

Räumliche Implikationen der Energiewende

Positionspapier



ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung



IRS
Leibniz-Institut für
Regionale Entwicklung
und Strukturplanung



Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

Klaus J. Beckmann

Ludger Gailing

Martina Hülz

Herbert Kemming

Markus Leibenath

Jens Libbe

Andreas Stefansky



Deutsches Institut für Urbanistik

Difu-
Papers

September 2013

Impressum

Das Positionspapier wurde im Raumwissenschaftlichen Netzwerk 11R erarbeitet, dem Zusammenschluss der führenden raumwissenschaftlichen Forschungs- und Beratungsinstitute in Deutschland.

Autoren/Autorin:

Klaus J. Beckmann, Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin

Ludger Gailing, Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung (IRS), Erkner bei Berlin

Martina Hülz, Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Hannover

Herbert Kemming, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS), Dortmund

Markus Leibenath, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR), Dresden

Jens Libbe, Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin

Andreas Stefansky, Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Hannover

Inhalt

1.	Energiewende aus der Perspektive von Regionen, Städten und Quartieren.....	3
2.	Bestandsaufnahme: Räumliche Ausprägungen der Energiewende.....	3
2.1	Neue Anforderungen in Räumen und auf Flächen	3
2.2	Neue Verhältnisse zwischen Räumen	5
3.	Bestandsaufnahme: Institutionen und Akteure	6
3.1	Neue Problemlagen in Räumen und auf Flächen.....	7
3.2	Neue Verhältnisse zwischen Räumen	9
4.	Offene Fragen und Forschungsbedarfe	11
4.1	Neue Räume und veränderte Beziehungen zwischen Räumen	11
4.2	Ingenieurwissenschaftliche und gestalterische Aspekte.....	12
4.3	Akzeptanz, Lebensstile, Verhaltensweisen	13
4.4	Ökonomische Fragen	13
4.5	Koordination, Planung, Governance	14
5.	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	15

1. Energiewende aus der Perspektive von Regionen, Städten und Quartieren

Die Energiepolitik gewinnt in Deutschland wie auf internationaler Ebene immer mehr an Bedeutung. Staaten und internationale Organisationen arbeiten an Strategien, um angesichts knapper werdender Rohstoffe und des globalen Klimawandels eine sichere regenerative Energieversorgung in Verbindung mit wirtschaftlichem Wohlstand zu gewährleisten. Vor diesem Hintergrund wird Deutschlands Energiepolitik mit großer Aufmerksamkeit beobachtet – hat sich doch die Bundesregierung mit ihrem Bekenntnis zur Energiewende die Ziele gesetzt, den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase deutlich zu reduzieren und gleichzeitig die zivile Nutzung der Atomenergie zu beenden.

Neue Formen, Energie zu erzeugen, zu speichern, zu verteilen und zu nutzen, und neue Raumstrukturen bedingen einander.

Wenn bezogen auf die Energiewende von „Räumen“ gesprochen wird, ist es üblich geworden zu fragen, wie sich energiepolitische Entscheidungen räumlich auswirken. Dabei wird gewissermaßen mit der „Energiebrille“ auf Räume geblickt. Die umgekehrte Perspektive fehlt jedoch weitgehend: Die heterogenen Ausgangsbedingungen unterschiedlicher Räume werden in der Energiepolitik kaum berücksichtigt. Eine wesentliche Empfehlung lautet daher, bei der Gestaltung der Energiewende öfter einmal durch die „Raumbrille“ zu schauen.

Die Raumwissenschaften bieten in grundlegender Weise zwei Perspektiven auf Räume an: auf neue Anforderungen und Problemlagen *in* Räumen (z.B. in einer Stadt, in einer Region, auf einer Fläche) einerseits sowie auf veränderte Verhältnisse *zwischen* Räumen (z.B. zwischen Bundesländern, zwischen Stadt und Land) andererseits.

Das vorliegende Positionspapier möchte den Blick genau auf diese Zusammenhänge richten. Ziel ist es zu verdeutlichen, dass räumliche Belange in der Energiepolitik stärker berücksichtigt werden sollten und dass es dabei einen großen Forschungs- und Handlungsbedarf gibt. Zu den Adressaten des Positionspapiers gehören politische Entscheidungsträger ebenso wie die wissenschaftliche Gemeinschaft.

In den Raumwissenschaften werden Räume als Ergebnisse des Zusammenspiels physischer und sozialer Faktoren analysiert. Daran orientiert sich auch die Gliederung des Texts: In Kapitel 2 werden physisch-räumliche Aspekte der Energiewende betrachtet; im

Mittelpunkt von Kapitel 3 stehen hingegen die sozialen Ausprägungen, wobei der Fokus auf Institutionen und Akteure gerichtet wird. In beiden Kapiteln werden jeweils neue Anforderungen und Problemlagen *in* Räumen sowie neue Verhältnisse *zwischen* Räumen thematisiert. In Kapitel 4 wird eine Palette raumwissenschaftlicher Forschungsbedarfe benannt. Abschließend werden in Kapitel 5 vordringliche politische Handlungsempfehlungen skizziert.

Das Positionspapier wurde im Raumwissenschaftlichen Netzwerk 11R erarbeitet, dem Zusammenschluss der führenden raumwissenschaftlichen Forschungs- und Beratungsinstitute in Deutschland.

2. Bestandsaufnahme: Räumliche Ausprägungen der Energiewende

Die Energiewende zeitigt sowohl physisch-räumliche als auch sozio-ökonomische Veränderungen. Diese bringen sowohl neue Anforderungen in Räumen als auch zwischen Räumen mit sich.

2.1 Neue Anforderungen in Räumen und auf Flächen

Geeignete Versorgungslösungen werden entscheidend von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten und den technisch-wirtschaftlichen Optionen (z.B. Energiekosten) bestimmt. Räumlich-strukturelle Kriterien in diesem Zusammenhang sind Lage, Topographie, Siedlungs- und Bebauungsstruktur, Gebäudestellung, Nutzungsart sowie Siedlungs- und Nutzungsdichte. Einfluss haben ferner die Rahmenbedingungen der bestehenden Infrastruktursysteme, der Sanierungsgrad der Gebäude sowie sonstige sozio-ökonomische Gegebenheiten, die sich aus der regionalen Einbindung, den Nutzungen und der Entwicklungsdynamik zusammensetzen. Hinzu kommen agrarstrukturelle Standortparameter bei der Produktion von Biomasse. Die Frage nach den räumlichen Ausprägungen der Energiewende lässt sich insofern nur in systemischer Betrachtung beantworten. Allerdings lassen sich ähnliche Konstellationen zu Typen zusammenfassen. Außerdem haben großräumig unterschiedliche Optionen der Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung Einfluss auf die örtlich geeigneten Strukturen.

Die Bedeutung einer relativ dezentralen Energiegewinnung wird gegenüber einer zentralen Erzeugung in Großkraftwerken steigen. Das Spektrum reicht von dezentraler Nutzung der Sonnenenergie (Solarthermie und Photovoltaik), oberflächennaher Geothermie bei Einzelgebäuden über semizentrale Versorgungskon-

zepte (Siedlungs-Blockheizkraftwerke [BHKW], Tiefengeothermie) im Quartiers- und Siedlungsbereich bis hin zu regenerativ betriebenen Kraftwerken, Biogasanlagen und der großmaßstäbigen Nutzung der Windkraft. Mit der Erweiterung technischer Lösungen – z.B. Kleinwindräder, Kanalturbinen oder Abwasserwärmerückgewinnung – ergeben sich weitere Optionen zur Nutzung erneuerbarer Energien auf unterschiedlichen Maßstabsebenen.

Technische Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien führen je nach Konstellation zu veränderten Emissions- und Immissionsbelastungen. In ländlichen Räumen zeigt sich dies beispielsweise in der großflächigen Installation von Windkraftträdern oder Photovoltaik-Feldern, die das vorhandene Landschaftsbild massiv überformen. Windenergieanlagen können durch den bewegten Anlagenrotor außer unerwünschten Geräuschen auch störende optische Beeinträchtigungen in der Umgebung (Schattenwurf, Lichtreflexe) und Gefährdungen von Vögeln und Fledermäusen verursachen. Nachwachsende energetische Rohstoffe können das Landschaftsbild bereichern, aber auch eintöniger gestalten. In urbanen Räumen steht insbesondere die Nutzung der Solarenergie in besonders sensiblen Quartieren im Konflikt mit bestimmten Gestaltungsgeboten (Stichwort: Denkmalschutz). Die Installation kleiner Windkraftträder, etwa auf Hausdächern, könnte in Zukunft ebenfalls Fragen ihrer Vereinbarkeit mit stadtgestalterischen Ansprüchen hervorrufen.

Das Verhältnis zwischen zentraler und dezentraler Energieversorgung wirft viele ungelöste Fragen auf: von den Kosten der Energieerzeugung über die Netzstabilität bei Überkapazitäten und über notwendige Speichersysteme bis hin zur Wirtschaftlichkeit netzbasierter Anlagen bei voranschreitender Etablierung gebäudebezogener Versorgungssysteme und sinkenden Energiebedarfen. Zentrale Lösungen weisen räumliche spezifische Bevorzugungen auf – z.B. Nutzung von Windenergie, Nutzung von Sonnenenergie –, die vor allem für Teilräume Eignungen bedeuten.

Auf der städtischen Ebene ebenso wie auf der Ebene des Quartiers stellt sich die Frage, ob in Anbetracht vielerorts rückläufiger Bevölkerungszahlen, steigender Wohnungsgrößen und voranschreitender Gebäudedämmung die für den technisch-wirtschaftlichen Betrieb zentraler Wärmeversorgungssysteme notwendige Wärmenachfrage auf Dauer (noch) gegeben ist. Probleme ergeben sich zudem bei einem unabgestimmten Ausbau gebäudebezogener Wärmeversorgungssysteme zulasten bestehender zentraler Fernwärmeversorgung. Andererseits wird die zentrale Wärmeversorgung nur dort auf mittlere und längere Sicht weiter Bestand haben können, wo entsprechende Wärme-

senken vorhanden sind und eine Umstellung von fossilen Primärenergieträgern auf erneuerbare Energien erfolgen kann. Insofern bedarf es auch einer stadt-räumlichen Differenzierung von Energiebedarfen sowie einer Integration von städtischen und regionalen Gesamtkonzepten mit quartiersbezogenen Teilkonzepten, um die optimalen Energiebereitstellungsformen auszuwählen.

Intelligente Stromverteilnetze gelten als ein Schlüssel zur Realisierung der Energiewende. Über sie können bei optimalen Bedingungen verschiedene Energieerzeuger sowie Energieverbraucher so miteinander verknüpft werden, dass eine Bidirektionalität von Stromflüssen möglich wird. Durch ein flexibles Nachfrage-management kann die Energie stets zu Zeiten abgerufen werden, wenn sie ausreichend vorhanden ist oder aus lokalen Speichern ins Netz abgegeben werden kann. Dies wiederum verändert die Art und Weise unseres Umgangs mit Energie insgesamt. Damit dies gelingt, bedarf es in den kommenden Jahren erheblicher Investitionen. Nur so wird die vermehrte Aufnahme dezentral aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms und die Einbindung steuerbarer Verbraucher wie Wärmepumpen oder Elektroautos möglich sein.

Im stadt-regionalen Kontext ebenso wie in ländlichen Räumen ist die Frage der räumlichen Dimensionierung der Verteilnetze zunehmend virulent. Tendenzen stärkerer Verflechtung in manchen Regionen stehen in anderen Regionen Überlegungen zu lokalen Netzübernahmen zulasten von Verbundsystemen und damit ungenutzten Skaleneffekten gegenüber.

In städtischen wie ländlichen Räumen sind bisher noch nicht genutzte Flächenpotenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien vorhanden. Zu denken ist zum einen an die vermehrte Nutzung von Konversionsflächen, Brachflächen oder Deponiestandorten. Zum anderen sind aber auch diffuse Potenziale einzubeziehen, die etwa Dach- und Fassadenflächen bieten (Solarthermie, Photovoltaik); hier sind die Möglichkeiten bisher bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

In städtischen Räumen führt die Nutzung von Flächen für erneuerbare Energien zu neuen Flächennutzungskonkurrenzen. Nicht jede Energieerzeugungsform ist dabei für jede Fläche und jeden Standort geeignet. So ist beispielsweise die Nutzung von Wärme aus dem Boden aufgrund der besonderen Schutzbedürftigkeit des Grundwassers nur möglich, sofern geeignete geohydrologische Voraussetzungen vorliegen.

Die Bioenergie-Potenziale in Deutschland sind begrenzt. Dies zeigt sich bereits heute daran, dass es erhebliche Überschneidungen zwischen den Bezugsradien von Biogasanlagen gibt. Der Transport von Gärsubstraten ist energieintensiv und daher über grö-

ßere Entfernungen kritisch zu beurteilen. Der Import größerer Mengen von Bioenergieträgern (pflanzliche Öle, Holz) zur Biokraftstoffherzeugung bzw. für Biomasseheizkraftwerke verlagert Nutzungskonkurrenzen in Räume außerhalb Deutschlands und ist dann kritisch zu sehen, wenn Erzeugung und Transport mit Emissionen von Treibhausgasen in nennenswertem Umfang verbunden bzw. energieintensiv sind. Mit Ausnahme der Nutzung von biogenen Abfällen ist daher die Verwendung von Biomasse als Energiequelle in größerem Maßstab keine wirkliche Option, weist aber Einsatzchancen für Siedlungsgebiete im ländlichen Raum auf – insbesondere auch im Verbund.

In ländlichen Räumen hat die Gewinnung erneuerbarer Energien in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Für landwirtschaftliche Betriebe haben sich hierdurch neue Verwendungsmöglichkeiten für ihre Produktionsfaktoren und damit neue Einkommensmöglichkeiten eröffnet. Mit dieser Entwicklung gehen aber auch zahlreiche neue Nutzungskonkurrenzen einher.

Nutzungskonkurrenzen bestehen insbesondere hinsichtlich der Verwendung landwirtschaftlicher Flächen zur Erzeugung von Nahrungsmitteln, Futtermitteln und von nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Verwendung („Tank oder Teller“) oder zwischen der Erzeugung marktfähiger Güter und nicht marktgängiger, jedoch gesellschaftlich erwünschter Güter (Biodiversität, Gewässerschutz, Landschaftsästhetik usw.). Auch ergeben sich Konkurrenzen zwischen Nahrungsmittelproduktion und Flächenbeanspruchungen durch Windenergieanlagen oder großflächige Anlagen der Solarthermie. Die insbesondere in der Nähe von Biogasanlagen stark gestiegenen Pachtpreise für Ackerflächen spiegeln die Konkurrenz um Flächen zwischen Landwirten wider und beeinflussen die Agrarstruktur insgesamt.

Einzelne ländliche und naturnahe Räume mit Höhenunterschieden werden verstärkt auch Anforderungen für Energiespeicheranlagen (Speicherseen, Talsperren usw.) unterliegen. Negative Auswirkungen ergeben sich durch entsprechende Flächenbeanspruchungen sowie durch Beeinträchtigungen des Naturschutzes und des Landschaftsbildes.

2.2 Neue Verhältnisse zwischen Räumen

Bei der Energieversorgung auf Basis fossiler Brennstoffe und atomarer Energie sind viele Begleiterscheinungen ins Ausland und damit aus dem Blickfeld der meisten Bundesbürgerinnen und Bundesbürger verlagert worden. Die Energiewende kann dazu führen, dass Umweltschäden in anderen Staaten und aus dem

Rohstoffbezug resultierende politische Abhängigkeiten verringert werden. Neben der umstrittenen Frage erhöhter Energiekosten entstehen zugleich aber neue Risiken, denn auch bei der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen kommt es zu internationalen Verflechtungen. Durch Megaprojekte zur Gewinnung von Solarstrom in Wüstengebieten wie „Desertec“ werden bislang vom Menschen wenig beeinflusste Ökosysteme beansprucht; die Erzeugung so genannter Biokraftstoffe aus in tropischen Ländern produziertem Palmöl geht zulasten naturnaher (Ur-)Wälder und des Anbaus von Nahrungspflanzen; für bestimmte Windkraftanlagen werden große Mengen des Metalls Neodym benötigt, das zu den Seltenen Erden gehört und unter Inkaufnahme von Umweltschäden vor allem in China abgebaut wird. All diese Stoff- und Energieströme mit ihren politischen, sozialen und ökologischen Effekten sind noch nicht hinreichend untersucht und bei der Konzeption von Energieversorgungsmodellen berücksichtigt worden.

Darüber hinaus verstärkt die zunehmende Erzeugung und Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen die bereits bestehenden Verflechtungen im Bereich der Stromnetze. Die starken Schwankungen bei der Stromgewinnung aus Wind und Sonne in Deutschland können derzeit häufig nur durch Rückgriff auf die Leitungsnetze und Kraftwerkskapazitäten anderer europäischer Staaten ausgeglichen werden. Aber auch für den Transport von Solarstrom aus Südeuropa und Nordafrika oder von Windstrom aus Nordwesteuropa nach Deutschland werden voraussichtlich zusätzliche Leitungskapazitäten benötigt. Die Ermittlung geeigneter Trassen stellt eine neue Herausforderung für die Raumordnung auf europäischer und internationaler Ebene dar.

Die Energieversorgungsstruktur ist derzeit noch dadurch gekennzeichnet, dass im Strombereich die großen Kraftwerke bisher in aller Regel in der Nähe der großen Agglomerationsräume liegen bzw. an Standorten heimischer Energieträger (Braunkohle, Steinkohle, zukünftig auch Windenergie) mit diesen durch entsprechende Hochspannungsnetze verbunden sind. Zudem verfügen zahlreiche Groß- und Mittelstädte über eigene Heizkraftwerke zur örtlichen Strom- und Wärmeversorgung. Mineralöl, Erdgas, Steinkohle, Kernenergie und Braunkohle sind gegenwärtig noch die dominierenden Primärenergieträger. Diese Struktur wird auf Dauer keinen Bestand mehr haben. Der Einsatz erneuerbarer Energien führt bereits heute, insbesondere im Bereich der Windkraft, aber auch bei der Solarenergie oder den nachwachsenden Rohstoffen für energetische Zwecke, zu einer Verlagerung der Energieerzeugung in ländliche Räume. Dieser Prozess wird mit dem Ausstieg aus der Kernenergie

sowie einer langfristigen Reduzierung des Einsatzes fossiler Brennstoffe voranschreiten. Verlagerungen sind aber auch in den Städten zu beobachten: Dort sind Geothermie, Solarzellen und Kleinwindräder zunehmend in verdichteten Wohn- und Gewerbegebieten vorzufinden.

Besonders betroffen vom Ausbau der Windenergienutzung, der Sonnenenergienutzung sowie dem Ausbau von Energiepflanzen sind ländliche Räume, wobei die Auswirkungen positiv wie negativ (Wertschöpfung, Beschäftigung, Landschaftsbild, Flächeninanspruchnahme usw.) sein können. Windkraftanlagen kommen gleichermaßen „offshore“ in Nord- und Ostsee sowie „onshore“ vor allem in ländlichen Gebieten Norddeutschlands bzw. auf den Höhen der Gebirgszüge zum Einsatz. Negative räumliche Betroffenheit ergibt sich dabei nicht nur aus den Veränderungen des Landschaftsbildes, sondern auch infolge des anstehenden Ausbaus der Stromtrassen, der vorwiegend in Nord-Süd-Richtung erfolgen wird, um die Stromnachfrage insbesondere im Süden und Süd-Westen Deutschlands zu decken. Wie stark die positive räumliche Betroffenheit bezüglich der Einkommensgenerierung ist, hängt stark von der Ausgestaltung des politischen Förderinstrumentariums (Erneuerbare-Energien-Gesetz) und der jeweiligen Organisation der Wertschöpfungskette ab. Bei der Stromerzeugung aus Biogasanlagen und über Photovoltaik auf Freiflächen ist zwar eine relativ gleichmäßige Streuung über ganz Deutschland zu verzeichnen, doch bestehen auch regionale Schwerpunkte. Eine hohe Dichte an Biogasanlagen gibt es in Regionen mit großen Viehbeständen in Nordwestdeutschland, aber auch im Norden Schleswig-Holsteins sowie im Westen Bayerns. Photovoltaik-Anlagen finden im Süden Deutschlands vergleichsweise günstige meteorologische Bedingungen.

Im stadt-regionalen Kontext werden ohnehin benachteiligte Räume durch die steigenden Energiestandards weiter verlieren. Dies gilt insbesondere für im weiteren Umland liegende und infrastrukturell schlecht angebundene Einfamilienhausgebiete mit geringer Wohnungsnachfrage und mit „Überalterung“ der Bevölkerung, da die Häuser in diesen Räumen in der Regel auch vergleichsweise schlechte Gebäudestandards (Wärmedämmung, Heizungsanlagen) aufweisen.

Die Vernetzung und Steuerung von Erzeugern, Speichern, Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln mit der dazu erforderlichen Informations- und Kommunikationstechnologie führt zu einer erkennbaren Regionalisierung von Versorgungskonzepten und unternehmerischen Strategien auf der Ebene der Wärmeversorgung wie der Stromverteilnetze. Kooperationen zwischen Städten, lokalen Energieversorgern und Umlandgemeinden gewinnen an Bedeutung.

Für die Städte lassen sich gegenwärtig von der Energiewende begünstigte oder benachteiligte Stadtteile der Energiewende nur bedingt bestimmen. Die Versorgungsstruktur wird in einzelnen Stadtteilen unterschiedlich sein (zentral, semizentral, dezentral, gespeist aus Fernwärme, BHKW oder durch Nutzung von Erneuerbare-Energien-Potenzialen, insbesondere auch Oberflächen-Geothermie).

Bedeutsamer für die Frage begünstigter oder benachteiligter Stadtteile sind die Sanierungsintensität und der Sanierungsgrad, da diese soziale Implikationen besitzen. Letztere sind jedoch zu relativieren: Wo der Wohnungsmarkt entspannt ist, werden Quartiere mit gut sanierten Gebäuden bei steigenden Energiepreisen sowohl für Eigentümer wie für Mieter attraktiver sein als unsanierte Gebiete. Wo der Wohnungsmarkt angespannt ist, wird der Druck auch auf schlecht sanierte Lagen anhalten, ohne dass daraus geschlussfolgert werden kann, solche Lagen seien primär einkommensschwächeren Schichten vorbehalten. Im Gegenteil: Die Lage eines Quartiers wird vermutlich auch künftig entscheidender für den Immobilienmarkt sein als der Sanierungsgrad im Quartier, und soziale Implikationen zeigen sich in der Gefahr von Verdrängung, sozialer Selektion usw.

3. Bestandsaufnahme: Institutionen und Akteure

Die Raumwissenschaften betonen Perspektiven, die in der bisherigen politischen Befassung mit der Energiewende häufig unterbewertet werden. Dies gilt sowohl für neue Problemlagen in Räumen und auf Flächen als auch für neue und veränderte Verhältnisse zwischen Räumen. Diese wirken sich auf Ziele und Handlungsmöglichkeiten von Akteuren sowie auf Prozesse aus. Im Folgenden wird die Problematik anhand von drei grundlegenden Fragen erörtert:

- Welche Institutionen und Akteure sind jeweils involviert?
- Wie werden die Problemlagen wahrgenommen und verarbeitet?
- Wie ist das Verhältnis von räumlichem Wandel und Institutionenwandel?

3.1 Neue Problemlagen in Räumen und auf Flächen

Hinsichtlich der formellen Institutionen, die für die Energiewende auf der lokalen und regionalen Handlungsebene, d.h. in Räumen (Städten, Dörfern, Regionen) und auf konkreten Flächen bedeutsam sind, ist zu differenzieren zwischen

- ubiquitär wirksamen Anreizen auf der Grundlage des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und sonstigen energierechtlichen Regelungen (beispielsweise des Energiewirtschaftsgesetzes, des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes oder des Gesetzes zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen) sowie auch der Entwicklung von Energiepreisen,
- energiepolitischen Zielen der Bundesregierung und der Konzeption sowie Aushandlung der Umsetzungspfade (u.a. in landespolitischen Konzepten und Landesgesetzen),
- formellen Institutionen anderer Rechtsbereiche, die aber Einfluss auf die örtliche und regionale Gestaltung der Energiewende haben (beispielsweise Regelungen des Naturschutzrechts, des Raumordnungsrechts, des Bau-/Planungsrechts, des landwirtschaftlichen Fachrechts, des Denkmalrechts),
- Planwerken, die beispielsweise Festlegungen für den Ausschluss oder die Eignung von Windkraftgebieten (Regionalplanung), den Ausschluss oder die Eignung von Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen (Flächennutzungsplanung) oder die Trassierung von Höchstspannungsleitungen (Bundesfachplanung gemäß Netzausbaubeschleunigungsgesetz) vornehmen und damit flächen- und anlagenspezifische Wirkungen entfalten sowie
- Energiekonzepten und anderen eher informellen Policy-Dokumenten auf lokaler und regionaler Ebene, die auf der Grundlage der jeweiligen raumspezifischen Potenziale Leitbilder, Ziele und Handlungsoptionen enthalten und (direkte und indirekte) flächen- und anlagenspezifische Wirkungen entfalten können.

Es bestehen mithin (mögliche) Spannungsverhältnisse zwischen ubiquitär geltenden und flächen- und raumspezifisch wirksamen Regelungen, zwischen energiepolitischen und anderen sektoralen Regelungen, zwischen räumlichen Gegebenheiten und Anforderungen sowie zwischen „harten“ formellen und eher „weichen“ informellen Institutionen. Dazu bedarf es vor allem lokaler und regionaler Umsetzungen in einem qualifizierten Prozess der Abwägung von Risiken und Potenzialen, von Stärken und Schwächen.

Die Energiewende geht zugleich mit einem Wandel der Akteursstrukturen einher. „Pioniere“ der Energiewende in Energiedörfern oder einzelnen Stadtteilen setzen ihr zivilgesellschaftliches Engagement für mehr Klimaschutz o.Ä. in unternehmerisches Handeln um. Energiegenossenschaften oder lokal getragene Gesellschaften, die z.B. Bürgerwindparks entwickeln, werden auf diese Weise zu neuen Marktteilnehmern. Während dieses Modell noch auf seinen Durchbruch wartet, ist auf der Ebene einzelner Anlagen (Photovoltaik auf dem Dach des Einfamilienhauses, Biogasanlage eines Landwirts usw.) ein Wandel der Struktur „Produzent-Konsument“ bereits dahingehend erfolgt, dass der neue Typ des Prosumenten entstanden ist.

Kommunale und regionale Gebietskörperschaften (und andere öffentlich-rechtliche Akteure wie Regionalverbände) erhalten mit der Energiewende eine neue Gestaltungsaufgabe, die häufig jenseits klassischer Aufgaben liegt. Dabei können sie in vielen Kommunen an umfangreiche Erfahrungen anknüpfen. Die Erarbeitung von regionalen und lokalen Energiekonzepten zur Gestaltung der Energiewende und der aus ihr resultierenden Koordinationsbedarfe, die Entwicklung von Modell- und Demonstrationsvorhaben, die Entwicklung eigener monetärer Anreizsysteme und planerischer Voraussetzungen gehören zu den umfangreichen neuen Aufgaben. Diese werden nicht nur aus energiepolitischen Gründen wahrgenommen, sondern auch aus Gründen des Klimaschutzes, der Imagebildung, der Förderung von Standortfaktoren, der Erhöhung der regionalen Wertschöpfung usw. Die Gebietskörperschaften nutzen dabei häufig die Gelegenheit zu intersektoralen Handeln, indem energiepolitische Ziele mit Maßnahmen der Wohnungs-, Verkehrs-, Kreislaufwirtschafts-, Wasser-, Naherholungs- oder Landwirtschaftspolitik verknüpft werden. Die Landes- und Regionalplanung befindet sich in einem neuen Spannungsfeld: zwischen der Ordnung und Steuerung – insbesondere Abwägung – der unterschiedlichen Raumansprüche einerseits und der Aufgabe, Flächen für den Ausbau erneuerbarer Energien zu sichern, andererseits.

Bereits die energiepolitischen Reformen der vergangenen Jahrzehnte haben die zuvor bestehenden oligopolistischen Strukturen der Energiewirtschaft aufgebrochen, wenn auch nicht gänzlich beseitigt. Die Vielfalt an kleinen, mittleren und großen Unternehmen, die heutzutage in Dörfern, Städten und Regionen tätig sind, um Dienstleistungen im Bereich der Energieproduktion, -versorgung, -einsparung sowie der Bereitstellung der Netzinfrastrukturen zu erbringen, nimmt zu. Beispiele sind – neben den oben genannten neuen Energiegenossenschaften – (re-)kommunalisierte, gestärkte oder neu etablierte Stadtwerke,

Wind- und Solarfonds (die lokale Wertschöpfung garantieren oder auch verhindern können) sowie lokale und regionale Netzbetreiber und Energieversorgungsunternehmen (EVU; häufig unter Beteiligung der großen vier EVU oder anderer größerer Konzerne). Aus der sozialwissenschaftlichen Technikforschung ist bekannt, dass es nicht allein auf „Pioniere“, sondern auch auf die Anpassungsfähigkeit vorhandener Akteure ankommt. Die überregionalen EVU haben in den vergangenen 25 Jahren zwar Marktanteile verloren, sich jedoch durch die neuen Akteure der Erneuerbaren Energien nicht verdrängen lassen. Umgekehrt haben sich Akteure auf der lokalen Ebene, hier insbesondere die Stadtwerke, als erstaunlich anpassungsfähig erwiesen.

In der Gesellschaft gibt es sowohl Gruppen, die aktiv die Energiewende unterstützen – sei es aus ideellen Gründen oder weil sie sich wirtschaftliche Vorteile davon versprechen –, als auch Gruppen, die sich als Verlierer der Entwicklung sehen. Zur ersten Gruppe gehören z.B. Initiativen, die Windkraftanlagen betreiben oder sich durch den Kauf von Zertifikaten an den Kosten und Erlösen von Windkraftanlagen beteiligen. Zur zweiten Gruppe zählen unter anderen Hauseigentümer, die eine Verminderung ihrer Lebensqualität und auch einen Wertverlust ihrer Immobilien durch Höchstspannungsleitungen oder Windkraftanlagen befürchten. Die Energiewende löst viele lokale Proteste aus. Die neuen Energielandschaften sind auch Konfliktlandschaften. Dies gilt etwa für neue Bürgerinitiativen, die Anlagen erneuerbarer Energieerzeugung im direkten Wohnumfeld verhindern wollen und nach dem Modell „Not-in-my-backyard“ (NIMBY) gegen projektierte Anlagen vorgehen. Proteste gibt es vor allem gegen die Windkraftanlagen, aber auch gegen Photovoltaik-Anlagen auf Freiflächen, Biogasanlagen einschließlich der damit in der Regel einhergehenden Ausdehnung des Maisanbaus und von Freilandleitungen. Vor allem für flächenbeanspruchende Speicheranlagen und für großräumige Energietrassen sind weiterhin – möglicherweise verstärkt – Proteste zu erwarten. Die Beteiligung der Menschen an transparenten Planungsverfahren, die Organisation lokaler und regionaler Wertschöpfung bei der Energiegewinnung wie auch beim Energietransport sind hier mögliche Lösungsansätze zur Schaffung von Akzeptanz.

Die Energiewende verändert hergebrachte Akteurskonstellationen. So erfordert das Handlungsfeld „Elektromobilität“ neue Bündnisse, die jenseits klassischer Trennungen zwischen Energie- und Verkehrspolitik verlaufen; das Handlungsfeld „Biomasse“ zeigt die Bedeutung der Landwirtschaft für die Energiewende auf; mit der Wasser- sowie der Abfallwirtschaft ergeben sich neue Schnittstellen bei allen Fragen eines

umfassenden energetischen Ressourcenmanagements. Die Energiewende betrifft nicht nur den Energiesektor als den für die Energieumwandlung zuständigen Wirtschaftszweig, sondern auch weitere Bereiche wie den Verkehrssektor, die Bauwirtschaft, die Städtebaupolitik, die städtische Grün- und Freiraumpolitik – und damit eine Vielzahl von Organisationen und Akteuren sowie deren Rollenverständnisse angesichts veränderter Verhältnisse von Energieproduktion, -speicherung, -verteilung und -konsumption.

So stehen beispielsweise Mobilitätsdienstleister (inklusive der Automobilindustrie) und Verkehrsunternehmen als Akteure neuerdings indirekt (durch Vorgaben bezüglich der CO₂-Emissionen sowie die Biokraftstoffquote) in der Pflicht, erneuerbare Energien einzusetzen und ihre Fahrzeugflotten energetisch zu optimieren bzw. energiesparende Angebote in ihr Produktportfolio zu integrieren (z.B. Mobilitätskarte). Neben der Transformation der Antriebssysteme von Verbrennungs- auf Elektro- oder Hybridmotoren (gemäß Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung) ist die intelligente Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger (inklusive Infrastrukturen und Datenströme) notwendig, um ein ressourcenschonendes, inter- bzw. multimodales Mobilitätsverhalten zu fördern. Dabei werden auch Konzepte zur Speicherung der Energie bzw. Rückspeisung überschüssiger Mobilitätsenergie in das allgemeine Stromnetz zur Stabilisierung von Nachfragespitzen erforderlich.

Die Wohnungswirtschaft wiederum steht im Spannungsfeld zwischen notwendiger energetischer Gebäudesanierung zur Sicherung einer langfristigen Vermietungsperspektive und begrenzten Möglichkeiten der Umlage aktuell entstehender Kosten (Stichwort: „2. Miete“). Hinzu kommt, dass es privaten Gebäudebesitzern an der Bereitschaft sowie zum Teil auch an den finanziellen Mitteln und Erfahrungen fehlt, energetische Sanierungen durchzuführen, obwohl die energetische Sanierung des Gebäudebestands erhebliche Potenziale zur Bewältigung der Energiewende aufweist.

Bezüglich der Problemwahrnehmung und -verarbeitung ist (idealtypisch) zu unterscheiden zwischen solchen räumlichen Konstellationen, in denen es angesichts neuer Institutionenprobleme und Akteursstrukturen (a) zu Konflikten oder (b) zu (neuartigen/kreativen) Lösungen/Synergien kommt.

- Fall a): In der Regel entwickeln sich Konflikte anhand konkreter Flächen und Orte. Hier spielen unterschiedliche Aspekte eine Rolle, die mit einer Fläche oder einem Ort verbunden werden. Typische Argumente, die gegen Energieerzeugungsanlagen oder Netzinfrastrukturen ins Feld geführt

werden, betreffen das Landschaftsbild, die Konkurrenz mit bestehenden Flächennutzungen, ökologische und kulturhistorische Aspekte sowie vermutete Gesundheitsbelastungen. Pfadabhängige Wahrnehmungsmuster eines Raumes können die Installation von neuen Anlagen zur Gestaltung der Energiewende verhindern; dies gilt besonders, wenn die Wahrnehmungsmuster mit ökonomischen Faktoren und ökologischen Besonderheiten (Tourismuspotenzial einer Landschaft oder eines historischen Ortskerns) verknüpft sind. Denkmalpfleger beispielsweise wünschen sich den Erhalt baukulturell schützenswerter Gebäude und Quartiere und fragen kritisch, inwieweit Maßnahmen zum Wärmeschutz sich auf einzelne Baukörper und damit auf das Erscheinungsbild von Städten auswirken. Aus ökonomischer Sicht entstehen Konflikte aus einer Konkurrenzsituation dann, wenn gesellschaftlich akzeptierte Koordinationsmechanismen fehlen, die die unterschiedlichen Nutzungsinteressen regeln. Singuläre und absolut gehandhabte Lösungen sind nicht tragfähig. Raum- und Stadtplanung dienen der Abwägung unterschiedlicher Belange und der Entwicklung ortsangepasster Lösungen.

- Fall b): Die Entwicklung positiver synergistischer Lösungen basiert häufig auf einer Umdeutung der raumrelevanten Maßnahmen oder auf damit verbundenen Teilhabekonzepten. Es stehen dann weniger die Ausbaumaßnahmen selbst im Fokus als vielmehr die individuelle (betriebswirtschaftliche) Beteiligung (Teilhabe) an den mit ihrem Betrieb verbundenen Erlösen sowie die regionale oder kommunale Erhöhung der Wertschöpfung. Im aus regionaler oder kommunaler Sicht besten Fall können aus solchen Prozessen neue kollektive Handlungsräume mit einem hohen Identifikationspotenzial für Stakeholder und die Bevölkerung entstehen (z.B. „Smart Cities“, „100%-Erneuerbare-Energie-Regionen“, „Solar Cities“, „Energiedorf“ usw.).

Der Umgang mit räumlichen Fragen der Energiewende ist im Allgemeinen von großen Unsicherheiten geprägt, die sich unter anderem ergeben, weil die Wirkmechanismen des energiepolitischen Handelns auf der Ebene einzelner Räume im Rahmen der sich derzeit ergebenden Transformationen häufig noch unklar sind.

Städte und Gemeinden sind im Zusammenhang mit der Energiewende mit vielen Problemfeldern und Teilthemen wie etwa der Transformation der Verkehrssysteme oder des Flächenmanagements konfrontiert, die sich teilweise nur im Rahmen interkommunaler Kooperationen und aus einer regionalen Perspektive bewältigen lassen. In diesem Zusammenhang kön-

nen Städte und Gemeinden vielfältige Rollen einnehmen: Als Planende und Regulierende mit dem bekannten Instrumentarium des Bau- und Planungsrechts; als Versorger und Anbieter in Bezug auf kommunale Infrastrukturen, Wohnungsgesellschaften und Energieversorger; als Verbraucher mit Vorbildfunktion. Den für Stadtentwicklung und Stadtplanung zuständigen kommunalen Akteuren wird häufig eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung von ressourcenschonenden und emissionsmindernden Raum- und Siedlungsstrukturen sowie eines energieoptimierten Städtebaus zur Umsetzung von Transformationsprozessen zugeschrieben.

Allerdings herrscht auf Seiten der Stadtentwickler/-planer eine mehr oder weniger große Unsicherheit – etwa zur Frage, welche Energiebedarfe langfristig für welche Gebäude bestehen. Studien zufolge herrscht auch in der Wohnungswirtschaft eine große Verunsicherung darüber, welche Maßnahmen sich energetisch, aber auch ökonomisch amortisieren und wie Risiken vermieden werden können. Insbesondere der Gebäudebestand der Nachkriegszeit weist einen erheblichen energetischen Investitionsbedarf auf. Hier besteht noch ein weitreichender Beratungsbedarf.

Der Institutionenwandel auf staatlicher Ebene (z.B. durch das EEG und seine jeweiligen Reformen) führt zu räumlichem Wandel auf der physisch-materiellen Ebene (Infrastrukturen, Flächennutzungen usw.), auf der Ebene von gewandelten Akteurskonstellationen und auf der Ebene des Wandels von Problemwahrnehmungen und Raumdeutungen. Gleichzeitig entstehen neue lokal basierte Institutionen, die Rückwirkungen auf die Institutionen auf staatlicher Ebene induzieren.

3.2 Neue Verhältnisse zwischen Räumen

Wie sich Verhältnisse zwischen Räumen verändern (werden), ist eine noch weitgehend ungeklärte Frage. Folgende Verhältnisse zwischen Räumen sortieren sich beispielsweise derzeit neu:

- Zwischen Städten und ihrem Umland: Zwischen Städten und ihrem suburbanen und/oder ländlichen Umland entstehen neue Synergien und Konkurrenzen. Großstädte und Metropolen sind auf den Import von (erneuerbarer) Energie angewiesen, da ein Großteil der Energie in Städten verbraucht wird, aber Raum und Potenzial zur Gewinnung erneuerbarer Energien innerhalb der Stadtgrenzen relativ beschränkt sind. In vielen ländlichen Räumen werden aufgrund der vorhandenen Flächenpotenziale für erneuerbare Energien dagegen Energieautonomie oder sogar -autarkie propagiert –

mitunter ohne Berücksichtigung der Folgen z.B. für deren Einbindung in Netzinfrastrukturen und in die Solidarität regionaler Versorger oder für übergeordnete volkswirtschaftliche Optima.

- Zwischen der gesamtstädtischen Ebene und der Ebene einzelner Stadtquartiere: Auf Seiten der Stadtentwicklung und -planung herrscht eine mehr oder weniger große Unsicherheit zur Frage, wie sich die Energieversorgung (Strom, vor allem aber Wärme) in bestimmten Siedlungsstrukturtypen oder Quartieren ausprägen wird. Welche Gebiete werden dauerhaft zentraler Versorgung unterliegen, in welchen Gebieten werden sich dezentrale Strukturen herausbilden? Welche räumlichen und flächenmäßigen Bedarfe sind für dezentrale Lösungen zu berücksichtigen? Einige Stadtquartiere können als „frontrunner“ der Energiewende bezeichnet werden, weil sie beispielsweise auf der Basis dezentraler Klimaschutzkonzepte und der Arbeit von Quartiersmanagements innovative Strategien für Energieversorgung und -effizienz entwickeln. Sie besitzen das Potenzial, Ziele und Maßnahmen der gesamtstädtischen Ebene zu übertreffen. Im ländlichen Raum können sich ähnliche Beziehungen zwischen einzelnen innovativen Dörfern (z.B. Bioenergieidörfer) und den Städten und Gemeinden, denen sie zugehörig sind, ergeben.
- Zwischen einzelnen Funktionsräumen mit ihren (neuartigen) Prägungen: Großräumig kommen Bundesländern und Regionen in einer neuartigen räumlichen Arbeitsteilung veränderte Rollen in Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung und -verbrauch zu. Der Ausbau der On- und Offshore-Windkraft in Nord- und Nordostdeutschland macht diese Räume zu Erzeugungsgebieten. Dies macht z.B. Gebiete zwischen diesen Erzeugungsgebieten und den Verbrauchszentren in Süd- und Westdeutschland zu Durchleitungsgebieten, in denen entsprechende Konflikte um den Ausbau der Höchstspannungsnetze entstehen. Allerdings können sich solche Beziehungen auch ändern, wie etwa der Boom der Photovoltaik in Süddeutschland oder die angestrebte nachholende Entwicklung bei der Entwicklung der Windkraft in den süd- und südwestdeutschen Bundesländern zeigen (ohne dass daraus geschlossen werden könnte, der Ausbau von Hochspannungsnetzen sei nicht nötig). In jedem Fall haben einzelne Kommunen im Zuge des Atomausstiegs ihre dominante Rolle als „hotspots“ der Energieerzeugung eingebüßt.
- Zwischen zentralen und dezentralen Strukturen: Von Seiten der Versorgungswirtschaft wird etwa gefragt, wie sich unproduktive Konkurrenzen zwischen zentralen und dezentralen Lösungen ver-

meiden lassen. Welche absehbaren städtebaulichen Erweiterungs- oder Umbaumaßnahmen können für die Implementation neuartiger Versorgungslösungen genutzt werden? Vor diesem Hintergrund wird die Bedeutung energetischer und damit infrastruktureller Belange in der Planung herausgestellt. Allerdings ist auch innerhalb dieser Akteursgruppe zu differenzieren zwischen überregionalen und damit vermutlich eher an Großlösungen interessierten Anbietern und kommunalen Energieversorgern, welche die Energiewende teilweise bereits jetzt als Chance begreifen, sich mit semizentralen oder regional verankerten Energieerzeugungsanlagen, Energie-Contracting-Modellen und anderen Dienstleistungen am Markt zu platzieren. Hinzu kommen bürgerschaftliche Träger wie beispielsweise Energiegenossenschaften.

- Zwischen der Bundes- und der Landesebene: Derzeit tariert sich dieses Verhältnis neu aus. Zwar haben etwa die Länder im Zuge der Netzausbau-planungen des Bundes oder der Raumordnungs-pläne des Bundes in Nord- und Ostsee Entscheidungs- und Gestaltungskompetenzen eingebüßt. Sie gewinnen aber offenbar neue Spielräume hinzu, wenn sie Ausbauziele formulieren, welche von den Bundeszielen abweichen, indem sie diese Ausbauziele in landes- und regionalplanerische Festlegungen überführen. Auch im Bereich der Energieeffizienzpolitik scheinen manche Bundesländer dem Bund an Aktivität mittlerweile überlegen.

Das Verhältnis von räumlichem Wandel und Institutionenwandel ist dadurch geprägt, dass beide, Raum und Institutionen, gegenwärtig einen dauerhaften Wandel erfahren und in einer permanenten Wechselwirkung miteinander interagieren. Neben die kommunalen Gebietskörperschaften mit klar umrissenen, administrativen Räumen ist ein komplexes Geflecht räumlicher Bezugsebenen getreten, die sich gegenseitig durchdringen und neue Handlungsräume produzieren.

Die mit der Energiewende verbundenen veränderten Anforderungen führen nicht nur in ländlichen Räumen, sondern auch auf den knappen innerstädtischen Flächen, die durch das veränderte Nutzungsspektrum eine Neubewertung erfahren, zu Nutzungskonkurrenzen. Das Verhältnis zwischen den Räumen verändert sich: Orte der Energieproduktion und des Energiekonsums überlagern sich künftig auf allen städtischen Maßstabsebenen (Gebäude, Quartier, Gesamtstadt, Stadtregion) und lassen sich vielfach nicht mehr mit den bekannten Raumkategorien abbilden. Auch das Verhältnis der in diesen Räumen handelnden Akteure, deren Rollenverteilung in Bezug auf Energieprodukti-

on und Energieverbrauch, kann ebenfalls nicht mehr eindeutig beschrieben werden und ändert sich.

Das veränderte Verhältnis zwischen Region, Stadt und Teilräumen der Stadt und die veränderten Rollen der jeweils handelnden Akteure und Organisationen führen zu einer Auflösung räumlicher und institutioneller Grenzen. Die Integration der Energiewende in räumliche Entwicklungen setzt ein relationales und dynamisches Raumverständnis voraus, das sich der vielfältigen Vernetzungen bewusst ist, und benötigt neben den bekannten Instrumenten neue und flexible Verfahren und Handlungsräume.

Sowohl durch den von der Politik angestrebten steigenden Anteil an Elektrofahrzeugen (veränderte Reichweiten, Ladezeiten und -möglichkeiten) als auch durch steigende Energiepreise und eine sich verteuernde Mobilität verändern sich Aktionsräume, Wegemuster und somit die Verkehrsströme im Raum. Hier müssen kommunale Gebietskörperschaften und Verkehrsplanungen innerhalb und zwischen den Räumen für sich ändernde Verhaltensstrukturen und mit Blick auf die Auswirkungen auf Standorteignung und Raumstrukturen neue Lösungskonzepte entwickeln.

4. Offene Fragen und Forschungsbedarfe

4.1 Neue Räume und veränderte Beziehungen zwischen Räumen

- *Neugewichtung und Neubewertung von Räumen:* Mit der Energiewende stellt sich die Frage nach dem Verhältnis technologischer Entwicklungen zu räumlichen Strukturen in neuer Weise. Von technologischen Innovationen gingen auch in der Vergangenheit häufig entscheidende Impulse für die Änderung räumlicher Strukturen aus. Man denke beispielsweise an Mobilitätstechnologien, Sanitärtechnologien (Abwasserbehandlung) oder auch Energiegewinnungstechnologien (Nutzung fossiler Brennstoffe). Die Zusammenhänge zwischen Energiewende und Raum stellen ein neues, wichtiges Forschungsfeld dar. Dabei sollten die Veränderung, Konstituierung, Neugewichtung und Neubewertung von Räumen auf allen Maßstabsebenen in den Blick genommen werden – von der globalen bzw. internationalen Ebene bis hin zu Parzellen und einzelnen Gebäuden.
- *Typologie unterschiedlicher Entwicklungspfade:* Ein grundlegender Forschungsbedarf besteht darin, anhand zahlreicher Einzelfälle zu untersuchen, wie sich die Energiewende räumlich ausprägt. Da-

rauf aufbauend sollte ermittelt werden, welche typischen Strukturen, Raummuster und Entwicklungspfade es gibt. Dahinter steht das Ziel herauszuarbeiten, dass sich die Energiewende kleinräumig und differenziert ausprägt und dass es folglich auch keine „Patentrezepte“ für alle Teilräume geben kann, was unter anderem in der Förderpolitik verstärkt berücksichtigt werden sollte.

- *Institutionenwandel und Wandel von Räumen:* Die Energiewende bringt zahlreiche neue Institutionen (z.B. Energiegenossenschaften, 100%-Erneuerbare-Energie-Kommunen, Bioenergieregionen und Dergleichen) hervor, die naturgemäß mit neuen Handlungs- und Institutionenräumen verbunden sind. Bislang fehlt es an Bestandsaufnahmen dieser dynamischen Prozesse. Außerdem ist wenig über die Wechselwirkungen und Überlagerungen zwischen „neuen“ und „alten“ Räumen bekannt. Interessant ist auch die Frage, wie sich der Wandel von Institutionen und Handlungsräumen einerseits und die Veränderung physisch-materieller Raumstrukturen andererseits gegenseitig beeinflussen.
- *Energiediskurse – Raumdiskurse:* Im Zuge der Energiewende entstehen neue Diskurse (verstanden als Sinn- und Bedeutungsstrukturen oder Deutungsmuster) über Energie, Akteure und Räume sowie über gute und richtige Planung. Die Tatsache, dass überhaupt von einer Energiewende gesprochen wird, kann bereits als Ergebnis eines diskursiven Wandels angesehen werden. Bei näherer Betrachtung handelt es sich allerdings um ein Konfliktfeld widerstreitender Diskurse. Zu fragen ist dabei, (a) welche raumbezogenen gesellschaftlichen Aushandlungsprozesse stattfinden, (b) wie bzw. welche Räume und Landschaften im Kontext der Energiewende konstituiert werden und (c) wie Maßstabsebenen und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen neu definiert werden. Weitere Fragen richten sich darauf, welche Handlungs-rationalitäten und Rollenmuster entstehen.
- *Analyse und Visualisierung neuer Raumstrukturen:* Durch die Energiewende verlagern sich die Orte der Energieproduktion: tendenziell weg von großen Kraftwerken in der Nähe von Agglomerationsräumen, weg von den Kohletagebauen und hin zu einer dispersen Verteilung im ländlichen Raum. Darüber hinaus bilden sich neuartige Energieerzeugungsstrukturen in den Städten (PV-Anlagen, kleine Windräder, Geothermie usw.). Unter anderem mit Hilfe der Geoinformatik sollten kleinteilige Analysen dieser Veränderungen erarbeitet und in unterschiedlicher Form visualisiert werden.

4.2 Ingenieurwissenschaftliche und gestalterische Aspekte

- *Stadt- und Landschaftsgestaltung:* In architektonischen, städtebaulichen und landschaftsarchitektonischen Forschungsvorhaben sollte untersucht werden, wie sich Anlagen zur Nutzung und Verteilung erneuerbarer Energien in qualitätsvoller Weise mit stadtgestalterischen und landschaftsästhetischen Ansprüchen in Einklang bringen lassen. Dabei sollten schwerpunktmäßig Wege ermittelt werden, wie die energetische Sanierung von Altbauten – insbesondere die Wärmedämmung von Fassaden – mit den Anforderungen der Denkmalpflege in Einklang zu bringen ist.
- *Wirtschaftlichkeitsgrenzen zentraler Versorgungssysteme:* Durch Energieeinsparung (z.B. infolge verbesserter Wärmedämmung) und rückläufige Bevölkerungszahlen werden bestehende zentrale Versorgungssysteme (z.B. Heizkraftwerke) zunehmend an technisch-wirtschaftliche Grenzen stoßen. Deshalb sollte erforscht werden, wo kritische Grenz- oder Schwellenwerte bestimmter Energieversorgungssysteme liegen und wie existierende Systeme unter den Vorzeichen der Energiewende zukunftsgerecht weiterentwickelt werden können.
- *Energetische Gebäude- und Stadtstruktur-Typologien:* Differenzierte Informationen über den Energiebedarf unterschiedlicher Stadtteile sowie -quartiere bilden eine wichtige Grundlage kommunaler Energiekonzepte. In dieser Hinsicht bestehen jedoch noch Erkenntnisdefizite. Ziel zukünftiger Untersuchungen sollte es daher sein, auf der Basis von Gebäude- und Stadtstruktur-Typologien spezifische Strom- und Wärmebedarfe zu ermitteln. Auf diese Weise können differenzierte Bedarfsanalysen und Prognosen erstellt und diese mit geeigneten Versorgungssystemen verknüpft werden.
- *Umgang mit Risiken und Unsicherheiten der Energieversorgung:* Energetische Gebäude- und Stadtstruktur-Typologien könnten so erweitert werden, dass sie die Frage beantworten, welche Stadtteile oder Quartiere mit hoher Wahrscheinlichkeit dauerhaft einer zentralen Versorgung unterliegen und in welchen Gebieten sich dezentrale Strukturen entwickeln werden. Bei diesen Analysen wären auch die spezifischen Raum- und Flächenansprüche dezentraler Lösungen zu berücksichtigen. Aufgrund der Besonderheiten der Wärme Gewinnung sollte zwischen den Bereichen „Elektrizität“ und „Wärme“ differenziert werden. Zu diesem Zweck sollte mit kleinräumigen Energieversorgungsszenarien gearbeitet werden.
- *Energieeffiziente Städte im Kontext der Klimaanpassung:* Mit Blick auf Energiewende und Klimaschutz sind kompakte, dicht bebaute Stadtquartiere aus mindestens zwei Gründen vorteilhaft: Erstens begünstigen sie emissionsärmere Verkehrssysteme und ein entsprechendes Mobilitätsverhalten, zweitens können hier Fernwärmenetze usw. auch bei fortschreitendem demographischem Wandel mit größerer Wahrscheinlichkeit wirtschaftlich betrieben werden. Forschungsbedarf besteht jedoch nach wie vor zu den Fragen, (a) wie Stadtquartiere mit hoher Nutzungsintensität und dichter Bebauung vor Überhitzung geschützt und mithin an den Klimawandel angepasst werden können, etwa durch Dach- und Fassadenbegrünung, und (b) wie mit dem Zielkonflikt zwischen gewünschter Verdichtung und dem notwendigen Schutz vor Überhitzung umgegangen werden kann.
- *Umweltauswirkungen der Landnutzung:* Die Konkurrenzen zwischen der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Erzeugung von Nahrungsmitteln und für die Gewinnung erneuerbarer Energie werden sich voraussichtlich in den nächsten Jahren weiter verschärfen. Vor diesem Hintergrund sollten verschiedene Landnutzungsszenarien erarbeitet und unter Umweltgesichtspunkten bilanziert werden. Dabei sollten auch die Welthandelsverflechtungen berücksichtigt werden – insbesondere die Effekte, die durch Produktionsverlagerungen in andere Länder entstehen. Aufschlussreich wären auch Szenarien zu der Frage, unter welchen Prämissen und bis zu welchem Grad sowohl die Nahrungsmittel- als auch die Energiebedarfe der Bevölkerung im eigenen Lande gedeckt werden können (Nachhaltigkeitsszenarien).
- *Kommunikation der räumlichen Implikationen der Energiewende:* Es ist zu wünschen, dass die öffentliche Diskussion über die Energiewende nicht nur unter den Gesichtspunkten von Kosten, Versorgungssicherheit, Klimawandel und Schutz vor Strahlungsrisiken geführt wird. Es gilt vielmehr, die räumlichen und landschaftsbezogenen Implikationen der Energiewende stärker zu berücksichtigen. Dabei sollten auch die Fragen berücksichtigt werden, in welchen Räumen und Landschaften wir leben möchten und welche Effekte unseres Lebensstils auf andere Weltgegenden wir in Kauf zu nehmen bereit sind. Integrierte Energie- und Landnutzungsszenarien können dabei eine wichtige Rolle spielen und sollten von der Wissenschaft stärker als bisher dazu genutzt werden, der öffentlichen Debatte über Ziele und Werte Impulse zu verleihen und die räumlichen Implikationen der Energiewende zu kommunizieren.

4.3 Akzeptanz, Lebensstile, Verhaltensweisen

- *Wahrnehmung von Erneuerbare-Energien-Anlagen durch unterschiedliche Personengruppen:* Es gibt unterschiedliche und zum Teil widersprüchliche Befunde darüber, wie Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen wahrgenommen werden. Einerseits befürchten Bürgerinitiativen „Verunstaltungen des Landschaftsbilds“ durch Windkraftanlagen, großflächige Solarparks, Talsperren und Hochspannungsleitungen. Andererseits gibt es Indizien dafür, dass sich junge Menschen weniger daran stören und dass Touristen solche Gegenden gezielt aufsuchen und teilweise sogar wünschen, ihren Energiebedarf auf Reisen aus regenerativen Quellen zu decken. Daher sollte ermittelt werden, (a) wie Anlagen und Infrastrukturen zur Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung durch bestimmte Personengruppen wahrgenommen werden, (b) wie sich diese Einschätzungen im Zeitverlauf ändern und (c) welche Faktoren dabei ausschlaggebend sind.
- *Veränderung tradierter Wahrnehmungsmuster:* Die negative Bewertung von Windrädern, Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen oder Pumpspeicherkraftwerken durch Teile der Bevölkerung stellt ein wesentliches Hindernis bei der Umsetzung der Energiewende dar. Bezeichnenderweise können die gleichen Anlagen mal als ökonomische Chance und Bereicherung der Kulturlandschaft willkommen heißen und mal als externe Bevormundung und Landschaftsverhandlung abgelehnt werden. In der Regel sind die jeweiligen Wahrnehmungsmuster von Pfadabhängigkeiten geprägt. Interessant wären Erkenntnisse darüber, wie sich solche historisch entstandenen Muster ändern können und welche Beiträge dazu gegebenenfalls auch von außen geleistet werden können.
- *Smart Buildings, Smart Cities, vernetzte Mobilität:* Die Verbindung von neuen Energie- mit neuen Kommunikationstechnologien eröffnet Visionen von Städten und menschlichen Lebensumwelten, die in ungekanntem Maße technologisch (d.h. vor allem digital) vernetzt sind und vergleichsweise geringe Energiebedarfe aufweisen. Einschlägige Stichworte lauten „Smart Buildings“, „Smart Cities“ und „vernetzte Mobilität“. Weitgehend ungeklärt ist, welche Anforderungen diese Technologien an die Verfügbarkeit von Kapital sowie an die persönlich-individuelle Anpassungs- und Lernfähigkeit stellen. Offen ist auch, wie sich dadurch die Beziehungen zwischen Räumen (zwischen einzelnen Stadtquartieren, zwischen Stadt und Land usw.) ändern werden und wie unterschiedliche Bevölke-

rungsgruppen die Lebensqualität in einer immer stärker technisch geprägten Lebensumwelt bewerten. Solchen Fragen ist verstärkt nachzugehen, um diese Aspekte bei Zielformulierung, Wirkungsanalyse und Bewertungen verstärkt berücksichtigen zu können.

- *Energiebewusste Lebensführung, gebaute Umwelt, Gesundheit:* Eine Säule der Energiewende ist die Verringerung des Energiebedarfs. Damit werden die individuelle Lebensführung und der persönliche Lebensstil berührt: Wie ich wohne, wie ich mich ernähre, wie weit/wie häufig/auf welche Weise ich mich fortbewege – all diese Fragen hängen untrennbar mit der persönlichen wie der gesamtgesellschaftlichen Energiebilanz zusammen. Diese Fragen erscheinen jedoch als unbequem und werden in politischen Debatten kaum thematisiert, weil Änderungen der Lebensführung unpopulär sind und vor allem weil Suffizienzgedanken dem immer noch vorherrschenden Konsum- und Wachstumsparadigma (und damit machtvollen Interessen – nicht zuletzt auf Seiten der Energieanbieter) widersprechen. Dabei werden jedoch die positiven Effekte ausgeblendet, die von einer „energiebewussten“ Lebensführung beispielsweise auf die eigene Gesundheit, die Umwelt oder auf politische Krisenherde in anderen Teilen der Welt ausgehen können. Insgesamt bieten sich hier vielfältige Ansätze für interdisziplinäre Forschungsvorhaben, in denen soziologische Lebensstilforschung unter anderem mit Fragen der gebauten Umwelt, der Gesundheitsvorsorge und der Philosophie (Stichworte „postmaterielle Werte“ und „Stärkung der spirituellen gegenüber der materiellen Dimension des Lebens“) in fruchtbarer Weise verknüpft werden könnte.
- *Elektromobilität:* Wie verändern sich Aktionsräume, Wegemuster und somit die Verkehrsströme im Raum, wenn der Anteil von Elektrofahrzeugen zunimmt (veränderte Reichweiten, Ladezeiten und -möglichkeiten), die Energiepreise steigen und Mobilität sich verteuert? Welche technischen und infrastrukturellen Voraussetzungen müssen erfüllt werden?

4.4 Ökonomische Fragen

- *Vorteils- und Lastenausgleich bei Großprojekten:* Die Energiewende geht mit Dezentralisierungstendenzen in der Energiegewinnung, -verteilung und -speicherung einher. Dennoch werden Großinfrastrukturen vermutlich auch in Zukunft unverzichtbar sein. Dabei ist beispielsweise an Leitungen und

Netze zu denken, aber auch an Wind- und Solarparks sowie an flexibel zu steuernde Gaskraftwerke oder Pumpspeicherwerke. Hier stellt sich die Frage, wie solche Vorhaben so umgesetzt werden können, dass es zu einem fairen Ausgleich von Kosten und Nutzen – auch zwischen Räumen – kommt und dass auch die Betroffenen den Projekten Legitimität zusprechen.

- *Ausgleichsmechanismen zwischen Produktions- und Konsumptionsräumen:* Von der verstärkten Nutzung regenerativer Energie sollen wesentliche Impulse für die Stabilisierung und Entwicklung ländlicher Räume ausgehen. Gleichzeitig ist klar, dass nicht alle Teilräume in gleicher Weise dafür geeignet sind. Angesichts dessen stellt sich die Frage nach Ausgleichsmechanismen zwischen Räumen mit hoher und solchen mit geringer Energieproduktion. Hierzu sind geeignete Bewertungsansätze zu entwickeln. In sie sollten die ökonomischen Chancen, welche die Nutzung regenerativer Energien für die Regionalentwicklung bietet, ebenso eingehen wie die Vorteile, die sich aus einer wenig verbauten Landschaft (ohne Windräder usw.) etwa für die Förderung eines naturnahen Tourismus ergeben können.
- *Regionale Wertschöpfung und Stabilisierung ländlicher Räume:* Regenerative Energien und entsprechende Energiekonzepte werden häufig unter dem Gesichtspunkt regionaler Wertschöpfung diskutiert. An die Energiewende wird die Hoffnung geknüpft, Einkommens- und Beschäftigungseffekte auch in kleineren Gemeinden zu generieren und so zur Stabilisierung ländlicher Räume beizutragen. Nachdem der Grundmechanismus vielfach beschrieben wurde und diverse Empfehlungen und Leitlinien vorgelegt wurden, sollte das Augenmerk zukünftig darauf gerichtet werden, inwieweit solche Hoffnungen berechtigt sind und ob sie sich erfüllt haben. Dabei sollte differenziert werden zwischen den eingetretenen ökonomischen Effekten, den daraus eventuell abzuleitenden Beiträgen zur Stabilisierung ländlicher Räume sowie den identifizierbaren Einflussfaktoren und „Stellschrauben“.
- *Volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen der Energiewende:* Bei Energiekonzepten, die für bestimmte Regionen einen mehr oder weniger hohen Selbstversorgungsgrad oder Energieautarkie anstreben, wird bisher kaum thematisiert, mit welchen Kosten oder auch Nutzen diese Art der räumlichen Aufteilung der Energieproduktion verbunden ist. Hier sollte genauer untersucht werden, inwieweit bestimmte Anreizstrukturen zu räumlich-ökonomischen Fehlentwicklungen führen und mehr marktwirtschaftliche Orientierung eine kostengüns-

tigere und volkswirtschaftlich effizientere Umsetzung der Energiewende ermöglicht.

4.5 Koordination, Planung, Governance

- *Folgenabschätzung und Transition Management:* Erheblicher Forschungsbedarf besteht bei der Entwicklung und Erprobung von Instrumenten, die dazu dienen, einen gesellschaftlichen Umbruch wie die Energiewende zu organisieren. Diese Transformation ist dadurch gekennzeichnet, dass sehr weitreichende Umwälzungen in vergleichsweise kurzer Zeit erreicht werden sollen, die grundlegende Lebensumstände der Menschen betreffen. Versuch und Irrtum spielen dabei eine große Rolle, wobei allerdings für langwierige Experimente und für Fehlschläge die Zeit fehlt. Forschungsanstrengungen sollten deshalb auf die verschiedenen Formen der (Technik-)Folgenabschätzung gerichtet werden – gerade auch unter räumlichen Gesichtspunkten. Zu denken ist dabei an Szenarien, Prognosen und Risikobewertungen. Dabei kann auf Erkenntnisse aus dem Transition Management zurückgegriffen werden – einer Forschungsrichtung, die sich mit der zielgerichteten Initiierung, Beschleunigung und Gestaltung von Wandel in sozial-ökologischen Systemen beschäftigt mit dem Ziel, ein höheres Niveau an Nachhaltigkeit und Resilienz zu erreichen.
- *„Energy-Labs“ – Lernen am konkreten Experiment:* Die räumlichen Facetten der Energiewende sollten nicht nur aus einer wissenschaftlichen Außenperspektive untersucht werden, sondern verstärkt auch in Kooperation mit und unter Beteiligung von Akteuren. Dazu eignen sich so genannte Labs. Dabei geht es nicht um Großereignisse oder besondere Veranstaltungen wie Bauausstellungen und Dergleichen, sondern gewissermaßen um den Normalzustand. Labs sind dadurch charakterisiert, dass das Forschungsdesign, die wissenschaftlichen Untersuchungen und die Ergebnisse zwischen „Forschern“ und „Beforschten“ intensiv diskutiert und abgestimmt werden. Solche Labs können sowohl auf der Ebene von Stadtteilen und Städten als auch auf der von größeren Raumeinheiten durchgeführt werden.

5. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

- Die in der Bundesrepublik Deutschland angestrebte Energiewende mit einem Ausstieg aus der Atomenergie wie auch die zum Teil sich überlagernden Ziele und Vorgaben zur weltweiten Reduktion der CO₂-Emissionen bedingen einen vollständigen Umbau der lokalen, regionalen, nationalen, ja teilweise auch europaweiten Systeme der Energieerzeugung, Energieverteilung sowie Speicherung von Energie zum zeitlichen und räumlichen Lastenausgleich. Vor allem gewinnen Formen der regenerativen Energieerzeugung für den Strom wie den Wärmemarkt eine dominante – in der Endphase der Transformation eine beherrschende – Position. Es handelt sich u.a. um
 - ▲ Windenergie,
 - ▲ Sonnenenergie,
 - ▲ Geothermie – oberflächennah und tiefenorientiert,
 - ▲ Energie aus Biomasse.
- Die Standorte bisheriger atomarer und fossiler Energieerzeugung sind andere als die Potenzialflächen für Großanlagen der Windkraft, Sonnenenergie oder Biomasse. Außerdem ergeben sich stark veränderte Anforderungen an Formen, Standorte und Volumina von Zwischenspeichern. Dabei ist auszugehen von einer schrittweisen Transformation der zentral organisierten, d.h. auf Großkraftwerke und große Leitungsbahnen ausgerichteten Versorgungsstrukturen auch in semizentrale und dezentrale Versorgungsstrukturen.
- Damit werden Standortpotenziale von Räumen verändert. Energieversorgung ist nämlich zum einen Voraussetzung für wirtschaftliche und soziale Entwicklung und kann die Prosperität von Teilräumen verändern. Zum anderen haben Energieerzeugung – auch regenerativer Art –, Energiespeicher und vor allem „Energie-Autobahnen“ (380 kV, 220 kV, 110 kV) Raumwirkungen im Hinblick auf Flächenbeanspruchungen, Zerschneidungen und Schadstoffemissionen.
- Regenerative Erzeugung – vor allem auch in neuer dezentraler Trägerschaft – eröffnet zumindest in begrenztem Maße Potenziale für die Schaffung neuer Arbeitsplätze und für eine dezentrale Industrie- und Gewerbeentwicklung; sie bringt im Übrigen Wertsteigerungen bei landwirtschaftlichen Flächen mit sich.
- Die räumlichen Implikationen für Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Infrastruktursysteme aus Verkehr, Wasserwirtschaft, Gewässermanagement sowie für Standortmuster und Siedlungsstrukturen wurden bisher nicht ausreichend reflektiert, im Hinblick auf Voraussetzungen und Wirkungen untersucht und abgewogen. Dies ist unter anderem Folge der Tatsache, dass Standort- und Netzplanungen von der Bundesnetzagentur zwar koordiniert und vorbereitet werden, die entwickelnde, ordnende und vor allem abwägende Rolle der Raumentwicklung/-ordnung des Bundes, der Länder und der Regionen jedoch weder ausreichend eingebunden noch in ihrer Federführung gefordert wurde. Es muss als struktureller Mangel eingestuft werden, dass statt der „interessenneutralen“ Bundes- und Landesraumordnung die Federführung bei der Bundesnetzagentur liegt, die eine nachgeordnete Behörde des Bundesministeriums für Wirtschaft ist.
- Die notwendige Beteiligung von Wirtschaft und Zivilgesellschaft wie auch von (kommunalen) Gebietskörperschaften wird qualifiziert nur durch Raumordnung und Regionalplanung zu gewährleisten sein. Dies legen vor allem die Erfahrungen mit den Anforderungen von Abwägungsprozessen nahe. Diese Abwägungsergebnisse schlagen sich dann auch in Instrumenten der Raumordnung/Regionalplanung wie Regionalen Raumordnungsplänen nieder, die eine vertiefte Aufmerksamkeit auf Aspekte der Energieerzeugung (z.B. Vorranggebiete), der Energieverteilung und der Energiespeicherung – gerade auch in regionaler und lokaler Trägerschaft – legen müssen. Nur so kann die intersektorale Durchdringung von Energie- und Raumsystemen sachabgewogen, entwicklungsfähig und zukunftsorientiert gesichert werden.
- Bisher wurden die Voraussetzungen und potenziellen Implikationen für Raumentwicklung, Raumnutzungsmuster und -konflikte auf allen räumlichen Ebenen (Europa, Bund, Länder, Regionen, Städte/Gemeinden, Stadtteile) bei der Beurteilung und Abwägung technisch-infrastruktureller Lösungen und Umsetzungspfade nicht ausreichend berücksichtigt. Es gibt ebenfalls noch entsprechenden Untersuchungs-, Klärungs- und Evaluationsbedarf für die Wissenschaft sowie Handlungsbedarfe für die Politik.
- Die den möglichen oder notwendigen Umsetzungspfaden der Energiewende parallelen Veränderungen von die Raumentwicklung bestimmenden Mega-Trends wurden bisher nicht ausreichend bei den Überlegungen und Konzepten beachtet. Es handelt sich dabei um

- ▲ Fragen von Verfügbarkeit, Erschließbarkeit und Kosten energetischer Rohstoffe (fossil) und Energiequellen,
 - ▲ wirtschaftliche Entwicklungen (Globalisierung, Regionalisierung, Technologie, Energieeffizienz),
 - ▲ demographische Entwicklungen (z.B. Schrumpfung, Alterung, Haushaltsstrukturen, räumliche [Um-]Verteilung),
 - ▲ soziale Spaltung und Armut,
 - ▲ technologische Entwicklungen in den Bereichen Energie, Ver- und Entsorgung, Verkehr,
 - ▲ öffentliche Finanzen, Verschuldung,
 - ▲ Einflussnahme und Leistungserbringung durch Zivilgesellschaft (Beteiligung, Prozesse usw.).
- Die resultierenden Veränderungen von Raumstrukturen beeinflussen Erfordernisse, Chancen und Potenziale, aber auch Risiken und Widerstände der Pfade zur Umsetzung der Energiewende.
 - Auch wurden die potenziellen Instrumente unzureichend in die Konzeptentwicklung integriert. Dies gilt für die Rechtsetzung – beispielsweise hinsichtlich Verbrauchsvorgaben, Kostenanlastungen –, für Anreize zu Kooperationen und Trägerschaften ebenso wie für Information und Akzeptanzschaffung.
 - Um die Energiewende zu erreichen, sind verschiedene Umsetzungspfade mit sehr unterschiedlichen strukturellen Ausgangsbedingungen/-annahmen denkbar. Diese weisen jeweils spezifische ökonomische, soziale, ökologische, klimatische, technische, infrastrukturelle Voraussetzungen und Folgewirkungen auf. Ein Vergleich dieser Umsetzungspfade setzt voraus:
 - ▲ Beschreibung der Grundkonzepte und deren partielle Konkretisierung – eventuell für Raumtypen und für Basis-Muster der Mega-Trends,
 - ▲ Ermittlung der Voraussetzungen und Wirkungen (Potenziale nach Art, Umfang, Lage, Raumstrukturtypen, Eigenschaften usw.),
 - ▲ „Simulation“ der Nachfrage-, Angebots- und Netzkonstellationen (Grundlast-Fall, Spitzenlast-Fall, Fall-Pfade 2010-2020-2030-2050),
 - ▲ Konkretisierung der Umsetzungspfade (Basis, Detaillierung, Prüfung, Priorisierung),
 - ▲ Abwägung der Wirkungen, d.h. der Aufwände und Erträge, der Nutzen und Belastungen/Lasten.
 - Die Notwendigkeit, die Anforderungen zu klären und umzusetzen, besteht gleichermaßen für den
- Gesamtraum Bundesrepublik – unter Abgleich der Vorteile und Nachteile für großräumige Teilräume (Länder oder Metropolräume, Verdichtungsräume, strukturstarke ländliche Räume, strukturschwache periphere ländliche Räume) – wie für die einzelnen Teilräume. Diese Aufgabe kann letztlich prozessual und methodisch – unter Umfassung aller sektoralen Belange – nur durch die Raumplanung (Bundesraumordnung, Landes- und Regionalplanung, Stadtentwicklungs-/Stadtplanung, Quartiersplanung) geleistet werden.
- Der Raumplanung stehen die notwendigen Instrumente zur Verfügung: Wirkungsabschätzung, Wirkungsbeurteilung, Abwägung, vor allem aber auch Moderation und Mediation. Sie ist interdisziplinär kompetent.
 - In die Prozesse und Verfahren müssen vermehrt neue Akteure einbezogen werden, da im Bereich der Energieerzeugung, Energieverteilung und Energiespeicherung verstärkt lokale Träger und private Akteure tätig werden:
 - ▲ kommunale Energieversorgungs- und Energiedienstleistungsunternehmen,
 - ▲ Energie-Genossenschaften,
 - ▲ private Grundstückseigentümer.
 - Die Raumforschung mit ihren methodischen Kompetenzen sollte in die wissenschaftliche Begleitung der Transformation stärker eingebunden werden, sich aber auch selbst noch stärker einbringen.
 - Zurzeit stehen auf den verschiedenen administrativen Ebenen energiepolitische Ziele und auch Konzepte noch unvermittelt nebeneinander. Oftmals wird auch nicht genügend darauf geachtet, wie die Ziele zu den bundesweit geringstmöglichen Kosten erreicht werden können. Unter anderem ist der überregionale Trassenausbau in Deutschland eine Reaktion hierauf; er ist aber auch dem Umstand geschuldet, dass die neuen Standorte für Erzeugungsanlagen und die der Energienachfrage räumlich auseinanderliegen. Es ist daher erforderlich, die von der Bundesregierung vorgeschlagenen Potenzialanalysen (Nr. 19 des Beschlusses vom 06.06.2011 „Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich“) mit räumlichen Restriktionsanalysen in einem *räumlichen Gesamtkonzept Energiewende* für die Bundesrepublik Deutschland zusammenzuführen. Die Rechtsgrundlage für eine solche bundesweite räumliche Planung für den Ausbau der erneuerbaren Energien bildet § 17 Abs. 1 Raumordnungsgesetz (ROG), der es dem Bund erlaubt, einzelne gesetzliche Grundsätze planerisch für das gesamte

Bundesgebiet zu konkretisieren. Da ein solcher Plan die Länder aber nicht strikt binden würde, sondern von diesen bei der Landes- und Regionalplanung nur zu berücksichtigen wäre, sollte die Verbindlichkeit des Plans erhöht werden. Vor allem sollten Verabredungen zwischen Bund und Ländern sowie bi- und multilateral zwischen Ländern – unter Beteiligung von kommunalen Gebietskörperschaften, Wirtschaft und Zivilgesellschaft – angestrebt werden, beispielsweise in Form von Raumordnungsverträgen.

- Die energiepolitischen Ziele der Länder sind aber nicht nur in einem räumlichen Gesamtkonzept Energiewende aufeinander abzustimmen. Sie sind (was ihre räumliche Komponente betrifft) – abgeleitet aus dem räumlichen Gesamtkonzept – in die jeweiligen *Ziele der Raumordnung* aufzunehmen.
 - Nicht nur die Energieerzeugung (Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen, Anbau von Pflanzen zur energetischen Verwendung) und der Energietransport (Errichtung von Leitungstrassen und Pipelines) weisen eine hohe räumliche Relevanz auf. Die Erzeugung von erneuerbaren Energien führte bereits in der jüngeren Vergangenheit vorübergehend zu Überkapazitäten, die bislang nicht ausreichend gespeichert werden können. Da das Zubau-Potenzial für Wasserkraftspeicher in Deutschland sehr begrenzt ist, werden bereits in näherer Zukunft verschiedene neuartige Speichermöglichkeiten erforderlich. Einige der Speicheranlagen werden dabei große räumliche Auswirkungen aufweisen. Daher sind auch *potenzielle Standorte zur Speicherung von erneuerbaren Energie bundesweit zu identifizieren*, mit den potenziellen und schon vorhandenen Standorten für die Erzeugung und Speicherung von erneuerbaren Energien abzugleichen und unter Abwägung aller raumplanerischen Belange in ein *räumliches Gesamtkonzept Energiewende* einzubauen.
 - Auf der Bundesebene bestehen zahlreiche energiepolitische/-rechtliche Bestimmungen, die – z.B. durch das EEG – Anreize für den Ausbau der erneuerbaren Energien setzen. Die dadurch beförderten Investitionsentscheidungen potenzieller Erneuerbare-Energien-Anlagenbetreiber sind insgesamt betriebswirtschaftlich dominiert. Die neben den Energie- und Klimaschutzziele bestehenden weiteren gesellschaftspolitischen Ziele wie zum Beispiel das Ziel, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieerzeugung zu verringern, werden bei der Förderung des Erneuerbare-Energien-Ausbaus durch das EEG jedoch nicht berücksichtigt. Um die gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende in der Bevölkerung hoch zu halten und möglichst
- noch zu erhöhen, müssen die Konflikte und Synergien der klima- und energiepolitischen Ziele mit anderen gesellschaftspolitischen Zielen dargestellt und anschließend untereinander und miteinander abgewogen werden. Ein erster hilfreicher Ansatz zur Konfliktminderung kann darin bestehen, eine *Raumordnungsklausel in das EEG* aufzunehmen. Zudem sollten die finanziellen Anreize so angepasst werden, dass die energiepolitischen Ziele mit möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten zu erreichen sind.
 - Bau und Nutzung von Energienetzen, aber auch die Nutzung von Energiespeicher-Kapazitäten müssen grenzüberschreitend abgestimmt werden, wobei die Bereiche „Strom“ und „Wärme“ getrennt betrachtet werden sollten. Dies führt zwangsläufig zu der Notwendigkeit einer umfassenden *Europäischen Raumplanung*: Die zu entwickelnden formellen Planungsverfahren könnten an das Verfahren nach § 4a Abs. 5 Baugesetzbuch (BauGB; erhebliche *Auswirkungen auf Nachbarstaaten*) angelehnt werden.
 - Die Energiewende verstärkt den Nutzungsdruck auch im Untergrund, zum Beispiel durch die Speicherung von Energie oder unterirdische Pipelines und Stromtrassen. Mit der Vielfalt der steigenden Ansprüche an die Nutzung des unterirdischen Raums gehen Konflikte um Zuständigkeiten und Prioritäten einher. Folglich bedarf es stärker als bisher einer Koordination von Planungen, die den Untergrund betreffen, die auf der Länder-, aber auch der Bundesebene (hier durch das räumliche Gesamtkonzept Energiewende) zu etablieren sind. Hierzu sind das Raumordnungsgesetz (ROG) und auch das Bundesberggesetz (BBerG) um entsprechende Passagen für eine *Raumordnung für den Untergrund* zu novellieren.
 - Unabhängig vom Grad der Verbindlichkeit der Planungen sind die Voraussetzungen für transparente Verfahren durch entsprechende *Öffentlichkeitsbeteiligung(en)* zu schaffen, wie etwa bei der Strategischen Umweltprüfung. Insbesondere um die Akzeptanz zu erhöhen, sollte die Vielfalt der kooperativ-persuasiven Planung durch verschiedene flankierende *informelle Instrumente* genutzt werden – auf allen Ebenen und in allen Phasen, das heißt Bundesbedarfsplanung, Bundes-Raumordnungsplan, Landes-/Regionalplan, Raumordnungsverfahren, Planfeststellungsverfahren, strategische Vorbereitung, rechtliche Sicherung und Umsetzung.
 - Um die Akzeptanz der Energiewende in der Bevölkerung zu sichern und um einen Ausgleich zwi-

schen begünstigten und benachteiligten Räumen bzw. Bevölkerungsgruppen zu schaffen, müssen *neue Formen der Teilhabe* an den planerischen Entscheidungen und an der Realisierung der energiepolitischen Planungen (z.B. Bürgerwindparks) geschaffen und weiterentwickelt sowie die Kosten der Energiewende gesenkt werden. Es sollten stärker Moderationsverfahren in (informellen) Regionalen Energieentwicklungskonzepten (REEK) eingesetzt und ein (formalisierter) Übergang der Ergebnisse der REEK in die formelle Raumordnungsplanung aufgenommen werden.

- Die lokale, dezentrale Energieerzeugung wird in Zukunft ein größeres Gewicht erlangen. Um die Sicherheit der Energieversorgung dauerhaft zu gewährleisten und um raum-zeitliche Schwankungen von Energieerzeugung und -nachfrage auszugleichen, müssen lokale Kraftwerke mit dem regionalen/überregionalen Stromnetz harmonisiert und in dieses integriert werden. Eine Lösungsmöglichkeit bietet hierbei die umfassende Installation von *Smart Grids*.
- Ein wichtiger Aspekt der Energiewende, der bisher in der räumlichen Planung wenig beachtet wird, ist die Einsparung von Energie. Diesem Aspekt sollte in der *Stadt- und Dorfplanung* ein größeres Augenmerk gewidmet werden.

Die *Umsetzungspfade* müssen auf neuen oder erweiterten *Prinzipien* von Planung, Gestaltung, Bau und Betrieb aufbauen:

- ▲ *Dezentralität* statt bzw. zusammen mit *Zentralität*,
 - ▲ *Vernetzung* und kooperative *Steuerung* durch Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien,
 - ▲ *Kooperation* von Anbietern und Konsumenten statt *Monopolanbieter*, Erweiterung kommunaler und zivilgesellschaftlicher Trägerschaften,
 - ▲ *Mix* der Energieträger und Energieerzeugung statt *Dominanz* von einzelnen Energieträgern,
 - ▲ *Monitoring und Controlling* mit struktureller Nachsteuerung,
 - ▲ *verschiedene Umsetzungsgeschwindigkeiten* der Pfade.
- Die *Raumforschung mit ihrem themenorientierten interdisziplinären und zugleich anwendungsorientierten Zugang* bietet zahlreiche Ansatzpunkte zur vertieften Behandlung der räumlichen Implikationen der Energiewende, vor allem aber zur wissenschaftlichen Begleitung der Transformationsprozesse. Es fehlt ihr jedoch an einer übergreifenden Programmpolitik zum Thema. Vorhandene Kom-

petenzen zur transdisziplinären wissenschaftlichen Bearbeitung sollten stärker strategisch genutzt und zusammengeführt werden.



Zitierweise: Klaus J. Beckmann, Ludger Gailing, Martina Hülz, Herbert Kemming, Markus Leibenath, Jens Libbe und Andreas Stefansky: **Räumliche Implikationen der Energiewende. Positionspapier**, Berlin 2013 (Difu-Paper)

Herausgeber: Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Zimmerstraße 13–15 • 10969 Berlin
Telefon: +49(0)30/39001-0, Telefax: +49(0)30/39001-100
E-Mail: difu@difu.de • Internet: <http://www.difu.de>

Autoren/Autorin: Klaus J. Beckmann (Difu), Ludger Gailing (IRS), Martina Hülz (ARL), Herbert Kemming (ILS), Markus Leibenath (IÖR), Jens Libbe (Difu), Andreas Stefansky (ARL)

Redaktion: Klaus-Dieter Beißwenger
DTP: Antje Stegmann

ISSN 1864-2853

Die „Difu-Papers“ sind für den Nach- und Abdruck in der (Fach-)Presse ausdrücklich freigegeben, wenn das Deutsche Institut für Urbanistik und der Autor als Quelle genannt werden. Nach Abdruck oder Rezension bitten wir Sie freundlich um Übersendung eines Belegexemplars mit allen Angaben über den Erscheinungsort und das -datum. Bitte senden Sie das Belegexemplar an die:

Difu Press Office/Difu-Pressestelle • Postfach 12 03 21 • 10593 Berlin
Phone/Telefon: +49(0)30/39001-208/209, Fax/Telefax: +49(0)30/39001-130
E-Mail: Pressestelle@difu.de