

Energiewende und Energiesystemmodellierung

Transdisziplinäre Forschung zur Entwicklung von Windausbauszenarien

Für die Modellierung des Energiesystems müssen auch sozial-ökologische Faktoren berücksichtigt werden – gerade für die Verteilung von Windleistung. Um Ausbauziele für erneuerbare Energieträger zu bestimmen, können transdisziplinäre Forschungsansätze einen wichtigen Beitrag leisten.
 Von Melanie Degel

Bestehende Modelle des deutschen Energiesystems zeigen, dass Windenergie ein hohes Potenzial hinsichtlich einer vollständigen erneuerbaren Stromversorgung hat. Diese Untersuchungen wurden bisher mehrheitlich aus technisch-ökonomischer Perspektive durchgeführt. Das Forschungsprojekt „VerNetzen“ [1] hat sich zum Ziel gesetzt, soziale und ökologische Faktoren in die Modellrechnungen einzubeziehen. Nachweislich sind es gerade diese Faktoren, die gesellschaftliche Akzeptanz von Erneuerbaren Energien und damit den Erfolg von zukünftigen Energiesystemen beeinflussen.

Szenarien sind ein wichtiges Instrument für die Auslegung von Energiesystemen. Bei bekannten Modellen wird bei den verwendeten Daten strikt zwischen quantitativen und qualitativen unterschieden. In quantitativen Szenarien wird die Zukunft mit Zahlenwerten auf der Basis komplexer Modellrechnungen dargestellt. Das Endergebnis hat ein konkretes Zahlenformat und gilt als zuverlässig, obwohl zahlreiche Annahmen und Vereinfachungen vorausgingen. Qualitativen Szenarien hingegen wird häufig mehr Subjektivität unterstellt. Angewandte Methoden beruhen oft auf Einzelperspektiven und Faktoren, wie menschlichem Verhalten, Emotionen, normativen Werten, Strukturen und Prozessen, die nicht quantifizierbar sind.

Im Projekt werden Informationen zielgerichtet zusammengeführt, sodass quantitative Daten leichter mit qualitativen lokalen Untersuchungen kombiniert werden können. Um dies zu bewerkstelligen, wurde ein umfangreicher Datensatz mit einer hohen regionalen Auflösung auf Landkreisebene und Gemeindeebene angelegt. Mit dem entwickelten Ansatz können qualitative Untersuchungsergebnisse zur gesellschaftlichen Akzeptanz von Windenergie für die Modellierung von Energieszenarien genutzt werden. Erstmals werden regionale Ausbauziele nicht nur anhand technisch-ökonomischer, sondern auch anhand gesellschaftlicher Kriterien auf lokaler Ebene betrach-

tet. Auf der Grundlage dieser erweiterten Darstellung können Empfehlungen für eine ausgewogene Verteilung von Windenergie-Anlagen erfolgen, die nicht an den Interessen der lokalen Akteure vorbeigeht.

Die transdisziplinäre Arbeitsweise

Für die erfolgreiche Integration von gesellschaftlicher Akzeptanz in ein Simulationsmodell, war vor allem die enge Zusammenarbeit zwischen sozialwissenschaftlicher und ingenieurwissenschaftlicher Forschung erforderlich. Hierfür musste im gesamten Projektverlauf ausreichend Zeit für intensive Kommunikation eingeplant werden. Dies betrifft alle Projektphasen von der Erhebung der Untersuchungsdaten, über die Datenverarbeitung bis zur Interpretation der Ergebnisse. Vor allem mussten die Schnittstellen zwischen qualitativen Ergebnissen und quantitativen Verfahren festgelegt und in Dateninhalte und -formate übertragen werden. Dies war mit Aufwand verbunden, hat aber zu einem erweiterten Verständnis der beteiligten Disziplinen bei der Szenarioentwicklung geführt. In der technischen Modellierung zeigte sich die Relevanz von qualitativen Einzeluntersuchungen für die Machbarkeit. In den sozialwissenschaftlichen Untersuchungen wurde bei der Auswahl von Fallbeispielen verstärkt deren Bedeutung für das Gesamtsystem berücksichtigt. Modellsysteme können die Beteiligungsanforderungen sozialwissenschaftlicher Forschung gezielt unterstützen. Das verwendete Open Source Modell wird bereits höchsten Transparenz- und Partizipationsanforderungen gerecht.

Das Simulationsmodell

Die Basis für die Umsetzung bildete das Open Source Simulationsmodell „renpass“, das eigens für das Projekt weiterentwickelt wurde. Eine neu aufgebaute Datenbank ermöglicht nun die Einbindung qualitativer und quantitativer Daten. Da die Auswirkungen gesellschaftlicher Akzeptanz vor allem auf lokaler Ebene sichtbar werden, muss auch die Datenbasis für die Modellierung eine entsprechend hohe Auflösung haben. So werden statistische Daten stärker mit qualitativen lokalen oder regionalen Informationen verknüpft. Ein vollständig neues Ablesesystem in Form einer PostgreSQL verwalteten Datenbank wurde aufgebaut. Durch die Verwendung von PostGIS sind die Inhalte nun zusätzlich geografisch darstellbar und erlauben zudem geometrische Operationen. Sowohl die verwendeten statistischen Daten (Landkreise, deutschlandweit) als auch die

qualitativen Ergebnisse aus den Erhebungen zur gesellschaftlichen Akzeptanz sind in der Datenbank geografisch zugeordnet und abrufbar. Die Inhalte wurden im Rahmen von Umfeld-recherchen sowie Literatur- und Medienrecherchen auf Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindeebene erhoben. Außerdem flossen Akteursanalysen einer Fokusgruppe [2], leitfadenge-stützter Interviews und Experteninterviews ein.

Erstmals werden Faktoren gesellschaftlicher Akzeptanz im Simulationsmodell mit abgebildet. Lokaler Widerstand gegen beziehungsweise Engagement für die Umsetzung von Wind-energieprojekten in einzelnen Landkreisen ist die neue sozial-ökologische Dimension im Modell. Ihr Einfluss auf die Ge-samtsystemebene wird sichtbar.

Die Schwierigkeit besteht darin, schwer messbare Einfluss-faktoren zu erheben und zu vergleichen. Es zeigte sich, dass es für eine breite Erhebung notwendig ist, übergeordnete Ebe-nen, wie Bundesländer, Planungsregionen, Landkreise und Ge-meinden zu betrachten. Es wird deutlich, dass gesellschaftliche Akzeptanz nicht direkt erhoben werden kann. Hier helfen Indi-katoren aus Regionalstatistiken, Daten der Bundesministerien, Open StreetMap Daten, lokalen Medien (z. B. Lokalzeitungen, TV-Beiträge) sowie Berichte und Dokumentationen regionaler Planungsstellen und Landesministerien. Insgesamt beinhaltet die untersuchte Stichprobe zwölf Bundesländer, 27 Planungs-regionen, 48 Landkreise und 181 Gemeinden. Die Akteursana-lyse umfasste neun ausgesuchte Einzelprojekte verteilt in den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Rhein-land-Pfalz, Brandenburg und Schleswig-Holstein.

Erhebung von Einflussfaktoren gesellschaftlicher Akzeptanz

Die gesellschaftliche Akzeptanz von Windenergie unterliegt verschiedenen Einflussfaktoren. Beispiele sind die Einnah-men aus Gewerbesteuern von Windparks, die Einbeziehung der Bevölkerung durch unterschiedliche Teilnehmungsformate oder die Wahrnehmung lokaler Proteste. Die Einflussfaktoren wurden in folgenden Kategorien zusammengefasst: technisch-ökonomisch (installierte Leistung, Ausbaupotenzial, Voll-laststunden u. a.), sozio-ökonomisch (regionale Strukturdaten, In-formationen zu Bürgerwindparks, Energiegenossenschaften, Gemeindesteuereinnahmen), sozial-ökologisch (Art der Flä-chennutzung, Naturräume, weitere infrastrukturelle Belastun-gen, Teilnehmungsformate), planungsrechtlich (Struktur der Planungsregionen, Besonderheiten der Regionalplanung) und politisch-institutionell (Anzahl Bürgerinitiativen, Konflikte, Or-ganisationsstrukturen, Gesetze).

Einflussfaktoren der gesellschaftlichen Akzeptanz stehen in direktem Zusammenhang mit der Gerechtigkeit im Planungs-prozess, dem Nutzen für die Bevölkerung und Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Viele Bundesländer haben Maßnah-men zur Einbindung, Information und Beteiligung der Bevöl-kerung etabliert. Deren Ausgestaltungen variieren. Während in Mecklenburg-Vorpommern ein Entwurf für ein Bürger- und

Kommunalebeteiligungsgesetz existiert, haben andere Bundes-länder Vorkehrungen für den Umgang mit Konflikten in der Bevölkerung getroffen. In Hessen zum Beispiel wurde ein Bür-gerforum eingerichtet, das Konflikte mit professioneller Mo-deration aufarbeitet. In den Ländern Rheinland-Pfalz, Nord-rhein-Westfalen und Hessen gibt es spezifische Vorbereitungs-instrumente bei Konflikten bezüglich bebaubarer Waldflächen. In den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein treffen verhältnismäßig viele Windanlagen auf hohe gesell-schaftliche Akzeptanz. Hier kommen strategische Planungs-instrumente zum Einsatz, wie regionalspezifische Zielvorga-ben und mehr gemeinsame Planung mit dem Netzausbau für den weiteren Ausbau der Windenergie.

Inzwischen gibt es in den Bundesländern eine detaillierte Regionalplanung. Die Mehrheit der Länder verfügt über gül-tige Pläne mit Teilfortschreibungen und teilweise spezifischen Sonderregelungen zur Planung von Windenergie. Besonders in den windstarken Bundesländern Mecklenburg-Vorpom-mern, Brandenburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen bergen Entscheidungsprozesse zur Raumplanung Konfliktpotenzial. In der Region Ostprignitz-Ruppin in Brandenburg gab es aufgrund von Diskussionen über die Nutzung von Flä-chen zwölf Jahre keinen gültigen Regionalplan. Derartig lange Planaufstellungen führen zu Investitionsunsicherheiten und verlangsamten den Ausbau. Kommunale Akteure fordern früh-zeitige politische Einflussnahme. Zahlreiche Beteiligte enga-gieren sich beim Planfeststellungsverfahren. In Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern haben sich viele Bürgerinitia-tiven zu Bündnissen zusammengeschlossen, um ihre Einfluss-nahme zu erhöhen. Im brandenburgischen Havelland-Fläming beispielsweise wurden beim Planaufstellungsverfahren circa 95.000 Bedenken eingereicht. In einigen Ländern sind aktuell die Bebauungsgrenzen erreicht. Die Akteure erwarten für den weiteren Ausbau innovative Planungs- und Beteiligungskon-zepte. Sachsen-Anhalt plant anstatt Neubau verstärkt Repowe-ning [3]. Dennoch kommt es, aufgrund der Höhe neuer Anla-gen, zu Protesten.

In Landkreisen und Gemeinden zeigen die Untersuchun-gen gesellschaftlicher Akzeptanz, dass die Wahrnehmung von Windanlagen und die Maßnahmen zur Konfliktvermeidung selbst auf engstem geografischen Raum sehr unterschied-lich sein können. In Bayern hat die landespolitische 10H-Ab-standsregelung nicht, wie erwartet, überall zu einem völligen Baustopp geführt. Stattdessen agieren heute zahlreiche Land-kreise interkommunal und verwalten ihre Flächen gemein-sam, wodurch sie ihre Handlungsspielräume vergrößern. In mehreren Landkreisen in Rheinland-Pfalz traten Proteste bei der Bebauung von Waldflächen und Naturparken auf. Gut or-ganisierte Widerstände gegen den Windausbau in den Kern-zonen des Pfälzer Waldes konnten sich durchsetzen. Einige Landkreise beurteilen jedoch das Bauverbot von Windanlagen als ökonomischen Nachteil. Kleine Projekte mit transparenter, frühzeitiger und beständiger Beteiligung der lokalen Bevöl-kerung sorgen oftmals für eine hohe gesellschaftliche Akzep-

„Das Ziel einer nahezu vollständigen erneuerbaren Stromversorgung wäre erreichbar, ohne dass ein Bundesland mehr als zwei Prozent seiner Landesfläche für die Nutzung von Windparks zur Verfügung stellen müsste.“

tanz. Negative Auswirkungen haben fehlende Erfolgsbeteiligung der betroffenen Bevölkerung, zum Beispiel durch lang ausbleibende Gewerbesteuererinnahmen. Trotz jahrzehntelangem Anlagenbetrieb hat es in einigen Gemeinden in Brandenburg noch nie Gewerbesteuererinnahmen gegeben. Vielerorts profitierten nur externe Projektbetreiber.

Schlüsselfaktoren gesellschaftlicher Akzeptanz

Wie zu erwarten, ist die Bandbreite der Einflussfaktoren groß und geprägt von regionalen Unterschieden. Die erfolgreiche finanzielle Beteiligung in Schleswig-Holstein ist nicht vergleichbar mit den Beteiligungsbedarfen in Brandenburg. Die Wahrnehmung in der Bevölkerung durch veränderte Landschaftsbilder ist in Schleswig-Holstein, mit seiner langen Windhistorie nicht mit der in Bayern vergleichbar, wo die Bevölkerung vielerorts erstmals mit Windbebauung konfrontiert ist. Trotz solcher Unterschiede sollen für das Simulationsmodell Faktoren festgelegt werden, die gesellschaftliche Akzeptanz darstellen können. Dafür müssen die Einflussfaktoren zusammengefasst und in wenige Schlüsselfaktoren überführt werden, die direkt in das Modell einfließen. Schlüsselfaktoren für die Modellierung müssen vom Untersuchungsobjekt auf alle Landkreise Deutschlands übertragbar und auch langfristig relevant sein.

Da die Flächennutzung und das Landschaftsbild einen außerordentlich hohen Einfluss auf die gesellschaftliche Akzeptanz haben, wird als erster Schlüsselfaktor das Verhältnis der mit Windenergie bebauten Fläche eines Landkreises zu seiner Gesamtfläche definiert. Als zweiter Schlüsselfaktor wird die Bevölkerungsdichte eines Landkreises definiert. Damit lässt sich der Zusammenhang zwischen gesellschaftlicher Akzeptanz und Partizipation der Bevölkerung bei der Planung und Umsetzung von Windprojekten abbilden. Diese beiden neuen Schlüsselfaktoren sind in einem Modell gut handhabbar. Der erste Schritt zur Integration der Dimension gesellschaft-

liche Akzeptanz ist damit bestimmt. Im weiteren Verlauf muss definiert werden, wie die beiden Faktoren miteinander agieren.

Belastungsgrad

Mit den Schlüsselfaktoren kann nun ein Wert errechnet werden, der die Belastung (den Belastungsgrad) in einem Landkreis durch Windenergie repräsentiert. Zwar spiegelt die ermittelte Belastung nicht 1:1 die gesellschaftliche Akzeptanz, denn die Offenheit der Bevölkerung in den verschiedenen Regionen ist per se unterschiedlich. Jedoch kann hier ein verlässlicher Indikator für die Planung ermittelt werden, denn sowohl der Flächenanteil als auch die Bevölkerungsdichte beeinflussen die Belastung. Bei nur geringer Bevölkerungsdichte steigt die Belastung durch zunehmende Flächenanteile, bei hoher Bevölkerungsdichte hingegen steigt die Belastung bereits bei geringen Flächenanteilen.

Die Erhebung macht es möglich, ein detaillierteres Gesamtbild zu zeichnen, das die Zusammenhänge zwischen lokalen Gegebenheiten und dem Gesamtsystem aufzeigt. Der Vorteil liegt darin, dass für jeden Landkreis die heutige Belastung (Belastungsgrad_{IST}) angegeben werden kann. Des Weiteren bietet die Berechnungsweise die Möglichkeit, eine maximale Belastung pro Landkreis zu ermitteln, wenn in der Simulation als bebaute Windfläche die insgesamt verfügbare Weißfläche [4] eingesetzt wird (Belastungsgrad_{MAX}). Bei dem entwickelten Belastungsgrad geht es nicht darum, jeden einzelnen Einflussfaktor gesellschaftlicher Akzeptanz abzubilden, sondern es wurde auf der Basis qualitativer Untersuchungen ein numerischer Ansatz definiert.

Windausbau-Szenarien und Berücksichtigung gesellschaftlicher Akzeptanz

Wenn das Ziel eine vollständig erneuerbare Stromversorgung sein soll, kann der Weg dorthin sehr unterschiedlich gestaltet werden. Die im Projekt entwickelten Szenarien für eine Verteilung der Windleistung im Jahr 2050 zeigen zwei mögliche Richtungen auf. Erstens könnte dies allein mit Priorität auf hoher Wirtschaftlichkeit umgesetzt werden oder zweitens unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Akzeptanz.

Bei letzterem Szenario werden zukünftige Belastungen festgelegt und die Verteilung der Windenergieleistung auf den verfügbaren Flächen so gesteuert, dass in allen Landkreisen der Belastungsgrad gleich groß ist. Das bedeutet keine Verringerung der Gesamtleistung. Durch die Entlastung einiger Landkreise und die Mehrbelastung anderer wird lediglich eine Umverteilung herbeigeführt. Dies führt zu keiner wesentlichen Effizienzverschlechterung bei der Stromerzeugung. Das Modell zeigt, dass das Einbeziehen von Faktoren der gesellschaftlichen Akzeptanz keine ökonomischen Nachteile bergen muss. Betrachtet man das Gesamtbild mit den nun vergleichbaren Zahlen, ist es nicht notwendig, einzelne Landkreise überpro-

portional zu bebauen. Ein Windausbauzenario mit ausgewogenen Belastungen verteilt die Gesamtleistung auf mehr Landkreise.

Im Ergebnis zeigt sich, dass das Ziel einer nahezu vollständigen erneuerbaren Stromversorgung erreichbar wäre, ohne dass ein Bundesland mehr als zwei Prozent seiner Landesfläche für die Nutzung von Windparks zur Verfügung stellen müsste. Die Bebauung von Naturparks und Waldflächen könnte gänzlich vermieden werden.

Das Modell kann nicht abbilden, wie zukünftig die gesellschaftliche Akzeptanz ausgeprägt sein wird. Für die Interpretation der Ergebnisse sollten qualitative Untersuchungen der Situationen vor Ort hinzugezogen werden, da sie die Einschätzung der berechneten Werte erleichtern. Die Simulationsergebnisse sind in verschiedener Hinsicht optimierbar. Jedoch lassen sich schon jetzt interessante Erkenntnisse ableiten. Würde man dem aufgezeichneten Ansatz folgen und Faktoren gesellschaftlicher Akzeptanz berücksichtigen, führte dies, verglichen mit rein ökonomischen Ausbaupfaden, zu erheblichen Umverteilungen in circa 50 Landkreisen. Die Integration der Dimension ‚Belastung‘ für einen Landkreis und die Betrachtung in Verbindung mit dem gesamten Energiesystem kann zukünftig als Grundlage für Partizipationsinstrumente für kommunale Akteure dienen.

Anmerkungen

- [1] „VerNetzen“ ist ein abgeschlossenes Forschungsprojekt vom Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung in Berlin, der Europa Universität Flensburg und der Deutschen Umwelthilfe. Der vollständige Titel lautet: VerNetzen: Sozial-ökologische und technisch-ökonomische Modellierung von Entwicklungspfaden der Energiewende. Das Projekt lief von 2013 bis 2016 und wurde vom BMBF im Schwerpunkt Sozial-Ökologische Forschung (SÖF) gefördert. Forschungsgegenstand im Projekt war die Entwicklung eines Verfahrens zur Integration gesellschaftlicher Faktoren in die Ausbaumodellierung von Windenergie.
- [2] Im Rahmen der Methode Fokusgruppe (IZT 2005) diskutierten sieben ausgewählte Akteure auf einer moderierten Veranstaltung ihre Praxiserfahrungen zur gesellschaftlichen Akzeptanz von Windenergie. Durch die konstruktive Auseinandersetzung im Gruppenprozess konnten weitere Spezifizierungen gemacht und fehlende Aspekte ergänzt werden. Adressiert wurden vor allem die übergeordneten Ebenen der Planungsregionen, Landkreise aber auch Einzelprojekte. Zusätzlich dazu wurden vier Experteninterviews mit übergeordneten Akteuren wie zum Beispiel Planungsstellen oder Interessenverbänden geführt.
- [3] Der Begriff Repowering bezeichnet den Ersatz kleiner, älterer Windenergieanlagen durch neue Anlagen. Das Ziel ist, auf den frei werden Flächen unter besserer Ausnutzung der verfügbaren Standorte insgesamt weniger, dafür aber modernere, leistungsfähigere und meist größere Anlagen zu errichten.
- [4] Als Weißfläche wird die Fläche eines Landkreises bezeichnet, die nach dem Abschluss ungeeigneter Flächen, potenzielle Standorte für Windkraftanlagen aufzeigt

Literatur

Becker, S. et al. (2014): Die Analyse lokaler energiepolitischer Konflikte und das Entstehen neuer Organisationsformen. Theoretische Zugänge und aktuelle Herausforderungen. Ener-LOG Working Paper. www.zab-energie.de/de/system/files/media-downloads/EnerLOG%20Working%20Paper%201-7941.pdf

- Degel, M./Christ, M./Söthe, M. (2016): Windausbauzenarien unter Berücksichtigung gesellschaftlicher und ökologischer Rahmenbedingungen für die Simulation des deutschen Energiesystems bis 2050. In: Tagungsband: EnInnov2016 (2016): 14. Symposium Energieinnovation. Energie für unser Europa. 110–111.
- Degel, M. et al. (2016): Sozial-ökologische und technisch-ökonomische Modellierung von Entwicklungspfaden der Energiewende. VerNetzen Projektabschlussbericht. www.uni-flensburg.de/fileadmin/content/abteilungen/industrial/dokumente/downloads/veroeffentlichungen/forschungsergebnisse/vernetzen-2016-endbericht-online.pdf
- Fortes, P. et al. (2014): Long-term energy scenarios: Bridging the gap between socio-economic storylines and energy modeling. In: Technological Forecasting and Social Change 91: 161–178.
- Göll, E. et al. (2005): Die Fokusgruppen-Methode. In: Göll, E. et al.: Motivation in der Bevölkerung, sich für Umweltthemen zu engagieren: eine qualitative Studie mit Fokusgruppen. Abschlussbericht an das Umweltbundesamt. Berlin.
- Rau, I. et al. (2011): Aktivität und Teilhabe – Akzeptanz Erneuerbarer Energien durch Beteiligung steigern. Projektabschlussbericht. 2011.
- Schweizer-Ries, P./Rau, I./Zoellner, J. (2008): Akzeptanz erneuerbarer Energien und sozialwissenschaftliche Fragen. Projektabschlussbericht.
- VerNetzen Projekt (2015): Protokoll Fokusgruppe Wind. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- Walter, G. (2012): Sozialpsychologische Akzeptanz von Windkraftprojekten an potentiellen Standorten. Eine quasiexperimentelle Untersuchung. www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/02512/02746/index.html?lang=de&dossier_id=05770
- Walter, G./Krauter, S./Schwenzer, A. (2011): Erfolgsfaktoren für die Akzeptanz von Erneuerbare-Energie-Anlagen. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 61/3: 2–4.
- Wiese, F. (2015): renpass – Renewable Energy Pathways Simulation System – Open Source as an approach to meet challenges in energy modeling. Doctoral Thesis. Universität Flensburg. www.reiner-lemoine-stiftung.de/pdf/dissertationen/Dissertation_Frauke_Wiese.pdf

AUTORIN + KONTAKT

Melanie Degel ist Diplom-Wirtschaftsingenieurin für Energie- und Umweltmanagement und arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin am IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung im Forschungscluster Nachhaltigkeit und Transformation. Sie forscht zu den Themen Erneuerbare Energien, Entwicklung von Zukunftsszenarien sowie an der Verknüpfung qualitativer und quantitativer Methoden.

IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH, Schopenhauerstr. 26, 14129 Berlin. Tel.: +49 30-803088-22, E-Mail: m.degel@izt.de

