

Die Transformation der Energieversorgung: Einheit und Differenz soziotechnischer Systeme

von Christian Büscher und Jens Schippl, ITAS

Für die Analyse der Transformation der Energieversorgung spielt der Begriff „soziotechnisches System“ eine gewichtige Rolle. Es ist eben nicht alles nur Physik, wenn es um die Organisation der Bereitstellung, Übertragung und Verteilung von Energie geht. Soziale Faktoren beeinflussen die Transformation maßgeblich. Oftmals wird in den Analysen die Korrelation technischer Operationen und sozialer Prozesse innerhalb der Einheit (System) als Differenz (Umwelt) nicht explizit ausgeführt. Ebenfalls werden die Unterschiede zwischen den „Wesenheiten“ von technischen und sozialen Realitäten unterschlagen bzw. nicht diskutiert. In diesem Beitrag fragen wir nach der Einheit soziotechnischer Systeme, um Reduktionen und Abstraktionen in unterschiedlichen Forschungsrichtungen explizit zu machen. An den Ansätzen zu großtechnischen Systemen, zur Transition von soziotechnischen Systemen und zu sozialen Systemen wollen wir aufzeigen, welcher Art prototypische wissenschaftliche Problemstellungen die unterschiedlichen Konzepte hervorheben.

1 Einführung

Wenn leichthin von dem „Energiesystem“ die Rede ist, dann ist die Einheit eines systematischen Zusammenhangs von Funktionen und Leistungen der Energiewandlung, -verteilung und des -vertriebs gemeint. Damit wird Bezug genommen auf sachtechnische Komponenten (Kraftwerke, Transformatoren, Netzwerke, Anschlüsse), technische Operationen (Steuerung, Kontrolle, Sicherung), aber auch auf soziale Organisation und Koordination (z. B. marktförmige Allokation knapper Energieträger). Es wird auf den ersten Blick deutlich, dass sich die Einheit des Energiesystems als Einheit einer Vielheit heterogener Komponenten erweist. Wie es auch die Beiträge in diesem Schwerpunkt deutlich machen, handelt es sich bei der sog. „Energiewende“ um einen gesellschaftlichen Transformationsprozess, bei dem technische

und nicht-technische Entwicklungen wechselseitig aufeinander wirken und somit integrativ zu analysieren sind.

Nun stellt die Beschreibung und Analyse des Energiesystems vor diesem Hintergrund eine Herausforderung an Theorie und Methode dar, die sich eben aus dem hohen Maß an organisierter Komplexität ergibt, d. h. der Notwendigkeit der Berücksichtigung der Vielzahl und der Mannigfaltigkeit der beteiligten Teilelemente sowie der Relationen dieser Elemente zueinander. Um diese Komplexität zu erfassen, müssen erhebliche Reduktionen und Abstraktionen vorgenommen werden.

In einer Vielzahl von Forschungen zur Historie, Transformation oder Governance von technischen Systemen werden Konstruktionen wie *soziotechnische Systeme* (Hughes 1986; Mayntz 2009), *soziotechnische Regime* (Geels 2004) oder *soziotechnische Konstellationen* (Rammert/Schulz-Schaeffer 2002) verwendet, um – im Kontext der jeweiligen Fragestellungen – mit dem Problem der Einheit des Verschiedenen umzugehen. Wie im Folgenden gezeigt wird, gehen diese Ansätze in unterschiedlicher Weise mit dem Problem der Skizzierung einer Systemarchitektur bzw. mit der Konzeptualisierung des Verhältnisses zwischen Technik und Gesellschaft um.

Unsere Aufgabe soll es im Folgenden nicht so sehr sein, die umfangreiche Forschung zu diesem Themenkomplex in Gänze nachzuvollziehen und zu bewerten, sondern herauszuarbeiten, welche *Forschungsprobleme* zur Transformation des Energiesystems durch unterschiedliche, teilweise interdisziplinäre Perspektiven auf soziotechnische Systeme in den Blick geraten.¹ Dabei wollen wir drei ausgewählte Perspektiven umreißen und kurz auf die *prototypischen* Forschungsprobleme eingehen, die auf Basis der jeweiligen theoretisch konzeptionellen Festlegungen analysiert werden. Wir beziehen uns auf Ansätze aus Forschungsarbeiten zu Großtechnischen Systemen (GTS) (Abschnitt 2), zu Transition-Research (Abschnitt 3) und auf systemtheoretische Ansätze in der Soziologie (Abschnitt 4). Abschließend wollen wir diskutieren, welche Chancen sich für die kognitive Integration innerhalb eines interdisziplinären Forschungsverbundes aus diesen Problemstellungen ergeben (Abschnitt 5).

2 Großtechnische Systeme

In den ursprünglichen Diskussionen zu sozio-technischen Systemen finden sich Vorstellungen organisierter Arbeit und Technikeinsatz als Netzwerk heterogener Elemente, wobei sozialen und technischen Operationen eine funktionale Komplementarität zugeschrieben wird (Trist/Bamforth 1951).² Das Ganze besteht aus einer nahtlosen Verknüpfung – das *seamless web* (Hughes 1986) – von sinnbasierten Handlungen und technischen Vorgängen (auf Basis physikalischer, chemischer und heute auch biologischer Operationen). In diesem Sinne werden als Probleme die Brüche in der Systementwicklung entdeckt, als Fragen der richtigen Governance als adäquate Handlungskoordination, Regulierung, Kontrolle bzw. Steuerung des Gesamtsystems (Mayntz 2009).

Wie der Name schon suggeriert, konzipieren auch Überlegungen zu „Großtechnischen Systemen“ ihren Gegenstand als System, das materielle und nicht-materielle Elemente einschließt: „Makrosoziologisch bedeutsam ist vor allem die Existenz der *weiträumig* zur *dauerhaften* Erfüllung eines spezifischen Zwecks verbundenen Netzwerke heterogener technischer und sozialer Komponenten“ (Mayntz 1993, S. 98; Hervorhebung im Original). In späteren Arbeiten von Mayntz zur Governance von „Large Technical Infrastructure Systems“ (LTIS) werden endogene Produktionsstrukturen (das soziotechnische System der technischen Installationen und Operationen sowie die soziale Organisation der Produktion) und exogene Regulationsstrukturen unterschieden (externe Prozesse der Governance) (s. Tab. 1). Das Ganze wird dann auch nicht als geschlossenes System konzipiert, sondern eher als vernetzte Struktur unterschiedlicher Systemtypen. Auch Joerges sieht in den großtechnischen Systemen eher „offene Systeme“ und Netzwerke, die ohne regionale und zeitliche Beschränkungen Myriaden von Transaktionsbeziehungen realisieren (Joerges 1996, S. 160).

Aktuelle Forschungen zu Infrastrukturen folgen der These der „offenen Systeme“ bzw. von Netzwerken: „In general, and specifically in the meaning of the cyberinfrastructure framework, infrastructures are not systems. Instead, they are networks or webs that enable locally controlled and maintained systems to interoperate more or less seamlessly.“ (Edwards et al. 2007, S. 12) Eine sol-

che Vorstellung unterstellt, dass in großen Infrastrukturen zusammen wirkt, was in ihrem *modus operandi* unterschiedlich zu sein scheint: erstens, soziale Systeme, die selbst geschlossen und relativ stabil sind (beispielsweise Organisationen, die ein lokal situiertes Kraftwerk betreiben) und technische Systeme (Installationen, Gerätetechnik); zweitens, die Verknüpfung dieser Systeme zu offenen und rekonfigurierbaren *Netzwerken* (die Kopplung an ein Übertragungsnetz mit Transformatoren, Leitungen usw. unter Kontrolle über die Knoten durch Netzbetreiber und Supervisionsorganisationen); und, drittens, die Einbindung dieser Netzwerke in übergeordnete Funktions- und Leistungszusammenhänge als *networks of networks*, *internetworks*, *webs* (Elektrizitätsmärkte, die über Preise und generalisierte Kommunikationsmedien wie Geld koordiniert werden). *Systems*, *networks* und *webs* unterscheiden sich vor allem anhand der Zugriffsmöglichkeiten sowie der Reichweite der Kontrolle (Edwards et al. 2007, S. 12).

So wird deutlich, dass einige Merkmale großer technischer Systeme dem Bemühen, eine Systembeschreibung anzufertigen, die klare Systemgrenzen, System-/Umweltzugehörigkeit, oder Ursache/Wirkungs-Verhältnisse angeben kann, zuwider laufen:

- These der heterogenen Elemente: GTS enthalten nicht nur alle möglichen artifiziellen Komponenten auf physikalischer, chemischer oder biologischer Basis, sondern auch psychische, kognitive und soziale Elemente, die aufgrund ihrer Selbsterhaltungs- und Entwicklungsfunktionen rekursiv miteinander vernetzt sind (Krohn 1989, S. 38).
- These der Universalität: Sie durchdringen und erfassen alle Lebensbereiche in der modernen Gesellschaft und verflechten nicht nur Infrastruktursysteme, sondern auch die wesentlichen gesellschaftliche Funktionsbereiche der Politik, Wirtschaft, Recht und Wissenschaft in unauf löslicher Weise miteinander (Mayntz 1993).
- These der Ermöglichung: Sie sind die Voraussetzung für das Funktionieren der Mehrzahl aller anderen technischen Systeme (Joerges 1996, S. 159).
- These der (Voll-)Inklusion: Die Partizipation der Bevölkerung an dem Funktions- und Leistungsvermögen großtechnischer Systeme wird

erreicht durch ein netzwerkartiges Zusammenwirken von spezialisierten Organisationssystemen, von deren Entscheidungsprozessen die Bevölkerung (fast) komplett exkludiert ist.

Mit der hier kurz vorgestellten Konzeption soziotechnischer Systeme (s. Tab. 1) ergeben sich Probleme der begründeten Markierung von Systemgrenzen und der Selektion von Elementen. Ihre Vereinigung erfahren technische wie soziale Komponenten in großtechnischen Systemen daher mit Referenz auf die weiträumige und dauerhafte Erfüllung eines spezifischen Zwecks, z. B. der Energieversorgung. Somit unterscheiden sich die jeweiligen Systeme in sachlicher Hinsicht aufgrund ihres „Sachzwecks“, in räumlicher Hinsicht aufgrund ihrer territorialen, oftmals nationalstaatlichen Beschränkung bzw. Ausbreitung und in sozialer Hinsicht aufgrund verschiedener teilnehmender Akteure.

Tab. 1: Modell der Einheit des Systems durch Funktionsbezug

	<i>System</i>	<i>Umwelt</i>
Technische Operation	Produktion/ Steuerung	„Enabling“ Infrastruktur
Soziale Prozesse	Organisation	Regulierung/ Governance

Quelle: Eigene Darstellung; CB, JS

Prototypische Forschungsprobleme: Mit der Metapher des „seamless web“ in der Hinterhand ließe sich formulieren, dass die Nähte zwischen den funktional komplementären Operationen unter Spannung geraten oder gar aufreißen – mit dem Ergebnis der möglichen Funktionsgefährdung des ganzen Systems.

Der Prozess des „Unbundling“ in der Elektrizitätsversorgung kann als Fallbeispiel herangezogen werden, das die Aufmerksamkeit der Forschung erlangt hat. Allgemein wird anerkannt, wenn in die Energieversorgung ein Mehr an Marktkoordination eingezogen werden soll, dann muss die integrierte Kette von Produktion, Netzbetrieb und Vertrieb auseinander gezogen werden. In diesem Sinne wurde durch systemexterne Regulierung (Energiewirtschaftsgesetz [EnWG] in Deutschland) die separate Organisation der Energieversorgung erzwungen: Vertikal integrierte Unternehmen müs-

sen das rechtliche, operationelle, informatorische und buchhalterische Unbundling umsetzen. Wie Künneke (2008) bemerkt, liegt hier ein prototypischer Fall eines strukturellen Bruchs zwischen technischen und sozialen Realitäten vor, der die Gesamtfunktion des Systems möglicherweise korrumpiert: „The electricity value chain seems to evolve towards unbundling and specialization, whereas technology is based on integrated system planning.“ (ebd., S. 239). Aus dieser Beobachtung lassen sich Widersprüche in der Systementwicklung ableiten, die sich an unterschiedlichen Rationalitätsansprüchen kristallisieren, nämlich einerseits die der Einzelakteure und deren Kalküle für Transaktionen sowie andererseits die des Gesamtsystems und dessen technischen Voraussetzungen. Es sind Entwicklungen zu beobachten, dass die Einspeisung von Elektrizität in das Verbund-Netz ohne Rücksicht auf Gesamtkapazität die Regel wird, oder dass der Kraftwerksausbau ohne Rücksicht auf Gesamtbedarf und langfristige Stabilität/Sicherheit betrieben wird.

3 Zur Transformation soziotechnischer Systeme

Ausgangspunkt der Transformationsforschung³ sind Fragen oder Probleme von politischer bzw. gesellschaftlicher Relevanz. In der Regel ist die Erreichung eines „nachhaltigeren“ Zustands in einem Gegenstandsbereich explizites Entwicklungsziel (Grin et al. 2010; Geels et al. 2012; Elzen et al. 2004). Dabei wird davon ausgegangen, dass solche Transitionen oft über mehrere Jahrzehnte ablaufen. Sie verfolgen also langfristige gesellschaftliche Zielsetzungen.

Um ein System wie das Energiesystem (oder auch das Verkehrssystem oder die Landwirtschaft) in eine nachhaltigere Entwicklung zu überführen, reicht es nicht aus, einige Technologien durch neue, beispielsweise umweltfreundlichere zu ersetzen. Weit reichenden Veränderungen, wie sie spätestens seit den Arbeiten des *Club of Rome* mit steigender Intensität, und jüngst wieder vom WBGU (2011), gefordert werden, betreffen auch die Art, wie das Zusammenspiel von Technologien in soziotechnischen Systemen organisiert ist, und wie es gesteuert, finanziert und genutzt wird. Die Transformationsforschung geht folglich davon aus, dass neben den Technologien auch die

Organisationsformen von Produktion und Konsum sowie die generalisierte Handlungscoordination über Werte und Präferenzen mitverändert werden müssen (Rip/Kemp 1998). Dazu bedarf es systemischer Innovationen, die in der Lage sind, das entsprechende System, oder zumindest größere Teilbereiche desselben, erheblich zu verändern.

Sicherlich müssen solche Transformationsprozesse nicht immer die gesamte Gesellschaft betreffen, jedoch muss der Untersuchungsgegenstand sehr breit gefasst werden und kommt nicht umhin, sowohl technische wie auch nicht-technische Elemente des zu transformierenden Gegenstandsbereichs in ihren Dynamiken und Wechselwirkungen zu betrachten. Der Begriff soziotechnisches Systeme ist daher eng mit der Transformationsforschung verbunden (Elzen et al. 2004).

Diese Vielschichtigkeit drückt sich auch in den Beschreibungen des Energiesystems in entsprechenden Arbeiten aus, wie z. B. bei Verbong und Loorbach (2012): „The energy system as a complex societal system can be defined as all those actors and artifacts that together produce the societal function energy. It is an open and nested system, that is, it is interconnected with other societal systems (like mobility, food provision, construction) and embedded within broader society.“

Oft findet bei Ansätzen der Transitionsforschung die sog. Multi-Level-Perspektive (MLP) Anwendung. Das Konzept geht auf Rip und Kemp (1998) zurück und wurde u. a. von Frank Geels (2004, 2005) verfeinert und weiter entwickelt. Grundansatz ist, dass für die Analyse von Transformationsprozessen in soziotechnischen Systemen drei Ebenen unterschieden werden. So versteht Geels Transitionen als Ergebnis der Interaktion zwischen Mikroebene (**niches**), Mesoebene (**regimes**) und Makroebene (**socio-technical landscape**):

- Die Makroebene bezieht sich auf die sich langsam ändernden „Landscape“, welche die Regime auf der Mesoebene und die Nischen auf Mikroebene beeinflussen. Sie beinhaltet Rahmenbedingungen wie übergreifende Paradigmen, makroökonomische Entwicklungen, materielle Infrastruktur, natürliche Umwelt oder demographische Faktoren.
- Die Mesoebene bezieht sich auf soziotechnische Regime. Der Begriff bezieht sich auf

Arbeiten von Rip und Kemp (1998, S. 338), die ein technologisches Regime definieren als „the rule-set or grammar embedded in a complex of engineering practices, production process technologies, product characteristics, skills and procedures, ways of handling relevant artifacts and persons, ways of defining problems – all of them embedded in institutions and infrastructures“. Geels (2004) gab dem Ansatz eine breitere Perspektive, indem er für den Begriff „soziotechnisches Regime“ plädierte. Damit sollten explizit nicht nur Firmen und Ingenieure einbezogen werden, sondern auch andere gesellschaftliche Gruppen wie Nutzer, Politiker, Interessenvertreter oder NGOs. Dabei kann sich ein soziotechnisches System aus mehreren Regimen zusammensetzen. Regime sind grundsätzlich durch ein hohes Maß an Stabilität geprägt, Innovationen sind hier eher inkrementeller Natur.

- Mikroebene: Sie bezieht sich auf Nischen, in denen Neuerungen (radikale Innovationen) entstehen. Es kann sich um Anwendungskontexte, Akteurskonstellationen oder geographische Gebiete mit besonderen Charakteristika handeln. Hier finden Neuerungen (z. B. neue Praktiken, neue Geschäftsmodelle, neue Technologien, neue Formen der Politikintervention) eine Art „geschützter“ Raum in dem sie sich entwickeln können, ohne gleich in direkte Konkurrenzen mit den Ansätzen des „alten“ Regimes zu treten (vgl. Geels et al. 2012, S. 53).

Der Fokus liegt also auch hier nicht auf einer inventaristischen Aufbereitung von Systeminhalten. Eine detaillierte Auseinandersetzung mit allen Grenzen und Bestandteilen des untersuchten Systems bzw. der drei Ebenen Nische, Regime, Landscape findet meist nicht statt. Sie scheint für die Anwendung des Analyserasters und für die damit gemachten Aussagen nicht erforderlich.

Doch auch die Transformationsforschung kommt nicht umhin, anzugeben, was sich denn transformiert, und weiter, in was es sich transformiert. Die Analysen müssen wiederum ansetzen an einem Bezugsrahmen: die Beschreibung als Einheit des Systems in Differenz zu seiner Umwelt. Innerhalb dieses groben Rahmens liegt dann der Fokus auf der Analyse von Prozessen – das Zusammenspiel der oben skizzierten Systeme.

melemente über längere Zeiträume hinweg – und um die Möglichkeiten, in dieses Zusammenspiel steuernd einzugreifen.

Prototypische Problemstellung ist das Verständnis von Governance-Prozessen und die Unterstützung einer zielgerichteten Transformation.

Als gemeinsames Referenzproblem stehen eher Bedingungen der Innovation oder Innovationspolitik, die zum Teil durch die Analysen mitgestaltet werden sollen, im Vordergrund und nicht so sehr theoretisch-konzeptionelle Probleme der Einheitsbeschreibung (Weber/Rohracher 2012, S. 1045). Über die Analyse dieser Prozesse bzw. der Einflussfaktoren und Akteurskonstellationen will die Transformationsforschung Beiträge zur zielorientierten Governance von Transformationen leisten. Dabei geht es nicht darum, konkrete Regeln oder Handlungskonzepte auszuformulieren. Wie Schneidewind und Scheck (2012, S. 51) es ausdrücken, formulieren die skizzierten Ansätze „grundlegende Metaprinzipien von Governance, mit deren Hilfe Richtung und auch Geschwindigkeit von Wandlungsprozessen abgeleitet werden sollen.“ Beispielweise sieht das aus der Multi-Level-Perspektive abgeleitete Konzept des „Strategic Niche Management“ (Hoogma et al. 2002) das gezielte Fördern von Nischen, in denen sich als nachhaltig erachtete Innovationen entwickeln können, als einen Kernkonzept für das Ermöglichen von Transformationen an.

4 Systemtheoretische Ansätze in der Soziologie

Auch die soziologische Gesellschaftstheorie beschäftigt sich explizit mit dem Verhältnis von Gesellschaft und Technik. Auffällig ist dabei die scharfe Abgrenzung von technischen und sozialen Operationen. Technik ist Teil der Umwelt sozialer Systeme. Letztere reproduzieren sich durch die Kontinuierung von Kommunikation. Technik ist vielfach Voraussetzung, Thema oder Irritation von Kommunikation. Beides ist daher strukturell und nicht operativ gekoppelt. Dies entspricht der Vorstellung – anstatt des *seamless web* – eines Verhältnisses von *Orthogonalität*, sprich der Gleichzeitigkeit technischer und sozialer Realitäten, wobei nur temporär und punktuell in die jeweils an-

deren Operationsvollzüge eingegriffen wird: Dies geschieht z. B. als Störung, die Entscheidungen provoziert, auf der einen Seite, oder als Handlung/Entscheidung zur Kontrolle oder Steuerung technischer Prozesse auf der anderen Seite. „Das technische Netz des Energieflusses verhält sich völlig neutral zur Kommunikation; oder anders gesagt: die Information wird außerhalb des technischen Netzes produziert.“ (Luhmann 1997, S. 302)⁴

Kommunikation, als genuines Element sozialer Systeme, konstituiert sich als Synthese aus einer dreifachen Selektion von Mitteilung, Information und Verstehen (Luhmann 1984, S. 196). Gerade Diskussionen um intelligente Technik haben in den letzten Jahrzehnten die Frage aufgeworfen, inwieweit technische Operationen in diese Art von sozialer Interaktion eingebunden werden können. Inzwischen gehen die Diskussionen soweit, dass technischen Systemen in der Interaktion mit Menschen „Handlungsfähigkeit“ bzw. *agency* unterstellt wird (Rammert 2003, S. 9; Rammert/Schulz-Schaeffer 2002, S. 58). Dirk Baecker lässt die Frage offen, welche „Einheiten“ (units) an Kommunikation teilhaben können. Er formuliert drei Bedingungen, für die sich *units* qualifizieren müssen, um an Kommunikation zu partizipieren: Selektivität, Rekursivität und operative Geschlossenheit (Baecker 2011, S 20f.).

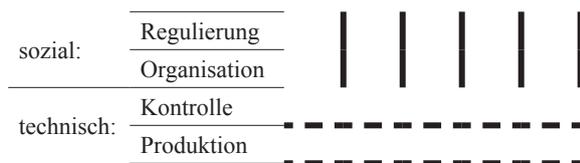
An dieser Stelle soll nun keinesfalls die Frage beantwortet werden, ob Maschinen diese Art der Bedingungen erfüllen. Es soll aber anhand dieser Kriterien ein anderer Aspekt hervorgehoben werden, der sich von dem Argument der funktionalen Äquivalenz unterscheidet, wenn wir soziotechnische Konstellationen betrachten: Ganz allgemein gilt, dass Kommunikation voraussetzungs- und anspruchsvoll ist, es bedarf einiger Fertigkeiten, um teilzunehmen. Technik hingegen kann entlasten, was auch und gerade technische, routinisierte, programmierte menschliche Tätigkeiten einschließt. Kommunikation dient zur Verarbeitung von Intransparenz des Selbst, der Anderen oder komplexer Situationen. Technik kann Intransparenz überdecken, solange sie funktioniert (Wagner 1994). Kommunikation führt zu Geschichtsbildung im Prozess der „Sozialisation“, eine Geschichte, die den Einzelnen zum Individuum macht, Person und Persönlichkeit, die Berücksichtigung finden muss – Technik operiert geschichtslos, kontextfrei und

ohne Rücksicht auf Persönliches (Foerster 1993, S. 143ff.). Weil in der Kommunikation die Freiheitsgrade der Anderen die wesentliche Rolle spielen, sind Kommunikationsverläufe kontingent. Die Funktion von Technik ist Kontingenzausschaltung und damit Kontingenzentlastung (immer: solange sie funktioniert).

Zugespißt bedeutet das, Technik ist nicht Kommunikation. Sie ist kausale Simplifikation (Luhmann 1991, S. 97; Luhmann 2000, S. 370ff.; Halfmann 1996, S. 119ff.). Durch die Ausschaltung der externen Interferenzen werden Abläufe kontrollierbar, Ressourcen planbar, Fehler erkennbar und zurechenbar. Die formbestimmende Differenz ist die der eingeschlossenen und ausgeschlossenen Kausalverhältnisse. „In der Technik geht es in der Tat um die Realisierung eindeutiger Ziele, die unter systematischer Ausschaltung aller störenden Einflüsse durch zweckentsprechende Maßnahmen verwirklicht werden.“ (Rapp 1987, S. 115) Funktionierende Technik misst sich an der erfolgreichen Isolierung bestimmter Verhältnisse von Ursache und Wirkung.

Wenn wir ein Model der strukturellen, orthogonal konfigurierten Kopplung von technischen (Realisierung kausaler Simplifizierung) und sozialen Operationen (Kommunikation) zugrunde legen, dann ist Technik ein Umwelttatbestand sozialer Systeme (s. Abb. 1). Mit diesem Argument erschließen sich andere Fragen und Problemstellungen, als dies hinsichtlich der funktionalen Äquivalenz und der Transformation der Fall ist. Es stellt sich v. a. die Frage, wie die Kopplung zwischen technischen und sozialen Operationen erreicht wird. Eine wesentliche Argumentationslinie bezieht sich auf soziale Mechanismen wie (System-)Vertrauen.

Abb. 1: Modell einer orthogonalen soziotechnischen Konstellation



Quelle: Eigene Darstellung, CB

Prototypische Problemstellung: Technik als Blackbox – Vertrauen, Zuversicht und Akzeptanz

In die aktuelle Diskussion um die Transformation der Energie-Infrastruktur fließen weitreichende Visionen (expectation statements) ein, die über das aktuell vorherrschende Paradigma der Automatisierung hinausgehen. Die Stromversorgung soll sich im Zuge der Energiewende immer mehr auf die fluktuierenden Energieträger Sonne und Wind stützen. Um die damit einhergehenden Schwankungen besser kontrollieren zu können, sollen neuartige Technologien eingesetzt werden. Diese sind mit Begriffen überschrieben, die eine Nähe zu Eigenschaften wie Autonomie und künstliche Intelligenz anzeigen sollen (smart, intelligent, self-healing etc.). Dieserart Technologie soll auch und v. a. auf Seiten der Abnehmer eingesetzt werden. Voraussetzung dafür ist der *two-way data exchange* zwischen Anbietern und Abnehmern von Elektrizität. Dahinter steckt die Idee der intensiven Datenauswertung, um Informationen einerseits über Nutzerverhalten und andererseits über Preise in *real-time* zu generieren.

Damit diese Visionen Realität werden können, bedarf es neben technischen Innovationen auch der Neugestaltung rechtlicher und marktförderlicher Verhaltenskoordinationen. Damit die Transformation der Energieversorgung als gesellschaftliches Großprojekt gelingen kann, muss ein großer Teil der betroffenen Bevölkerung eine neue Rolle annehmen, nämlich die des aktiven Konsumenten.

Im Rahmen der anvisierten Transformation rückt die generalisierte Koordination von Handlungen unter Unsicherheit (am Markt) in den Blick. Die Problemlösungen zu dieser Aufgabe unterliegen anderen Bedingungen als es z. B. bei lokalen Konflikten zwischen Entscheidern und Betroffenen der Fall ist. Für Letzteres kann *Akzeptanz* ein wichtiges Moment für eine Verständigung über Chancen, Risiken und Gefahren sein. Für Ersteres ist Akzeptanz nicht notwendige Voraussetzung. Es ist eher zu vermuten, dass durch die Wechselwirkung von (latenter) Zuversicht in die Sinnhaftigkeit und Erfolgchancen des Gesamtprojekts und Vertrauen in Systeme (als *impersonal trust*) systematisch Kapazitäten für Vertrauenszuweisungen generiert werden können. Ist dies nicht der Fall, dann können auf der Ebene einzelner Entscheidungen manifeste Unsicherheiten zu Blockaden führen und einzelne Akteure entziehen sich der Partizipation. Das

hätte auf Ebene des Gesamtkomplexes die Konsequenz, dass eine generalisierte Ausbeutung der Rationalitätsschancen hinsichtlich der „Energie-wende“ möglicherweise unterminiert wird.

5 Ausblick

Streng genommen erlaubt es keine der hier von uns in aller Kürze angesprochenen Forschungsrichtungen (s. Tab. 2) von dem „Energiesystem“ als geschlossene, mit erkennbaren Systemgrenzen versehene, homogene Elemente beinhaltende Einheit zu sprechen. Der Begriff „Energiesystem“ ist eine intuitiv einleuchtende Kurzformel, die für Forschung nicht zwingend instruktiv ist. Unseres Erachtens kann aus den vorhergegangenen Ausführungen eher entnommen werden, dass das Forschungsobjekt „soziotechnisches Energiesystem“ als Funktions- und Leistungskomplex der Energieversorgung beschrieben werden kann, in dem eine Vielzahl unterschiedlicher Einheiten Funktionen erfüllen und sowohl Leistungen bereitstellen als auch beziehen. In welcher Art und Weise die Beziehungen zwischen den Einheiten beschrieben werden – beispielsweise als funktionale Äquivalenz, Netzwerk oder strukturelle Kopplung –, das ist abhängig vom Forschungszweck. Eine inventaristische Aufbereitung des Energiesystems mit dem Ziel einer Art objektiven Vollständigkeit ist werden möglich noch sinnvoll. Die Bestimmung der Systeminhalte lässt sich ausschließlich mit dem damit verfolgten Zweck begründen.

Wir können dennoch festzuhalten, dass die Beschreibung des Energiesystems als *soziotechnisches* System einen Mehrwert zu bringen scheint, indem sie auf die Relevanz der Korrelation technischer und sozialer Realitäten hinweist. Alle der hier vorgestellten Forschungsrichtungen können auf unterschiedliche Art und Weise in dieser Hinsicht gehaltvolle Analysen anbieten. Für große, interdisziplinär ausgerichtete Forschungsverbünde bietet sich dadurch die Chance, ganz unterschiedliche Problemaspekte der Transformation des Energiesystems hervorzuheben und zu bearbeiten. Dazu ist es zwingend erforderlich, dass die jeweiligen Reduktionen und Abstraktionen in den eigenen Konstruktionen wissenschaftlicher Beobachtung explizit und transparent gemacht werden – in einer Sprache, die auf Anschlussfähig an andere Disziplinen ausgerichtet ist.

Trotz alledem besteht das Erfordernis, eine Synthese der Forschungsleistungen zu erbringen. Man kann nicht darauf bauen, zu diesem Zweck ein gemeinsam geteiltes Systemverständnis zu erzielen, also Modelle, Konstruktionen, oder Begriffe zu vereinheitlichen. Insgesamt ist es nicht absehbar, inwieweit die unterschiedlichen Forschungsergebnisse einzelner Projekte auf ein konsistentes „Referenzsystem“ bezogen werden können.

Wir sehen die Chance eher darin, ein gemeinsam geteiltes Referenzproblem zu formulieren, das auch durch die hier im Schwerpunkt vertretenden Ansätze bearbeitet werden könnte. Diese können dann unterschiedliche Aspekte des Problems hervorheben und verschiedene Lösungen erarbeiten. Auf einer etwas allgemeineren

Tab. 2: Synopsis

<i>Forschungsrichtungen</i>	<i>Großtechnische Systeme</i>	<i>Soziotechnische Regime</i>	<i>Soziale Systeme/ Technik als Umwelt</i>
Soziotechnische Korrelation	Funktionale Äquivalenz heterogener Elemente in Bezug auf Strukturen und Zwecke	Transformation von Strukturen: technische Innovation und soziale Institution	Strukturelle Kopplung: technische Operationen und Kommunikation stehen orthogonal zueinander
Ansätze	Soz. Handlungstheorie, GTS	Transformationsforschung, MLP	Theorie sozialer Systeme
Prototypische Problemstellung	Brüche in der Organisation der Produktion; auch: Pfadabhängigkeit, <i>reverse salient</i>	Support für eine zielgerichtete Transformation	Generalisierte Handlungsermöglichung durch soziale Mechanismen

Quelle: Eigene Darstellung; CB, JS

Ebene lässt sich die Analyse und (in einem weiteren Schritt) Governance der Transformation des Energiesystem als eine Art Referenzrahmen verstehen. Ein darin lokalisiertes Referenzproblem könnte in dem Thema „Volatilität“ stecken, das technische (z. B. fluktuierende Energieträger) wie auch soziale Dimensionen (Lastverschiebung in Haushalten) aufweist und erst mit deren Verbindung handlungsorientiert bearbeitet werden kann.

Danksagung

Viele der Gedanken in diesem Papier wurden durch Diskussionen in einer ENERGY-TRANS-Arbeitsgruppe am ITAS zu „Soziotechnischen Systemen“ angeregt. Wir danken deshalb vor allem Jens Buchgeister und Patrick Sumpf für deren Beiträge. Daneben wollen wir sowohl den Projektmitgliedern „Systemische Risiken“, als auch den Diskutanten zu dem Themenkomplex „Soziotechnische Systeme“ innerhalb der Helmholtz-Allianz unseren Dank aussprechen.

Anmerkungen

- 1) Damit sind nicht Probleme der Forschung (z. B. methodischer Art) gemeint, sondern – im Sinne von Gaston Bachelard (1978, S. 47) – die Exponierung eines Problems, das der Forschung vorangestellt und somit Anlass für Forschung ist.
- 2) Techniksoziologische Ansätze beschreiben Technik als Vollzug von Gesellschaft. Technische Systeme sind Systeme von Handlungen. Sie werden realisiert „nicht nur in Zungenbewegungen und Hirnströmen und handgreiflichen Verrichtungen oder Gesten, sondern eben auch in Motorenbewegungen, geregelten elektronischen Prozessen, roboterisierten Verrichtungen und Gesten der Dinge“ (Joerges 1996, S. 156). Während es Konsens ist, das zwischen technischen Artefakten und deren Operationsmodi auf der einen Seite und mit Sinn unterlegten sozialen Realitäten auf der anderen Seite unterschieden werden muss (Hörning 1989, S. 97), so wird dennoch eine funktionale Äquivalenz in der Wirkungsweise von Technik und Handlungen unterstellt. Technik ist demnach ein (außerkörperliches) Medium der Formalisierung von Handlungen, die in ein Regelsystem eingebunden sind: Ereignisse werden erwart- und berechenbar und sie lassen sich relativ einheitlich behandeln und bewerten (Joerges 1988, 30ff.).

- 3) Die Begriffe Transformation und Transition werden hier synonym verwendet.
- 4) Siehe auch Jackson et al. (2007), die ebenfalls von Neutralität als Eigenheit von Infrastrukturen sprechen: „We think about roads until we can drive easily on them, and then promptly forget (until prompted by accidents, construction, and traffic jams to think again). We drink from the municipal water supply until we can't, then think once again about water. Once here, effective infrastructures appear as timeless, un-thought, even natural features of contemporary life.“

Literatur

- Bachelard, G.*, 1978: Die Bildung des wissenschaftlichen Geistes – Beitrag zu einer Psychoanalyse der objektiven Erkenntnis. Frankfurt a. M.
- Baecker, D.*, 2011: Who Qualifies for Communication? A Systems Perspective on Human and Other Possibly Intelligent Beings Taking Part in the Next Society. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 1/20 (2011), S. 17–26
- Edwards, P.N.; Jackson, St.J.; Bowker, G.C. et al.*, 2007: Understanding Infrastructure: Dynamics, Tensions, and Design: Report of a Workshop on History & Theory of Infrastructure, Lessons for New Scientific Cyberinfrastructures; http://cohesion.rice.edu/Conferences/Hewlett/emplibrary/UI_Final_Report.pdf (download 22.7.13)
- Elzen, B.; Geels, F.W.; Green, K.*, 2004: System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy. Cheltenham, UK
- Foerster, H. von*, 1993: Kybernetik. Berlin
- Geels, F.W.*, 2004: From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems: Insights About Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory. In: Research Policy 33 (2004), S. 897–920
- Geels, F.W.*, 2005: Processes and Patterns in Transitions and System Innovations: Refining the Co-evolutionary Multi-level Perspective. In: Technological Forecasting and Social Change 72 (2005), S. 681–696
- Geels, F.W.; Kemp, R.; Dudley, G. et al.*, 2012: Automobility in Transition? A Socio-technical Analysis of Sustainable Transport. New York
- Grin, J.; Rotmans, J.; Schot, J.*, 2010: Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change. New York
- Halfmann, J.*, 1996: Die gesellschaftliche „Natur“ der Technik – Eine Einführung in die soziologische Natur der Technik. Opladen

- Hoogma, R.; Kemp, R.; Schot, J. et al.*, 2002: Experimenting for Sustainable Transport: The Approach of Strategic Niche Management. New York
- Hörning, K.H.*, 1989: Vom Umgang mit den Dingen. Eine techniksoziologische Zuspitzung. In: Weingart, P. (Hg.): Technik als sozialer Prozeß. Frankfurt a. M., S. 90–127
- Hughes, T.P.*, 1986: The Seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera. In: Social Studies of Science 16 (1986), S. 281–292
- Jackson, St.J.; Edwards, P.N.; Bowker, G.C. et al.*, 2007: Understanding Infrastructure: History, Heuristics and Cyberinfrastructure Policy. In: First Monday 12; <http://www.firstmonday.dk/ojs/index.php/fm/article/view/1904> (download 5.7.13)
- Joerges, B.*, 1988: Gerätetechnik und Alltagshandeln. Vorschläge zur Analyse der Technisierung alltäglicher Handlungsstrukturen. In: Joerges, B. (Hg.): Technik im Alltag. Frankfurt a. M., S. 20–50
- Joerges, B.*, 1996: Technik – Körper der Gesellschaft: Arbeiten zur Techniksoziologie. Frankfurt a. M.
- Krohn, W.*, 1989: Die Verschiedenheit der Technik und die Einheit der Techniksoziologie. In: Weingart, P. (Hg.): Technik als sozialer Prozeß. Frankfurt a. M., S. 15–43
- Künneke, R.W.*, 2008: Institutional Reform and Technological Practise: The Case of Electricity. In: Industrial and Corporate Change 17 (2008), S. 233–265
- Luhmann, N.*, 1984: Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie, Frankfurt a. M.
- Luhmann, N.*, 1991: Soziologie des Risikos. New York
- Luhmann, N.*, 1997: Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt a. M.
- Luhmann, N.*, 2000: Organisation und Entscheidung. Opladen
- Mayntz, R.*, 1993: Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 45 (1993), S. 97–108
- Mayntz, R.*, 2009: The Changing Governance of Large Technical Infrastructure Systems. In: **Über Governance**. Institutionen und Prozesse politischer Regelung. Frankfurt a. M., S. 121–150
- Rammert, W.*, 2003: Technik in Aktion: verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen. Technical University Technology Studies Working Paper 2-2003. Berlin; http://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/1157/ssoar-2003-rammert-technik_in_aktion_vertieltes_handeln.pdf?sequence=1 (download 26.7.13)
- Rammert, W.; Schulz-Schaeffer, I.*, 2002: Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In: Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt a. M., S. 11–64
- Rapp, F.*, 1987: Möglichkeiten und Grenzen der Technikbewertung in philosophischer Sicht. In: Lompe, K. (Hg.): Techniktheorie – Technikforschung – Technikgestaltung. Wiesbaden, S. 103–121
- Rip, A.; Kemp, R.*, 1998: Technological Change. In: Rayner, St.; Malone, E.L. (Hg.): Human Choice and Climate Change. Columbus, OH, S. 327–399
- Schneidewind, U.; Scheck, H.*, 2012: Zur Transformation des Energiesektors – Ein Blick aus der Perspektive der Transition-Forschung. In: Servatius, H.-G.; Schneidewind, U.; Rohlfing, D. (Hg.): Smart Energy: Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem. Heidelberg, S. 45–62
- Trist, E.L.; Bamforth, K.W.*, 1951: Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting. In: Human Relations 4 (1951), S. 3–38
- Verbong, G.; Loorbach, D.*, 2012: Introduction. In: Verbong, G.; Loorbach, D. (Hg.): Governing the Energy Transition: Reality, Illusion or Necessity? Routledge Studies in Sustainability Transitions. New York
- Wagner, G.*, 1994: Vertrauen in Technik. In: Zeitschrift für Soziologie 23 (1994), S. 145–157
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen*, 2011: Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation (WBGU-Hauptgutachten 2011). Berlin
- Weber, K.M.; Rohracher, H.*, 2012: Legitimizing Research, Technology and Innovation Policies for Transformative Change: Combining Insights from Innovation Systems and Multi-level Perspective in a Comprehensive „Failures“ Framework. In: Research Policy 41 (2012), S. 1037–1047

Kontakt

Dr. Christian Büscher
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe
 Tel.: +49 721 608-23181
 E-Mail: christian.buescher@kit.edu

