

Ein Konzept für eine GIS-gestützte Visualisierung der spezifischen Anforderungen von regionalen Akteuren der Energiewende an die Landnutzung

A Concept for a GIS-based Visualisation of the Specific Demands on Land Use at the Background of Regional Energy Transitions

Robin Tutunaru¹, Stephan Bosch², Lukas Greßhake², Uwe Holzhammer¹

¹Technische Hochschule Ingolstadt · robin.tutunaru@thi.de

²Universität Augsburg

Zusammenfassung: Für eine nachhaltige Energiewende werden Konzepte benötigt, welche die techno-ökonomische und sozial-ökologische Komplexität regionaler Standortentscheidungen für erneuerbare Energien (EE) visualisieren können. Dabei möchten wir die Ergebnisse mittels Geographischer Informationssysteme (GIS) so visualisieren, dass sie von jedem Akteur nachvollzogen werden können und einen konstruktiven Austausch zur Wertigkeit bestimmter Flächen zwischen allen Akteuren erlauben.

Schlüsselwörter: Partizipation, Energiewende, Modellierung, Flächennutzungskonflikte

Abstract: *For a sustainable energy transition, concepts are needed that can map the techno-economic and socio-ecological complexity of regional location decisions for renewable energies (RE). In doing so, we want to visualize the results by means of Geographic Information Systems (GIS) in such a way that they can be comprehended by every actor and allow a constructive exchange on the value of certain areas between all actors.*

Keywords: *Participation, energy transition, modelling, land use conflicts*

1 Einleitung

Dass die Energiewende nicht nur ein technologischer, sondern auch ein gesellschaftlicher Transformationsprozess ist, wurde bereits in zahlreichen Publikationen adressiert (Bosch & Rathmann, 2018). Dabei hat sich gezeigt, dass der Widerstand gegen oder die Unterstützung für die Energiewende von lokalen Kontexten abhängen, die jeweils von den entsprechenden lokalen Akteuren geschaffen werden. Denn wie Wüstenhagen et al. (2007) bereits zeigten, ist eine hohe allgemeine Akzeptanz von erneuerbaren Energien kein hinreichender Erfolgsgarant für spezifische Projekte vor Ort. Vielmehr müssen zur Bewertung der Akzeptanz akteurspezifische Kontexte, wie soziale Normen, lokale Werte und Identitäten sowie damit verbundene lokale Diskurse berücksichtigt werden (Devine-Wright et al., 2017). Einigen Projekten zur sozial-ökologischen Forschung ist es dabei gelungen, bedeutende Akzeptanzfaktoren zu identifizieren und diese in die räumlichen Modellierungen zum Ausbau erneuerbarer Energien einzuspeisen (Degel et al., 2016). Charakteristisch am Stand der Forschung ist, dass die zentralen Parameter, die überwiegend unterschiedliche, zumeist techno-ökonomische und damit akteursbezogene Interessen adressieren, in bisherigen Energiesystemmodellen stets miteinander verschnitten und in diesem Sinne der kleinste gemeinsame Nenner in Bezug auf die optimale Landnutzung gesucht wurde. Bisherige Energiesystemmodelle ver-

suchten folglich eine Lösung zu finden, die für alle Beteiligten akzeptabel ist, indem sie verschiedene Faktoren, i. d. R. Ausschlusskriterien, zusammenfassten und so einen minimalistischen Konsens zur optimalen Landnutzung erzielten (Bosch et al., 2019). Vor dem Hintergrund der zunehmenden Flächenverknappung erscheint diese Vorgehensweise als nicht mehr zielführend. Unsere zentrale These lautet daher, dass Ausbaukonzepte, die allein auf der kumulativen Verschneidung techno-ökonomischer und sozial-ökologischer Parameter basieren, die Bedeutung von Kommunikationsprozessen zwischen den Einzelpositionen wichtiger Akteure unterschätzen und so Chancen zur Konfliktminimierung übergangen werden. Allein ein verbessertes Verständnis von energiebezogenen Konflikten zwischen verschiedenen Akteuren der Energiewende und der Öffentlichkeit kann daher dazu beitragen, die lokale Akzeptanz und Flächenverfügbarkeit für erneuerbare Energien wieder zu erhöhen (van de Grift & Cuppen, 2022). Hierfür ist eine präzisere Untergliederung und Betrachtung der verschiedenen Akteurstypen erforderlich, die an Standortentscheidungen beteiligt sind. Darüber hinaus müssen die ihnen zugrunde liegenden Überlegungen, Praktiken und Perspektiven entschlüsselt werden, um konkrete Empfehlungen für kollaborative Ansätze zum Ausbau erneuerbarer Energien entwickeln zu können (Devine-Wright et al., 2017). Deshalb zielt unsere Studie darauf ab, die spezifischen Perspektiven bestimmter Stakeholder auf den Ausbau erneuerbarer Energien, die als “Brillen der Akteure” bezeichnet werden können, zu erfassen, zu analysieren und zu reflektieren. Unsere Forschungsfrage lautet folglich: Wie lässt sich die Vielfalt an sozial-ökologischen und techno-ökonomischen Wertigkeiten von Flächen für die Energiewende für einen regional nachhaltigen Ausbau operationalisieren und welche potenziellen räumlichen Flächenkulissen ergeben sich daraus? Die unterschiedlichen Vorstellungen von einer nachhaltigen regionalen Energietransformation sollen dabei mittels Geographischer Informationssysteme (GIS) so visualisiert werden, dass sie von allen Akteuren nachvollzogen werden können und einen konstruktiven Austausch zum Flächenmanagement erlauben. Bei den bislang durchgeführten GIS-Analysen zu den Potenzialen erneuerbarer Energien ging es häufig nur um einseitige Fragestellungen, die primär techno-ökonomische (Gaugl et al., 2021), naturschutzfachliche (Stemmer et al., 2021) oder technologiespezifische Perspektiven widerspiegeln (Enevoldsen et al., 2019). Zwar haben diese Studien die sozial-ökologische Kompatibilität der Energiewende untersucht, jedoch wurden Verhandlungsspielräume zwischen den divergierenden Perspektiven der Akteure der Energiewende hinsichtlich der Frage einer optimalen Landnutzung nie in Betracht gezogen. Sward et al. (2021) und Sovacool et al. (2015) verweisen auf die methodische Schwierigkeit, soziale Faktoren und lokal differierende Wertzuschreibungen zu Orten und Landschaften, die die Zustimmung oder Opposition gegenüber energiebezogenen Landnutzungen beeinflussen, exakt zu erfassen und diese in Standortbewertungsmodelle zu integrieren. In dieser Studie wird daher ein partizipatives Konzept zur sozio-technischen Optimierung regionaler Energiesysteme vorgestellt.

2 Methodik

In einem ersten Schritt sollen die jeweils spezifischen Positionen der zentralen Akteure der Energiewende in den Teilräumen der Regionen erfasst (Expertengespräche, Dokumentenanalyse, Regionalpläne) und in Form räumlicher Modellierungen zum regionalen Ausbau erneuerbarer Energien aufbereitet werden. Die einzelnen Positionen spiegeln sich dabei in der jeweils akteursbezogenen Wertigkeit bestimmter Standorte wider. Gunst- und Ungunststandorte können nicht von vornherein verallgemeinert werden, sondern sind an die Interessen, Werte und Normen der Akteure vor Ort geknüpft (z. B. Kostenminimierung, Nachhaltigkeit,

Flächeneffizienz, Landschaftsästhetik) und müssen in dieser Differenzierung zunächst verstanden werden. In einem zweiten Schritt werden den Akteuren im Rahmen von Erarbeitungsworkshops die konkurrierenden Positionen der anderen Akteure vorgestellt. Wir gehen davon aus, dass durch diese Transparenz ein konstruktiver Kommunikationsprozess zwischen den Einzelpositionen in Gang gesetzt wird, der dabei hilft, die zentralen Parameter zu identifizieren und künftige Zielkonflikte zu minimieren. Methodisch orientieren wir uns hierbei an GIS-gestützten multikriteriellen Entscheidungsanalysen, die den Kommunikationsprozess über die Möglichkeiten zur Visualisierung unterschiedlicher Landnutzungskonzepte flankieren. Einen Überblick zu den standortbezogenen Restriktions- und Beurteilungskriterien sowie deren Normierung, Gewichtung und Validierung im Rahmen von multikriteriellen Entscheidungsprozessen liefern Xiao & Murray (2019) sowie Shao et al. (2020).

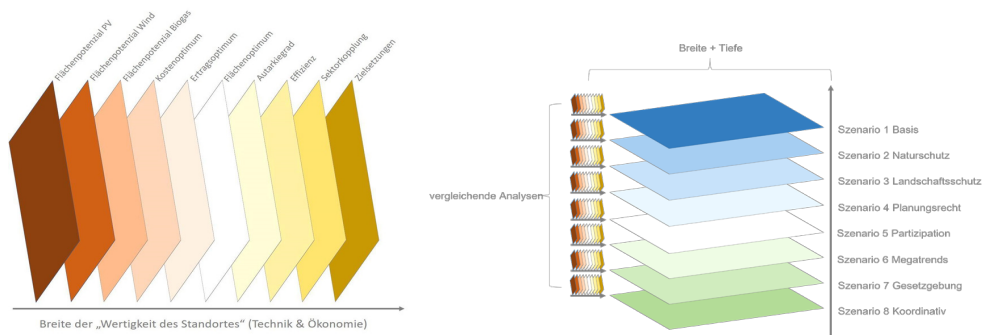


Abb. 1: Verknüpfung Breite (Technik & Ökonomie) und Tiefe (Szenarien Gesellschaft)

Es bedarf folglich einer Methodik, die dabei hilft, mit den konkurrierenden Interpretationen und Konstrukten von einer regionalen Energiewende so zurechtzukommen, dass eine Harmonisierung von Partialinteressen angestrebt werden kann. Im Rahmen der Studie spielt daher der Begriff der *Wertigkeit* eines Standortes, der für jeden Akteur der Energiewende unterschiedlich akzentuiert wird, eine zentrale Rolle. Zur Operationalisierung dieses Begriffes betrachten wir zunächst die auf Technik und Ökonomie bezogene *Breite der Wertigkeit* eines Standortes und somit die Frage, welche techno-ökonomischen Anforderungen an einen Standort gestellt werden können (Abb. 1). Diese Anforderungen stehen im Zusammenhang mit den techno-ökonomischen Interessen und Möglichkeiten bestimmter Akteure. Die Vielfalt wollen wir mithilfe von Optimierungen (z. B. Ertragsoptimum) adressieren, sodass jede Akteursperspektive und die damit in Zusammenhang stehenden räumlichen Implikationen visualisiert werden können. Die einzelnen techno-ökonomischen Faktoren, nach denen das Energiesystem optimiert werden kann, bezeichnen wir als Analysepunkte (Abb. 1). Eine weitere Dimension der Wertigkeit von Standorten bezieht sich auf die gesellschaftliche *Tiefe der Wertigkeit* eines Standortes (Abb. 1). Die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ergeben sich aus dem Zusammenspiel unterschiedlicher sozialer Gruppen (Bürgerinitiativen, Anwohner, Planer, Gesetzgeber, Naturschützer), die jeweils versuchen, in ihrem Sinne auf gesellschaftliche Prozesse einzuwirken (z. B. Planungsrecht, Gesetzgebung, Abstandsflächen). Im Zeitverlauf können sich diese Interessenkonstellationen ändern. Unser zu entwickelndes GIS-Tool soll diese Veränderungen verarbeiten können. Hierzu werden Szenarien erstellt, die die räumlichen Möglichkeiten erneuerbarer Energien in Abhängigkeit von gesellschaftli-

chen Rahmenbedingungen ausloten. Dabei geht es bspw. um die Auswirkungen einer erhöhten Bürgerbeteiligung, um die Verstärkung oder Abschwächung des Natur- und Artenschutzes, um variable Abstandsflächen sowie um landschaftsästhetische Belange. Alle diese gesellschaftlichen Parameter stehen mit der Akzeptanz der Energiewende in Verbindung. Folglich kann von einer *techno-ökonomischen Breite* sowie von der *sozialen Tiefe der Wertigkeit* eines Standortes gesprochen werden, in die die Perspektiven aller Akteure integriert und anhand derer sie reflektierbar sind. Insgesamt stehen zehn Analysepunkte im Blickpunkt. Diese sind gleichzeitig Untersuchungsgegenstand eines jeden Szenarios und sollen in räumlichen Flächenkulissen dargestellt werden, die die möglichen Standorte für erneuerbare Energien je nach gewähltem Analysepunkt oder Szenario in GIS visualisieren. Einerseits können so zu einem einzelnen Analysepunkt – z. B. Kostenminimierung – die regionalen Flächenkulissen aller gesellschaftlichen Szenarien erstellt werden. In diesem Fall würde die Kostenoptimierung die höchste Gewichtung in der Standortabwägung erhalten, was dazu führen könnte, dass im Modell sozial weniger akzeptierte Flächen für den Ausbau erneuerbarer Energien ausgewählt werden. Andererseits können zu einem einzelnen gesellschaftlichen Szenario (z. B. Naturschutz) die Flächenkulissen aller Analysepunkte erarbeitet werden. Hier würden ökologische Aspekte ein höheres Gewicht erhalten, wodurch techno-ökonomische Aspekte weniger stark in die Auswahl geeigneter Flächen miteinbezogen werden.

3 Konzeption

Auf Basis der Ergebnisse wird ein intuitiv steuerbares Planungs-Tool entwickelt. Dieses Tool soll dazu dienen, unterschiedlichen Akteuren ein Werkzeug in Form einer grafisch ansprechenden Oberfläche an die Hand zu geben, mit dem verständlich und intersubjektiv eine visualisierbare Bewertung zum Ausbau erneuerbarer Energien, beruhend auf regionalen Faktoren, lokalen Kontexten und akteursspezifischen Bedürfnissen gegenüber den zur Verfügung stehenden Flächenoptionen, durchgeführt werden kann. Im Tool können Nutzer mittels einer Eingabemaske Standort-Parameter so einstellen und verändern, dass eine Vielzahl von Flächenkulissen für den regionalen Ausbau erneuerbarer Energien zur Verfügung steht. Weitere Einstellungen, die sich aus den Analysepunkten ergeben, ermöglichen die Bestimmung der Wertigkeit von EE-Standorten, sodass Flächen entsprechend ihrer ökonomischen, ökologischen oder sozialen Wertigkeit eingefärbt werden. Die Nutzer erhalten so einen Überblick über mögliche Ausbaupfade, potenzielle Zielkonflikte im Flächenmanagement sowie etwaige Lösungsansätze, die an die Ziele zur Energiewende und zum Klimaschutz angelehnt sind. Mögliche funktionale Komponenten des anvisierten GIS-Tools, die die Datenerfassung, Modellierung sowie Ergebnisaufbereitung betreffen, sind in Abbildung 2 in Form eines Programmstrukturplans skizziert. Von zentraler Bedeutung ist dabei, dass soziale Perspektiven in die räumliche Modellierung möglicher Ausbaupfade integriert werden. Ausgehend vom physikalisch möglichen Potenzial sollen GIS-Komponenten entwickelt werden, mit deren Hilfe technisch mögliche, ökonomisch sinnvolle, planungsrechtlich erschließbare und gesellschaftlich akzeptierte Potenziale berechnet werden können. Das Tool soll je nach Szenario Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Landnutzung liefern und Nutzern die Möglichkeit geben, auf Konfliktlagen besser vorbereitet zu sein, indem Flächennutzungskonkurrenzen erkannt und konsensuale Entscheidungen erarbeitet werden. Zum Beispiel sollen aus dem Tool Empfehlungen für die Regionalplanung zur Ausweisung von Ausschluss- oder Vorranggebieten möglich sein. Projektentwickler sollen wiederum bei der geeigneten Technolo-

gie- und Standortwahl unterstützt werden und Kommunen können damit sogar eine umfassende Flächenkulisse für das eigene Gemeindegebiet erstellen.

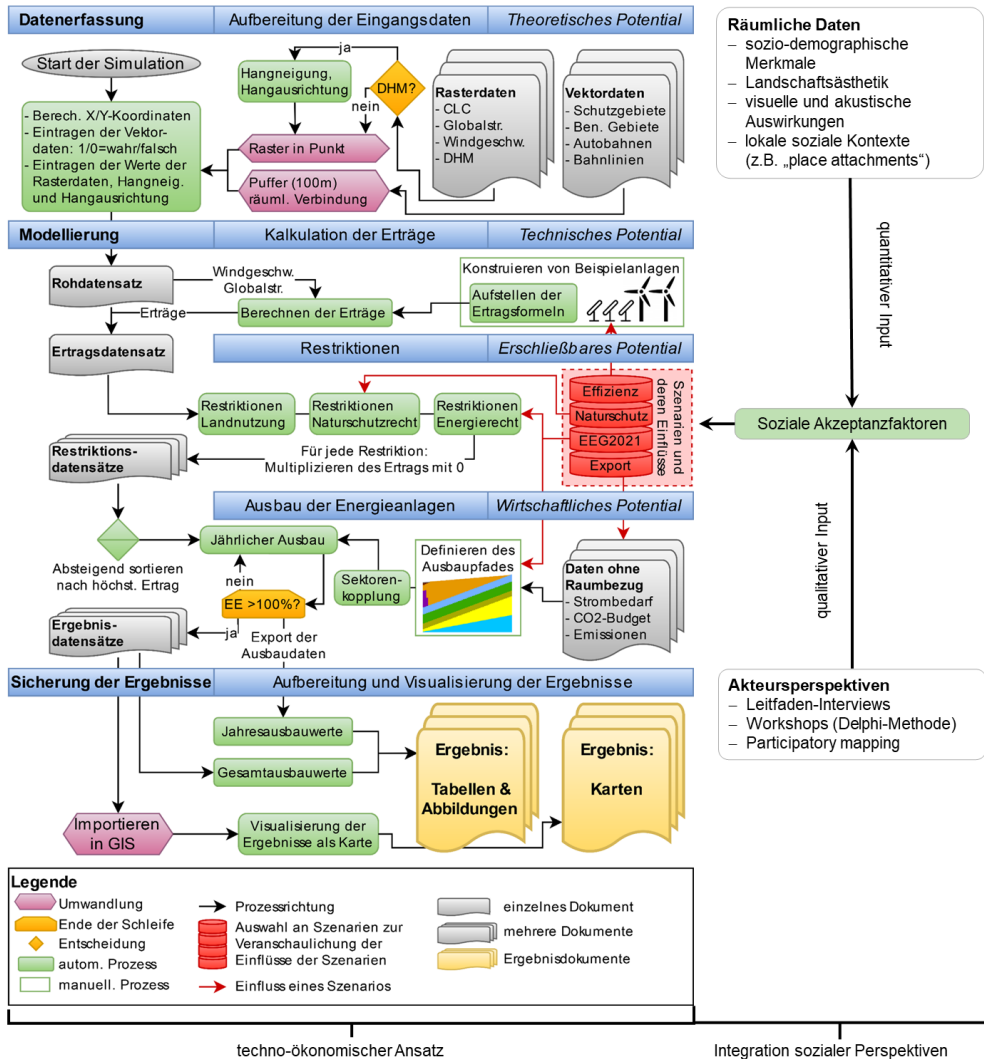


Abb. 2: Mögliche funktionale Komponenten des geplanten GIS-Tools

4 Fazit

Es handelt sich folglich um ein anwendungsorientiertes GIS-Tool zur Energiewende, das im Rahmen einer Web-Anwendung der Öffentlichkeit und damit auch Bildungsträgern (Schulen, Universitäten, Erwachsenenbildung) zur Verfügung gestellt werden soll. Zentral dabei ist, dass das Tool als Entscheidungsgrundlage allen Akteuren in einem bestimmten Untersu-

chungsraum zur Verfügung steht und möglichst die Flächeninteressen aller regionalen Akteure berücksichtigt.

Literatur

- Bosch, S., & Rathmann, J. (2018). Deployment of renewable energies in Germany: Spatial principles and their practical implications based on a GIS-tool. *Advances in Geosciences*, 45, 115–123.
- Bosch, S., Rathmann, J., & Schwarz, L. (2019). The energy transition between profitability, participation and acceptance – considering the interests of project developers, residents, and environmentalists. *Advances in Geosciences*, 49, 19–29.
- Degel, M., Christ, M., Becker, L., Grünert, J., & Wingenbach, C. (2016). *VerNetzen – Sozial-ökologische, technische und ökonomische Modellierung von Entwicklungspfaden der Energiewende*. Retrieved January 30th, 2023, from http://www.transformation-des-energiesystems.de/sites/default/files/VerNetzen_Abschlussbericht.pdf.
- Devine-Wright, P., Batel, S., Aas, O., Sovacool, B., Labelle, M. C., & Ruud, A. (2017). A conceptual framework for understanding the social acceptance of energy infrastructure: Insights from energy storage. *Energy Policy*, 107, 27–31.
- Enevoldsen, P., Permien, F.-H., Bakhtaoui, I., Krauland, A.-K. von, Jacobson, M. Z., Xydis, G., Sovacool, B. K., Valentine, S. V., Luecht, D., & Oxley, G. (2019). How much wind power potential does Europe have? Examining European wind power potential with an enhanced socio-technical atlas. *Energy Policy*, 132, 1092–1100.
- Gaugl, R., Klatzer, T., Bachhiesl, U., Wogrin, S., & Jodl S. (2021). GIS-based optimization – achieving Austria’s 2030 wind energy target. *Elektrotechnik und Informationstechnik*, 138 (8), 590–596.
- Shao, M., Han, Z., Sun, J., Xiao, C., Zhang, S., & Zhao Y. (2020). A review of multi-criteria decision making applications for renewable energy site selection. *Renewable Energy*, 157, 377–403.
- Sovacool, B. K., Ryan, S. E., Stern, P. C., Janda, K., Rochlin, G., Spreng, D., Pasqualetti, M. J., Wilhite, H., & Lutzenhiser, L. (2015). Integrating social science in energy research. *Energy Research & Social Science*, 6, 95–99.
- Stemmer, B., Peters, W., & Matthes, F. C. (2021). „Mehr Flächen für Windenergie“ – natur- und landschaftsverträglich verteilt. *Zur Debatte*. Leipzig: BfN – Bundesamt für Naturschutz.
- Sward, J. A., Nilson, R. S., Katkar, V. V., Stedman, R. C., Kay, D. L., Ifft, J. E., & Zhang, K. M. (2021). Integrating social considerations in multicriteria decision analysis for utility-scale solar photovoltaic siting. *Applied Energy*, 288, 116543.
- Van de Griff, E., & Cuppen, E. (2022). Beyond the public in controversies: A systematic review on social opposition and renewable energy actors. *Energy Research & Social Science*, 91, 102749.
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Bürer, M. J. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*, 35(5), 2683–2691.
- Xiao, N., & Murray A. T. (2019). Spatial optimization for land acquisition problems: A review of models, solution methods, and GIS support. *Transactions in GIS*, 23, 645–671.