Interventionen beleuchtet.

4.5 Säule E: Planung und Governance

Diese Säule betrifft die Planung und Implementierung neuer Energieinfrastrukturen wie Übertragungsnetze, Windparks, oder unterirdische Speichermöglichkeiten. Diese Vorhaben sind von entscheidender Bedeutung für die Energiewende, gleichzeitig ist aber mit öffentlichen Protesten bei ihrer Realisierung zu rechnen. Jüngste Beispiele wie die Planung eines unterirdischen Bahnhofs in Stuttgart („Stuttgart 21“) haben gezeigt, wie wichtig es ist, der Bevölkerung angemessene Mitwirkungsmöglichkeiten an Planungsprozessen zu bieten. Dabei ist davon auszugehen, dass die Einbeziehung der Öffentlichkeit aus mindestens zweierlei Gründen vorteilhaft für das Vorhaben sein kann (Schweizer, Renn 2009). Zum einen wird argumentiert, dass so die Qualität von Entscheidungsprozessen verbessert wird. Man erreicht also bessere Ergebnisse, was bei langfristig wirksamen Infrastrukturentscheidungen von besonderer Bedeutung ist. Zum anderen wird die Akzeptanz der Ergebnisse von Entscheidungsprozessen erhöht. Auch im Hinblick auf den Umbau des Energiesystems sind neue Verfahren und innovative Ansätze erforderlich, die Konflikten vorbeugen oder zu deren konstruktiver Lösung beitragen. Diesen Fragen wird in der Säule „Planung und Governance“ nachgegangen. Gleichzeitig sollen aber auch das bestehende Planungsrecht mit den formalen Planungsverfahren (Raumordnungsverfahren, Planfeststellungsverfahren) im Kontext der Energiewende analysiert werden.

4.6 Querschnittsaktivitäten

Es ist deutlich geworden, dass die HGF Allianz sehr unterschiedliche Fragestellungen teilweise mit ganz verschiedenen methodischen Zugängen bearbeitet. Um diese vielfältigen Ansätze zu integrieren und das erforderliche Maß an Konsistenz zwischen den Einzelprojekten zu gewährleisten, beinhaltet die Allianz auch verschiedene Querschnittsaufgaben. Dazu gehören die beiden, über die ganze Projektzeit laufenden Aktivitäten „Nachhaltigkeits-Monitoring“ und „Foresight-Integration“.

Die Querschnittaktivität „Nachhaltigkeits-Monitoring“ soll unter anderem Kriterien und Indikatoren zur Bewertung von Entwicklungen im Energiesystem bereitstellen (Grunwald/Rösch 2011). Einigkeit besteht hinsichtlich der energiewirtschaftlichen Kernziele Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Indikatoren zu finden, die diese Kriterien widerspiegeln und ein Stück weit messbar machen ist kein triviales

Unterfangen, wie das Beispiel der Biogasanlagen zeigt: einerseits zeichnen sich diese Anlagen dadurch aus, dass sie grundlastfähig und regenerativ Strom und Wärme bereitstellen können. Zudem bieten sich neue ökonomische Perspektiven für die Landwirtschaft. Inzwischen sind aber viele Landkreise durch Maisanbau in großen Monokulturen geprägt, was aus ökologischer Sicht negativ gewertet kann, zumindest im Vergleich zu extensiveren und heterogeneren Nutzungsformen. Ziel ist es vor diesem Hintergrund, einen gemeinsamen Referenzrahmen für Nachhaltigkeitsbewertungen innerhalb der Allianz zu entwickeln.

Das Querschnittsthema Foresight-Integration zielt auf die Konsistenz der eingesetzten methodischen Zugänge ab. Wichtige Aufgabe ist es, die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Szenario-Ansätzen und anderen Methoden sicher zu stellen. Dazu gehört auch die das Zusammenführen qualitativer und quantitativer Ansätze, die beide je nach Problemstellung ihre Berechtigung bzw. ihren „optimalen Einsatzbereich“ haben (vgl. Schippl/Fleischer 2012). Beide Querschnittsthemen können als integrative Plattformen verstanden werden, die zur Reflektion über entsprechende Fragestellungen zur Verfügung stehen.

Zusätzlich zu diesen beiden Themen gibt es die Möglichkeit auch für kürzere Zeiträume eine begrenzte Zahl an Querschnittsthemen während der Projektlaufzeit fest zu legen. Diese Themen sollen Projekte aus mehreren Säulen betreffen und zu deren Integration beitragen. Ein erstes Thema beschäftigt sich mit der Definitionen oder Abgrenzungen von sozio-technischen Systemen und den daraus folgenden methodischen Implikationen für eine interdisziplinäre Energieforschung. In vielen Projekten ist vom Energiesystem die Rede, bei genauerem hinsehen fällt aber auf, dass ganz unterschiedliche Systemgrenzen (z.B. Energie als Elektrizität, Energie als fossile Brennstoffe) und mit unterschiedlicher Granularität (z.B. grobe Skizzierung des Energieströme in Deutschland oder fein aufgelöste Darstellung von Verbrauchern auf Haushaltsebene) gearbeitet wird. Auch in diesem Kontext gilt es Konsistenz und Vergleichbarkeit von Ergebnissen zu sichern.

5 Methodische Reflektion und Ausblick

Es sollte deutlich geworden sein, wie wichtig neues Wissen in den genannten Bereichen ist, um die Anforderungen an die technische Auslegung des Energiesystems besser verstehen und steuern zu können. Sozialwissenschaftliche bzw. interdisziplinäre Forschung zur Transformation sozio-technischer Systeme ist demnach sicherlich mehr als Begleitforschung, es handelt sich vielmehr um Forschung innerhalb des sich bereits jetzt transformierenden Systems zu systemrelevanten Elementen und Schnittstellen, um den Transformationsprozess zu beobachten und zu unterstützen. Die Allianz ist somit nicht nur externer wissenschaftlicher Beobachter in diesem Transformationsprozess, sondern auch Akteur, dessen Wissensproduktion und die daraus resultierenden Beratungs- und Konsultationsprozesse den weiteren Gang der Transformation beeinflussen.

Die Allianz stellt ein komplexes Verbundvorhaben mit sehr unterschiedlichen Anteilen dar, die von der klar disziplinär aufgestellten Forschung zu spezifischen Aspekten bis hin zu inter- und auch transdisziplinären Elementen reichen. Eine erhebliche Herausforderung ist die

Integration der unterschiedlichen Wissensbestände und die Sicherstellung der internen Konsistenz und Kohärenz. Die – teils leidvollen – Erfahrungen mit integrativer Forschung der letzten Jahrzehnte (z.B. Coenen 2001) weisen darauf hin, dass erstens Integration ein Prozess ist, der dauerhafter Anstrengung bedarf und dass zweitens wichtige Weichenstellungen, die über den späteren Erfolg entscheiden, bereits am Anfang getroffen werden. Durch die beiden vorgestellten durchlaufenden Querschnittsaktivitäten und die Möglichkeit, ad hoc weitere Querschnittsaktivitäten zu installieren, wird diesen Erfahrungen Rechnung getragen.

Eine weitere Herausforderung ist die Überführung der wissenschaftlichen Ergebnisse in konkrete Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Schließlich verfolgt die Allianz explizit den Anspruch, nicht nur akademisch relevante Ergebnisse zu liefern sondern auch praktisch verwertbares „knowledge for action“. Hier sind insbesondere die jahrzehntelangen Erfahrungen der Technikfolgenabschätzung in der wissenschaftlichen Politikberatung wichtig (Grunwald 2010).

Man muss sich gleichzeitig aber auch der Grenzen der Erkenntnismöglichkeiten bewusst sein. Menschliches Verhalten in technischen Systemen, die noch nicht existieren, lässt sich kaum antizipieren oder simulieren. Interdisziplinäre Forschung kann aber über qualitative und quantitative Verfahren und über Analogieschlüsse aus anderen Technik- Infrastruktur Systemen wichtige Informationen für den Umbau des Energiesystems bereitstellen und wird dies im Rahmen der Allianz auch tun. Beispiele wären hier standardisierte Befragungen als quantitative Ansätze. Qualitative Verfahren sind Interviews oder Fokusgruppen wie sie ebenfalls Bestandteil der Allianz sind.

Angesicht der hohen Komplexität des Energiesystems und der damit verbundenen Unsicherheiten sind groß angelegte Feldversuche zwingend erforderlich. Diese müssen über längere Zeit ablaufen um entsprechende Kenntnisse zu gewinnen. Das bedeutet, dass die Energiewende als lernendes Projekt, als politischer Lernprozess verstanden werden sollte, im Sinne von Stirling: “The appraisal of specific risks and merits of long-term policy becomes a political process (and not solely a technical calculation) and needs to be treated as such“ (Stirling 2003, zitiert in Voß et al. 2009). Dies schließt an den Gedanken einer „reflexive governance“ an, die sich als Teil des Prozesses den sie steuert versteht:“ Reflexive governance acknowledges that governing activities are entangled in wider societal feedback loops and are partly shaped by the (side-) effects of its own working.“ (Voß, Kemp 2006). Dieser Prozess braucht Forschung, die das gesamte System in den Blick nimmt mit seinen technischen und mit seinen nicht-technischen Komponenten. Dabei muss die hier vorgestellte Allianz, indem sie den Gedanken der Co-Evolution ernst nimmt und das Energiesystem als ein sozio-technisches begreift, selbst in hohem Maße lernfähig sein

6 Literatur

Bräutigam, KR & Gerybadze, A (eds) 2011, Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber. Mit Beispielen aus der Materialforschung, Springer Heidelberg.

BMBF (2011): Bürgerdialog „Energietechnologien für die Zukunft“. Bürgereport, Berlin 5/6 November 2011, Bundesministerium für Bildung und Forschung.

- Broup, M, Brown, N, Konrad, K & Van Lente, H 2006, The sociology of expectations in science and technology. In: *Technology Analysis & Strategic Management* ,vol.18(3-4), pp.285-298.
- Brown, N & Michael, M. 2003, A sociology of expectations: Retrospecting prospects and prospecting retrospects. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, vol.15(1), pp.3-18.
- Coenen, R. (Hg.) (2001): *Integrative Forschung zum Globalen Wandel*. Frankfurt: Campus Verlag
- Darby, S (2006): *The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays*. Environmental Change Institute. University of Oxford.
- Dolata, U. (2011): *Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation*. Campus: Frankfurt/New York
- Elzen, B., Geels, F., and Green, K. (eds.) (2004): *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*. Cheltenham, UK , S. 137-167
- Grunwald, A. (2010): *Technikfolgenabschätzung - Eine Einführung*. Zweite, grundlegend überarbeitete erweiterte Auflage. Berlin: edition sigma
- Grunwald, A., Rösch, Ch. (2011): *Sustainability assessment of energy technologies: Towards an integrative framework*. *Energy, sustainability and society* 1(2011)1:3, open access doi:10.1186/2192-0567-1-3
- Krömker, D & Dehmel, C 2010, Einflussgrößen auf das Stromsparen im Haushalt aus psychologischer Perspektive. Kassel. Transpose Working Paper No. 6.
- Möst, D.; Fichtner, W.; Grunwald, A. (Hg. 2009): *Energiesystemanalyse*. Karlsruhe University Press
- Pathmaperuma, D.; Schippl, J. (2011): *Intelligente Stromnetze*. In: Decker, M., Fleischer, T.; Schippl, J.; Weinberger, N. (2011): *Zukünftige Themen der Innovations- und Technikanalyse: Methodik und ausgewählte Ergebnisse*. Im Erscheinen bei KIT Scientific Publishing.
- Rip, A., Misa, T., Schot, J. (Hg.) (1995): *Managing Technology in Society*. London
- Rip, A.; Kemp, R. (1998): *Technology change*. In: Rayner, S.; Malone, E.L. (Eds. 1998): *Human Choice and Climate Change*, vol. 2 Battelle Press, Columbus OH, Page 327-399.
- Renn, O. (2008): *Risk Governacne. Coping with uncertainty in a complex world*. London:Earthscan.
- Rohracher, H. (2008): *Energy systems in transition: contributions from social sciences*. *Int. J. Environmental Technology and Management*, Vol. 9, Nos. 2/3, 2008, 144-161
- Schippl, J.; Fleischer, T. (2012): *A problem-oriented categorisation of foresight tools for transport planning*. In: *Foresight - forthcoming*.
- Stirling, A. (2006): *Precaution, foresight and sustainability*. In: Voß, J.-P; Bauknecht, D.; Kemp, R. (Hg, 2006): *Reflexive Governance for sustainable development*. Cheltenham: Edward Elgar

Van den Belt, H.; Rip, A. (1987): "The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic dye chemistry." In: The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology. Cambridge, MIT Press: pp.135–58.

Van Lente, H. (1993): Promising technology: The dynamics of expectations in technological developments. Enschede, Twente University.

Voß, J.-P.; Kemp, R. (2006): Reflexive Governance for Sustainable Development – Incorporating feedback in social problem solving. Paper for ESEE Conference, June 14-17, 2005 in Lisbon

Voß, J.-P.; Smith, A.; Grin, J. (2009): Designing long-term policy: rethinking transition management. In: Policy Science 42, S. 275-302