

Entscheidungsunterstützung bei der Planung eines Bioenergiedorfes

Swantje Eigner-Thiel ⁽¹⁾, Jutta Geldermann ⁽²⁾

⁽¹⁾ Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE), Georg-August-Universität Göttingen, Goldschmidtstr. 1, 37077 Göttingen, +49(0) 0551 / 39 125 84, seigner@gwdg.de, <http://www.bioenergie.uni-goettingen.de>

⁽²⁾ Georg-August-Universität Göttingen, Professur für Produktion und Logistik, Platz der Göttinger Sieben 3, 37073 Göttingen, +49(0)551/39-7257, geldermann@wiwi.uni-goettingen.de, <http://www.produktion.uni-goettingen.de>

Kurzfassung

Bei der Ausgestaltung unterschiedlicher Biomassenutzungskonzepte müssen die Belange der Bevölkerung in jeder Phase Berücksichtigung finden, um Akzeptanzprobleme, wie sie beispielsweise bei der Errichtung von Windkraftanlagen aufgetreten sind, zu vermeiden. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde die Wärme- und Stromversorgung eines Ortes modellhaft auf heimische Biomassenutzung umgestellt. In dörflichen Arbeitsgruppen und zentralen Planungswerkstätten wurden Entscheidungen vorbereitet und getroffen. In diesem Beitrag wird zunächst das gewählte Vorgehen bei der exemplarischen Realisierung des Bioenergiedorfes Jühnde vorgestellt. Anschließend werden weitere Forschungsansätze präsentiert, mit denen eine systematische Übertragung der Erkenntnisse auf andere Regionen und örtliche Gegebenheiten und damit eine umfassende Entscheidungsunterstützung ermöglicht wird.

1. Hintergrund

Vor dem Hintergrund der Klimaveränderungen, der Begrenztheit der Ressourcen und der Abhängigkeiten von wenigen Energielieferanten, der Probleme in der Landwirtschaft sowie infrastruktureller Veränderungen in Dörfern allgemein werden neue, sozial akzeptierte, ökologisch und ökonomisch tragbare Konzepte gesucht, die auch künftigen Generationen faire Lebenschancen garantieren. Hohe Erwartungen werden in die energetische Nutzung von Biomasse gesetzt, die in Strom, Wärme, Kälte und Kraftstoffe transformiert werden kann.

Ausgehend von der Zielsetzung einer Nachhaltigen Entwicklung hatte die Projektgruppe „Bioenergiedörfer“ des Interdisziplinären Zentrums für Nachhaltige Entwicklung der Georg-

August-Universität Göttingen Ende der 90er-Jahre die Idee, in einem Aktionsforschungsprojekt¹ die Umwandlung eines Dorfes in ein Bioenergiedorf zu initiieren und die Voraussetzungen sowie die Folgen eines solchen Prozesses wissenschaftlich zu analysieren [Ruppert et al. (2008)]. Dabei sollte die Wärme- und Stromversorgung eines Ortes modellhaft umgestellt werden auf die Basis des erneuerbaren Energieträgers Biomasse. Hintergrund bildeten die folgenden Aspekte:

Ökologie: Seit Beginn der Industrialisierung um ca. 1900 bis heute hat sich durch die Verbrennung von Öl, Gas und Kohle der Kohlendioxidausstoß in der Atmosphäre um über 30 % erhöht. Zusammen mit der Emission weiterer Treibhausgase verstärkt diese Erhöhung des CO₂-Ausstoßes den Treibhauseffekt, der dazu geführt hat, dass sich die Temperatur der Erdatmosphäre seit dem Jahr 1900 bereits um ca. 0,7° C erhöht hat (IPCC, 2007). Dies hat Folgen für das Klima: Gletscher schmelzen, der Meeresspiegel steigt, Überflutungen und Dürren auch in gemäßigten Klimazonen nehmen zu. Für den Fall, dass die fossilen Energieträger nicht sehr bald durch erneuerbare ersetzt werden, ist ein weiterer Temperaturanstieg für die nächsten Jahrzehnte prognostiziert (IPCC; 2007).

Ökonomie: Fossile Energieträger werden immer knapper und damit teurer. Der Preis für Rohöl erhöhte sich seit 1960 von ca. 2,50 \$ / Barrel auf bis zu über 90 \$ / Barrel im Jahr 2008 (Ruppert et al., 2008). Gleichzeitig fließen mit dem Kauf von Öl Gelder ins Ausland ab. Bei Öl, Gas und Uran bestehen zudem große Abhängigkeiten von anderen, oft politisch eher instabilen Ländern. So betragen bspw. im Jahr 2006 die Nettoimporte von Mineralöl und Uran nach Deutschland über 90 %, Nettoimporte von Naturgasen über 80 % (BMW, 2007).

Soziales: Im ländlichen Raum vollzieht sich seit einigen Jahren ein Strukturwandel, der dadurch gekennzeichnet ist, dass immer mehr Dörfer zu „Schlafdörfern“ werden, die Menschen also täglich in die nächste größere Stadt pendeln, um dort zu arbeiten. In den Dörfern werden wichtige Infrastruktureinrichtungen wie Schulen, Kindergärten, Einkaufsläden, Postfilialen, Verwaltungsstellen usw. geschlossen; die Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe, Gastwirtschaften usw. in den Dörfern geht zurück. Die Einheit von Leben und Arbeiten in den Dörfern ist dadurch bedroht. Gleichzeitig lässt sich oft ein Desinteresse an Gemeinschaftsaufgaben nachweisen und es herrscht vermehrt die Meinung vor: „Ich alleine kann an dieser allgemeinen Misere sowieso nichts ändern!“ (vgl. Ruppert et al., 2008).

¹ Die „Projektgruppe Bioenergiedörfer“ des Interdisziplinären Zentrums für Nachhaltige Entwicklung (IZNE) der Georg-August-Universität Göttingen hat von Oktober 2000 bis Februar 2008 das Aktionsforschungsprojekt „Bioenergiedorf Jühnde“ durchgeführt. Dieses wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR).

2. Das Modellprojekt „Bioenergiedorf Jühnde“

2.1. Definition

Mit der Etablierung eines Bioenergiedorfes soll den beschriebenen Negativentwicklungen entgegengewirkt werden: Die notwendige Umstellung der Energieversorgung kann dabei verknüpft werden mit einer nachhaltigen Entwicklung ländlicher Räume. Durch den Ersatz der fossilen Energieträger durch die CO₂-neutrale Biomasse verringert sich der Ausstoß von Treibhausgasen, was langfristig zu einer Abschwächung des Klimawandels führen kann. Außerdem werden die knapper werdenden fossilen Rohstoffe geschont, die Abhängigkeit von Ölpreissteigerungen und Importen verringert und neue Lebensperspektiven im ländlichen Raum geschaffen. Ein Bioenergiedorf wird von der IZNE-Projektgruppe definiert als ein Dorf, das mindestens 100 % seines Strom- und mindestens 50 % seines Wärmebedarfs auf Basis des Energieträgers Biomasse deckt². Die Energieanlagen befinden sich dabei zu mindestens 50 % im Eigentum der Wärmekunden. Möglichst alle Beteiligten sollten Anteile der Betreibergesellschaft der Bioenergieanlagen besitzen.

Das Modellprojekt „Bioenergiedorf Jühnde“ wurde im Oktober 2000 als Aktionsforschungsprojekt durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, BMELV) bewilligt. Dabei wurde die Umstellung der Energieversorgung in dem Dorf Jühnde im Landkreis Göttingen initiiert und die Voraussetzungen und Folgen dieses Prozesses durch die Disziplinen der Agrarwissenschaften, Geowissenschaften, Bodenkunde, Ökonomie, Soziologie, Psychologie und Politikwissenschaften begleitend erforscht.

2.2. Technisches Konzept

² Wenn mehr als 100 % des dorfeigenen Stromverbrauchs produziert werden, ist das Dorf nicht nur bezüglich der Stromversorgung „quasi autark“, sondern die Betreibergesellschaft hat auf Grund der durch das EEG gesicherten Vergütungen eine weitere Einnahmequelle, um schwarze Zahlen schreiben zu können.

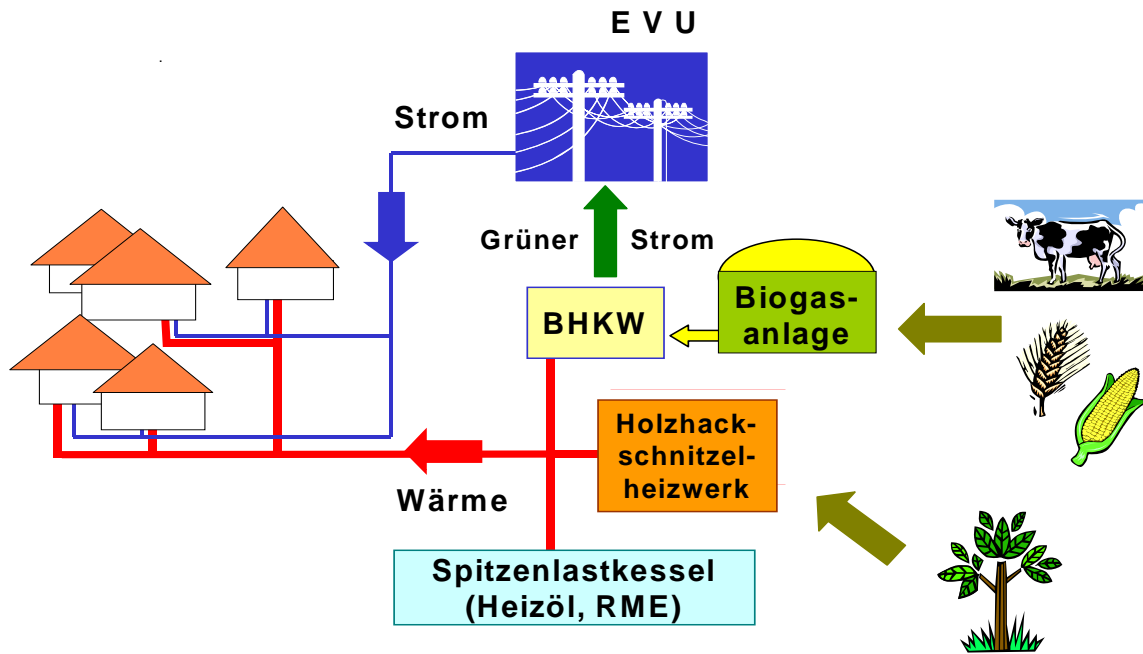


Abbildung 1: *Versorgungskonzept Bioenergiedorf Jühnde*
(EVU: Energieversorgungsunternehmen; RME: Rapsmethylester)

Das Versorgungskonzept für das Bioenergiedorf Jühnde sieht folgendermaßen aus (vgl. Abbildung 1): In eine Biogasanlage werden pflanzliche Biomassen wie Wintergetreide, Sonnenblumen, Mais oder Gras eingespeist und in einer Biogasanlage vergoren. Das dort entstandene Biogas treibt im angeschlossenen Blockheizkraft (BHKW) einen Motor an, der Strom und Wärme produziert. Der Strom wird an das lokale Energieversorgungsunternehmen verkauft und auf Basis des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG, 2004) vergütet, so dass die Betreibergesellschaft der Bioenergieanlagen hierdurch Einnahmen erzielt. Die angeschlossenen Haushalte behalten weiterhin den Vertrag mit dem von ihnen gewählten Stromanbieter. Die bei der Stromproduktion anfallende Wärme wird über ein Nahwärmerohrsystem im Dorf verteilt. Hiermit wird die Grundlast an Wärme für das Brauchwasser im Sommer gesichert. Im Vergleich zu der benötigten Strommenge ist jedoch im Winter der Wärmebedarf der Haushalte deutlich höher. Deshalb muss dann ein Holzhack-schnitzelheizwerk zugeschaltet werden, aus dem zusätzliche Wärme in das Nahwärmenetz eingespeist wird. An sehr kalten Tagen kann zusätzlich ein Spitzenlastkessel auf Heizöl- oder Rapsmethylesterbasis in Betrieb genommen werden. Dies bedeutet gleichzeitig ein dreifaches Sicherheitssystem für die Wärmeversorgung der Haushalte.

Die einzelnen Komponenten des Bioenergiedorfs (Biogasanlage, BHKW, Holzheizwerk, Nahwärmenetz) sind bewährte Technik, doch ihre Kombination ist neuartig. Die besondere soziale Herausforderung in diesem Projekt stellt die hohe Investition in die Verlegung des Nahwärmenetzes dar: Nur wenn sich genügend Menschen motivieren lassen, sich an dieses Netz anzuschließen, ist ein Projekt dieser Art wirtschaftlich umsetzbar.

2.3. Auswahl von Jühnde als Modellort

Zur Auswahl eines geeigneten Dorfes wurden von der Projektgruppe Bioenergiedorf zunächst Kriterien zusammen gestellt, die ein potenzielles Bioenergiedorf erfüllen sollte. Im Landkreis Göttingen erfüllten 54 Dörfer diese Kriterien. Nach Gesprächen mit den entsprechenden Gemeinde- und Ortsräten führte die interdisziplinäre Projektgruppe 17 öffentliche Versammlungen in den jeweiligen interessierten Dörfern durch, um das geplante Projekt vorzustellen. Die Resonanz hierauf und das Interesse, erstes Bioenergiedorf Deutschlands zu werden, waren höher als erwartet. Durch eine Befragung bezüglich der Anschlussbereitschaft der Haushalte an das Nahwärmenetz und bezüglich der Beteiligungsbereitschaft an der Planung wurde deshalb der Kreis der interessierten Dörfer eingeschränkt auf vier. Für diese wurden zwischen April und Oktober 2001 von einem Ingenieurbüro erste technische Grobkonzepte erstellt. Gleichzeitig wurde von den in den Orten gegründeten Arbeitsgruppen gezielt Öffentlichkeitsarbeit gemacht, um den Gedanken im Dorf zu verbreiten, dass letztlich die Motivation der Bürger, sich an dem Projekt aktiv – auch an den Planungen – zu beteiligen, wesentlich für die Auswahlentscheidung sein würde. Unterstützt durch die Presseberichterstattung der lokalen Medien entwickelte sich zwischen den Dörfern ein Wettbewerb, der die Motivation der Dörfer zusätzlich erhöhte.

Im Oktober 2001 wurde nach einer weiteren Befragung aller Haushalte in diesen vier Dörfern Jühnde als Modelldorf ausgewählt. Jühnde liegt 13 km südwestlich von Göttingen, gehört zur Samtgemeinde Dransfeld, hat 780 Einwohner, 9 landwirtschaftliche Betriebe, 1.300 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, 800 ha Wald. Der Ort weist außerdem ein reges Vereinsleben auf. Für den Ort sprachen die hohe bekundete Anschlussbereitschaft, die sehr positive Beurteilung der Projektidee, die hohe Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit in Arbeitsgruppen zur Umsetzung des Bioenergiedorfprojekts, die relativ hohe Bereitschaft der Jühnder Haushalte, sich mit einer Kapitaleinlage an einer Betreibergesellschaft zu beteiligen und letztlich durch das Grobkonzept ausgewiesene Vorteile des Ortes in Bezug auf die vorausgesagte Wirtschaftlichkeit der Bioenergieanlagen auf Grund seiner Größe.

2.4. Planungs- und Entscheidungssystem in Jühnde

Beim Bioenergiedorfprojekt bestand die große Herausforderung darin, den Beteiligten vor Ort zu verdeutlichen, dass das Projekt letztlich von ihnen selbst geplant und umgesetzt werden sollte, obwohl die Idee ursprünglich von der Universitätsgruppe in das Dorf hineingetragen worden war. Diese notwendige Einigkeit ist nur schwierig in einem Dorf herzustellen, weil es in Dörfern oft zerstrittene Gruppen oder Familien gibt, die von alleine nicht miteinander kommunizieren würden. Außerdem existierten im Dorf bei einigen zunächst (natürlich) Vorbehalte und Ängste bezüglich der neuen Energieversorgung, z.B. was Preisgestaltung und Versorgungssicherheit betraf. Trotzdem gründete sich aus dem Ort heraus schon recht früh die „Initiative Bioenergiedorf Jühnde“. Diese bildete die Keimzelle für die gemeinschaftliche Planungsarbeit, die später insbesondere durch die Soziologen aus der

universitären Projektgruppe durch verschiedene Moderationsmethoden unterstützt wurde:

- Metaplan-Technik [Mehrmann (1994)]
- Zukunftswerkstatt [Jungk (1973), Jungk, Müller (1989)]
- Planungswerkstatt [Girschner (1998)]
- Mediation [Besemer (1993)]
- Methoden aus dem ganzheitlichen Bildungsansatz der themenzentrierten Interaktion und der Gestaltpädagogik [Rabenstein et al. (1999)]

Die erste öffentliche Dorfversammlung in Jühnde zur Information der Bürger über die Bioenergiedorfidee durch Mitglieder der Projektgruppe der Universität fand im Januar 2001 statt. Nach der Auswahl Jühndes als Modelldorf im Oktober 2001 wurde im Ort ein Arbeitsgruppensystem etabliert, das aus den folgenden acht fachlichen Arbeitsgruppen bestand:

- Betreibergesellschaft
- Biogasanlage
- Biomasse Energiepflanzen
- Biomasse Holz
- Heizwerk
- Nahwärmenetz
- Holz
- Öffentlichkeitsarbeit

Jede Arbeitsgruppe hatte einen Koordinator. Die Gruppe aller Koordinatoren traf sich jeweils wöchentlich, um anstehende Entscheidungen vorzubereiten. Zur weiteren Vorgehensweise bei den gemeinschaftlichen Planungen wurden auf einer mit ca. 70 Personen gut besuchten öffentlichen Dorfversammlung im Januar 2002 zwei Entscheidungsverfahren diskutiert:

Variante 1: Das ganze Dorf entscheidet jeweils per Abstimmung auf einer Dorfversammlung über einzelne Umsetzungsschritte.

Variante 2: Die Entscheidungen werden in einer „Zentralen Planungsgruppe“ getroffen, die über eine Dorfversammlung von der Bevölkerung dazu legitimiert ist.

Auf der Versammlung entschied man sich für Variante 2, da z.B. für einzelne technische Detailentscheidungen eine Sachkompetenz erforderlich ist, die in einer Dorfversammlung schwer vermittelbar ist. Seitens der Dorfbevölkerung herrschte großes Vertrauen in die Arbeit der Arbeitsgruppen. Daher wurden die acht Sprecher und zwei Vertreter des Ortsrats demokratisch dazu legitimiert, in der sogenannten „Zentralen Planungsgruppe“ (ZPG) Entscheidungen für die weiteren Planungen bezüglich des Bioenergiedorfs zu treffen.

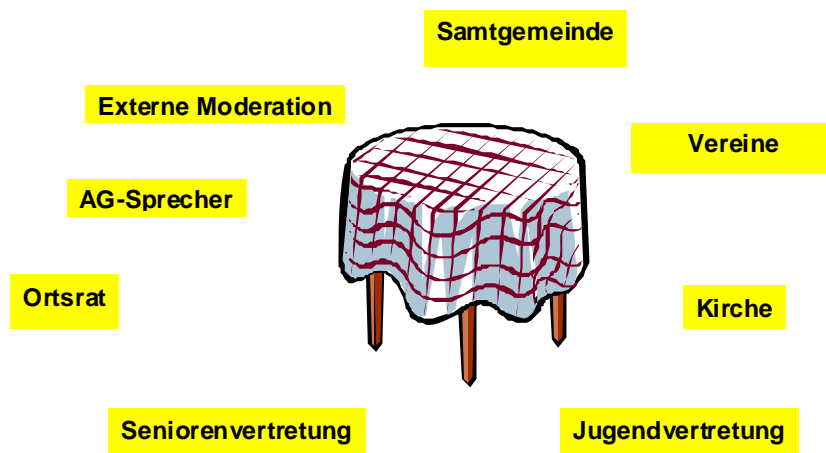


Abbildung 2: Zusammensetzung der Zentralen Planungsgruppe

Neben den Gruppen der Arbeitsgruppensprecher und dem Ortsrat, die beide stimmberechtigt waren, wurden zu Sitzungen der ZPG jeweils der Samtgemeindebürgermeister und Vertreter der Kirche, der Senioren, der Jugend sowie der Universitätsgruppe eingeladen. Diese hatten beratende Funktion, aber sollten auch als Multiplikatoren ins Dorf hinein wirken. Sitzungen der ZPG waren öffentlich; anstehende Entscheidungen wurden 14 Tage vorher im Dorf in Schaukästen und auf Einladungszetteln, die in alle Haushalte verteilt wurden, veröffentlicht. Die Sitzungen der Planungsgruppe wurden jeweils von einem Vertreter der Universitätsgruppe moderiert.

Auf den Planungsgruppen wurden typischerweise folgende Entscheidungen diskutiert und entschieden:

- Welche Form sollte die zu gründende Art der Betreibergesellschaft haben: GbR, Genossenschaft, GmbH & Co. KG ...?
- Wie geht man im Dorf mit Problemen wie „befürchtete Geruchsbelästigung“ durch einzelne Anwohner um? Soll der TÜV für die Erstellung eines Geruchsgutachtens beauftragt werden, ja / nein?

- Immer wieder: Wie kann die Akzeptanz für das Projekt innerhalb der Dorfbevölkerung erhöht werden?
- Welche Größe soll das BHKW bekommen?
- Wo sollen die Anlagen stehen?
- Wie soll die Gülle im Ort verteilt werden, per Güllepipeline oder durch Transport von Güllefässern?

Bei der Entscheidungsfindung standen wirtschaftliche, ökologische und soziale Ziele bei Entscheidungen oft konfliktär gegeneinander. Das Ziel vieler Bewohner war es bspw., den Wärmepreis für den einzelnen Haushalt und den Zuschussbedarf für die Investitionen insgesamt möglichst gering zu halten. Aus dem Grund wurden ökologische oder soziale Aspekte, manchmal aber auch wirtschaftliche, bei einzelnen Fragen zurückgestellt, wie die folgenden Beispiele illustrieren.

Beispiel 1: Leistung des BHKW

Hier wurde aus Wirtschaftlichkeitserwägungen eine Entscheidung für die größere 500 kw-Variante getroffen. Für eine kleinere Variante sprachen in der vorangegangenen Diskussion, dass a) hierdurch die Größe der Anlage für das Dorfbild akzeptabler würde, b) weniger Transporte zur Anlage stattfinden müssten und c) die auf die Felder zu bringende Substratmenge geringer gewesen wäre.

Beispiel 2: Basis für den Spitzenlastkessel

Viele Bewohner hätten den Spitzenlastkessel aus ökologischen Gründen gern mit Holz oder Pflanzenöl beschickt, haben sich aber aus wirtschaftlichen Gründen dagegen entschieden und einen Ölkessel favorisiert, der mit Rapsmethylester oder Heizöl betrieben werden kann.

Beispiel 3: Verlauf des Nahwärmenetzes

Beim Verlauf des Nahwärmenetzes war das Ingenieurbüro aus wirtschaftlichen Gründen darauf bedacht, Gebäude, die weit vom Ortskern entfernt lagen, nicht mit anzuschließen. Dem Bürgermeister war dies jedoch im Fall zweier Gebäude, die relativ weit außerhalb lagen, sehr wichtig, da diese Gebäude als öffentliche Turn- und Versammlungshalle sowie als Gemeindehaus Symbolfunktion haben und damit ein Anschluss dieser Gebäude auch werbewirksam für die Gewinnung weiterer Wärmekunden sein sollte. Aus diesem Grund wurde die Galgenkampstraße im Nordosten des Dorfes komplett mit an das Nahwärmenetz angeschlossen (siehe Abbildung 3), obwohl der Anschluss zunächst einmal teurer wurde.

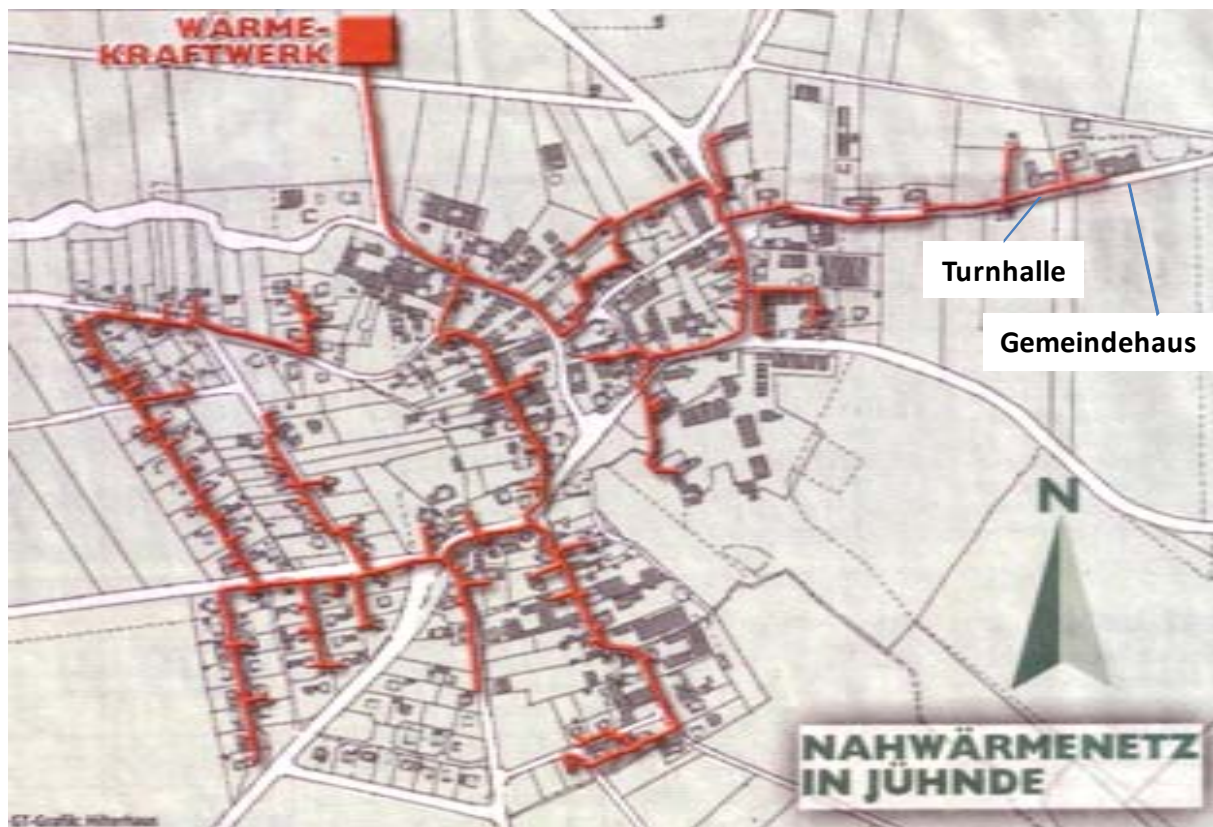


Abbildung 3: Verlauf des Nahwärmenetzes in Jühnde

Aus Sicht der Entscheidungstheorie [Figueira et al. (2005), Belton, Stewart (2002)] lässt sich die Vermutung formulieren, dass das gewählte Planungs- und Entscheidungssystem in Jühnde für eine allgemein getragene Lösung auch bei Zielkonflikten geführt hat. Explizite Methoden der mathematischen Entscheidungsunterstützung wurden nicht angewendet, sondern mit Hilfe von Moderationstechniken gemeinsame Lösungen in den Planungswerkstätten erarbeitet.

2.5. Ergebnisse des Entscheidungsprozesses

Nach dem ca. dreijährigen Planungsprozess, an dem Dorfbewohner, Ingenieurbüros und Vertreter der Universitätsgruppe beteiligt waren, begannen ab November 2004 die Erdarbeiten für den Bau der Bioenergieanlagen in Jühnde. Schon 11 Monate später, im Oktober 2005, wurden die ersten Häuser im Ort mit Wärme aus Biomasse versorgt. Aufgrund der sorgfältigen Planung konnte somit eine kurze Bauzeit realisiert werden.

Befragungen aus dem Sommer 2007 ergaben, dass die Bewohner seitdem überwiegend „sehr zufrieden“ mit ihrer Wärmeversorgung waren (vgl. Abbildung 4) (Ruppert et al., 2008). Dies liegt daran, dass für die Haushalte auch bei kleinen Störungen der Anlagen keine Versorgungsunsicherheiten auftraten und außerdem die Haushalte im Jahr 2008 ca. 800 € einsparen konnten im Vergleich zum Referenzjahr 2004. Der Wärmepreis für die Haushalte wurde so gestaltet, dass die Wärmekunden sich finanziell nicht schlechter stellen sollten als auf der Basis einer Heizölheizung im Referenzjahr 2002. Die Neufassung des Erneuerbare-

Energien-Gesetz (EEG) im Jahr 2004 hatte die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Stromerzeugung aus Biomasse erheblich verbessert, so dass Bau und Betrieb von Biogasanlagen zu einem neuen Wirtschaftszweig werden konnten. Andererseits sank in den Jahren danach (2006 / 2007) durch den starken Anstieg der Getreidepreise zunächst der Anreiz für die Landwirte, sich kurzfristig weiterhin an der örtlichen Biomasseerzeugung zu beteiligen.

Allerdings sind gesicherte Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von Bioenergiedorfkonzepten anhand der derzeitigen Erkenntnisse über Aufwendungen und Erträge der Pilotanlagen, einschließlich der im vor- und nachgelagerten Bereich anfallenden Kosten und Leistungen, pauschal noch nicht möglich. Insbesondere besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich einer fairen Risiko-, Kosten- und Gewinnverteilung zwischen den beteiligten Akteuren (Landwirte, private Haushalte und ggf. (örtlicher) Energieversorger).

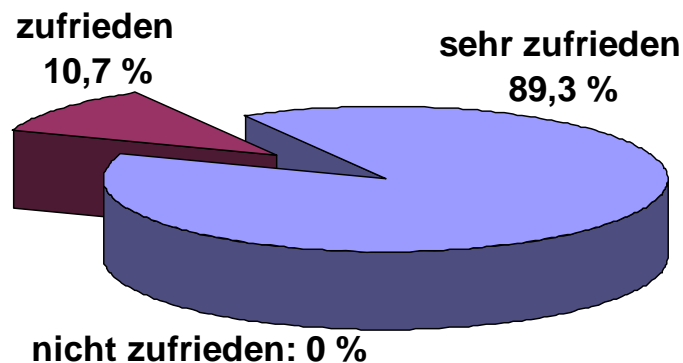


Abbildung 4: *Zufriedenheit mit der Wärmeversorgung im Bioenergiedorf Jühnde, Stand: Juni 2007, Umfrage Eigner-Thiel*

Im Hinblick auf eine Nachhaltige Entwicklung konnten etliche positive Auswirkungen nachgewiesen werden.

Ökologie. Beim Anbau von Energiepflanzen wurden umweltfreundliche Anbaukonzepte (z. B. Zweikulturnutzung, Arten- und Sortenmischungen, Integration neuer und krankheitsresistenter Kulturarten) erprobt und teilweise in die Praxis umgesetzt. Standortspezifische Anbaukonzepte wurden im Einklang mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion für den Energiepflanzenanbau weiterentwickelt. Die Auswirkungen dieser Art von Energiepflanzenbau auf Boden und Wasser wurden geochemisch untersucht und bewertet. Energiebilanzen für den Energiepflanzenbau wurden erstellt (Lootsma, 2006). Insgesamt trägt die Energieversorgung Jühndes auf der Basis von Biomasse zu einer Kohlendioxidvermeidung von ca. 60 % pro Kopf bei. Auf den 20 % der Jühnder Flächen, auf denen jetzt Energiepflanzen angebaut werden, werden weniger Pflanzenschutzmittel eingesetzt und geringere Stickstoffmengen gedüngt, was sich besonders positiv auf die Trinkwasserqualität auswirkt. Durch die winterannualen Energiepflanzen wird der Boden im Winter vor Erosion geschützt (vgl. Details in Ruppert et al., 2008).

Ökonomie. Durch die Abkopplung der Wärmepreise von den in den letzten Jahren stark gestiegenen Öl- und Gaspreisen können die Wärmekunden im Vergleich zu den nicht angeschlossenen Objekten ihre Häuser heute zu deutlich niedrigeren Kosten heizen und mit Brauchwasser versorgen. Die Landwirte erzielen über den Energiepflanzenbau dem Winterweizen vergleichbare Einnahmen, da die Preise an den Preis von Winterweizen gekoppelt sind. Für die Forstwirtschaft hat sich durch die Belieferung der Bioenergieanlage ein neuer Absatzweg eröffnet. Die Region hat bereits während der Investitionsphase eine Intensivierung der lokalen Wirtschaftskreisläufe erfahren. Auch im Normalbetrieb bleibt der größte Teil der Ausgaben in der Region und schafft dadurch Wertschöpfung und Arbeitsplätze im ländlichen Raum.

Soziales. Bei den in den Arbeitsgruppen engagierten Personen zeigten sich positive Veränderungen in verschiedenen Bereichen. So berichteten sie über ein erhöhtes Wir-Gefühl innerhalb des Dorfes, eine gestiegene Zahl von Bekanntschaften und eine (noch weiter) erhöhte Identifikation mit dem eigenen Ort. Insbesondere Zugezogene konnten von den gemeinschaftlichen Planungen profitieren, weil sie über die Arbeitsgruppen schnell Kontakt ins Dorf bekamen. Durch das Projekt wurden außerdem viel neues Wissen und neue Fertigkeiten erworben, die auch an anderer Stelle, wie z.B. dem Berufsleben, genutzt werden können. Diese Aspekte führten bei den meisten Beteiligten zu einer Erhöhung ihrer (Lebens-) Zufriedenheit. Als befriedigend wurde es ebenfalls empfunden, dass man „einmal im Leben“ „vor Ort“ die Möglichkeit gehabt hatte, etwas für den Klimaschutz zu tun [Eigner-Thiel (2005), Eigner-Thiel (2001), Eigner-Thiel et al. (2004), Ruppert et al. (2008)].

Die Reaktionen auf das Modellprojekt „Bioenergiedorf Jühnde“ sind zahlreich und kommen aus aller Welt. Das anwendungsbezogene Procedere-Wissen wurde für interessierte Bürgermeister, Politiker, Landwirte etc. in dem Leitfaden „Wege zum Bioenergiedorf“ zusammengefasst (Ruppert et al., 2008). Die Begleitforschung in Jühnde lieferte außerdem die Basis für die Initiierung von etwa zehn weiteren Bioenergiedörfern in der Umgebung von Göttingen.

3. Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von energetischen Biomassennutzungskonzepten

Nachdem das Pilotprojekt des Bioenergiedorfes in Jühnde abgeschlossen wurde, stellte sich die Frage nach einer systematischen Übertragung der Ergebnisse auf andere Regionen und örtliche Gegebenheiten. Übergeordnetes Ziel eines aktuellen Forschungsverbunds³ ist daher

³ Das interdisziplinäre Verbundvorhaben „Nachhaltige Nutzung von Energie aus Biomasse im Spannungsfeld von Klimaschutz, Landschaft und Gesellschaft“ des Interdisziplinären Zentrums für Nachhaltige Entwicklung (IZNE) der Universität Göttingen wird vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur von 2009 bis 2012 gefördert (vgl. www.bionenergie.uni-goettingen.de).

die Vertiefung und Validierung des Grundlagen- und Anwendungswissens zur nachhaltigen Nutzung von Energie aus Biomasse. Dazu werden sechs Themengebiete bearbeitet, die teilweise aufgrund ihrer Komplexität in weitere Unterthemen aufgeteilt werden:

1. Entwicklung und Erprobung von Bewertungskriterien und –verfahren
2. Integrativer Energiepflanzenbau
 - a) Pflanzenbauliche Optimierung und Umsetzung eines integrativen Energiepflanzenbaus in repräsentativen Landkreisen Niedersachsens
 - b) Optimierung der Erträge des Energiepflanzenbaus durch standortspezifische Biomassepotenzialanalysen
 - c) Optimierung des Energiepflanzenbaus in Hinblick auf Natur und Landschaft
 - d) Sicherung der landwirtschaftlichen Rohstoffbasis durch Vertragsanbau
3. Konsensorientierter Ausbau der Bioenergienutzung
 - a) Analyse von Erfolgsfaktoren der dezentralen Bioenergienutzung und Ausbau konsensorientierter integrativer Bioenergieregionen in ausgewählten Landkreisen Niedersachsens
 - b) Akzeptanzmanagement für Bioenergie: Innerlandwirtschaftliche Nutzungskonflikte und betriebliches Entscheidungsverhalten
4. Bioenergetische Nutzungskonzepte für kontaminierte Standorte
5. Schadstoffemissionen bei der Energiegewinnung aus Stroh, Holz und Biogas
6. Modellierung und Optimierung des Produktions- und Distributionssystems für Bioenergiedörfer

Aus entscheidungstheoretischer Sicht ist insbesondere das Teilprojekt 1 von Bedeutung. Dessen übergeordnetes Ziel ist das inhaltliche Zusammenführen der Bewertungskriterien, die in den übrigen Teilprojekten entwickelt und quantifiziert werden, zur Unterstützung bei der spezifischen Auswahl geeigneter Biomassenutzungskonzepte für verschiedene Standorte. Zur energetischen Nutzung von Biomasse existieren verschiedene Möglichkeiten, wie beispielsweise

- die Vergärung feuchter Biomasse in Biogasanlagen, um Strom und Wärme zu gewinnen,
- die Verbrennung von trockener Biomasse wie Holz für die Nutzung von Wärme,
- die Herstellung von biogenen Treibstoffen wie Biodiesel, Ethanol, Biogas.

Dabei bestehen jeweils verschiedene technische, ökologische, soziale und ökonomische Varianten, um die Nutzung des Rohstoffs Biomasse zu realisieren (bspw. von einem Investor gebaute Großanlagen oder aber gemeinschaftlich organisierte Kleinanlagen mit unterschiedlichen organisatorischen und betrieblichen Umsetzungen, unterschiedliche Anbaumethoden für Energiepflanzen). Diese Varianten haben wiederum verschiedene ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen (bspw. auf die Artenvielfalt, auf Arbeitsplätze in der Region, auf das soziale örtliche Gefüge), die sich hinsichtlich des Gesamtziels einer nachhaltigen Entwicklung unterschiedlich bewerten lassen.

Um die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie, Soziales) bei der

Bewertung berücksichtigen zu können, werden in dem Teilprojekt 1 des neuen Forschungsvorhabens zunächst bestehende Nachhaltigkeitsindikatorensysteme für den Bereich der Bioenergienutzung speziell ergänzt. So wird im Kapitel 40 der Agenda 21 konstatiert, dass allgemeinübliche Indikatoren wie das Bruttonationaleinkommen oder die Arbeitslosenquote eines Landes nicht ausreichen, um den Entwicklungsstand der Nachhaltigkeit darstellen zu können. Allerdings treten beim Aufstellen solcher Indikatorensysteme erhebliche Schwierigkeiten auf, weil mögliche Kennzahlen nicht genügend konkret, spezifisch oder umfassend für die Abbildung und Beurteilung der Nachhaltigkeit *lokaler* und *regionaler* Entwicklungen sind [Fleury (2005), Heiland et al. (2003)].

Um spezifische Aussagen für die Etablierung von Bioenergiedörfern und für andere Bioenergieprojekte treffen zu können, wird der Fokus konkret auf den Bereich der Entwicklung und Auswertung von Bewertungskriterien bezüglich der Nutzung und Bereitstellung des erneuerbaren Energieträgers Biomasse gelenkt. Mögliche Ansätze, auf die dabei zurückgegriffen werden kann, sind der „Pressure-State-Response-Ansatz“ der OECD, bei dem zwischen Belastungsindikatoren, Umweltzustandsindikatoren und Reaktionsindikatoren unterschieden wird, oder auch Abwandlungen davon, wie z. B. die Unterteilung in Zustandsindikatoren (Ist-Anzeiger), Zielindikatoren (Soll-Anzeiger) und Erfolgsindikatoren (Soll-Ist-Vergleich), die bspw. im Forschungsprogramm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR, o. J.) benutzt wurden. Relevant wären nach letztgenannter Definition vor allem die Erfolgsindikatoren, die für die unterschiedlichen Biomassenutzungskonzepte verglichen werden müssten. Berücksichtigt werden sollen daneben auch Kriterien und Indikatoren der landwirtschaftlichen Betriebsbewertung.

Um die zahlreichen, z. T. gegenläufigen Zielsetzungen und Kriterien bei der Bewertung von Konzepten der energetischen Biomassenutzung berücksichtigen zu können, ist eine interdisziplinäre Kooperation mit und zwischen verschiedenen Expertengruppen notwendig. In den meisten praktischen Entscheidungssituationen existiert keine dominierende Alternative, die im Vergleich zu allen übrigen Alternativen sämtliche Zielkriterien nachhaltiger Entwicklung am besten erfüllt und daher von allen Entscheidern gewählt würde. Vielmehr ist zu beobachten, dass die meisten Alternativen sowohl Stärken als auch Schwächen aufweisen, die gegeneinander abzuwägen sind. Bei diesem Prozess des Abwägens und der Informationsverdichtung sind jedoch sehr viele Aspekte und Informationen zu beachten, so dass der „gesunde Menschenverstand“ schnell überfordert ist [Dörner (2003), Vester (2003), Miller (1956)]. Sind zudem mehrere Personen an der Entscheidung beteiligt, ist eine Hilfestellung notwendig, um derart komplexe Entscheidungen objektiv und effizient treffen zu können. Da Entscheidungsmodelle mit mehreren Zielsetzungen die Realität oft besser beschreiben als solche mit einer einzelnen Zielsetzung, wurden in den letzten 30 Jahren zahlreiche neuere Ansätze zur multikriteriellen Entscheidungsunterstützung meist für konkrete Problemstellungen entwickelt [Figueira et al. (2005)], (siehe auch Oberschmidt/Geldermann/Ludwig in diesem Band), die auch für die Bewertung von Biomassenutzungskonzepten angepasst und angewendet werden können.

Der konkrete Prozess der Bewertung und der Entscheidungsfindung kann durch den Einsatz von Methoden der Mehrzielentscheidungsunterstützung transparent begleitet, strukturiert und dokumentiert werden. In den letzten Jahrzehnten wurden dazu neue Methoden zum Management von Gruppen entwickelt, die unter anderem die Form des moderierten Workshops hervorbrachten. Bereits seit Beginn der Analyse von Mehrzielentscheidungen, im Besonderen der Entscheidungsunterstützung von Gruppenentscheidungen, wird eine Verbindung von geeigneten Methoden des Operations Research (der mathematischen Optimierung zur Entscheidungsvorbereitung) und Moderationstechniken angestrebt [Hodgkin et al. (2005), French et al. (2005)]. Allerdings fehlen umfassende Untersuchungen zu realen Entscheidungsproblemen sowie deren softwaretechnische Umsetzung.

Durch den Einsatz unterschiedlicher Moderationsmethoden (inkl. Metaplan-Methode) können eine zielführende Strukturierung, ein systematisches Arbeiten sowie Transparenz in der Entscheidung sichergestellt werden. Neben dem Einsatz von Visualisierungselementen (Pinnwände, Kärtchen in verschiedenen Formen und Farben sowie Klebepunkte) zur Problemstrukturierung kann durch Wertungspunkte, Argumentationskarten, Entscheidungskarten und Strichlisten der Prozess der Entscheidungsfindung durch den Moderator geleitet werden, ohne dass dieser inhaltlich Einfluss auf die Entscheidung nimmt [Seifert (2004)]. Jedoch kann durch diese Elemente sehr gut ein einheitlicher Informationsstand aller Entscheider sichergestellt werden.

Durch die Workshops kann ein umfassendes Problembewusstsein aller Beteiligten, eine zielführende Diskussion und eine transparente und konsensfähige Entscheidungsfindung unterstützt werden. Durch die Strukturierung und den Aufbau einer Kriterienhierarchie wird die Grundlage für eine systematische, quantitative Bewertung im folgenden Arbeitsschritt gelegt. Mit Hilfe des vorgeschlagenen Konzepts wird die Mehrzielentscheidungsunterstützung mit dem Moderationszyklus verknüpft (vgl. Abbildung 5, [Geldermann, Rentz (2004)]. Dadurch können die spezifischen Aspekte der Mehrzielentscheidung unter Berücksichtigung aller Anspruchsgruppen in eine gemeinsame Entscheidung münden.

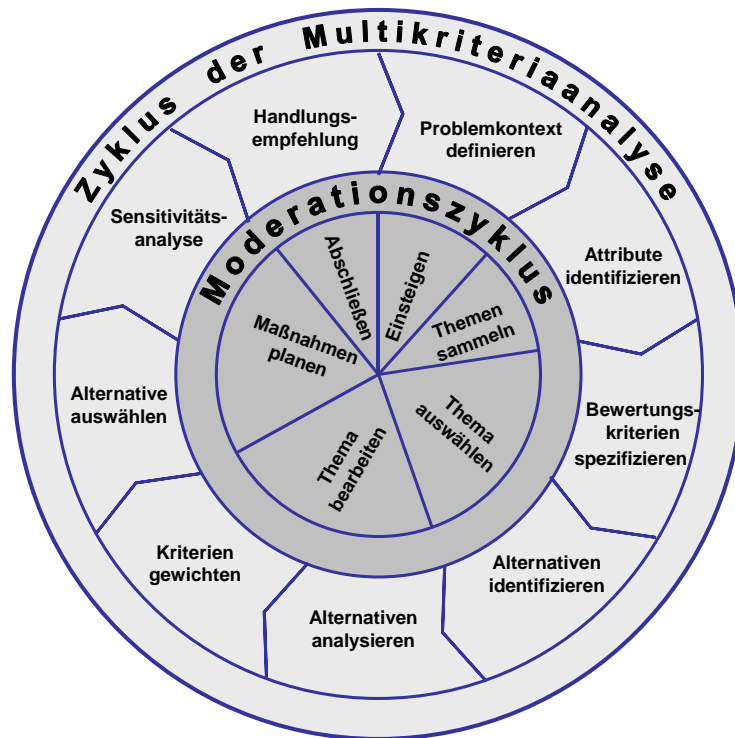


Abbildung 5: Zusammenhang von Mehrzielentscheidungsunterstützung und Moderation

Obwohl die Methoden zur Mehrzielentscheidungsunterstützung seit Jahrzehnten für vielfältige Fragestellungen angewendet werden, bleiben offene wissenschaftliche Fragen. Eine betrifft beispielsweise den Einfluss der Darstellung von bestimmten Aspekten bei der Problembeschreibung, der dazu führen kann, dass einzelne Teilaspekte mit wesentlich mehr Bewertungskriterien charakterisiert werden als andere und dadurch eine höhere Gewichtung erhalten. Dieses Phänomen wird als „Splitting Bias“ bezeichnet und spielt insbesondere bei der Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten eine wichtige Rolle [Hämäläinen, Alaja (2008)].

Eine andere offene Frage betrifft die graphische Darstellung der Modellergebnisse. So bieten sich etliche Diagrammtypen zur Visualisierung an [Vetschera (1994), Treitz (2006)], die wiederum durch Sensitivitätsanalysen beschrieben [Bertsch (2008)] und durch Expertensysteme in natürlicher Sprache erläutert werden können [Geldermann (2010)]. Allerdings fehlen wahrnehmungspsychologische Analysen über ihre Verständlichkeit im Kontext realer komplexer Entscheidungsprozesse. Verschiedene Autoren [Cox, Brna (1995), Petre, Green (1993), Weidenmann (1994), Ainsworth (1999)] weisen nachdrücklich darauf hin, dass der Umgang mit grafischen Repräsentationen grundsätzlich nicht selbstverständlich oder gar natürlich ist, sondern gelernt werden muss. Die Verwendung von Grafiken für die Darstellung nicht-räumlicher, abstrakter Information, v.a. Daten aus dem Wirtschaftsbereich, ist im Westen erst seit dem 18. Jahrhundert üblich – also keineswegs natürlich [Tversky (2000), Roth, Bowen (1999)]. Grafische Repräsentationen können gerade von unerfahrenen Personen deshalb auch missverstanden werden und werden dann nur oberflächlich verarbeitet [Weidenmann (1994), Cheng et al. (2001)].

Grundsätzlich ist zwar das Entscheidungsverhalten von Gruppen gut erforscht (z. B. konnte nachgewiesen werden, dass Gruppen Aufgaben besser lösen als Individuen, wenn

bestimmte Bedingungen erfüllt sind und bestimmte Fehler vermieden werden; Davis & Harless, 1996). Für ein Modell der Gruppenkoordination bei Entscheidungsfindungen spielt jedoch der Aufgabentypus, den die Gruppe bearbeitet, eine wichtige Rolle: Je nach Aufgabenart sind bei Entscheidungen unterschiedliche Inhalte bzw. Handlungen in der Gruppe zu koordinieren. Diese reichen von einfachen Problemdefinitionen und Zielen bei Ideenfindungsaufgaben über Fakten und Bewertungen bei Problemlöseaufgaben bis hin zu Meinungen und Bewertungskriterien [Boos, Sassenberg (2001)]. Allerdings sind die Mechanismen und die Prozesse der Gruppenkoordination bei Entscheidungsfindungen in komplexen Entscheidungssituationen wie der Auswahl von Energieversorgungskonzepten einer Dorfgemeinschaft noch kaum untersucht worden. Einen möglichen Ansatz bietet die Aktionsforschung, die in jüngster Zeit für die Untersuchung verschiedenster Fragestellungen, u. a. in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, wieder vermehrt diskutiert wird [Müller (2005)].

Zusammenfassung

Biomasse ist eine Form der erneuerbaren Energie, die bei der Bereitstellung und bei der heute sehr vielfältigen Nutzung verschiedene Vor- und Nachteile mit sich bringt, welche aus Sicht der drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales jeweils unterschiedlich bewertet werden können. Eine Berücksichtigung aller nachhaltigkeitsrelevanten Dimensionen erfordert geeignete Konzepte und geht weit über Beurteilungen aus wirtschaftlicher oder aus ökologischer Sicht hinaus. Eine erste Bewertung aus sozialer Perspektive fand bei der Etablierung des Bioenergiedorfs Jühnde statt. Hier war die Dorfgemeinschaft in den Entscheidungsprozess unmittelbar eingebunden. In Arbeitsgemeinschaften und zentralen Planungswerkstätten wurde das Biomassenutzungskonzept ausgestaltet und vielfach kritisch hinterfragt. Oft standen wirtschaftliche, ökologische und soziale Ziele bei Entscheidungen konfliktär gegeneinander. In gemeinsamen Diskussionen wurde Konsens gefunden, wobei zugunsten präferierter Aspekte andere Kriterien zurückgestellt wurden.

Um die Ergebnisse des Modellprojekts auf andere Regionen und deren geografische Besonderheiten übertragen zu können, werden in einem kürzlich gestarteten Forschungsverbund unter anderem Bewertungskriterien und –verfahren für energetische Biomassenutzungskonzepte entwickelt und erprobt. Mit Hilfe von multikriteriellen Bewertungsverfahren können die Vor- und Nachteile für verschiedene Biomassenutzungskonzepte dargestellt, grafisch aufbereitet und Empfehlungen für das Vorgehen bei der Wahl bestimmter Konzepte gegeben werden. Eine wichtige offene wissenschaftliche Frage ist dabei die Verständlichkeit der graphischen Ergebnisdarstellungen, die mit Hilfe der Wahrnehmungspsychologie untersucht werden soll.

Literatur

- [1] Ainsworth, S., (1999): Designing effective multi-representational learning environments; ESRC Centre for research in Development, Instruction and Teaching, Report No. 58.; Swindon.
- [2] Belton, V., Stewart, T., (2002): Multiple Criteria Decision Analysis - An integrated approach; Kluwer Academic Press; Boston.
- [3] Bertsch, V., (2008): Uncertainty handling in multi-attribute decision support for industrial risk management; Universitätsverlag; Karlsruhe.
- [4] Besemer, C., (1993): Mediation. Vermittlung in Konflikten.; Freiburg.
- [5] Boos, M., Sassenberg, K., (2001): Koordination in verteilten Gruppen; In: Witte, E H (Eds.); Leistungsverbesserungen in aufgabenorientierten Kleingruppen; Pabst; Lengerich; pp. 198-216.
- [6] Cheng, P. C. H., Lowe, R. K., Scaife, M., (2001): Cognitive science approaches to understanding diagrammatic representations; Artificial Intelligence Review 15; pp. 79-94.
- [7] Cox, R., Brna, P., (1995): Supporting the use of external representations in problem solving: the need for flexible learning environments; Journal of Artificial Intelligence in Education 6 (2/3); pp. 239-302.
- [8] Dörner, D., (2003): Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Hamburg: .; Rowohlt; Hamburg.
- [9] Eigner-Thiel, S., (2001): Das Bioenergiedorf; In: Hennicke, P, von Weizsäcker, E-U (Eds.); Wuppertal-Texte; Quantensprünge zur Ökoeffizienz. Zwanzig Beispiele für das 21. Jahrhundert; Hirzel; Leipzig; pp. 80-87.
- [10] Eigner-Thiel, S., (2005): Kollektives Engagement für die Nutzung erneuerbarer Energieträger - Motive, Mobilisierung und Auswirkungen am Beispiel des Aktionsforschungsprojektes „Das Bioenergiedorf“; Studien zur Umweltpsychologie (1); Kovac; Hamburg.
- [11] Eigner-Thiel, S., Schmuck, P., Lackschewitz, H., (2004): Kommunales Engagement für die energetische Nutzung von Biomasse: Auswirkungen auf Umweltverhalten, soziale Unterstützung, Selbstwirksamkeitserwartung und seelische Gesundheit; Umweltpsychologie 8 (1); pp. 146-167.
- [12] Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M., (2005): Multiple Criteria Decision Analysis - State of the Art Surveys; Springer; New York.
- [13] Fleury, A., (2005): Eine Nachhaltigkeitsstrategie für den Energieversorgungssektor - dargestellt am Beispiel der Stromversorgung in Frankreich; University of Karlsruhe (TH); Karlsruhe.
- [14] French, S., Maule, J., Mythen, G., (2005): Soft Modelling in Risk Communication and Management: Examples in Handling Food Risk; Journal of the Operational Research Society in press.

- [15] Geldermann, J., (2010): Explanation Systems; In: Insua Rios, D, French, S (Eds.); eParticipation. A Group Decision and Negotiation Perspective; Springer; Berlin.
- [16] Geldermann, J., Rentz, O., (2004): Environmental Decisions and Electronic Democracy; Journal of Multi-criteria Analysis 12 (2-3); pp. 77-92.
- [17] Girschner, W., (1998): Diaphane Planungsprozesse am Beispiel der Entwicklung von Strukturmodellen für eine neue mittlere Ebene der Kirche.; Göttingen.
- [18] Hämäläinen, R. P., Alaja, S., (2008): The threat of weighting biases in environmental decision analysis; Ecological Economics [doi:10.1016/j.ecolecon.2008.05.025](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.05.025).
- [19] Heiland, S., Tischer, M., Döring, T., Pahl, T., Jessel, B., (2003): Indikatoren zur Zielkonkretisierung und Erfolgskontrolle im Rahmen der Lokalen Agenda 21; UBA-Texte 67/03); Umweltbundesamt; Berlin.
- [20] Hodgkin, J., Belton, V., Koulouri, A., (2005): Supporting the intelligent MCDA user: A case study in multi-person multi-criteria decision support; European Journal of Operational Research 160 (1); pp. 172-189.
- [21] Jungk, R., (1973): Der Jahrtausendmensch. Bericht aus den Werkstätten der neuen Gesellschaft; München.
- [22] Jungk, R., Müller, N. N., (1989): Zukunftswerkstätten: mit Phantasie gegen Routine und Resignation; Heyne; München.
- [23] Mehrmann, E., (1994): Moderierte Gruppenarbeit mit Metaplan-Technik; Düsseldorf.
- [24] Miller, G. A., (1956): The magic number seven plus or minus two: some limits on our capacity for communicating information; The Psychological Review 63; pp. 81-97.
- [25] Müller, M., (2005): Action Research in Supply Chain Management - An Introduction; Research Methodologies in Supply Chain Management; Physica-Verlag; Heidelberg; pp. 349-364.
- [26] Petre, M., Green, T. R. G., (1993): Learning to read graphics: some evidence that 'seeing' an informational display is an acquired skill; Journal of Visual Languages and Computing, 4; pp. 55-70.
- [27] Rabenstein, R., Reichel, R., Thanhoffer, M., (1999): Das Methoden-Set. 5 Bücher für Referenten und Seminarleiterinnen.; Münster.
- [28] Roth, W. M., Bowen, G. M., (1999): Of cannibals, missionaries, and converts: graphing competencies from grade 8 to professional science inside (classrooms) and outside (field/laboratory); Science, Technology, and Human Values, 24 (2); pp. 179-212.
- [29] Ruppert, H., Eigner-Thiel, S., Girschner, W., Karpenstein-Machan, M., Roland, F., Ruwisch, V., Sauer, B., Schmuck, P., (2008): Wege zum Bioenergiedorf. Leitfaden für eine eigenständige Wärme- und Stromversorgung auf Basis von Biomasse im ländlichen Raum; Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR); Gülzow.
- [30] Seifert, J. W., (2004): Visualisieren, Präsentieren, Moderieren 20; Gabal; Offenbach.
- [31] Treitz, M., (2006): Production Process Design Using Multi-Criteria Analysis; Dissertation, University of Karlsruhe (available online at: <http://www.uvka.de/univerlag/volltexte/2006/178/>); Karlsruhe University Press; Karlsruhe.

- [32] Tversky, B., (2000): Some ways maps and diagrams communicate; In: Freksa, C, Braucher, W, Habel, C, Wender, K F (Eds.); *Spatial cognition II*; Springer; Berlin.
- [33] Vester, F., (2003): Die Kunst, vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeug für einen Umgang mit Komplexität. Der neue Bericht an den Club of Rome 3. Auflage; dtv; München.
- [34] Vetschera, R., (1994): Visualisierungstechniken in Entscheidungsproblemen bei mehrfacher Zielsetzung; OR Spektrum 16; pp. 227-241.
- [35] Weidenmann, B., (1994): Wissenserwerb mit Bildern; Huber; Bern.