

Neue Wege der integrierten Bewertung von nationalen Energieszenarien für Österreich

Katharina Kowalski,¹ Reinhard Madlener,² Sigrid Stagl¹

¹ SPRU - Science and Technology Policy Research, University of Sussex, Sussex House, Brighton, BN1 9RH, United Kingdom, +44-1273-606755, kowalski@env.leeds.ac.uk bzw. s.stagl@sussex.ac.uk, www.sussex.ac.uk/spru

² Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), Department of Management, Technology, and Economics, ETH Zürich, Zürichbergstrasse 18 (ZUE E), 8032 Zürich, +41-44-632 06 52, rmadlener@ethz.ch, www.cepe.ethz.ch

Kurzfassung: Dieser Beitrag zeigt auf, wie nationaler Szenarien zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energie in Österreich bis 2020 partizipativ entwickelt und bewertet werden können. Er ist Teil des FWF-Forschungsprojektes „ARTEMIS“. Durch Kombination von Szenarienentwicklung, Multikriterien-Analyse und eines partizipativen Prozesses mit InteressensvertreterInnen auf der nationalen Ebene werden mittelfristig denkbare Entwicklungspfade des Energiesystems in Österreich untersucht und anhand ökonomischer, sozialer und ökologischer Auswirkungen und ermittelter sozialer Präferenzen evaluiert.

Keywords: Partizipative Multikriterienanalyse, Energieszenarien, Erneuerbare Energie

1 Einleitung

Das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung steht seit vielen Jahren im Brennpunkt der österreichischen Energiepolitik. Eine stetige Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger zählt dabei neben der rationellen Nutzung von Energie zu den zentralen Strategien zur Erreichung dieses Zieles.

In diesem Beitrag stellen wir die Entwicklung und Bewertung von nationalen Szenarien über die Nutzung erneuerbarer Energieträger in Österreich bis 2020 vor. Diese Szenarien und ihre Bewertung sind Ergebnisse des FWF-Forschungsprojektes „ARTEMIS“ („Evaluierung erneuerbarer Energietechnologien auf lokaler und nationaler Ebene – ein partizipativer Multikriterien-Ansatz“; www.project-artemis.net), welches seinerseits auf theoretischen und empirischen Vorarbeiten von Madlener und Stagl (2001, 2005) bzw. Kowalski (2002) auf der Ebene einzelner Technologien aufbaut. Das Projekt hat zum Ziel, einen substantiellen neuen Beitrag zur laufenden Diskussion über die sinnvolle Forcierung der Nutzung von erneuerbarer Energie zur Strom- und Wärmegewinnung in Österreich zu leisten. Durch die Kombination von Szenarienentwicklung, einer Multikriterien-Analyse und eines partizipativen Prozesses werden mögliche mittelfristige Entwicklungspfade des Energiesystems in Österreich untersucht und im Rahmen des ebenfalls partizipativen Prozesses anhand der ausgewiesenen ökonomischen, sozialen und ökologischen Konsequenzen sowie der ermittelten sozialen Präferenzen bewertet.

Zwei grundlegende Annahmen bilden den Ausgangspunkt des Projektes ARTEMIS:

(1) Die inhaltliche Kooperation von WissenschaftlerInnen und InteressensvertreterInnen ist zentral, um Fortschritte in Richtung eines nachhaltigeren Energiesystems zu erzielen. Dazu

wurden Diskussionen und Ergebnisse aus zwei Workshops (18. Mai bzw. 8. Nov. 2005, Durchführung jeweils in Wien) und 25 Interviews mit österreichischen InteressensvertreterInnen im Bereich erneuerbare Energie in die Projektarbeiten (Szenariientwicklung, Erarbeitung der Kriterienliste, Gewichtung der Kriterien) integriert.

(2) Neue methodische Vorgehensweisen sind notwendig, um der Komplexität von energie-strategischen Fragen auf transparente Weise gerecht zu werden. Dazu wurden einerseits fünf exemplarische Szenarien (A – „Schnell und bekannt“, B – „Wettbewerbsvorteil ausbauen“, C – „Investitionen in die Zukunft“, D – „Biomasse im großen Stil“, E – „Große Wirkung im Kleinen“; vgl. Abschnitt 3) formuliert. Diese zeichnen sich durch einen qualitativen Teil (deskriptive Beschreibung der Szenarien) und durch einen quantitativen Teil (pro Technologie bzw. Technologiefamilie erzeugte Energiemenge) aus. Andererseits wurde eine Multikriterien-Analyse angewandt, um die hohe Komplexität der Auswirkungen der unterschiedlichen Zukunftsentwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien möglichst umfassend bewerten zu können. Ein detailliertes Indikatoren-System, welches in einem partizipativen Prozess entwickelt wurde, stellte den Ausgangspunkt dieser Analyse dar. Ergebnis der Analyse ist die Reihung der Szenarien anhand einer integrierten Bewertung ihrer vielfältigen Auswirkungen.

In unserem Beitrag stellen wir die fünf für Österreich bis 2020 ausgearbeiteten Energieszenarien, ihre Szenarienparameter, die Bewertungskriterien sowie die konkrete Bewertung der Energieszenarien vor. Zudem leiten wir generelle Schlussfolgerungen für die Erarbeitung von Zukunftsperspektiven für eine nachhaltige Energiewirtschaft ab und streichen dabei insbesondere die Rolle einer partizipativen Szenariengenerierung in Diskussions- oder Entscheidungsprozessen heraus.

2 Methodik

2.1 Allgemeine Vorbemerkungen und Projektablauf

Der zentrale innovative Aspekt des Forschungsprojektes ARTEMIS besteht darin, wissenschaftliche Arbeit des ARTEMIS-Teams und anderer ExpertInnen mit dem Wissen und den Präferenzen gesellschaftlicher InteressensvertreterInnen zu ergänzen und explizit und möglichst transparent in die Resultate des Forschungsprojektes einfließen zu lassen. Das Projekt greift auf zwei verschiedenen Ebenen an (national und lokal), wobei der hier beschriebene Teil sich auf die nationale Ebene konzentriert, während der Beitrag von Bohunovsky et al. (dieser Tagungsband) auf die lokale Ebene fokussiert ist.

Abbildung 1 liefert einen Grobüberblick über die einzelnen Elemente des Projektablaufs (mit Schwerpunkt auf dem partizipativen Teil des Projektes). Daraus wird ersichtlich, dass als Erstes verschiedene Szenarien entwickelt und eine Liste von (ökonomischen, ökologischen und sozialen) Evaluationskriterien festgelegt wurden. Zusätzlich wurden Daten gesammelt und eine (partizipative und individuelle) Gewichtung der Kriterien durch die InteressensvertreterInnen vorgenommen. Mit diesen Inputs wurde eine Evaluierungsmatrix erstellt, welche zu einer Präferenzreihung der Szenarien führte. Aus dieser Reihung heraus wurden sodann Vorschläge für konkrete politische Maßnahmen abgeleitet.

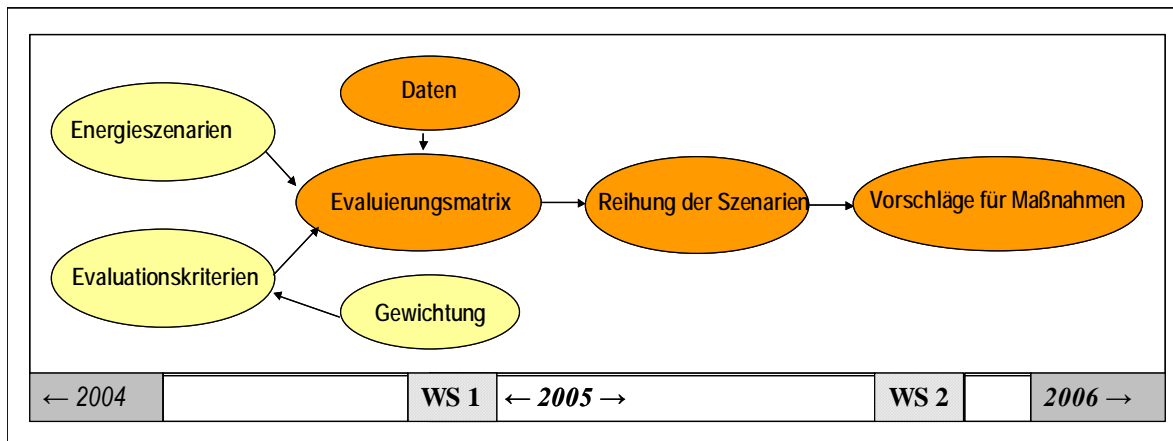


Abb. 1. Projektablauf-Skizze

2.2 Multikriterien-Analyse

Mittels der Multikriterien-Analyse ist es möglich, Alternativentwicklungen hinsichtlich einer Vielzahl von Gesichtspunkten zu vergleichen und zu bewerten. Die Multikriterien Analyse ist im allgemeinen eine Methode zur Entscheidungsunterstützung, bzw. –findung und wurde im speziellen auch schon international auf energiepolitischen Fragen angewandt. (Haldi, 2000) In diesem Fall wurden fünf erneuerbare Energie Szenarien für Österreich hinsichtlich 20 ökonomischer, sozialer und ökologischer Kriterien verglichen. Es handelt sich bei den Kriterien um sowohl quantitative als auch qualitative Größen wie z.B. Klimawirksamkeit, Selbstbestimmtheit, betriebswirtschaftliche Kosten. Als Ergebnis des paarweisen Vergleichs bei der angewandten Methode, Promethee (Brans und Mareschal, 1990), entsteht eine Reihung der Szenarien. Als zusätzliche Funktionen spielen (1) die Gewichtungen und (2) die Präferenzfunktionen eine besondere Rolle, um einerseits die sozialen Präferenzen und andererseits Unsicherheiten zu integrieren.

2.3 Szenarienentwicklung und -analyse

Szenarien dienen dazu, ein Bild der Zukunft zu entwerfen. Sie stellen eine plausible Beschreibung der Entwicklung der Zukunft dar, welche auf einem kohärenten und intern konsistenten Satz von Annahmen („Szenarienlogik“) über die Schlüsselbeziehungen und treibenden Kräfte beruht (Definition des Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC). Unter Szenarienanalyse versteht man ein methodisches Verfahren, um zukünftige Probleme zu identifizieren und um mit Hilfe von Szenarien, deren Vergleich und der Bewertung ihrer Konsequenzen geeignete Lösungen vorzuschlagen. Eine Hauptaufgabe der Szenarienanalyse ist es, alternative Zukunftspfade auszuarbeiten. In der Energieforschung und –politik stellen Energieszenarien ein beliebtes Vehikel dar, um denkbare (nicht notwendigerweise realistische bzw. wahrscheinliche!) zukünftige Entwicklungen darzustellen (z.B. IEA, 2003a; Shell, 2005).

In ARTEMIS wurden ebenfalls Szenarien eingesetzt, und zwar exemplarischer Natur. Sie ermöglichen es einerseits, verschiedene Akzente in der möglichen Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energieträger in Österreich zu setzen und so quasi den Optionenraum ergründen zu können. Andererseits dienen sie als „Kommunikations-Tool“, um innerhalb des Projektteams und in Interaktion mit ExpertInnen und InteressensvertreterInnen Dimensionen und innere Zusammenhänge der zukünftigen Nutzung der erneuerbaren Energieträger dar-

stellen und diskutieren zu können (kreativer Umgang mit Unsicherheit, Überlegungen anregen zu Alternativen des „Business as Usual“-Szenarios usw.).

2.4 Workshops und Interviews

Insgesamt wurden zwei Workshops und 25 Interviews mit ExpertInnen durchgeführt.

Der erste Workshop diente zum einen der Diskussion der vom Projektteam entwickelten Szenarien mit InteressensvertreterInnen aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft (z.B. Bundesministerien, Kammern, NGOs) sowie der Einholung von Anregungen für die Weiterentwicklung und Selektion der als besonders relevant bzw. interessant betrachteten Szenarien. Zum anderen diente er dazu, die vom Projektteam mit Hilfe von ExpertInnen-Interviews erarbeiteten Nachhaltigkeitskriterien aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und gemeinsam zu bewerten. Dabei wurde versucht, den unterschiedlichen Perspektiven und Präferenzen der InteressensvertreterInnen so weit wie möglich Rechnung zu tragen.

Wichtigste Ergebnisse aus dem ersten Workshop (7 externe Teilnehmer):

- Die Szenarien müssen adaptiert werden (gemeinsame Überarbeitung während des Workshops – Änderung und Ergänzung einiger Szenarienparameter, Identifikation weiterer Schlüsseltechnologien). Im wesentlichen Beibehaltung der Szenarientitel, aber zusätzlich wird die Beschreibung des Entwicklungspfades anstatt nur der Endpunkte integriert.
- Effizienzmaßnahmen werden im beschreibenden Teil inkludiert.
- Wärme- und Stromszenarien werden zu kombinierten Szenarien zusammengelegt.
- Anteil der Erneuerbaren wird als resultierender Szenarienparameter gesehen. Zusätzliche Parameter: (1) Zeitaspekt (kurz- vs. langfristig), (2) Anforderungen an den institutionellen Wandel, (3) Gesamtsystem-Effizienz (sog. „intelligente“ Energiesysteme vs. Einzeltechnologie-Innovation). Parameter Zentralisierungsgrad findet hohen Zuspruch.
- Exklusivität durch den systematischen Szenarienaufbau („Entweder-Oder-Lösungen“) wird als unbefriedigend empfunden und nachgebessert.
- Reduktion von sechs auf fünf Szenarien.

Ziel des zweiten Workshops war es, die Resultate der integrierten Bewertung (Multikriterien-Analyse) vorzustellen und darüber sowie über den politischen Handlungsspielraum zur Umsetzung dieser Szenarien zu diskutieren. Mit Hilfe der aus dem ersten Workshop (gemeinsame Gewichtung) und aus den durchgeführten Interviews (individuelle Gewichtungen) ermittelten Präferenzen der InteressensvertreterInnen und einer vom Projektteam erarbeiteten Evaluierungsmatrix¹ wurde die Reihung der alternativen Energieszenarien ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass es je nach Zusammenstellung der Gewichtungen zu unterschiedlichen Reihungen kommen kann, sodass die Robustheit der Resultate bezüglich unterschiedlicher Gewichtungskonstellationen ebenfalls von großem Interesse ist. Die Resultate wurden sodann diskutiert und Ansätze zur politischen Umsetzung entwickelt.

¹ Die Evaluierungsmatrix charakterisiert die sozio-ökonomisch-ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Energieszenarien (vom Projektteam unter Beiziehung von Expertenmeinungen erarbeitet).

Wichtigste Ergebnisse aus dem zweiten Workshop (7 externe Teilnehmer, andere Personen als im ersten Workshop):

- Es besteht ein starker Wunsch zur Diskussion der quantitativen Grundlagen der Szenarien, da die Identifikation mit den qualitativen Beschreibungen schwach ausgeprägt war. Nach Diskussion der Datengrundlage und detailliertem Feedback war die Identifikation mit den Szenarien deutlich höher. Da die Teilnehmer neu waren, bestand die Notwendigkeit, die qualitativen Parameter nochmals zu diskutieren.
- Aus Zeitgründen musste die Diskussion der politischen Umsetzung gewisser Szenarien entfallen.
- Bedarf an anwenderfreundlichem Szenarien-Modellierungs-Tool wurde geäußert, bei dem individuell als interessant empfundene Technologie-Kombinationen eingegeben und die Auswirkungen sowie eine Rangierung berechnet werden können.

3 Szenarien

Insgesamt wurden fünf verschiedene Szenarien für eine forcierte Nutzung erneuerbarer Energie entwickelt, die im folgenden kurz skizziert werden sollen. Weitere Details finden sich im Anhang.

- Szenario A: „**Schnell und besser**“ – In diesem Szenario entschließt man sich dazu, diejenigen Technologien in den Mittelpunkt zu stellen, welche geringe spezifische Investitionskosten und eine rasche Kapazitätssteigerung versprechen. Der Bestand an Bioenergie- und Windkraftanlagen wird deutlich ausgebaut, ebenso der Beitrag von Klärgasanlagen. Die Nutzung der Biomasseressourcen wird in einem Masse betrieben, bei dem das einheimische Potential der Biomasse-Reststoffe dafür noch ausreicht. Schlüsseltechnologien: Solarthermie, Biomasse (nur Wärme u. KWK), Windkraft, Klärgas sowie Niedrigenergie-Neubauten.
- Szenario B: „**Wettbewerbsvorteil ausbauen**“ – Bei diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass jene Technologien am stärksten gefördert werden, mit denen man in der Vergangenheit bereits gute Erfahrungen bezüglich Technologieexport gemacht hat.. Nahwärmenetze auf Basis von Biomasse-, Biogas- und solarthermische anlagen werden besonders forciert. Ein wichtiges Ziel ist es, die bei einigen Technolgien bereits errungene Technologieführerschaft zu stärken und weiter auszubauen. Schlüsseltechnologien: Biomasse-Einzelfeuerungen, kommunale Biomasse-KWK, Solarthermie, Geothermie, Kleinwasserkraft, Windkraft, Passivhaus-Komponenten.
- Szenario C: „**Investitionen in die Zukunft**“ – In Szenario C entscheidet man sich für eine langfristige Investitions-Strategie. Der Fokus liegt auf der dezentralen Stromerzeugung und der Förderung zwar investitionsintensiver, aber gleichzeitig besonders zukunftsträchtiger Technologien (z.B. Photovoltaik). Die wachsende Stromnachfrage wird durch den nur langsam steigenden Beitrag der Erneuerbaren nicht vollständig gedeckt, aber es werden zukunftsweisende strukturelle Investitionen in den Gebäudebestand (z.B. Ausstattung öffentlicher Gebäude mit PV) getätigt. Schlüsseltechnologien: Photovoltaik (primär auf Dächern u. Fassaden), multifunktio-

nale Energiezentren, Biogas-Einspeisung, Geothermie, energieeffizientere Energieversorgungssysteme, Passivhäuser (Neubauten) und Althausanierung.

- Szenario D: „**Biomasse im großen Stil**“ – In Szenario D liegt der Hauptfokus auf der erneuerbaren Stromproduktion, wobei die Technologien am stärksten gefördert werden sollen, mit denen in der Vergangenheit gute Erfahrungen gemacht wurden und wo genügend einheimische Ressourcen vorhanden sind. Zentrale Biomasse- und Biogasanlagen (mit od. ohne KWK) werden errichtet; zusätzlich werden größere Windparks gezielt gefördert. Schlüsseltechnologien: Biomasse (insb. KWK), wobei diese auch aus dem gezielten Anbau von Energiepflanzen sowie aus Importen stammt, Biogas (insb. KWK) und Solarthermie.
- Szenario E: „**Große Wirkung im Kleinen**“ – Szenario E schließlich beinhaltet eine Konzentration vor allem auf Technologien zur lokalen Energieversorgung aus Erneuerbaren (Einzelanlagen und Nahwärmesysteme). Wärmepumpen sowie Heizwerke und KWK-Anlagen zur Nutzung fester und gasförmiger Biomasse werden neben der Solarthermie und der Photovoltaik am stärksten gefördert. Schlüsseltechnologien: Biomasse (Einzelanlagen und kommunale KWK-Anlagen mit Nahwärmenetz), Biogas (Einzelanlagen und KWK), Wärmepumpen, Windenergie, Solarthermie, Photovoltaik, Passivhäuser.

Die Aufgabe der Szenarien ist es, einen strukturgebenden Rahmen für die Diskussion zu liefern, wie sich der Optionenraum für die Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energie in Österreich darstellt bzw. eingrenzen lässt. Die von uns gewählte Vorauswahl an Szenarien erhebt dabei in keinsten Weise den Anspruch, den Optionenraum vollständig zu beschreiben. Vielmehr ist es das Ziel, mit den Szenarien in der Diskussion eine bestimmte Palette von Aspekten bzw. Themen ansprechen zu können. Um das zu erreichen, ist es (1) wichtig, dass die Szenarien einen exemplarischen Charakter haben und (2) nicht so wichtig, dass die Szenarien einen hohen Detaillierungsgrad aufweisen.

Wir betrachten Szenarien also als ein Vehikel, um mit Unsicherheiten der zukünftigen Entwicklungen visionär und kreativ umzugehen. Nichtsdestotrotz muss der reale Bezug zur politischen Situation, zu den natürlichen Potenzialen in Österreich und zur bisherigen Marktdiffusion erneuerbarer Energietechnologien in Österreich und im internationalen Kontext hergestellt werden, um mit dem gewählten Ansatz einen relevanten Beitrag für die energiepolitische Diskussion liefern zu können. Die Szenarien bewegen sich damit im Spannungsfeld zwischen „Business-as-usual“ und Vision.

In den folgenden Abbildungen 2 (Wärme) und 3 (Strom) sind die fünf Szenarien zusammengefasst dargestellt (Stand: 30. Nov. 2005), und zwar jeweils bezüglich des absoluten Niveaus der betreffenden erneuerbaren Energietechnologien (linke Seite) sowie ihres zusätzlichen Beitrages bezogen auf die angenommene Referenzentwicklung (rechte Seite). Die Referenzentwicklung wurde aus vorhandenen Szenarien (z.B. Haas et al., 2001; Kratena und Schleicher, 2001) sowie diversen Sekundär-Statistiken (z.B. Neubarth und Kaltschmitt, 2000, Haberl et al, 2002) abgeleitet.

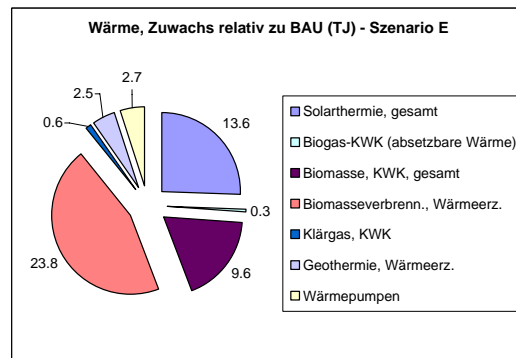
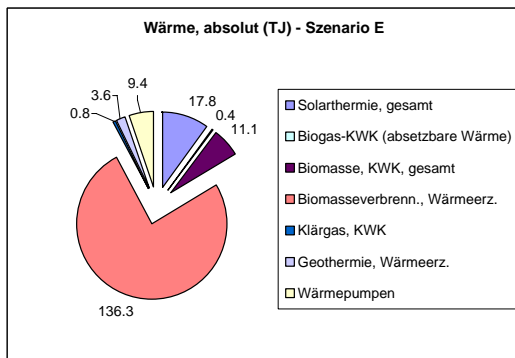
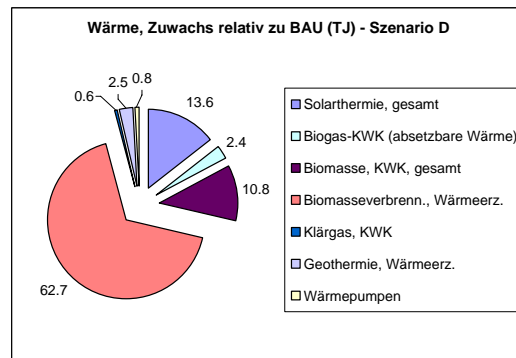
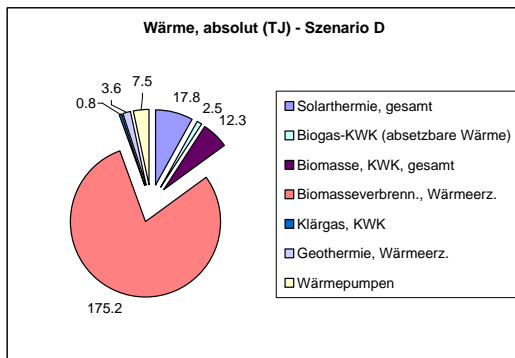
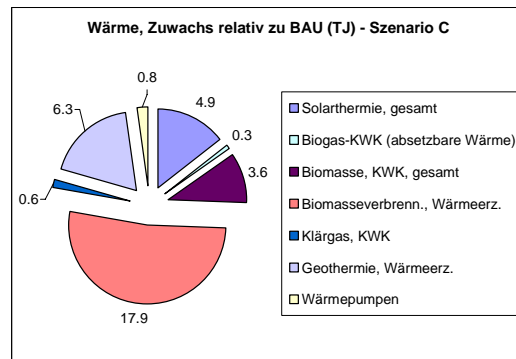
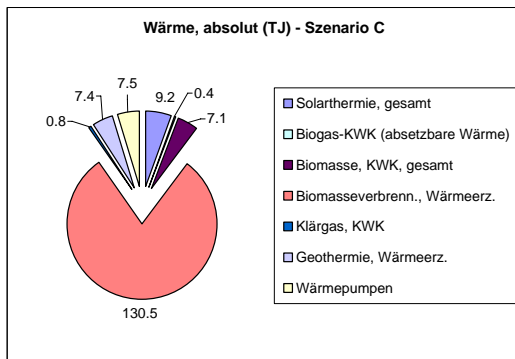
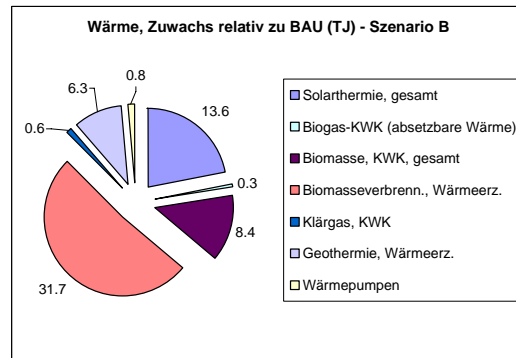
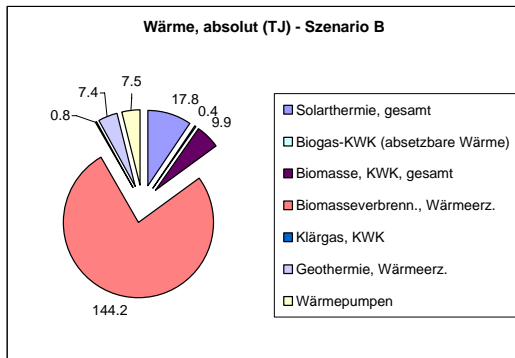
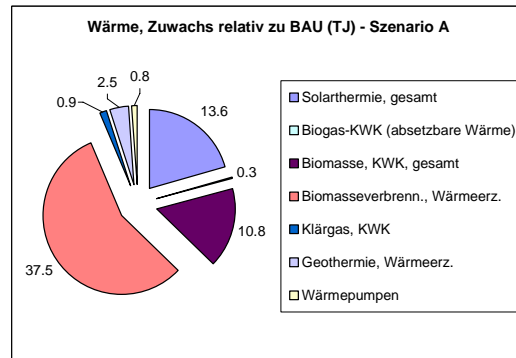
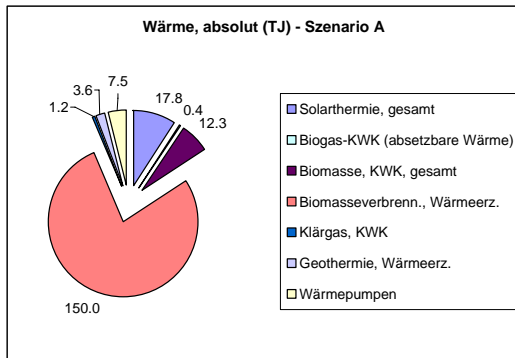


Abb. 2. Zusammenfassung der Szenarien A–E: Wärme aus Erneuerbaren (in TJ) (Stand: 30.11.05)

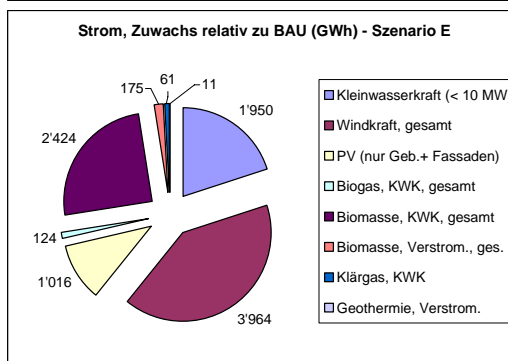
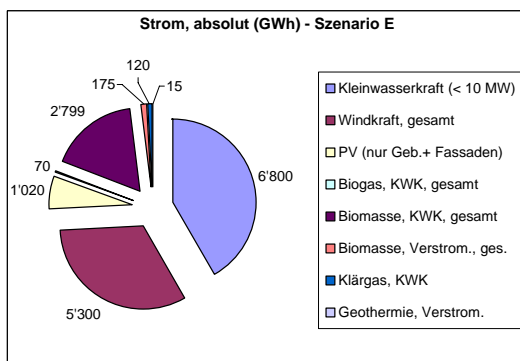
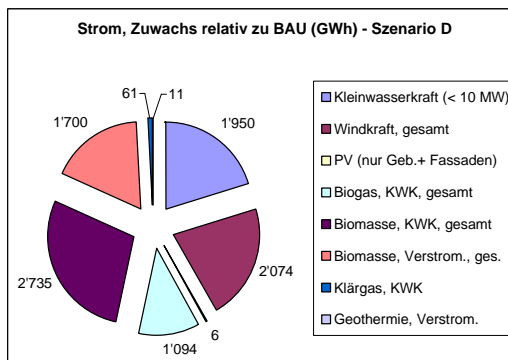
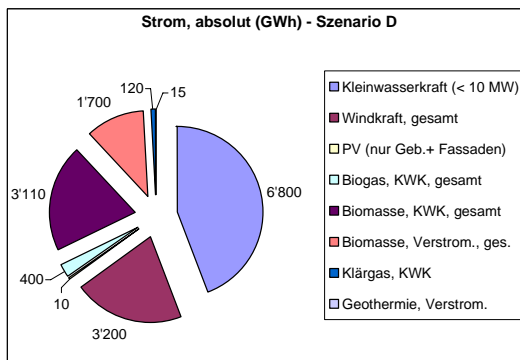
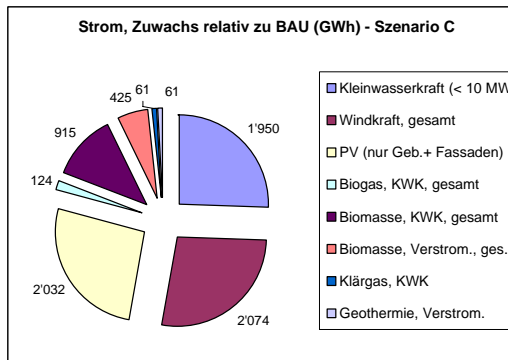
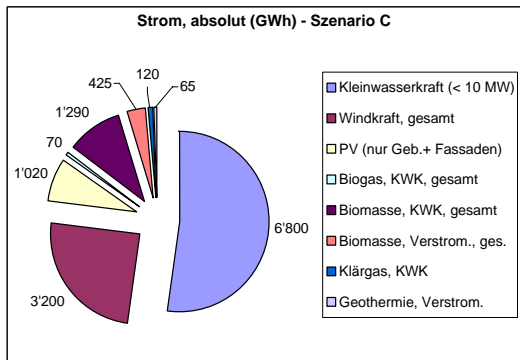
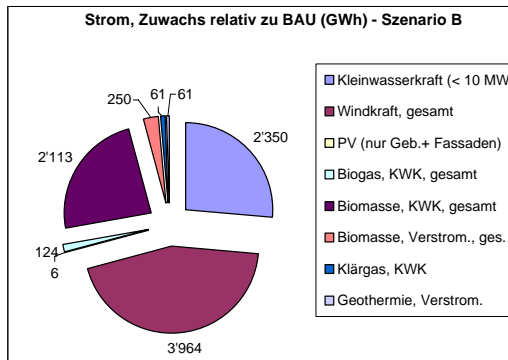
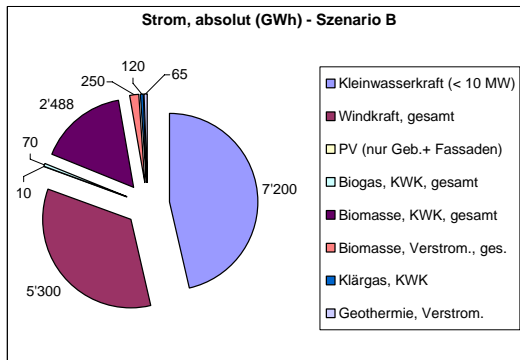
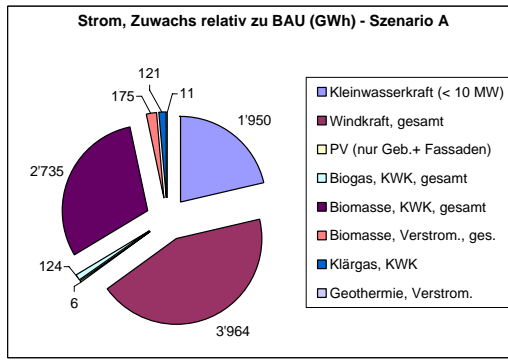
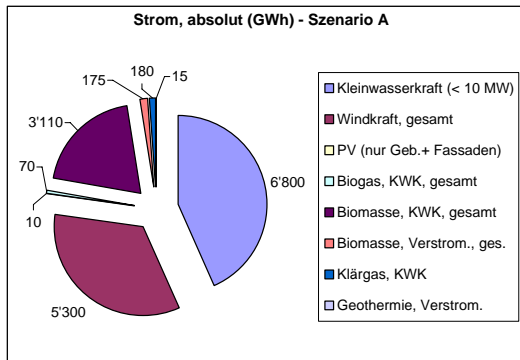


Abb. 3. Zusammenfassung der Szenarien A–E: Strom aus Erneuerbaren (in GWh) (Stand: 30.11.05)

4 Szenarienbewertung

Die Bewertung der einzelnen Szenarien erfolgt durch eine Multikriterien-Analyse. Diese ergibt durch Gewichtungen durch die InteressensvertreterInnen bzw. ExpertInnen eine Reihung. Abb. 4 zeigt beispielhaft eine solche Reihung, die mit der Software PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation; vgl. Brans und Mareschal, 1990) erstellt wurde (Anm.: die Auswertung der Reihungen im ARTEMIS-Projekt ist noch nicht abgeschlossen). Die $\Phi+$ und $\Phi-$ geben die Präferenzordnung wieder (Alternativen mit höherem $\Phi+$ und mit niedrigerem $\Phi-$ werden bevorzugt). Die Darstellung ist so zu interpretieren, dass Szenario C in unserem Beispiel die höchste Reihung erhalten hätte und Szenario D die niedrigste. Szenarien B und E werden als relativ gleichwertig betrachtet; Szenario A wird schlechter als B und E, aber besser als D gewertet.

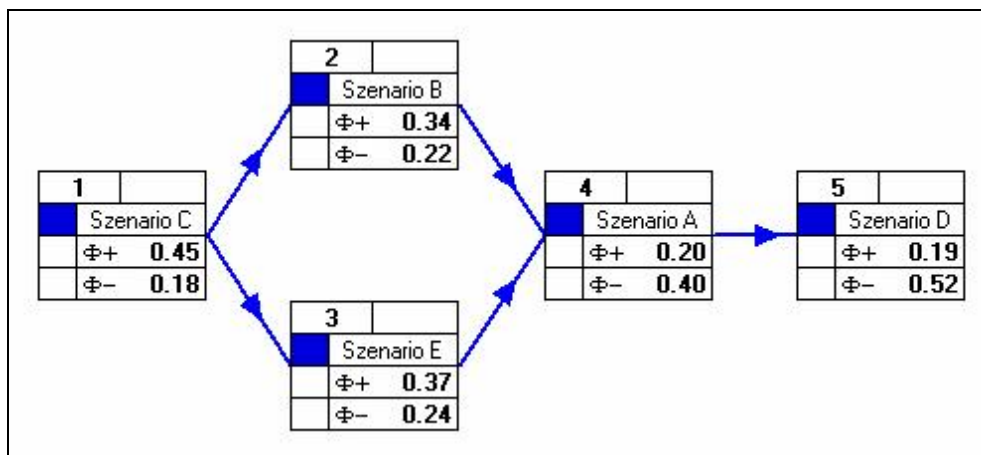


Abb. 4. Exemplarische Reihung der Szenarien

Die Gewichtungen dienen der Abbildung der gesellschaftlichen Präferenzen. In ARTEMIS wurden dazu auf nationaler Ebene Daten aus Interviews mit 16 InteressensvertreterInnen erhoben und insgesamt 19 Kriterien gewichtet (wovon letztendlich 17 in die Analyse einfließen). Im Rahmen der Interviews wurden die Befragten dazu aufgefordert, die Kriterien entsprechend ihren Präferenzen in eine Reihenfolge zu bringen. Dabei war es möglich, mehrere Kriterien auf den gleichen Rang zu setzen.

5 Fazit

Das Forschungsprojekt ARTEMIS möchte neue Einsichten in den laufenden Diskussionsprozess bezüglich einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung in Österreich leisten. Dieser originäre Beitrag soll durch Anwendung einer innovativen, partizipativen Methode geliefert werden, der innerhalb eines wissenschaftliche fundierten Rahmens eine Diskussion über alternative Energieszenarien und ihrer Konsequenzen liefern soll.

Konkret wurden im Rahmen des Forschungsprojektes ARTEMIS fünf exemplarische Energieszenarien mit Fokus auf den erneuerbaren Energieträgern quantitativ und qualitativ formuliert. Diese wurden mit Hilfe einer Multikriterien-Analyse bewertet, welche auf einem detaillierten System von Nachhaltigkeitsindikatoren beruht, welches mit Hilfe eines partizipativen Prozesses entwickelt wurde.

Die durchgeführten Workshops und Interviews haben gezeigt, dass die entwickelte Methode in der Praxis tatsächlich umsetzbar ist, wenn auch mit gewissen Einschränkungen, insbesondere was den Aufwand bei der Szenarienerstellung sowie das Interesse und die zeitliche Verfügbarkeit aller relevanten InteressensvertreterInnen anbelangt. Die detaillierte Auswertung der erzielten Resultate und die Dokumentation sowohl der Resultate als auch der in weiterer Folge ermittelten politischen Handlungsspielräume zur Umsetzung der bevorzugten Szenarien stellen eine wichtige Grundlage für weitere Forschungsarbeiten in der von uns vorgezeigten Richtung dar.

Dank

Die AutorInnen bedanken sich beim Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF-Projekt Nr. P16734-G04; Laufzeit Juni 2003 – Mai 2006) für die finanzielle Unterstützung, bei den übrigen KollegInnen des Teams für die gute Zusammenarbeit, sowie bei den zahlreichen ExpertInnen und InteressensvertreterInnen, die im Projektverlauf beteiligten waren für ihr Engagement.

Literatur

BMWA (2004). Energiebericht 2003 der Österreichischen Bundesregierung. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, Mai.

Brans J.-P., Mareschal B. (1990). The PROMETHEE Methods for MCDM; the PROMCALC, GAIA and Bankadvisor Software. In: C.A. Bana e Costa (ed.), Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Springer-Verlag, Berlin, pp.216-252.

E-Control (2005). Bericht über die Ökostrom-Entwicklung und fossile Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich, Energie-Control GmbH, Wien.

Haas R., Berger M., Kranzl L. (2001). Strategien zur weiteren Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter besonderer Berücksichtigung des EU-Weissbuches für erneuerbare Energien und der Campaign for Take-off, Studie der TU Wien im Auftrag des BMWA und BMLFUW, Juli.

Haberl H., Krausmann F., Erb K., Schulz N., Adensam H. (2002) Biomasseinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020, Social Ecology Working Paper 65, im Auftrag des BMBWK

Haldi P.A. (2000) Multicriteria/Multi-Stakeholder Comparative Assessment of Electricity Generation Scenarios in the Sustainability Context: a Swiss Case Study, Lausanne, Alliance for Global Sustainability: Massachusetts Institute of Technology, University of Tokyo, Swiss Federal Institute of Technology: pp 1-26.

IEA (2003a). Energy to 2050: Scenarios for a Sustainable Future. IEA/OECD, Paris.

IEA (2003b). Energy Policies of IEA Countries: Austria 2002 Review. IEA/OECD, Paris.

IEA (2004). Renewable Energy. Market and Policy Trends in IEA Countries. IEA/OECD, Paris.

Öko-Institut (2005). [Global Emission Model for Integrated Systems \(GEMIS\) Version 4.3](http://www.oeko.de/service/gemis/), Institut für angewandte Ökologie e.V., Darmstadt/Freiburg i.Br. <http://www.oeko.de/service/gemis/>.

Kowalski K. (2002) Anwendung einer multikriteriellen Entscheidungshilfe für die Beurteilung nachhaltiger Energie-Technologien in Deutschland, Master's thesis, University of Vienna, Vienna

Kratena K., Schleicher S. (2001). Energieszenarien bis 2020, Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung (WIFO) im Auftrag des BMWA und BMLFUW, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien, April.

Madlener R., Stagl S. (2001). Quotenregelungen mit Zertifikathandel und garantierte Einspeisevergütungen für Ökostrom: Sozio-ökologisch-ökonomische Bewertung förderungswürdiger Technologien, Zeitschrift für Energiewirtschaft, 25(1): 53-66.

Madlener R., Stagl S. (2005). Sustainability-Guided Promotion of Renewable Electricity Generation, Ecological Economics, 53(2): 147-167.

Neubarth J., Kaltschmitt M. (Hrsg.) (2000). Erneuerbare Energien in Österreich. Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer Verlag, Wien/New York.

Shell (2005). Shell Global Scenarios to 2025. The future business environment: trends, trade-offs and choices. June 2005.

UBA (2004) Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS) Version 4.1 for Austria, Umweltbundesamt, Wien.

Anhang

Tabelle 1. Quantitative Beschreibung der Szenarien A–E (Überblick)

	Szenario A „Schnell und bekannt“	Szenario B „Wettbewerbsvorteil ausbauen“	Szenario C „Investitionen in die Zukunft“	Szenario D „Biomasse im großen Stil“	Szenario E „Große Wirkung im Kleinen“
Summe zusätzlicher Stromerzeugung aus Erneuerbaren (GWh)	9'086	8'931	7'642	9'631	9'725
Summe zusätzlicher Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren (PJ)	66.4	61.6	34.4	93.4	53.0
Menge Erneuerbare 2002 (PJ) gem. IEA (2003b) „Austria 2002 Review“	125	125	125	125	125
Zusätzliche Menge Erneuerbare 2020 (PJ)	99	94	62	128	88
Prozentueller Zuwachs	80%	76%	50%	102%	71%

Tabelle 2. Qualitative Beschreibung der Energieszenarien A–E

	Szenario A „Schnell und bekannt“	Szenario B „Wettbewerbsvorteil ausbauen“	Szenario C „Investitionen in die Zukunft“	Szenario D „Biomasse im großen Stil“	Szenario E „Große Wirkung im Kleinen“
Größenklassen	++ Große Anlagen ermöglichen, schnell Kapazität aufzubauen.	++ Exportträchtige mittelgroße bis kleinere Anlagen werden forciert. Zentrale Entscheidungsstrukturen.	- Synergien (Systemeffizienz) aufgrund lokaler Ressourcennutzung bzw. Produktionsstrukturen bewirken dezentraleren Einsatz der Technologien.	+ Technologien werden tendenziell größer und Entscheidungsstrukturen eher zentraler.	---- Dezentrale Technologien mit dezentralen Entscheidungs- und Besitzstrukturen.
Schlüsseltechnologien	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse (Wärme und KWK) • Windkraft • Solarthermie • Klärgas 	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse f. einzelne Haushalte • Biomasse-Kraftwärmekopplung für Gemeinden • Kleine Wasserkraft • Windkraft (Rotorenherstellung) • Solarthermie • Geothermie 	<ul style="list-style-type: none"> • Photovoltaik (primär auf Dächern und Fassaden) • Einspeisung von Biogas • Geothermie 	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse (insb. KWK) (Biomasse kommt auch aus gezieltem Anbau von Energiepflanzen oder aus Importen) • Biomasse Fernwärme • Biogas (insb. KWK) • Solarthermie 	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse Haushalte und Biomasse KWK in Gemeinden (Nahwärme) • Windenergie • Biogas in Haushalten und Biogas KWK • Solarthermie • Wärmepumpen • Photovoltaik
Primärstoffe (+) vs. Reststoffe (-) im Biomassesektor	+ Homogene Struktur der Primärstoffe bevorteilt ihre Nutzung gegenüber Reststoffen.	0 (neutral) Exportstrategien stehen im Vordergrund. Verwendung von Reststoffen keine wichtige Kategorie.	-- Langfristige Orientierung unter Ausnutzung von Synergien resultiert in höherer Reststoffverwendung.	+++ Forcierter Einsatz von Primärressourcen.	--- Volle Ausnutzung des kaskadischen Potenzials durch die Verwendung von Reststoffen.
Zeitlicher Denkraum	---- Kurzfristig.	-- Eher kurzfristig. Nur in ökonomischen Größenordnungen. Profit durch Vorreiterrolle spielt hier keine Rolle.	++++ Sehr langfristiges Denken. Technologien aufbauen, die heute noch keine große Rolle spielen. Synergien.	- Eher kurzfristig, da Biomasse-Anbau auf längere Frist Konkurrenz zu Lebensmittelanbau ist bzw. ökologische Puffersysteme schwächt.	++ Langfristig, da soziale Strukturen auf regionaler Ebene geschaffen und Verantwortung regional verwurzelt wird.
Neue Institutionen	-- Um schnell agieren zu können, wird auf bestehende Institutionen aufgebaut.	-- Eher keine neuen Institutionen, da auf Exportpolitik geachtet wird und nicht so sehr auf inländisches Produktionssystem	++ Um langfristige Systemeffizienz zu fördern, braucht es neue Institutionen.	+ Veränderung der Aufgaben der land- und forstwirtschaftlichen Institutionen.	+++ Produktionssystem ändert sich stark, es braucht neue Institutionen.
ZUSAMMENFASSUNG	Große Anlagen Deutlich kurzfristig Wenige neue Institutionen	Große Anlagen Technische Effizienz hoch Wenige neue Institutionen	Systemeffizienz Deutlich langfristig Neue Institutionen	Biomasseanbau Neue Institutionen	Kleine Anlagen Viel Reststoff Verwendung Neue Institutionen