

Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung von lokalen Energieszenarien

Lokale Energiesysteme der Zukunft

Gemeinden, die ihren Beitrag für ein nachhaltiges Energiesystem leisten wollen, müssen ihre Optionen anhand einer Reihe von Nachhaltigkeitskriterien abwägen. Eine partizipative Bewertung von Energieszenarien kann als innovatives Instrument dazu beitragen.

Von Lisa Bohunovsky, Reinhard Madlener, Ines Omann, Martin Bruckner und Sigrid Stagl

Die steigende Abhängigkeit der Europäischen Union von fossilen Energiequellen aus politisch instabilen Regionen (Europäische Kommission 2001) und die Tatsache der Klimaveränderung lassen auch in Österreich immer wieder den Ruf nach einer regionalisierten Energieversorgung auf Basis effizienter Wandlertechnologien und regenerativer einheimischer Energieträger laut werden. Eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen wird zwar auf politischer Ebene angestrebt und der absolute Beitrag der Regenerativen nimmt in Österreich zu (Europäische Kommission 2001, BMLFUW 2002, Sedmidubsky/Lutter 2003). Dennoch steigt die prozentuelle Abhängigkeit von fossilen Energieträgern infolge des starken Anstieges des Energieverbrauchs weiter an. Initiativen zur stärkeren Nutzung von erneuerbaren Energiequellen auf lokaler und regionaler Ebene bieten eine Möglichkeit, vorhandene Entwicklungsalternativen aufzuzeigen. Die Bewertung anhand von Nachhaltigkeitskriterien gewährleistet zudem eine umfassende Analyse der zu erwartenden Auswirkungen des Einsatzes von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien (EET).

Dieser Beitrag zeigt eine wissenschaftlich fundierte Methode auf, um Energieszenarien auf lokaler Ebene zu entwickeln, anhand von Nachhaltigkeitskriterien in partizipativer Weise zu bewerten und die Ergebnisse des gesamten Prozesses darzustellen. Anhand der im Rahmen einer Fallstudie gesammelten Erfahrungen werden Schlussfolgerungen zum Ablauf des Evaluierungsprozesses und der Eignung der eingesetzten Methode gezogen.

Die Fallstudie wurde im Rahmen des vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanzierten Projektes „Assessment of Renewable Energy Technologies on Multiple Scales – a Participatory Multi-Criteria Approach“ (ARTEMIS) vom Sustainable Europe Research Institute (SERI) in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich (CEPE) und der Universität Sussex (SPRU) durchgeführt (1).

Die Fallstudie wurde für zwei kleine Gemeinden in der Oststeiermark, Raabau mit 558 Einwohnern und Lödersdorf mit 678 Einwohnern, durchgeführt. Beide sind von einem hohen Pendleranteil und einem relativ hohen Bevölkerungswachstum geprägt. Die beiden Gemeinden kooperieren seit Jahren erfolgreich und effizienzfördernd in vielen Verwaltungsbereichen. Beide Bürgermeister(innen) haben sich den Ausbau der erneuerbaren Energien zum Ziel gesetzt.

Auf ihrem Weg in Richtung eines verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energien wurden den Gemeinden durch das Projekt ARTEMIS Entscheidungshilfen zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig wurde eine Methodik entwickelt, die der Komplexität der Thematik gerecht wird. Die Fallstudie wurde in Kooperation mit der Lokalen Energieagentur Oststeiermark im Rahmen des Programms „Energierregion Oststeiermark“ durchgeführt (2). Sie diente außerdem als Vorbereitung der Gemeinden für die angestrebte Qualifizierung im Rahmen des Programms e5 (3).

Im folgenden Abschnitt werden die in der Fallstudie verwendeten Methoden der Szenarienentwicklung, der Multikriterienanalyse und der partizipativen Workshops dargestellt. Abschnitt 2 beschreibt die Szenarien, die Bewertungskriterien, deren Gewichtung sowie die Auswirkungen der Szenarien auf die Kriterien. Die Ergebnisse der Bewertung werden im Abschnitt 3 vorgestellt und interpretiert. In Abschnitt 4 werden Schlussfolgerungen bezüglich der erzielten Ergebnisse und des gesamten Prozesses gezogen.

Szenarien und partizipative Bewertung

Die Entwicklung von Energieszenarien ist eine gebräuchliche Vorgangsweise, um mit Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Energieversorgung umzugehen. Sie sind keine Zukunftsprognosen, sondern zeigen einen Optionenraum für die zukünftige Energieversorgung auf. Energieszenarien sind meist auf globaler oder nationaler Ebene angesiedelt. (Shell 2005, IEA 2003, Kratena/Schleicher 2001) Hier soll gezeigt werden, dass sie auch auf lokaler Ebene interessante Möglichkeiten bieten, um Handlungsoptionen aufzuzeigen und zu bewerten.

Ein systematisches Streben nach Nachhaltigkeit erfordert das Adressieren komplexer Probleme. Die entsprechenden Situationen sind durch die Existenz von verschiedenen und oft widersprüchlichen Zielen, einer unsicheren Datenlage, unvollständigen Informationen und dem Vorhandensein unterschiedlicher Präferenzen gekennzeichnet. Die Multikriterienanalyse ermöglicht es, Stakeholder beim Erörtern komplexer Probleme →

„Durch die Workshops konnte bei den betroffenen Bürgern ein Diskussionsprozess in Gang gesetzt werden, der die Auswirkungen von Szenarien anstatt von Einzelmaßnahmen bewusst macht.“

zu unterstützen. Sie bedient sich mathematischer Algorithmen und unterstützender Software, um die vorhandene Information zu bündeln, zu aggregieren und eine Reihung der betrachteten Alternativen, hier lokaler Energieszenarien, vorzuschlagen (4). Dabei ist die gleichzeitige Verwendung qualitativer und quantitativer Informationen möglich. Die Variation der Kriteriengewichte und der zugrunde liegenden mathematischen Präferenzfunktionen erlaubt eine Sensitivitätsanalyse der Ergebnisse im Hinblick auf deren Robustheit.

Die Partizipation der Betroffenen erhöht die Relevanz, Akzeptanz und Glaubwürdigkeit der Nachhaltigkeitsforschung und lässt das Wissen und die Wünsche der Betroffenen in wissenschaftlich basierte Entscheidungs- und Evaluierungsprozesse einfließen (Siebenhüner 2004, O’Riordan 2000, Funtoicz/O’Connor 1999). In die Fallstudie wurden einerseits lokale Energieexpert(inn)en und andererseits im Rahmen von vier Workshops Bürger(innen) der beiden Gemeinden einbezogen. Vertiefende Interviews fanden als Vorbereitung der Workshops und als Ergänzung zur Datenerhebung und Modellierung statt.

Energieszenarien in der Fallstudie

Im Rahmen der lokalen Fallstudie wurden für Raabau und Lödersdorf zwischen Mai und November 2005 vier Energieszenarien entwickelt. Die Szenarien beschreiben die Art der Strom- und Wärmeerzeugung in den Gemeinden für das Jahr 2020 und zeigen Möglichkeiten auf, wie entweder durch Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz eine Reduktion des Energiebedarfs oder durch eine stärkere Nutzung erneuerbarer Energieträger ein zukunftsfähigeres Energiesystem erreicht werden kann.

Die Stoßrichtung der Energieszenarien wurde zuerst vom Projektteam grob skizziert, anschließend mit lokalen und regionalen Energieexpert(inn)en diskutiert und in der Folge adaptiert und konkretisiert. Ausgangspunkt der Überlegungen war dabei die Variation der folgenden Faktoren:

- Konzentration auf zentrale versus dezentrale Energiebereitstellung: Zentral sind Anlagen, die für mehrere Häuser Energie bereitstellen und im Eigentum einer Genossenschaft, Gemeinschaft oder ähnlicher Institutionen stehen. Dezentrale

Anlagen sind im Gegensatz dazu auf einen einzelnen Haushalt beschränkt.

- Konzentration auf Strom- versus Wärme-EET: Alle Szenarien beinhalten zwar sowohl Strom- als auch Wärme-EET, es erfolgte jedoch eine Schwerpunktsetzung auf jeweils eine der beiden Energieformen.
- Starke versus moderate Anstrengungen der Gemeinden zur Erhöhung der Energieeffizienz und Umsetzung umfangreicher Energiesparmaßnahmen: Dieser Parameter wurde durch die Sanierungsrate (0,5 Prozent beziehungsweise 2 Prozent jährlich basierend auf dem Häuserbestand von 2005), den angenommenen Energiestandard der abzusehenden Neubauten (Passivhäuser versus Niedrigenergiehäuser) und die jährliche Zuwachsrate des Stromverbrauchs (2 Prozent beziehungsweise 0 Prozent jährlich) in die Quantifizierung mit einbezogen.

Die Quantifizierung der Szenarien erfolgte auf Basis der Gebäude- und Häuserzählung 2001 sowie der kommunalen Energiegesamtrechnung von Zelle/Schechtner (2004). Ergebnis des Szenarienentwicklungsprozesses waren vier Szenarienbeschreibungen für das Jahr 2020 in Form kurzer Narrative, die Darstellung des jeweiligen Gesamtenergiebedarfs und des Anteils erneuerbarer Energie, sowie eine Beschreibung der eingesetzten Wärme- und Strom-EET. Die Titel geben die Stoßrichtung der vier Szenarien wieder: Erstens Stromproduktion auf Basis erneuerbarer Energien, zweitens erneuerbare Energie aus kleinen privaten Anlagen, drittens Reduktion des Energieverbrauchs und erneuerbare Energie von großen Betreibergesellschaften sowie viertens Reduktion des Energieverbrauchs und Wärme (EET) aus kleinen Anlagen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kennzahlen. Eine detailliertere Beschreibung der Szenarien findet sich in Bohunovsky et al. (2007).

Multikriterielle Bewertung

Die Bewertung der Szenarien erfolgte anhand von 15 Nachhaltigkeitskriterien, welche mit Entscheidungsträger(inne)n und Vertreter(inne)n der Bevölkerung aus den Gemeinden im Rahmen eines Workshops entwickelt wurden. Diese Kriterien spiegeln jene Anforderungen wider, die die Bevölkerung an ein nachhaltiges Energiesystem stellt und umfassen sowohl Umwelt- als auch ökonomische und soziale Kriterien. Bei der Operationalisierung durch Indikatoren wurden nach Möglichkeit quantitative Daten verwendet. Wo diese nicht vorhanden oder mit zu hoher Unsicherheit behaftet waren, wurde eine qualitative Bewertung auf Basis von Literaturquellen und der Befragung von Expert(inn)en und Bürger(inne)n durchgeführt. Die Bewertung der ökologischen Kriterien erfolgte unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus der EET mithilfe der Datenbanken GEMIS Österreich und Deutschland (Umweltbundesamt 2005, Ökoinstitut 2005).

Ein Überblick über die Kriterien, ihre Messung und ihre dem Gruppenkonsens entsprechende Gewichtung findet sich in Bohunovsky et al. (2007). Die Kriterien wurden im Rahmen eines

weiteren Workshops durch Entscheidungsträger(innen) und Bürger(innen) aus Lödersdorf und Raabau nach ihrer Wichtigkeit gereiht. Im Workshop gelang es, mittels einer spielorientierten Methode eine von der gesamten Gruppe akzeptierte Reihung der Kriterien auszuarbeiten. Zusätzlich reichten die Teilnehmer(innen) die Kriterien auch individuell. Die Reihungen der Kriterien wurden mittels der Simos-Methode in eine prozentuelle Gewichtung der Kriterien umgerechnet (Figueira/Roy 2002).

Die Evaluierungsmatrix stellt die Auswirkungen der vier Szenarien auf die jeweiligen Kriterien und Indikatoren dar, so zum Beispiel Kohlendioxid-Emissionen 2020 je Szenario und Arbeitsplätze im Energiesektor 2020 je Szenario. Die Matrix ist damit das Kernstück der Multikriterienanalyse. Die Daten beziehen sich nur auf den erneuerbaren Anteil der Energiebereitstellung und des Energieverbrauchs. Folglich können sie nur zur Bewertung der Szenarien beziehungsweise zum Vergleich des in den Szenarien verwendeten Technologiemixes herangezogen werden. Sie stellen keinen absoluten Vergleich dar und können auch nicht zur vergleichenden Bewertung von erneuerbarer versus fossiler Energienutzung verwendet werden. Diese Herangehensweise erschien insofern legitim, als das Ziel, den erneuerbaren Anteil der Energie zu erhöhen, in den Gemeinden von vornherein fest stand. Die Ergebnisse dienen also primär der Klärung der Frage, auf welche Weise und durch die Förderung welcher Technologien dieses Ziel erreicht werden soll.

Ergebnis und Diskussion

Das Ergebnis der multikriteriellen Bewertung war eindeutig: Szenario 4, das sich auf die zwei Grundpfeiler umfassende Reduktion des Energieverbrauchs und Förderung von kleinen, privaten Anlagen auf Basis erneuerbarer Energie stützt, erfüllt

in der Summe die gestellten Anforderungen am besten (siehe Tabelle 1).

Sensitivitätsanalysen durch Variation der Gewichte, nach Individualgewichtungen der einzelnen Teilnehmer(innen), höhere Gewichtung der Kriterien Kosten und Regionale Wertschöpfung und bestimmter Kriteriengruppen zeigten eine hohe Robustheit des primären Ergebnisses.

Infolge der vergleichsweise negativen Umweltauswirkungen der gewählten Biogastechnologie, Stromerzeugung aus Klärgas mit Maissilage als Kosubstrat, wurden die betroffenen Szenarien 1 und 3 meist schlechter gereiht. Um die Möglichkeit einer Veränderung des Ergebnisses durch Veränderung der Technologien zu demonstrieren, wurden für eine weitere Sensitivitätsanalyse Alternativszenarien entwickelt, und zwar einerseits durch Einsatz einer Biogasanlage auf Basis von Gülle anstatt Mais und andererseits durch teilweise Nutzung der entstehenden Abwärme. Die Analyse zeigte deutlich, dass die angepassten Szenarien besser mit den postulierten Zielen der Gemeindegänger(innen) übereinstimmen.

Der Anteil erneuerbarer Energie, der in den Szenarien für 2020 erreicht wird, variiert zwischen 64 und 81 Prozent des Gesamtbedarfs an Strom und Wärme. In der Evaluierungsmatrix wird nur der Anteil der EET betrachtet. Daher sind die Auswirkungen der Bereitstellung der jeweiligen Differenz auf 100 Prozent auf die 15 in dieser Analyse untersuchten Kriterien nicht berücksichtigt. Für eine ganzheitliche Betrachtung genügt es daher nicht, das Ergebnis der Multikriterienanalyse zu berücksichtigen, sondern es müssen auch die Auswirkungen des gesamten Energieeinsatzes sowie die Konsistenz mit bestehenden Förderprogrammen in Betracht gezogen werden. So sind die Szenarien mit dem höchsten Anteil erneuerbarer Energie bezüglich ihrer Treibhausgasemissionen besser zu bewerten als durch die Evaluierungsmatrix deutlich wird. Auch wenn dies →

Tabelle 1: Kennzahlen der vier Energieszenarien (Werte gerundet auf ganze Zahlen)

| Szenarien 2020 | Szenario 1 | Szenario 2 | Szenario 3 | Szenario 4 |
|---|---|--|---|---|
| Titel | „Stromproduktion auf Basis erneuerbarer Energien“ | „Erneuerbare Energie aus kleinen privaten Anlagen“ | „Reduktion des Energieverbrauchs und erneuerbare Energie von großen Betriebsgesellschaften“ | „Reduktion des Energieverbrauchs und Wärme (EET) aus kleinen Anlagen“ |
| Schlüsseltechnologien Strom aus EET | Biogasanlage, Photovoltaik und Kleinwasserkraft | nur bestehende Photovoltaikanlage | Biogasanlage, bestehende Photovoltaik | nur bestehende Photovoltaikanlage |
| Schlüsseltechnologien Wärme aus EET | kleine private Anlagen | kleine private Anlagen | vor allem größere Anlagen | kleine private Anlagen |
| Gesamtenergiebedarf [TerraJoule] | 47 | 47 | 41 | 41 |
| Anteil erneuerbare Energie* [%] | 64 | 67 | 81 | 74 |
| Wärmeproduktion aus EET [TerraJoule] | 21 | 27 | 27 | 27 |
| Stromproduktion aus EET [TerraJoule] | 19 | 0 | 13 | 0 |

* inkludiert auch den Anteil erneuerbarer Energie aus dem Netz (47%); in Szenario 1 und 3 ist Strom aus erneuerbaren Quellen mit 100% gedeckelt.

Quelle: Eigene Darstellung

nicht explizites Thema der Studie war, so konnte den Entscheidungsträger(inne)n damit doch die Bedeutung einer Erhöhung der Energieeffizienz gezeigt werden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Multikriterienanalyse wurden den lokalen Entscheidungsträger(inne)n im November 2005 präsentiert und fließen nun in die Entscheidungsprozesse im Rahmen des e5-Prozesses ein. Die wissenschaftlich gestützte Herangehensweise an diesen Prozess wurde im Rahmen des Projektes ARTEMIS erstmals erfolgreich erprobt.

Insgesamt zeigt die durchgeführte lokale Fallstudie, wie das sehr komplexe Thema der nachhaltigen Energieversorgung mit betroffenen Bürger(inne)n auf eine sozialwissenschaftlich fundierte Weise adressiert werden kann und wie auf lokaler Ebene Entscheidungshilfen zur Verfügung gestellt werden können. Neben der Tatsache, dass ein konstruktiver Diskussionsprozess in Gang gesetzt wurde, konnte durch die Szenarienbildung der Handlungsspielraum geöffnet und bewusst gemacht werden. Den Entscheidungsträger(inne)n und Bürger(inne)n wurden die Auswirkungen von Szenarien anstatt von Einzelmaßnahmen vorgestellt. Dadurch konnten Effekte des lokalen Handelns aufgezeigt werden, ohne die Abhängigkeit von größeren Systemen in den Vordergrund zu rücken. Das Potenzial der Methode könnte noch erhöht werden, wenn es gelänge, den in der Praxis unvermeidbaren Unzulänglichkeiten (bezüglich Repräsentativität der Workshop-Teilnehmer(innen), Verfügbarkeit geeigneter Daten, intensiverer Einbeziehung von Energieexpert(inne)n, Gesamtbetrachtung fossiler und erneuerbarer Energiequellen) entgegenzuwirken.

Die Verwendung einer integrierten, prozessorientierten Bewertungsmethode basierend auf multiplen Zielen und partizipativen Elementen stellt, wie sich gezeigt hat, eine Erfolg versprechende Methode für die Entscheidungsfindung auf dem Weg in Richtung einer nachhaltigeren Energieversorgung dar.

Anmerkungen

- (1) FWF Projektnummer: P16734-G04. Website: www.project-ardemis.net
- (2) Die „Energierregion Oststeiermark“ unter der Trägerschaft des Regionalmanagement Oststeiermark umfasst fünf Bezirke und will europäische „Musterregion für Erneuerbare Energie und Energieeffizienz“ werden.
- (3) „e5“ ist ein Programm zur Qualifizierung und Auszeichnung von Gemeinden, die durch den effizienten Umgang mit Energie und die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energieträgern einen Beitrag zu einer zukunftsverträglichen Entwicklung unserer Gesellschaft leisten wollen. Website: www.e5-gemeinden.at
- (4) Im Projekt wurde die Software Decision Lab™ eingesetzt, die auf Basis der Methode „PROMETHEE“ einen paarweisen Vergleich der Optionen durchführt und als Ergebnis eine Reihung der Optionen liefert (Brans und Mareschal, 1990).

Literatur

Bohunovsky, L. / Omann, I. / Bruckner, M.: Partizipative Entwicklung von Schwerpunkten und Handlungsfeldern im Einsatz von Technologien zur Nutzung von Erneuerbaren Energien der e5-Gemeinde Raabau-Löders-

- dorf. SERI Studies 6. Wien 2007. Download unter http://www.seri.at/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=128&Itemid=39
- Brans, J.-P. / Mareschal, B.: The PROMETHEE Methods for MCDM; the PROMCALC, GAIA and Bankadvisor Software. In: Bana e Costa, C. A. (Ed.): Readings in Multiple Criteria Decision Aid. Berlin 1990. S. 216-252.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft): Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyotoziels. Klimastrategie 2008/2012. Wien 2002.
- Europäische Kommission: Energie für die Zukunft - Erneuerbare Energieträger. Weissbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan. Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Brüssel 1997.
- Europäische Kommission: Grünbuch: Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit. Europäische Gemeinschaften. Luxemburg 2001.
- Figueira, J. / Roy, B.: Determining the Weights of Criteria in the ELECTRE Type Methods with a Revised Simos' procedure. European Journal of Operational Research 139/2002. S. 317-326.
- Funtowicz, S. / O'Connor, M. (Eds.): Science for sustainable development. Special issue of International Journal of Sustainable Development 2, 3/1999.
- Hain, J.J. et al.: Additional renewable energy growth through small-scale community oriented energy policies. Energy Policy 33/2005. S. 1199-1212.
- IEA: Energy to 2050 - Scenarios for a Sustainable Future. IEA/OECD. Paris 2003.
- Kratena K. / Schleicher S.: Energieszenarien bis 2020, Studie im Auftrag des BMWA und BMLFUW, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. Wien 2001.
- Ökoinstitut: Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS) Version 4.3 (<http://www.oeko.de/service/gemis/en/index.htm>). Institute for Applied Ecology e.V., Freiburg/Darmstadt, 2005.
- O'Riordan, T.: Environmental science on the move. In: O'Riordan, T. (Ed.) Environmental Science for Environmental Management. Harlow 2000. S. 1-27.
- Shell International Limited (SIL): Shell Global Scenarios to 2025. 2005.
- Sedmidubsky, A. / Lutter, E.: Daten zu erneuerbarer Energie in Österreich. Im Auftrag des Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Energieverwertungsagentur, Wien 2003.
- Umweltbundesamt: GEMIS. Globales Emissionsmodell integrierter Systeme. Version 4.2. Wien 2005.
- Zelle, K. / Schechtner O.: Energie Gesamt Rechnung. Endenergieverbrauch 2000 „Lödersdorf“ und „Raabau“. Verbrauchsstrukturen aus zusammengefassten Daten von statistikbasierten EGR-Modellrechnungen für alle Gemeinden des Bundeslandes Steiermark. Graz 2004.

AUTORINNEN + KONTAKT

Mag. Lisa Bohunovsky und Bakk. Martin Bruckner sind wissenschaftliche Mitarbeiter, **Dr. Ines Omann** ist Senior Researcher bei der SERI Nachhaltigkeitsforschungs- und -kommunikations GmbH, Wien.

SERI, Garnisongasse 7/27, 1090 Wien.
Tel.: +43-1-96907280, E-Mail: lisa.bohunovsky@seri.at,
ines.omann@seri.at

Dr. Reinhard Madlener ist Oberassistent am Centre for Energy Policy and Economics der ETH Zürich und Lehrbeauftragter der Universität Zürich.

CEPE, ETH Zürich, Zürichbergstr. 18, 8032 Zürich.
Tel.: +41-44-6320652, E-Mail: RMadlener@ethz.ch

Dr. Sigrig Stagl, Science and Technology Policy Research, Freeman Centre, University of Sussex, Brighton, East Sussex, BN1 9QE, UK.

Tel.: +44/1273872784, E-Mail: s.stagl@sussex.ac.uk



(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.