

Autoren/Autorinnen: Armin Grunwald (KIT)/Camilla Bausch (Ecologic Institut)/ Lisa Nabitz (KIT)<sup>1</sup>

### 1. Sozial-ökologische Problemlage

Versorgungssysteme vermitteln die gesellschaftliche Nutzung von Ressourcen etwa über Technologien, Institutionen und Praktiken. Seit dem 19. Jahrhundert werden Energie, Wasser, Mobilität, Information und Kommunikationsmöglichkeiten sowie Textilien und Lebensmittel, aber auch Bildung und Gesundheitsdienstleistungen mittels Infrastrukturen in Versorgungssystemen bereitgestellt, die darüber zu einer gesellschaftsprägenden Kraft geworden sind. Weite Teile des individuellen und gesellschaftlichen Lebens werden nach den verfügbaren Versorgungssystemen ausgerichtet, so etwa Freizeitverhalten und Arbeit, Konsum und Wertschöpfung, Lebensstile, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Eine bei Infrastrukturen ansetzende gesellschaftliche Transformation von Versorgungssystemen in Richtung Nachhaltigkeit könnte also eine erhebliche Hebelwirkung für andere Bereiche entfalten. Umgekehrt bleiben Transformationsstrategien, etwa zum nachhaltigen Konsum, möglicherweise ohne große Wirkung, wenn sie nicht auch die Infrastrukturen betreffen, die ein nicht oder wenig nachhaltiges Handeln nahelegen, etwa in den Bereichen Energieversorgung, Mobilität und Ernährung. Die Transformation von Versorgungssystemen ist jedoch gerade aufgrund des Infrastrukturcharakters anspruchsvoll. Denn Infrastrukturen sind als sozio-technische Systeme zunächst dadurch gekennzeichnet, dass technische Arrangements und gesellschaftliche Handlungsmuster sowie Institutionen aufeinander abgestimmt sein müssen, um im Zusammenwirken die gewünschten Funktionalitäten zu erzielen. Darüber hinaus sind sie langlebig und beeinflussen dadurch stark menschliches Handeln. Jegliche Transformationsprozesse sind daher unmittelbar mit notwendigen Verhaltensänderungen, aber auch mit Interessen und Interessenkonflikten konfrontiert.

Die sozial-ökologische Transformation ist daher grundsätzlich eine Ko-Transformation von – ggf. mehreren gekoppelten und grenzüberschreitenden – technischen Konstellationen, Verhaltensmustern, Lebensstilen, Regularien, Anreizsystemen, Wertschöpfungsketten und natürlichen Prozessen und Strukturen. Auf der technischen, der ökonomischen, sozialen, ökologischen und regulatorischen Seite müssen teils erhebliche Trägheiten und Pfadabhängigkeiten überwunden werden, und das auch noch simultan und synchron bei gleichzeitiger Erhaltung der Funktionalität der jeweiligen Versorgungssysteme. Transformationen in Richtung von mehr Nachhaltigkeit, so etwa in der Energie- oder Informationsversorgung bedürfen, je nach Skala von lokal bis global, sehr unterschiedlicher Governance-Ansätze und sind mit je unterschiedlichen Herausforderungen konfrontiert. So wird beispielsweise Energiesparen häufig mit Komfortverlust und Verzicht assoziiert, wird der Strompreis als alleiniges Qualitätsmerkmal gesehen und werden Eingriffe in bestehende Systeme argwöhnisch betrachtet. Die Transformation von Versorgungsinfrastrukturen ist nicht nur deswegen mühsam, weil sie ökonomisch und technisch aufwändig ist, sondern auch aufgrund sozialer Befindlichkeiten.

---

<sup>1</sup> Das vorliegende Themenpapier ist in einem mehrstufigen Prozess entstanden. Die Autoren und Autorinnen haben im Rahmen eines Online-Konsultationsprozesses zum obigen Thema ein Papier erstellt und eingereicht. Das Themenpapier wurde anschließend in diesem Online-Konsultationsprozess vielfach kommentiert. Die Kommentare wurden von dem Autor und den Autorinnen in das Papier eingearbeitet. Die Einarbeitung von Kommentaren und Ergänzungen erfolgte zum Teil wörtlich, auf eine Zitierung wurde verzichtet. Unter <https://www.nachhaltigkeitsforschung-gestalten.de/dialoge/kommentieren-sie-die-vorschlaege-fuer-zukuenftige-themenschwerpunkte/marine-sozial> sind alle Kommentare sowie das Themenpapier vor der letzten Überarbeitung einsehbar. Nach der Agenda-Konferenz am 19. und 20. September 2018 wurde das Themenpapier nochmals überarbeitet und durch die Ergebnisse des Workshops ergänzt. Das nachstehende Themenpapier ist entsprechend in einem Gruppenprozess entstanden.

Zurzeit verschärft sich diese Problematik in mehrfacher Hinsicht. Das Zusammenwachsen der traditionell getrennten Infrastrukturen in Versorgungssystemen (etwa von Information, individueller Mobilität und Energieversorgung) führt zu einer ‚Mega-Infrastruktur‘ mit dem Internet als, metaphorisch gesprochen, zentralem Nervensystem. Dezentralisierung und Liberalisierung erhöhen die Zahl der Akteure und führen zu neuen Akteurstypen (wie dem ‚Prosumer‘ in der Energiewende). Auch die Globalisierung erhöht die systemische Komplexität. Technologische und gesellschaftliche Entwicklungen, aber auch Megatrends wie Klimawandel und demographischer Wandel wirken auf die langfristige Funktionalität und Stabilität der Systeme ein bzw. verlangen strukturelle Veränderungen. Hoher Investitionsbedarf trifft damit auf neue und sich verändernde Bedarfe.

Diese Entwicklungen führen zu sozial-ökologischen Herausforderungen und Chancen. Sowohl das Auftreten neuer Formen systemischer Risiken aus der inhärenten Komplexität zwischen technischen, ökologischen und sozialen Konstellationen bzw. Kopplungen und Interdependenzen zwischen Versorgungssystemen als auch intendierte Angriffe auf die Stabilität der zunehmend vulnerablen Infrastrukturen sind als mögliche Gefährdungen zu nennen. Auch ergeben sich aus Grenzen und Folgen der Nutzung natürlicher Ressourcen weitere Risiken.

Wissen über relevante Faktoren, Akteure, Rahmenbedingungen und Unterstützungsoptionen für Ko-Transformationen von Versorgungssystemen ist unabdingbar für vorausschauende und langfristig nachhaltige Politikgestaltung – welche auch die Resilienz der Versorgungssysteme gegenüber erwartbaren und nicht erwarteten Disruptionen steigern kann. Entsprechende Vorsorgeüberlegungen gebieten eine frühzeitige Befassung mit möglichen krisenhaften Entwicklungen und mit Strategien der Erhöhung der Resilienz sozial-ökologischer Konstellationen, z.B. der Entwicklung von Strategien für den Umgang mit Systemversagen. Folgen für die ökologische Nachhaltigkeit – mit entsprechenden gesellschaftlichen Auswirkungen – sollten analysiert werden, etwa mit Blick auf Stoffströme. Auch die Sicherstellung demokratischer Kontrolle, der Erhalt von Teilhabe und Partizipationsmöglichkeiten sowie die Wahrnehmung von Gestaltungsmöglichkeiten sind zu bedenken, auch vor dem Hintergrund der unterschiedlichen neuen Infrastrukturoptionen, die technisch möglich und gesellschaftlich und ökologisch gefordert sind.

## 2. Wissensstand und Forschungslücken

In den letzten 10-15 Jahren sind hinsichtlich Ko-Transformation bereits einige Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten unternommen worden:

- Das niederländische „Transition Management“ (z.B. Rotmans, Grin, Kemp) fokussiert auf Infrastrukturen wie Nahrungsmittelversorgung, Wasser und Energie. Einflussfaktoren und relevante Akteure in Transformationsprozessen wurden analysiert und z.T. kategorisiert, Schemata für Transformationsforschung und -politik wurden entwickelt;
- Im Rahmen der deutschen Energiewende wurde Energie als sozio-technisches System interpretiert ([FONA](#) / [Energietransformation](#), [ENERGY-TRANS](#), [Kopernikus](#)/ [ENavi](#)), das daher nur im Rahmen einer Ko-Transformation zu verändern sei;
- Forschung zu resilienten Energiesystemen (z.B. acatech 2016, Uni Bremen);
- Forschung zu „kritischen“ und zu gekoppelten Infrastrukturen hat das Bewusstsein für die infrastrukturbedingten Vulnerabilitäten moderner Gesellschaften geschärft;
- Forschung zur Digitalisierung im Hinblick auf eine sozial-ökologische Gestaltung und die Überwindung der Undurchschaubarkeit von komplexen Algorithmen stehen erst am Anfang.

Damit liegen einige Wissensbestände zu Ko-Transformationen von Versorgungssystemen bereits vor. Vor allem im Kontext der Energiewende in Deutschland, aber auch in anderen Ländern, wie den Niederlanden, wurden bereits vielfältige Erfahrungen gemacht. In der Versorgung mit Lebensmitteln wurden ebenfalls Transformationserfolge erzielt, so vor allem in Bezug auf regionale Versorgung. Allerdings sind diese Ansätze meist eher ein „Hinterherlaufen“: man befasst sich mit möglichen Folgen neuer Infrastrukturen und ggf. deren „Reparatur“. Eine proaktive, vorausschauende Erarbeitung von Gestaltungsoptionen in transdisziplinären Prozessen von Ko- Design und Ko-Produktion ist kaum vorhanden. Im Gegenteil wirkt es so, als sei die erwähnte Mega-Infrastrukturalisierung und zunehmende bzw. notwendige Infrastrukturkopplung (etwa die Sektorkopplung im Bereich Energie) in einer Eigendynamik in Kombination aus technischem Fortschritt, Digitalisierung und ökonomischen Faktoren verfangen. Statt integrative, entscheidungsoffene Gestaltungsansätze zu erarbeiten, scheint in Gesellschaft und Politik die Annahme eines Technikdeterminismus vorzuherrschen.

### **3. Mögliche Forschungsfragen**

Mögliche Forschungsfragen für inter- und transdisziplinäre Forschungsvorhaben in diesem Bereich können sich erstrecken auf:

- Integrierte Betrachtung von verschiedenen Versorgungssystemen in Bezug auf Systemverständnis, relevante Akteure, Dynamik, treibende Kräfte und mögliche Einflussfaktoren der Entwicklung und sozial-ökologischen Transformation, insbesondere wegen aber nicht nur angesichts der Mega-Infrastrukturalisierung; systemische Effekte sind hier auch die Unterschiedlichkeit von Infrastruktursystemen, die aufeinander angewiesen sind
- Ausbuchstabieren von dadurch erzeugten Vulnerabilitäten moderner Gesellschaften und Entwicklung von Strategien im Umgang damit
- Analyse der Frage nach einer möglichen Relevanz des Vorsorgeprinzips oder ähnlicher Prinzipien bei der Fortentwicklung sozial-ökologischer Versorgungssysteme, auch im möglichen Spannungsverhältnis zu kurzfristigen ökonomischen Interessen und Werten
- Ausbuchstabieren von Vulnerabilitäten, von Strategien der Resilienz, von diesbezüglichen Interdependenzen und einer verantwortlichen Governance der sozial-ökologischen Transformation von Versorgungssystemen
- Untersuchung der sozial-ökologischen Nachhaltigkeitspotentiale (z.B. Effizienzgewinne) und Notwendigkeiten (etwa angesichts von Megatrends wie dem Klimawandel) aber auch der möglichen unerwünschten Kontra-Effekte (z.B. Rebound Effekte)
- Entwicklung adäquater Methoden der Messung der realen Nachhaltigkeitseffekte in diesen zunehmend komplexen sozio-technischen Konstellationen. Fragen der Art sollten beantwortet werden: was bringen Smart Home, Dezentralisierung und Blockchain (als Beispiele) für Nachhaltigkeit?
- Entwicklung zukunftsgerichteter und vorsorgender Gestaltungsoptionen, Planungsmöglichkeiten und Handlungsstrategien, um Versorgungssysteme in Richtung Nachhaltigkeit zu transformieren und Gestaltungsoptionen für zukünftige Entwicklungen zu erhalten. Hierfür sind Experimentierräume (z.B. Reallabore) und Methoden zu entwickeln. Auch sollten dafür Visionen, Szenarien und Modelle entwickelt werden, die nicht von technischen Optionen oder Infrastruktursektoren, sondern von Bedarfen der Versorgung ausgehen und auch Pfadwechsel oder Pfadunabhängigkeit ermöglichen.
- Verfahren und Kriterien der frühen Erkennung und Reflexion, ggf. Vermeidung von Pfadabhängigkeiten sind zu entwickeln (z.B. acatech 2017 für Mobilität)

- Untersuchung von Potenzialen und Synergien der Ko-Transformationen (ökonomische, soziale und ökologische) auf unterschiedlichen Skalen von lokal bis global, aber auch Erforschung von Hemmnissen
- Erforschung von Machtverhältnissen unter den beteiligten Akteuren, insbesondere Untersuchung der Stellung von Mainstream-Akteuren und Möglichkeiten ihrer Einbeziehung in Transformationsprozesse; empirische Forschung sollte unterstützt werden durch neue Theoriezugänge jenseits von Multi Level Perspektive und Transition Management
- Erforschung akzeptanzbeeinflussender Faktoren, etwa der ökonomischen Teilhabe von Individuen oder Regionen an der Transformation
- Berücksichtigung der lokalen Perspektive, wie sie etwa im kommunalpolitischen Diskurs um eine „integrierte Infrastrukturentwicklung“ oder in der Etablierung von Ladeinfrastrukturen für E-Mobilität deutlich wird und insbesondere von den Kommunen und der Stadt- und Regionalplanung benötigt wird. Speziell die Untersuchung der möglichen Rollen kommunaler Akteure (z.B. Stadtwerke) in der Transformation, aber auch hemmender Faktoren bei diesen Akteuren (mangelnde Ressourcen, keine Forschungsabteilung etc.)
- Wie können Erkenntnisse auf regionaler oder lokaler Ebene, etwa aus Reallaboren, auf andere Kontexte übertragen werden?
- Bewertung von koordinierten bzw. offenen Infrastrukturinnovationen als Treiber/Bremser für die Gestaltung eines sozial-ökologischen Transformationsmanagements gekoppelter Versorgungssysteme
- Erforschung von Möglichkeiten der Transformation in unpopulären und schlecht kommunizierbaren Situationen und Bereitstellung von Systemwissen gegen ‚Fake News‘ oder ‚romantische‘, aber wenig empiriebezogene Visionen
- Erforschung transformationsunterstützender regulativer Innovationen und adäquater Finanzierungsmodelle
- Entwicklung robuster Modelle, die die komplexen Kopplungen von Infrastrukturen in Versorgungssystemen aufnehmen, integrierte Wirkungsabschätzung ermöglichen und die Entwicklung und Prüfung von Gestaltungsoptionen unterstützen; Festlegung von Anforderungen an derartige robuste Modelle unter Berücksichtigung des Anwendungsfelds (Skala der Umsetzung, Validierung, Sensitivität, Erfassung von Rückkopplungen und ggf. Rebound-Effekten etc.)
- Analysen und Beurteilungen zur Frage, welche Grade der Dezentralisierung unter welchen Kriterien und Randbedingungen aus sozial-ökologischer Sicht sinnvoll sind
- Analyse von jüngeren Effekten der Dezentralisierung und ihren Treibern (Energie, regionale Lebensmittel) in ihrem Einfluss auf die sozial-ökologische Transformation von Versorgungssystemen, auch Analyse der möglichen Rolle lokaler Akteure (z.B. Stadtwerke, regionale nachhaltige Landwirtschaft, ggf. mit innovativen sozial-ökologischen Ansätzen, Anbieter von ‚Sharing Modellen‘ im Verkehrsbereich). Hier sollten auch akteursspezifische Werte, Leitbilder und Orientierungsfaktoren in den Blick genommen werden
- Zur Verwirklichung eines dezentralen Ansatzes können kommunale Unternehmen (z.B. Stadtwerke) eine gewichtige Rolle einnehmen. Gerade diese verfügen aber oft nicht über eigene Entwicklungsabteilungen. Wie können diese trotzdem zu Akteuren in der Transformation des Energiesystems werden und technologisch innovativ agieren?
- Erforschung der Bedingungen und Folgen einer möglichen Aufgabe von Versorgungsnetzen (Wärme, Gas, konventionelle Landwirtschaft) sowie von Pfadabhängigkeiten und Lock-In Effekten

- Untersuchung von „mentalen Infrastrukturen“ (Welzer) und historisch entstandenen Gewohnheiten als hemmende Faktoren der sozial-ökologischen Transformation und Analyse von Möglichkeiten der Veränderung von ‚mind sets‘ für eine sozial-ökologische Transformation der Versorgungssysteme
- Untersuchung der Möglichkeiten der Vermittlung von Konsequenzen von Verhalten und Verhaltensänderungen auf verschiedene Akteursgruppen in Transformationsprozessen
- Untersuchung der Frage nach „Fenstern der Möglichkeit“ zur Transformation von Versorgungssystemen (z.B. Ende der Nutzungsdauer zentraler Elemente) angesichts vielfältiger Widerstände und Hemmnisse und unter Berücksichtigung möglicher neuen und langfristiger Pfadabhängigkeiten
- Blick auf Länder oder Regionen mit nachholender Industrialisierung, die teils Infrastrukturentwicklungen überspringen können bzw. könnten und daher manche Pfadabhängigkeiten vermeiden bzw. vermeiden könnten zugunsten von sozial-ökologischen Versorgungssystemen
- Entwicklung von Konzepten, wie die sich im Thema der sozial-ökologischen Transformation von Versorgungsinfrastrukturen zeigende Komplexität adäquat durch Forschung bearbeitet werden kann, also unter Einbeziehung von Nexus-Fragen, Trade-Offs und Zielkonflikten, polit-ökonomischen Dynamiken und Werte- und Verhaltensmustern